

Takdrivhus på kommersielle bygg – En mulighetsstudie

Et innblikk i bærekraftige løsninger og virkninger innen
implementering av takdrivhus



ELISE RANDØY



CHRISTINA SUND

VEILEDER

Jonas Høgli Major, Universitetet i Agder

Universitetet i Agder, [2024]

Fakultet for teknologi og realfag

Institutt for ingeniørvitenskap

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.

1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"> - ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands. - ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt. - ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt. - har alle referansene oppgitt i litteraturlisten. - ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse. 	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å betrakte som fusk og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. Universitets- og høgskoleloven §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen §§ 31.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert.	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at Universitetet i Agder vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider.	<input checked="" type="checkbox"/>

Publiseringsavtale

Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten (Åndsverkloven. §2).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage Aura og på UiA sine nettsider med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller tausehetsbelagt/konfidensiell vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved Universitetet i Agder en vederlagsfri rett til å

gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

JA NEI

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?

JA NEI

(Båndleggingsavtale må fylles ut)

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

JA NEI

Er oppgaven unntatt offentlighet?

JA NEI

(inneholder taushetsbelagt informasjon. Jfr. Offl. §13/Fvl. §13)

Forord

Denne masteroppgaven er utarbeidet ved institutt for ingeniørvitenskap som en del av masterprogrammet for Byggdesign ved Universitetet i Agder. Oppgaven «Takdrivhus på kommersielle bygg – En mulighetsstudie» er den avsluttende oppgaven i emnet BYG508, og ble utarbeidet siste semesteret på universitetet. I teknologibyen Grimstad.

Forfatterne har gjennom semesteret lært mye innen urbanisering, jordbruk, fremtidsrettede teknologier og bærekraftig utvikling innad urbant landbruk og tilhørende undertemaer. Ved bruk av mulighetsstudie som metode, har forfatterne fått innblikk i et bredt spekter av temaer. Det har vært spennende å undersøke tematikker som kan være svært relevant for fremtidig samfunnsutvikling, med hint av innovative løsninger for økt matsikkerhet og produksjon. Muligheten å kunne arbeide med både litteratur/dokument søk, i kombinasjon med datamodellering har vært et kreativt gode for å vurdere og arbeide med problemstillingen i oppgaven. Undersøkelse og opptegning av drivhus-utforming har vært svært gøy.

Vi vil benytte anledningen til å takke vår veileder, Jonas Høgli Major for god og positiv veiledning gjennom hele semesteret. Det har vært essensielt å ha en veileder med bakgrunn i arkitektur, og mye kunnskap og motivasjon rundt temaene som gjennomgås i oppgaven. Også en takk til Eirik Sand for hjelp med data tilknyttet Arendal.

Videre vil vi takke NIBIO Landvik, for muligheten å komme på befarings for å se det akvaponiske anlegget deres. Ikke minst få smake på salat og jordbær som er dyrket der. Det lover godt for fremtidig matproduksjon om dette er kvalitetsnivået.

Vi vil også rette en takk til kontaktpersonen i Morrow. Takk for veiledning og innspill tilknyttet Morrow batterifabrikk som var viktig for vurdering og opptegning. Det store engasjementet og vennligheten rundt masterprosjektet var med å holde motivasjonen vår oppe.

Til sist vil vi takke familie og venner som har vært til stor støtte gjennom hele studieløpet.

Til tider har vi følt vi har tatt oss vann over hodet, med mange vurderingskategorier innad mulighetsstudiet. Med tilhørende måleparametere og informasjonsinnhenting. Derimot har det vært som mål å kunne belyse muligheter tilknyttet implementering av tak-drivhus, som forfatterne ønsker kan være en veileder og inspirasjon for fremtidsrettet samfunnsutvikling og urbanisering.

Summary

This master's thesis is the final project of a two-year civil engineering program in building design at the University of Agder. Both authors are writing the master's thesis, with a background in the technical planning study program. The purpose of the thesis is to shed light on sustainable urbanization through the implementation of rooftop greenhouses in urban areas. A feasibility study has been conducted, through a literature and document search, to gather information, perform assessments, and set scores to identify the best solutions for a rooftop greenhouse under Norwegian conditions. This leads to the following research question, with sub-question:

“How can rooftop greenhouses on larger commercial structures contribute to sustainability?”
“Which contributions are considered most beneficial in the rooftop greenhouse concept as assessed through a feasibility study?”

There are 10 main categories within the feasibility study: Location, host building, crops and plants, algae and fish, cultivation technologies, cooling system, heating system, other technological solutions, and greenhouse design. Each of these main categories, has its own measurement parameter tables, guidelines for assessment work, and scoring for the 56 subcategories that form the measurement basis of the entire feasibility study.

It is concluded for the main research question, that rooftop greenhouses can obtain added value within social, economic and environmental sustainability. Through efficient energy utilization resulted from host building symbiosis, more robust and secure food supply, decreases transport distances and food waste, increased land use efficiency, job employment and learning possibilities.

The contributions that are considered the most beneficial for/in rooftop greenhouse implementation are: Location Arendal, on top of Morrow battery factory. Use of impact-resistant polycarbonate as surface material. Production of lettuce in an aeroponic cultivation technology. The use of passive cooling and heating systems such as natural cooling, thermal curtains, solar collectors, heat pumps, and water tanks for heating. For other technologies, LED lights and kinetic tiles can contribute to increased environmental and social values. The greenhouse design featured a multi-span greenhouse with even spacing, Venlo style with the short sides facing east-west, and supports placed above the host buildings bearing elements.

Innholdsfortegnelse

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring.....	1
Publiseringsavtale.....	2
Forord.....	3
Summary	4
Figurliste	9
Tabelliste	14
1 Innledning	18
1.1 Masteroppgavens struktur	19
2 Samfunnsperspektiv.....	20
3 Kunnskapsbakgrunn	25
3.1 Jordbruk i Norge.....	25
3.1.1 Tradisjonelt jordbruk	25
3.1.2 Jordbruksstatistikk.....	27
3.1.3 Matsvinn	28
3.1.4 Selvforsyningsgrad og import.....	30
3.2 Bærekraftig byutvikling.....	30
3.2.1 Viktigheten av urbant landbruk.....	31
3.3 Klima og dagens utvikling.....	33
3.4 Klimagass-reduksjon i veksthusnæringen	34
3.5 Drivhus	35
3.5.1 Funksjon og utforming.....	35
3.5.2 Materialbruk I drivhus	37
3.5.3 Varmetransportmekanismer i drivhus.....	38
3.6 Takdrivhus «rooftop greenhouse»	39
3.6.1 Energisymbiose mellom vertsbygning og takdrivhus	39
3.7 Eksempler på eksisterende tak-drivhus	42
3.7.1 Lufa farms	42
3.7.2 Gotham Greens.....	43
3.7.3 Urban farmers.....	44
3.7.4 Rewe Green Farming	45
3.7.5 Case studie i Bergen «Bontelabo».....	46
3.7.6 Oppsummering av takdrivhus.....	47

3.8	Dyrkemetoder og teknologier.....	48
3.8.1	Horisontal og vertikal dyrking.....	48
3.8.2	Hydroponisk og Aeroponisk dyrking.....	49
3.8.3	Akvaponi.....	50
4	Forskerspørsmål.....	52
4.1	Avgrensninger.....	52
5	Case og Materialer.....	53
5.1	Case teoretisk.....	53
5.2	Ulike caser som undersøkes i mulighetsstudiet.....	53
5.2.1	Sted og vertsbygning.....	55
5.2.2	Drivhus: Fasade materialer.....	65
5.2.3	Vekster og planter.....	67
5.2.4	Alger og fisker.....	71
5.2.5	Dyrketeknologier.....	72
5.2.6	Kjølesystem.....	74
5.2.7	Oppvarmingssystemer.....	78
5.2.8	Andre teknologiske løsninger: Belysning.....	83
5.2.9	Andre teknologiske løsninger: Kinetiske plater.....	85
5.2.10	Drivhus: Utforming.....	85
5.3	Materialer.....	90
5.3.1	Hovedlitteratur mulighetsstudie.....	90
5.3.2	Dataverktøy.....	91
6	Metode.....	92
6.1	Forskningsprosess.....	92
6.1.1	Kvantitative og kvalitative data.....	93
6.1.2	Reliabilitet og validitet.....	95
6.2	Dokumentstudie.....	96
6.2.1	Dokument og litteratursøk.....	96
6.2.2	Utvelgelse og ekskludering.....	98
6.3	Kontakt med bedrifter.....	99
6.4	Mulighetsstudie.....	101
6.4.1	Vurdering av sted.....	102
6.4.2	Vurdering av vertsbygning.....	106
6.4.3	Vurdering av materialbruk: Fasade materialer.....	110

6.4.4	Vurdering av vekster grønnsaker/planter	113
6.4.5	Vurdering av alger og fisk	117
6.4.6	Vurdering av dyrketeknologier	119
6.4.7	Vurdering av kjølesystemer	124
6.4.8	Vurdering av oppvarmingssystemer.....	126
6.4.9	Vurdering av andre tekniske løsninger: belysning.....	127
6.4.10	Vurdering av andre tekniske løsninger: kinetiske plater.....	129
6.4.11	Vurdering av utforming	129
6.5	Tegning og 3D-modellering i dataprogram	130
6.5.1	Opptegning av vertsbygning.....	130
6.5.2	Opptegning av drivhus.....	131
7	Resultat	135
7.1	Resultater fra mulighetsstudiet	135
7.1.1	Resulterende score for sted	135
7.1.2	Resulterende score for vertsbygning.....	141
7.1.3	Resulterende score for drivhus: fasadematerialer	148
7.1.4	Resulterende score for vekster og planter	155
7.1.5	Resulterende score for fisk og alger	163
7.1.6	Resulterende score for dyrketeknologier	169
7.1.7	Resulterende score for kjølesystemer.....	176
7.1.8	Resulterende score for oppvarmingssystemer.....	181
7.1.9	Resulterende score for andre teknologier: Lamper	186
7.1.10	Resulterende score for andre teknologier: kinetiske plater	191
7.1.11	Resultater fra utformingsvurdering og datamodellering	192
7.1.12	Ideer til ytterligere utforming av taket til Morrow batterifabrikk	204
7.1.13	Ideer til utforming av dyrketeknologier i drivhuset	205
7.1.14	Klima.....	207
7.1.15	Arealbruk.....	209
8	Diskusjon	211
8.1	Diskusjon rundt mulighetsstudiet.....	211
8.1.1	Sted.....	211
8.1.2	Vertsbygning.....	213
8.1.3	Sammenlagt vurdering av sted og vertsbygning	216
8.1.4	Vekster og planter	217

8.1.5	Alger og fisk	219
8.1.6	Dyrketeknologier	221
8.1.7	Kjølesystemer	223
8.1.8	Oppvarmingssystemer	226
8.1.9	Drivhus: Fasade materialer	227
8.1.10	Andre teknologier: Belysning	229
8.1.11	Andre teknologier: Kinetiske plater	230
8.1.12	Drivhus utforming	231
8.1.13	Oppsummering av mulighetsstudie	233
8.2	Takdrivhus – Bærekraftige virkninger	236
8.2.1	Matsikkerhet og matsvinn	236
8.2.2	Reduksjon av klimagasser og energieffektive	237
8.2.3	Arealeffektivitet	238
8.2.4	Jordbruksavrenning og ressursutnyttelse	239
8.2.5	Sosial bærekraft	239
8.2.6	Utfordringer	240
8.3	Feilkilder	242
9	Konklusjon	244
10	Anbefalinger	247
11	Referanser	1
12	Vedlegg	22
12.1	Vedlegg A: Fullstendig mulighetsstudie	23
12.2	Vedlegg B: Kontakt, møter og fremdriftsplan	24
12.3	Vedlegg C: Datamodellering – Filer og layouts	25
12.4	Vedlegg D: Microsoft Excel filer	26
12.5	Vedlegg E: Illustrasjon av hovedkategori, underkategori og kriterie (Eksempel)	27
12.6	Vedlegg F: Case - Morrow batterifabrikk	28
12.7	Vedlegg G: Litteratursøk/dokumentsøk	32
12.8	Vedlegg H: Materialoversikt ferdig drivhus	1

Figurliste

Figur 1 Konsept illustrasjon av takdrivhus [1].	19
Figur 2 overordnet struktur og beskrivelse av masteroppgaven [1].	20
Figur 3 Bærekraftsmål nr.2 "utrydde sult" [12].	21
Figur 4 Bærekraftsmål nr.11 "Bærekraftige byer og lokalsamfunn"[38].	21
Figur 5 Bærekraftsmål nr.7 "Ren energi til alle" [17].	22
Figur 6 Bærekraftsmål nr.9 "industri, innovasjon og infrastruktur" [31].	22
Figur 7 Bærekraftsmål nr.8 "Anstendig arbeid og økonomisk vekst" [30].	23
Figur 8 Bærekraftsmål nr.12 "ansvarlig forbruk og produksjon" [24].	23
Figur 9 Bærekraftsmål nr.8 "Gode sanitærforhold" [32].	24
Figur 10 Bærekraftsmål nr.13 "stoppe klimaendringene".....	24
Figur 11 Gården før og nå [87].	27
Figur 12 Inndeling av verdikjede i grøntsektoren [4, 105].	29
Figur 13 Ulike virkninger urban dyrking har på samfunnet og bærekraftig utvikling [1, 116].	32
Figur 14 NIBIO regneeksempel: Potensielt dyrkingsareal (Venstre) og realistisk arealbehov (høyre) til urbant landbruk i Oslo for 170 husstander [4, 118].	32
Figur 15 Köppans klimaklassifikasjoner av Norge (1991-2020) [121].	33
Figur 16 Bilde av drivhus i Grimstad, mangler fasade materialene [1].	36
Figur 17 Bilde av deformert drivhus i Grimstad [1].	36
Figur 18 Bilde av sveiste stålrør S235JRH (Norsk Stål AS) [36].	37
Figur 19 Bilde av Aluminium profiler [29].	37
Figur 20 Bilde av betong dekker og søyler (GCP) [37].	38
Figur 21 ICTA bygg: Bestående av takdrivhus i fjerde etasje, laboratorium i 3 etasje, kontorer i hoved-, 1-, og 2-etasje. I tillegg er det underjordisk parkeringsanlegg og laboratorium [80].	40
Figur 22 Lufa farm i Ville Saint-Lauren. Er verdens største kommersielle takdrivhus med et areal på 163 800m ² [160].	42
Figur 23 Gotham Greens, New York Brooklyn [165].	44
Figur 24 Urban Farmers, Nederland [169].	45
Figur 25 REWE farming i Tyskland, tre-struktur og drivhus på taket [176].	46
Figur 26 Rewe Green Farming: Første etasje består av butikk/marked. Tre-dekket skiller markedet fra drivhuset [171].	46
Figur 27 Visualisering av takdrivhuset «Bontelabo». Lokalisert på en hovedbygning som var tidligere Europas største fryseboks [177].	47
Figur 28 Dypvannskultur-metoden (DWC) [1].	49
Figur 29 Ebb&Flow (EBS) [1].	50
Figur 30 Aeroponisk dyrking [1].	50
Figur 31 Akvaponisk dyrking [1].	51
Figur 32 Mulighetsstudie: Analyseenheter(Sted/vertsbygning, drivhus, vekster/planter/fisk, dyrketeknologier, oppvarmingssystem, kjølesystem og andre teknologier) med tilhørende underkategorier [1].	54
Figur 33 Kart over vertbygninger og geografiske områder [1].	55
Figur 34 Morrow batterifabrikk Arendal [193].	56

Figur 35 Oversikt over plassering og utforming. Pilotfabrikken blir utgangspunkt for plassering av drivhuset [47].	56
Figur 36 Sørlandssenteret sett ovenfra [23].	57
Figur 37 3D modellering [19].	57
Figur 38 Silo Stavanger øst [3].	58
Figur 39 Graffiti vegg Silo Stavanger Øst [8].	58
Figur 40 Visualisering av havne-silo med drivhus og nye bruksområder som butikker, restauranter og boliger [1].	58
Figur 41 Visualisering av havne-silo med drivhus [1].	58
Figur 42 3D- planform av siloen og omkringliggende bygg [19].	59
Figur 43 Bolig blokker Stavanger Øst [197].	59
Figur 44 3D-Planform av boligblokkene og området rundt i Stavanger Øst [19].	60
Figur 45 Stavanger sykehus [199].	60
Figur 46 3D-planform av sykehuset [19].	61
Figur 47 Økern senteret i fremtiden [59, 60].	61
Figur 48 Økern senteret i dag [40].	61
Figur 49 3D-planform av Økern-senteret [19].	62
Figur 50 Google Earth bilde av Tine Meieriet i Oslo [46].	62
Figur 51 3D-planform av Tine meieriet [19].	63
Figur 52 Drivhus i Grimstad som har blitt knust av vind og snølast våren 2024 [1].	65
Figur 53 Kanal polykarbonat plater [25].	66
Figur 54 Polykarbonat plater sett fra siden [26].	66
Figur 55 Slagfast (herdet) polykarbonat [13].	66
Figur 56 Herdet drivhusglass [7].	67
Figur 57 Drivhusglass [7].	67
Figur 58 Salat dyrket frem i Akvaponisk dyrking NIBIO Landvik [1].	68
Figur 59 Hengende tomat i drivhus [11].	69
Figur 60 Jordbær og salat dyrket frem i Akvaponisk dyrking NIBIO Landvik [1].	69
Figur 61 Agurker hengende fra taket i Frosta drivhus [5].	70
Figur 62 Basilikum som hydroponisk dyrkes [35].	70
Figur 63 Fotografi av Chlorella Vulgaris [52].	71
Figur 64 Fotografi Tilapia fisk [39].	71
Figur 65 Fotografi av torsk [16].	72
Figur 66 Fotografi av laks [15].	72
Figur 67 Hydroponisk dyrking ved NIBIO (Grimstad) [4].	73
Figur 68 Bilde av Ebb&Flow dyrketeknologi [42].	73
Figur 69 Bilde av Aeroponisk dyrketeknologi [49].	73
Figur 70 Fisker i akvaponisk system ved NIBIO (Grimstad) [4].	74
Figur 71 Kjølleteknologier som benyttes i drivhus, inspirert fra [138].	75
Figur 72 Termiske gardiner [6].	75
Figur 73 Naturlig ventilasjon gjennom åpne takvinduer og sidevinduer [1].	76
Figur 74 Fordampende kjøling med pute-vifte-system [45].	76
Figur 75 Tørkemiddelsystem [41].	77
Figur 76 Drivhus med integrert væske/vann-varmepumpe og termisk lagring [21].	78
Figur 77 Oppvarmings-teknologier som benyttes i drivhus, inspirert fra [138].	79

Figur 78 Vanntanker til oppvarming i drivhus [44].....	79
Figur 79 Solfanger - Vakuumsør (Uniprodo) [43].	80
Figur 80 Plan solfanger (Aalborg CSP) [33].....	80
Figur 81 Solvarmeanlegg - Momentanoppvarming av tappevann [48].	81
Figur 82 Solvarmeanlegg - oppvarming av tappevann med solvarme [48].....	81
Figur 83 Semigjennomsiktige fotovoltaiske paneler på drivhus [21, 58].	82
Figur 84 Eksempel på varmedistribusjon til rom og planter [34].	82
Figur 85 Vannbåren varme – Rør [28].	82
Figur 86 Høytemperert varmepumpe (Hybrid Energy) [18].	83
Figur 87 LED-lampe [14].	84
Figur 88 HPS-lampe [9].	84
Figur 89 Kinetiske plater [22].	85
Figur 90 Illustrasjon av enkelt- og flerspenn drivhus [1].	85
Figur 91 Ulike drivhus former [51].	86
Figur 92 Gotisk drivhus [27].	86
Figur 93 Buede tunnel-drivhus [53].	87
Figur 94 Kinesisk sol-drivhus [50].	87
Figur 95 Bæresystem drivhus – Greenpoint [10].	87
Figur 96 Eksempel 2: Venlo-stil drivhus [56, 57].	88
Figur 97 Eksempel 1: Venlo-stil drivhus [54].	88
Figur 98 Modifisert bue-drivhus [55].	88
Figur 99 Vinkling av drivhus [1].	89
Figur 100 Tak drivhus - strukturelle hensyn [10].	89
Figur 101 Illustrasjon av forskningsprosessen i masteroppgaven [1, 271, 272].	92
Figur 102 Kvantitativ metode gir rom for større fleksibilitet slik at forskningsprosessen kan endres underveis etter hvert som innsamlet data i mulighetsstudien genereres. Inspirert fra [190].	93
Figur 103 Kvantitativ data innsamling av U-verdi i mulighetsstudien [1].	94
Figur 104 Illustrasjon av teoretisk utvalg som ble gjort for kategorien spillvarme [1, 271].	99
Figur 105 Bilde fra befarings på NIBIO Landvik (Såfrø som venter på å bli flyttet til DWC anlegg) [1].	100
Figur 106 Fremgangsmåten forfatterne brukte for mulighetsstudie arbeidet [1].	102
<i>Figur 107 Utforming av Morrow tak [2].</i>	<i>109</i>
<i>Figur 108 Areal av Morrow tak [2].</i>	<i>109</i>
Figur 109 3D-tegning av Morrow [20].	110
Figur 110 Solstudier gjennomført av Stærk [20].	110
Figur 111 Beregning av antall planter for Ebb & Flow [1].	123
Figur 112 Illustrasjon av opptegnede drivhus deler/moduler [1].	132
Figur 113 Vertikal plan og høyder - drivhus (Forfra) [1].	133
Figur 114 Vertikal plan og høyder - drivhus (Fra siden) [1].	133
Figur 115 Horisontal plan for dyrketeknologi i drivhus-del [1].	134
Figur 116 Resulterende score for sted [1].	139
Figur 117 Resulterende score for vertsbygning [1].	145
Figur 118 Total score for vertsbygning og sted [1].	147
Figur 119 Resulterende score for fasade materialer [1].	153
Figur 120 Resulterende score for vekster [1].	158
Figur 121 Vertikal og horisontal dyrkingsbrett [1].	159

Figur 122 Horisontal dyrking av salat på dyrkeplater [1].	159
Figur 123 Planteavstand for tomatplanter [1].	159
Figur 124 Plante og rad-avstand for tomatplanter [1].	159
Figur 125 Rad-avstand og planteavstand for jordbær [1].	160
Figur 126 Vertikal dyrking av jordbær i kasser med avstand 50cm [1].	160
Figur 127 Vertikal dyrking av jordbær [1].	160
Figur 128 Horisontal dyrking av urter [1].	160
Figur 129 Vertikal dyrking for basilikum [1].	161
Figur 130 Resulterende score for alger og fisk [1].	165
Figur 131 Resulterende score for dyrketeknologier [1].	172
Figur 132 Resulterende score for kjølesystemer [1].	179
Figur 133 Resulterende score for oppvarmingsystemer [1].	184
Figur 134 Resulterende score for belysning [1].	188
Figur 135 3D modell - Morrow batterifabrikk [1].	195
Figur 136 3D modell bæresystem - Morrow batterifabrikk [1].	195
Figur 137 Snitt tegning og detaljer - Morrow batterifabrikk [1].	196
Figur 138 3D modell av tak-drivhus på Morrow batterifabrikk [1].	197
Figur 139 Tak-drivhus - Horisontal plantegning og dimensjoner [1].	198
Figur 140 Bilde av opptegnet drivhus i Rhino3D [1].	199
Figur 141 Morrow batterifabrikk og tak-drivhus - Vertikal tegning [1].	200
Figur 142 Vertikal tegning av drivhus med profildetaljer [1].	201
Figur 143 Drivhus på tak – Detaljer [1].	202
Figur 144 Drivhus på tak - Detaljer 2 [1].	203
Figur 145 Konsept illustrasjon av Morrow batterifabrikk, med drivhus og grønt tak [1].	204
Figur 146 Sylinder rør med fisker som går ned i kontorområdet [1].	205
Figur 147 Sylinder rør med fisker som går ned i fabrikkområdet fra taket [1].	205
Figur 148 Fisketank inne i bygg [1].	205
Figur 149 Fiske tank fra taket [1].	206
Figur 150 Fiske tank utenfor bygget Morrow [1].	206
Figur 151 Vindkart over Arendal området [11].	208
Figur 152 Sammenligning av satellittbilder av område i 2023 og 2012. Hentet i fra [333].	209
Figur 153 Visualisering av havne-silo med drivhus og nye bruksområder som butikker, restauranter og boliger [4].	216
Figur 154 Bilde av opptegnet drivhus på tak i Rhino3D [1].	232
Figur 155 Mulighetsstudie - Underkategorier for implementering i optimalisert drivhus [1].	234
Figur 156 Omreguleringsplan Morrow batterifabrikk [47].	28
Figur 157 Oversikt over trinn 1 tilhørende pilotfabrikk og gigafabrikk [336].	28
Figur 158 «3-D illustrasjoner» dokument på Arendal kommunes planinnsyn nettside. Illustrasjonsplan Morrow batterifabrikk (Vinkeloversikt) [20].	29
Figur 159 «3-D illustrasjoner» dokument på Arendal kommunes planinnsyn nettside. Illustrasjon av Morrow batterifabrikk illustrasjon Morrow batterifabrikk (Vinkel 2) [20].	29
Figur 160 «3-D illustrasjoner» dokument på Arendal kommunes planinnsyn nettside. Illustrasjon av Morrow batterifabrikk (Vinkel 5) [20].	30
Figur 161 «Snitt A-A» dokument på Arendal kommunes planinnsyn nettside. Av Morrow batterifabrikk. Hentet fra Arendal kommunes planinnsyn nettside [20].	30

Figur 162 Arealressurser (AR50), parametere som brukes i beregning av klimagassberegninger for arealbruksendringer [334].....	31
Figur 163 Areal som er avskoget for utbygging av pilotfabrikken og batterifabrikk 1. Arealet er tegnet ut i Arendal kommune kartdata [2].....	31

Tabelliste

Tabell 1 Antall dekar jordbruksareal i drift 2022 og 2023 [97].	28
Tabell 2 Matsvinn av utvalgte hagebruksvekster, etter hagebruksvekst for året 2021 [107].	29
Tabell 3 Tre ulike scenarier med tilhørende forenklet resultat fra case-studien [80].	41
Tabell 4 Oppsummering av takdrivhusene [160],[163],[167],[168], [171],[173],[177], [173].	47
Tabell 5 Forskjell på tradisjonell/Horisontal dyrking og vertikal dyrking [180].	49
Tabell 6 Fordeler og barrierer ertsbygninger [1].	63
Tabell 7 Fasadematerialer i mulighetsstudien [1].	65
Tabell 8 Antall veksthus/bønder som produserer: rund tomat, agurk og salat (hodesalat, hjertesalat, ekebladsalat og crispisalat) og jordbær i de ulike landsdelene. Tallene baserer seg på næringer som leverer til Bama [210].	68
Tabell 9 Oversikt over materialene tilknyttet hovedlitteraturen i mulighetsstudiet [1].	90
Tabell 10 Vurdering av reliabilitet og validitet for ulike dokumenter [1].	95
Tabell 11 Informasjonssøk – oversikt [1, 273].	97
Tabell 12 Måleparametere for sted – Forfatterens metode for score-setting av valgte steder i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].	103
Tabell 13 Måleparametere for ertsbygning – Forfatterens metode for score-setting av valgte ertsbygninger i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].	107
Tabell 14 Måleparametere for fasadematerialer – Forfatterens metode for score-setting av valgte fasadematerialer i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].	111
Tabell 15 Nærmere beskrivelse av kriterier for vurdering av generell bærekraft [1].	113
Tabell 16 Måleparametere for planter og vekster – Forfatterens metode for score-setting av valgte planter/vekster i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].	114
Tabell 17 Måleparametere for fisk og alger – Forfatterens metode for score-setting av valgte fisker/alger i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].	117
Tabell 18 Måleparametere for dyrketeknologier – Forfatterens metode for score-setting av valgte dyrketeknologier i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].	119
Tabell 19 Beregning av antall planter for Ebb & Flow [1].	122
Tabell 20 Beregning av vannbehov for Ebb&Flow [1].	123
Tabell 21 Salat næringsbehov [295].	124
Tabell 22 Måleparametere for kjølesystemer – Forfatterens metode for score-setting av valgte kjølesystemer i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].	125
Tabell 23 Måleparametere for oppvarmingssystemer – Forfatterens metode for score-setting av valgte oppvarmingssystemer i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].	126

Tabell 24 Måleparametere for belysning – Forfatterens metode for score-setting av valgte belysningsteknologier i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].	128
Tabell 25 Måleparametere for kinetiske plater – Forfatterens metode for score-setting av denne teknologien i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].	129
Tabell 26 Måleparametere for drivhus utforming – Forfatterens metode for vurdering av valgte utforminger og design for drivhuset i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal vurderes, fremgangsmåte viser til hva som ble gjort for å vurdere kriteriene, og egenvurdering viser til om utforming/design ble tatt med videre eller ikke [1].	130
Tabell 27 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Om området er urbant eller regionalt» [1].	135
Tabell 28 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Klimafaktor: Solforhold» [1].	135
Tabell 29 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Klimafaktor: Vindforhold» [1].	136
Tabell 30 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Nærhet til grønnsstruktur i området fra bygning» [1].	136
Tabell 31 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Størrelse på grøntområde/vegetasjon i området (500 m radius)» [1].	136
Tabell 32 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Avstand til nærliggende butikker» [1].	137
Tabell 33 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Avstand til jordbruk i området» [1].	137
Tabell 34 resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Tilgang/tilgjengelighet» [1].	137
Tabell 35 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Merverdi for området» [1].	138
Tabell 36 total score for stedsvurderingsarbeidet [1].	138
Tabell 37 Stedsvurdering Morrow batterifabrikk [1].	139
Tabell 38 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «bruksområde» [1].	141
Tabell 39 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «takutforming» [1].	141
Tabell 40 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «takareal» [1].	142
Tabell 41 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «takets utforming til å tåle tyngre belastninger» [1].	142
Tabell 42 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «endringer i takkonstruksjonen for å implementer drivhus» [1].	142
Tabell 43 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «solforhold og skygge» [1].	143
Tabell 44 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien "Solpotensial på taket" [1].	143
Tabell 45 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien "Levetid til bygget" [1].	143
Tabell 46 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien "Energisystemer" [1].	144
Tabell 47 Total score for vertsbygning [1].	144
Tabell 48 Resultat vertsbygning: Morrow batterifabrikk [1].	146
Tabell 49 Total score for vertsbygning og sted [1].	147
Tabell 50 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Levetid» [1].	148
Tabell 51 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Vedlikehold» [1].	148
Tabell 52 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Solinnstråling/lysgjennomgang»[1].	148
Tabell 53 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «U-verdi (varmetapskoeffisienten)» [1].	149

Tabell 54 U-verdi for fasade materialer i ulike tykkelser [1].	149
Tabell 55 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Egnet for kaldere klima» [1].	149
Tabell 56 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Vekt» og «Vekt kg/m ³ » [1].	150
Tabell 57 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Knuselig/Uknuselig» [1].	150
Tabell 58 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «UV-beskyttet» [1].	151
Tabell 59 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Estetikk» [1].	151
Tabell 60 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Gjenvinne/resirkulere»[1].	151
Tabell 61 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «karbonavtrykk» [1].	152
Tabell 62 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Generell bærekraft» [1].	152
Tabell 63 Total score for fasade materialer [1].	153
Tabell 64 Slagfast polykarbonat glass [3mm]: [286] [138], [204], [205], [206], [13], [309], [288], [310], [1].	154
Tabell 65 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Arealbruk» [1].	155
Tabell 66 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Helårsproduksjon/Vekstsesong» [1].	155
Tabell 67 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Trivselstemperatur» [1].	156
Tabell 68 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «plantestell/høsting» [1].	156
Tabell 69 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «passende dyrketeknologi» [1].	156
Tabell 70 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «karbonutslipp» [1].	157
Tabell 71 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «belysning» [1].	157
Tabell 72 Resulterende score for vekster [1].	158
Tabell 73 Salat: [293], [79], [294], [211], [311], [312], [313], [68], [314], [1].	161
Tabell 74 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «merverdi» [1].	163
Tabell 75 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «tilførsel av næring» [1].	163
Tabell 76 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «tilførsel av næring» [1].	163
Tabell 77 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «arbeidskraft» [1].	164
Tabell 78 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «risikofaktorer» [1].	164
Tabell 79 Total vurdering for alger og fisk [1].	165
Tabell 80 resultat og score for vurderingsarbeidet tilknyttet alger [1].	166
Tabell 81 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «antall planter» [1].	169
Tabell 82 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «totalt vannbehov» [1].	169
Tabell 83 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «næringsbehov» [1].	169
Tabell 84 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Veksthastighet» [1].	170
Tabell 85 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Energibehov» [1].	170
Tabell 86 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Arealbruk i drivhus» [1].	171
Tabell 87 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Kompleksitet/Merverdi» [1].	171
Tabell 88 Total vurdering for dyrkesystemer [1].	172
Tabell 129 Vurdering av aeroponisk dyrketeknologi [1].	173
Tabell 89 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Aktiv og passiv teknologi» [1].	176
Tabell 90 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Fornybare energikilder» [1].	176
Tabell 91 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Effektivitet» [1].	176
Tabell 92 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Energiforbruk» [1].	177
Tabell 93 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Levetid» [1].	177
Tabell 94 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Miljøpåvirkninger» [1].	177
Tabell 95 Total score for kjølesystemer [1].	178
Tabell 96 Vurdering naturlig kjøling [1].	179

Tabell 97 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Aktiv/passiv teknologi» [1].	181
Tabell 98 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Energiforsyning» [1].	181
Tabell 99 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Energibruk» [1].	182
Tabell 100 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Energieffektivitet» [1].	182
Tabell 101 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Levetid» [1].	182
Tabell 102 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Vedlikehold» [1].	183
Tabell 103 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Miljøpåvirkninger» [1].	183
Tabell 104 Total score for oppvarmingssystemer [1].	184
Tabell 105 Vurdering – Vanntanker [4, 44, 247].	185
Tabell 106 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Effektivitet» [1].	186
Tabell 107 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Levetid» [1].	186
Tabell 108 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Vedlikehold» [1].	186
Tabell 109 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Økonomi» [1].	187
Tabell 110 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Energieffektivitet» [1].	187
Tabell 111 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Dyrkeoptimalisering» [1].	187
Tabell 112 Total score for belysning [1].	188
Tabell 113 Vurdering LED-lampe [1].	189
Tabell 114 Vurdering - Kinetiske plater [1].	191
Tabell 115 Vurderingstabell for utforming av drivhus [1].	192
Tabell 116 Total drivhus-vekt (Materialer) [1].	197
Tabell 117 Årlig gjennomsnittsvær og temperaturer i Arendal ved målestasjonen ved Torungen Fyr [322].	207
Tabell 118 Utslipp eller opptak fra arealet over 20 år oppgitt tonn CO ₂ -ekvivalenter, dersom man ikke hadde omgjort bruken av skogsområdet og fra arealbruksendringen [334].	210
Tabell 119 Totalt utslipp eller opptak fra arealene over 20 år oppgitt i tonn CO ₂ -ekvivalenter for uendret areal og arealbruksendringen [334].	210
Tabell 120 Oversikt over litteratur og dokumenter benyttet i litteratur/dokument søk [1].	32

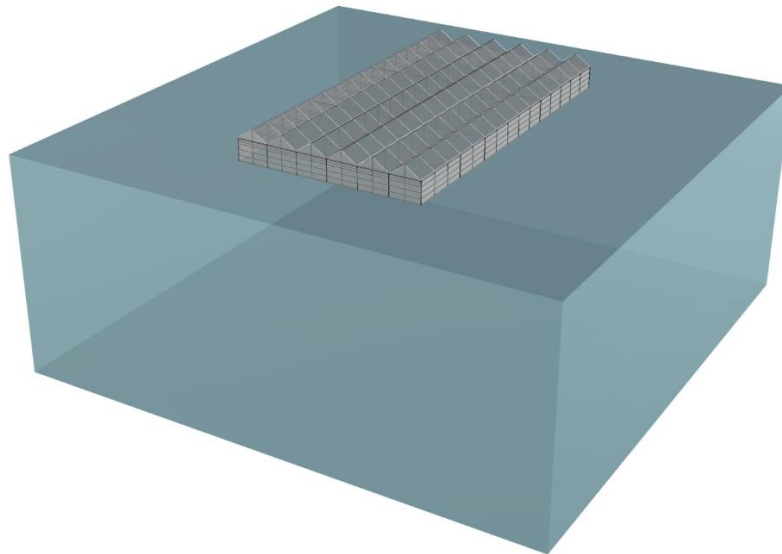
1 Innledning

Denne masteroppgaven er et avsluttende prosjekt i et toårig sivilingeniør-studie innen bygg ved Universitetet i Agder. Begge forfattere har bakgrunn fra studieretningen teknisk planlegging. Det ble valgt oppgaven «Bygde økologier», en oppgave tilknyttet forskningsgruppen «Bærekraftig Bygde Omgivelser» på UiA. Forskningsgruppen arbeider med å fremme miljøriktig utvikling av urban infrastruktur, som inkluderer bygninger, veianlegg og vann- og avløpssystemer. Følgende er hva de ønsker å bidra med [61]:

- Benytte teknologi som verktøy for å implementere bærekraftige bygde omgivelser tilpasset endringer i klima og demografi.
- Bidra til gode løsninger for enkeltbygg og bygder hvor sirkulære og bærekraftige prinsipper ligger til grunn.
- Bidra til bedre løsninger knyttet til vannforsyning, avløps- og overvannshåndtering.

Det ble her ønskelig å kombinere urbanisering opp mot landbruk. Tilhørende hvor urbanisering defineres som «*en prosess der befolkning, markeder og tjenester forflyttes fra landsbygd til byområder*» [62], og urbant landbruk beskrives som «*et bredt spekter av private og offentlige aktiviteter knyttet til produksjon av mat, utvikling av grøntstruktur og sirkulær ressursbruk i byer og tettsteder*» [63]. I fasen «forberedelse» ble det derfor undersøkt ulike temaer og informasjon tilknyttet bærekraftige byer, matproduksjon, teknologier og utvikling. Som ledestoff forfatterne til å fastsette problemstilling tilknyttet bærekraftige takdrivhus i Norge, med fokus på teknologier og løsninger.

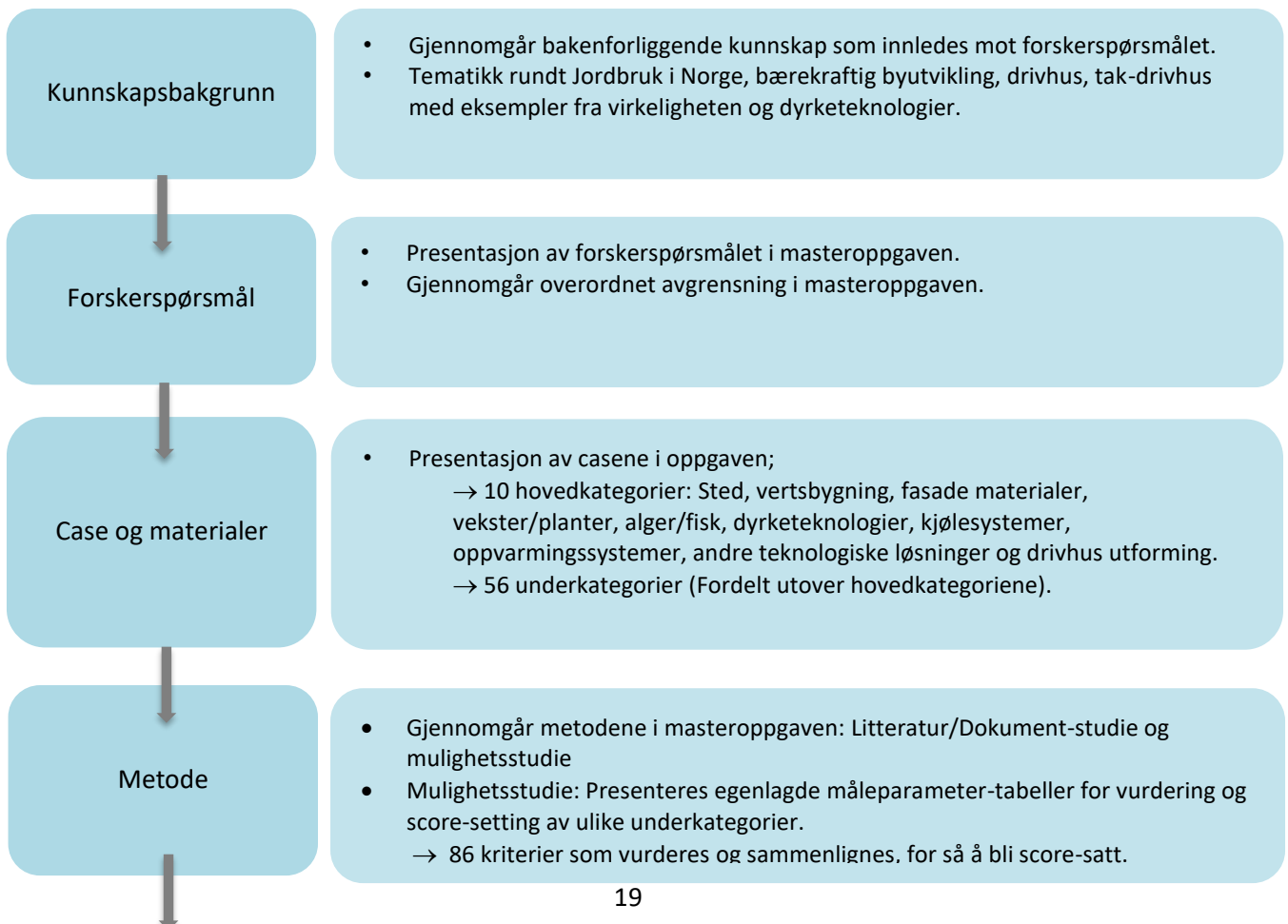
Figur 1 viser en konsept-illustrasjon av hovedformålet med oppgaven, implementering av tak-drivhus på en vertsbbygning. Det er gjennomført en mulighetsstudie, hvor det er fastsatt 10 hovedkategorier, med tilhørende fordelt 56 underkategorier som legger grunnlaget for endelig score-setting og vurdering. Fullstendig mulighetsstudie, med metode, resultater og begrunnelser er lagt i *Vedlegg A*. I *Vedlegg E* er det laget en illustrasjon som viser sammenhengen mellom hovedkategori, underkategori og kriterie for ytterligere opplysning.

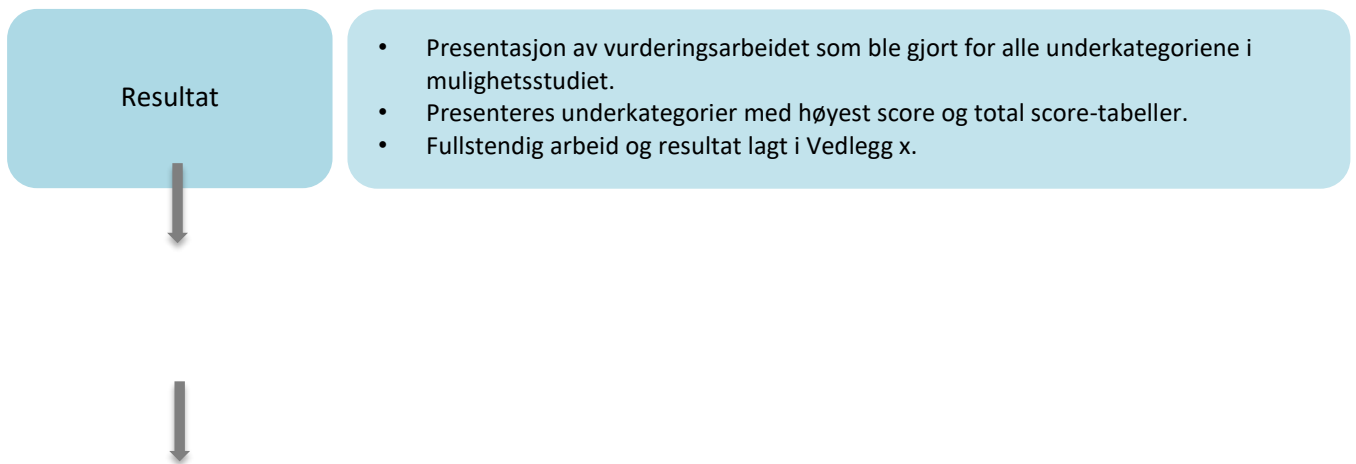


Figur 1 Konsept illustrasjon av takdrivhus [1].

1.1 Masteroppgavens struktur

Figur 2 viser overordnet struktur og beskrivelse av masteroppgaven. Implementering av denne tilegnes svært viktig da rapporten er av en såpass størrelse at veiledning til innhold gjør oppgaven mer oversiktlig.





Figur 2 overordnet struktur og beskrivelse av masteroppgaven [1]

I dag er verdens befolkning på rundt 8 milliarder, i 2050 er det anslått at befolkningen trolig øker til 9,7 milliarder mennesker [64]. FAO (FN's organisasjon for ernæring og landbruk) oppgir at den globale matproduksjonen må øke med rundt 70% innen 2050 for å brødfø befolkningen. Produksjonen i utviklingsland må også betydelig dobles [65, 66] I tillegg estimeres verdens matproduksjon å stå for omtrent 20-30 % av det totale klimagassutslippet [67]. Ettersom befolkningen vokser vil etterspørselen etter matproduksjon øke betraktelig, imidlertid vil det legges belastning på ressurser som land, vann og næringsstoffer. Det vil dermed være behov for å finne alternative og bærekraftige metoder for fremtidig matproduksjon. Samtidig som den sirkulære økonomien opprettholdes og avfall reduseres [68]. Matproduksjonen står ovenfor utfordringer som klimaendringer, kriser, forurensinger og tap av biologisk mangfold og nedbygging av dyrkbar jord [68, 69]. Ekstremvær som hetebølger, tørke, flom eller skiftende og større frekvens av nedbørsmengder har påvirket jordbruket og avlinger negativt [69]. Korona epidemien har også ført til at tilgang på mat kan være utfordrende [70]. Ukraina er en av verdens største korneksportører, I lys av Ukraina krigen har det ført til redusert eksport og satt den globale matsikkerheten i fare [71]. Noe som viser til hvor sårbart matsystemet kan være under kriser. Derfor er det økt oppmerksomhet knyttet til matsikkerhet i forsyningskjeden. Matsikkerhet er en menneskerett som innebærer å ha tilgang til nok, trygg og næringsrik mat. FN definerer matsikkerheten slik [70]:

«Matsikkerhet betyr at alle mennesker, til enhver tid, har fysisk og økonomisk tilgang til nok, trygg og næringsrik mat som dekker deres ernæringsmessige behov og matpreferanser slik at de kan leve et aktivt og sunt liv» [70].



Figur 3 Bærekraftsmål nr.2 "utrydde sult" [12].

Bærekraftsmål nr.2 «utrydde sult» omhandler å utrydde sult, oppnå matsikkerhet, fremme bærekraftig landbruk. Hovedformålet er at alle mennesker skal ha rikelig tilgang på sunn næringsrik og bærekraftig mat gjennom lokal matproduksjon. For å oppnå dette målet må ressurser tilknyttet jordbruk, fiske og skog forvaltes på en bedre måte [12]. Matsikkerhet er avhengig av en rekke faktorer som tilgang, tilgjengelighet og kvalitet på mat. Å utnytte urbant landbruk kan disse faktorene oppnås [72]. Takdrivhus skaper nye landbruksarealer og selvforsynt bærekraftig mat til lokalbefolkningen. Utnyttelse av takarealer gjør det mulig å dyrke frem grønnsaker eller avle frem fisk (akvaponisk) på områder med lite eller ingen tilgang på jordbruk [73]. På denne

måten kan takdrivhus bidra til at utviklingsland øker den lokale matforsyningen og reduserer avhengigheten av import fra andre regioner. Samtidig som lokal-dyrket mat forbedrer matsikkerheten ved å sikre stabil matforsyning ved krisetider som sykdom, ekstrem vær eller krig [74].



Figur 4 Bærekraftsmål nr.11 "Bærekraftige byer og lokalsamfunn"[38].

Bærekraftsmål nr.11 «Bærekraftige byer og lokalsamfunn» omhandler å gjøre byer og lokalsamfunn inkluderende, trygge, robuste og bærekraftige. FN belyser at i 2030 vil omtrent 60,4% av menneskene bo i byer [38]. I alt tyder dette på at bærekraftig matproduksjon bør sentreres i byer for å kunne imøtekomme matbehovet i voksende byer. Den økende urbaniseringen har midlertid ført til nedbygging av essensielle jordbruksarealer. Jordbruksarealer er en ikke-fornybar ressurs og bør i den grad vernes for å opprettholde tilstrekkelig selvforsynt matsikkerhet i landet [75]. ifølge NIBIO har omtrent 1,2 millioner dekar dyrkbar jord blitt bygget ned siden andre verdenskrig [76]. Store deler av disse arealene ligger der folk vil bo. Takdrivhus og urbant landbruk unytter ubrukte takoverflater på bygninger eller tomter i byområdet, noe som

kan bidra til effektivt arealbruk og redusere presset på jordbruksarealer [77, 78]. Lokal matproduksjon støtter konseptet med utvikling av selvforsynte bærekraftige byer. For å nå bærekrafts målet om bærekraftige byer og lokalsamfunn er det avgjørende å integrere urbant landbruk og installasjon av takdrivhus på bygninger i planleggingen og strategier.



Figur 5 Bærekraftsmål nr.7 "Ren energi til alle" [17].

Bærekraftsmål nr.7 «Ren energi til alle» skal sikre tilgang til pålitelig, bærekraftig og moderne energi til overkommelig pris [17]. For å skape bærekraftige byer og lokalsamfunn er det essensielt å gå fra ikke-fornybare energikilder til bruk av fornybar energi, samtidig som energieffektiviteten øker. Bygninger står for omtrent 50% av verdens energiforbruk [77]. I landbrukssektoren er drivhus en betydelig stor bidragsyter til karbonutslipp og energiforbruk, hovedsakelig grunnet belysning og oppvarming. Store deler av energien for å drifte disse drivhusene stammer fra ikke-fornybare energikilder som olje og naturgass [79]. Integreerte takdrivhus spiller en viktig rolle for å redusere karbonavtrykket til energibruk i denne sektoren. Takdrivhus kan dra nytte av vertssbygningenes kjøle

og varme strømmer. Noe som vil redusere oppvarmingsbehovet og fremme bærekraftig drivhusoppvarming. På en annen side kan drivhuset forbedre byggingens oppvarming og kjølebehov gjennom forbedret takisolasjon. Denne energigivne symbiosen kan altså redusere energiforbruket til begge konstruksjonene og øke energieffektiviteten [77]. Det er midlertid fortsatt mulig å ytterligere redusere klimagassutslippet relatert til drivhus, ved å ta i bruk fornybare energikilder som solenergi, vindkraft og vannkraft for å gå over til klimanøytral drivhusproduksjon [79]. Ved å implementere løsninger som støtter fornybare energikilder kan delmål 7.2) og 7.3) oppnås [17].



Figur 6 Bærekraftsmål nr.9 "industri, innovasjon og infrastruktur" [31].

Bærekraftsmål nr.9 «industri, innovasjon og infrastruktur» fokuserer på å bygge fremtidsrettet infrastruktur og bærekraftige innovative løsninger [31]. Takdrivhus representerer en banebrytende teknologi innen urbant landbruk, og kan installeres på kommersielle tak i tettbygde områder med begrenset plass. Å dyrke i kontrollerte miljøer som drivhus reduserer risikoen for avlingssvikt eller faktorer som tørke, flom eller forurensninger. Dette er med på å bygge en matkultur som er robust til å møte utfordringer knyttet til klimaendringer [78, 80].

Ved å benytte innovative dyrketeknologier som hydroponikk, akvaponikk og aeroponikk kan ressurser utnyttes effektivt og avlingsproduksjonen per m² optimaliseres. Hydroponikk innebærer dyrking av planter i jordfrie systemer. Akvaponikk kombinerer både hydroponikk og planteproduksjon med oppdrett av fisk. Der fiskeavfall benyttes som næring til plantene i et lukket ressurseffektivt system. Aeroponikk bruker tåke/spray for å tilføre næring til røttene som fremmer rask plantevekst. Akvaponi muliggjør oppdrett av fisk langt fra kystområdet og kan implementeres i geografiske områder med begrenset tilgang til fiske, som eksempel i ørkenen. Dette bidrar også til å opprettholde matsikkerhet i et område med begrensede tilganger til ressurser som skog, fiske og jordbruk [73]. Bruk av innovative løsninger fremmer økonomisk vekst og arbeidsplasser. I en rapport kommer det frem at urbant landbruk kan forsyne 21 millioner innbyggere og generere mer enn 180 000 arbeidsplasser [74]. I prinsippet bidrar urbant landbruk økt sysselsetting og inntekter som igjen bidrar til å nå bærekraftsmål nr.8 «Anstendig arbeid og økonomisk vekst» som bygger på bærekraftig økonomisk vekst, sysselsetting og anstendig arbeid for alle [30].



Figur 7 Bærekraftsmål nr.8
"Anstendig arbeid og økonomisk vekst" [30].



Figur 8 Bærekraftsmål nr.12
"ansvarlig forbruk og produksjon"
[24].

som er en knapp ressurs mer effektivt sammenlignet med

Bærekraftsmål nr.12 «Ansvarlig forbruk og produksjon» omhandler å sikre bærekraftig forbruks- og produksjonsmønstre. Altså gjøre mer med mindre ressurser som bidrar til den sirkulære økonomien. Delmål 12.2) innebærer bærekraftig forvaltning og effektiv bruk av naturressurser [24].

Jordfrie dyrketeknologier som hydroponikk, akvaponi og aeroponikk unytter ressurser som vann og næringsstoffer i et lukket kretsløp.

Dermed utnyttes vann



tradisjonelt jordbruk [68]. Sammenlignet med tradisjonelt jordbruk kan lukkede systemer spare opp mot 40% vann og 35-45% av næringsstoffene [74]. Dessuten vil resirkulering av vann sikre bærekraftig vannforvaltning som også kan bidra til å nå bærekrafts mål nr.6 «Rent vann og gode sanitærforhold» [32].

Delmål 12.3) omhandler å redusere matsvinn i produksjons- og forsyningskjeden [24]. Ferske matvarer transporteres tusenvis av km rundt om i verden før prosessering eller distribusjon til forbruker. Noe som har resultert i et globalt matsvinn på over 33% [81]. Land med høyere levestandard er den største bidragsyteren til matsvinn. Urbant landbruk sørger for kortreist mat til forbruker, samt tar opp kampen mot matsvinn i de ulike stadiene i forsyningskjeden fra detaljhandel og forbruk. Samtidig som klimagassutslippene til transport reduseres [10, 78].



Figur 10 Bærekraftsmål nr.13 "stoppe klimaendringene"

Bærekraftsmål nr.13 «stoppe klimaendringer» fokuserer på å bekjempe

klimaendringene. Dette målet er avgjørende for

Figur 9 Bærekraftsmål nr.8 "Gode sanitærforhold" [32].

å sikre en bærekraftig fremtid og begrense den globale oppvarmingen [57]. Norge har forpliktet seg til Paris avtalen om å kutte klimagassene med minst 55% innen 2030 og forhindre at den globale oppvarmingen stiger med mer enn 1,5 °C [82]. Økt urbanisering fører til utbygging av infrastruktur og boliger, noe som resulterer i økte avstander mellom matproduksjon og forbruker. Denne økte avstanden bidrar til lengre transportveier for matvarer som igjen fører til høyere klimagassutslipp fra transportsektoren. Tall fra

Miljødirektoratet viser til at transportsektoren står for 34% av det norske klimagassutslippet [83]. Norge har relativt store avstander innenlands og ligger langt fra den sentrale globale varetilførsel [84]. Klimautslippet relatert til transport av mat henger sammen med transportavstanden. Å flytte matproduksjonen nærmere forbruker reduserer dermed reisevei, behov for import fra utlandet og CO₂-utslipp. Ved å fremme lokal matproduksjon særlig i urbane områder kan den miljømessige belastningen tilknyttet mat transport reduseres, dette vil bidra med å nå Parisavtalen, men samtidig fremme bærekraftige byer. Innovative løsninger som takdrivhus kan dermed begrense karbon avtrykket [78].

Avslutningsvis representerer takdrivhus i et urbant landbruk en fremtidsrettet tilnærming som kan bidra til å nå flere av FN's bærekrafts mål, både når det kommer til miljømessige, økonomiske og sosiale verdier. Gjennom arealeffektivitet, matsikkerhet, bedre ressursutnyttelse og redusert matsvinn kan flere gevinster oppnås for å sikre at både nåværende og fremtidige generasjoner har tilgang til trygg og næringsrik mat. Dermed kan kommende økende matbehov dekkes som sikrer en bærekraftig fremtid, samtidig som miljøpåvirkninger reduseres.

3 Kunnskapsbakgrunn

Dette kapitlet gjennomgår tematikker og kunnskap det er nødvendig å ha for å kunne forstå bredden av oppgavens problemstilling. Temaene som gjennomgås er jordbruk og klima i Norge, bærekraftig byutvikling, drivhus, eksempler på eksisterende tak-drivhus og dyrkemetoder.

3.1 Jordbruk i Norge

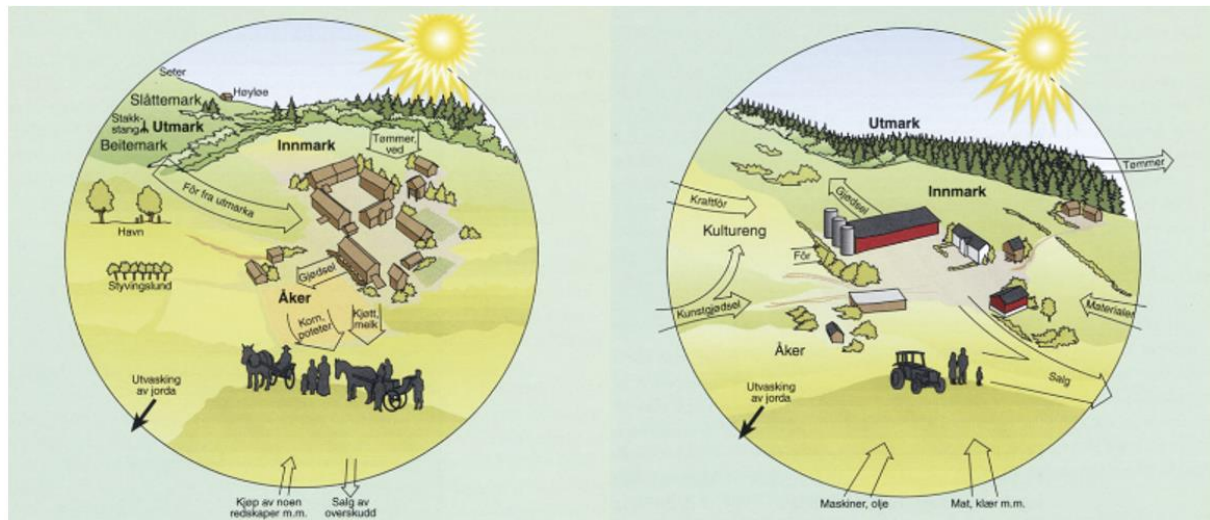
3.1.1 Tradisjonelt jordbruk

Jordbruk, eller landbruk, er den sektoren som dyrker jorden med planteproduksjon som formål. Her inngår også virksomheter rundt husdyr og gårdsdrift med hensikt å dekke menneskers behov gjennom produksjon av plante- og dyreprodukter. Gjennom tidene har denne landbrukssektoren gjennomgått en stor transformasjon. Fra tidlig av ble mennesker regnet til å sanke og høste inn mat i form av planter, bær og andre vekster. Trolig ble så slike planter flyttet og plassert i nærheten av der menneskene bodde for å verne om matsikkerheten [85]. Slike endringer i matsanking og produksjon

blir knyttet opp mot jordbruksrevolusjonen. Dette er en serie av overgangsperioder og utviklinger over lang tid. I Norge regnes landbruksproduksjonen til å ha hatt gjennombrudd rundt år 2350 f.Kr, noe som endret samfunnene over store deler av Sør-Norge. Slike endringer blir knyttet opp mot blant annet forandring og vekst innen bosetningsmønstre, endringer i teknologiske verktøy, redskapsbruk og klimatiske faktorer [86].

De landbruksområdene som sees i dag, er et resultat av mange års arbeid og påvirkning av bønder. Store åkerlandskap har tidligere vært skoger og grønnstruktur som ble hugget ned, for å så bli omgjort til dyrkbar grunn. Når næringsstoffene i dyrkeområdet ble tømt, kunne dyrkingen flyttes til nye områder som så ble hugget ned og bearbeidet. Når bruk av gjødsel for å tilføre næringsstoffer til plantene kom på banen, ble det mulig å bruke dyrkeområdet over lengre perioder. Det fremmes at et samarbeid mellom dyrking og dyrehold var svært viktig for å kunne etablere en fungerende jordbruksdrift. Ved å ha dyr som gjødselprodusenter for å forbedre næringsstoffene i jorden, hadde dyrene også et behov for fôr og vann som igjen ville påvirke ressursbruken på gården [87].

Perioden etter andre verdenskrig blir nevnt som en stor endringskraft innen landbruk. Det ble stort fokus på å øke levestandarden til befolkningen, med resulterende økonomisk vekst. Med fremtredelsene av teknologier innen traktorteknologi, fôr, gjødsel, plantevernmidler og dyrkingsskunnskap kunne man effektivisere og masseprodusere en rekke plante- og dyreprodukter [87]. Videre vekst av slike teknologier har ført oss til dagens moderne produksjonssystemer som ofte sees i industrialiserte land i Europa og Amerika. Der produksjonen kan forekomme på store sammenhengende områder, med samme gjentagende dyrking av plantearter og bruk av storskala landbruksmaskiner [85]. *Figur 11* oppsummerer denne forskjellen på små-skala tradisjonelle gårder til mer moderne gårdsbruk. Til venstre er gården i stor grad selvforsynt og både innmark og utmark brukes som høstingsområder av mat og ressurser. Det var større fokus på at produsert overskudd kunne selges for å kjøpe inn nødvendigheter, men hovedvekt på at produksjonen var ment som matsikkerhet for beboere og dyr på gården. Til høyre vises den moderne gården, hvor store deler av nødvendig materiell og ressurser kommer utenfra. Fokus på matsikkerhet er ikke lenger nødvendig og størstedelen av produksjonen selges ut. Her utnyttes heller ikke lenger utmarksområder for innhøsting og bruk, som har ført til gjengroing av skog og endring i det biologiske mangfoldet [87].



Figur 11 Gården før og nå [87].

3.1.2 Jordbruksstatistikk

I 2023 fantes det 37 627 jordbruksbedrifter i Norge, en nedgang på 19,2% siden år 2010 [88, 89]. En jordbruksbedrift er en bedrift hvor jordbruk, dyrehold og hagebruk inngår i virksomheten. Her er det oftest en ledelse, hvor alt av produksjonsmidler brukes felles [89]. Bedriften skal også ha driftssenter på selve landbrukseiendommen, og skal opereres uavhengig av de geografiske kommunegrensene [90]. I disse jordbruksbedriftene finnes det brukere, som er ansvarlig for driften. Disse kan deles inn i enten personlige eller upersonlige brukere. Innen personlige brukere inngår eier med enkeltpersonsforetak, og for upersonlige inngår andre organisasjonsformer [89]. Sistnevnte kan være enten offentlige virksomheter, frivillige eller foretak som står som juridisk eier [91]. I år 2022 stod personlige brukere for omtrent 94,7% av alle jordbruksbedrifter, noe som er en liten oppgang fra år 2010 som var på 93,8% [89].

En annen faktor det er nødvendig å nevne angående jordbruksdrift er bruken av jordleie. Dette er dyrket mark som er i bruk, men der eieren av arealet er forskjellig fra personen som bruker det, og dette inkluderer både personlige og upersonlige brukere [92]. I 2021 var omtrent 47% av jordbruksarealer leiejord, en 15% økning siden 1999 [93]. Ifølge rapporten «Jordleie – bonde og jordeier i samspill i et marked» nevnes det en rekke faktorer til økt forekomst av jordleie. Blant annet knyttes det primært til den stigende produktiviteten i jordbruket, økte investeringer, implementering av teknologi, bruk av større landbruksmaskiner og utvidelse av dyrehold. Disse faktorene krever mer jord for bøndene som ønsker å styrke sin virksomhet, og da leier de ofte jord fra gårdsbedrifter som ikke lenger fungerer som selvstendige driftsenheter [94].

Selv om antall i jordbruksbedrifter har hatt en nedgang de siste årene, sees det en trend i økt jordbruksareal per jordbruksbedrift. Bare fra året 1999 har det gjennomsnittlige jordbruksarealet gått fra 147 dekar, til 261 dekar i 2022 [89, 93]. I 2022 stod slike jordbruksarealer for 5,4% av Norges areal, hvor det i 2023 ble nedjustert til 3,5% av Norges totale arealressurser [95, 96]. Tabell 1 viser antall dekar jordbruksareal som er i drift årene 2022 og 2023, med prosentvis endring for hvert fylke i Norge. Dataene er basert på godkjente midler innen produksjonstilskudd som er gitt av

Landbruksdirektoratet. Her fremkommer Viken, Innlandet og Trøndelag som de fylkene med størst jordbruksareal, hvor Oslo, Agder og Troms og Finnmark står for minst [97].

Tabell 1 Antall dekar jordbruksareal i drift 2022 og 2023 [97].

Fylke	2022	2023	Endring 2022-2023
Agder	305 203	309 490	1,40%
Innlandet	2 017 880	2 021 789	0,19%
Møre og Romsdal	505 995	508 944	0,58%
Nordland	543 557	545 001	0,27%
Rogaland	1 002 685	1 002 028	-0,07%
Troms og Finnmark	334 277	335 496	0,36%
Trøndelag	1 636 916	1 638 400	0,09%
Vestfold og Telemark	642 625	640 189	-0,38%
Vestland	812 256	818 701	0,89%
Viken	2 024 435	2 026 476	0,10%
Oslo	7 276	7 526	3,44
Totalt	9 833 105	9 854 040	0,21%

I 2022 var det 7 762 dekar jordbruksareal som ble omdisponert, en nedgang på 11% fra 2017 [98]. Nedgangen i omdisponert jordbruksareal kan kobles opp mot at det grunnleggende er et forbud mot omdisponering. Det ønskes at man skal verne disse produktive arealene, og det er derfor svært strenge føringer og krav ved eventuelle endringer [99]. Ifølge landbruksdirektoratet vil man ved omdisponering «gis en tillatelse for at dyrka jord eller dyrkbar jord kan brukes til andre formål enn jordbruksproduksjon». Slike endringer i formål kan eksempelvis være at arealet endres til samferdselsanlegg, teknisk infrastruktur eller boligbebyggelse [95, 100]. Omdisponering av jordbruksareal går under jordloven, som er satt for at Norges jordarealer brukes og disponeres bærekraftig slik at matsikkerhet, arbeid og variasjon i bruksstrukturen opprettholdes for kommende generasjoner [101].

3.1.3 Matsvinn

I følge FNs organisasjon for ernæring og landbruk (FAO) fremkommer det at omtrent en tredjedel av den globale matproduksjonen går tapt, hvor matsvinn regnes som både økonomisk, miljømessig og etisk utfordrende [102]. Gjennom en bransjeavtale om reduksjon av matsvinn ønsker Norge å få myndigheter og aktører til å redusere matsvinnet frem til år 2030. Hovedmålet er at det fra 2015 til 2030 skal kunne reduseres med hele 50% [103]. Blant annet ble det i 2020 utarbeidet rapporten «Bransjeavtale om reduksjon av matsvinn: Hovedrapport 2020», hvor det trekkes frem at matsvinn er av et betydelig ressurs- og verditap gjennom hele verdikjeden, fra produksjon til konsum. Produksjon av mat forbruker verdifulle landarealer og andre naturressurser, samtidig som den krever energi, transport og arbeidskraft. Dette også resulterende i økte klimagassutslipp [104].

I 2020 ble det i gjennomsnitt kastet 40,3 kg mat per person i Norge. Resulterende var den sektoren som stod for størst matsvinn husholdninger med 216 100 tonn, for så matindustrien på 86 000 tonn og dagligvare på 67 400 tonn [102]. Da denne masteroppgaven undersøker drivhus på tak hvor det

forekommer produksjon av grønnsaker, er det relevant å fokusere videre på matsvinn innen grøntsektoren. Ved vurdering og beregning av matsvinn i grøntsektoren, kan man dele opp sektoren i primærproduksjon og etter primærproduksjon [105]. Primærproduksjon kan defineres som «produksjon av organisk materiale fra energi», selve veksten og produksjonen av råvarene [106]. Ved veiledning av NIBIO rapporten «Redusert matsvinn og endret kosthold – muligheter for beregning av effekt på klimagassutslipp fra jordbruket», er det i figur 12 oppsummert de grunnleggende forskjellene på matsvinn innen både primærproduksjon og i verdikjeden etter primærproduksjon. I hovedsak vil matsvinn i primærproduksjonen bli regnet som svinn innen jordbrukssektoren, fra maten høstes til den når industrimottaket. For verdikjeden etter primærproduksjonen inngår svinn innen matbransjen i form av distributører, dagligvarebutikker og serveringsbransje [105].



Figur 12 Inndeling av verdikjede i grøntsektoren [4, 105].

Tabell 2 viser til matsvinn innen de mest populære hagebruksvekstene i Norge for året 2021. Målingene innen «Høstet Avling» er basert på data innhentet for både den potensielt salgbare avlingen og den delen som ikke er egnet for salg, men som fortsatt er høstet som en del av den totale avlingen. For «Matsvinn» kategorien er dataene basert på avlinger som er forbeholdt mennesker, men som av ulike årsaker kastes eller fjernes fra matkjeden. Her fremkommer det at gulrøtter er den kategorien med høyest innhøsting på 66130 tonn og matsvinn på 20%. Av de kategoriene med lavest matsvinn er epler, jordbær, bringebær, blomkål, agurk i veksthus og tomat i veksthus hvor alle har matsvinn på under 3% [107]. Årsaken til matsvinn kan være mange. Men innenfor matbransjen trekkes det frem til å være dårlig/utgått kvalitet på råvaren, feilbestillinger, produksjonsfeil eller stans og uhell. For tiltak som kan redusere matsvinn opplyses økt planlegging av produksjon og lagermuligheter, omforming av råvarer, optimalisere pakkeprosess eller emballasjen og donering av overskudd [104].

Tabell 2 Matsvinn av utvalgte hagebruksvekster, etter hagebruksvekst for året 2021 [107].

Hagebruksvekstkategori	Høstet avling (tonn)	Matsvinn (tonn)	Matsvinn (prosent)
Eple	19363	78	0
Jordbær	6297	78	1
Bringebær	1835	15	1
Blomkål	10210	227	2

Haust- og vinterkål	15912	1549	10
Matkålrot	13197	2157	16
Gulrot	66130	13422	20
Kepalauk	25425	1915	8
Isbergssalat	7639	467	6
Agurk i veksthus	20152	29	0
Tomat i veksthus	13511	193	1

3.1.4 Selvforsyningsgrad og import

I 2022 var nordmenns gjennomsnittlige matvareforbruk for korn på 81,2 kg og grønnsaker på 77,6 kg per person. Disse tallene er basert på et engrosnivå, som vil si at det er beregnet fra tall innen matforsyning for både import, eksport og produksjon [108]. Dette bærer så videre til tematikk rundt selvforsyning. Selvforsyningsgrad vil si i den grad et land ved hjelp av egen produksjon og innenlands ressurser kan dekke samfunnets matbehov. For perioden 2019-2021 hadde kjøtt en selvforsyningsgrad på 91%, korn på 30% og grønnsaker på 48%. Ved å se nærmere på grønnsaksproduksjonen i Norge, fremkommer det at for samme periode var et forbruk på 432,2 millioner kg. Disse tallene vil da gi et importbehov på 218,2 millioner kg grønnsaker. Sammenlignet med kjøttproduksjon som har et importbehov på 26,1 millioner kg, er det svært store variasjoner i importbehov innen ulike matkategorier [109].

Grønnsaker og frukt fraktes til Norge fra Europa langs sjøveien, men også i lastebiler langs veien. Disse matvarene blir også importert fra andre land utenfor Europa [110]. Selv om transportmetoden er dieseldrevet eller elektrisk, vil de ha en påvirkning på det totale miljøfotavtrykket. Jo tyngre og større transporten er, jo mer CO₂-utslipp vil det være [111]. Det er ifølge Miljødirektoratet et utslipp fra 251-905 g CO₂eq/km for 7,5 tonn til over 20 tonns lastebiler [112]. Transport ved bruk av skip, kontra lastebiler, ansees til å være mer miljøvennlig. Ifølge en rapport kan det fra gitte scenarier reduseres 41-74% i energiforbruk og 54-80% CO₂-utslipp ved denne overgangen. Her ble det beregnet at lastebiler hadde et CO₂-utslipp på 3161 kg/tonn forbrent drivstoff, og skip med Naturgass drivstoff hadde 2750 kg/tonn [113].

3.2 Bærekraftig byutvikling

Det er ifølge FNs delmål 11.3) forklart at det skal «*Innen 2030 styrke inkluderende og bærekraftig urbanisering og muligheten for en deltakende, integrert og bærekraftig samfunnsplanlegging og forvaltning i alle land*» [38]. Med dette er det et behov å utdype hva bærekraftig urbanisering og bærekraftig samfunnsplanlegging innebærer.

Ved bærekraftig urbanisering, settes det fokus på «Urbaniserings» delen. I følge Store norske leksikon kan urbanisering defineres som «en prosess der befolkning, markeder og tjenester forflyttes fra landsbygd til byområder» [62]. Videre fokuseres det på bærekraftig samfunnsplanlegging. Her kan ordet samfunnsplanlegging beskrives som «den omfattende offentlige planleggingsaktivitet» og som uttrykker «myndighetenes ønske om å fremme en målrettet samfunnsutvikling» [114].

Ny Urban Agenda, som er en felles visjon og politisk forpliktelse vedtatt på FN konferansen i 2016, omhandler bærekraftig byutvikling og byers potensiale. Blant annet fremkommer det at det ved bærekraftig byutvikling er en rekke områder som bør fokuseres på. Det nevnes at agendaen «Forplikter alle til å ha en ny tilnærming til hvordan byer og byområder planlegges, utformes, utvikles, styres og forvaltes». Videre nevnes at «Det er nødvendig å utnytte fordelene ved urbanisering som en drivkraft for bærekraftig og inkluderende økonomisk vekst, sosial og kulturell utvikling og beskyttelse av miljøet» [115].

Urbant landbruk kan beskrives som «et bredt spekter av private og offentlige aktiviteter knyttet til produksjon av mat, utvikling av grøntstruktur og sirkulær ressursbruk i byer og tettsteder» [63]. I strategien «Dyrk byer og tettsteder. Nasjonal strategi for urbant landbruk» nevnes former for urbant landbruk som matproduksjon i/på villahager, parseller, balkongkasser, grønne tak og bynære landbruksarealer. Hovedtrekkene ved slike tiltak er at man skal legge til rette for et bærekraftig matsystem. Herunder med betydning at økonomiske, sosiale og miljømessige grunnlag legges til rette ved levering eller produksjon av mat uten at fremtidige generasjoners matsikkerhet svekkes [116].

3.2.1 Viktigheten av urbant landbruk

I strategien «Dyrk byer og tettsteder. Nasjonal strategi for urbant landbruk» gjennomgås ulike virkninger urbant landbruk kan ha på samfunnet. Av disse er det positive virkninger innen helse, utdanning, matsikkerhet/beredskap, sosiale forhold, klima og miljø, byplanlegging og økonomisk fremgang. Figur 13 viser en oversiktlig illustrasjon over disse kategoriene. Blant annet vil det for helse-virkninger kunne skapes merverdi i form av forbedret fysisk og psykisk helse da man får større nærhetsfølelse til naturen og mulig økt kvalitet på mat. Innen byplanlegging kan urbant landbruk i tillegg åpne for utvikling av grønnstruktur som parker og takhager. En slik samfunnsverdi kan også skape en sosial arena for deltakelse, integrering og tilhørighet både for ansatte og besøkende, som videre kan fremme økt økonomisk, miljømessig og sosial utvikling [116]. Viktigheten av økt urbant landbruk trekkes også frem i programmet «Green cities Action Programme: building back better». Her har de som hovedmål å forbedre menneskers helse og tilhørighet gjennom økt tilgjengelighet til urbane grønne områder, urbant landbruk og sunn mat. Videre nevnes det at økt innovasjon innen grønn teknologi og infrastruktur kan kunne bidra stort for urbane områder og byer. Den økte befolkningsveksten i verden, mat- og vannsikkerhet, økte arealbruk og ødeleggelse av biodiversitet har ført til at nye systemer og føringer bør settes på plass. Utfordringen her er tilknyttet styringsmaktenes praksis rundt planlegging av urbane områder [117].



Figur 13 Ulike virkninger urban dyrking har på samfunnet og bærekraftig utvikling [1, 116].

I NIBIO rapporten «Urbant landbruk: Alle kan bidra til økt matsikkerhet i Norge» er det laget et regneeksempel for Oslo der dyrking i byer kan kunne øke den norske selvforsyningen av grønnsaker som poteter, tomater, løk og gulrøtter. Det er tatt utgangspunkt i 170 boenheter i en boligblokk i Oslo, hvor figur 14 viser til det potensielle dyrkingsarealet og realistiske arealbehovet for dagens kompensasjon av import av disse grønnsakskategoriene. Arealbruken er på henholdsvis 490 m² for minste behov, hvor det største arealbehovet kommer på 965 m². Forskjellen i slike arealbehov er grunnet grønnsakene tar opp forskjellig areal og dyrkingsforhold spiller en rolle i vekstrate [118].

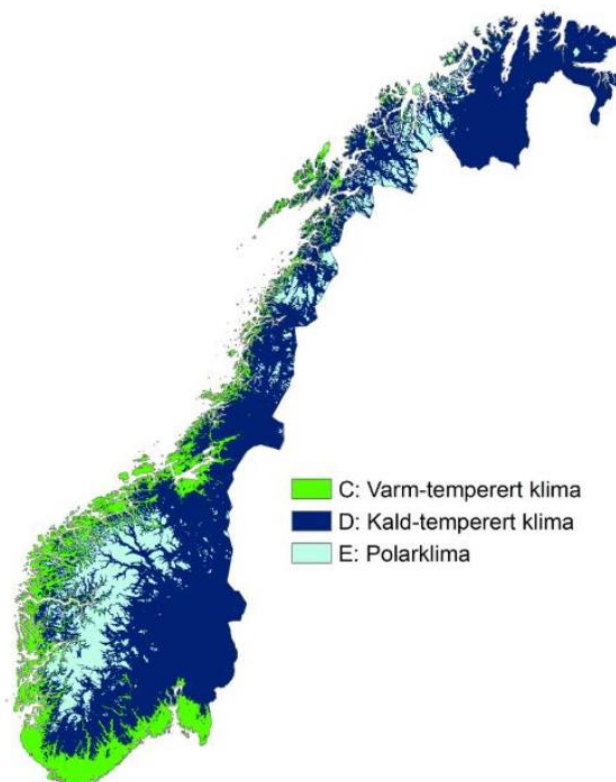


Figur 14 NIBIO regneeksempel: Potensielt dyrkingsareal (Venstre) og realistisk arealbehov (høyre) til urbant landbruk i Oslo for 170 husstander [4, 118].

3.3 Klima og dagens utvikling

Ved gjennomgang av bærekraftig byutvikling og urbant landbruk er det nødvendig å gjennomgå klimasituasjonen i Norge. Dette er grunnet fremtidens byer skal kunne planlegges med robuste løsninger for klimaendringer og klima-innsikt er svært relevant for denne masteroppgaven [119].

Norge er et langstrakt land som strekker seg over flere breddegrader og topografier, noe som gjør at klimaet i Norge varierer mellom de ulike landsdelene [120]. *Figur 15* viser et kart over Köppans klimaklassifikasjoner av Norge for normalperioden 1991 til 2020, som er varmtemperert klima (Klimatype C), kaldtemperert klima (Klimatype D) og polart klima (Klimatype E). Varmtemperert klima kjennetegnes ved at det er jevnt fuktig gjennom året, i hovedsak kystnære områder og temperaturen ligger på mellom 18°C og -3°C i den kaldeste måneden i løpet av året. For kaldtemperert klima er temperaturen under -3°C i den kaldeste måneden og slike områder gjelder for store deler av innlandet både i sør og nord [121]. Sistnevnte, polart klima, finner man både på Svalbard og i fjellområder i Norge. Her vil middeltemperaturen i den varmeste måneden ikke overgå 10°C [122, 123].



Figur 15 Köppans klimaklassifikasjoner av Norge (1991-2020) [121].

Videre gjennomgås vindforhold i Norge. Grunnet temperaturvariasjoner gjennom året, får man om sommeren en vindretning som går mot land og langs kysten vestover. Om vinteren går denne vindretningen fra land, ut mot havet, langs kysten østover. For Sørlandet kan denne vinden bli ganske sterk, i form av pålandsvind og solgangsvind. For Nord-Norge er vindstyrkene moderate [120]. Vind og vindlast er en utøvende kraft på konstruksjoner, og er en av de dominerende miljøbelastningene det må prosjekteres etter for å opprettholde sikre konstruksjoner. Vind i seg selv er luftbevegelser

forårsaket av trykkforskjeller i jordens atmosfære. Denne trykkforskjellen er igjen et resultat av jordens rotasjon og varierende temperaturer [124]. Høye vindstyrker kan føre til store materielle skader. Statistikk fremlagt av Finans Norge viser at naturskader grunnet storm, regnet som vindstyrker på over 20,8 m/sek, stod for omtrent 75% av innmeldte skader på bygning eller innbo mellom årene 2013 og 2022 [125]. Dette bygger opp om viktigheten av riktig og utfyllende beregning av bygningers evne til å motstå vindlaster.

Nedbør er vann som faller fra himmelen, som er en betegnelse for både hagl, snø og regn. Nedbøren i Norge kan variere med årlig nedbør på 4000mm til 200mm avhengig av lokasjon [126]. Nedbøren sees størst på Vestlandet, hvor lavest er det i indre strøk av Finnmark. Derimot har Sørlandet og områdene østover mer intenst nedbør [127].

Snø er nedbør som er blitt omgjort til krystallform ved at temperaturen rundt og i regndråper har sunket til under frysepunktet [128]. Ved dimensjonering av bygninger i Norge er det viktig å beregne for snølast. Slike laster kan være avhengig av klima og geografisk beliggenhet [129]. Av områder med høyest snølast for perioden 1991-2020 er gjellområder på Vestlandet, hvor lavest snølast er langs kysten i Sør-Norge [129]. Ifølge rapporten «Klima i Norge 2100» kan det mot slutten av århundret være nesten ingen snø i lavtliggende områder i Norge, og snøen kan smelte tidligere. Derimot konstateres det at snømengdene i høyfjellet kan øke [127].

3.4 Klimagass-reduksjon i veksthusnæringen

NIBIO-Rapport nr.147 omhandler tematikk rundt reduksjon av klimagassutslipp i veksthusnæringen. Det er et ønske om å omgjøre drivhusnæringen til enten å oppta mer CO₂-utslipp enn produsert (Produksjonen er CO₂ negativ), eller at det slippes ut like mye CO₂ som det opptas (Produksjonen er CO₂ nøytral). Av de største bidragene til klimagassutslipp i tradisjonelle drivhus er bruken av naturgass oppvarming og CO₂-utslipp [79].

Det er overgangen fra gass til strøm som kan bidra størst når det kommer til den totale reduksjonen, men også resulterende verdier for andre områder i drivhusene. Overgangen fra bruk av fossile energikilder, til fornybare energikilder, er svært miljøgunstig for drivhus i Norge [79]. Strømmen i Norge tilegnes å være mer miljøvennlig sammenlignet med mange andre land i verden. Faktoren gCO₂eq/kWh betyr hvor mange gram CO₂ som slippes ut per produsert kWh strøm [130]. For 2023 hadde Norge gjennomsnittlig strømproduksjon med karbon intensitet på 30 gCO₂eq/kWh. Sammenlignet med andre land i Europa hadde Tyskland 425 gCO₂eq/kWh, Frankrike 45 gCO₂eq/kWh og Storbritannia på 214 gCO₂eq/kWh. Årsaken til dette er at Norge har anvendt 99% fornybare energikilder til strømproduksjon dette året, hvor Tyskland kun brukte 60%. For Norge var i hovedsak denne energiproduksjonen basert på vann-kraft (88,32%), etterfølgende av vind-kraft (9,15%). For Tyskland var den største energikilden basert på kull-kraftverk [131]. Videre nevnes det alternativer for fornybare energikilder som bruk av solenergi, anvendelse av biogassanlegg, gjenbruk av spillvarme, bruk av bergvarme og fjernvarme [79]. Industriell spillvarme er energi i form av eksempelvis varmt vann, kjølevann, damp eller andre avgasser som går tapt til omgivelsene fremfor å bli gjenbrukt innad industrien eller andre formål [132, 133].

Andre tiltak som trekkes frem for reduksjon av miljøpåvirkningen er bruk av CO₂-fangere, oppvarmingstanker, optimalisert klimastyring, varmepumper og energigardiner. Dette er tiltak som overordnet kan redusere energiforbruket i veksthuset. Dette i form av økt produktivitet/effektivitet, eller ved reduksjon av energiforbruket i drivhuset ved eksempelvis oppvarmingsbehov [79].

Av utfordringer for å redusere klimagassutslipp tilknyttet veksthus, trekkes frem tilgang til fornybar energi, kostnader for implementering, behov/etterspørsel av planteproduksjonen og risiko tilknyttet investering og produksjon. Det er også trukket frem at det er et generelt behov for å øke kunnskapen og kompetansen rundt tiltak, barrierer og muligheter tilknyttet reduksjon av klimagassutslipp i næringen. Økt kunnskap kan føre til økt forståelse og mindre usikkerhet rundt implementering av fornybare energikilder og optimalisering av energiregnskapet [79].

3.5 Drivhus

3.5.1 Funksjon og utforming

Drivhus, også kjent som veksthus, er en konstruksjon laget av gjennomsiktig materiale som plast eller glass. Designet for å slippe inn sollys. Drivhuset har som formål å skape et mikroklima i et kontrollert miljø for å optimalisere vekstmiljøet for planter eller grønnsaker [134, 135]. I kaldere klima kan det være gunstig å skape et optimalt miljø for planter ved å regulere og kontrollere temperatur, fuktighet og lys. Ved å kontrollere disse variablene sikrer man at veksten trives selv med utfordrende klimatiske forhold [136]. På en annen side bidrar også drivhus til å forlenge vekstsesongen og beskytte avlingene mot trusler som eksempel ekstrem-vær og skadedyr, og dermed sikre en økt produksjon av norsk mat [134].

Drivhus består oftest av bjelker, søyler, fagverk, avstivningselementer, renner, sperrer og purlins (takåser) [137]. Hvordan drivhus er uformet med tanke på orientering, design, form og materiale vil påvirke klimaet inne i drivhuset, energieffektiviteten og holdbarhet. Større avanserte drivhus kan dempe klimatiske påvirkninger, mens mindre drivhus kan være mindre kostbare. Drivhusmaterialer må undersøkes med tanke på å tåle ytre væreforhold slik som vind, snø og regn, samt ytre laster uten å deformeres [138]. Alle disse faktorene og videre beskrivelse gjennomgås i *kapittel 5.2.10 drivhus utforming*. Det må videre nevnes at Sørlandet hadde større mengde med snø kombinert med sterk vind i starten av 2024, som førte til store ødeleggelser av drivhus rundt om i regionen [139]. *Figur 16 og 17* viser bilder av to drivhus i Grimstad som har blitt ødelagt av stormen [1].



Figur 16 Bilde av drivhus i Grimstad, mangler fasade materialene [1].



Figur 17 Bilde av deformert drivhus i Grimstad [1].

3.5.2 Materialbruk I drivhus

Av materialer som anvendes i drivhus er stål, aluminium, glass, plast og betong [137, 140]. Drivhus kan ifølge en rapport deles inn i to kategorier; om det har stål-bæresystem eller har enklere bæresystem i form av tre. De drivhusene med tre-komponenter blir regnet til å være tilegnet lavere produksjon, og sees vekk fra i denne rapporten [137]. Det er bæresystemet i drivhuset som oftest består av stål, aluminium eller betong. Sistnevnte som gulv-dekke eller til fester [137, 141]. Følgende er beskrivelser av materialene stål, aluminium og betong:

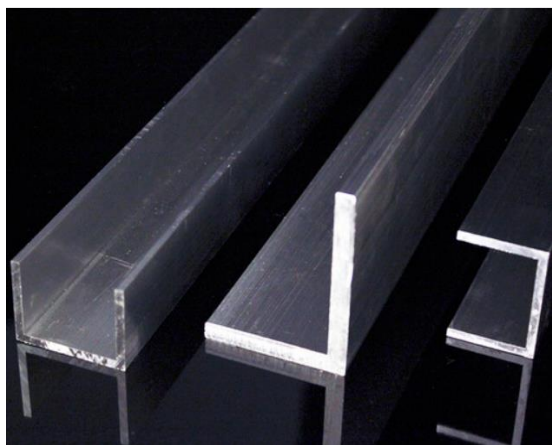
Stål



Figur 18 Bilde av sveiste stålør S235JRH (Norsk Stål AS) [36].

Stål er et materiale med mange ulike bruksområder. Det anvendes spesielt som lastbærende elementer eller komponenter i en rekke konstruksjoner. Deriblant broer, bygninger og infrastruktur som jernbane. Stål består i hovedsak av grunnstoffet jern (Fe) og karbon. Jern står for hoveddelen av stål, hvor karbon står for maksimalt 2%. Karbonet blir regnet som et legeringselement, som er med i legeringsprosessen som endrer egenskapene til stål til ønsket bruk. Disse egenskapene kan innebære å endre smeltepunkt, varmeledningsevne, elektrisk ledningsevne og styrke [142, 143]. Figur 18 viser et bilde av sveiste stålør S235JRH [36]. Ved S235 menes at stålet har en flytegrense på 235 Mpa (N/mm^2). Med betydning at stålet tåler 235 N/mm^2 belastning før det deformeres [142, 143]. På generell basis kan stål ha en flytegrense på mellom 200 til 2500 Mpa og en densitet på 7850 kg/m^3 [143].

Aluminium



Figur 19 Bilde av Aluminium profiler [29].

Aluminium er et grunnstoff som brukes og anvendes i en rekke ulike prosesser og elementer. Fra komponenter innen jernbane og fly, til bærende elementer i konstruksjoner og videre i form av folie til oppbevaringsbruk [144]. Da aluminium er et lettmetall, er det vanlig å tilføre andre metaller for å endre egenskapene, kalt aluminiumslegeringer. Ved å blande ett materiale med spesifikke egenskaper, sammen med egenskapene til aluminium, kan dette endre egenskapene eksempelvis mer styrke, mer formbart og høyere korrosjonsbestandighet [143, 145]. Figur 19 viser et bilde av aluminium-profiler (U- og vinkelprofiler) som kan brukes til bærende og støttende systemer i konstruksjoner [29]. Aluminium har en densitet på 2700 kg/m^3 , noe som gjør at den er lettere enn andre typiske bærende materialer [144]. Til bruk i drivhus, nevnes aluminium til å være et godt valg grunnet økonomisk besparelse og lengre levetid enn stål [146].

Betong



Betong er et materiale som brukes over hele verden og blir sett på som en av de viktigste materialene innen bygg og anlegg [147]. *Figur 20* viser bilde av en av betongens funksjoner som er å være bærende elementer i konstruksjoner [37]. Betong er et materiale som består av sement, vann, grus, stein og tilsetningsmidler. Tilsetningsmidler blir tilført for å kunne endre betongens egenskaper ut fra behov, slik som akselerering av herdetid, økt frostsikkerhet eller gjøre betongen lettere å arbeide med. Betong har en densitet på 2200-2500 kg/m³ [143, 147].

Figur 20 Bilde av betong dekker og søyler (GCP) [37].

Overflatematerialer i drivhus er ofte glass (1-lag eller 2-lag) eller plastfolie/film. Egenskapene til slike materialer tiltenkt en drivhus-funksjon burde ha gode termiske egenskaper [148]. Årsaken til dette er at valg av overflatemateriale kan spille inn på miljøet inne i drivhuset. Det kan påvirke lysinntrengningsmuligheter, innvendig temperatur og luftfuktighet. Dette spiller videre inn på plantenes vekst og trivsel [149]. Beskrivelse av ulike glass og plastoverflater til drivhus gjennomgås i *case kapittel 5.2.2*

3.5.3 Varmetransportmekanismer i drivhus

Ved beskrivelse av drivhus, er det nødvendig å nevne varmetransportmekanismene som skjer i konstruksjonen. Av mekanismer som forekommer er varmetransport som varmeledning, varmegjennomgang, konveksjon og stråling [143].

Varmetransport forekommer ved temperaturforskjeller, der varmeenergi overføres fra området med høye temperaturer til lavere temperaturer. Herunder kan også varmetransporten foregå ved faseendring, også kalt fordampning eller kondensasjon, og strømningsoverføring i varmebærende medium [143, 150].

Varmeledning/konduksjon er arbeidet der varme forplanter seg med molekylbevegelser gjennom et materiale [150]. Hvor varmegjennomgangen beskriver varmeledningsevnen gjennom faste stoffer, væsker eller gasser. Til forskjell fra varmeledning, foregår denne for den totale varmeoverføringen fra varmere område til kaldere område. Denne består også oftest av flere mekanismer som konveksjon og stråling. Varmestråling betyr at varmeenergi transporteres gjennom elektromagnetiske bølger, oftest i form av infrarød stråling. Den blir enten absorbert eller reflektert av et objekt, som videre spiller sentral rolle i oppvarmingsprosesser [143].

Tilhørende varmetransportmekanismer er materialers U-verdi. Denne benevnes for varmegjennomgangskoeffisient, hvor verdien angir hvor godt materialer isolerer. Desto lavere verdi, jo bedre isolerende egenskaper har materialet. Tykkere materialer vil gi lavere U-verdi [143, 151].

3.6 Takdrivhus «rooftop greenhouse»

Rooftop greenhouse (RTG) eller takdrivhus (TD) på norsk, er et drivhus som er plassert på toppen av bygninger for produksjon av mat. Drivhusene integreres for det meste på kommersielle større bygninger som handelsparker eller industribygg med flatt tak, men finnes også på skoler, kontorer og boligblokker [152]. Slike takdrivhus kan være ettertraktet i områder med lite eller ingen tilgang til jordbruk [153]. Områder preget av kjøligere klimatiske forhold kan også være av interesse, da drivhus kan optimalisere vekstmiljøet for planter ved å kontrollere temperaturer, fuktighet og lys [78].

Drottberger påpeker at urbant landbruk på tak er en lovende fremtidsrettet teknologi, blant annet fordi hustak utgjør omtrentlig en fjerdedel av alle urbane overflater [78]. For å utnytte arealer kan drivhus kombineres på taket til allerede eksisterende bygg eller nybygg. I en rapport vurderes det implementering av takdrivhus på industrielle tak fra et teoretisk grunnlag. Resultatene konkluderes til å vise at handelsparker har mer motstandsdyktig bæresystem enn industriparker. Årsaken til dette er at industribygg ofte har tak laget av metallplater, i stedet for betong [153]. Takdrivhus har flere bærekraftige fordeler som dekker de tre dimensjonene i bærekraft som miljø, økonomisk og sosial utvikling. Bare for å nevne noe av dem inngår også generering av arbeidsplasser, økt energibesparelse, matsikkerhet og reduserte transportavstander [78, 152].

I Europa utgjør bygninger 40% av det samlede energiforbruket, samtidig som konstruksjonene er ansvarlig for 35% av klimagassene. For å redusere energiforbruket må energieffektiviserende tiltak anvendes [152]. Det energirelaterte forbruket relateres oftest til oppvarming, belysning og ventilasjon, som videre er hovedårsaken til økt miljøpåvirkning. Dette er også faktorer som gjør drivhus til svært energikrevende i landbrukssektoren [152]. Drivhus krever oppvarming, belysning, og kjølesystemer som øker det termiske energibehovet og kostnadene under driftsfasen [78, 152].

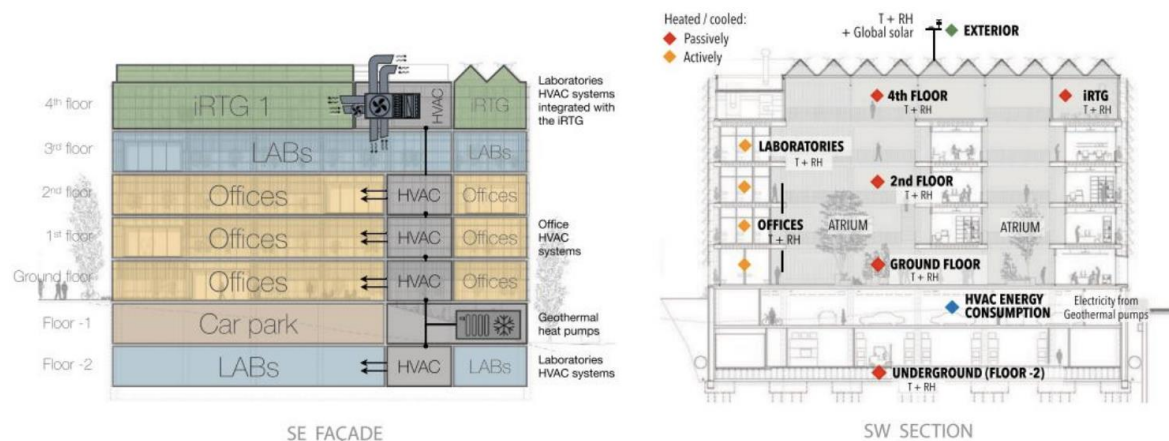
3.6.1 Energisymbiose mellom verftsbygning og takdrivhus

Takdrivhus deles inn i integrerte og isolerte drivhus. Isolerte drivhus er adskilt struktur fra konstruksjonen under, de er altså ikke koblet sammen. Integrerte takdrivhus (iRTG) utveksler metabolske strømmer med verftsbygningen under, noe som reduserer energiforbruket og ressursforbruket [10]. Dette gjennom utveksling av energi, vann og CO₂-strømmer [78, 152]. På denne måten kan drivhuset dra nytte av varme- og kjølestrømmene fra verftsbygningen, og motsatt. Varmestrømmene kan altså utnyttes til oppvarming i drivhuset ved vinterstid eller kalde nattetemperaturer. Overflødig varme fra drivhuset kan benyttes til å varme opp verftsbygningen ved behov [152]. Energisymbiosen kan dermed reduserer miljøpåvirkninger og karbonavtrykket relatert til energiforbruk [77, 78, 152].

Nadal påpeker at symbiosen mellom bygninger og urbant landbruk optimaliserer energieffektiviteten og matproduksjonen. Studien «*Building-integrated rooftop greenhouses: An energy and environmental assessment in the mediterranean context*» sammenligner ytelsesvurderingen av et Integrert takdrivhus (iRTG) med et frittstående drivhus på bakkeplan [77]. Resultatene viser til en ekvivalent CO₂-besparelser på 113,8 kg/m²/år sammenlignet med konvensjonelt frittstående drivhus

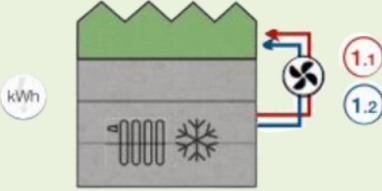
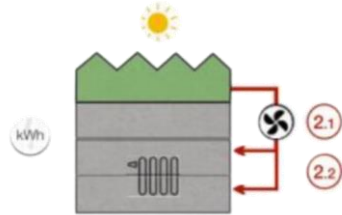
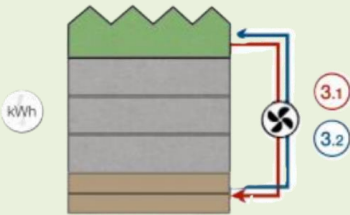
med olje. Totalt ble 341,93 kWh/m² termisk energi resirkulert fra hovedbygningen, som kan benyttes til oppvarmingsenergi i IRTG. Den termiske massen fra ertsbygningen hevet den gjennomsnittlige temperaturen i takdrivhuset med 4,1°C om vinteren, og senket temperaturen med 4,4°C om sommeren. Gjennomsnittlig temperatur for takdrivhuset sommer og vinter var henholdsvis 25,7°C og 16,6°C. Temperaturene ligger derfor innenfor FAOs anbefalte temperaturområder (14-26°C) som tilfredstiller avlingsvekst. Takdrivhuset oppfyller denne betingelsen 76,6% av de årlige timene, mens frittstående drivhus nådde det optimale området bare 43,2% av de årlige timene. Det frittstående drivhuset viste til langt større temperatur svingninger som ikke var i henhold til FAOs anbefalinger [77]. Dette viser til at drivhus på ertsbygninger kan bidra ytterligere til zero-energy-greenhouses (null-energi-drivhus).

Case studien «*Building-integrated rooftop greenhouses raise energy co-benefits through active ventilation systems*» av Munoz-Liesa At.al, undersøker toveis energisymbiose mellom et integrert takdrivhus tilhørende ertsbygning plassert i et middelhavsklima [80]. Det vil si den termofysiske påvirkningen fra takdrivhuset på bygningen og omvendt. Gjennom tre ulike scenarier som er vist i tabell 3, analyseres den samlede netto energibesparelsen. Drivhuset er lokalisert på taket til den spanske ICTA bygningen i fjerde etasje som er et forskningscenter bestående av kontorbygg og laboratorium, i tillegg til underjordisk parkeringsanlegg som er vist i figur 21. I hvert rom er det plassert luftbehandlingsanlegg (AHU) som er integrert med varme- og ventilasjonssystem (HVAC), for å utveksle metabolske energistrømmer (CO₂, varme og luftfuktighet). Ved hjelp av inn- og utluft-rør kan avtrekksluft fra bygget føres til drivhuset og omvendt. Varm og CO₂-rik avtrekksluft kan leveres til drivhuset i stedet for å gå til spille, mens drivhuset kan levere frisk og forvarmet luft til ertsbygningen. Drivhuset kan gjenvinne bygningens spillvarme men samtidig fungere som en solfanger. Dette vil gi årlige energibesparelser og redusere miljøbelastningene til bygningens livssyklus [80].



Figur 21 ICTA bygg: Bestående av takdrivhus i fjerde etasje, laboratorium i 3 etasje, kontorer i hoved-, 1-, og 2-etasje. I tillegg er det underjordisk parkeringsanlegg og laboratorium [80].

Tabell 3 Tre ulike scenarier med tilhørende forenklet resultat fra case-studien [80].

Scenario	Evaluering	Illustrasjon av scenario
Scenario 1 Oppvarming og kjølig fra vertsbygningen: Potensialet for oppvarming- og kjølestrømmer fra bygningens spillvarme via bygningens AHU-system til drivhuset. Totale termisk energigevinst fra spillvarme generert fra bygningen til drivhuset er henholdsvis 198 kWh/m ² /år. Utnyttelsen av denne energigevinsten kan hjelpe drivhuset med varme- og ventilasjonsbehovet. Energigevinst for oppvarming ga henholdsvis 143,3 kWh/m ² (høyere temperatur i bygget enn drivhuset), mens energigevinst for kjøling ga 54,8 kWh/m ² (lavere temperatur i bygget enn drivhuset). Ulike temperaturgradienter kan føre til utnyttelse av lav og høy energistrømmer.		
Scenario 2 Energiproduserende drivhus: Utforsker drivhuset som solfanger for å produsere energibesparelser for bygningen ved å utnytte drivhuseffekten. Altså trekke ut oppvarmingspotensialet fra overflødig høstet solenergi som genereres i drivhuset ved bruk av AHU-systemet. Veksthuset høstet 890 kWh/m ² solenergi per år, som resulterte i 205,2 kWh/m ² /år med oppvarmingsgevinst/energigevinst som kan gjenbrukes i bygningen. Noe som vil resultere i reduserte driftskostnader og energibehovet. Den totale energibesparelsen tilsvarer 8% av vertsbygningens årlige energibehov.		
Scenario 3 Ensrettet luftstrømmer fra og til drivhuset til underjordiske etasje: Termisk underjordiske temperaturer kan kjøle ned drivhuset, og omvendt. Resultatene viser årlige gevinster på 157,2 og 305,8 kWh/m ³ for oppvarming og kjøling. Energipotensialet er altså større enn scenario 2, noe som skyldes større temperaturforskjeller mellom drivhuset og underjordiske nivåer der temperaturen er konstant. Samtidig har underjordiske nivåer ideell luftfuktighet for drivhusplanter. Dette tyder på at vertsbygninger med parkeringsanlegg kan være gunstig for å kjøle ned drivhuset.		

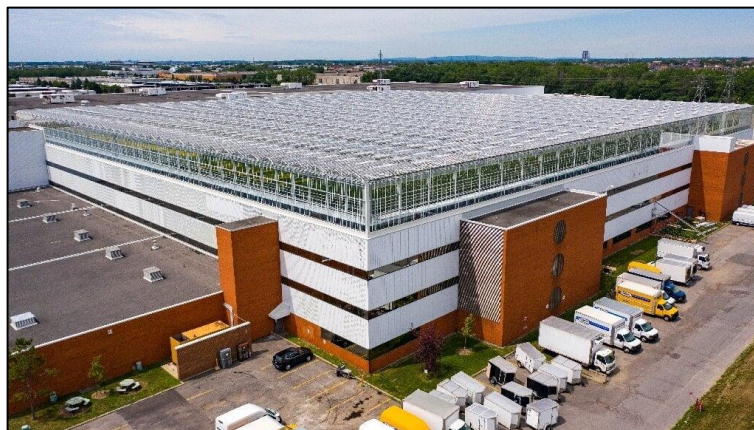
3.7 Eksempler på eksisterende tak-drivhus

Dette kapittelet gjennomgår ulike eksempler på takdrivhus rundt om i verden. Her vil ulike faktorer som bærekraft, marked, distribusjon og innovative løsninger nærmere undersøkes. Å undersøke andre takdrivhus kan hjelpe med å gi inspirasjon til videre case-studie for ulike teknologier og bærekraftige tiltak.

3.7.1 Lufa farms

Lufa farms er et urbant landbruksselskap i Canada lokalisert i Montréal, og bygget verdens første kommersielle takdrivhus på et nedlagt industribygg i Ahuntsic i 2011 med et areal på 31 000 m². Suksessen har ført til utbygging av en rekke andre takdrivhus rundt om i landet [154]. Selskapet fokuserer på innovative teknologiske løsninger for å produsere fersk mat i drivhus til lokalbefolkningen i området. Drivhusene er lokalisert på tak på gjenbrukbare forlatte bygninger eller nyere konstruksjoner. Hovedmålet for Lufa farms er å bygge et bedre bærekraftig matsystem for innbyggere, samt opprettholde godt partnerskapstilnærming med lokale aktører som bønder, landbruks- og matprodusenter. Noe som gjør at flere interessenter kan involveres i matproduksjonen [155]. På en annen side påpeker Allaby at store urbane aktører som Lufa farms lett kan utkonkurrere små bønder. Spesielt når det kommer til utsalg og produksjon [156]. Generelt er Montreal et sted med lite landbruksproduksjon, veksthus som supplement gir nemlig samfunnet mulighet for å skaffe selvforsynt mat. Slik at man er mindre avhengig av distribusjon fra andre land eller byer [157]. Ved å sentrere matproduksjonen urbant nærmere forbrukerne, reduseres dermed transport og klimagassutslipp relatert til reisevei.

Det dyrkes mer enn 50 varianter av grønnsaker som blant annet urter og grønnsaker slik som tomat, salat, selleri, eggeplanter og agurk [156, 158]. Lufa Farms genererer mat til nesten 30 000 mennesker og produserer mer enn 70 tonn råvarer årlig [156, 157]. Bedriften operer med nettbutikk og abonnement basert tjeneste, der kundene betaler et fast beløp for tilpassede matbestillinger som leveres daglig eller ukentlig i pakker. Nettbutikken inkluderer også 200 andre produsenter fra nærmiljøet med lokalprodukter i form av melk, fisk, kjøtt, egg osv. Bestillingene kan hentes ved hentepunkter eller leveres hjem på døren [159].



Figur 22 Lufa farm i Ville Saint-Lauren. Er verdens største kommersielle takdrivhus med et areal på 163 800m² [160].

I tillegg til å være en pioner på innovative drivhus på tak, implementeres det teknologier på høyt nivå for både produksjon og forvaltning. Hovedsakelig benyttes hydroponisk dyrking med en kombinasjon av vertikal eller horisontal dyrkings systemer. Datakontrollsystemer benyttes for klimakontroll [157, 160]. Samtidig tas det i bruk miljøvennlig distribusjonssystem som elektriske kjøretøy inne i drivhusene og til kundene [157]. Lufa farms driver helårsproduksjon av grønnsaker, som vil si at de dyrker hele året rundt. Drivhusgrønnsakene høstes når de er modne og solgt. På denne måten reduseres mengden matavfall. Når planten når slutten av levetiden, fjernes den og erstattes av nye frø. Slik fortsetter syklusen med nye avlinger. Dessuten blir organisk panteavfall omgjort til kompost som blir solgt eller benyttes videre i kretsløpet. Insekter er også et fast inventar i drivhusene, blant annet benyttes det bier til pollinering og andre insekter for å bekjempe skadedyr. Slik at man opprettholder et balansert økosystem [160, 161].

Vann er en verdifull ressurs, noe som gjør at det er hensiktsmessig å benytte lukket sløyfesystem [160]. På denne måten hindrer man forurensing i form av landbruksavrenning [68]. Regn og smeltevann samles/fanges på taket og brukes som supplement i det lukkede vanningsystemet. Tak drivhusene bruker halvparten av energien til oppvarming kontra drivhus på bakkenivå. Dette skyldes at man kan gjenbruke varmen som stiger opp fra bygningen under. Dessuten fungerer drivhusene som en buffer for det ytre miljøet for å beskytte selve bygningens varmetap. I tillegg er det doble glass og to sett med gardiner (benyttes om nattetid ved lave temperaturer) for å bedre isolasjonsevnen og redusere varmetap. Ved vinterstid benyttes naturgass til oppvarming. Noe som gjør de respektive drivhusene svært energieffektive [160]. I en studie gjennomført av Bambara viser simuleringene at doble glass reduserte varmebehovet med 75% for Montreal-drivhuset og 72% for vertikal farmen (VF), samtidig som det økte kjølebehovet med henholdsvis 35% og 26%. På grunn av større solesponering genererte takdrivhuset dobbelt så mye solenergi gjennom semitransparente solceller (STPV) sammenlignet med VF. STPV-teknologien viste også evnen til å produsere 16.6% av den årlige elektrisitetens behovet for å drifte drivhuset [162].

3.7.2 Gotham Greens

Gotham Green er et ferskvare- og urbant landbrukselskap i USA. Selskapet opererer både med drivhus sentrert på bakkenivå og på toppen av bygninger på tvers av USA. For tiden er det fire drivhus plassert på takkonstruksjoner rundt om i New York og Chicago. På lik linje med Lufa Farms benytter Gotham Green seg av hydroponisk drivhusteknologi for å redusere bruken av areal, vann og energi. Samtidig som forurensninger og avfall reduseres [163]. Energien som benyttes er 100% fornybar og kommer i fra solceller og vindmøller. I en rapport kommer det frem at selskapets innendørs drivhus bruker 95% mindre vann og 97% mindre land kontra tradisjonelt jordbruk ville gjort [164]. Teknologien drives av datadrevne klimakontrollerte anlegg for å overvåke avlingene. Gotham Green leverer mat til restauranter, matbutikker og utsalgssteder [163].

Det første kommersielle drivhuset ble bygget i 2011 i Brooklyn med et areal på 15 000m² og er ett av verdens ikoniske urbane landbruksprosjekt. *Figur 23* viser drivhuset og solceller som er montert på et eldre forlatt industri-bygg i Brooklyn, NY. Det andre drivhusanlegget med et areal på 20 000 m² ble montert og integrert på et kjøpesenter (Whole Foods market) i 2013. Drivhuset leverer dyrket mat til butikkene under, noe som gjør dyrkingen svært bærekraftig med kort-reiste grønnsaker på bare noen

få meter. Det største drivhuset i New York ligger på taket av leketøysfabrikken Ideal Toy Company med et areal på 60 000 m² [165]. Det fjerde drivhuset med et areal på 75 000 m² ligger plassert i Chicago på taket av Method Products manufacturing plant som produserer rengjøringsmidler. I tillegg er det 1520 m² med grønt tak som forbedrer luftkvaliteten og reduserer overvann avrenningen [165, 166].



Figur 23 Gotham Greens, New York Brooklyn [165].

3.7.3 Urban farmers

Urban Farmers var en av de største europeiske takdrivhusene i Europa, lokalisert i den nederlandske byen Haag. Drivhuset på 1200 m² ble bygget på toppen av Phillips tidligere kontorbygg på seks etasjer i 2016 [167, 168]. Omlag 15% av bygningene i Haag står tomme, noe som viser at gjenbruk av bygninger har et stort potensiale [169]. I motsetning til de andre landbruksselskapene fokuserer Urban Farmers på både oppdrett av fisk og dyrking av diverse grønnsaker (tomater, auberginer, paprika og salat). Femte etasje ble anlagt for 900 m² fiskeoppdrett [167, 168]. Sammen skapte de et økosystem bestående av fisk- og grønnsaksproduksjon som kalles akvaponi eller aquaponic [167]. Næringsrikt avløpsvann fra fiskeproduksjonen resirkuleres som gjødsel for grønnsakene som igjen renser vannet som skal gjenbrukes i fiskeproduksjonen [68]. Drivhuset er ikke tilkoblet selve strukturen under. I den forstand betyr det at drivhusene ikke drar nytte av den termiske varmen fra bygget under, og derfor har et høyere energi bruk. Noe som kan være mot sin hensikt for å opprettholde et bærekraftig energibruk, redusere CO₂-utsipp og kostnader for drift. For oppvarming benyttes elektrisitet, gass og oppvarming gjennom vannrør [167].

Til tross for selskapets erfarne urbane dyrkere gikk selskapet konkurs i 2018 [168, 169]. Det er derfor interessant å dykke dypere inn i hvorfor en slik fremtidsrettet bærekraftig matproduksjon ikke var levedyktig i markedet. I en rapport fra Groop kommer det frem at konkursen skyldes i stor grad tre faktorer som selskapets strategi, intern uenighet og produksjonstekniske utfordringer. Målgruppen var først og fremst rettet mot kundesegmentet i B2B-modellen (business-to-business) som er hovedsakelig salg til bedrifter, i dette tilfellet var det profesjonelle restauranter, kantiner og butikker [168, 170]. I ettertid trakk flere av kundene seg, fordi den kortreiste ferske fisken og maten ikke var verdt prisen. Grønnsakene ble oppbevart i lengre tid i kjøleskap, noe som førte til at ferskheten og

friskheten forsvant ved bruk. Det var dermed mer økonomisk å gå tilbake til de gamle billige leverandørene [168]. Den største fordelen med urbant landbruk er akkurat den korteste tilgangen på fersk produserte matvarer. For å redde bedriften skiftet de strategi til B2C (business-to-consumer) som er salg til privatpersoner [168, 170]. Her hadde de ikke tatt høyde for at UF var lokalisert i en av de fattigste nabolagene i Nederland, og nærmeste kundegruppen hadde ikke råd til å kjøpe høyt priset kvalitetsprodukter. Dessuten hadde UF stor konkurranse fra nærliggende tradisjonelt jordbruk og fersk fisk fra sjøen. Allikevel tilbød UF tomater som var priset tre-dobbelte sammenlignet med konkurrentene [168]. *Figur 24* viser bilde av Urban Farmers i Nederland [169].



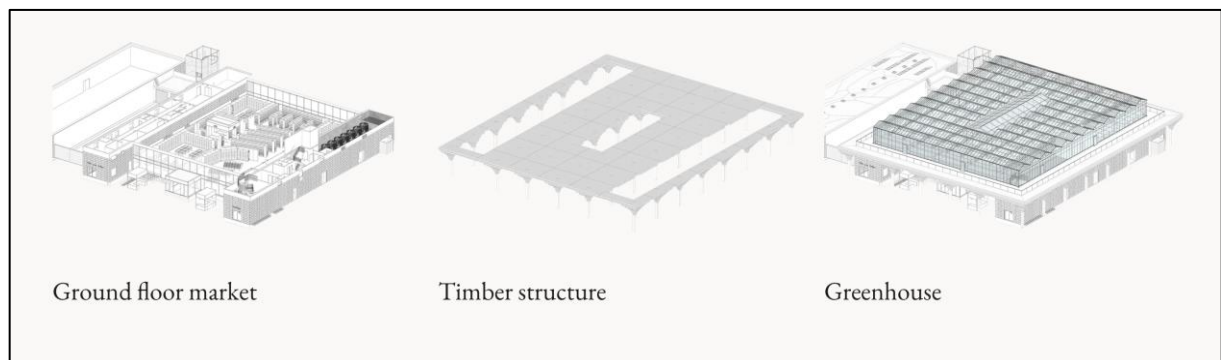
Figur 24 Urban Farmers, Nederland [169].

3.7.4 Rewe Green Farming

Rewe Green Farming er en bærekraftig multifunksjonell markedshall av tømmer lokalisert i Wiesbaden (Tyskland). Bestående av både drivhus og en akvaponisk farm på taket og marked i nederste etasje [171]. Målet er å fremme miljøvennlig praksis av jordbruk i byer og redusere miljøpåvirkningen av matproduksjonen. Selve konstruksjonen består av tømmer satt sammen med skru forbindelser. Totalt består konstruksjonen av 1 100 m³ tre, noe som gir en besparelse på 7000 tonn CO₂ [172]. Hvert år produseres 200 000 kg fersk fisk som gir flere tonn fiskekjøtt og 800 000 pletter basilikum [173]. Ved å kombinere marked eller butikk med drivhus kan grønnsakene høstes når de skal selges til forbruker, som reduserer matsvinn i forsyningskjeden og transportavstand. I gjennomsnitt reiser fersk mat flere tusen km fra produksjonssted til forbruker. Avstanden mellom markedet og forbruker vil være avhengig av geografisk område som lokalt, regionalt eller nasjonalt, samt sesong for matproduksjonen. Under transport, distribusjon og lagring kan maten bli skadet eller ødelagt, som fører til betydelige matsvinn. Samtidig som lengre transportavstander frigir store mengder karbonutslipp [174, 175]. *Figur 25* viser illustrasjon av REWE Green farming i Tyskland [176], hvor *figur 26* viser ytterligere bæresystem og utforming [171].



Figur 25 REWE farming i Tyskland, tre-struktur og drivhus på taket [176].



Figur 26 Rewe Green Farming: Første etasje består av butikk/marked. Tre-dekket skiller markedet fra drivhuset [171].

3.7.5 Case studie i Bergen «Bontelabo»

NIBIO-Rapport nr.127 omhandler en case-studie hvor det skal plasseres drivhus på tak i Bergen. Figur 27 viser en visualisering av det nevnte drivhuset, med tilhørende grønne tak. Det gjennomgås i rapporten ulike fordeler og utfordringer tilknyttet oppføring av drivhus på takkonstruksjoner i Norge. Følgende er en oppsummering av fordels-funnene i rapporten [177]:

- Nærhet til forbruker kan resultere i reduserte kostnader tilknyttet transport og lagring.
- Bevaring av land til andre formål som landbruket, grønne arealer eller boligbygg.
- Energibesparende ved bruk av overskuddsvarmen fra vertsbygningen.
- Sosiale goder i form av økt kunnskap og sosiale plattformer.

Utfordringene ved implementering og drift av tak-drivhus tilknyttes å finne en egnet vertsbygning og å få godkjenning fra myndighetene. Det er også tilknyttet utfordringer ved byggekostnader på tak kontra på bakken. Her inngår forsterkning av vertsbygning og bruk av kran. Det er derfor viktig ved slike prosjekter å få god støtte fra lokalbefolkningen, myndighetene og entreprenører [177].



Figur 27 Visualisering av takdrivhuset «Bontelabo». Lokalisert på en hovedbygning som var tidligere Europas største fryseboks [177].

3.7.6 Oppsummering av takdrivhus

Tabell 4 viser en generell oversikt over takdrivhusene representert ovenfor. Drivhuset i Canada kan virke av interesse for dette prosjektet, da klimaet kan ligne norske forhold. Samtidig som Lufa farms har implementert smarte bærekraftige teknologiske installasjoner. Samlet sett viser det til at konstruksjoner i byrommet slik som tak på fabrikker, industri og kjøpesentre kan skape nye verdier i form av arealer for produksjon av mat i urbane miljøer. Samarbeid mellom aktører i markedet muliggjør inkluderende felleskap, samt større tilbud av fersk produsert mat.

Tabell 4 Oppsummering av takdrivhusene [160],[163],[167],[168], [171],[173],[177], [173].

	Lufa farms	Gotham Greens	Urban farmers	Rewe green
Byggeår	- 2011-2023	- 2013-2023	- 2013	- 2021
Antall drivhus	- 5	- 4	- 1	- 1
Bygning	- Lager - Fabrikk - kjøpesenter	- Lager - Fabrikk - Kjøpesenter	- Kontor	- Kjøpesenter
Sted	- Montréal, Canada	- New York og Chicago, USA	- Haag, Nederland	- Wiesbaden, Tyskland
Areal [m²]	- 31000, 43000, 63000 og 163 800	- 15000, 20000, 60000 og 75000	- 1200 (Drivhus) og 300 (Fiskeoppdrett)	- 2000
Dyrkemetode	- Hydroponisk - Horisontal og vertikal	- Hydroponisk - Horisontal	- Akvaponisk - Horisontal	- Akvaponisk - Horisontal og vertikal
Vekstplanter	- Salat, urter, rødbeter, bok choy, selleri, tomat og agurk	- Salat, basilikum og dressinger	- Diverse grønnsaker og fisk (Tilapia)	- Diverse grønnsaker, basilikum og fisk
Helårsproduksjon	- Ja	- Ja	- Ja	- Ja
Energi	- Naturgass til oppvarming	- Solceller og vindmøller	- Elektrisitet og gass	- Vindmøller
Symbiose mellom drivhus og bygg	- Ja - Termisk overføring av varme	- Ja - Termisk overføring av varme	- Nei - Isolert fra strukturen under	- Ja - Termisk overføring av varme

Salgsmetode	<ul style="list-style-type: none"> - Nett-butikk - Lokalt utsalg - Ukentlig leveranse av matpakke hjem på døren (abonnement) - Hentepunkter 	<ul style="list-style-type: none"> - Restauranter, cafe og butikker 	<ul style="list-style-type: none"> - B2B (cafe, restaurant og kantine) - B2C (catering og privat kunder) 	<ul style="list-style-type: none"> - Selges i/til butikken under
Bærekraftige tiltak	<ul style="list-style-type: none"> - Termiske gardiner og dobbelt glass for bedre isolasjonsevne - Buffervegg av isolert luft - LED-lys - Elektriske kjøretøy 	<ul style="list-style-type: none"> - Bruker 100% fornybar energi - LED-lys 	<ul style="list-style-type: none"> - Belysning 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduserer reisevei og matsvinn grunnet nærhet til forbruker - LED-lys
Annet	<ul style="list-style-type: none"> - Samarbeid med lokale bønder, cafe og restauranter - Besøksarena: arrangere kurs og guidet turer i drivhuset 	<ul style="list-style-type: none"> - Godt samarbeid mellom kjøpesenter og drivhus - Lokalisert i større befolkede områder, med stor avhengighet av distribusjon av mat fra andre byer 	<ul style="list-style-type: none"> - Gikk konkurs i 2018 som skyldes feil mål/kundegruppe og produksjonsutfordringer - Drivhuset var en møtearena 	<ul style="list-style-type: none"> - Multifunksjonelt bærekraftig miljø bestående av drivhus og fiske-oppdrett tilknyttet et marked

3.8 Dyrkemetoder og teknologier

Noen av teknologiene som anvendes i tradisjonelle drivhus og tak-drivhus er hydroponisk, aeroponisk og akvaponisk dyrketeknologi. Disse kan også implementeres i form av vertikal- og horisontal dyrking [68, 78]. Dette kapittelet vil gjennomgå informasjon om disse teknologiene.

3.8.1 Horisontal og vertikal dyrking

Tradisjonelt jordbruk foregår over store horisontale arealer i dyrkbar mark [85]. Videre med den teknologiske utviklingen, har horisontale dyrketeknologier utfordret det tradisjonelle ved økt ressursbesparelse og reduksjon i arealbruk [178]. Med tiden har det så vært et ønske om å kunne utnytte arealene enda mer effektivt, derav har vertikale dyrketeknologier/jordbruk dukket opp. Vertikalt jordbruk vil si å plassere teknologiske dyrkekasser i etasjer eller høyder, eller ha teknologien «hengende» fra tak [179].

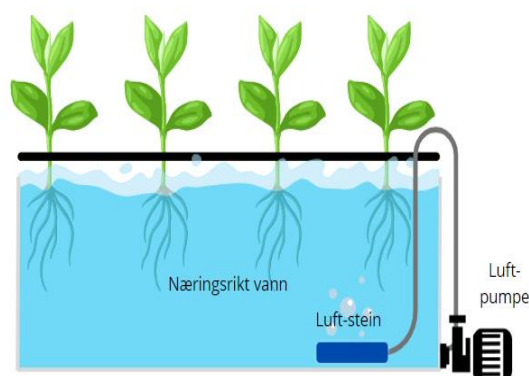
I en rapport ble ulike parametere ved horisontal dyrketeknologi og vertikal «søyle»-teknologi sammenlignet med hverandre ut fra produsert salat per m² arealbruk. Det framkom at den vertikale teknologien kunne produsere opp mot 13,8% mer avling enn den horisontale teknologien. Derimot kan utforming av teknologiene ha en påvirkning på plantenes vekst. Horisontal teknologi har den fordel at plantene bestråles med lys jevnt utover arealet, hvor vertikal teknologi kan ha variasjoner ut fra utforming og etasjehøyder. Sistnevnte nevnes å kunne løses med LED-belysning [179]. *Tabell 5* viser til en oppsummering av forskjell på tradisjonell (Horisontal) dyrking og vertikal dyrking [180].

Tabell 5 Forskjell på tradisjonell/Horisontal dyrking og vertikal dyrking [180].

Tradisjonell dyrking	Vertikal dyrking
Vekstmediet er jord	Er ikke jord i vekstmediet
Avhengig av klima og naturressurser	Ikke nødvendigvis avhengig av klima og naturressurser.
Lavere produksjonsrate	Høyere produksjonsrate
Usikkerhet til produksjonens kvalitet og kvantitet	Sikkerhet til produksjonens kvalitet og kvantitet
Opptar store arealer	Opptar mindre arealer da dyrking kan foregå i «etasjer» og vekstmediet er vann/luft.

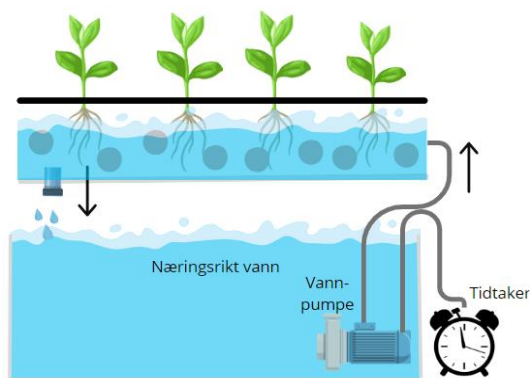
3.8.2 Hydroponisk og Aeroponisk dyrking

Ifølge boken «*Complete guide for growing plants hydroponically*» kan hydroponisk dyrking beskrives som en vitenskap eller teknologi der planter dyrkes uten jord, men med næringskilder i form av næringsberiket vann eller næringsløsninger [181]. Det trekkes frem flere grunner til at hydroponisk dyrking kan være fornuftig. Både at man kan ha større utbytte i form av økt produksjon, mindre arealbruk og at plantene vokser raskere [182]. Deriblant regnes hydroponisk og aeroponisk dyrking til å være velegnet i tak-drivhus på grunn av deres lette vekt grunnet redusert vannforbruk og utforming [78]. Innen hydroponisk dyrking finnes det blant annet ulike teknikker som dypvannskultur (DWC), ebbe- og strømningsystemer (EBS) og aeroponisk dyrking [182].



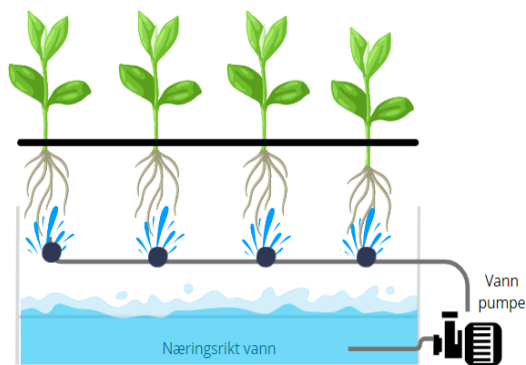
Figur 28 Dypvannskultur-metoden (DWC) [1].

Figur 28 viser en egenlaget illustrasjon av dypvannskultur-metoden (DWC), hvor det ble tatt inspirasjon fra en figur i en forskningsartikkel omhandlende jordløst landbruk [183]. Ved DWC står plantene i nett-potter med Leca-kuler, plassert i enten løse eller fastspente plater. Disse platene plasseres så over vannreservoarer fylt med næringsrikt vann, en nedsenkbar luft-pumpe og en luft-stein. Etter som røttene vokser, vil størstedelen av roten være nedsenket i vann, det er derfor viktig at luft-pumpen står på kontinuerlig [182].



Figur 29 Ebb&Flow (EBS) [1].

Figur 29 viser en egenlaget figur av et Ebb&Flow system hvor det ble tatt inspirasjon fra NoSoilSolutions.com sin fremstilling [184]. Ebbe- og strømningssystemer (EBS) er basert på å oversvømme plantenes røtter periodisk med næringsløsning for så å trekke det tilbake [182]. Plantene er derfor plassert i dyrkekar fylt med Leca, hvor vann fra et vannkar under pumpes opp for å flomme dyrkeområdet. Etter en fastsatt tid skrus pumpen av og vannløsningen dreneres ned i vannkaret igjen. Årsaken til denne flomløsningen er at røttene skal kunne ha tilgang til oksygen fra luften [182].



Figur 30 Aeroponisk dyrking [1].

Aeroponisk dyrking er en undergruppe innen hydroponisk dyrking, der plantene får næring og vann gjennom en aerosoltåke som sprayes i lukkede omgivelser rundt eller under planten [181]. Den egenlagde figur 30 viser et slikt system, hvor det ble tatt inspirasjon fra Modern Agri Tech sin illustrasjon [185]. Med andre ord kan røttene henge fritt i luften støttet opp av minimalt med Leca eller andre medium [182].

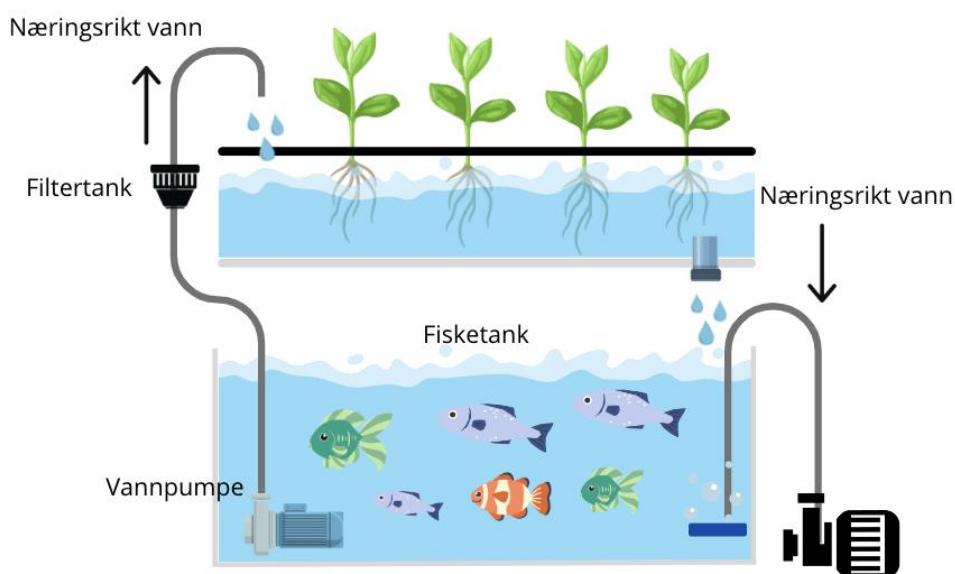
3.8.3 Akvaponi

Akvaponi er en dyrkningsteknologi som kombinerer både akvakultur og hydroponisk dyrking i et felles økosystem, som vist i figur 31. I motsetning til hydroponisk dyrking har akvaponi kapasitet til å produsere fisk eller andre akvatiske organismer som for eksempel kreps og reker. Ved å integrere flere systemer sammen kan man dra nytte av næringsstoffer og vann for å fremme en bærekraftig produksjon [68]. Akvaponi har fått en oppblomstring av oppmerksomhet de siste årene som hovedsakelig skyldes høy produktivitet, bruk av jordfrie systemer og minimert ressursbehov sammenlignet med konvensjonelt jordbruk. Spradlin hevder at vannforbruket kan reduseres med over 90% som følge av bedre ressursutnyttelse [186]. Jordfrie systemer har potensielt mulighet for å generere større avlinger enn jordbaserte dyrke metoder [186]. Sett fra et bærekraftig perspektiv kan akvaponi gi samfunnsnyttige verdier i form av at byer og utviklingsland har mulighet til å øke matproduksjonen, samt opprettholde en sikker matproduksjonsprosess av både fisk og vekster. Teknologien kan være effektiv i landbruket, i ikke-jordbruksområder (Ørken eller lange distanser fra havet) og i urbane områder (Fabrikker, boligfelt og utviklingsområder). I den grad vil det redusere karbonavtrykket relatert til transport og utnyttelse av naturområder [68].

Systemet baserer seg på å resirkulere essensielle næringsstoffer fra akvatiske biprodukter slik som fiskeavføring, fiskefor og alger. Avfallet blir til nitrogen, fosfor og andre næringsstoffer for det plantebiologiske systemet, som igjen renser vannet før det eventuelt føres tilbake til fiske-tanken i en lukket sløyfe [187]. I denne prosessen omdannes giftig ammoniakk til nitrat gjennom nitrifisering som tas opp av plantene. En utfordring er at næringsforhold, pH-nivåer, oksygenivåer eller andre faktorer kan variere mellom akvakultur og hydroponisk system. Noe som kompliserer prosessen ved å finne passende balanse for å opprettholde vekstforholdet i et komplekst system [187]. Dermed må vannkvaliteten nøye kontrolleres. Skadelige biprodukter og CO₂ kan fjernes eller kontrolleres gjennom strategiske plasserte biologiske renseprosesser og separasjonssystemer [68]. Til tross akvaponi er svært energikrevende, kan integrasjon av smarte energiløsninger som biogass, vindmøller og solceller redusere driftskostnader og energibehovet [68, 186]. Systemer kan vise seg å være gunstig for lagring av termisk masse-akkumulering med formål å redusere både kjøle- og varmebelastningen [68].

Tradisjonelt jordbruk er en stor kilde til blant annet avrenning av forurensings- og næringsstoffer, overdrevent vannbruk og bruk av syntetiske plantemidler [186]. Jordbruksavrenning resulterer i ulike miljøkonsekvenser som fører til vannforurensing, tap av biologisk mangfold, oksygenfattig vann (eutrofiering) og helseskadelige effekter [68]. Imidlertid kan lukkede jordfrie systemer i et kontrollert miljø som akvaponi redusere landbruksavrenning. Gjennom ressursutnyttelser og gjenbruk bidrar dyrknings teknologien til å eliminere negative miljøpåvirkninger. Ettersom akvaponi løser opp næringsstoffer i prosessen går minimalt med næringsstoffer tapt, samtidig som behovet for vann og tilførsel av kjemikalier eller gjødsel reduseres [186].

NIBIO's forskningsstasjon på Landvik i Grimstad er en av få akvaponiske gårder i Norge. Her produseres bladgrønnsaker i lukkede anlegg fra næringsrikt vann fra fiskeoppdrett. NIBIO har eksperimentert med ulike fiskearter som inkluderer laks, bleke, arktisk røye, brun-ørret og regnbueørret [188]. Den naturlige sirkuleringen av vannet gjør at det etterfylles vannmengder av bare noen få prosent, som hovedsakelig skyldes faktorer som fordamping og opptak i planter [189].



Figur 31 Akvaponisk dyrking [1].

4 Forskerspørsmål

Fremtidens byer skal kunne bestå av robuste løsninger for å redusere klimaendringers påvirkning på samfunnet [119]. Viktigheten av økt urbant landbruk skinner derfor gjennom som en mulig løsning, for den økte befolkningsveksten resulterende i økt matbehov og matsikkerhet. Et ønske om å øke tilgjengeligheten til grønn teknologi og infrastruktur trekkes også frem som store bidrag for å etterfølge et bærekraftig samfunn [117]. Med dette lagt til grunn, og informasjon tilknyttet kunnskapsbakgrunn, setter denne rapporten som mål å belyse bærekraftig urbanisering i form av implementering av tak-drivhus i byområder. Følgende er fastsatt forskerspørsmål, herunder hovedspørsmål og underspørsmål:

Hvordan kan takdrivhus på større kommersielle konstruksjoner bidra til bærekraft?
Hvilke bidrag ansees mest nyttig i takdrivhuskonseptet vurdert gjennom et mulighetsstudie.

4.1 Avgrensninger

For å begrense arbeidsbelastningen utover realistiske forhold, ble det valgt en rekke avgrensninger for oppgaven tidlig i semesterforløpet. Dette kapittelet tar for seg overordnede avgrensninger, hvor det i *kapittel 5.2* gjennomgås ytterligere avgrensninger spesifikt for mulighetsstudien.

- **Bærekraft betydning:**
Ved uttrykket «Bærekraft» menes miljømessige, sosiale og økonomiske verdier som kan tilføres både drivhus, vertsbygning og lokalområdet ved implementering av tak-drivhus.
- **Takdrivhus betydning:**
Hovedfokuset vektlegges på integrerte takdrivhus (IRTG) på kommersielle bygningsstrukturer.
- **Litteratur og dokumentetsøk:**
Undersøkes et bredt område av faktorer som kan implementeres i et hvilket som helst takdrivhus rundt om i landet. Ser vekk fra politikk, føringer, lover for å sette opp drivhus på tak.
- **Grunnet IRTG er lite utbredt i Norge vil det være naturlig å undersøke tilgjengelig litteratur gjennom dokumentstudier. Samtidig tilegne kunnskap fra tradisjonelle drivhusnæring og IRTG fra utlandet.**
- **Beregninger og simuleringer:**
Det vil ikke gjøres økonomiske beregninger eller kostnadsestimat, men innhentes overordnet informasjon på generell basis. Gjøres ikke egne simuleringer tilknyttet energiforbruk og energieffektivitet, da studien vil finne løsninger gjennom et mulighetsstudie basert på litteratur/dokumentetsøk.
- **Mulighetsstudie:**
Avgrensning på 10 hovedkategorier innad mulighetsstudiet. Ytterligere avgrensninger gjennomgås i case kapittelet.
- **Arbeidet i denne masteroppgaven, tiltenkes å være en veileder og inspirasjon for prosjekter innen bærekraftig urbanisering for ettertiden. Det vektlegges bidrag.**

5 Case og Materialer

Dette kapittelet vil gjennomgå case og materialer som anvendes i denne masteroppgaven. Casen består hovedsakelig av 10 hovedkategorier, med tilhørende 56 underkategorier.

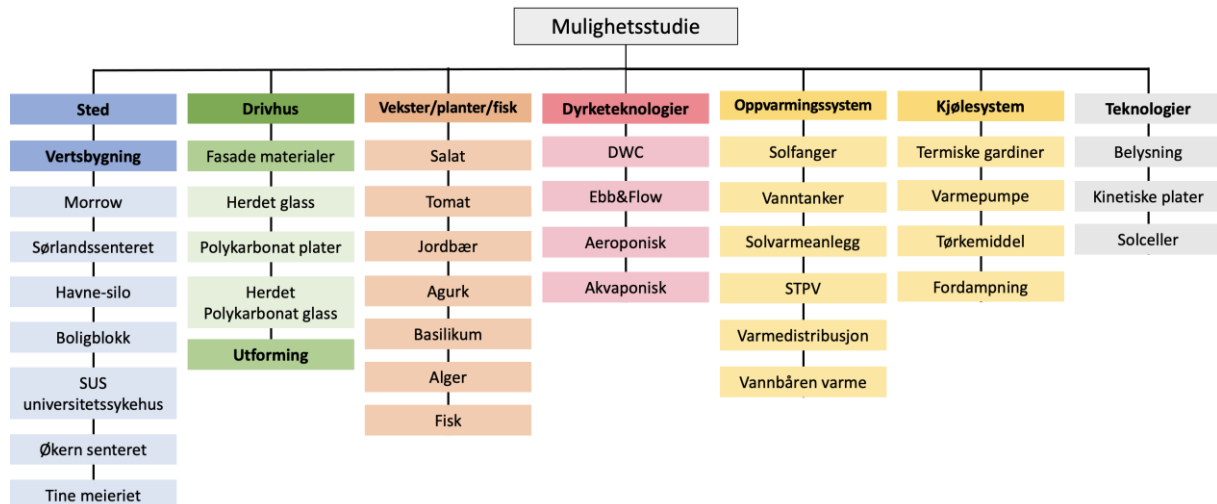
5.1 Case teoretisk

Jacobsen definerer case-studie som en forskningsmetode der man undersøker et spesifikt fenomen der undersøkelsesområdet er avgrenset i tid og rom. Noe som beskriver begrensningene som er satt for selve studien, altså studieobjektet eller undersøkesområdet [190]. Å være avgrenset i tid og rom betyr at forskningen fokuserer på et bestemt tidsintervall eller geografisk område. I den forstand betyr det at case-studier har et klart definert omfang, samt fokus som kan relateres til konkrete situasjoner. Med andre ord retter fokuset seg på en spesiell eller noen få enheter [190, 191].

Det skilles mellom singel-casestudie og multiple-casestudier. Singel case innebærer grundig undersøkelse av ett enkelt tilfelle, eksempelvis ett takdrivhus på ett spesifikt geografisk område. Slike tilfeller er vanligvis mer detaljerte. Multiple casestudier omfatter derimot undersøkelser mer enn ett eller flere case-scenarier med flere analyse enheter og utført med flere betingelser. Eksempelvis mulighetsstudien i dette prosjektet. Der undersøkelsen spres ut på flere geografiske områder, vertsbygninger og teknologiske installasjoner. Kruuse påpeker at slike studier er mer komplekse med tanke på å håndtere data og analysere flere tilfeller. Noe som vil begrense hvor detaljert omfanget vil være til syvende og sist [191].

5.2 Ulike caser som undersøkes i mulighetsstudiet

Dette kapittelet tar for seg de ulike casene som undersøkes i mulighetsstudiet med tilhørende analyseenheter. *Figur 32* viser et tankekart som representerer en oversikt over de forskjellige analyseenhetene som undersøkes nærmere i mulighetsstudien. De nevnte analyseenhetene er som følger sted, vertsbygning, drivhus (fasade materialer og utforming), vekster og planter, alger og fisk, dyrketeknologier, oppvarmingsystemer, kjølesystemer og andre teknologier med tilhørende underkategorier. Videre vil bakgrunn og et teoretisk omfang fremlegges for hver av disse kategoriene, for å gi et kort overblikk over hva de ulike sakene dreier seg om. Det må nevnes at analyseenhetene er valgt ut basert på hva forfatterne har funnet i tidligere litteratur tilknyttet drivhus og hva som kan være realistisk å implementere i et takdrivhus tilknyttet norsk klima. Det finnes langt flere teknologier, planter og steder som i realiteten kunne vært undersøkt, men grunnet tidsbegrensinger og avgrensning er det kommet frem til at disse er representative i denne sammenheng. Hovedsakelig er det også vektlagt generelle forslag som kan benyttes i flere ulike drivhus.



Figur 32 Mulighetsstudie: Analyseenheter (Sted/vertsbygning, drivhus, vekster/planter/fisk, dyrketeknologier, oppvarmingsystem, kjølesystem og andre teknologier) med tilhørende underkategorier [1].

Avgrensinger som er gitt for kategoriene i mulighetsstudien:

- **Kategorier/caser:** Kategorier som sted/vertsbygning, drivhus (fasade materialer og utforming), vekster/planter, dyrketeknologier, oppvarmings- og kjølesystemer, samt andre teknologier må kunne tilpasses i en rekke ulike drivhus. Altså ikke bare være beregnet til et spesifikt omfang. For å lettere tilpasse enkelte systemer er noen vurderinger gjort på grunnlag av valgte vertsbygning.
- **Sted/vertsbygning:** Undersøke maks 7 ulike steder med variert geografisk beliggenhet. Vertsbygningen må variere i funksjonalitet/brukeromfang som boligblokk, industri, næring og butikk.
- **Drivhus Fasade materialer:** De mest vanligste fasade-materialene som brukes i drivhus. Materialene må være forbeholdt norsk klima. Fasade materialer som ikke egner seg, vil utelukkes.
- **Vekster/planter:** Fokus vil være på de mest populære vekstene som dyrkes frem i norske drivhus.
- **Alger/fisk:** Undersøke maks 4 ulike arter. Arter som ikke er vanlig i drivhusnæringen, men potensielt kan gi samfunnsmessige verdier både nå og i fremtiden.
- **Dyrketeknologier:** Undersøke maks 4 ulike dyrketeknologier. Undersøke de mest brukte dyrketeknologiene i vekstnæringen.
- **Kjølesystemer:** De mest brukte teknologiene innenfor drivhusnæringen både i Norge og utlandet. Teknologiene vurderes basert på tilpasningsdyktighet til det aktuelle drivhuset/vertsbygningen
- **Oppvarmingsystemer:** Her vektlegges bruk av fornybare energikilder for å gjøre drivhuset så karbonnøytralt som mulig, ved å fase ut fossile energikilder som tidligere har vært tradisjonelt brukt.
- **Andre teknologier:** Generelle teknologier som et supplement i drivhuset.
- **Drivhus Utforming:** Undersøkes ulike geometriske former drivhus kan ha, med tilhørende vinkling i forhold til solen og lastvurderinger. Dette tegnes så opp i datamodelleringsprogram.

Det gjøres ikke utformingsarbeid tilknyttet tilhørende vannrør og ledninger, for å redusere arbeidsomfang i oppgaven.

5.2.1 Sted og vertsbygning

I forkant er det foretatt en vurdering av syv ulike vertsbygninger med variert geografisk beliggenhet som kan være aktuelle kandidater for installasjon av tak drivhus. Vurderingen omfatter bygninger med ulike funksjonaliteter og bruksområder blant annet kjøpesenter, sykehus, industri og næring, silo og boligblokk spredt over flere regioner i landet. De nevnte bygningene er som følgende Morrow batterifabrikk, Sørlandssenteret, Havne-siloen, Boligblokker øst, nye SUS universitetssykehus, Økern-senteret og Tine meierier. Disse ligger vedlagt i *vedlegg A*. Det geografiske området inkluderer Arendal, Kristiansand, Stavanger og Oslo. *Figur 33* illustrerer et kart over de 7 ulike verstsbygningene med tilhørende beliggenhet. Kapittelet vil videre gi en kort presentasjon av bygningene med tanker bak drivhus-plasseringen. Samtidig er det gjort en vurdering av hvilke verdier et veksthus kan påføre stedet og lokalbefolkningen rundt. Avslutningsvis oppsummeres tenkte fordeler og barrierer i *tabell 6*.



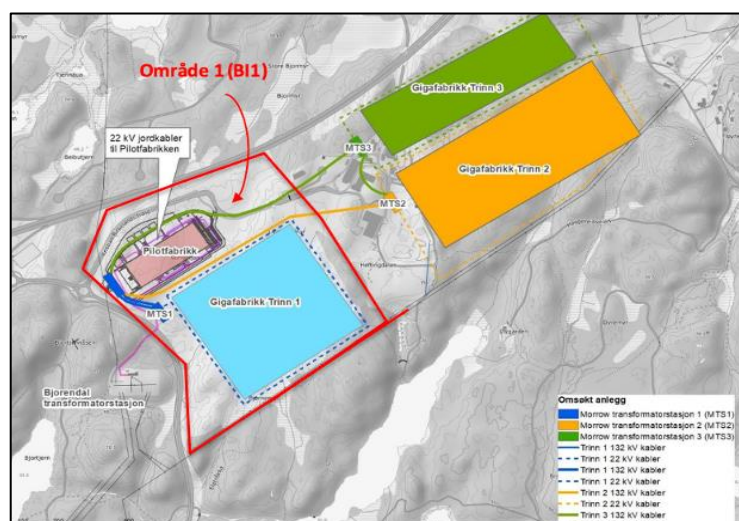
Figur 33 Kart over vertbygninger og geografiske områder [1].

Morrow batterifabrikk

Morrow Batterifabrikk 1 er lokalisert i Arendal kommune i Eyde energipark og vist i *figur 34* [47]. Dette blir den første kommersielle battericellefabrikkene i Norge. Fabrikken skal være selvforsynt av fornybar energiproduksjon bestående av solceller på taket. Noe som gjør batteriene til en av de mest bærekraftige batteriene i verdenen med en mindre klimagassintensiv produksjon [192, 193]. Der man går fra fossil til et grønnere skifte. Morrow batterifabrikk vil kunne oppnå en årlig produksjonskapasitet på 43 GWh, noe som tilsvarer en kapasitet på batterier til 700 000 elbiler årlig [193, 194]. Områdereguleringsplanen samt oversikt over plassering og utforming ligger vedlagt i *vedlegg A og F*. Utvikling av Morrow skal foregå i tre forskjellige trinn, som til slutt skal bestå av fire batterifabrikker inkluderer pilotfabrikken som er vist i *figur 35*. Konstruksjonene forventes ferdigstiltes i år 2027. Det er valgt å bruke pilotfabrikken (område 1) som utgangspunkt for plassering av takdrivhuset. Utbygging av batterifabrikkene har midlertid ført til at større grøntområder bygges ned, ved å tilføre området et drivhus kan man tilbakeføre grøntområder ved sikker matproduksjon. Distribusjon av mat til 2500 ansatte og lokal miljøet rundt. De planlagte solcellene kan benyttes til å produsere elektrisitet til drivhuset. Utnyttelse av spillvarme fra fabrikken kan anvendes til oppvarming av drivhuset, samt kjølestrømmer til å kjøle ned drivhuset om sommeren [20, 193].



Figur 34 Morrow batterifabrikk Arendal [193].



Figur 35 Oversikt over plassering og utforming. Pilotfabrikken blir utgangspunkt for plassering av drivhuset [47].

Sørlandssenteret

Sørlandssenteret er lokalisert i nærliggende E39 i Sørlandsparken i Kristiansand og vist i *figur 36 og 37* [19, 23]. Sørlandssenteret inneholder en rekke matbutikker og restauranter. Området rundt er også preget av store butikker og distributører [195]. Følgende er forfatterens tanker: Beliggenheten gjør det mulig å komme seg effektivt til mindre byer som Grimstad og Arendal, som reduserer transportavstanden om salaten skulle transporteres eksempel fra Frosta drivhus. Grunnet senteret har et stort takareal, muliggjør det større kvantum av bærekraftig produsert mat til befolkning, butikker og restauranter. Her er det også muligheter for å benytte senterets spill varme til oppvarming av drivhuset som vil redusere energiforbruket.



Figur 36 Sørlandssenteret sett ovenfra [23].



Figur 37 3D modellering [19].

Havne-Silo

Havne siloen ligger plassert i Stavanger østre bydel og er vist i *figur 38-42*. Siloen er på nåværende tidspunkt tom, men holder enda mål som beredskapslager for korn (matsikkerhet). Formålet med siloen var lagring av import og norskprodusert korn. Stavanger kommune har planlagt å rive siloen for å benytte området til boligformål [196]. Følgende er forfatterens tanker: Stavanger øst er et område som stadig er i vekst med nye boliger, butikker og restauranter. Installasjon av takdrivhus på siloen kan distribuere mat til nærliggende butikker, restauranter/caféer og befolkning i området som vist i *figur 41*. Dessuten kan det forlenge levetiden til siloen, samtidig som konstruksjonen kan gjenbrukes til nye formål som bolig eller kontorer som vist i *figur 40*. På denne måten oppnår man bærekraftig bevaring av konstruksjoner i stedet for at de rives.



Figur 38 Silo Stavanger øst [3].



Figur 39 Graffiti vegg Silo Stavanger Øst [8].



Figur 40 Visualisering av havne-silo med drivhus og nye bruksområder som butikker, restauranter og boliger [1].



Figur 41 Visualisering av havne-silo med drivhus [1].



Figur 42 3D- planform av siloen og omkringliggende bygg [19].

Boligblokker Stavanger Øst

De to boligblokkene ligger lokalisert i Stavanger i østre-bydel og vist i *figur 43 og 44* [19, 197]. Følgende er forfatterens tanker: Som nevnt over er dette området i stadig i vekst. Drivhus på tak muliggjør selvplukk og dyrking av mat for beboerne i blokkene. Takdrivhuset kan også bidra til å optimalisere energieffektiviteten til boligblokkene. Gjennom å isolere takoverflaten, som vil redusere oppvarmingsbehovet. Takterrasse med planter og vekster kan dessuten fungere som fellesområde, som fremmer et miljø med trivsel og felleskap.



Figur 43 Bolig blokker Stavanger Øst [197].



Figur 44 3D-Planform av boligblokkene og området rundt i Stavanger Øst [19].

Det nye SUS universitetssykehus

Det nye innovative universitetssykehuset i Stavanger skal stå delvis klart i 2024, og ligger like ved universitetet, butikker, innovasjonspark Stavanger og økologiske gård. Under planleggingen av sykehuset har det vært stort fokus på bærekraft [198]. Følgende er forfatterens tanker: Hovedtankene bak plasseringen er distribusjon av mat til ansatte, pasienter og nærliggende offentlige bygg i området. Utbygging av sykehuset har ført til nedbygging av skog, jordbruksområder og rideskole, ved å tilføre veksthus på tak opprettholder man grønt områder og dyrking i nærmiljøet. Det er allerede planlagt grønntak på sykehuset som vist i figur 45 og 46 [19, 199]. Takdrivhus kan gi merverdi i form av estetikk og bærekraftig kortreist mat til flere substanser.



Figur 45 Stavanger sykehus [199].



Figur 46 3D-planform av sykehuset [19].

Økern-Senteret

Økern senteret ligger sentralt plassert i Oslo og er vist i *figur 47-49* [19, 40, 59, 60]. Bygget er nesten nedlagt, og det foregår lite aktivitet der. Derimot er det store fremtidsplaner for Økern området som vist i *figur 47*. Dette vises i Oslo kommunes planinnsyn/saksinnsyn nettside, hvor for Økern området har saksnummer 201701512 for byggesak og saksnummer 201908559 for regulerings sak. Det er også planlagt at høyblokka skal brukes til restauranter, kontorer og leiligheter [59, 60]. Følgende er forfatterens tanker: Tiltenges at drivhus på taket av Økern senteret kan gi mer verdi for området, hvor det kan produseres grønnsaker/salat til lokale restauranter, besøkende og beboere.



Figur 48 Økern senteret i dag [40].



Figur 47 Økern senteret i fremtiden [59, 60].



Figur 49 3D-planform av Økern-senteret [19].

Tine-meieriet

Bygget ligger nedenfor Kalbakken/Akerlia i Oslo og er vist i *figur 50 og 51* [19, 46]. For Tine Meieriet-bygget er det funnet tegninger og saksinnsyn på Oslo kommunes planinnsyn/saksinnsyn nettside. Byggesaken har saksnummer 201708297 [200]. Står også en del om ombyggingsarbeidet og informasjon om bygget på bygg.no [201]. Følgende er forfatterens tanker: Området bærer preg av lite grøntområder og mange industrielle bygninger. Det nærmeste grøntområdet, Bredtvet skogen, har vært i søkelyset de siste årene da det ble vurdert å bygge et stort fengsel der. Dette ville ha tatt vekk store grøntarealer og friområder som mange i Groruddalen setter pris på [202]. Dette pågangsmotet for besparelse av grøntområder i Groruddalen, gjør at drivhus på de industrielle takene kunne ha gitt merverdi for området. Mulighet for at mange i Groruddalen hadde satt pris på innovative løsninger, tilknyttet bærekraft og tilførsel av «grønne» områder.



Figur 50 Google Earth bilde av Tine Meieriet i Oslo [46].



Figur 51 3D-planform av Tine meieriet [19].

Tabell 6 oppsummerer fordeler og barriere med de ulike vertsbygningene.

Tabell 6 Fordeler og barrierer vertsbygninger [1].

Vertsbygning Sted	Takareal [m ²]	Fordeler/Barrierer
Morrow (Arendal)	18 500 [203]	Fordeler: <ul style="list-style-type: none"> • Utnyttelse av spillvarme fra fabrikken • Tilby ansatte og nærmiljøet rundt ferske grønnsaker • Bygget er under konstruksjon, noe som betyr at tak et kan konstrueres til å tåle tyngre belastninger • Tilfører nye grøntområder i en nedbygd industri område. Barrierer: <ul style="list-style-type: none"> • Ligger noe mindre urbant
Sørlandssenteret (Kristiansand)	172 000 [203]	Fordeler: <ul style="list-style-type: none"> • Utnyttelse av spillvarme fra kjøpesenteret • Stort takareal som muliggjør potensialet å dyrke frem større mengder mat • Ligger langs E39 (lett tilgjengelighet) • Produsere fersk mat til lokalbefolkningen, butikker, restauranter og Cafeer Barrierer: <ul style="list-style-type: none"> • Mindre urbant • Uvisst hvilke strukturelle bæreevner taket har
Havne-Silo (Stavanger)	440 [203]	Fordeler: <ul style="list-style-type: none"> • Urbant • Betong dekke på tak, muliggjør at taket kan tåle tyngre belastninger • Distribuere mat til lokalbefolkning, butikker og restauranter i området.

		<ul style="list-style-type: none"> Mulighet for å gjenbruke siloen innvendig til nye formål som næring eller boliger slik den termisk masse kan benyttes til å varme opp drivhuset. <p>Barrierer:</p> <ul style="list-style-type: none"> Eldre konstruksjon som er rivningstruet Reduserte muligheter for å utnyttelse av kjøle og varmestrømmer
Boligblokker (Stavanger)	4 325 [203]	<p>Fordeler:</p> <ul style="list-style-type: none"> Urbant Selvplukk og lokal produsert mat til beboere i blokkene Område som stadig er i vekst <p>Barrierer:</p> <ul style="list-style-type: none"> Uvisst hvilke strukturelle bæreevner taket har Mindre dyrke areal, da drivhuset vil hovedsakelig være forbehold til blokken. Allikevel en mulig framtidrettet utvikling for å produsere egen mat i større byer
Sykehus (Stavanger)	113 000 [203]	<p>Fordeler:</p> <ul style="list-style-type: none"> Distribuere mat til pasienter/ansatte, nærliggende substanser som universitetet i Stavanger, gårder, butikker og kontorer. Utbygging av sykehuset har ført til nedbygging av jordbruks- og skogsområder, ved å tilføre veksthus på tak opprettholdes grøntområder og matproduksjon på området. <p>Barrierer:</p> <ul style="list-style-type: none"> Uvisst hvilke strukturelle bæreevner taket har
Økern senteret (Oslo)	823 [203]	<p>Fordeler:</p> <ul style="list-style-type: none"> Området er stadig i vekst og fokus på å bygge ut området Distribuere salat ol. til lokale restauranter, kontorer og boliger <p>Barrierer:</p> <ul style="list-style-type: none"> Uvisst hvilke strukturelle bæreevner taket har Noe lite takareal Skygge fra omkringliggende bygg
Tine meieriet (Oslo)	1 855 [203]	<p>Fordeler:</p> <ul style="list-style-type: none"> Mange som jobber i området, gode muligheter for «samarbeid» mellom TINE sin kantine og prosjektet Tilføre områder noe «grønt» i et industripreget område <p>Barrierer:</p> <ul style="list-style-type: none"> Uvisst hvilke strukturelle bæreevner taket har, må nok planlegges for at eksisterende tak og bæringar skal tåle ytterligere vekt av drivhus og teknologi. Meieri under, skal være rundt 4 grader på innsiden [201]. Kan ha påvirkning på temperatur inne i drivhusene som plasseres over. Noe lite takareal

5.2.2 Drivhus: Fasade materialer

Dette kapitlet gjennomgår ulike alternativer til bruk av fasadematerialer i drivhuset. I denne mulighetsstudien er det vurdert følgende fasade-materialer som vist i *tabell 7*. Det finnes også mange andre materialer på markedet som duker, plastfilm og akrylplater, men grunnet norske værforhold er det valgt å se bort fra de nevnte materialene. Hovedsakelig sammenlignes plastbaserte materialer sammen med glass, som er de mest brukte materialene i drivhus. Som nevnt i kunnskapsbakgrunn startet våren 2024 på Sørlandet med ekstremvær som førte til ødeleggelse av drivhus i Grimstad og Kristiansand. Store verdier og drivhus gikk tapt som skyldes sterk vind og snølast. Noe som viser til at fasade-materialene bør ha høy kvalitet og være robuste for å tåle de tøffeste værforholdene om det skulle inntreffe. *Figur 52* viser bilde av et knust drivhus bestående av kanal polykarbonat.



Figur 52 Drivhus i Grimstad som har blitt knust av vind og snølast våren 2024 [1].

I denne mulighetsstudien er det vurdert følgende fasade materialer som er vist i *tabell 7*. Det finnes også mange andre materialer på markedet som duker, plastfilm og akrylplater, men grunnet norske værforhold er det valgt å se bort fra de nevnte materialene. Hovedsakelig sammenlignes plastbaserte materialer sammen med glass. De valgte leverandørene er basert på materialene skal passe til det norske klimaet og værforholdet

Tabell 7 Fasadematerialer i mulighetsstudien [1].

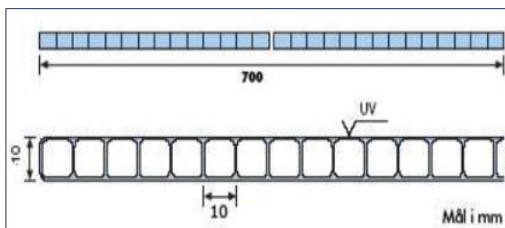
Materialer	Tykkelse	Leverandør
Kanal polykarbonat plater	[4-10mm]	Drivhussenter
Slagfast polykarbonat glass	[3mm] 2-lags og 3-lags	Interglas (LEXAN/Hammerglass)
Herdet drivhusglass	[3mm-6mm]	Interglas
Drivhusglass	[3mm-6mm]	Drivhussenter

Kanal polykarbonat plater



Figur 53 Kanal polykarbonat plater [25].

Figur 53 viser det plastbaserte materialet kanal polykarbonat plater, som er blant de mest brukte fasadematerialene i drivhus. Dette skyldes materialets letthet, høye styrke og utmerkede isolasjonsegenskaper [204]. Materialet har en lav varmetapskoeffisient (U-verdi) på rundt $3.7\text{W/m}^2\text{K}$. U-verdien angir hvor godt fasade materialer isolerer. Desto lavere verdi, jo bedre isolerende egenskaper har materialet. Tykkere materialer vil gir lavere U-verdi [151]. Platene er preget av en kanalstruktur som gir en strømlinjeformet estetikk til drivhuset, samtidig som de reduserer innsynet. De finnes i ulike størrelser og tykkelser, noe som gjør dem til et allsidig valg for ulike designbehov [25, 204].



Figur 54 Polykarbonat plater sett fra siden [26].

Figur 54 viser polykarbonat kanalplater sett fra siden. Lufthullene gir isolerende effekt [26].

Slagfast polykarbonat



Figur 55 Slagfast (herdet) polykarbonat [13].

Figur 55 viser herdet polykarbonat, også kjent som slagfast polykarbonat. Likt kanalplatene, har slagfast polykarbonat egenskaper som lett vekt, god isolerende effekt og høy styrke. U-verdien ligger på rundt 0.66 kg pr/m^2 og 1.53 kg pr/m^2 for 2-lags glass og 3-lags glass. Imidlertid utmerker slagfast polykarbonat seg med enda høyere styrke og værbestandighet sammenlignet med kanalpolykarbonat. Dette gjør at platene har en betydelig lavere sannsynlighet for å sprekke eller knuse. Overflaten er gjennomsiktig, noe som gir fullt innsyn i drivhuset. Noe som gir et estetisk preg og evnen til å slippe inn store mengder lys [13, 204-206]. Slagfast polykarbonat kan ha en densitet på 1.20 g/cm^3 [207].

Herdet drivhusglass



Figur 56 viser bilde av herdet drivhusglass. Herdet glass har gjennomgått en spesiell varmebehandling som gir høyere styrke og holdbarhet enn tradisjonelt glass. Materialer har høyere motstand mot brudd. Den isolerende effekten er noe lavere enn de plastbaserte fasadematerialene, med en U-verdi på 5,8 W/m²K. Herdet drivhus glass er gjennomsiktig som gir høy solinnstråling [204, 208].

Figur 56 Herdet drivhusglass [7].

Drivhusglass



Figur 57 viser bilde av drivhusglass som er et klassisk valg for drivhus fasader. Dette materialet har vært benyttet i lang tid på grunn av klarhet som gir optimal solinnstråling og estetiske preg. Glass har en U-verdi på rundt 5,8 W/m²K ved 3mm tykkelse. På en annen side er glass et tungt materiale og er mer sårbart for brudd under ekstreme værforhold, som høy vindstyrke og tung snølast [7, 204].

Figur 57 Drivhusglass [7].

5.2.3 Vekster og planter

I dette kapittelet presenteres de vekstene som er mest fremtredende i norske drivhus. Basert på tall fra en rapport utarbeidet av OFG, viser til at omlag 52% av grønnsakene ble produsert i Norge i 2021. Der prosent andelen norske varer for agurk, tomat og salat var 74,2%, 34,5% og 89,0% [209]. I tillegg til disse vekstene vil også jordbær og basilikum undersøkes som mulige vekster.

Tabell 8 viser oversikt over ulike veksthus og bønner som produserer rundt tomat, agurk og salat (hodesalat, hjertesalat, ekebladsalat og crispisalat) og jordbær i de forskjellige landsdelene. Tallene baserer seg på virksomheter som distribuerer til Bama, men det er langt flere produsenter rundt om i landet som dyrker frem ulike grønnsaker [210]. Statistikken inkluderer både veksthus og dyrking i jord. Likevel gir tabellen en indikasjon på hvor det meste av produksjonen foregår, samt omfang av ulike vekstsorter. Den kan også benyttes til å identifisere potensielle områder hvor det er aktuelt å plassere takdrivhus med tanke på manglende lokal produsert mat som igjen vil redusere transport avstander. Vestlandet og Østlandet er ledende geografiske områder for grønnsaksproduksjon.

Hovedsakelig skyldes det optimale klimatiske faktorer og jordsmonn som er mer gunstig enn i nord. Installasjon av oppvarmede takdrivhus kan ha den fordel at produksjonen kan foregå både i nord og sør, selv om klimaet er noe kaldere i nord. Videre viser tabellen at 65 gårder dyrker jordbær som er langt større en antallet for agurk, salat og tomat. Dette kan skyldes at disse vekstene som regel avles frem i større drivhus.

Tabell 8 Antall veksthus/bønder som produserer: rund tomat, agurk og salat (hodesalat, hjertesalat, ekebladsalat og crispisalat) og jordbær i de ulike landsdelene. Tallene baserer seg på næringer som leverer til Bama [210].

Antall drivhus/bønder som produserer norske grønnsaker i ulike landsdeler					
Landsdeler	Salat	Tomat	Jordbær	Agurk	Basilikum
Østlandet	38	4	42	19	5
Vestlandet	6	20	8	5	2
Sørlandet	3	0	7	2	0
Trøndelag	7	0	8	0	0
Nord-Norge	0	0	0	0	0
Totalt antall	54	24	65	26	7

Salat



Figur 58 Salat dyrket frem i Akvaponisk dyrking NIBIO Landvik [1].

Figur 58 viser bilde av salat dyrket frem i et akvaponisk system på NIBIO Landvik [1]. Salat er ideell for dyrking i veksthus og egner seg også for utendørs planting. Forlenget veksesong kan oppnås ved tildekking av fiber/plast duker, plastsolfangere og i veksthus. Selv om salat tåler lavere temperaturer, bør den ikke understige -8 grader. Planten har relativt kort veksttid. Noe som gjør den egnet til produktiv dyrking, samt er velegnet for dyrking over mesteparten av landet [211]. Ulike salat sorter som dyrkes er blant annet hjerte-, hode-, crispi-, frisse- og hode-salat [212]. Planten plukkes eller totalhøstes når de er ferdigvokst. Onna dyrker salat vertikalt, i lukket vekstmiljø. Dermed kan CO₂, luftfuktighet (RH) og næringsstoffer til salat lettere kontrolleres. Her

benyttes hydroponisk dyrking, som reduserer bruk av sprøytemidler. I tillegg muliggjør det dyrking året rundt. Salaten dyrkes i 10 etasjer som er gunstig for å oppnå fleksibilitet og effektiv ressursbruk. Veksthusdyrking har flere fordeler som inkluderer fravær av jord, behov for mindre gjødsling og reduserer faren for froskader. Dette bidrar til at kvaliteten på avlingene ikke reduseres av ytre faktorer som værforhold, skadedyr, dårlige jordforhold eller andre faktorer [213].

Tomat



Figur 59 Hengende tomat i drivhus [11].

Figur 59 viser oppbinding av tomat planter [11]. Snøret festes øverst på tomatplantene og deretter i en ståltråd i taket. Plantene krever noe høyere trivselstemperatur på rundt 17-24°C. Bærene høstes etter hvert som de blir modne og krever regelmessig stell. Det vil være mulig å oppnå en tomatavling på rundt 10-20 kg tomater per m², avhengig av drivhusklima. Ekstra lys i form av LED kan optimalisere vekstvilkårene og øke inntektene [214]. De vanligste tomatene å oppdrive er biff-, cherry-, klase, rund- og plomme-tomat [215]. NIBIO-særheim er kjent for sin tomat dyrking, der fokuset vektlegges på bærekraftig planteproduksjon gjennom reduksjon av klimautslipp fra drivhuset. På sikt vil dette gi Norge

konkurransefortrinn fremfor importerte grønnsaker. Videre påpeker NIBIO at tomatdyrking egner seg ypperlig langs kysten, med milde vintre og kjølige somre [79].

Jordbær



Figur 60 Jordbær og salat dyrket frem i Akvaponisk dyrking NIBIO Landvik [1].

Jordbær har tradisjonelt vært dyrket i jord under plast tunneler. Kort vekstsesong og høy etterspørsel har medført til at plantene flyttes inn på bord under kontrollerte forhold [216]. Hoved utfordringen tilknyttet dyrking i jord er hovedsakelig frost, lave temperaturer og skadedyr som kan gi avlingssvikt [217]. Konkurransen fra billig import utgjør også en betydelig utfordring, om lag 33,8% av jordbærene blir produsert i Norge. Totalt sett kan det være økonomisk ugunstig å dyrke frem jordbær om sesongen ikke blir forlenget, samtidig som produksjonsutgiftene holdes nede [209]. Salat og jordbær var noen av vekstene som ble dyrket i drivhuset på Landvik (NIBIO) som vist i figur 60. Her dyrkes jordbærene under LED-lys, som tilsynelatende

fremskyndet vekstprosessen og kunne optimalisere produksjonen. I tillegg ga ekstra belysning bedre smak på jordbærene. Noe som ga inspirasjon for å videreføre veksten til drivhuset i casen etter befaringen der [1]. Plantasjen oppgir at avlinger på 1-1,5 kg bær per m² kan oppnås ved riktige forutsetninger [218].

Agurk



Figur 61 Agurker hengende fra taket i Frosta drivhus [5].

På lik linje som tomater festes agurk planter i taket og er en vekst som har noe høyere trivselstemperatur. Plantene krever regelmessig stell som kan være noe tidkrevende å dyrke frem. Under kontrollerte forhold med riktig temperatur, belysning og luftfuktighet kan større avlingsmengder oppnås per m² [219]. Frostagrønt er et gartneri i Trøndelag som dyrker agurker på 23 000km² som vist i *figur 61*. Totalt produseres ca.3000 tonn agurker årlig. Prosessen starter ved at frøet sås i steinull i en egen avdeling. Når frøet har vokst 50 cm etter 21 dager flyttes planten inn i selve produksjonsavdelingen i drivhuset. Etter 28 dager begynner selve agurken å vokse seg større. Når det har gått 34 dager er agurken rundt 30 cm og høstes etter

hvert som de er modningsklare. Deretter pakkes grønnsakene og sendes ut til BAMA og nærliggende butikker som reduserer transport avstanden. I prosessen benyttes kunstig belysning og det er heller ingen sprøytemidler som hindrer jordavrenning [5, 220]. Frosta oppnår bærekraftige verdier gjennom gjenvinning og gjenbruk av gjødsel, vann og varme [221]. Dyrking av grønnsaker som krever ekstra belysning og oppvarming kan være svært energikrevende, derfor er det viktig å ta hensyn til bærekraftig drivhusproduksjon.

Basilikum



Figur 62 Basilikum som hydroponisk dyrkes [35].

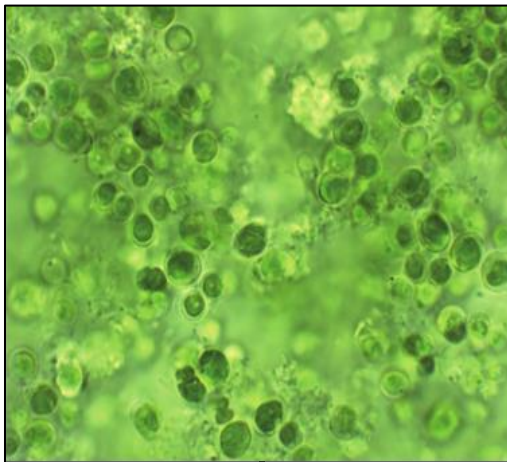
Basilikum er en urt som kan benyttes til mange formål og er svært attraktivt. Hovedsakelig dyrkes mesteparten av basilikumen på Vestlandet og Østlandet som skyldes mildere klima [222]. Planten kan dyrkes ute i jord og på bord i veksthus både vertikalt og horisontalt. Urten tåler noe lavere temperaturer, så lenge de får rikelig med sol og ikke settes for frost eller regn [223]. Allikevel er dyrking under kontrollerte forhold med hydroponikk mer gunstig for å oppnå større kvantum på kortere tid som vist i *figur 62* [224]. Frøvoll gård dyrker basilikum på bakkenivå under plastduker. Her høstes urtene etter kundenes behov etter sesong [225]. Gjennestad dyrker frem krydderurter i et drivhus på 12 000m², oppvarmet av biobrenselanlegg [226]. Anlegget produserer 4

GWh/år og sørger for at drivhuset er 92% klimanøytralt på oppvarming [227]. Forsyning av varme sørger for helårsdrift. Produktene leveres til grossister og butikker over hele landet [226]. Det er også gjort flere bærekraftige tiltak som innstallering av solcelleanlegg, varmepumpe (luft-til-vann), samt bruk av EL- og biogassdrevende kjøretøy. Det som er interessant ved gartneriet som kan trekkes parallele linjer til et takdrivhus, er at Gjennestads drift består av flere kommersielle bygninger som veksthus, skole, internat og kontorer. Noe som muliggjør kortreist bærekraftig mat til omkringliggende bygninger og samfunn [227].

5.2.4 Alger og fisker

Dette kapitlet undersøker muligheten for å dyrke frem noe som ikke er av det vanlige å finne i drivhus her til lands. Her er det lagt fokus på arter som er svært samfunnsviktige både nå og i fremtiden. Herunder alger og fisk. Alger har stort potensiale innen medisin, kosmetikk, biobrenselproduksjon, fôr og karbonfangst [228]. På samme måte kan akvaponi, gjennom oppdrett av fisk være en redning for overfiske i havet. Lokal produsert fisk spiller en viktig rolle for å opprettholde tilgang til mat. Spesielt i områder som ligger lengre distanser fra kysten, i den grad kan det redusere transportavstander [68, 229].

Alger



Figur 63 Fotografi av *Chlorella Vulgaris* [52].

Alger vist i figur 63, er encellede eller flercellede organismer som bor i fuktige og akvatiske miljøer rundt på jorden. De kan finnes i både ferskvann og saltvann, samt fuktige miljøer på land. Det finnes en rekke ulike arter, deriblant makroalger og mikroalger. Makroalgene sees som tang og tare (Flercellet), hvor mikroalger er mikroskopiske planteplankton (Encellet) i havet [230].

Planteplankton står for omtrent 50% av klodens produksjon av O₂ i atmosfæren, noe som gjør den til en svært viktig del av jordens kretsløp [68]. «Algaeponics» er en dyrknings-metode innen hydroponisk/akvaponisk dyrking hvor man tilsetter alger i systemet. En av årsakene til å tilsette alger i hydroponiske/akvaponiske anlegg er at slike anlegg ofte har en del avfall i form av nitrogen og fosfor. Ved å tilsette alger kan man kontrollere og utnytte disse stoffene så de ikke påvirker biomangfoldet i naturen i like stor grad [68]. Det trekkes også frem at alger kan ha helsebringende effekter ved inntak hos mennesker [231].

Tilapia fisk



Figur 64 Fotografi Tilapia fisk [39].

Tilapia, vist i figur 64, er en fellesbetegnelse for en rekke fisker innen ciklider familien. Denne familien består av opptil 1700 arter, hvor Tilapia oftest betegner de artene mest kjent innen kommersielt bruk [232]. Tilapia regnes som en av de mest populære fisketyper som brukes i akvaponisk dyrkingsteknologi. Den når markedsvekst hurtig og regnes til å ha lavt kostnadsnivå for produksjon/salg [233].

Torsk



Figur 65 Fotografi av torsk [16].

Torsk, vist i *figur 65*, er en av de mer populære fiskeartene som konsumeres i Norge. De oppholder seg på den nordlige halvkule, Atlanterhavet, og beveger seg ofte langs Norges kyst og inn i fjorder [234]. Det har vært tilknyttet en del problematikk til torskeoppdrett i havet, både rundt spredning av sykdom, men også at genmanipulerte fisk slipper ut og gyter med villfisk [235]. Salg av torsk i matvarebutikker har også de senere årene falt grunnet den økte prisen [236].

Laks



Figur 66 Fotografi av laks [15].

Laks, vist i *figur 66*, er en art innen laksefamilien og oppholder seg på den nordlige halvkule. Denne familien er ettertraktet innen både matproduksjon og hobbyfisking, og er også bestående av andre kjente fiskearter som røye og ørret [237]. Lakseoppdrett står for den største delen av fiskeoppdrett i Norge. Hvor det produseres rundt 1,6 millioner tonn laks i året [238]. Tradisjonelt lakseoppdrett, ute i naturen, kan være disponert for en rekke sykdommer og plager. Spesielt problematikken rundt lakselus har vært en rekke ganger i mediebildet de senere årene. Med global oppvarming i fokus, sees det også på hvordan endret havtemperatur kan påvirke fiskeoppdrett i negativ retning [239].

5.2.5 Dyrketeknologier

De mest vanlige dyrketeknologiene som benyttes i vekstnæringen er hydroponikk, aeroponikk og akvaponikk. Utdypende teorigrunnlag om disse dyrkesystemene finnes i *kapittel 3.8*. Disse teknologiene kan brukes alene eller i kombinasjon. Det er en fordel om det planlagte drivhuset muliggjør installering av flere av systemer. Valg av system vil i bunn og grunn være avhengig av plassareal, planter, klimatiske forhold og målsetninger for takdrivhuset.

Hydroponisk dyrking (DWC)



Figur 67 Hydroponisk dyrking ved NIBIO (Grimstad) [4].

Figur 68 viser et bilde av den hydroponiske dyrketeknologien dypvannskultur (DWC) hos bedriften Lyne Group [240]. Ved DWC står plantene i nett-potter med Leca-kuler som vekstmedia, plassert i enten løse eller fastspente plater [182]. De kan også være uten vekstmedia [178]. Disse platene plasseres så over vannreservoarer fylt med næringsrikt vann, en nedsenkbar luft-pumpe og en luft-stein. Ettersom røttene vokser, vil størstedelen av roten være nedsenket i vann, det er derfor viktig at luft-pumpen står på kontinuerlig [182].

Hydroponisk dyrking (Ebb&Flow)



Figur 68 Bilde av Ebb&Flow dyrketeknologi [42].

Figur 68 viser et bilde av en variant av den hydroponiske dyrketeknologien Ebb&Flow [42]. Ebbe- og strømningsystemer (EBS) er basert på å oversvømme plantenes røtter periodisk med næringsløsning for så å trekke det tilbake. Plantene er derfor plassert i dyrkekar fylt med Leca, hvor vann fra et vannkar under pumpes opp for å flomme dyrkeområdet. Etter en fastsatt tid skrus pumpen av og vannløsningen dreneres ned i vannkaret igjen. Årsaken til denne flom-løsningen er at røttene skal kunne ha tilgang til oksygen fra luften [182].

Aeroponikk



Figur 69 Bilde av Aeroponisk dyrketeknologi [49].

Figur 69 viser et bilde av Aeroponisk dyrketeknologi. Som nevnt i kunnskapsbakgrunn er Aeroponisk dyrking en form for dyrketeknologi der plantene får næring og vann gjennom en aerosoltåke som sprayer i lukkede omgivelser rundt eller under planten [181]. Med andre ord kan røttene henge fritt i luften støttet opp av minimalt med Leca eller andre medium [182].

Akvaponisk dyrking



Figur 70 viser et bilde av fisker i et akvaponisk dyrkesystem som ble tatt på NIBIO-laben på Landvik i Grimstad [1]. Denne dyrketeknologien kombinerer både akvakultur og hydroponisk dyrking i ett og samme system. Systemet har altså kapasitet til å produsere fisk eller andre akvatiske arter sammen med planter. Ved å kombinere flere systemer sammen kan man dra nytte av næringsstoffer som sirkulerer rundt i systemet [68].

Figur 70 Fisker i akvaponisk system ved NIBIO (Grimstad) [4].

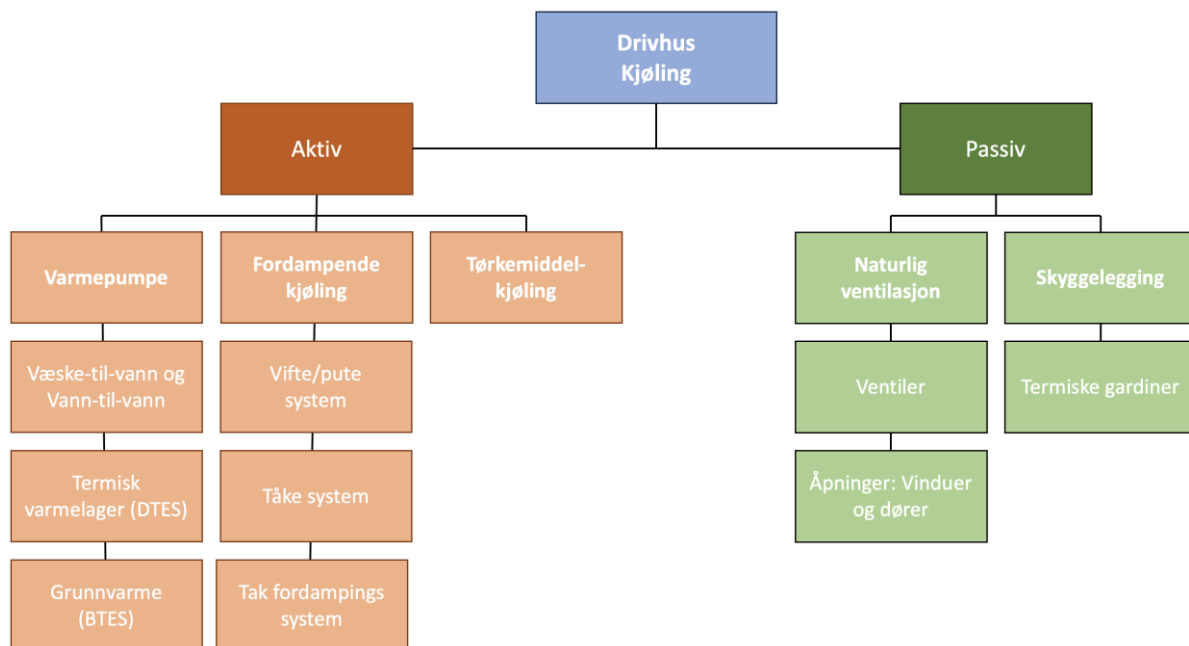
5.2.6 Kjøllesystem

Kjøling er nødvendig i drivhus for å forhindre overoppheting ($>26^{\circ}\text{C}$), altså når temperaturen overstiger 26°C . Den ideelle temperaturen for optimal avlingsvekst, er ifølge FAO (Food and Agriculture Organization) i området $14\text{--}26^{\circ}\text{C}$ [77]. Når drivhuset har høyere temperaturer enn hva som er ønskelig, skyldes det som regel at det tilføres mer varme enn det som kan fjernes. Typiske kilder til varmetilførsel inkluderer høye utetemperaturer, solinnstråling, internvarme fra personer, lys og utstyr [241]. For å tillate helårsproduksjon under tøffe værforhold i kalde og varme måneder kan det være nødvendig å kontrollere mikroklimaet med kjøle- og oppvarmingsteknologier. Dette sikrer optimale forhold med hensyn til temperaturer, fuktighet og lysforhold. Spesielt under sommersesonger kan det være aktuelt å kjøle ned drivhusene, blant annet ved justering av fuktighetsnivåer (RH). For høy temperatur kan hemme planteveksten. Parametere som utforming, areal, struktur, orientering og materialer vil påvirke kjøle og oppvarmingsbehovet [138].

Aktiv og passiv nedkjøling er to forskjellige tilnærminger for å redusere temperaturen. Aktiv kjøling innebærer bruk av eksterne energikilder for å kjøle ned miljøet. Passiv kjøling krever ingen energi, altså bruk av naturlige prosesser som ikke er energikrevende [138]. I noen tilfeller der passiv kjøling ikke er tilstrekkelig, kan man kombinere både passiv og aktiv kjøling. Som regel skal passiv kjøling prioriteres først da det er mer energivennlig. Drivhus i varme og tørrere klima forbruker mer elektrisitet til nedkjøling kontra drivhus i norsk klima, da det er mer behov for kjøling for å oppnå nødvendige temperaturer. Bruk av elektrisitet i drivhuset vil føre til miljømessige ulemper om det ikke benyttes fornybare energikilder [241]. Derfor bør valgte kjøleteknologi tilpasses etter geografisk område med hensyn på temperaturer og funksjonalitet, vindforhold, men samtidig anvende en teknologi som reduserer drivhusets karbonutslipp.

Figur 71 viser hierarki over passive og aktive kjølemetoder som anvendes i drivhus. Nærmere bestemt vil dette kapittelet gå inn på kjøleteknologier som naturlig ventilasjon, skyggelegging, refleksjon, fordampende kjøling og tørkemiddelkjøling. Bruken av bare en kjøleteknologi kan noen

ganger være utilstrekkelig. For å oppnå gunstig kjøling og kontrollert mikroklima kan det derfor være gunstig å kombinere flere kjøleteknologier i ett og samme drivhus [138]. På grunn av det kjøligere klimaet, vil det selvsagt være behov for mer oppvarming enn kjøling.



Figur 71 Kjøleteknologier som benyttes i drivhus, inspirert fra [138].

Skyggelegging og termiske gardin systemer



Figur 72 Termiske gardiner [6].

Uttrekkbare vertikale og horisontale gardin-systemer som vist i figur 72, har isolerende effekt ved kalde temperaturer om vinteren eller nattetid, hvilket forhindrer varmetap. Gardinsystemet gir skyggebeskyttelse for planter om sommeren. Noe som vil redusere varme og direkte sollys. Dette kan hjelpe med å forhindre overoppheting og skader på planter [242]. Teknologien kan bidra til energibesparelse og redusere kostnader under drift [243]. Slike gardiner er blant annet benyttet i Montreal-drivhusene i Canada, som har lignende klimatiske forhold som kan relateres til Norske forhold [152].

Resultat av en studie indikerer klart at termiske gardiner har gunstige effekter. Et drivhus utstyrt med gardiner hadde en økning på 1,3 °C i innendørs temperatur og en 10% økning i relativ luftfuktighet (RF) sammenlignet med et tilsvarende drivhus uten en slik installasjon. Videre viste studien en merkbar reduksjon av oppvarmingsbehovet med en betydelig forskjell i energiforbruk.

Energiforbruket for oppvarming i drivhuset utstyrt med gardiner ga 453,7 kWh*natt, mens det ikke utstyrte drivhuset ga henholdsvis 568,6 kWh*natt. Lukking av termogardiner om natten resulterte i varmeenergibesparelse på 21% [243]. En studie gjennomført på et tak-drivhus i Spania simulerte at

tak og vegg-termiske gardiner økte temperaturen med 2,5°C på nattestid i et uoppvarmet drivhus [152]. En annen studie dokumentere at nattgardiner reduserte varmebehovet med 70,8% ved nattestid og 60,6% om dagen [244]. Automatiske skjermer som en passiv solløsning reduserer behovet for ventilasjon ved sommermånedene [152]. Disse funnene indikerer at termiske gardiner kan forbedre inn klima og redusere klimagassutslipp relatert til ventilasjon og oppvarming under tøffe klimatiske forhold. Energisparende tiltak kan være avgjørende for å fremme bærekraftige energieffektive tiltak [243, 244].

Naturlig ventilasjon

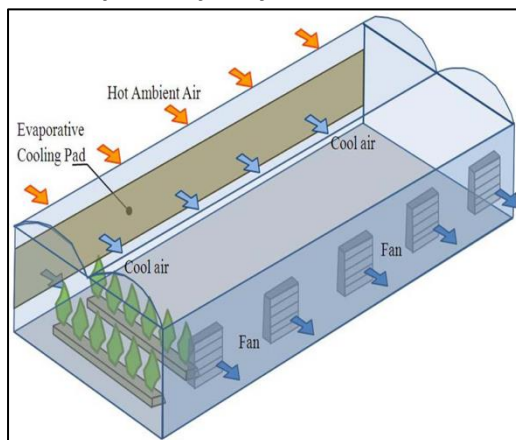


Figur 73 Naturlig ventilasjon gjennom åpne takvinduer og sidevinduer [1].

Naturlig ventilasjon, som vist i figur 73, er en passiv kjøleteknologi da den ikke er avhengig av andre eksterne energikilder som drivkraft. Ventilasjonen skjer naturlig ved at inneluft erstattes med uteluft, gjennom vindhastighet og temperaturgradienter [138]. Dette oppnås ved åpne eller lukkede takvinduer, vinduer, dører eller ventilasjonsåpninger [78]. På denne måten kan man regulere innendørs temperatur-, fuktighets- og CO₂-nivåer. Faktorer som vil påvirke naturlig ventilasjon er drivhusareal, plassering, størrelse på åpninger, temperatur og vind [138]. Grunnet naturlig ventilasjon er avhengig av ytre faktorer kan det i noen tilfeller være utilstrekkelig, og må i den forstand suppleres med elektrisk/mekanisk tvungen ventilasjon [78]. Til fordel er

naturlig kjøling en av de mest økonomiske kjøleteknologiene som resulterer i lave driftskostnader. Samtidig som det krever lav energiutnyttelse og er lett å integrere i drivhuskonstruksjonen. Tawalbeh påpeker at naturlig ventilasjon hadde positiv effekt for nedkjøling av drivhus, der man kan redusere temperaturen med opptil 4°C. I tillegg vil også den beste ventileringen oppstå gjennom taket eller sideventiler [138].

Fordampende kjølesystem



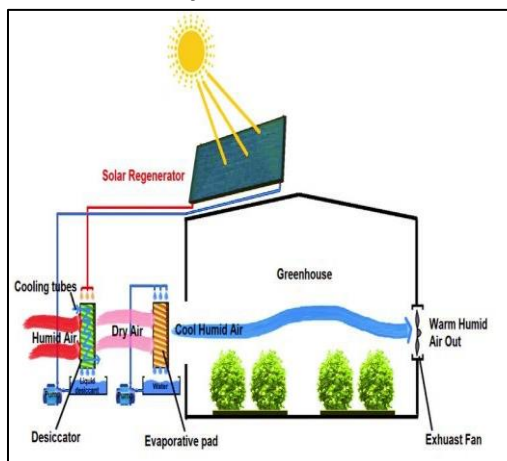
Figur 74 Fordampende kjøling med putevifte-system [45].

I tilfeller der passiv kjøling ikke tilfredsstillt kravene, kan man benytte fordampende kjøling som supplement. Teknologien er mest fremtredende i tørre og varme klima rundt Middelhavet, og er en av de mest effektive metodene for å kontrollere miljøforholdene i et drivhus [68, 138]. Metoden baserer seg på vanndamp som senker temperaturen inne i drivhuset og absorberer varmeenergien fra omgivelsene når den fordampes. Noe som resulterer i nedkjølede effekt og økning i luftfuktigheten [45]. Systemet bruker dugg/tåkesystemer, fordampningsputer eller sprinkler for å konvertere varmen. Det skiller mellom tre primære typer av fordampende kjøling. Disse består av direkte fordampende kjøling, altså påføring av vann til luften med sprinkler. Her inngår kjølepute- og tåkesystemene. Den andre er indirekte fordampende

kjøling der omgivelses-temperaturen reduseres, uten å øke fuktigheten i rommet. Den siste er to-trinns fordamping som kombinerer både fordampende kjøling med en varmeveksler [138]. Vifte og putefordampende kjølesystem er vist i *figur 74*. Systemet består av kjøleputer, avtrekksvifter og sirkulasjonspumper. Kjøleputene plasseres i motsatt ende av viftene, der pumpene sirkulerer vannet inn i fordampningsputene som kjøler ned varm luft. Tåkesystemet består av dyser som sprayer vann som er koblet i taket eller langs veggene. Når vannet kommer i kontakt med luften fordampes dråpene og reduserer temperaturen [138].

En studie utført av López et al. sammenligner ytelsen til to drivhusanlegg i Spania utstyrt med pute- og viftesystemer, samt tåkesystem. Målingene avdekket betydelige forskjeller i temperaturavvik i forhold til naturlig ventilert drivhus. Resultatene avslørte at temperaturen inne i drivhuset med pute-vifte-system var opp til 11,6°C lavere enn naturlig ventilert drivhus, mens tåkesystemet ga en temperaturforskjell som var opp til 10,4 °C lavere. Imidlertid ble det også observert at vifte-pute-systemet har bedre potensiale til å kontrollere drivhusklimaet, samt et større vannforbruk enn tåkesystemet. På en annen side er energiforbruket høyere ved bruk av tåkesystemet [245].

Tørkemiddelsystem

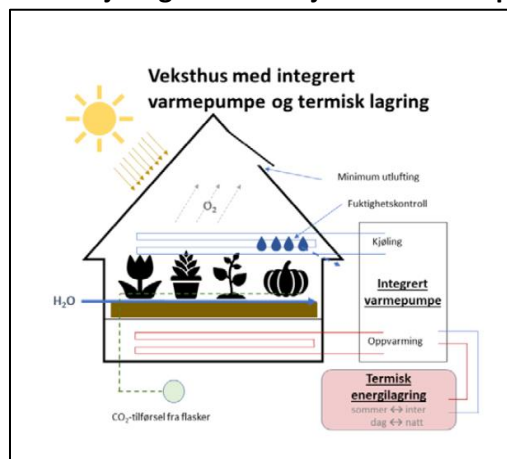


Figur 75 Tørkemiddelsystem [41]

Tørkesystemet består av en desikator og kjøle vifter. Kjølesystemet bruker et desikantmateriale for å fjerne fuktigheten fra luften, noe som reduserer temperaturen inne i drivhuset. Desikatoren har evnen til å absorbere fuktighet når varm luft passerer gjennom den som vist i *figur 75*. Den avkjølte luften ledes deretter inn i drivhuset ved hjelp av vifter og kjøle puter. Fordelen med dette systemet er at det ikke brukes kjemiske midler som kan være skadelig for miljøet. Systemet passer spesielt til varmt og fuktig klima, der omgivelsenes temperatur er noe høyere [246].

Teknologien har også vist seg til å vær effektiv for å optimalisere avlingsvekst og vekstforhold for tomat, salat og agurk. Samtidig som fuktighetsnivået og temperaturen betydelig reduseres [41].

Passiv kjøling i kombinasjon med varmepumpe



Figur 76 Drivhus med integrert væske/vann-varmepumpe og termisk lagring [21].

Hovedformålet til en varmepumpe er å transportere varme fra et lavere til et høyere temperaturnivå. Denne varmen kan hentes fra ulike kilder som berg, jord, fjell, sjø, uteluft eller spillvarme fra en ertsbygning. De mest brukte varmepumpene er luft/luft-, luft/vann-, væske/vann og vann/vann-varmepumpe [241]. Passiv kjøling i kombinasjon med et integrert varmepumpesystem, kan både gi oppvarming og nedkjøling i et drivhus. Samtidig som mikroklimaets temperatur, luftfuktighet og CO₂-nivåer kontrolleres.

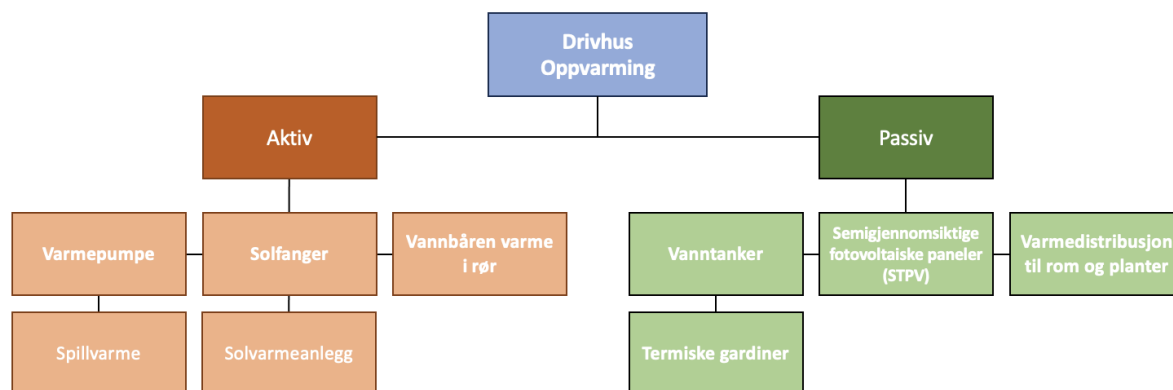
Drivhusanlegget på Mære har integrert væske-til-vann varmepumpe kombinert med energilager inkludert grunnvarme (BTES) og dynamisk termisk energilagring (DTES) som sørger for både oppvarming, kjøling og avfuktning som vist i figur 76. Installasjonen av

varmepumpe førte til 80% mindre energiforbruk, samt økte veksten av tomatavlingen med hele 50%. karbonutslippet ble neglisjert med 99% sammenlignet med fossilbasert energibruk. Systemet baserer seg på termisk energilagring der et borehull fungerer som et sesonglager. Om sommeren lagres overskuddsvarme som kan benyttes om vinteren. Dynamisk termisk energilager er et korttidslager som utnytter variasjoner i temperaturer mellom dag og natt, med formål å jevne ut energibehovet [21]. Sirkulasjonspumpen sørger for å kjøle ned drivhuset ved å hente kald væske fra energibrønnen [241].

5.2.7 Oppvarmingsystemer

Grunnet kaldere klima i Norge vil det være mer behov for mer oppvarming enn kjøling. Oppvarming og belysning fører til betydelige energikostnader. Normalt dekkes energien av elektrisitet og naturgass i norske drivhus. Økte kostnader for strøm og naturgass har ført til at drivhusnæring må stenge ned produksjonen og drifte i kortere sesonger, for å ikke lide økonomiske tap. Tradisjonelt sett har det vært tatt i bruk oljekjeler med fossile brenslere som fyringsolje, naturgass og propan. Bruk av fossile brenslere fører midlertid til økt klimagassutslipp og andre negative miljøpåvirkninger. I dag har bruken gått ned, da det har vært fokus på at drivhusnæringen skal gå mot et grønt skifte [21]. Derfor er det valgt å se bort ifra oljekjeler og naturgass i denne mulighetsstudien. Hovedfokusets vil vektlegges på fornybare energikilder for at drivhuset skal være så karbon nøytralt som mulig ved å fase ut fossile energikilder. Ved smarte klimavennlige teknologiske oppvarmings løsninger kan drivhuset mulig redusere driftskostnader, energiforbruket og klimautslippet.

I denne casen relatert til oppvarming vil vanntanker, solfangere, solvarmeanlegg, semigjennomsiktige fotovoltaiske paneler (STPV), vannbåren varme i rør, varmedistribusjon til rom og planter, samt spill varme presenteres. Figur 77 viser et tankekart over forskjellige teknologier som undersøkes nærmere.



Figur 77 Oppvarmings-teknologier som benyttes i drivhus, inspirert fra [138].

Vanntanker



Figur 78 Vanntanker til oppvarming i drivhus [44].

I en forskningsartikkel nevnes det en rekke termiske kontrollsystemer som anvendes i tradisjonelle drivhus i dag. Disse er blant annet lagring av oppvarmet vann eller faseendrings-materialer, bruk av bevegelig isolasjon og anvendelse av vegger eller arealer mot nord som lagringsplass [247]. Figur 78 viser et bilde av vanntanker til oppvarming i drivhus [44]. Vanntankene kan plasseres mot nord-veggene i drivhuset og langs vekst/produksjons-radene. Funksjonen til disse vanntankene er å ta til seg energi/varme fra sol og miljø i løpet av dagen, og slippe dette ut til lavere temperert luft i løpet av natten i form av konveksjon og stråling. Derfor regnes denne løsningen som enkel og energieffektiv for oppvarming av drivhus. I en

forskningsrapport ble det gjennomgått at bruk av slike vanntanker eller vannrør som absorberer stråling og solenergi kan høyne innetemperaturen i drivhus med flere grader. En rekke caser hvor implementering av vanntanker til oppvarming i drivhus ble trukket frem i en forskningsrapport, med tilhørende volum på vanntank, drivhus størrelse og resulterende forhøyet temperatur [247].

Solvarmeanlegg - Solfangere

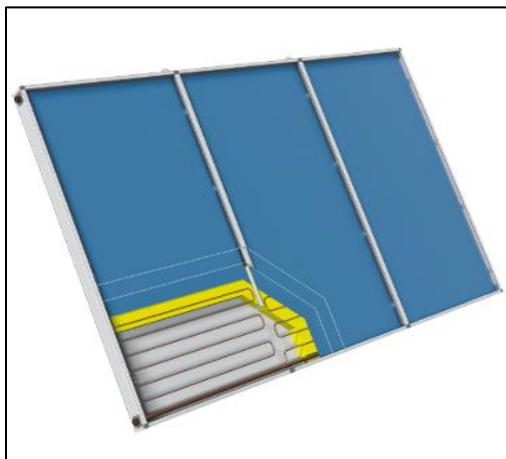


Figur 79 Solfanger - Vakuumsolfanger (Uniprodo) [43].

I et solvarmeanlegg er solfangeren den delen som omgjør solenergi/stråling til varme (Termisk energi). Det er omtrent 95% av den innstrålte solenergien som blir omgjort, og de mest brukte solfangerne er vakuumsolfangere og plane solfangere. Sistnevnte må ikke forveksles med solcellepaneler, da disse produserer strøm og ikke direkte varme til solvarmeanlegg [48].

Figur 79 viser en illustrasjon av en vakuumsolfanger produsert av Uniprodo [43]. Vakuumsolfanger regnes som den solfangeren med høyest virkningsgrad, og er svarte glassrør med god varmeisolerende effekt. Rørene er vakuumsøkk, noe som igjen fører til et lavt varmetap fra elementene. Inne i glass-røret er det plassert en absorber i form av et kobberrør, inneholdende væske

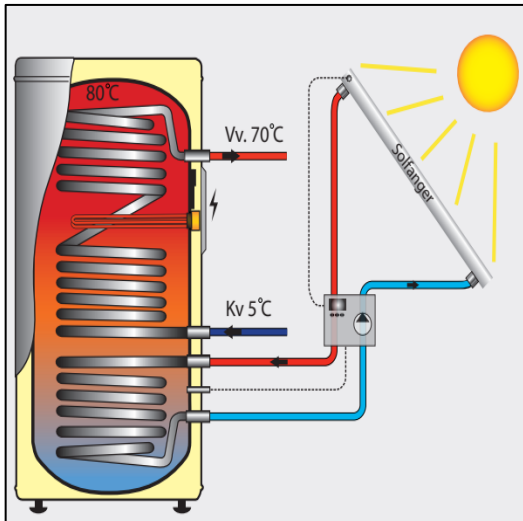
med lavt kokepunkt. Her utnytter man varmeoverføringen som oppstår ved gass/væske faseovergangen når rørene varmes opp av solstråling [48, 241].



Figur 80 Plan solfanger (Aalborg CSP) [33].

Figur 80 viser en illustrasjon av en plan solfanger [33]. Plane solfangere er en av de mest brukte typene, men de senere årene er de blitt noe overgått av vakuumsolfangere grunnet noe lavere virkningsgrad. Plane solfangere består ofte av en ramme, dekkplate, rør, absorber, diffusjonssperre, isolasjon og bakplate. Her er absorberentene enten en tynn aluminiums- eller kobberplate, som står for konverteringen av solenergien. Disse overfører også denne varmen over til rør som inneholder væske. De plane solfangerne har en drivhus-liknende effekt, der stråling blir værende inne under glasset og det slippes lite varme ut [48, 241].

Solvarmeanlegg

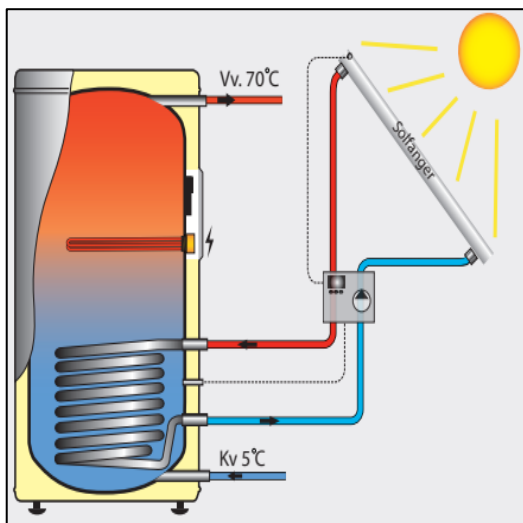


Figur 81 Solvarmeanlegg - Momentanoppvarming av tappevann [48].

Ved dette menes at det kalde tappevannet varmes opp direkte ved varmeveksling i tankene og det varme tappevannet kan leveres. Her er vanligvis ønsket minimumstemperatur 80°C grunnet forhindring av bakterievekst og behovsvurdering. Noen ulemper ved et slikt system er at man grunnet tappekapasiteten må ha større tanker (2-3 ganger større enn vanlig varmtvannsbereder) [241].

Solvarmeanlegg akkumulerer solvarme gjennom året, og det finnes anlegg som både kan korttidslagre og lantidslagre energien fra solen. Det er strålingsenergien fra solen som blir gjort om til varme. Av varme leverer et solvarmeanlegg vanligvis 300-500 kWh per m² solfangerareal. De har også en levetid på omtrent 20-30 år, og en tilbakebetalingstid på 5-15 år avhengig av system og energibruk. Av komponenter som inngår i systemet er solfanger, akkumulatortank, selve distribusjonssystemet av vannet og styringsautomatikken [48, 248]. Det finnes ulike former for solvarmeanlegg: Tappevanns-oppvarming, kombianlegg (Både tappevann og romoppvarming) og større anlegg [241].

Figur 81 viser et typisk solvarmeanlegg hvor det foregår momentan-

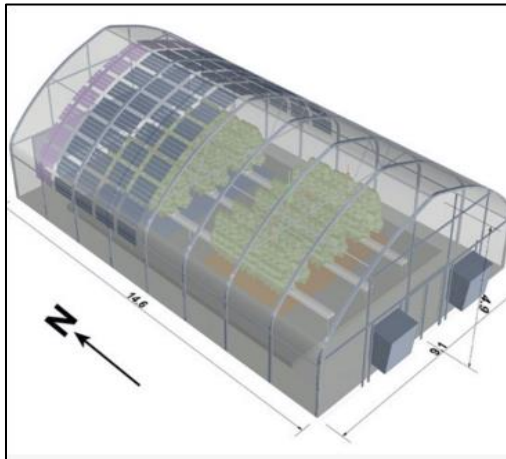


Figur 82 Solvarmeanlegg - oppvarming av tappevann med solvarme [48].

momentanoppvarming (Kombianlegg). Disse deler tankene inn i tre ulike temperatursoner. Her er et visst antall tanker tiltenkt forvarming av kaldt tappevann og noen tanker er tiltenkt en romoppvarmingsfunksjon og forvarming. Dette foregår ved momentanoppvarming og coiler. Noen tanker er også forbeholdt ettervarming av tappevann, hvor det er elektrisk oppvarming i tilfeller solforholdene ikke klarer å varme opp nok vann. Gasskjelen vil her kunne regulere vanntemperaturen for økt utnyttelse til oppvarming [241].

Figur 82 viser et solvarmeanlegg der oppvarmingen av tappevannet skjer fra solvarmen og lagres i tanken [48]. Det er vanligst å bruke sånne systemer i tilfeller der det kun ønskes oppvarming av tappevann og ikke romoppvarming. Her anvendes varmtvannsberedere som akkumuleringstanker, hvor det er to temperatursoner inne i tanken. Øverste sjikt varmes opp av et elektrisk element i de periodene det ikke er sol, og nederste sjikt blir tilført lavere temperert vann som skal føres gjennom solfangeren. Ved tilfeller der en ønsker både tappevanns- og romoppvarming kan man installere kombianlegg. Dette er systemer som ofte kombineres med andre former for oppvarmingsteknologier og energikilder som eksempelvis varmepumper. Ved større anlegg er det vanligst å bruke flere varme-vekslere og

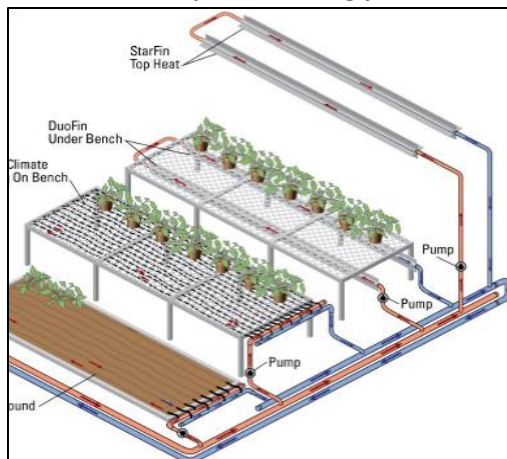
Semigjennomsiktige fotovoltaiske paneler (STPV)



Figur 83 Semigjennomsiktige fotovoltaiske paneler på drivhus [21, 58].

Figur 83 viser et drivhus hvor det er brukt semigjennomsiktige fotovoltaiske paneler (STPV). Dette er paneler/film som absorberer en viss mengde fotoner for energiproduksjon, og slipper igjennom resterende fotoner til plantene inne i drivhuset. Grunnet denne evnen, blir en slik type teknologi ansett som svært gunstig for drivhus og planteproduksjon [58].

Varmedistribusjon til rom og planter



Figur 84 Eksempel på varmedistribusjon til rom og planter [34].

Figur 84 viser et eksempel på varmedistribusjon i rør som går til planter og til romoppvarming. Som man ser i figuren, blir oppvarmet vann sendt ut fra en oppvarmingstank, og videre ut til pumper avhengig av planteoppsett. Av disse løsningene kan det varme vannet sendes til benkene plantene står på, både rett til plante/pottemediet (In-bench heating), til selve benken plantene står på (On-bench heating) og til under benken (Under-bench heating). Man kan også føre det oppvarmede vannet til taket, for å distribuere varme ovenfra [34].

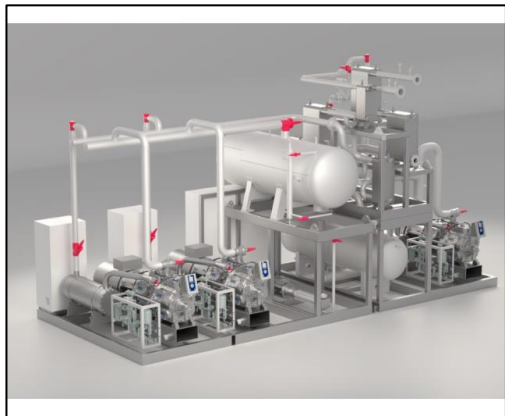
Vannbåren varme – rør:



Figur 85 Vannbåren varme – Rør [28].

Forslag til denne teknologien ble funnet i SINTEF rapporten «Muligheter for å utnytte lavtemperatur spillvarme fra prosessindustrien i Grenland». Ifølge SINTEF rapport er temperaturen i rørene vanligvis 80°C (Avhengig av utetemperatur) i drivhus [132]. Figur 85 viser et bilde av typiske rør og utforming ved vannbåren varme [28].

Oppgradering av lavtemperert spillvarme



Figur 86 Høytemperert varmepumpe (Hybrid Energy) [18].

Figur 86 viser et bilde av en høytemperert varmepumpe produsert av Hybrid Energy [18]. SINTEF rapporten «Muligheter for å utnytte lavtemperert spillvarme fra prosessindustrien i Grenland» gjennomgår ulike løsninger og problematikk rundt gjenbruk av spillvarme fra industrielle prosesser. Det fremkommer at lavtemperert spillvarme fra industri, spillvarme mellom 20°C og 200°C, kan brukes videre til oppvarming av drivhus og andre industrielle prosesser. Derimot kan kostnader rundt legging av rør til omkringliggende bransjer bli en stor investeringspost. Det trekkes frem at man kan bruke høytempererte varmepumper til å gjøre om den lavtempererte spillvarmen til mer gunstig

temperatur for industriprosesser. For drivhus vil det ved vannbåren varme i gulv være et behov for 80°C i rørene gjennom året [132]. Hybrid Energy er en varmepumpe som bruker ammoniakk og vann som arbeidende væsker sammen med absorpsjonsprosesser og dampkompressjon til å justere temperaturen til spillvannet opp til og over 100°C [249]. Videre vil et drivhus ha et behov for en varmetilførsel på 350 kWh/m² i løpet av året på generell basis. I rapporten gjennomgås også scenarier der det er et ønske om å bruke spillvarme til å produsere strøm. En teknologi som nevnes her er organisk Rankinesyklus (ORC), men også bruk av dampturbiner [132].

5.2.8 Andre teknologiske løsninger: Belysning

Solforhold kan være en begrensende faktor i Norsk klima. Naturlig lys vil kunne begrense vekstsesongen ved ulike årstider. Bruk av eksterne lyskilder som lamper eller hagelamper er en viktig forutsetning for kunne drive helårsproduksjon i drivhus, som tillater utvidet vekstsesong. Supplerende lyskilde som HPM (High Pressure Sodium) er vanligvis benyttet i kommersielle drivhus. De siste årene har LED (Light Emitting Diode) blitt et supplement som lyskilde i drivhusnæringen [250]. En fersk rapport fra NIBIO viser til at belysning tredoblet tomatproduksjonen per areal enhet samtidig som bruken av energi neglisjeres ned til ca.40% [79]. Derfor utforskes også belysning som en teknologi for å fremme bærekraftige og energieffektive drivhus. Bruk av lys vil selvfølgelig øke det elektriske behovet. Ved å fase ut oljekjeler og bruk av fossilt brensel med fornybare kilder kan drivhusene bli karbon nøytrale [251].

LED-lamper



Figur 87 viser bilde av LED-lysrør produsert av Phillips. LED-lamper er relativt nytt på markedet og blir mer og mer benyttet i drivhus grunnet de er mer energieffektive og generer ikke overdreven varme. LED-lys kommer i mange farger (blått, rødt og grønn) og bølgelengder som kan tilpasses hver enkelt plantevekst. Dessuten bruker lampene mindre energi enn kunstig belysning [252].

Figur 87 LED-lampe [14].

HPS-Lamper



Figur 88 viser bilde av HPS-lampe og er mest brukt i kommersielle drivhus. Lampene slipper ut mer varme enn LED-lys, som bidrar betydelig til drivhusets varmebehov. Noe som kan være gunstig for å tilføre varme i drivhuset. HPS-lys produserer lys i røde og oransje spekterområdet [252].

Figur 88 HPS-lampe [9].

5.2.9 Andre teknologiske løsninger: Kinetiske plater

Kinetiske plater



Figur 89 Kinetiske plater [22].

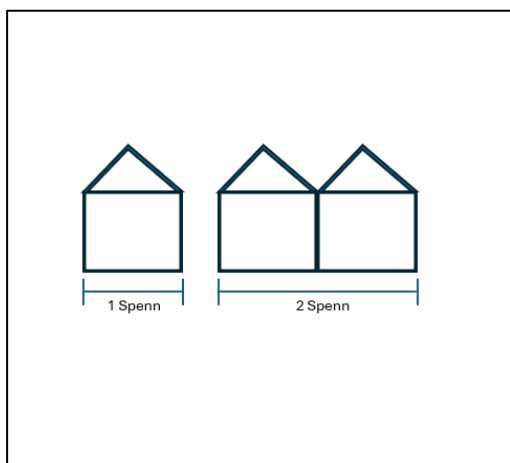
Kinetiske gulvplater genererer strøm ved at mennesker tråkker ned på elementet. Generert strøm er avhengig av stegfrekvens og gulvplaters effektivitet [253, 254]. Figur 89 viser bilde av kinetiske gulvplater produsert av Pavegen, som er plassert i et folksomt område for å generere større mengder elektrisitet [22]. Ifølge en rapport kan kinetiske gulvplater generere svært ulikt med energi avhengig av produsent. Det nevnes fra 0,5 mW/steg, 10W/steg og 0,15W per andre steg. Platene vist i figuren produserer 5,0W med kontinuerlig strøm for hvert steg [254]. Gulvplatene nevnes å være nyttig for å kobles opp til LED-belysning eller andre elektriske komponenter med noe lavere energibruk. Platene blir sett på som å produsere renere energi, enn ved

produksjon med fossilt brensel, da det ikke trenger andre energikilder enn fotsteg for å produsere strøm. De kan også lagre strøm over tid i batterier [253, 254].

5.2.10 Drivhus: Utforming

Som nevnt i kunnskapsbakgrunn *kapittel 3.5.1*, vil utforming og design spille en stor rolle i drivhusets funksjon og innvendige forhold. Konstruksjonen består vanligvis av strukturelle rammer, dekk- og gjennomsiktige-materialer, der drivhuset kommer i ulike former og fasonger. Spesielt i kaldere klima bør det også velges en form som tillater høy lysabsorpsjon og evne til å holde på oppspart varme [138]. Derimot bør det for optimal utforming og energieffektivitet, utføres simuleringer av drivhuset under aktuelle forhold [255]. I denne master oppgaven sees det vekk fra å gjøre simuleringer, men gjennomgås følgende utformingskategorier:

Enkelt- og flerspenn

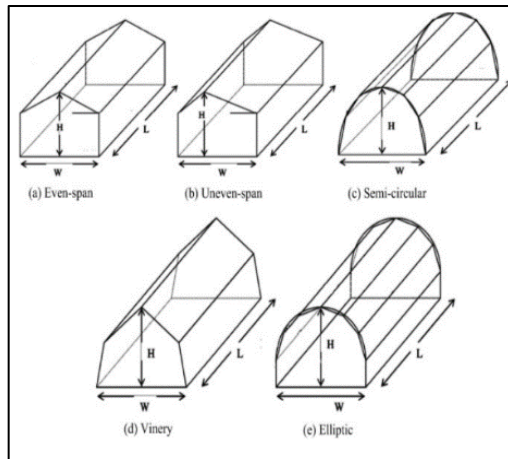


Figur 90 Illustrasjon av enkelt- og flerspenn drivhus [1].

Drivhusets ramme er plassert i bestemte spenn, der egenskapene vurderes etter klimatiske faktorer og påførende laster. De to vanligste konstruksjonene er enkelt- og flerspennsdrivhus som vist i figur 90. Enkeltspenns drivhus er drivhus som kun går over ett spenn mellom bæresøylene/skilleveggene. Hvor flerspenns drivhus opptar større volum og flere spenn mellom bæresøylene [138, 256]. Om et drivhus har enkelt-spenn eller flerspenn utforming, påvirker luftstrømningen og varmfordelingen på innsiden [257]. Det fremkommer at jo flere spenn et drivhus har, jo dårligere er ventilasjonsraten. Men det nevnes også i annen rapport at på generell basis vil det å innføre flere spenn forbedre

varmeoverføringen i drivhuset. Enkelt-spenn på sin side har høyere luftstrømning, men lettere for økt varmetap til omgivelsene [256, 257]. Flerspenn drivhus brukes også ofte til kommersiell produksjon, da det øker tilgjengelig bruksareal [257].

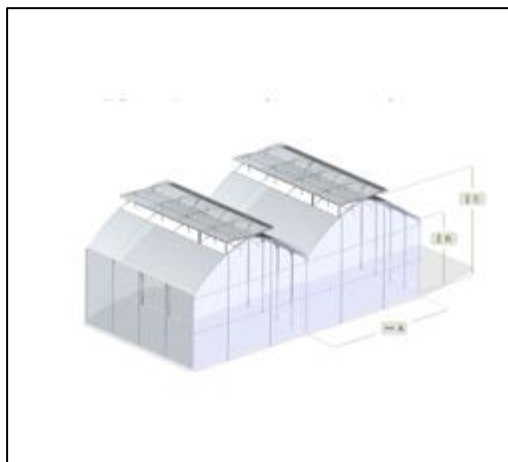
Geometrisk design



Figur 91 Ulike drivhus former [51].

En rapport undersøkte hvordan ulike former på enkelt-spenns drivhus kan påvirke resulterende opptak av solenergi inne i drivhuset. Denne rapporten baserte sine funn på klima-parametere lokalisert i Bayburt, Tyrkia. De ulike formene som ble undersøkt var for drivhus med fem ulike geometriske former som vist i figur 91. Det ble konkludert i rapporten at drivhus med elliptisk form hadde størst opptak av solenergi, etterfølgende av ujevn spennvidde, jevn spennvidde, semi-sirkulær form og «vinery»-form [51]. En annen rapport konkluderte med at ujevn spennvidde hadde optimal form uavhengig av breddegrad. Spesielt for kaldere klima i India der drivhuset også hadde isolert nord-vegg [256].

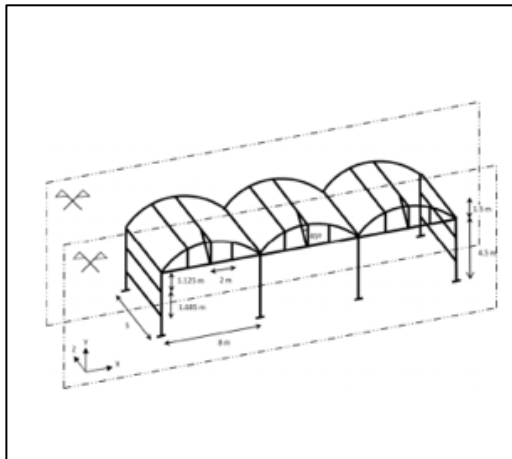
Gotisk drivhus



Figur 92 Gotisk drivhus [27].

En annen kjent form for drivhus, er den gotiske formen. I en rapport ble det konkludert med at enkelt-spenn gotiske drivhus var mest energieffektive i forhold til andre brukte former. Dette var basert på at drivhuset hadde øst-vest vinkling og under lukkede forhold [255]. Figur 92 viser til en teknisk illustrasjon av et gotisk flerspenns drivhus. Ut fra bildene fra nettsiden sees det ut til å brukes en del plastfilm som overflatemateriale [27]. I en annen rapport konkluderes det med at optimal utforming av gotiske flerspenns drivhus under kaldere forhold, har en øst-vest retning (kortsidene), har isolering på nord-veggen, natt-gardiner og et solvarmelagringsystem [256].

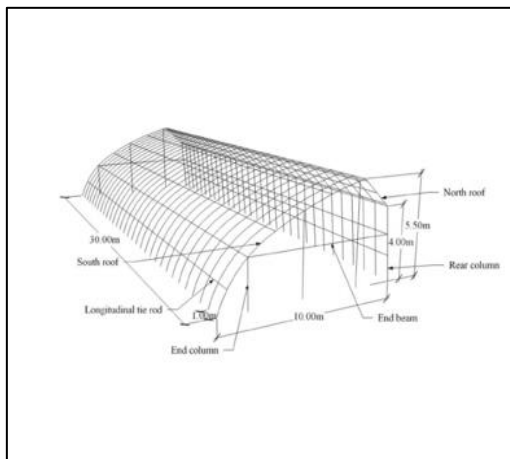
Tunnel-drivhus



Figur 93 Buede tunnel-drivhus [53].

Figur 93 viser til en teknisk tegning av et fler-spenn tunnel drivhus med buet tak. En slik form er en av de mest brukte i verden. I en rapport nevnes det at den sirkulære formen, i kombinasjon med plast-dekker er nyttig i varmere klima rundt Middelhavet [53].

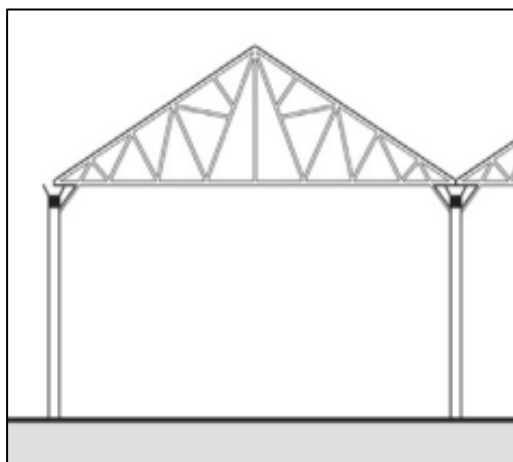
Kinesisk sol-drivhus



Figur 94 Kinesisk sol-drivhus [50].

Figur 94 viser til en teknisk tegning av et enkelt-spenns drivhus med ujevn spennvidde. Denne typen form blir kalt for et kinesisk sol-drivhus. Det nevnes i rapporten at en slik form har gode termiske egenskaper deriblant å spare på varme over lengre tid. Den er 10 meter bred og 5,5 meter høy [50].

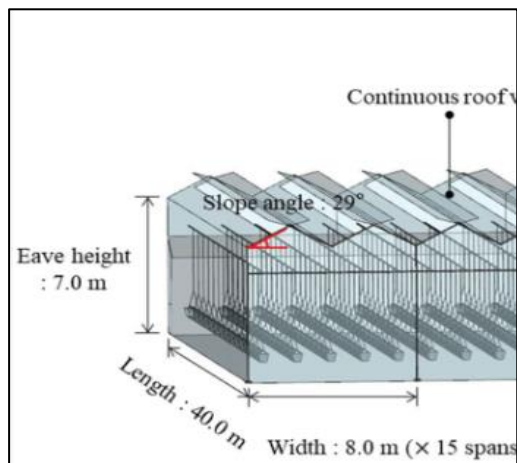
Greenpoint-stil utforming



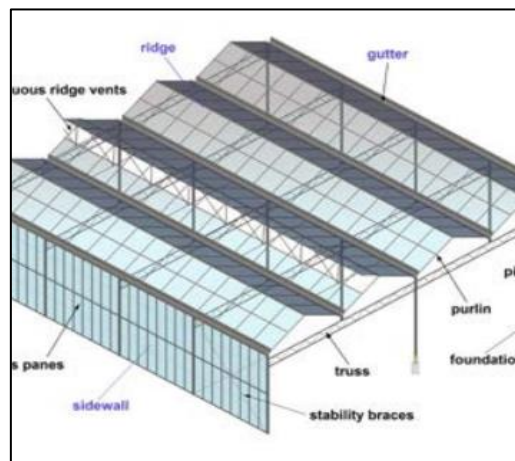
Figur 95 Bæresystem drivhus – Greenpoint [10].

Figur 95 viser til en snitt-tegning av Greenpoint sitt bæresystem. Denne formen har en gavl/triangulær form og oppkoblede renner. Avhengig av størrelsene på Greenpoint drivhusene på 1400 m² til 7000 m², har de fra 3 til 9 avgrensninger av vegger eller sperrer på innsiden [10].

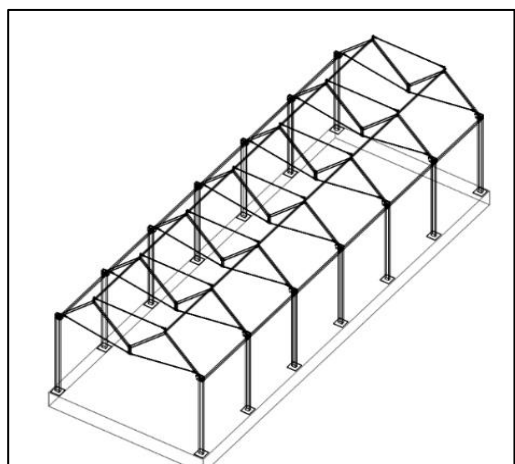
Venlo-stil utforming



Figur 97 Eksempel 1: Venlo-stil drivhus [54].



Figur 96 Eksempel 2: Venlo-stil drivhus [56, 57].



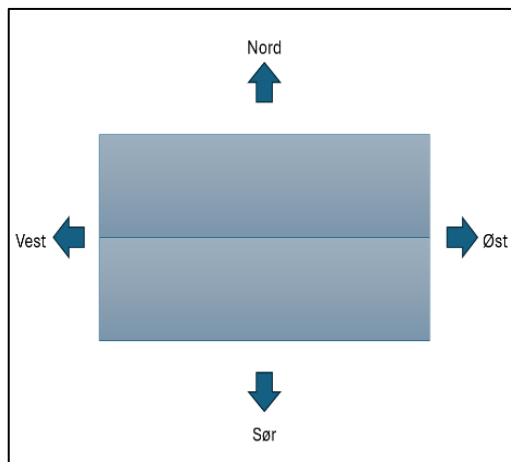
Figur 98 Modifisert bue-drivhus [55].

Figur 97 viser til en snitt-tegning av et typisk Venlo-stil drivhus. I figuren har drivhuset en lengde på 40,0m, bredde på 8,0m og høyde på 7,0m. Selve utluftingsvinduene er 1,0m brede og 36,0m lange som opptar 39,4% av arealet. Utluftingsvinduene er i denne rapporten utformet etter forhold i Sør-Korea. Men det nevnes at ved bruk av standard dimensjonering for Venlo drivhus ville utluftingsvinduet opptatt 14,7% av arealet [54]. I boken «*Urban and Regional Agriculture: Building Resilient Food Systems*» nevnes det at et slikt drivhus kan være passende for takkonstruksjoner. Her er det nevnt med eksempel at drivhuset kan ha tilkoblede renner, glassfasader og plassering av akvaponisk anlegg i annet område [10]. Rapporten figuren er hentet fra nevner at denne utformingen er viktig for større drivhus med flere spenn. Dette grunnet sidelufting ikke er like effektivt for de indre drivhus-områdene [54]. Det nevnes også i annen rapport at slike drivhus kan anvendes i områder med kaldere klima. Hvor glassfasadene ofte er 4mm tykke og 1,125m brede. Lengden på selve spennet fra søyle til søyle kan settes til maksimum 12,0m ved bruk av «Trellis-truss» som sees i figur 96 [56]. I følge Venlo produsenten er det også blitt bygget Venlo-drivhus i Norge [258]. Fullstendig tegning, med videre beskrivelse og dimensjonering av Venlo-stil drivhus er lagt i vedlegg C [259].

Modifisert bue-drivhus

Figur 98 viser utforming til et drivhus som har en modifisert bue. Selve drivhuset baserer seg på et Venlo-stil bæresystem, som står opp på en takkonstruksjon. For å redusere påførende vekt til bygget under og øke styrken til bæresystemet, ble det valgt å endre stål-kvalitet fra S275 til S355. Det ble også planlagt for bruk av stål-vaiere for økt stabilitet [55].

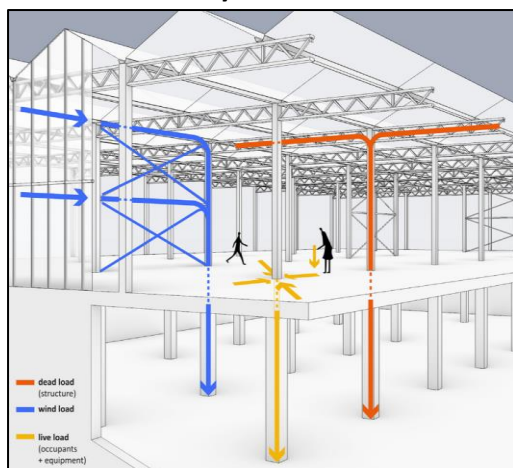
Vinkling av drivhus



Figur 99 Vinkling av drivhus [1].

Ved planlegging av drivhus bør det legges til rette for å utnytte soleksponering til det maksimale. En faktor her kan være å plassere drivhus på tak hvor det ikke blir skyggelagt av omkringliggende bygg. Men en annen viktig faktor er vinklingen til drivhuset i forhold til solen. Det nevnes at et drivhus bør ha en nord-sør retning, betydende at langsiden er vendt mot nord og sør som vist i figur 99. Derimot vil det ved tak-drivhus, være parametere som påvirker optimal vinkling etter solen. Det underliggende byggets utforming påvirker eventuell retning på drivhuset over [10]. I en annen rapport fra Canada, nevnes det for flerspenn kommersielle drivhus med triangulært formet tak også bør ha en slik retning. Dette er for forhold i nordligere områder. For enkelt-spenn tunnel drivhus er ønsket vinkling for optimalt solenergi opptak også øst-vest (Kortsider) [260].

Strukturelle hensyn



Figur 100 Tak drivhus - strukturelle hensyn [10].

Ved utforming og planlegging av drivhus på et eksisterende tak-element, er det nødvendig å undersøke påvirkende laster og faktorer som spiller inn på endelig utforming [55]. Figur 100 viser en illustrasjon over strukturelle hensyn ved bestemmelse av bjelker/søyler i tak-drivhus. En av disse er kontinuerlige/døde laster (vegger, drivhus-elementer). I figur 100 sees det at bæreelementene i drivhuset plasseres over eksisterende bæreelementer i bygget under [10]. Det er hoved-bygningen under som bestemmer eventuell plassering av drivhus-bæresystem [55]. Videre påføres det «levende» laster. Deriblant mennesker, materiell, vind- og snølaste [10]. Et drivhus på tak med høyde 28 meter, kan ha opptil 1,3 eller 1,8 ganger sterkere

vindstyrke enn hva det ville vært på bakken. En annen faktor er om drivhuset oppføres i et urbant eller regionalt område. I urbane områder er vind-lastene lavere enn i regionale områder. Det gis en variasjon på mellom 0,6-1,7 ganger. Her kan også vind-lastene deles inn i to, trykk-last og vakuumbelastning. Vakuumbelastningene kan komme fra åpne arealer som vinduer og ventilasjon i overflatene. Rapporten nevner at dette kan bli et problem om det er over 30% åpninger i fasadene [55]. I en rapport er det sammenlignet Venlo-stil drivhus opp mot buet drivhus ut fra forsterkningsmuligheter og påvirkende laster. Det ble konkludert med at det på generell basis ved import av europeiske drivhus, oftest må oppgraderes for å etterfølge designkrefter i henhold til ulike Euro-koder. Videre sees det for begge drivhus-typer, at kombinasjonen av horisontale belastninger fra vind og snø svekker konstruksjonene. Her ble det nevnt en løsning på å sveise stålplater til bærende søyler for økt stivhet. Spesifikt for Venlo-drivhuset ble det også sett ytterligere horisontale forskyvninger, her kunne det forsterkes med avstivningsstag i taket [137]. I en rapport nevnes det at takvinkel bør være minst 30° for at snøen skal kunne bevege seg nedover elementet [261].

5.3 Materialer

Dette kapittelet gjennomgår materialbruken i masteroppgaven. Det er for hovedlitteratur valgt å fremvise materialene fra mulighetsstudiet, og videre hvilke dataverktøy som er anvendt.

5.3.1 Hovedlitteratur mulighetsstudie

Tabell 9 viser til en oversikt over hovedlitteraturen for mulighetsstudiearbeidet. Det viser til type kategori, med tilhørende type materialer og antall.

Tabell 9 Oversikt over materialene tilknyttet hovedlitteraturen i mulighetsstudiet [1].

Kategori	Type material	Antall
Sted og vertsbbygning	SSB kartverk, klimadata/kart, kommunekart, solkart, Google Earth, artikler, rapporter, plankart/planinnsyn.	70 materialer
Fasade materialer	Forskningsrapporter/artikler/journaler, datablad, miljødeklarasjoner (EPD), produktbeskrivelser/egenskaper, informasjon fra produsenter/distributører.	20 materialer
Vekster og planter	Forskningsrapporter/artikler/journaler, dyrkings veiledning, Så-pakker, produktbeskrivelser/egenskaper/spesifikasjoner. Opplysningsdokumenter og bøker.	23 materialer
Alger og fisk	Forskningsrapporter/artikler/journaler, havforskningsinstitutt informasjon, store norske leksikon og bøker.	18 materialer
Dyrketeknologier	Forskningsrapporter/artikler/journaler og bøker.	22 materialer
Kjølesystemer	Forskningsrapporter/artikler/journaler, produktbeskrivelser/egenskaper/spesifikasjoner, klimadata og bøker.	12 materialer
Oppvarmingssystemer	Forskningsrapporter/artikler/journaler, produktbeskrivelser/egenskaper, håndbøker og bøker.	21 materialer
Andre teknologiske løsninger	Forskningsrapporter/artikler/journaler, produktbeskrivelser/egenskaper/spesifikasjoner.	7 materialer
Utforming	Forskningsrapporter/journaler, produktbeskrivelser (Fra produsenter), bilder av Morrow batterifabrikk sitt bæresystem.	36 materialer

5.3.2 Dataverktøy

Dataverktøyene eller programmene som ble brukt under arbeidet med denne masteroppgaven var Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft PowerPoint, Canva, MS Project, AutoCad og Rhino.

Microsoft 365 er en plattform som inneholder ulike programmer som Microsoft Word, Excel, PowerPoint og Microsoft Project som forfatterne brukte gjennom semesteret [262]. Microsoft Word er et program man kan skrive, redigere og behandle tekst [263]. Det ble for denne rapporten hovedsakelig anvendt til skriving og dokumentering av masteroppgaven. Microsoft Excel er et program der man kan lage regneark og gjøre beregninger [264]. Programmet ble brukt til å gjøre utregninger for vurderingsarbeidet tilknyttet mulighetsstudiet, samt lage oversiktlige tabeller. Microsoft PowerPoint er et program hvor man kan lage presentasjoner i form av bilder og beskrivende tekster [265]. Grunnet bilde- og figurfunksjonene i dette programmet, ble PowerPoint brukt til å lage beskrivende figurer og diagrammer. For ytterligere opptegning av figurer, ble det brukt Canva. Dette er et mal- og bilderedigeringsprogram som ble brukt for noen av figurene i rapporten [266].

MS Project er et program som kan brukes som en fremdriftsplan. Den er ment så man kan planlegge prosjekter på en effektiv måte [267]. Den ble her anvendt til å sette opp en fremtidig plan på ukesbasis gjennom hele semesteret, for å holde orden i hva slags arbeid som skulle gjøres når. Ved endringer i planen ble dette oppdatert. Siste programmet som ble brukt fra Microsoft 365 pakken, var Microsoft Teams. Dette er en plattform for kommunikasjon og samarbeid. Det kan både lagres filer, gjennomføres videosamtaler og anvende andre Microsoft Office programmer i samme app [268]. Gjennom hele arbeidet med masteroppgaven var det Microsoft Teams forfatterne jobbet gjennom, i kombinasjon med OneDrive for raskere tilgang til dokumenter og kontakt.

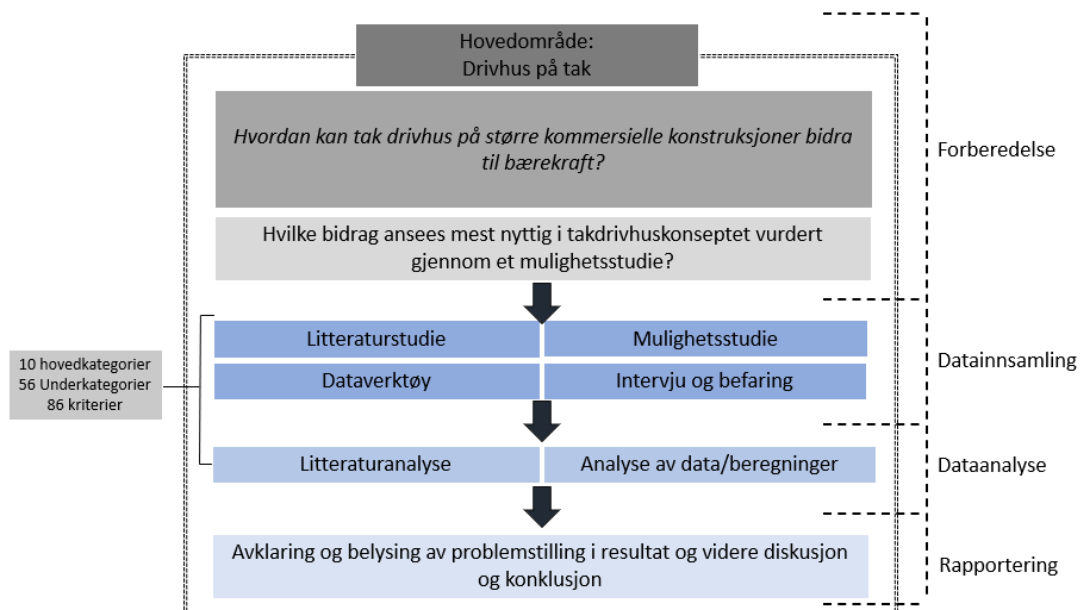
Videre ble det anvendt to ulike datamodellerings- og tegneprogrammer. Den første var AutoCAD. Autodesk AutoCAD er en design- og tegneprogramvare hvor man kan konstruere 2D og 3D geometri [269]. Programmet ble brukt til å tegne opp 2D-planer, som så ble videreført til dataprogrammet Rhinoceros 3D. Dette programmet er en designprogramvare hvor man også kan konstruere 2D og 3D geometri [270]. Sistnevnte ble brukt til å tegne opp vertsbygning og drivhus i 3D. Årsaken til dette valget var forfatternes egne tegneprogram preferanser.

6 Metode

Dette kapittelet gjennomgår metodearbeid tilknyttet masteroppgaven. For kapitlene forskningsdesign, kvantitativ og kvalitative data og dokument/litteratursøk er det tatt inspirasjon fra ulike metode bøker. Det ble her også tatt inspirasjon fra spesialiseringsprosjektet forfatterne skrev sammen høsten 2024 kalt «Bærekraftige fritidsboligplanlegging i fjellheimen» [271]. Videre gjennomgås kontakt med bedrifter og metode tilknyttet mulighetsstudiet med tilhørende måleparametere i rapporten.

6.1 Forskningsprosess

Ved oppstart av rapportskrivning er det nødvendig å bestemme type fremgangsmåter og overordnet arbeid som skal gjennomføres. Forskningsprosessen er den overordnede planen eller prosessen som brukes for gjennomføring og besvaring av forskerspørsmålet. En slik prosess kan deles inn etter forberedelse, datainnsamling, dataanalyse og rapportering som vist i *figur 101* [272]. Det ble for denne masteroppgaven valgt oppgave nr.27 «Bygde økologier» som var en oppgave tilknyttet forskningsgruppen «Bærekraftig Bygde Omgivelser». Det ble etter samtale med veileder tidlig satt interesseltema rundt drivhus på takkonstruksjoner. I fasen «forberedelse» ble det derfor undersøkt ulike temaer og informasjon tilknyttet drivhus, bærekraftige byer og teknologier, for så satt en problemstilling som ble lagt til grunn for videre arbeid. Fase 2 innebærer datainnsamlingen. Det ble her valgt å gjøre en mulighetsstudie, i kombinasjon med dokument og litteratursøk, noe befarings/intervju og bruk av dataverktøy. Årsaken til dette var at tematikken ble ansett optimalt belyst ved en kombinasjon av datainnsamlings-metoder. Overordnet ble det innhentet og analysert for 10 fastsatte hovedkategorier, med tilhørende 86 kriterier. Avslutningsvis ble innhentet informasjon og vurderinger presentert i resultat-kapittelet, for så å diskutert og videre konkludert ut fra forskningsspørsmålet.

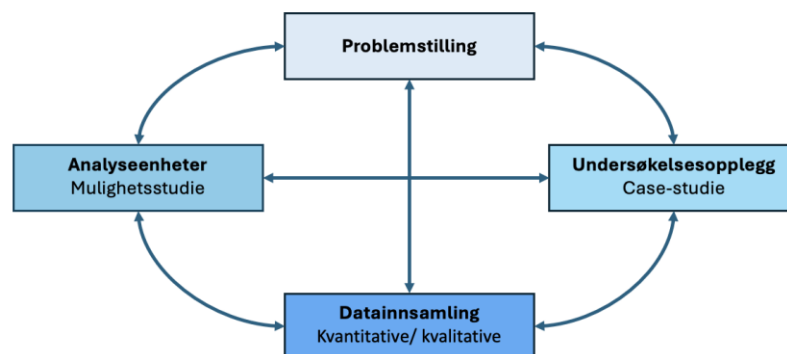


Figur 101 Illustrasjon av forskningsprosessen i masteroppgaven [1, 271, 272].

6.1.1 Kvantitative og kvalitative data

Kvantitativ og kvalitativ datainnsamling er to ulike tilnærminger som benyttes under en forskningsprosess. I denne studien har begge tilnærmingene blitt tatt i bruk. Å mikse disse metodene kalles metodetriangulering. På denne måten kan man dra nytte av tilnærmingens styrker, men samtidig veie opp for svakhetene til hverandre [190].

Kvalitative data blir definert som tekstens tale [272]. Altså innsamling av empiri i form av ord eller tekst som formidler et budskap [190]. Her er det blant annet gjennomgått ulike dokumenter og bøker for å tilegne kunnskap om de ulike analyseenheter tilhørende case studiet i form av myk tekst. For å dra frem ett eksempel er rapporten «*Klimagassreduksjon i veksthusnæringen i Rogaland: Muligheter, barrierer og tiltak*» behandlet for å finne kunnskap om en rekke ulike tiltak som kan iverksettes for å redusere CO₂-utslippet i drivhus. Herunder tiltak som omfatter spillvarme, belysning, solenergi, oppvarming og kjølesystemer. Fordelen ved bruk av kvalitativ data, er at metoden tillater forskeren å gå lengre i dybden på emner som gir større rom for fleksibilitet underveis mens forskningen pågår [190]. I utgangspunktet startet rapporten med en «festsatt» problemstilling som skulle belyses. Etter hvert som det ble samlet inn data, var det behov for å endre ordklangen til denne problemstillingen underveis i prosjektet. Da innsamlet data ikke var relatbar nok til problemstillingen. Dermed blir denne prosessen interaktiv, med andre ord betyr det at problemstillingen endres etter hvert som undersøkelsen vedvarer. I noen tilfeller vil man oppdage at problemstillingen ikke besvarer datainnsamlingsmetode eller analyse som tiltenkt. Dermed kan kvantitativ metode gi rom for å nettopp endre både problemstilling, undersøkelsesopplegg, datainnsamling og analyseenheter [190]. *Figur 102* viser hvordan problemstillingen ble endret underveis, med tanke på kvalitativ data samlet inn under hver spesifikk analyseenhet i mulighetsstudie relatert til casestudiet.



Figur 102 Kvantitativ metode gir rom for større fleksibilitet slik at forskningsprosessen kan endres underveis etter hvert som innsamlet data i mulighetsstudien genereres. Inspirert fra [190].

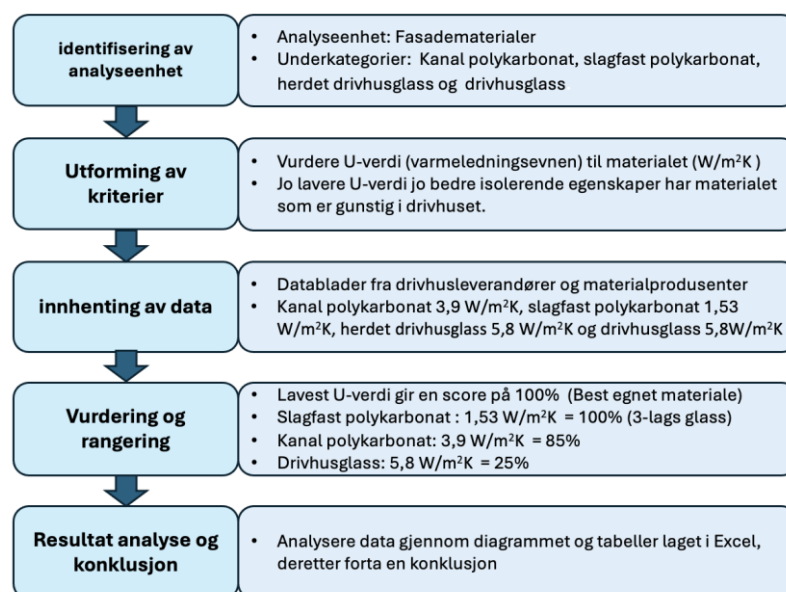
Kvantitativ er den andre tilnærmingen. Denne metoden baserer seg i korte trekk på data i form av tall og mengder. Jakobsen påpeker at denne metoden er en fordel å benytte for å standardisere data og behandle den videre som statistikk ved hjelp av datamaskiner [190]. Outputen vil til gjengjeld være en lettere oversikt over stort og komplekst materiale på en systematisk måte. Fordeling av resultat kan fremlegges i prosent eller tall illustrert i tabeller og grafer, for å understreke variasjoner,

avvik og forkastelser. Bruk av denne tilnærmingen gjør det blant annet lettere å sammenligne data analysert i mulighetsstudien. Videre påpeker Jacobsen at metoden på en annen side kan gi et overfladisk preg på datainnsamlingen. Å sette tall på måleenheter kan tilsynelatende være komplekst, da å måle enkle forhold kan i den forstand være vanskelig å tallfeste i enkelte tilfeller. Slike målsetninger kan føre til systematisk skjevhet [190]. Hva defineres egentlig som bra eller dårlig i ulike sammenhenger, og hvordan sette en rettferdig score? Noe som ble erfart underveis i vurderingen av mulighetsstudien tilhørende analyseenhetene. Allikevel er det etter beste evne prøvd å tallfeste datainnsamlingen med en score fra 0-100% eller poeng. Der 100% refereres til bedre egnet alternativ.

Kvantitativ data ble funnet gjennom to ulike måter:

1. Tallfeste analyseenhetene i mulighetsstudiet gjennom innhentet data, der data ble vurdert og rangert med en score fra 0-100% eller poeng.
2. Undersøke data i form av eksempelvis: U-verdier, CO₂-ekvivalenter, statistikk fra SSB osv.

Kvantitativ data ble funnet gjennom å undersøke blant annet U-verdier (varmeledningsevne) for fasadematerialer oppgitt i datablad fra leverandører. For å lettere kunne målsette og systematisere hvor godt fasade materialene isolerer og hindrer varmetap i drivhuset, og deretter tallfeste en score basert på vurdering og rangering. Lave U-verdier fører til mindre varmetap og vil dermed vær gunstig i drivhuset. *Figur 103* viser et eksempel på hvordan kvantitativ data ble behandlet i mulighetsstudien for fasade materialer. For å understreke Jacobsen sitt poeng, var det utfordrende å sette en «riktig eller rettferdig» score for vurdering av U-verdiene. Da det muligens finnes materialer med langt bedre isolerende egenskaper på markedet. Derfor ble det tatt i betraktning at materialet med lavest U-verdi ga best mulig score av de respektive materialene. Deretter vurderes de andre respektive materialene ut ifra slagfast polykarbonat. For slagfast polykarbonat oppgir de U-verdien i 2-lag og 3-lags glass, og ikke basert på millimeter slik med de andre materialene. Det kan dermed tenkes at slagfast- og kanal polykarbonat har tilnærmet lik U-verdi, men slagfast har noe lavere U-verdi enn kanal platene.



Figur 103 Kvantitativ data innsamling av U-verdi i mulighetsstudien [1].

6.1.2 Reliabilitet og validitet

Reliabilitet (pålitelighet) og validitet (gyldighet) er viktige metoder for kritisk drøfting, både av våre egne resultater, og resultater funnet gjennom sekundærdata. Sekundær data er hovedsakelig allerede-eksisterende informasjon samlet inn av noen andre i bøker, rapporter eller forskningsrapporter. Primærdata er data samlet inn gjennom egne undersøkelser, intervjuer eller eksperimenter, i den grad tillater det større kontroll over innsamlingen [190].

I bunn og grunn fantes det lite eller ingen forskning på akkurat takdrivhus i Norge. Med andre ord var det et forskningshull rundt tematikken. Årsaken til dette er at det ikke finnes noen eksisterende kommersielle takdrivhus i Norge og fenomenet er noen liten utbredt, som kan skyldes økte investeringskostnader sammenlignet med drivhus på bakken, samt usikkerheten å investere i noe «nytenkende». Det ble kun funnet en rapport som omhandlet en case studie om et takdrivhus i Bergen. Det meste av litteraturen baserer seg på utenlandske takdrivhus. Den ettertraktede anvendelsen av kommersielle takdrivhus i utlandet er svært lange avstander til jordbruk. Noe som kan tyde på at det er et større behov for å implementere drivhus i befolkede byer for å oppnå bærekraftig lokal matproduksjon. I bunn og grunn var det generelt begrenset med forskning på veksthusnæringen i Norge. Det er ikke før de siste årene det har blitt publisert artikler som omhandler klimareduksjon, vertikaldyrking og bruk av nye teknologer som LED belysning i drivhus. Den økende interessen skyldes det grønne skiftet og økt interesse for bærekraft, samtidig som teknologiske og innovative fremskritt tas mer og mer i bruk.

Selv om den eksisterende litteraturen fra andre geografiske områder kan gi verdifull innsikt, er det viktig å være kritisk til slike funn. Spesielt med tanke på potensielle utfordringer med å anvende disse funnene etter norske forhold og klima relatert til rentabilitet og validitet. Er disse funnene fra litteraturen overførbare og relevante for norske forhold med langt kjøligere temperaturer og kortere dagslyseperioder? Varmere klima har mindre behov for oppvarming som kan gjøre det lønnsomt å drifte disse drivhusene. Derfor var det noen tilfeller utfordrende å finne passende litteratur grunnet ulike forutsetninger. *Tabell 10* tar for seg reliabilitet og validitet vurderinger gjort ved ulike litteratur/dokumentsøk.

Tabell 10 Vurdering av reliabilitet og validitet for ulike dokumenter [1].

Dato	Søkeord	Dokument/ materiale	Reliabilitet/Validitet
28.02	cooling technologies greenhouse use	“Selection criteria of cooling technologies for sustainable greenhouses: A comprehensive review”	<ul style="list-style-type: none"> • Reliabilitet: Fagfellevurdert litteraturstudie som undersøker en rekke kjøleteknologier benyttet i drivhus. Nyttig for å finne grunnleggende informasjon til mulighetsstudiet. • Validitet: Disse kjølesystemene anvendes i drivhus langs ekvator der det er helt andre klimatiske faktorer som ligger til grunn. Blant annet langt høyere temperaturer og fuktighet. Dermed kan det tyde på at ikke alle teknologiene vil passe norske forhold, men gir allikevel verdifull innsikt i mulige teknologier som kan anvendes.

16.04	LED-light greenhouse sustainability	“Optimisation of supplemental light systems in Norwegian tomato greenhouses-A simulation study”	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Reliabilitet</u>: Fagfelleverdert rapport som sammenligner HPS- og LED-belysning i norske drivhus med fokus på økonomi, energieffektivitet og bærekraft. • <u>Validitet</u>: Har høy validitet grunnet rapporten er skrevet etter norske forhold med tanke på klima, strømforbruk og korte dagslyssperioder. Trekker frem viktige funn som kan brukes i mulighetsstudien for belysning. Ble også funnet en rapport som sammenligner LED/HPS i et drivhus i Spania, kan tenkes at solforholdene er langt bedre som gir mindre behov for belysning. Dermed vil strømforbruket og energiforbruket ikke samsvare med forutsetninger for ekstern gyldighet.
29.03	Klimagasutslipp tomat, agurk og salat	«Klimagassreduksjon i veksthusnæringen i Rogaland: Muligheter, barrierer og tiltak»	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Reliabilitet</u>: Rapport utarbeidet av NIBIO som er et nasjonalt forsknings institutt for bioøkonomi. Rapporten tar for seg en rekke tiltak for å redusere klimagass og energiforbruk i 14 drivhus. • <u>Validitet</u>: Høy gyldighet for våre funn i mulighetsstudien, da rapporten foreslår de samme tiltakene som vi har kommet frem til som gardiner, LED, spillvarme, solenergi og varmepumper. Funnene samsvarer med våre resultater.
20.03	Energi- bruk norske drivhus	«Energi bruk i norske veksthus»	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Reliabilitet</u>: Rapport utarbeidet av SINTEF som omhandler oppvarming og kjøling med varmepumpeanlegg i drivhus med fokus på energi bruk. • <u>Validitet</u>: Har høy gyldighet for vårt mulighetsstudie, da varmepumpe kan integreres for å utnytte spillvarme fra fabrikken for å utnytte kjøle og varmestrømmer. Samtidig som energi behovet reduserer og fremmer økt produktivitet.

6.2 Dokumentstudie

Et dokumentstudie er en forskningsmetode der det systematisert innhentes informasjon fra eksisterende forskning, for å supplere og underbygge egne vurderinger og resultater. I denne rapporten ble det vurdert til å måtte både innhentes dokumenter, men også fagfelleverderte forskningsrapporter både av kvalitativ og kvantitativ art. Derav ble det gjort en kombinasjon av begge. En fullverdig dokumentanalyse består blant annet av fasene forberedelse, innsamling av data og analyse av dataen [272]. Da denne rapporten søker og analyserer 10 hovedkategorier med tilhørende 86 kriterier for vurdering som ble regnet å være svært omfattende, ble det her valgt å følge liknende oppsett tillært på Coursera kurset «Academic Information Seeking» gjennom UiA sine fagemner [273]. Det er her også fulgt omtrent samme oppsett som fra spesialiseringsprosjektet [271]. Videre gjennomgås metoden tilknyttet informasjonssøk og analysearbeid.

6.2.1 Dokument og litteratursøk

Oppstarten av et litteraturstudie består av å formulere problemstillingen, bestemme hvilke ord som skal inkluderes i søket, valg av databaser og gjennomføring av søk [273]. Det ble her valgt å gjøre liknende struktur for dokumentstudiet. Problemstillingen hadde hovedpunkter tilknyttet drivhus på

takkonstruksjoner og bærekraftig utvikling. Det ble derfor som tidligere nevnt, fastsatt 10 hovedkategorier tilhørende tematikken; sted, vertsbygning, fasade materialer, planter, alger og fisk, dyrketeknologier, kjøling- og oppvarmingssystemer, andre teknologiske løsninger og utforming. Ut fra disse kategoriene ble det undersøkt kriterier som skulle legges til grunn for videre informasjonshenting. Ut fra disse igjen ble det skrevet opp passende ord som skulle søkes på. Eksempelvis ble det for kategorien «Dyrketeknologier» med kriteriet «Energibruk/bærekraft» brukt søkeord «Ebb & Flow hydroponics». Det ble forsøkt å holde søkeordene konkrete og korte, hvor det kunne suppleres ytterligere i tilfeller litteratur ikke ble funnet. Videre ble det innforstått at det kun skulle anvendes Google Scholar for innhenting av litteratur. Ytterligere informasjon og eksempler på utvelgelse og ekskludering gjennomgås i *kapittel 6.2.2*. Videre ble det systematisk søkt for alle kategoriene og kriteriene. *Tabell 11* viser til et utsnitt av informasjonssøket som ble gjort i denne rapporten. Fullstendig tabell er lagt i *Vedlegg G*. Det ble nedskrevet dato for søk, database, søkestrategi, søkeord/nøkkelord, notater, antall treff og antall valgt. Dette ble gjort for å holde oversikt over det innhentede materialet og opprettholde muligheten for at lesere av rapporten skal kunne etterfølge funnene.

Tabell 11 Informasjonssøk – oversikt [1, 273].

Dato	Data-base	Søkestrategi	Søkeord og nøkkelord	Notater	Antall treff	Antall valgt
19.01	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å finne fagfelleverderte artikler om materialbruk og utforming av drivhus. 	Greenhouse dimensions	<p>Funnet frem til artikkel: <i>"Using solar greenhouses in cold climates and evaluating optimum type according to sizing, position and location: A case study"</i> [51].</p> <ul style="list-style-type: none"> - Relevans: Høy. Rapporten sammenligner fem ulike drivhus-typer opp mot solenergi opptak. Det sees også på bruk av drivhus i kaldere klima. Gjennomgås både utforming og plassering av drivhus. - Er fra 2015. - Troverdighet: Høy. Rapporten er publisert på ScienceDirect/Elsevier. 	84 600	1

Ved funn av rapporter/forskningsartikler med relevante overskrifter, ble det overordnet anvendt en fremgangsmåte hvor forfatterne leste sammendrag og konklusjon. Det ble her ofte ansett viktig å se om tematikken rundt kriteriet som ble søkt etter var inkludert i disse delene. Om rapporten hadde relevant innhold, ble så hele rapporten gjennomlest for å kunne vurdere funnenes relevans til egen masteroppgave. Det ble i noen tilfeller valgt å kun lese overskriften til forskningsrapporten, for så å søke etter spesifikke ord i rapporten for å finne frem til ønskede data raskere. Eksempelvis ble dette gjort for å finne markedsvekt til ulike fisk. Det ble søkt «Tilapia farming marketability» i Google Scholar, for så å funnet frem til rapport med relevant overskrift. Videre ble det lest over sammendraget, for så brukt CTRL + F funksjon i nettleser med søkeord som «Weight» eller

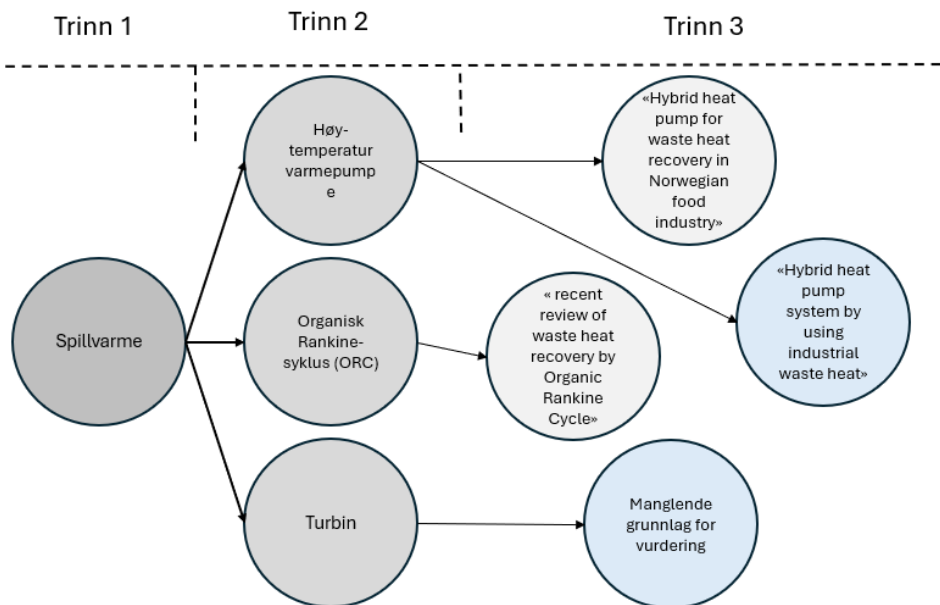
«Day/Days». I tilfeller det ikke ble funnet raskt frem til vekt eller dager til markedsvekt, ble rapporten avvist og søket fortsatte videre i Google Scholar. Dette gjorde at søket ble noe mer konsentrert, og ikke tok like lang tid som ved en fullstendig gjennomlesing av rapporten. I tilfeller der det ble funnet vekt eller antall dager, ble rapporten gjennomlest for å se om det var andre data eller informasjon som kunne brukes til vurderingsarbeidet i tillegg.

6.2.2 Utvelgelse og ekskludering

Ved utvelgelse og ekskludering av dokumenter og litteratur, var det relevant å fastsette avgrensninger og kriterier for godkjenning og avslag. Innen et representativt utvalg, velges representanter som skal representere alle enhetene [272]. Overordnet for rapporten ble det valgt å fastsette slike grenser ut fra forfatterens egne preferanser. Følgende er en liste over noen av utvelgelses og ekskluderingspunktene som ble satt for dokument- og litteratursøket:

- Reliabilitets- og validitetsvurdering.
Fagfellevurderte forskningsartikler og rapporter fra Google Scholar.
- Tidsbegrensning:
Eldre rapporter enn 2019 ble i hovedsak avvist. Dette fordi forskning på flere av temaene ble sett på som svært nye, hvor eldre forskningsrapporter kunne ha utdatert informasjon. Ved tilfeller litteratur var eldre enn 2019, kunne det bli godkjent ved spesielle tilfeller der data og informasjon i rapporten var svært relevant for oppgaven og det ikke var funnet annen nyere litteratur.

Ved noen tilfeller ble det anvendt teoretisk utvalg. Teoretisk utvalg er når det utvelges materiale eller litteratur basert på teoretiske begreper eller kategorier [271, 272]. *Figur 104* illustrerer det teoretiske utvalget som ble gjort for blant annet spillvarme vurderingen i denne rapporten. I trinn 1 ble det funnet frem til en sak utgitt av Arendal kommune angående sirkulær økonomi og bærekraftig batteriproduksjon [274]. På denne siden ble det videre henvisning til SINTEF rapporten «*Muligheter for å utnytte lavtemperatur-spillvarme fra prosessindustrien i Grenland*». Ved gjennomlesing av rapporten ble det henvisning til ulike teknologier tilknyttet spillvarme, derav ble hovedkategorien satt til dette [132]. Videre i trinn 2 ble det identifisert de 3 underkategoriene høytemperatur varmpumpe, Organisk Rankinesyklus (ORC) og turbin. Det var disse begrepene, i kombinasjon med begrepet «Spillvarme», som la teoretisk grunnlag for videre søk i trinn 3. For høytemperatur spillvarme ble det først funnet frem til rapporten «Hybrid heat pump system by using Industrial waste heat» [275]. Her virket overskriften svært relevant for søket, men da rapporten stod på Koreansk og den var fra 2009, ble den avvist. Denne sees som lyseblå sirkel i figuren. Videre ble det funnet frem til en annen rapport som ble godkjent for teoretisk grunnlag. Denne er vist i den øverste lysegrå sirkelen i figuren. Liknende fremgangsmåte ble gjort for søket tilknyttet organisk rankinesyklus (ORC), her ble det også funnet frem til en rapport omhandlende spillvarme ved bruk av denne teknologien [276]. Det som ikke sees i figuren, er alle rapportene som ble avvist. Det ble gjort en reliabilitets og validitets vurdering for rapportene som ble funnet frem slik som nevnt tidligere. Blant annet ble det her vektlagt akkurat kombinasjonen mellom spillvarme og valgt teknologi. For sistnevnte underkategori, turbin, ble det ikke funnet supplerende litteratur som ble godkjent, derav la den ikke stor vekt ved vurdering av spillvarme kategorien, men ble uavhengig nevnt som en mulig løsning.



Figur 104 Illustrasjon av teoretisk utvalg som ble gjort for kategorien spillvarme [1, 271].

6.3 Kontakt med bedrifter

Dette kapitlet gjennomgår metode og arbeid tilknyttet kontakten som ble gjort med bedrifter i løpet av masteroppgaven. Det ble i starten av prosjektet diskutert mulige bedrifter som kunne kontaktes for supplering av informasjon til rapporten. Det var derimot usikkerhet rundt hvor mye kontakt som var nødvendig, da omfanget av mulighetsstudiet ikke var ferdig på dette tidspunktet. Derimot ble det for sikkerhets skyld undersøkt SIKT sine nettsider for å kunne planlegge for fremtidig kontakt. Forfatterne anså alt arbeid med personopplysninger til å være svært viktig å behandle riktig. Gjennom SIKT sine opplysninger ble det videre forstått at denne oppgaven ikke hadde behov for å behandle sensitive opplysninger, derimot ble det valgt å holde lagring til det minimale [277]. Personopplysninger som navn, e-post og telefonnummer ble hentet fra nett, hvor de ikke ble lagret utover der kontakten foregikk. Det ble i rapporten også valgt å henvise til bedriftens navn, og ikke enkeltpersoner for å redusere eventuell kjennskap til kontaktperson. Maler og referater fra kontakten er lagt i *vedlegg B*.

I løpet av masterprosjektet ble Morrow Batteries kontaktet via e-post og telefon. Det ble satt opp et møte med kontaktperson, hvor studentene stilte spørsmål rundt spillvarme og fabrikk. Følgende er et utdrag spørsmål som ble spurt:

- Er det planlagt/gjøres tiltak for å gjenbruke spillvarmen?
- Er spillvarmen i form av kjølevann eller avgass? Eventuelt spres det ut i bygget?
- Hvor mange er planlagt til å jobbe på fabrikk?

Den andre bedriften som ble kontaktet var NIBIO på Landvik. Årsaken til dette var at de hadde et forskningsprosjekt tilknyttet akvaponisk dyrking, noe som forfatterne anså svært interessant å få

besøke [278]. Forfatterne kontaktet NIBIO Landvik på telefon for å høre om muligheten for å komme på besøk, noe som var gledelig velkomment og det ble planlagt befaringsdag. Før selve telefonsamtalen ble det laget en e-post mal som skulle legge grunnlaget for møtet. Malen beskrev masteroppgaven og oppsummerte spørsmål angående akvaponisk dyrking. Følgende er et utdrag av spørsmålene:

- **Planteproduksjon/Vekst:**
Hva slags vekster dyrker dere? Er det mulighet for helårsproduksjon? Hvor lang tid tar det å dyrke vekstene fra frøene sås til høsting?
- **Drivhuset – Materialer og dimensjoner:**
Hva slags materialer består fasadene og bæresystemet av i veksthuset? Hva er arealet på veksthuset?
- **Vedlikehold:**
Hvordan er vedlikeholds-prosedyrene til drivhuset og/eller dyrketeknologien?

Denne malen viser til hva forfatterne hadde opparbeidet seg av kunnskap i forkant av møtet, og overordnede temaer som ønskelig ble gjennomgått på befaringen. På selve befaringen ble det ikke strukturert gjennomgått slik som malen er oppskrevet, men det var mer flytende samtaler samtidig som forfatterne ble vist rundt. Det ble ikke skrevet ned referat, men befaringen ga inspirasjon og veiledning for videre arbeid tilknyttet drivhus og akvaponiske anlegg.



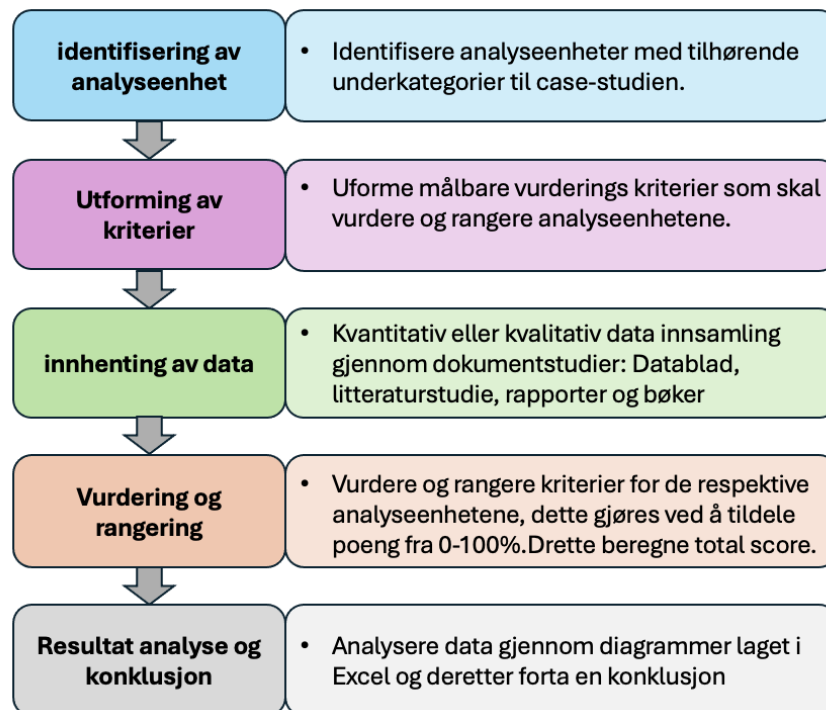
Figur 105 Bilde fra befaring på NIBIO Landvik (Såfrø som venter på å bli flyttet til DWC anlegg) [1].

6.4 Mulighetsstudie

Dette kapittelet gjennomgår metodearbeidet tilknyttet mulighetsstudiet i masterprosjektet. Overordnet ble det gjort litteratur og dokumentsøk/analyse og informasjonsinnhenting for hver av de satte kategoriene for så gjort vurderinger og score-setting på disse. Opptegning av drivhuset på vertsbygningen ble startet når flesteparten av kategoriene var score-satt. Dette var fordi mange av kategoriene, og utslagene innen disse ville ha en påvirkning på endelig drivhus-utforming. For å korte ned på total presentasjon av resultater i rapporten, slik at rapporten ikke skulle bli for lang, ble det valgt for flere av kategoriene å presentere kun de underkategoriene med høyest score. Det ble derfor laget et *vedlegg A*, med fullstendig mulighetsstudie, med både begrunnelser, illustrasjoner og score-settinger.

Figur 106 viser til den overordnet fremgangsmåten for mulighetsstudiearbeidet. Det første steget var å *identifisere analyseenheter* til case-studiet. Herunder ble det fastsatt 10 hovedkategorier med tilhørende underkategorier: Sted, vertsbygning, fasade materialer, planter/vekster, alger/fisk, dyrketeknologier, kjølesystemer, oppvarmingsystemer, andre tekniske løsninger og drivhus utforming. Valg av analyseenhetene baserer seg på hva som er nødvendig å inkludere i et takdrivhus. Det finnes langt flere kategorier som kunne vært undersøkt, men grunnet begrenset med tid ble disse fastsatt tidlig i prosjektet og danner grunnlaget for videre undersøkelser. På generelt grunnlag var det fokus på å finne installasjoner som kunne tilpasses hvilket som helst drivhus.

Det andre steget er *utforming av målbare kriterier* som skal brukes til å vurdere og rangere analyseenhetene. Her ble det laget tabeller for måleparameterer som viser oversikt over kriterier, score og fremgangsmåte for score-setting. En slik tabell for vurdering av vertsbygning er vist i *tabell 13*. Eksempel på vurdering av kriterier for vertsbygning er «solpotensial på taket» som ble vurdert etter lite egnet 0%, velegnet 75% og svært egnet 100%. Det tredje steget er innhenting av data gjennom kvantitativ og kvalitative tilnærminger. For å innhente tilstrekkelig informasjon ble dokumentstudier gjennomført. Denne metoden tillater bredere spekter av informasjonssøk gjennom veiledninger, datablad, bøker, rapporter og annen tilgjengelig litteratur. Det fjerde steget er *vurdering og rangering* basert på innhentet informasjon. Dette gjøres ved å tildele kriteriene for de respektive analyseenhetene poeng fra 0-100% og beregne samlet score. Det femte og siste steget er *analyse og konklusjon*. Her analyseres og struktureres data i tabeller og diagrammer i Excel. Bruk av verktøy som Excel gir en systematisk tilnærming som gjør det enkelt å strukturere, analysere og representere data på en effektiv måte.



Figur 106 Fremgangsmåten forfatterne brukte for mulighetsstudie arbeidet [1].

6.4.1 Vurdering av sted

Ved valg av case-bygning ble det gjennomgått både vurdering av by/sted og bygningen i seg selv. *Tabell 12* viser til måleparametere som ble satt for stedsvurderingen til 7 plasseringer i Norge. Stedene som ble gjennomgått var områder fordelt i Oslo, Arendal og Stavanger. Valg av byer baserer seg på egne preferanser. Gruppemedlemmene er fra henholdsvis Oslo og Stavanger, og det var i tillegg et ønske om å ha plassering på Sørlandet.

Tabellen gjennomgår kriterier, begrunnelse/Resultat og vurdering av score for kategoriene om området er urbant eller regionalt, solforhold, vindforhold, nærhet til grønstruktur, størrelse på grøntområde, avstand til butikker og jordbruk, tilgang/tilgjengelighet og merverdi for området. Ved fastsetting av score for noen av kriteriene, var det ansett nødvendig å sammenligne stedenes resultat og utregninger opp mot hverandre. Dette ble eksempelvis gjort for kategorien «Klimafaktor: Vindforhold». Det ble tatt utgangspunkt i en fordeling på 0-100 poeng, hvor steder med lavest vindstyrke fikk høyest poeng, og steder med høyest vindstyrke fikk lavest poeng.

For flere av kriteriene var det også nødvendig å beregne prosentvise andeler før sammenligning i score, her ble det brukt grunnleggende prosentutregnings-formler som så ble justert til å passe med kriteriet satt.

Tabell 12 Måleparametere for sted – Forfatterens metode for score-setting av valgte steder i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].

Måleparametere for sted		
Kriterier	Score	Fremgangsmåte for score-setting
Om området er urbant eller regionalt	Urbant område 100%	<ul style="list-style-type: none"> - Urbant område gir høyest score da det var ønskelig å plassere drivhus i områder med flere mennesker og steder med mindre plass til jordbruk. - Innenfor grå skravur i SSB sitt kartverk (kartlag: Tettsted 2023) [279].
	Regionalt område 50%	<ul style="list-style-type: none"> - Regionale områder ble også satt som vurdering da grensen for hva som er urbant/regionalt område er noe varierende. - Utenfor grå skravur i SSB sitt kartverk (kartlag: Tettsted 2023) [279].
Klimafaktor: Solforhold	Prosentvist antall soltimer i året. ≤ 100%	<ul style="list-style-type: none"> - Tiltenges at høyere antall soltimer i året er positivt, da solforhold spiller en stor rolle for vekstforhold og oppvarmingsbehov i drivhus. - Finner antall soltimer i løpet av året på Climate Data sin nettside [280]. - Beregnes etter: $S_s = \frac{\text{Antall soltimer i året}}{8760 \text{ timer}} \times 100$ <p>Hvor: 8760 er antall timer i året.</p> <p>Sammenlignes med de andre stedene, score beregnes etter:</p> $\left(\frac{S_s - S_{Lav}}{S_{Høy} - S_{Lav}} \right) * 100$ <p>Hvor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - S_s = Stedets prosentvise antall soltimer i året. - S_{Lav} = Laveste prosentvist antall soltimer i året for alle stedene. - $S_{Høy}$ = Høyeste prosentvist antall soltimer i året for alle stedene
Klimafaktor: Vindforhold	Gjennomsnittlig høyeste vindstyrke i løpet av året [m/s gj]. ≤ 100%	<ul style="list-style-type: none"> - Finner høyeste vindstyrke for hver av byene på Time and Date sin nettside [281]. - Tiltenges at høyere vindstyrker er negativt, da drivhuset må tåle høyere vindlaster. <p>Sammenlignes med de andre stedene, score beregnes etter:</p> $\left(1 - \left(\frac{V_s - V_{Lav}}{V_{Høy} - V_{Lav}} \right) \right) * 100 * 0,5$ <p>Hvor:</p>

		<ul style="list-style-type: none"> - V_s = Stedets gjennomsnittlige høyeste vindstyrke. - V_{Lav} = Laveste gjennomsnittlige vindstyrke for alle stedene. - $V_{Høy}$ = Laveste gjennomsnittlige vindstyrke for alle stedene. <p>Score ganges med 0,5 da vindstyrke tenkes å ha lavere påvirkning ved valg av sted, enn eksempelvis solforhold</p>
Nærhet til grønnstruktur i området fra bygningen	<p>Antall meter [m] til nærmeste grøntområde. $\leq 100\%$</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Finner avstander ved hjelp av reguleringsplaner, kommuners kartverk på nett og kart-tjenester. - Tiltenges jo lenger avstand til grønnstruktur, jo større behov for grøntområde/drivhus på tak. - Ønskelig å bringe naturen nærmere menneskers oppholdssted. <p>Sammenlignes med de andre stedene, score beregnes etter:</p> $\left(\frac{L_S - L_{Lav}}{L_{Høy} - L_{Lav}} \right) * 100$ <p>Hvor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - L_S = Stedets lengde [m] til nærmeste grøntområde. - L_{Lav} = Korteste lengde [m] for alle stedene. - $L_{Høy}$ = Lengste lengde [m] for alle stedene.
Størrelse på grøntområde/vegetasjon i området	<p>Prosentvis m^2 med grøntareal innen en 500 meter radius fra bygg. $\leq 100\%$</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Finner arealer ved hjelp av reguleringsplaner, kommuners kartverk på nett og kart-tjenester. - Tiltenges at steder med lavere prosentvis m^2 grøntareal har større behov for drivhus på tak. Da drivhus kan tilføre en form for grønnstruktur i nærområdet. <p>Beregnes etter:</p> $\frac{m^2 \text{ grøntareal}}{785398} \times 100$ <p>Hvor: 785398 er antall m^2 i en 500m radius sirkel.</p> <p>Sammenlignes med de andre stedene, score beregnes etter:</p> $\left(1 - \left(\frac{A_S - A_{Lav}}{A_{Høy} - A_{Lav}} \right) \right) * 100$ <p>Hvor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - A_S = Stedets prosentvise m^2 grøntareal innen en 500m radius fra bygg. - A_{Lav} = Minste prosentvise m^2 grøntareal for alle stedene. - $A_{Høy}$ = Største prosentvise m^2 grøntareal for alle stedene.
Avstand til nærliggende butikker	<p>Antall meter [m] til nærmeste butikk. $\leq 100\%$</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tiltenges jo lenger avstand til butikk, jo større behov for tilgang til matproduksjon på tak. - Finner avstander ved hjelp av reguleringsplaner, kommuners kartverk på nett og kart-tjenester.

		<p>Sammenlignes med de andre stedene, score beregnes etter:</p> $\left(\frac{B_S - B_{Lav}}{B_{Høy} - B_{Lav}} \right) * 100$ <p>Hvor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - B_S = Stedets lengde [m] til nærmeste butikk. - B_{Lav} = Korteste lengde [m] for alle stedene. - $B_{Høy}$ = Lengste lengde [m] for alle stedene.
Avstand til Jordbruk rundt området	<p>Antall meter [m] til nærmeste jordbruk eller gård. $\leq 100\%$</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tiltenges jo lenger avstand til jordbruk, jo større behov for tilgang til matproduksjon på tak. - Finner avstander ved hjelp av reguleringsplaner, kommuners kartverk på nett og kart-tjenester. <p>Sammenlignes med de andre stedene, score beregnes etter:</p> $\left(\frac{J_S - J_{Lav}}{J_{Høy} - J_{Lav}} \right) * 100$ <p>Hvor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - J_S = Stedets lengde [m] til nærmeste jordbruk/gård. - J_{Lav} = Korteste lengde [m] for alle stedene. - $J_{Høy}$ = Lengste lengde [m] for alle stedene.
Tilgang/Tilgjengelighet	<p>Tilgjengelighet til større vegsystemer og kollektivtransport i 200 m radius av bygget.</p> <p>Høy 100%</p> <p>Middels 50%</p> <p>Lav 25%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tiltenges at større tilgjengelighet til området/bygg kan være med å fremme drivhusets tilstedeværelse og bruk. - Vurderes for kategoriene motorvei, sykkelvei, kollektivtransport og parkeringsplass. - Finner samferdselsinformasjon ved hjelp av reguleringsplaner, kommuners kartverk på nett og kart-tjenester. - Gis en score ut fra gruppens vurdering av kriteriet.
Merverdi for området	<p>Merverdi for området basert på stedenes endelige score for hver av kriteriene over. $\leq 100\%$</p>	<p>Følgende er fremgangsmåten for å vurdere høy, middels eller lav merverdi for stedenes kriterier:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Høy merverdi score: 67-100 i ovennevnte kriterier = 100%. - Middels merverdi score: 34-66 i ovennevnte kriterier = 50%. - Lav merverdi score: 0-33 i ovennevnte kriterier = 25%. <p>Gitt verdi for kriteriene blir summert opp og delt på 7, da det er 7 kriteriekategorier. Dette blir endelig merverdi score</p>

6.4.2 Vurdering av vertsbygning

Tabell 13 tar for seg de ulike måle parameterne gitt for vertsbygningen. Når det kommer til vurdering av vertsbygningen blir ulike faktorer som bruksområde og funksjonalitet, takutforming, solforhold og skygge nærmere undersøkt. Disse parameterne er nøye utvalgt basert på hva forfatterne anser som viktige kriterier for et vellykket vertshus, og vurderes deretter på en skala med en score fra 0-100%. I tillegg er det også gjennomgått rapporter som indikerer at offentlige kontorbygninger og industribygg er svært effektive til bruk i symbiose med drivhus for å utveksle metabolske strømmer [77, 78, 80, 152]. Derfor er ulike bruksområder og funksjonalitet til vertsbygningen vurdert, også med tanke på nytteverdien for brukere som ansatte, beboere, butikker, restauranter og lokale nærmiljøet. Eksempelvis blir kjøpesenter og industribygg vurdert med en høyere score enn boligbygg grunnet bedre utnyttelse av varme- og kjølestrømmer fra og til tak drivhuset, samt potensielt for å produsere mat til flere brukere og kunder. Nærhet mellom forbruker og lokal matproduksjon tillater kortere distribusjonsvinstander, som sikrer kortreist bærekraftig mat og reduserer behovet for transport som fører til lavere utslipp.

For å kunne implementerte et takdrivhus er det avgjørende at taket kan tåle tyngre belastninger slik at rivning og ombygging av eksisterende konstruksjon kan unngås i størst mulig grad. Å bygge på et drivhus har visse utfordringer og det er ikke sikkert vertsbygningenes etasje har bæreevnen for en ekstra etasje som kan bli kostbart i form av arbeid, materialer og ombygging. Naturligvis vil endringer som montering av ventilasjon for å regulere temperatur og CO₂ inne i drivhuset påregnes.

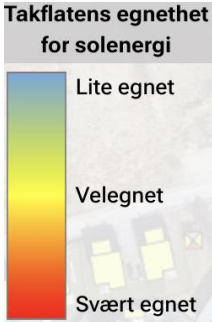
Større endringer som endring av materialer, isolasjon og bærestruktur vil resultere i en lavere score. Takarealet spiller også en vesentlig rolle for å sikre tilstrekkelig plass til å dimensjonere et drivhus med ulike spesifikasjoner som solceller, teknologiske applikasjoner som dyrketeknologier, grøntak eller andre sosiale arenaer som kan skape økt trivsel for brukerne. På denne måten kan drivhuset fungere som et fellesområde som fremmer både miljømessig og sosial bærekraft, samtidig som attraktivt besøksmål skapes. Score for ulike arealer og takutforming er nærmere beskrevet i tabellen under. For å innhente data relatert til takkonstruksjonen er flyfoto studert, da det ikke var mulig å finne informasjon relatert takoppbygning på nett. Arealet til tak konstruksjonene er tegnet opp med tegnings verktøy i kommunenes kartdata som vist i *figur 108*.

For å skape optimalt drivhusmiljø for vekster og planter i et takdrivhus på bygninger i et bymiljø er det viktig å vurdere solforhold og skygge fra omkringliggende bygninger eller terreng. Dermed bør plasseringen nøye planlegges for å optimalisere solforholdene og neglisjere skygge, spesielt i tettbygde områder. Solforhold ble undersøkt gjennom solkart, planvurderinger og 3D-plantegninger for å visualisere potensielle skygge faktorer og bygningens høyde i terrenget [282, 283] som vist *figur 109*. Videre er vertsbygningens holdbarhet og levetid vurdert ut ifra byggets byggeår. For bygninger er det vanlig å bruke 60 år som forventet levetid [284]. Prosenten regnes deretter ut ifra gjenværende leveår. Det er gunstig å velge bygninger med lang levetid når man vurderer takdrivhus på eldre eksisterende konstruksjoner.

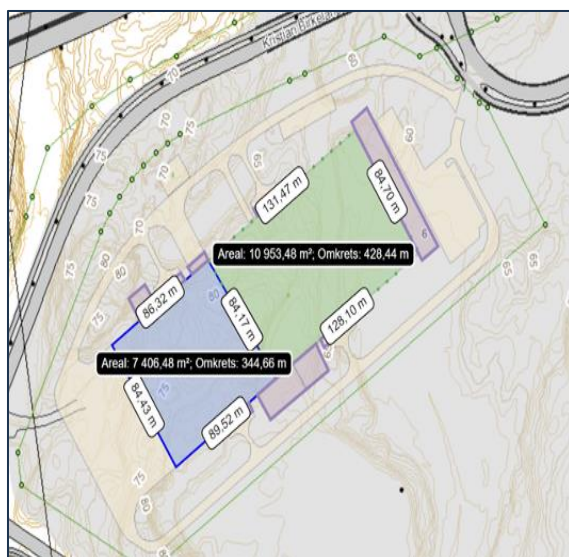
Tabell 13 Måleparametere for vertsbygning – Forfatterens metode for score-setting av valgte vertsbygninger i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].

Måleparametere for vertsbygning		
Kriterier	Score	Begrunnelse (Fremgangsmåte)
Bruksområde og funksjonalitet	Industri og næring 100%	<ul style="list-style-type: none"> - Stort takareal - Symbiose: utnyttelse av kjøle, varme og CO₂-strømmmer - Utnyttelse av spillvarme - Distribusjon av mat (fisk og vekster) til ansatte og nærliggende bygg
	Kjøpesenter 100%	<ul style="list-style-type: none"> - Stort takareal - Symbiose: utnyttelse av kjøle, varme og CO₂-strømmmer - Utnyttelse av spillvarme - Distribusjon av mat (fisk og vekster) ansatte, butikker, caféer og restauranter - Reduserer transportavstander til forbruker og butikk som reduserer matsvinn
	Butikk 100%	<ul style="list-style-type: none"> - Middels takareal - Symbiose: utnyttelse av kjøle, varme og CO₂-strømmmer - Utnyttelse av spillvarme - Distribusjon av mat (fisk og vekster) til butikk - Reduserer transportavstander til forbruker og butikk som reduserer matsvinn
	Kontorer 70%	<ul style="list-style-type: none"> - Middels takareal - Symbiose: utnyttelse av kjøle, varme og CO₂-strømmmer - Utnyttelse av spillvarme - Distribusjon av mat (fisk og vekster) til ansatte og lokalmiljøet rundt
	Boligbygg 25%	<ul style="list-style-type: none"> - Kan være begrenset med takareal - Utnyttelse av kjøle, varme og CO₂-strømmmer, kan være noe mer komplisert. Da det vil være ulike temperaturforskjeller i boligene. - Matproduksjon til beboere (selvplukk av vekster)
	Annet	<ul style="list-style-type: none"> - Vurderes ut ifra bygningens helhet
	Underjordisk garasjeanlegg + 25%	<ul style="list-style-type: none"> - Kan gi økt kjølebehov ved sommerstid i drivhuset
Takutforming	Andre tak 0%	<ul style="list-style-type: none"> - Ugunstig
	Flatt tak <100%	<ul style="list-style-type: none"> - Mest gunstige
Takareal	Lite <1000m² <25%	<ul style="list-style-type: none"> - Potensiale for kun drivhus - Takarealene er hentet ut ifra kommunenes kartdata, ved tegnings verktøy
	Middels 1000-10 000 m² 25-50%	<ul style="list-style-type: none"> - Potensiale for drivhus, solceller og noe teknologiske anlegg - Takarealene er hentet ut ifra kommunenes kartdata, ved tegnings verktøy

	Stort >10 000 m² 100%	<ul style="list-style-type: none"> - Større muligheter for ulike potensiale som eks drivhus, solceller, uteområder, grøntområder og andre teknologiske anlegg - Takarealene er hentet ut ifra kommunenes kartdata, ved tegnings verktøy
Taket utforming/bæreevne til å tåle tyngre belastninger	Ja 100%	<ul style="list-style-type: none"> - Taket er utformet til å tåle tyngre belastninger (Bygningens strukturelle integritet til å tåle drivhusets ekstra vekt, samt dens jord- og vannsystem)
	Nei 0%	<ul style="list-style-type: none"> - Taket er ikke utformet til å tåle tyngre belastninger, noe som fører til strukturelle endringer og mer arbeid ved installasjon av drivhuset.
Endringer av takkonstruksjonen for å implementere drivhus	Store endringer 0%	<ul style="list-style-type: none"> - Utskifting av hele taket/store endringer: legge til isolasjon, ventilasjon, strukturelle materialer og ekstra støtter for å tåle vekten. - Eks: industrielle tak av blikk trenger større form for endringer enn betongtak.
	Delvis endringer <50%	<ul style="list-style-type: none"> - Utskifting av delvis av taket: isolasjon og ventilasjon
	Minimale endringer 75%	<ul style="list-style-type: none"> - Minimale: Taket er utformet til å tåle tyngre belastninger, men trenger bare å tilrettelegge for lufting og ventilasjon
	Ingen endringer 100%	<ul style="list-style-type: none"> - Ingen endringer
Solforhold og skygge	Høyeste bygning <100%	<ul style="list-style-type: none"> - Vertsbygningen er den høyeste bygningen av omkringliggende bygninger/objekter som maksimere solforhold og minimerer skyggefaktorer for drivhuset. Noe som er gunstig for optimal vekst. (Gode solforhold og ingen skygge) - Basert på bygningens høyde i 3D kart [282]
	Middels høyde på bygning <50%	<ul style="list-style-type: none"> - Vertsbygningen har 2-4 omkringliggende bygninger/objekter som kan minimere solforhold og øke skyggefaktorer for drivhuset. Noe som kan påvirke vekstforholdene. (Middels solforhold og skyggeforhold) - Basert på bygningens høyde i 3D kart [282]
	Laveste bygning 0%	<ul style="list-style-type: none"> - Vertsbygningen er den laveste bygningen av omkringliggende bygninger/objekter som minimerer solforhold og øker skyggefaktorer for drivhuset. Noe som er ugunstig for vekstplanene. (Lite solforhold og mye skygge) - Basert på bygningens høyde i 3D kart [282]
Holdbarhet/levetid til bygget	Levetid 60 år 100%	<ul style="list-style-type: none"> - Nybygg eller bygg som er planlagt bygget.
	>100 %	<ul style="list-style-type: none"> - Legger til + xx % om det er oppgitt at bygningen har beregnet levetid på over 60år [284].
	Mindre enn 60år <100%	<ul style="list-style-type: none"> - Bygningen har mindre levetid enn 60år. Bør vurderes ut ifra bygningens helhet, samtidig kan

		implementering av drivhus øke nåværende levetid til vertbygningen.
Energisystemer	Solceller 25%	- Solceller kan redusere bygningens og drivhusets energiproduksjon
	Vannkraft 25%	- Vannkraft kan redusere bygningens og drivhusets energiproduksjon
	Bioenergi 25%	- Bioenergi i form kraft/varmeproduksjon, biobrensel og biogass av kan redusere bygningens og drivhusets energiproduksjon
	Jordvarme 25%	- Jordvarme kan redusere bygningens og drivhusets energiproduksjon
Solpotensial på taket [283]		Lite egnet 0% <ul style="list-style-type: none"> - Takflaten er lite egnet for installering av solceller eller bruk av solenergi grunnet lite energiproduksjon og årlig solinnstråling. Dette vil både vær ugunstig for optimale vekstvilkår og utnyttelse av solenergi. Funnene baserer seg på data hentet fra solkart.no
		Velegnet 75% <ul style="list-style-type: none"> - Takflaten er velegnet for installering av solceller eller bruk av solenergi. Funnene baserer seg på data hentet fra solkart.no
		Svært egnet 100% <ul style="list-style-type: none"> - Takflaten er svært egnet for bruk av solceller eller solenergi. Noe som er gunstig for både vekstene i drivhuset og utnyttelse av solenergi til energiproduksjon.

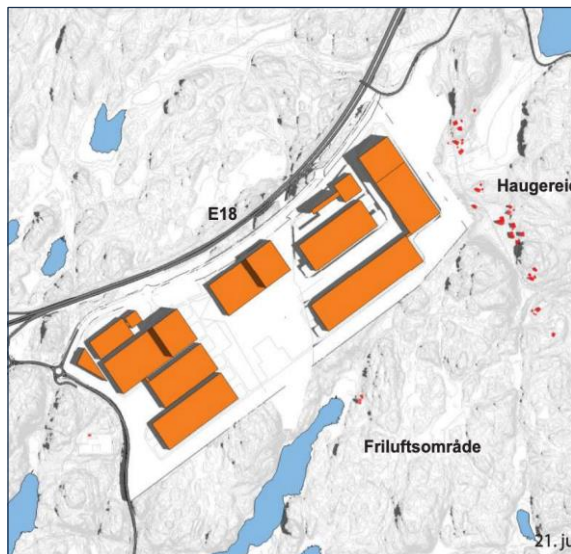
Figurene 107-110 viser eksempler på ulike kartgrunnlag som er nærmere studert i vurderingen for Morrow vertsbygning. Herunder kommunekart (opptegning av areal), flyfoto (studere tak overflaten), solkart og 3D-visualiseringer for å analysere terreng og omkringliggende bygningstruktur.



Figur 108 Areal av Morrow tak [2].



Figur 107 Utforming av Morrow tak [2].



Figur 110 Solstudier gjennomført av Stærk [20].



Figur 109 3D-tegning av Morrow [20].

6.4.3 Vurdering av materialbruk: Fasade materialer

Ved valg av fasade materialer som glass og plast (polykarbonat) er det mange hensyn som må tas for å sikre bærekraftig og energieffektivt drivhus. I helhet er materialets holdbarhet, gjenbruk/gjenvinning, energiforbruk, vekt, estetikk, isolasjonsevne (U-verdi), bærekraft og evne til solinnstråling vurdert i denne analysen. Materialets isolasjonsevne kan bidra til å redusere energiforbruket knyttet til oppvarming og strøm. Samtidig som lang holdbarhet, styrke og gjenvinning kan minimere bruk av materialer og uthenting av jomfruelige ressurser. Slikt tiltak kan redusere ressursforbruket i systemet og sirkulær økonomi opprettholdes. Det er imidlertid ikke valgt å ta stilling til økonomisk kostander til materialet for å bygge et kostnadseffektivt drivhus, da hovedfokuset ligger på å bygge et miljøvennlig drivhus i denne rapporten. I prosjekter vil det naturligvis være releet å se på investeringskostnader. Naturligvis vil minimering eller reduksjon av materialbruk og utskifting i den grad redusere kostandene.

Materialspefikasjoner som er innhentet er hovedsakelig fra datablad og leverandører som Interglas (LEXAN), Drivhussenter og Hammerglass. Miljødeklarasjoner (EPD, Environmental Product Declaration) er gjennomgått for å undersøke Global Warming Potential (GWP). For å vurdere miljøpåvirkningene fra materialet i kg CO₂-ekvivalenter gjennom materialets produksjonsfase (A1-A3) [285]. *Tabell 14* gjennomgår måleparameter og fremgangsmåte for vurdering av fasade materialene. Scoren vurdere ut ifra de gitte parameterne med en score fra 0-100%. 100% er den beste poengsummen, mens 0% er det minste.

Tabell 14 Måleparametere for fasadematerialer – Forfatterens metode for score-setting av valgte fasadematerialer i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].

Måleparametere for fasadematerialer		
Kriterier	Score	Begrunnelse (Fremgangsmåte)
Levetid	Levetid på materialet [år] <100%	<ul style="list-style-type: none"> - Lang levetid på materialet vil minimere utskifting. Ytre værforhold kan også spille inn på holdbarheten og redusere levetiden på materialet - Levetiden baserer seg på antall år som er oppgitt i data blad for materialet.
Vedlikehold	Ingen	- Ingen vedlikehold
	Lite	- Lite vedlikehold som utskifting og rengjøring
	Mye	- Mye vedlikehold som utskifting og reparering
Gjenvinne/resirkulere	Ja 100%	- Gjenvinning av materialer har bærekraftige fordeler og bidrar til den sirkulære økonomi som gir miljøgevinster. Bærekraftig drivhus vektlegges høyt.
	Nei 0%	- Materialer som ikke kan gjenvinnes får 0% da det fører til negative miljømessige konsekvenser, økt ressursbruk og klimagassutslipp.
Solinnstråling /Lysgjennomsluktighet	%	<ul style="list-style-type: none"> - Materialets evne til å slippe gjennom sollys. - Gjennomsluktige fasader plater slipper gjennom større mengder sollys enn ugjennomsluktige. Sollys er gunstig for plantevekst. - % lysgjennomsluktighet er oppgitt i datablad for materialene. Ved høy grad av solinnstråling kan det suppleres med termiske gardiner og skyggelegging.
Varmetapskoeffisienten isolasjonsevne (U-verdi)	[W/m²K] <100%	- U-verdien angir hvor godt fasade materialer isolerer. Desto lavere verdi, jo bedre isolerende egenskaper har materialet. U-verdien vil variere med tykkelsen på materialet. Jo tykkere materialer er, jo lavere U-verdi. Det er dermed ønskelig å ha lav U-verdi i drivhuset. Verdien er oppgitt i datablad. Høy isolasjons evne er nyttig for å holde drivhuset varmere i kaldere perioder, redusere varmetap og opprettholde gunstige vekstforhold [151].
Egnet for kaldere klima	Ja 100%	- Materialet egner seg for kaldere klima som Norge, som er gunstig under lave vintertemperaturer og værforhold.
	Nei 0%	- Materialer egner seg ikke for kaldere klima, noe som er ugunstig under norske forhold.
Vekt	Lett 100% <1,5 kg/ m²	- Lett vekt gjør det enkelt å montere, installere, skifte ut og håndtere materialet. Tillater også en lettere konstruksjon. Den samlede vekten av drivhuset reduseres på ertsbygningens. Lettere materialer bidrar også til redusert CO ₂ -utslipp under transport.
	Tung 50% >1,5 kg/ m²	- Tyngre materiale kan gjøre installasjonen vanskeligere og kreve sterkere strukturell bæreevne fra ertsbygningen. Tyngre materialer kan på en annen side bidra til å stabilisere drivhus strukturen med tanke på vindkrefter og

		snø belastning (noe som må vurderes etter spesifikt klimatiske forhold og område). Under transport kan tyngre materialer bidra til større CO ₂ -utslipp.
Knuselig	Nei 100%	- Knuselige materialer er mer utsatt for skade ved ekstreme værforhold
	Ja <50%	- Uknuselige materialer gir økt beskyttelse mot ekstreme værforhold som beskytter drivhuskonstruksjonen.
UV-beskyttet	Ja 75%	- UV-beskyttet fasader kan optimalisere vekstmiljøet for planter, beskytter mot skadelige effekter (soberhet, bleking og skade på planter) og forlenge levetiden til drivhuset. UV-beskyttelse er oppgitt i datablad for materialet [286].
	Nei <50%	- Ikke UV-beskyttede fasader kan være skadelig for planter og kan redusere holdbarheten til materialet avhengig av materialtype.
Estetikk	<100%	- Estetikk av fasader (gjennomsiktig og ikke-gjennomsiktige materialer)
Generell bærekraftig vurdering av materialet	kg CO ₂ ekvivalenter <100%	- Karbonutslipp: kg CO ₂ ekvivalenter GWP(A1-A3). Hentes fra EPD fra ulike leverandører. Oppgitt deklarerert enhet kg materiale. - Lexan polykarbonat plater: [287] - Lexan polykarbonat glass: [288] - Glass: [289]
	Materialinnhold <50%	- Naturlige: 50% - Petroleumsbaserte: 25%
	Forurensing <50%	- Innhold av kjemikalier/mikroplast: 0% - Ikke innhold av skadelige stoffer: 50%
	Evnen til resirkulering <100%	- 100 %resirkulerbart: 100% - Resirkulerbart med kan være krevende: 85% - Ikke resirkulerbart: 0%
	Styrke <50%	- Materialer med god styrke reduserer risikoen for brudd/skade på drivhuset, som gir økte reparasjonskostnader og utskifting av materialer. Viktigheten bør vurderes etter klima/sted drivhuset skal plasseres. Steder med mye snølast og sterk vind bør konstrueres med materialer med god styrke for å forhindre brudd/skader i fasadematerialene.
	Levetid Holdbarhet <100%	- Lang levetid og god holdbarhet reduserer behovet for å skifte ut materialet, som reduserer karbonutslippet relatert til produksjon og uthenting av ressurser - Scoren vurderes etter hva som er oppgitt av materialspesifikasjoner i produktblad
	Energi-besparelser <100%	- Lav U-verdi gir bedre isolasjonsevne og kan redusere oppvarmingsbehovet i drivhuset som reduserer energibehovet - Vurderingene baserer seg på den beste U-verdien som får en score på 100%, deretter vurderes scoren til de andre respektive materiellene etter beste funn.
	Utslipp transport <50%	- Tyngre materialer fører til økt karbonutslipp ved transport - Tunge materialer: 25% - Lette materialer: 50%

Funn av data	-	Materialspesifikasjoner er funnet via datablad fra som Drivhussenter, Hammerglass og Interglas (LEXAN) [290-292].
--------------	---	---

Tabell 15 beskriver nærmere vurderingen som er gjort under kategorien «generell bærekraft» i måleparameter-tabellen.

Tabell 15 Nærmere beskrivelse av kriterier for vurdering av generell bærekraft [1].

Vurderingskriterier for helhetlig bærekraft	
Karbonutslipp	Karbonutslipp målt i GWP (Global Warming Potential) for miljøpåvirkninger produksjonsfase (A1-A3) [Kg CO ₂ -eq]. Materiale med lavest karbonutslipp = 100%, deretter vurderes de andre materialene med egen score etter det gitt materialet med lavest karbonutslipp
Materialinnhold	Vurdering av råvarer i materialet: Naturlige materialer = 50% Petroleumbaserte = 25%
Kjemikalier/mikroplast	Innhold av mikroplast eller skadelige kjemikalier Kjemikaliefri = 50% Innhold av skadelige kjemikalier/mikroplast = 0%
Resirkulering	Evnen til å resirkulere/gjenvinne materialet
Styrke	Materialer med god styrke reduserer risikoen for brudd/skade på drivhuset, som reduserer reparasjonskostnader og utskifting av materialer. Bør vurderes etter klima og stedsforhold.
Levetid/holdbarhet	Lang levetid og god holdbarhet reduserer behovet for å skifte ut materialet, som reduserer karbonutslippet relatert til produksjon og uthenting av nye ressurser.
Energibesparelser	Lav U-verdi gir bedre isolasjonsevne og kan redusere oppvarmingsbehovet i drivhuset som reduserer energibehovet. Materiale med lavest U-verdi = 100%, deretter vurderes de andre materialene med egen score etter det gitt materialet med lavest U-verdi.
Utslipp transport	Tynge materialer fører til økt karbonutslipp ved transport

6.4.4 Vurdering av vekster grønnsaker/planter

For potensielle vekster/grønnsaker vektlegges kriterier som arealbruk, helårsproduksjon/sesong, trivseltemperatur, vekst-tid, plantestell og høsting, passende dyrketeknologi, karbonutslipp ved avling, samt bruk av supplerende belysning. Parameterer for vurderingskriterier er gitt i tabell 16. Utgangspunkt for valg av vekster i case studien baserer seg på de mest dyrkede grønnsakene i norsk drivhusnæring og jordbruk. Grunnlag for funnene i mulighetsstudiet baserer seg på hobby dyrking, så-pakker, veiledning fra plantasjer og rapporter som omhandler dyrking av de ulike vekstene. De fleste rapportene stammer fra NIBIO, Bioforsk, NLR og Agregrop som er store aktører innen landbruksnæringen og natur.

Arealbruk er vurderes etter antall plante per m². Det kan være begrenset med plass i et drivhus på enkelte takområder. Optimalisering av arealeffektiviteten innebærer bedre ressursutnyttelse

gjennom å utnytte plassen på en effektiv måte, som gir mulighet for å maksimere antall grønnsaker. Mat kan dermed dyrkes på en mindre plass, noe som er spesielt verdifullt i byer med høyere tetthet. Å kunne oppdrive vekster under helårsproduksjon vektlegges høy, da det gir kontinuerlig tilgang til ferske produkter uavhengig av ytre faktorer som værforhold og den vanlige vekstsesongen. På en annen side bidrar det også til sikker matproduksjon og reduserer behovet for import som fremmer bærekraftig matproduksjon.

Når det kommer til plante stell og høsting er det noen planter som krever betydelig mer arbeidskraft, noe som bør vurderes med tanke på drift. Derfor kan planter krever lite stell i form av arbeid mindre resurskrevende å dyrke frem. Vekst tid er en annet kriterium. Vekster med kort vekst tid gir høyere effektive avlinger og kan høstes og plantes i flere sykluser i forhold til planter med lengre vekst tid. Når det kommer til dyrke teknologi er det gunstig om planten kan tilpasses flere av teknologiene. Dette gir rom for å kunne utforme drivhuset med flere muligheter og spesifikasjoner. Utslipp vurderes i CO₂-eq per kilo plante og vil varierer av ulike faktorer som energiforbruk og produksjonsmetoder. Tallene er hentet fra en rapport som undersøker klimautslipp i norske drivhus. Å redusere karbonutslippet fra drivhusproduksjon relatert til produksjon krever en helhetlig tilnærming og bruk av fornybare energikilder.

Midlertid kan noen vekster kreve oppvarming og LED-lys for å overholde gunstige temperaturer i drivhuset, dette vil naturligvis øke energiforbruket i drivhuset. Anbefalte temperaturområde er 14-26°C i drivhus [77]. Derfor vektlegges det planter som er innenfor dette intervallet. Noen planter vil naturligvis kreve høyere trivselstemperaturer, som vil resultere i oppvarming under kaldere utetemperaturer og nattetider. I den grad vil de score noe lavere enn 100%.

Tabell 16 Måleparametere for planter og vekster – Forfatterens metode for score-setting av valgte planter/vekster i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].

Måleparametere for planter og vekster		
Kriterier	Score	Begrunnelse (Fremgangsmåte)
Arealbruk	<p>[x antall pr.m²]</p> <p>>9 stk. = 100%</p> <p>8-4 stk. = 75 %</p> <p>3-1 stk. = 50%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Arealbruk av vekster bør vurderes for å optimalisere og effektiviserer produksjonen av mat. Da det vil spille inn på produktiviteten og lønnsomheten. Noen avlinger kan kreve større plass enn andre og noen kan dyrkes tetter sammen. - Her er det valgt å bruke <u>x antall per m²</u> istedenfor <u>kg per m²</u> grunnet det er store variasjoner i hvor mange eller kg grønnsaker hver plante kan produsere som er avhengig av sort og vekstvilkår. Avstand mellom planter vil også være avhengig av plantesort og størrelse på drivhus. Data er hentet fra ulike planteproducenter, så-pakker og drivhus produsenter. <p>Vurderes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cm mellom planter/busker - Cm mellom rader

Vekstsesong	Kort 25%	<ul style="list-style-type: none"> - Kort vekstsesong: 1-4 måneder - Sesongbaserte vekster krever planlegging avhengig av været og andre potensielle faktorer. I sum vil dette kreve større grad av strukturert planlegging og arbeid. Gir dermed ikke et konstant tilbud av mat. - Vekstsesong er hentet i fra norsk sesongkalender [293].
	Middels 50%	<ul style="list-style-type: none"> - Middels vekstsesong: 4-8 måneder - Middels sesongbaserte vekster krever noe planlegging avhengig av været og andre potensielle faktorer. - Vekstsesong er hentet i fra norsk sesongkalender [293]
	Hele året 100 %	<ul style="list-style-type: none"> - Hele året: 12 måneder - Helårsproduksjon referer til evnen å dyrke planter gjennom hele året uavhengig av værforhold og sesong. Noen vekster er mer egnet for å helårproduksjon enn andre på grunn av deres evne til å trives i drivhus miljøet (temperatur, luftfuktighet og lys). Utvidet vekstsesong gir et konstant tilbud av produkter, samtidig som ressurser utnyttes bedre uavhengig av været. Planter som er helårsbaserte vektlegges høyt. På en annen side reduseres også behovet for import. - Vekstsesong er hentet i fra norsk sesongkalender [293]
Helårsproduksjon i drivhus	Ja/nei	<ul style="list-style-type: none"> - Muligheten til å dyrke planter i drivhus hele året. Ulike planter vil kreve belysning og varme. Helårsproduksjon i drivhus kan krever ytterligere bruk av ressurser som belysning. • Ja: 100% • Nei: 0%
Trivselstemperatur	<100% 14-20°C = 100% 20-28°C = 75 % 29 + °C = 0%	<ul style="list-style-type: none"> - Optimal drivhustemperatur ligger mellom 14-26°C, derfor bør trivselstemperaut ligge innenfor dette intervallet. I Norge er det også kaldere klima, noe som kan kreve oppvarming under vinterstid og nattestid. Planter som trives under lavere temperaturer kan derfor være mer gunstig for norske forhold med tanke på å redusere energiforbruket. • 14-20°C = 100% (Reduserer behovet for oppvarming) • 20-28°C = 75 % (Krever oppvarming og belysning øker behovet for energi i enkelte måneder) • 29 + °C = 0% (Planter/ vekster som krever høyere temperaturer er ikke aktuelle i drivhuset)
Vekst-tid	100% <6 uker	<ul style="list-style-type: none"> - Veksttiden regnes fra frøet sås til planten kan høstes. Vekster som vokser hurtig (mindre enn 6 uker) gir høyere effektiv avlingsproduksjon, samt kan dyrkes og høstes flere ganger samme sesong. Gir også mulighet for rotasjon av vekster. I tillegg er plantene mindre utsatt for å bli påvirket av sykdommer og skadedyr som skyldes den korte veksts syklusen.
	50% 6-10 uker	<ul style="list-style-type: none"> - Vekster som vokser middels tempo (6-10 uker)

	25% >10 uker	- Vekster som bruker lang tid (mer enn 10 uker) tar betydeligere lengre tid før de når modningspunktet. Noe som tar mer tid og ressurser.
Plantestell/høsting	Lite 100 %	- Planter som krever lite plantestell vil kreve mindre arbeid og ressurser. Forutsetning at regelmessig gjødsling og vanning fremgår i plantestell under alle kategoriene.
	Middels 80 %	- Planter som krever middels stell er planter som stell/stussing.
	Mye <50%	- Planter som krever mye stell krever merarbeid i form av ressurser som tid og arbeidskraft. Dette kan kreve ekstra ansatte til å drifte drivhusene. Noe som må vurderes om vekstene skal selges kommersielt til butikker. Her vektlegges tilleggs arbeid som stussing, trimming, beskjæring, oppbinding og fjerning av sideskudd.
Passende dyrketeknologi	Hydroponisk 25%	- Mange vekster kan dyrkes i flere av dyrkingssystemene, men noen kan være bedre egenhet enn andre. Det er viktig å tilpasse riktig dyrketeknologi for å optimalisere veksten. Det kan være en fordel å benytte flere dyrke teknologier til hver vekst, da det gir rom for å kunne implementere flere dyrke teknologier i drivhus systemet.
	Akvaponisk 25%	
	Aeroponic 25%	
Karbonutslipp	<100% CO ₂ -eq per kilo plante	- Hovedårsaken til CO ₂ -utslipp fra veksthus er bruk av energi og belysning. Regnskap for karbonutslipp er hentet fra Nibio og Bioforsk [79], [294] som gir en pekepinn på hvilke vekster som generer mest utslipp. Karbonutslippet øker ved bruk av gass (naturgass og propan) til oppvarming. CO ₂ -utslippet vil naturligvis være avhengig av størrelse på veksthuset, produksjonsmetode, energikilder (fornybare/-ikke fornybare), teknologiske komponenter, vekstvilkår, bruk av belysning, drivhuset alder og plantenes evne til å ta opp CO ₂ . Det er valgt å se bort fra CO ₂ -regnskap fra drivhus i utlandet, da de benytter mindre energi til oppvarming. Planter med lavest CO ₂ utslipp blir vurdert med en høyere score. Da det krever mindre ressurser for dyrking.
Belysning	Nei = 50% Ja = 25%	- Enkelte planter krever belysning som vil føre til økt elektrisitetsbehov. Det kan være optimalt å dyrke planter som ikke krever belysning for å spare strømgifter.

6.4.5 Vurdering av alger og fisk

Tabell 17 viser til gruppens måleparametere tilknyttet type kriterie, begrunnelse/resultat og setting av score på vurderingsarbeidet for alger og fisk. Det ble valgt å undersøke for 4 type arter; Alger, Tilapia, torsk og laks. Av kriterie-kategorier som ble undersøkt var merverdi, tilførsel av næring, tilpasning til miljø, arbeidskraft/vedlikehold og risikofaktorer.

For alger og fisk kategorien, var det noe utfordrende å sammenligne kvalitative data og gjøre dette om til en kvantitativ score. Det ble derfor i flesteparten av vurderingskategoriene gitt score ut fra gruppens egne vurderingsevner. Det ble også valgt å undersøke et visst antall resultater for hver av artene. Dette for å gjøre score-settingen mest rettferdig ved sammenligning og oppsummering. Eksempelvis ble det for kriteriet «Tilførsel næring» funnet 3 ulike resultater som skulle score-settes for hver av artene, og det for kriteriet «Tilpasning til miljø» ble funnet 4 ulike resultater. Det må også nevnes at disse grensene ble satt fortløpende som informasjon ble innhentet, og valgt ut fra besparelse av tid og arbeidsvekt for gruppen.

Tabell 17 Måleparametere for fisk og alger – Forfatterens metode for score-setting av valgte fisker/alger i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].

Måleparametere for Fisk og alger		
Kriterier	Score	Fremgangsmåte
Merverdi	Hva slags merverdi kan fisk og alger bidra med til drivhuset og dyrketeknologiene. Høy 100% Middels 50% Lav 25%	<ul style="list-style-type: none"> - Tenkes jo større merverdi og positiv påvirkning arten har for drivhuset, jo bedre. - Settes en grense på 4-5 type resultater som vurderes, hvor vurderingene summeres opp for total score. <p>Sammenlignes med hverandre der det er funnet spesifikke tall-verdier, beregnes etter:</p> $\left(\frac{M_p - M_{Lav}}{M_{Høy} - M_{Lav}} \right) * 100$ <p>Hvor:</p> <ul style="list-style-type: none"> - M_p = Aktuell merverdi - M_{Lav} = Minste merverdi - $M_{Høy}$ = Største merverdi <p>Der det ikke er funnet tall-verdier, gis en score ut fra forfatterens vurdering/egenvurdering av kriteriet.</p>
Tilførsel av næring	Hvilke næringsstoffer tilføres dyrketeknologien, og hva annet kan	<ul style="list-style-type: none"> - Tenkes jo flere næringsstoffer og bidrag alger/fisk kan tilføre, jo mer positivt for systemet - Settes en grense på 3 type resultater som vurderes, hvor vurderingene summeres opp for total score. - Gis score ut fra forfatterens vurdering/egenvurdering.

	<p>de bidra med i dyrkeprosesser.</p> <p>Høy 100%</p> <p>Middels 50%</p> <p>Lav 25%</p>	
Tilpasning til miljø	<p>Hvor stor toleranse har arten til et norsk klima, og hvordan er tilpasningsgraden til miljøet.</p> <p>Høy 100%</p> <p>Middels 50%</p> <p>Lav 25%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Jo større tilpasning, jo bedre for et system under norske forhold. - Settes en grense på 4 type resultater som vurderes, hvor vurderingene summeres opp for total score. - Gis score ut fra forfatterens vurdering/egenvurdering.
Arbeidskraft/vedlikehold	<p>Hvor mye arbeidskraft kreves for å opprettholde drift.</p> <p>Høy 100%</p> <p>Middels 50%</p> <p>Lav 25%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tenkes jo mer arbeidskraft og vedlikehold, jo mindre positivt for drivhuset. → Derav ved opptelling vil arbeidskraft/ vedlikehold være negativt jo høyere det blir. Derfor trekkes dette fra i total oppsummering. - Settes en grense på 3 type resultater som vurderes, hvor vurderingene summeres opp for total score. - Gis score ut fra forfatterens vurdering/egenvurdering.
Risikofaktorer	<p>Potensielle farer ved innførsel av arten, og risiko tilknyttet arten</p> <p>Høy 100%</p> <p>Middels 50%</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Farer kan inngå innen helse, sikkerhet, biologisk sikkerhet ol. - Tenkes jo mer risiko, jo mindre positivt for drivhuset. → Derav ved opptelling vil arbeidskraft/ vedlikehold være negativt jo høyere det blir. Derfor trekkes dette fra i total oppsummering. - Settes en grense på 3 type resultater som vurderes, hvor vurderingene summeres opp for total score. - Gis score ut fra forfatterens vurdering/egenvurdering.

	Lav 25%	
--	--------------------	--

6.4.6 Vurdering av dyrketeknologier

Tabell 18 viser til gruppens måleparametere tilknyttet type kriterie, begrunnelse/resultat og setting av score på vurderingsarbeidet for dyrketeknologier. Ved vurdering av dyrketeknologier ble det gjennomgått undersøkelser for teknologiene dypvannskultur (DWC), Ebb&Flow, Aeroponisk dyrking og akvaponisk dyrking. Årsaken til dette valget var at disse teknologiene var noen av de mest populære og mest brukte på markedet. Av kriterie-kategorier som ble undersøkt var antall planter, vannbehov, næringsbehov, veksthastighet, energibehov/bærekraft, kompleksitet/merverdi og arealbruk i drivhus.

Tabell 18 Måleparametere for dyrketeknologier – Forfatterens metode for score-setting av valgte dyrketeknologier i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].

Måleparametere for dyrketeknologier		
Kriterier	Score	Fremgangsmåte
Antall planter	Antall planter pr/m² gulvareal i drivhus. ≤ 100% summeres opp til endelig score	<ul style="list-style-type: none"> - Tiltenges jo flere planter per m², jo bedre arealutnyttelse. Sammenlignes med de andre teknologiene, score beregnes etter: $\left(\frac{P_p - P_{Lav}}{P_{Høy} - P_{Lav}} \right) * 100$ <ul style="list-style-type: none"> Hvor: - P_p = Antall planter per/m². - P_{Lav} = Minste antall planter per/m². - P_{Høy} = Største antall planter per/m².
Vannbehov	Antall liter [L] som trengs per m² dyrketeknologi (L/m²). ≤ 100% summeres opp til endelig score	<ul style="list-style-type: none"> - Tiltenges at et høyere vannbehov er mindre ressursvennlig. Derav ved opptelling vil det trekkes fra total score Sammenlignes med de andre teknologiene, score beregnes etter: $\left(\frac{L_A - L_{Lav}}{L_{Høy} - L_{Lav}} \right) * 100$ <ul style="list-style-type: none"> Hvor: - L_A = Antall Liter per m² dyrketeknologi.

		<ul style="list-style-type: none"> - L_{Lav} = Minste antall liter pr/m². - $L_{Høy}$ = Høyeste antall liter pr/m². <p>Legges også til egenvurdering-score i tilfeller det finnes tilleggsinformasjon.</p> <p>Høy = 100 Middels = 50 Lav = 25</p>
Næringsbehov	<p>Antall gram [g] næringsstoffer som trengs per m² dyrketeknologi.</p> <p>≤ 100% summeres opp til endelig score</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tiltenges at høyere antall gram næringsstoffer som trengs er mindre ressursvennlig. - Bruker næringsbehov-verdier (mmol/L) fra boken «Hydroponic Production Systems in Greenhouses» for salat [295]. → Tabellen har oversikt over mmol/L næringsstoff i vann til salat. → Regnes ut molar masse for hver av næringsstoffene. → $\frac{\text{Molar masse}}{1000} \times \frac{\text{mmol}}{L} = \text{Næring [g/L]}$. → $\text{Næring} \left[\frac{g}{L}\right] \times \text{vannbehov} \left[\frac{L}{m^2}\right]$. → Får Antall gram næring pr m² teknologi. <p>Sammenlignes med de andre teknologiene, score beregnes etter:</p> $\left(\frac{N_A - N_{Lav}}{N_{Høy} - N_{Lav}} \right) * 100$ <p>Hvor: N_A = Antall gram næringsstoffer per m² dyrketeknologi. N_{Lav} = Minste antall gram pr/m². $N_{Høy}$ = Høyeste antall gram pr/m².</p>
Veksthastighet	<p>Antall dager til å produsere en salatplante.</p> <p>≤ 100% summeres opp til endelig score</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Jo færre dager fra planting til høsting, jo mer positivt. - Settes en grense på 2 type resultater/ kilder som vurderes, hvor vurderingene summeres opp for total score. <p>Regnes ut gjennomsnitt av antall dyrkedager:</p> $\left(\frac{D_A - D_{Lav}}{D_{Høy} - D_{Lav}} \right) * 100$ <p>Hvor: D_A = Aktuelle antall dager D_{Lav} = Laveste antall dager $D_{Høy}$ = Høyeste antall dager</p> <p>Følgende er egenvurderte verdier som også legges til vurderingen: Høy = 100 Middels = 50 Lav = 25</p>

Energibehov /bærekraft	<p style="text-align: center;">Faktorer tilknyttet teknologiens energibehov og bærekraftig påvirkning.</p> <p style="text-align: center;">≤ 100% summeres opp til endelig score</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Undersøkes rapporter tilknyttet energibehov og elektriske komponenter til teknologien. - Undersøkes miljøfotavtrykk tilknyttet teknologien. - Settes en grense på 3 type resultater/ kilder som vurderes, hvor vurderingene summeres opp for total score <p>Følgende er egenvurderte verdier som også legges til vurderingen:</p> <p>Positiv påvirkning Høy = 100 Middels = 50 Lav = 25</p> <p>Negativ påvirkning Høy = - 100 Middels = - 50 Lav = - 25</p>
Kompleksitet/ Merverdi	<p style="text-align: center;">Faktorer tilknyttet kompleksitet eller merverdi.</p> <p style="text-align: center;">≤ 100% summeres opp til endelig score</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tiltenges at høyere kompleksitet er mindre ressursvennlig, derav negativt. Derfor subtraheres dette i score. - Tiltenges at høyere merverdi er positivt. Derfor summeres dette i score. - Settes en grense på 5 type resultater/ kilder som vurderes, hvor vurderingene summeres opp for total score. - Forsøkes å ikke gjenbruke resultater fra tidligere vurderingsarbeid der det er mulig. <p>Vurderes ut fra forfatterens egen evne om hva som er positivt/negativt, og grad av påvirkning som følgende:</p> <p>Positiv påvirkning Høy = 100 Middels = 50 Lav = 25</p> <p>Negativ påvirkning Høy = - 100 Middels = - 50 Lav = - 25</p>

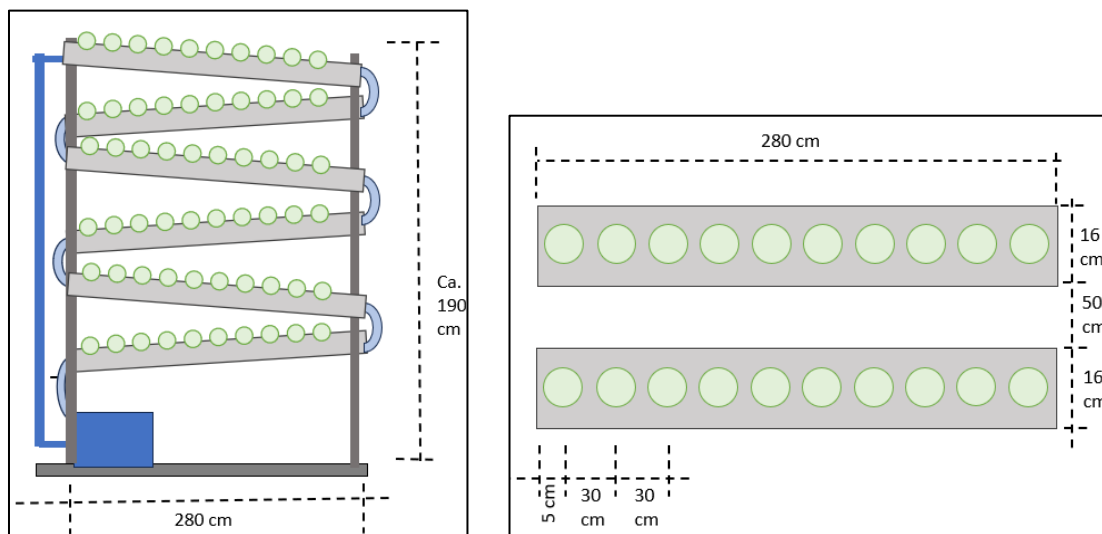
Arealbruk i drivhus	<p style="text-align: center;">Teknologiens arealbruk i drivhuset</p> <p style="text-align: center;">≤ 100% summeres opp til endelig score</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lavere arealbruk regnes som positivt ved implementering i tak-drivhus. • I drivhus kan det være begrenset med arealutnyttelse, derfor tiltenkes arealbruk for de ulike dyrketeknologiene som svært relevant. • Vurderes innhentet informasjon fra ovennevnte kriterier som kan tilknyttes arealbruk. • Settes en grense på 3 type resultater/ kilder som vurderes, hvor vurderingene summeres opp for total score. <p>Vurderes ut fra forfatterens egen evne om i hvilken grad arealbruken påvirker drivhuset som følgende:</p> <p>Høy = 100 Middels = 50 Lav = 25</p>
---------------------	--	---

For hver av dyrketeknologiene ble det undersøkt ytterligere hvor mange planter det var plass til per m², vannbehov og næringsbehov. Videre gjennomgås eksempler fra kun en av teknologiene, hvor fullstendig metode er lagt i *vedlegg A*. Tabellen under viser en oppsummering av ulike dimensjoner og verdier som ble valgt ut for Ebb&Flow teknologien. For selve design/utforming til Ebb&Flow ble det tatt utgangspunkt i et system fra en rapport [296]. Tabellen viser også til egen vurdering av antall planter per m² dyrketeknologi med tilhørende score.

Tabell 19 Beregning av antall planter for Ebb & Flow [1].

Antall planter Ebb & Flow			
Type	Innhentet informasjon		
	Beskrivelse	Resultat	Kilde
Ebb&Flow	Avstand mellom planter [cm]	30	[297]
	Avstand mellom rader [cm]	30	[297]
	Diameter hoved rør [Cm]	16	[296]
	Egen vurdering		
	Beskrivelse	Resultat	Score
	Antall dyrkemedier pr/hovedrør	10	Ikke relevant
	Lengde på hoved rør [Cm]	280	
Planter pr/m ²	16	x	

Figur 111 viser til design/utformingsvalg tegnet i PowerPoint for Ebb&Flow systemet. Det var gjennom denne opptegningen det ble vurdert et omtrentlig antall planter per/m².



Figur 111 Beregning av antall planter for Ebb & Flow [1].

Videre for Ebb&Flow systemet ble det undersøkt vannbehov per m². Tabell 20 viser til det utregnede vannbehovet (L/m²) for stillestående vann for dyrketeknologien og ytterligere vurderinger. Det ble beregnet for 6 hovedrør et vannbehov på 150,78 L/m². Det ble også lagt til resulterende etterfylling som kom på 1,5 liter. Avslutningsvis vurderte gruppen teknologien til å være av middels verdi. Da det trolig har mindre vannbehov enn DWC og akvaponisk, men mer vannbehov enn Aeroponisk dyrking.

Tabell 20 Beregning av vannbehov for Ebb&Flow [1].

Vannbehov					
Type	Vannbehov [l/m ²]				
	Beskrivelse	Resultat	Kilde	Score	
Ebb&Flow	Lengde på teknologi [m]	1	Egenvurdering	Ikke relevant	
	Høyde på vann i rør [m]	0,02	[295].		
	Bredde på vann i rør [m]	0,04	Egenutregnet		
	Resulterende volum [m ³]	0,00002513	Egenutregnet		
	Resulterende liter vann [L/m ²] i ett rør	25,13	Egenutregnet		
	Resulterende liter vann [L/m ²] i 6 rør	150,78	Egenutregnet		28,96
	Annet				
		Beskrivelse	Resultat	Kilde	Score
		Etterfylling av vann i året [%]. Kan resirkulere nesten alt vann [178, 298].	1	Egenvurdering	Ikke relevant
		Resulterende liter etterfylling [L] (Kan resirkulere nesten alt vann)	1,5078	Egenutregnet	1,5
	Mindre effektiv enn Aeroponisk teknologi (Vannbrukseffektivitet)	Middels	Egenvurdering	50	
	Egenvurdering av vannbehov	Middels	Egenvurdering	50	
Totalt				x	

For å finne næringsbehovet i vannet til de ulike teknologiene, ble det valgt å undersøke med utgangspunkt salatproduksjon. *Tabell x* viser innhentet informasjon over næringsbehovet til salat per liter vann som ble ganget inn med tidligere utregnet vannbehov. Disse verdiene ble hentet fra boken «*Hydroponic Production Systems in Greenhouses*» og er basert på publiserte verdier for salat og bladgrønnsaker [295]. Det ble også utregnet fra mmol/L til g/m³ ved bruk av grunnleggende kjemiske utregninger for Molar masse [299].

Tabell 21 Salat næringsbehov [295].

Salat Næringsbehov	
Makronæringsstoffer	mmol/L
NO ₃ ⁻ (Nitrat)	16.00-19.00
H ₂ PO ₄ ⁻ (Fosfat)	1,5-2,0
SO ₄ ²⁻ (Sulfat)	1,125-2,0
NH ₄ ⁺ (Ammonium)	1,0-1,25
K ⁺ (Kalium)	9,5-11,0
Ca ²⁺ (Kalsium)	4,5
Mg ²⁺ (Magnesium)	1
Mikronæringsstoffer	μ mol/L
Fe ³⁺ (Jern)	40
Mn ²⁺ (Mangan)	5,0-7,0
B ³⁺ (Bor)	30,0-40,0
Zn ²⁺ (Sink)	4,0-7,0
Cu ²⁺ (Kobber)	0,75-1,0
Mo ⁶⁺ (Molybden)	0,5-1,0
EC, ds/m	2,2-3,2
pH	5,8-6,2

6.4.7 Vurdering av kjølesystemer

Tabell 22 viser måleparametere med gitt score for å vurdere kjølesystemene. Bakgrunn for innsamlet data er hentet fra egne vurderinger tilknyttet valgte vertsbygning, dokumentasjon og data hentet fra geografisk område/klima. Hovedfunnene fra litteratur studiet dreier seg om hovedsakelig hva som er brukt av teknologier og systemer i Norge og andre land [21, 138]. For det meste er kjølesystemene basert på funn i varmere strøk med langt høyere temperaturer, fuktighet og med en beliggenhet rundt ekvator. Grunnet litteraturen gir informasjon relatert til kjølesystemer til et spesifikt drivhus, kan forholdene variere fra takdrivhuset i oppgaven med tanke på klima, energikilder, effektiv kjøling og energiforbruk. Derfor er det valgt å legge vekt på hvor tilpassningsdyktig kjølesystemer er i forhold til vertsbygningen med høyest score. Her vurderes fordeler og ulemper med installasjon av systemene. Teknologiske løsninger som krever lite energibruk og gir effektive kjøling vil være gunstige alternativer og vektlegges dermed med høyere score. Det må nevnes at de ulike casene for kjølesystemer kan være gode alternativer for drivhus generelt sett og ikke bare den spesifikke vertsbygningen.

Tabell 22 Måleparametere for kjølesystemer – Forfatterens metode for score-setting av valgte kjølesystemer i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].

Måleparametere kjølesystemer		
Kriterier	Score	Begrunnelse (Fremgangsmåte)
Passiv og aktiv teknologi	Ja 100%	- Passive teknologier krever ingen eksterne energikilder og er mer energieffektive enn aktive teknologier. Derfor vektlegges de høyere enn aktive, da de reduserer miljøpåvirkninger.
	Kombinasjon 50%	- Kombinasjon av aktive og passive systemer
	Nei 25%	- Aktive teknologier (ikke passive) krever en ekstern energi for å fungere.
Energiforsyning	Vind 25%	- Utnyttelse av fornybare energikilder reduserer bruken av ikke fornybare energikilder. På denne måten kan man redusere miljøpåvirkningene og karbonutslippet for å gjøre drivhuset karbon nøytralt så mulig.
	Sol 25%	- Utnyttelse av fornybare energikilder
	Jordvarme 25%	- Utnyttelse av fornybare energikilder
	Biomasse 25%	- Utnyttelse av fornybare energikilder
Effektivitet/ytelse	<100%	- Effektivitet/Ytelse på teknologien. Teknologier som har stort kjølepotensial vektlegges høyt.
Energiforbruk	<100%	- Teknologiens evne til å redusere energiforbruket i drivhuset. Teknologier som brukes lite/ingen elektrisitet eller fornybare energikilder vektlegges høyt i forhold til energikrevende systemer.
Levetid	<100%	- Lang levetid reduserer behovet for utskifting.
Vedlikehold	Ingen 100%	- Mindre komplekse systemer krever nærmest ingen vedlikehold.
	Lite 75%	- Lite vedlikehold
	Mye 25%	- Kompliserte systemer har større behov for vedlikehold og kontroll av system eller komponenter, som resulterer i mer arbeid og økte driftskostnader.
Miljøpåvirkninger	<100%	- Ulike miljøpåvirkninger under drift. Miljøpåvirkning kan innebære om teknologien kan redusere miljøfotavtrykket til drivhuset eller ikke. Om den har mulighet til å redusere CO ₂ -utslipp ol. Er dette positivt. Om det bidrar med miljøfotavtrykk er dette negativt og har derfor lavere score prosent.
Tilpasningsdyktighet	<100%	- Teknologienes evne til å tilpasses drivhuset og vertsbygningen. Scoren vurderes ut ifra teknologiens evne til å tilpasse seg det aktuelle versbygningen med høyest score, basert på fordeler og ulemper. Vurderingene

		<p>baserer seg på hva som er funnet i tidligere litteraturfunn, geografisk område og forutsetningene som ligger til grunn i ertsbygning/område.</p> <ul style="list-style-type: none"> • kompleksitet • Klimatiske faktorer • Symbiose med ertsbygning • Oppvarmings effekt • Kombinasjon: Oppvarming og kjøling • Areal plass
--	--	--

6.4.8 Vurdering av oppvarmingssystemer

Tabell 23 viser oversikt over måleparametere for oppvarmingssystemer. Av oppvarmingssystemene som ble vurdert etter disse kriteriene var «Vanntanker», «Solfangere», «Solvarmeanlegg», «semigjennomsiktige fotovoltaiske paneler», «Varmedistribusjon» og «Vannbåren varme». På lik linje som kjølesystemene vektlegges teknologiens evne til å tilpasse seg drivhuset i Arendal og ertsbygningen. Vurderingene baserer seg på data hentet fra dokumentstudiet, egne vurderinger og klimatiske forhold som solinnstråling.

Tabell 23 Måleparametere for oppvarmingssystemer – Forfatterens metode for score-setting av valgte oppvarmingssystemer i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].

Måleparametere for oppvarmingssystemer		
Kriterier	Score	Begrunnelse (Fremgangsmåte)
Passiv og aktiv teknologi	Ja 100%	Passive teknologier krever ingen eksterne energikilder og er derfor mer energieffektive enn aktive teknologier. Derfor vektlegges de høyere enn aktive, da de reduserer miljøpåvirkninger.
	Kombinasjon 50%	Kombinasjon av aktive og passive systemer.
	Nei 25%	Aktive teknologer (ikke passive) krever en ekstern energikilde for å fungere.
Energiforsyning	Sol 25%	Utnyttelse av fornybare energikilder reduserer bruken av ikke fornybare energikilder. På denne måten kan man redusere miljøpåvirkningene og karbonutslippet for å gjøre drivhuset karbon nøytralt.
	Jordvarme 25%	Utnyttelse av fornybare energikilder
Effektivitet/ytelse	<100%	Effektivitet/Ytelse på teknologien. Teknologier som dekker stort oppvarmingsbehov vektlegges høyt. Funnene baserer seg på litteraturstudier fra andre drivhus.

Energiforbruk	<100%	Teknologiens evne til å redusere energiforbruket i drivhuset. Teknologier som bruker lite/ingen elektrisitet eller fornybare energi kilder vektlegges høyt i forhold til energikrevende systemer.
Levetid	<100%	Lang levetid reduserer behovet for utskifting.
Vedlikehold	Ingen 100%	Mindre komplekse systemer krever nærmest ingen vedlikehold. Noen systemer krever mer vedlikehold enn andre noe som kan påvirke kostander og driften.
	Lite 75%	Lite vedlikehold
	Mye 25%	Kompliserte systemer har større behov for vedlikehold og kontroll av system eller komponenter.
Miljøpåvirkninger	Reduksjon av miljøpåvirkning 100%	Miljøpåvirkning kan innebære om teknologien kan redusere miljøfotavtrykket til drivhuset eller ikke. Om den har mulighet til å redusere CO ₂ -utslipp ol. Er dette positivt. Om det bidrar med miljøfotavtrykk er dette negativt og har derfor lavere score prosent.
	Noe miljøpåvirkning 25%	
Tilpasningsdyktighet	Høy 100%	Scoren vurderes ut ifra teknologiens evne til å tilpasse seg det aktuelle drivhuset (Morrow) basert på fordeler og ulemper. <ul style="list-style-type: none"> • Kompleksitet • klimatiske faktorer • Symbiose med vertsbygning • Oppvarmings effekt • Kombinasjon: Oppvarming og kjøling • Areal plass
	Middels 75%	
	Lav 25%	

6.4.9 Vurdering av andre tekniske løsninger: belysning

Tabell 24 viser oversikt over måleparameterne gitt for belysning for å vurdere HPS og LED-lampene. Bakgrunnen for den gitte scoren baserer seg på dokumentstudiet og verdier oppgitt i datablad fra leverandører som Phillips og Lumatek [9, 14]. Forsknings rapporten «*Optimisation of supplemental light system in Norwegian tomato greenhouses – A simulation study*» er ett av hovedfunnene [250]. Rapporten undersøker belysning avhengig av lokalt norsk klima og økonomiske forhold i fire drivhus rundt om i landet, spesielt med fokus på å sammenligne HPS og LED. Generelt er det funnet lite forskning på akkurat norske drivhus, derfor har denne rapporten høy verdi. Da det meste av litteratur baserer seg på drivhus rundt ekvator områder og sørlige deler av Europa, der det er andre forutsetninger for klima og strømforsyning.

Tabell 24 Måleparametere for belysning – Forfatterens metode for score-setting av valgte belysningsteknologier i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].

Måleparametere for belysning		
Kriterier	Score	Begrunnelse (Fremgangsmåte)
Effektivitet	< 100%	- Effektivitet måles i $\mu\text{mol}/\text{J}$ (micromol per joule) som måler lys effektiviteten. Dette er spesielt nyttig for å vurdere hvor mye lys lampene produserer for fotosynten. Jo høyere verdi, jo mer effektiv er lampen [250]. Verdier er hentet fra datablader og rapporter.
Levetid	< 100%	- Lang levetiden reduserer behovet for utskifting, avfall og ressurser. Levetiden for de ulike lampene er hentet fra produktdatablad som Phillips (LED) og Lumatek (HPS) [9, 14].
Vedlikehold	< 100%	- Vedlikeholdsfaktoren sier noe om hvor mye vedlikehold kreves for å opprettholde lysstyrken og levetiden. Høy verdi krever mer vedlikehold for å opprettholde funksjonaliteten, mens lav verdi krever mindre vedlikehold. Under denne kategorien inngår faktorer som eks: rengjøring, kontroll av armatur og komponenter eller bytte lyspære osv. [300].
Kostnader/økonomi	< 100%	- Installering av belysning kan gi høyere drivhuskostnader, spesielt med tanke på høye strømpriser rundt om i landet. I den forstand kan det gjøre helårsproduksjon ulønnsomt [79]. Redusere driftskostnader så langt det lar seg gjøres er vesentlig for å kunne dyrke vekster hele året. For å vurdere det økonomiske regnskapet til de respektive lyssystemene er faktorer som: effektivitet, Innvesteringer, avlinger, utgifter, strøm-, drifts-, brensel-, vann-, CO ₂ - og arbeidskostnader. Det økonomiske regnskapet er hentet i fra en rapport som sammenligner LED og HPS-lamper i norske drivhus for å optimalisere tomatavlingen [250].
Energieffektivitet	< 100%	- Det er viktig å velge lamper som er energieffektive i et drivhus, samtidig som strømforbruket og miljøpåvirkninger reduseres i størst mulig grad. Lavt energibruk vil redusere drivhusets totale energibehov, noe som også vil redusere elektrisitetens behovet fra eventuelle fossile kilder. Derfor vektlegges lamper med høy energieffektivitet fremfor lamper med høyt strømforbruk. Scoren er hentet ut i fra en rapport som sammenligner LED og HPS-lamper i norske drivhus for å optimalisere tomatavlingen [250]. Der score vurderes ut ifra prosent basert på totale energieffektiviteten (EUE), strømforbruk og energi brukt til oppvarming med drivstoff.

Dyrke optimalisering og vekstrate	< 100%	- En fersk rapport fra NIBIO viser til at belysning tredoblet tomatproduksjonen per arealenhet samtidig som bruken av energi neglisjeres ned til ca.40% [79]. Lys kan øke fotosyntesen til plantene som resulterer i økt vekst. I områder med begrenset naturlig lys vil kunstig belysning opprettholde sunn vekst og utvikling av planter. Verdier for dyrke-optimalisering hentes ut i fra rapporter basert på årlig avling (Kg m ² år ⁻¹) og deretter vektlegges en score basert på sammenligning [250].
-----------------------------------	--------	--

6.4.10 Vurdering av andre tekniske løsninger: kinetiske plater

Tabell 25 viser til måleparametere tilknyttet kinetiske energiplate, hvor kriteriene baserer seg på miljømessige og sosiale bidrag teknologien kan tilføre, og behovet for teknologien i ertsbygning og drivhus.

Tabell 25 Måleparametere for kinetiske plater – Forfatterens metode for score-setting av denne teknologien i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal score-settes, score-setting viser til score-verdi, og fremgangsmåte viser vurderinger og beregninger som ble gjort/følges [1].

Måleparametere for kinetiske plater		
Kriterier	Score	Begrunnelse (Fremgangsmåte)
Miljømessig bidrag	Høyt bidrag = 100	Det miljømessige bidraget vurderes etter teknologiens evne til å redusere noe av miljøfotavtrykket tilknyttet drivhuset.
Sosialt bidrag	Middels bidrag = 50	Det sosiale bidraget vurderes etter teknologiens evne til å skape merverdi for drivhuset og/eller ertsbygningen.
Behov for teknologien (Energi)	Lavt bidrag = 25	Behovet for teknologien vurderes etter teknologiens energibidrag i drivhuset

6.4.11 Vurdering av utforming

Tabell 26 viser til måleparametere som ble satt for de ulike kategoriene innen utforming av drivhuset. Kategoriene var henholdsvis design, vinkling og lastsikringstiltak. Hovedmålet med utformings-vurderingen var å innhente informasjon som kunne brukes videre til opptegning i datamodelleringsprogrammer. Derfor innebar målekriteriene et litteratur- og dokumentsøk, hvor det skulle finnes rapporter og beskrivelser til de ulike kriteriene.

For kriteriet «Design», ble det funnet frem til informasjon om enkelt-spenn og flerspenn drivhus. Videre selve den geometriske utformingen som elliptisk, ujevn/jevn spennvidde, sirkulær/semi-sirkulær, «vinery», gotisk og modifisert stil. For kriteriet «Vinkling» ble det undersøkt mest optimal drivhus-vinkling i forhold til solen. For kriteriet «Lastsikrings-tiltak» ble det undersøkt informasjon tilknyttet kontinuerlige, ikke kontinuerlige og andre påvirkende laster på drivhuset. Selv om alle kriteriene hører sammen i et endelig system, har de ulike funksjon og utgangspunkt. Det ble derfor vurdert at et fullt sammenligningsarbeid på tvers av kriterie-kategorier var noe nyttig. Derfor ble

disse kriteriene sammenlignet og vurdert innad sin «kategori» der det var mulig. Videre ble det så vurdert av gruppen hvilke underkategorier innen kriteriet som skulle tas med videre til tegnebrettet i datamodelleringsprogrammet. Eksempelvis ville det ved undersøkelse av drivhus-design være svært nyttig om designet passet i kaldere klima. Det ble også vektlagt hvor mye informasjon som ble funnet for de ulike kriteriene. Eksempelvis ville tilgang til fullstendig dimensjonsbeskrivelse av en type drivhus være svært nyttig for videre arbeid. Valg av komponenter ble også valgt å innhentes fortløpende som designet ble tegnet opp, og ble derfor ikke inkludert i et vurderingsarbeid i mulighetsstudiet.

Tabell 26 Måleparametere for drivhus utforming – Forfatterens metode for vurdering av valgte utforminger og design for drivhuset i mulighetsstudiet. Kriterier viser til kategorien som skal vurderes, fremgangsmåte viser til hva som ble gjort for å vurdere kriteriene, og egenvurdering viser til om utforming/design ble tatt med videre eller ikke [1].

Måleparametere – Drivhus utforming		
Kriterie	Måleenhet	Egenvurdering
Design	<ul style="list-style-type: none"> - Finne rapporter og beskrivelser om de ulike kriteriene. - Kan innebære dimensjoner, tall-verdier og spesifikasjoner. - Der det er mulig sammenlignes resultater opp mot hverandre. 	<p style="text-align: center;">Tas med videre (Ja)/ Tas ikke med videre (Nei)</p>
Vinkling		
Lastsikrings-tiltak		

6.5 Tegning og 3D-modellering i dataprogram

Dette kapittelet gjennomgår metodearbeid tilknyttet opptegning i dataprogrammene AutoCad og Rhino 3D.

6.5.1 Opptegning av vertsbbygning

Ved opptegning av Morrow fabrikken, ble det gjennomgått og analysert ulike bilder og videoer utgitt av Morrow på nett. Fullstendig oversikt over innhentet inspirasjon er lagt i *vedlegg F og C.04*. Etter samtale med kontaktperson i Morrow Batteries, ble det gitt omtrentlige mål for bjelke- og søylelengder. Noen avstander mellom disse elementene ble også gitt. I kombinasjon med innhentet inspirasjon ble så 2D plan for bæresystemet til fabrikken i AutoCAD tegnet opp som vist i *Vedlegg C.05 og C.06*. Så ble denne opptegnede veiledningen overført til Rhino.

Videre ble det undersøkt ulike produsenter og nettsider for liknende mål ved valg av stålprofiler. Eksempelvis ble det gitt omtrentlig lengde på største søylene på 18,7 meter, noe tilsvarende ble så funnet gjennom Norsk Stål sin produktkatalog [301]. Ved opptegning ble det også gjort et bevisst valg å forenkle opptegning av bærende bjelker og parallell-fagverk, både overgurt på parallell-fagverk og

bjelker ble satt til samme stålprofil. Der det tilsynelatende var oppsatt H-bjelker, ble det heller valgt hulprofiler. Årsaken til dette var at det ikke ble funnet spesifikke profiler for bæresystemet i fabrikk, og det derfor uansett ville avvikt fra virkelige forhold.

For å tegne opp profilene ble det i Rhino tegnet opp en ytre firkant med oppgitt lengde og bredde, med tilhørende indre firkant ut fra tykkelsesdimensjon. De ble så laget om til «PlanarSrf», hvor videre indre firkant ble trukket fra ytre gjennom funksjonen «BooleanDifference».

Ut fra illustrasjonsplanen til fabrikk, kan bygget deles opp i to deler. Høy del med maksimal høyde på 25-40 meter, og lav del på maksimal 18 meter [302]. Den lavere delen av bygget bestod av to etasjer, hvor første etasje så ut til å være høyere enn andre etasje [303]. Det ble derfor antatt omtrentlig høyde for 1 etasje på 10 meter, og for 2 etasje høyde på 8,7 meter.

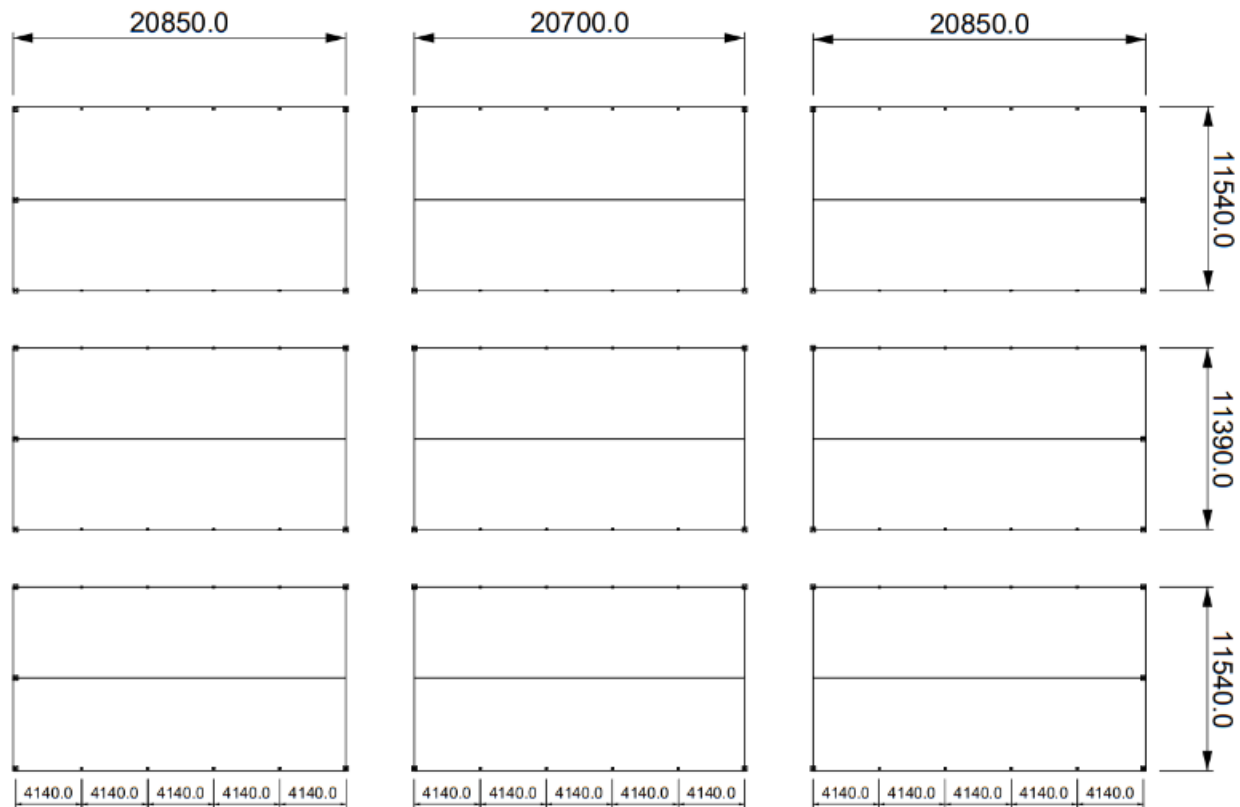
Gruppen valgte å tegne opp alle komponenter og deler selv, men sett vekk fra å tegne opp inngangspartier og «Utvendige» deler på bygget for å spare tid. Følgende ble opptegnet for bygget:

- Søylar.
- Bjelker.
- Parallell-fagverk.
- Utvendige vegger/Flater.
- Noen innvendige bærende vegger.
- Tak elementer (Membran, isolering, bærende tak)

6.5.2 Opptegning av drivhus

Ved opptegning og dimensjonering av drivhuset, ble det valgt å tegne opp horisontal plan for 9 ulike drivhus-deler. Årsaken til dette var at det var ønskelig å lage drivhus moduler som senere kunne kopieres opp for så å plassere de til ønsket plass på takkonstruksjonen. Dette åpnet opp for å justere både lengde, bredde og høyde på drivhuset om ønskelig. *Figur 112* viser til de 9 opptegnede drivhus-delene som illustrer ytterkantene og «innvendig» drivhus deler. Verdiene er gitt i mm, og viser også til avstand mellom drivhusets bæresøylar. I figuren sees underliggende bæresøylar (Større firkanter), drivhusets bæresøyle (mindre rektangler) og utvendig avgrensingslinje.

I en rapport fremkom det at det var omtrent 4 meter mellom bærende søylar på langsiden av drivhus [135]. Ved opptegning i forhold til eksisterende bæresystem, ble denne distansen på 4140mm. For stålprofiler tilknyttet søylar og bjelker, ble det her brukt dimensjoner fra mulighetsstudie «Utforming». Endelige dimensjoner gjennomgås i resultat *kapittel 7.1.11*



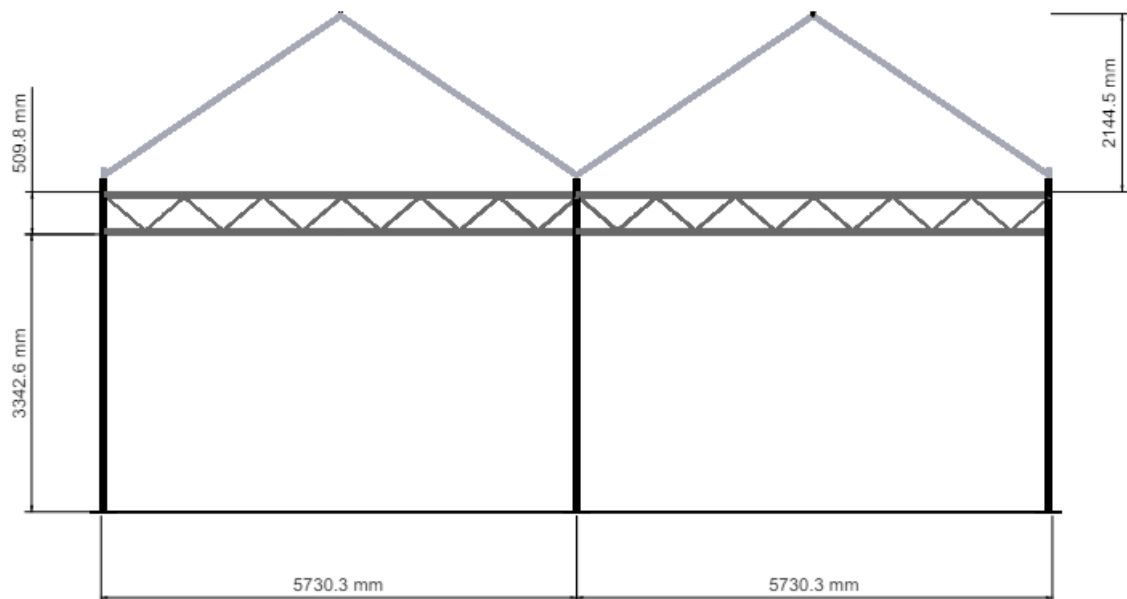
Figur 112 Illustrasjon av opptegnede drivhus deler/moduler [1].

Videre ble vertikal plan undersøkt og tegnet opp. Her inngikk å vurdere ulike høyder, tilhørende spenn og lastsikringer. For dimensjonene til drivhuset ble det tatt inspirasjon fra dimensjoner for Venlo-stil drivhus. Figurer og tabeller over slike verdier er lagt i *vedlegg C.04* [135, 137]. Det ble også tatt noe inspirasjon fra et eksisterende Venlo-drivhus i Norge [258]. Alle komponentene i drivhuset ble tegnet opp av gruppen, hvor mindre detaljer som glassfester eller teknologier ble tegnet opp i forenklet form for så å henvist til i detaljtegninger i resultat. Det ble satt en maksimal høyde på 6,0m, hvor alle elementene ble gjort om fra flate tegninger til 3D elementer ved funksjonen «Scale 1D». Følgende ble tegnet opp i drivhus-modellen som presenteres i resultat kapittelet:

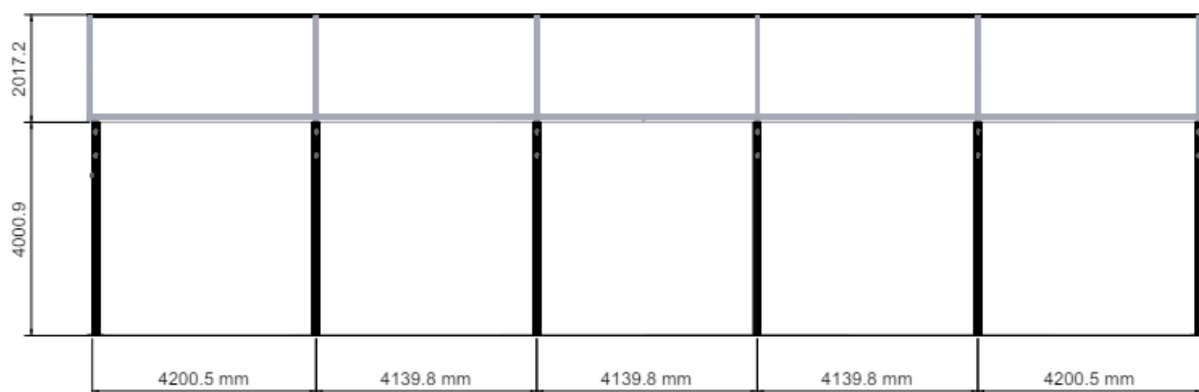
- Bjelker (Stål).
- Parallell-fagverk (Trellis-truss).
- Utvendige vegger/Flater
- Noen avskjermingsvegger.
- Tak elementer (Aluminiumsprofiler, glass ol.).
- Ekstra last-sikring (Stag/tverrprofiler i aluminium).

Ved valg av takets vinkling, ble det undersøkt ulike faktorer som optimal vinkel og snølast. I en bok er det gitt optimal vinkel for solfangere i området på 38°, det ble derfor antatt at samme vinkel ville vært optimal for drivhusets tak [241]. Derimot resulterte denne vinkelen til å gjøre taket svært høyt. For å kunne ta hensyn til snølast, burde taket ha en helning på minst 30° [241]. For å redusere materialbruk og resulterende tyngde, ble det derfor gjort et gjennomsnitt av disse verdiene som så utga takets vinkel.

Fra det Norske Venlo-huset ble det sett bruk av aluminiums-profiler langs utsiden. Ut fra bildene ble fasadene delt opp i 4 deler. Selve profilene så også ut til å være noe mindre enn selve bæresøylene [258]. Det ble derfor tatt utgangspunkt i dette ved opptegning. Ved profil-valg til disse aluminiumstengene, ble det for å forenkle tegningsprosessen brukt samme dimensjoner som for bjelkene i «trellis-truss». *Figur 113* og *114* viser til forenklet vertikal plan til en av drivhus-delene forfra og fra siden. For kryss eller skrå-vaiere som skulle gå langs ytre bæring ble det tatt inspirasjon fra ulike rapporter, hvor det blant annet var brukt 5mm vaier [55].



Figur 113 Vertikal plan og høyder - drivhus (Forfra) [1].



Figur 114 Vertikal plan og høyder - drivhus (Fra siden) [1].

Etter å ha tegnet opp drivhus-delene i 3D, ble disse kopiert opp og plassert utover takarealet til Morrow fabrikken. De ble også justert horisontalt etter taket. Videre ble det plassert inn arealer for dyrketeknologien som kom best ut i score. Det ble gjort en vurdering av opprinnelig dimensjon på dyrketeknologi og tilhørende antall produserte crispisalat, for så å justere dimensjonene etter gruppens egne ønsker. Deriblant at det var ønsket større produksjonsareal for økte mengder crispisalat, som henholdsvis kom på 70m² per drivhus-del. *Figur 115* viser til horisontal plan for

dyrketeknologi areal for 1 drivhus-del tegnet opp av gruppen. Tidligere utregnet vanntank på 69,23L pr m² dyrkeareal, la grunnlag for å kunne utregne tilhørende vanntank for 70m² dyrketeknologi [4, 304]. Det ble her også satt minimum avstand for gangareal på 1 meter, fra både teknologien, men også vegger og søyler. Det var ønskelig å utnytte store deler av taket til drivhus-drift, men også ta hensyn til andre sosiale faktorer som grøntareal, oppholdsareal og muligheter for restaurant. For plassering av tilhørende fisketanker, ble det valgt å plassere disse i mer skjermede områder.



Figur 115 Horisontal plan for dyrketeknologi i drivhus-del [1].

For å undersøke arealbruken til vannlagring tilknyttet oppvarmingsbehovet i drivhuset, ble det brukt formler fra en forskningsrapport omhandler oppvarmingsteknologier tiltenkt drivhus. Det ble i rapporten utarbeidet formler for vannlagringsvolumet i drivhus i forhold til dekkmateriale og lagringsmetode [247]. Årsaken til at gruppen valgte å regne ut slike volum, er at det ble regnet som hensiktsmessig å undersøke hvor mye areal som går til ulike teknologier. Dette for å vurdere arealeffektive virkninger på drivhus-designet og utforming. Følgende formel ble brukt:

Vanntanker som oppbevaringsmateriale

$$Y = 0,0369X + 1,9042 \quad (\text{Formel 6.1})$$

Hvor

Y = Volumet til vannlageret

X = Drivhuset grunnareal (m²)

Videre ble resulterende volum justert etter sirkulære vanntanker som ble plassert rundt i drivhuset.

7 Resultat

7.1 Resultater fra mulighetsstudiet

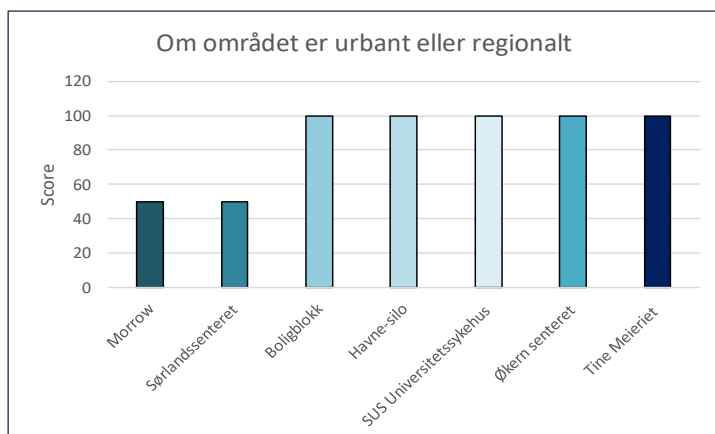
Dette kapitlet presenterer resultat for analyseenhetene. Nærmere bestemt score for hver vurderings kriterier med tilhørende grafer, total score og vurderings tabellen med begrunnelse for resultatet for analyseenhetene med best score. Disse poengsummene gir verdifullt innblikk i potensialet og fordelene ved systemene i henhold til kriteriene i mulighetsstudiet. Ved å analysere resultatene er det lettere å ta en beslutning for hvilket system eller analyseenhet som gir størst gevinst for et takdrivhus. For at rapporten ikke skulle bli for lang, er fullstendig mulighetsstudie lagt i Vedlegg A. Her er også alle tabeller for fullstendig vurdering av analyseenhetene samt tilhørende resultat.

7.1.1 Resulterende score for sted

Tabell 27 til 35 med tilhørende grafer viser score over de ulike kriteriene for vurderingsarbeidet tilknyttet sted [1].

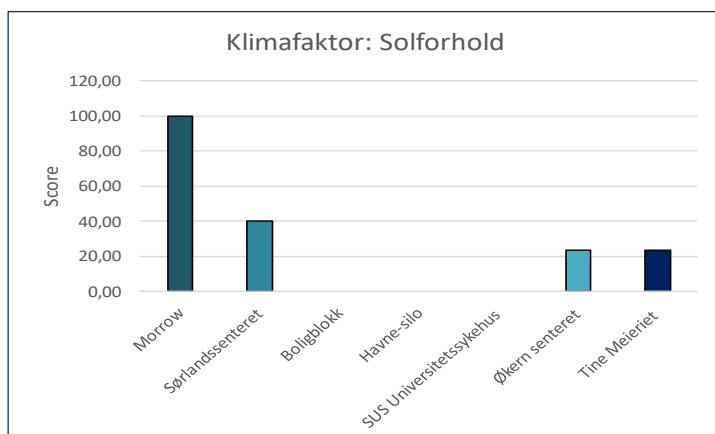
Tabell 27 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Om området er urbant eller regionalt» [1].

Om området er urbant eller regionalt		
Sted	Resultat	Score
Morrow	Regionalt	50
Sørlandssenteret	Regionalt	50
Boligblokk	Sentralt	100
Havne-Silo	Sentralt	100
SUS Universitetssykehus	Sentralt	100
Økern senteret	Urbant	100
Tine meieriet	Urbant	100



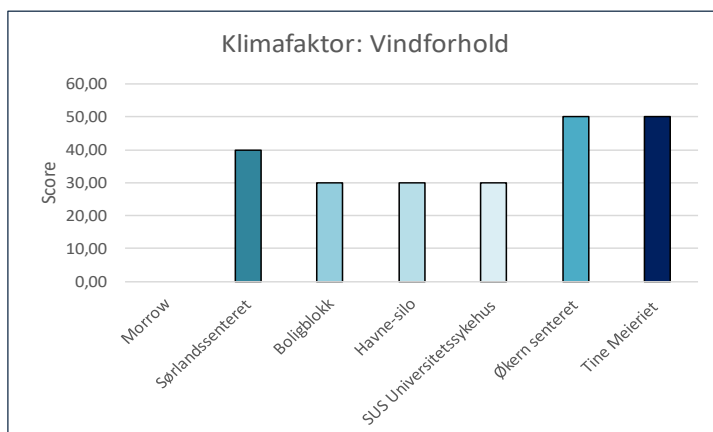
Tabell 28 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Klimafaktor: Solforhold» [1].

Klimafaktor solforhold		
Sted	Resultat [%]	Score
Morrow	30,3	100
Sørlandssenteret	28,5	40
Boligblokk	27,3	0
Havne-Silo	27,3	0
SUS Universitetssykehus	27,3	0
Økern senteret	28	23,33
Tine meieriet	28	23,33



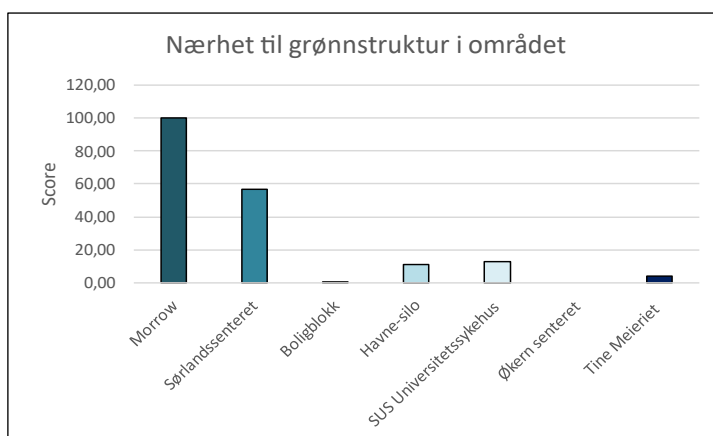
Tabell 29 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Klimafaktor: Vindforhold» [1].

Klimafaktor vindforhold		
Sted	Resultat [m/s g]	Score
Morrow	8	0
Sørlandssenteret	4	40
Boligblokk	5	30
Havne-Silo	5	30
SUS Universitetssykehus	5	30
Økern senteret	3	50
Tine meieriet	3	50



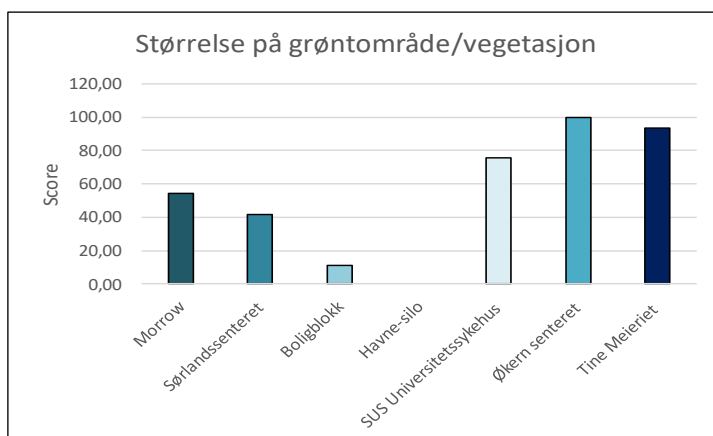
Tabell 30 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Nærhet til grønstruktur i området fra bygning» [1].

Nærhet til grønstruktur i området		
Sted	Resultat [m]	Score
Morrow	1400	100
Sørlandssenteret	867	56,98
Boligblokk	162	0,08
Havne-Silo	299	11,14
SUS Universitetssykehus	321	12,95
Økern senteret	161	0,00
Tine meieriet	210	3,95



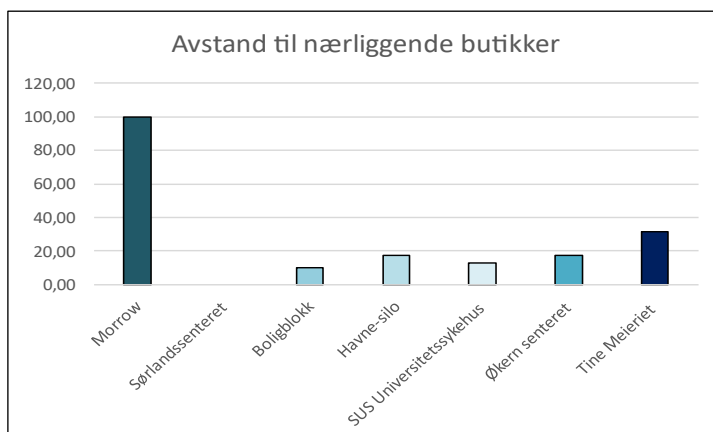
Tabell 31 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Størrelse på grøntområde/vegetasjon i området (500 m radius)» [1].

Størrelse på grøntområde/vegetasjon (500m radius)		
Sted	Resultat [%]	Score
Morrow	29,7	54,09
Sørlandssenteret	36,3	41,82
Boligblokk	52,7	11,34
Havne-Silo	58,8	0,00
SUS Universitetssykehus	18,1	75,65
Økern senteret	5	100
Tine meieriet	8,6	93,31



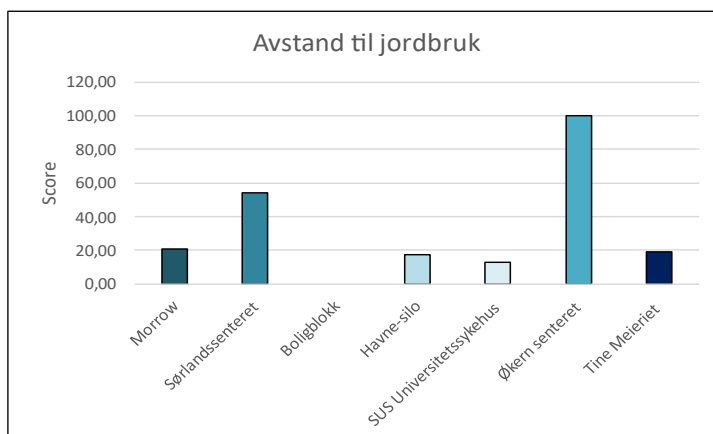
Tabell 32 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Avstand til nærliggende butikker» [1].

Avstand til nærliggende butikker		
Sted	Resultat [m]	Score
Morrow	2885	100
Sørlandssenteret	0	0
Boligblokk	296	10,26
Havne-Silo	504	17,47
SUS Universitetssykehus	373	12,94
Økern senteret	497	17,23
Tine meieriet	910	31,54



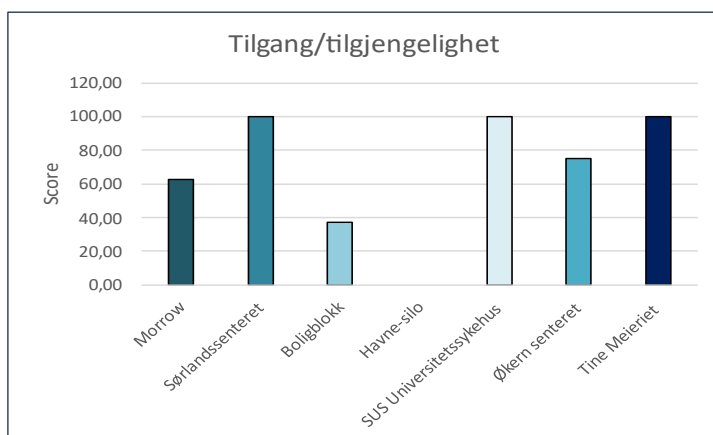
Tabell 33 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Avstand til jordbruk i området» [1].

Avstand til jordbruk		
Sted	Resultat [m]	Score
Morrow	1534	20,73
Sørlandssenteret	2838	54,11
Boligblokk	724	0,00
Havne-Silo	1411	17,58
SUS Universitetssykehus	1237	13,13
Økern senteret	4631	100
Tine meieriet	1462	18,89



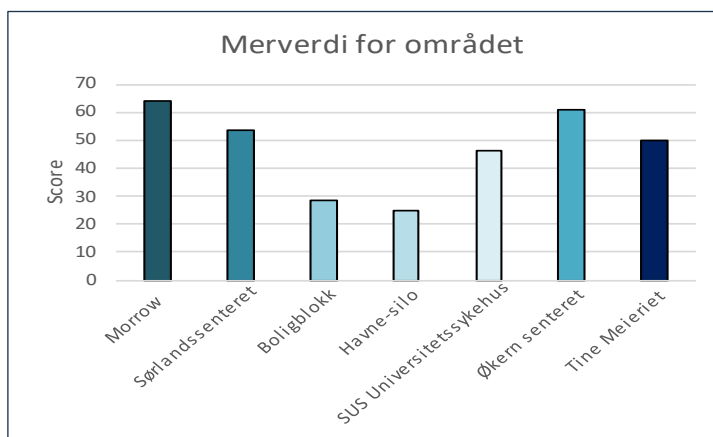
Tabell 34 resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Tilgang/tilgjengelighet» [1].

Tilgang/tilgjengelighet		
Sted	Resultat	Score
Morrow	81,25	62,50
Sørlandssenteret	100	100
Boligblokk	68,75	37,50
Havne-Silo	50	0,00
SUS Universitetssykehus	100	100
Økern senteret	87,5	75
Tine meieriet	100	100



Tabell 35 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Merverdi for området» [1].

Merverdi for området	
Sted	Score
Morrow	64,28
Sørlandssenteret	53,57
Boligblokk	28,57
Havne-Silo	25
SUS Universitetssykehus	46,42
Økern senteret	60,71
Tine meieriet	50

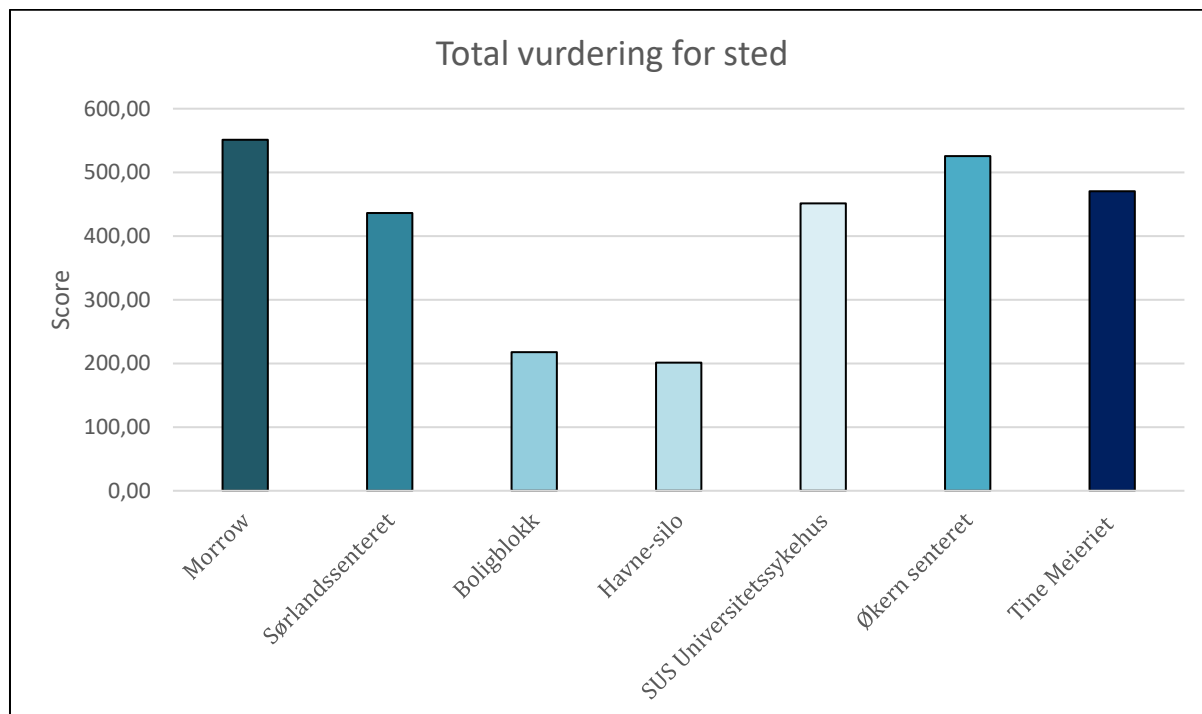


Tabell 36 viser en samlet oppsummering av poengsum for alle kriteriene, hvor figur 116 visualiserer total score i form av et søylediagram. Basert på stedsvurderingen viser resultatene at Morrow i Arendal rangeres som best egnet sted for installasjon av takdrivhus. Arendal har en score på 551,20%, etterfulgt av Økern-senteret på 525,53%, Tine meieriet på 470,34%, SUS universitetssykehus på 451,27% og Sørlandssenteret på 436,17%. Lavest kom Stavanger området med Stavanger boligblokk og havne-silo på henholdsvis 217,15% og 201,9%. Arendal (Morrow) scorer betydelig høyere på solforhold, nærhet til grønnstruktur, avstand til butikk og merverdi for området, sammenlignet med de andre stedene.

Tabell 36 total score for stedsvurderingsarbeidet [1].

Total vurdering sted							
Kriterie	Morrow	Sørlands-senteret	Boligblokk	Havne-Silo	SUS Sykehus	Økern senteret	Tine meieriet
Urbant/ Regionalt	50	50	100	100	100	100	100
Solforhold	100	40,00	0,00	0,00	0,00	23,33	23,33
Vindforhold	0	40,00	30,00	30,00	30,00	50,00	50,00
Nærhet til grønnstruktur	100	56,98	0,08	11,14	30,91	0,00	3,95
Størrelse på grøntområde	53,69	41,51	11,25	0,00	100	99,26	92,62
Avstand til butikk	100	0,00	10,26	17,47	11,61	17,23	31,54
Avstand til jordbruk	20,73	54,11	0,00	17,58	32,33	100,00	18,89
Tilgang/ Tilgjengelighet	62,5	100,00	37,50	0,00	100,00	75,00	100,00

Merverdi for området	64,28	53,57	28,57	25	46,42	60,71	50
Totalt	551,20	436,17	217,75	201,19	451,27	525,53	470,34



Figur 116 Resulterende score for sted [1].

Tabell 37 viser total stedsvurdering for Morrow batterifabrikk. Tabellen gir nærmere beskrivelse og begrunnelse av den gitte scoren for de ulike kriteriene. Morrow scorer relativt høyt på de fleste kategoriene, særlig solforhold, avstand til grønnstruktur og avstand til butikk. På en annen side scorer fabrikkene noe lavere på vindforhold og avstand til nærmeste jordbruk. Tabell for de andre områdene finnes i vedlegg A.

Tabell 37 Stedsvurdering Morrow batterifabrikk [1].

Vurdering – Sted – Morrow Batterifabrikk			
Kriterier	Måleenhet	Resultat	Score
Om området er urbant eller regionalt	Urbant = 100. Regionalt = 50.	Utenfor grå skravur i SSB sitt kartverk (tettsted 2023) [279]. Regionalt	50
Klimafaktor: Solforhold (Arendal)	Prosentvist antall soltimer i løpet av året [%].	2656 timer i Arendal [305]. 30,3%	100

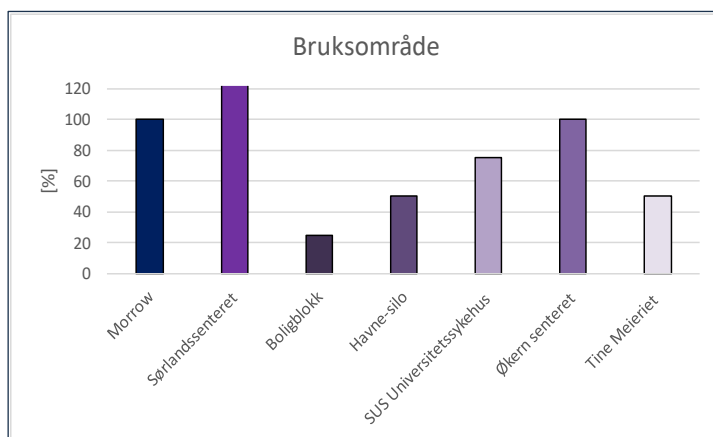
Klimafaktor: Vindforhold (Arendal)	Gjennomsnittlig høyeste vindstyrke i løpet av året [m/s gj].	8 [m/s gj] [306].	0
Nærhet til grønnsstruktur i området fra bygning	X antall meter til nærmeste grøntområde.	1400 meter til grønnsstruktur (I plan) [307].	100
Størrelse på grøntområde/vegetasjon i området	Prosent av antall m ² med grøntareal innen en 500 meter radius fra bygg.	233406 m ² [307]. 29,7%	54,09
Markedsanalyse: Avstand til nærliggende butikker	X antall meter til nærmeste butikk.	2885 [m] [308].	100
Avstand til Jordbruk rundt området	X antall meter til nærmeste jordbruk (matproduksjon) eller gård.	1534 [m] [308].	20,73
Tilgang/Tilgjengelighet	Tilgjengelighet til større vegsystemer og kollektivtransport i 200 m radius av bygget [307].	<ul style="list-style-type: none"> • Motorvei = Høy • Sykkelvei = Høy • Kollektivtransport = Lav • Parkeringsplass = Høy 	62,5
Merverdi for området	Score 67-100 = Høy. Score 34-66 =Middels. Score 0-33 = Lav.	<ul style="list-style-type: none"> • Klimafaktor solforhold: Høy = 100. • Klimafaktor vindforhold: Lav = 25. • Nærhet til grønnsstruktur: Høy = 100. • Størrelse på grøntområde: Middels = 50. • Avstand til nærliggende butikker: Høy = 100. • Avstand til jordbruk: Lav = 25. • Tilgang/Tilgjengelighet: Middels = 50 Summeres og deles på 7.	64,28
Totalt			551,60

7.1.2 Resulterende score for vertsbygning

Tabell 38 til 46 med tilhørende grafer viser score over de ulike kriteriene tilknyttet vurdering av vertsbygningene [1].

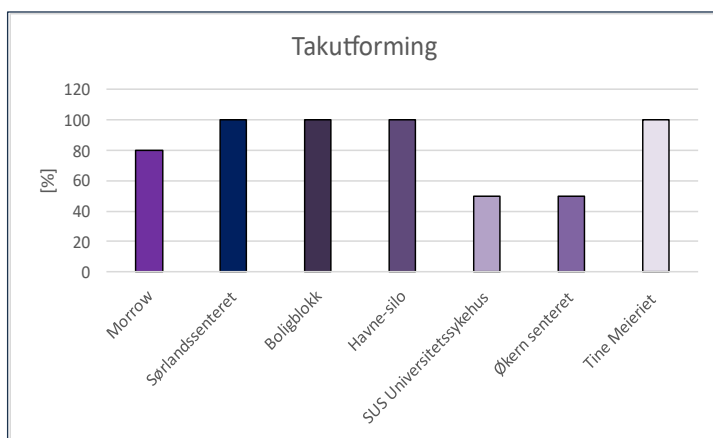
Tabell 38 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «bruksområde» [1].

Bruksområde		
Vertsbygning	Resultat	Score [%]
Morrow	Industri og næring	100
Sørlandssenteret	Kjøpesenter	125
Boligblokk	Boligblokk	25
Havne-Silo	Annet	50
SUS Universitetssykehus	Sykehus	75
Økern senteret	Kontor	100
Tine meieriet	Industri og næring	50



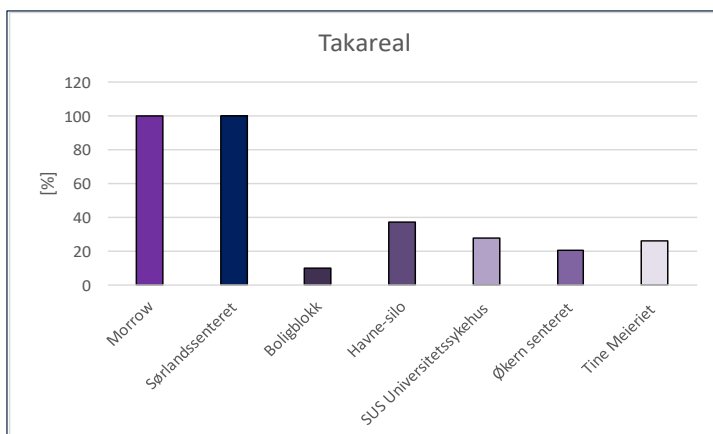
Tabell 39 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «takutforming» [1].

Takutforming		
Vertsbygning	Resultat	Score [%]
Morrow	Flatt tak med høydeforskjell	80
Sørlandssenteret	Flatt tak	100
Boligblokk	Flatt tak	100
Havne-Silo	Flatt tak	100
SUS Universitetssykehus	Tak med hull	50
Økern senteret	Flatt tak med påbygg	50
Tine meieriet	Flatt tak	100



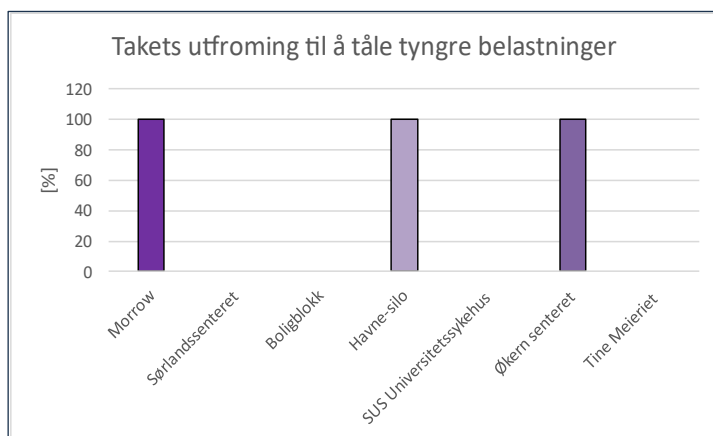
Tabell 40 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «takareal» [1].

Takareal		
Vertsbygning	Resultat [m ²]	Score [%]
Morrow	18 499	100
Sørlandssenteret	172 000	100
Boligblokk	440	25
Havne-Silo	4 325	25
SUS Universitetssykehus	113 000	75
Økern senteret	823	50
Tine meieriet	1 855	50



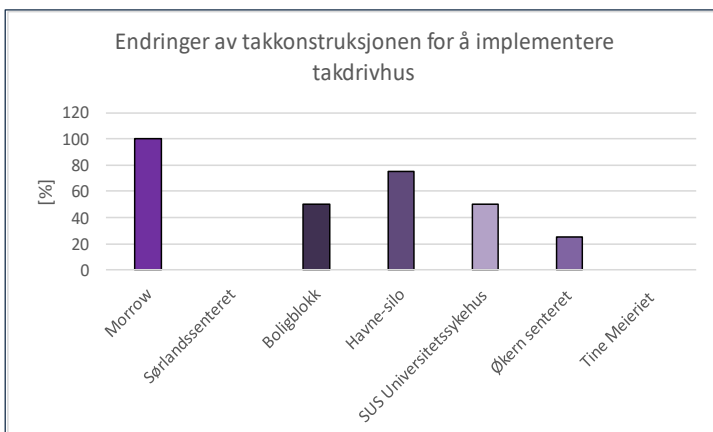
Tabell 41 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «takets utforming til å tåle tyngre belastninger» [1].

Takets utforming til å tåle tyngre belastninger		
Vertsbygning	Resultat [m ²]	Score [%]
Morrow	Ja	100
Sørlandssenteret	Nei	0
Boligblokk	Nei	0
Havne-Silo	Ja	100
SUS Universitetssykehus	Nei	0
Økern senteret	Ja	100
Tine meieriet	Nei	0



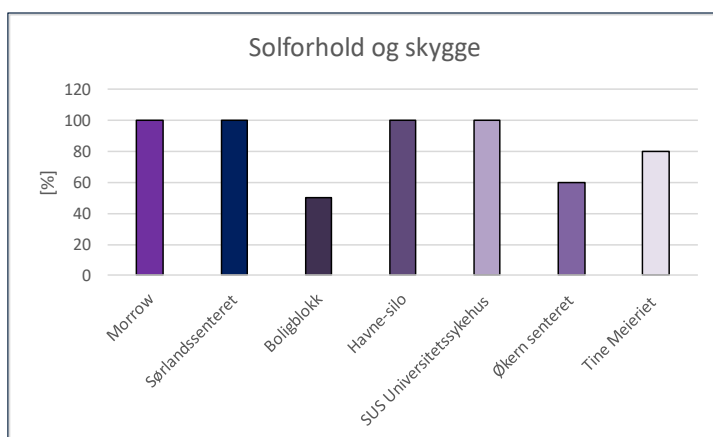
Tabell 42 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «endringer i takkonstruksjonen for å implementere drivhus» [1].

Endringer i takkonstruksjonen for å implementere drivhus		
Vertsbygning	Resultat [Enderinger]	Score [%]
Morrow	Ingen	100
Sørlandssenteret	Store	0
Boligblokk	Delvis	50
Havne-Silo	Minimale	75
SUS Universitetssykehus	Delvis	50
Økern senteret	Store	25
Tine meieriet	Store	0



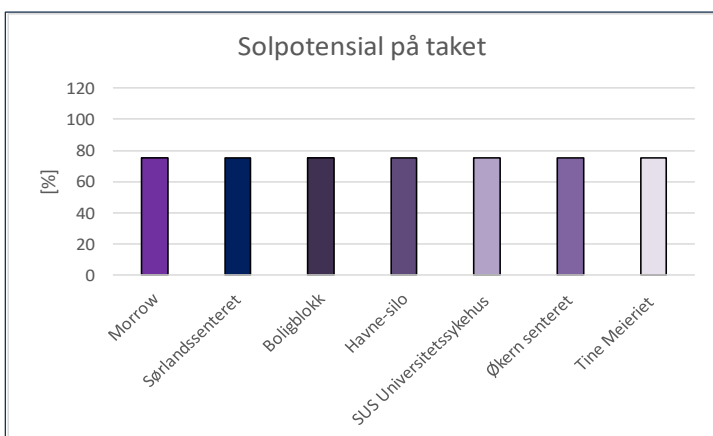
Tabell 43 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «solforhold og skygge» [1].

Solforhold og skygge		
Vertsbygning	Resultat	Score [%]
Morrow	Gode	100
Sørlandssenteret	Gode	100
Boligblokk	Middels	50
Havne-Silo	Gode	100
SUS Universitetssykehus	Gode	100
Økern senteret	Middels	60
Tine meieriet	Middels	80



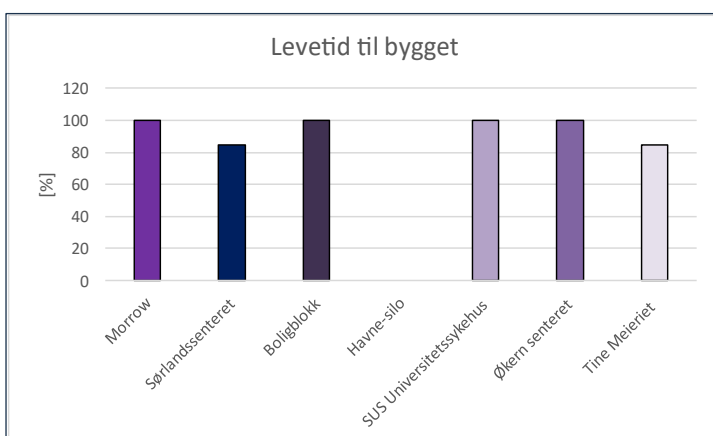
Tabell 44 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien "Solpotensial på taket" [1].

Solpotensial på taket		
Vertsbygning	Resultat	Score [%]
Morrow	Velegnet	75
Sørlandssenteret	Velegnet	75
Boligblokk	Velegnet	75
Havne-Silo	Velegnet	75
SUS Universitetssykehus	Velegnet	75
Økern senteret	Velegnet	75
Tine meieriet	Velegnet	75



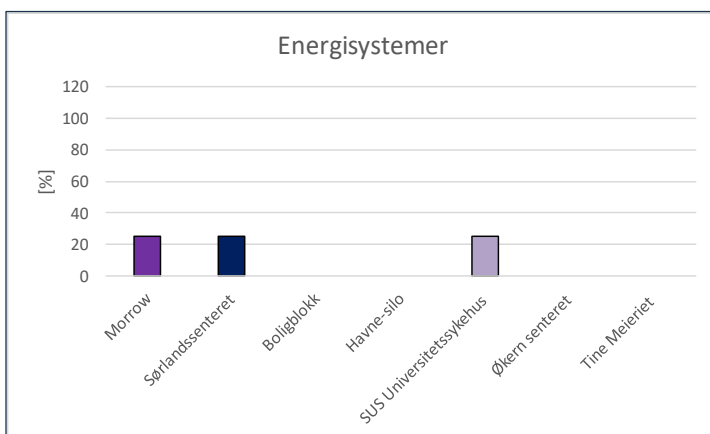
Tabell 45 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien "Levetid til bygget" [1].

Levetid til bygget		
Vertsbygning	Resultat	Score [%]
Morrow	Lang	100
Sørlandssenteret	Lang	85
Boligblokk	Lang	100
Havne-Silo	Usikker	0
SUS Universitetssykehus	Forlenget	100
Økern senteret	Forlenget	100
Tine meieriet	Middels	85



Tabell 46 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien "Energisystemer" [1].

Energisystemer		
Vertsbygning	Resultat	Score [%]
Morrow	Solceller	25
Sørlandssenteret	Bergvarme	25
Boligblokk	Ikke oppgitt	0
Havne-Silo	Ikke oppgitt	0
SUS Universitetssykehus	Jordvarme	25
Økern senteret	Ikke oppgitt	0
Tine meieriet	Ikke oppgitt	0

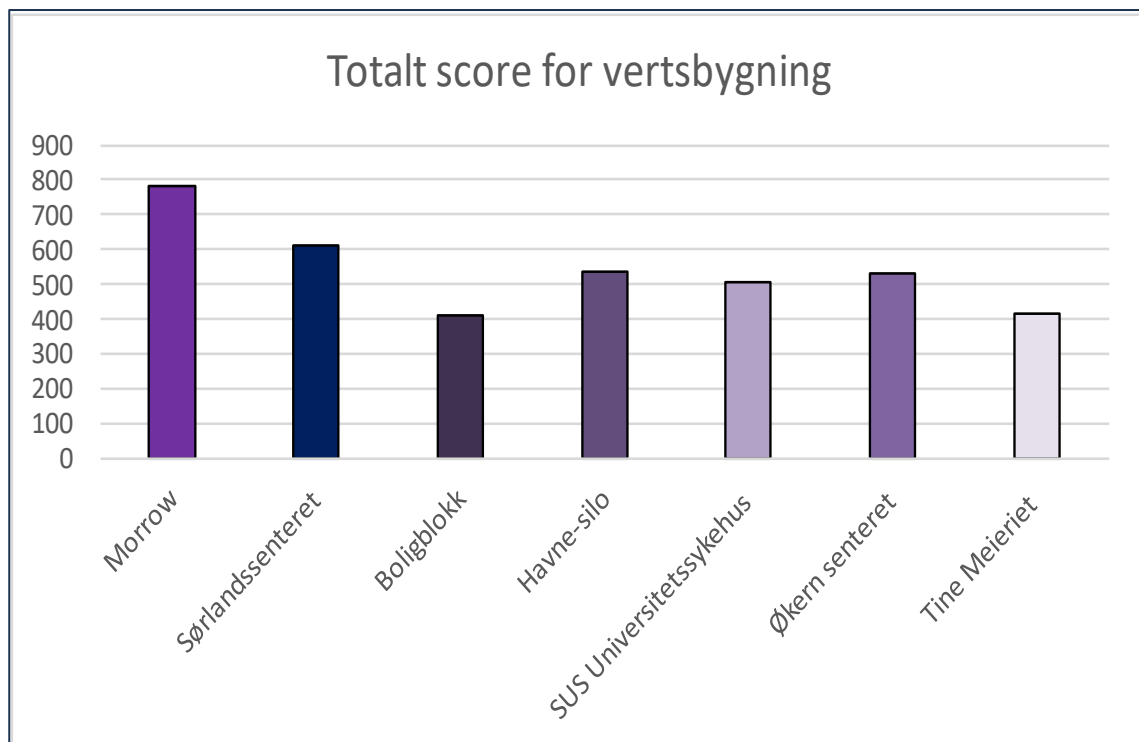


Tabell 47 viser oversikt over total score for vertsbygningene, hvor figur 117 visualiserer den gitte scoren igjennom ett søylediagram. Også her kommer Morrow best ut av de respektive vertsbygningene med en betydeligere høyere score på totalt 780%. I den grad er Morrow en svært egnet konstruksjon for oppføring av takdrivhus i henhold til byggets funksjonalitet, spesifikasjoner, takareal og solforhold. Sørlandssenteret i Kristiansand og havne-siloen i Stavanger følger deretter med en score på 610% og 537,5%. Sykehuset og Økern senteret har nærmest lik score. Oppsummeringen viser at boligblokkene og Tine-meieriet med en score på 410% og 415% er mindre egnet for drivhus i denne sammenhengen, basert på de vedtatte vurderingene i mulighetsstudien.

Tabell 47 Total score for vertsbygning [1].

Total vurdering vertsbygning							
Kategori	Morrow	Sørlands-senteret	Boligblokk	Havne-Silo	SUS Sykehus	Økern senteret	Tine meieriet
Bruksområde/funksjonalitet	100	125	25	50	75	100	50
Takutforming	80	100	100	100	50	50	100
Takareal	100	100	10	37.5	28	20,57	26
Takets utforming til å tåle tyngre belastninger	100	0	0	100	0	100	0
Endringer av takkonstruksjonen for å implementere drivhus	100	0	50	75	50	25	0
Solforhold og skygge	100	100	50	100	100	60	80

Holdbarhet/levetid til bygget	100	85	100	0	100	100	84
Energisystemer	25	25	0	0	25	0	0
Solpotensial på taket	75	75	75	75	75	75	75
Total	780	610	410	537,5	503	530,57	415



Figur 117 Resulterende score for vertsybygning [1].

Tabell 48 viser total vertsbygning-vurdering for Morrow batterifabrikk. Morrow scorer fullt på bruksområde/funksjonalitet, takareal, takets utforming til å tåle tyngre belastninger og endringer, solforhold og levetid. Utformingen på taket fører midlertid til en lavere poengsum grunnet taket har ulike høydeforskjeller.

Tabell 48 Resultat vertsbygning: Morrow batterifabrikk [1].

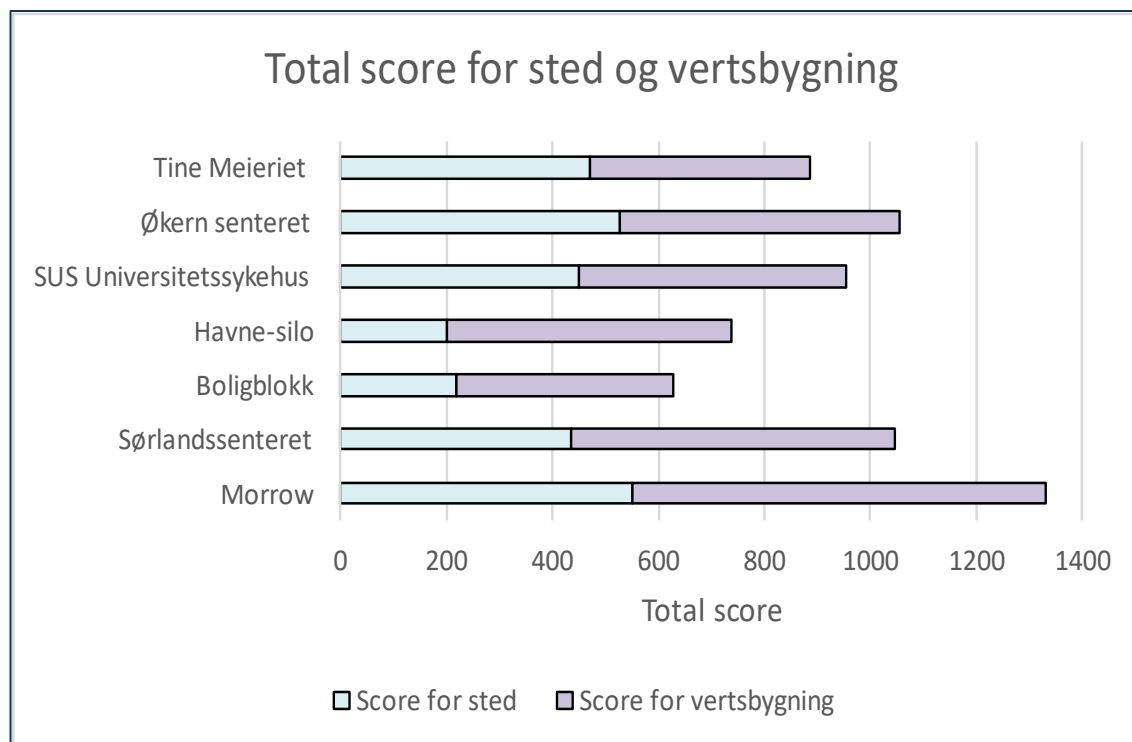
Vurdering – vertsbygning-Morrow			
Sted: Arendal			
Kriterier	Måleenhet	Resultat	Score [%]
Bruksområde funksjonalitet	Bruksområdet til bygget	Industri og næring (batterifabrikk) Gode muligheter for utnyttelse av spillvarme fra batteriproduksjonen og andre energistrømmer. Samtidig som man tilbakefører grøntområde i et svært nedbygd område. Drivhuset kan gi 2000-2500 ansatte kortreist bærekraftig mat.	100
Takutforming	Utforming på taket	Flatt tak (En ulempe er at taket har ulike høydeforskjeller)	80
Takareal	Areal [m ²]	Stort Takareal: 18 400 m ² [2]. Muligheter for å ha drivhus, solceller, uteområder, grøntområder, fisketanker og andre teknologiske anlegg. Muligheter for å kombinere flere elementer, gir merverdi for takområdet med både sosiale og bærekraftige verdier.	100
Takets utforming til å tåle tyngre belastninger	ja	Ja Taket er konstruert til å dekkes av solcelle paneler. Batterifabrikken er enda ikke ferdigstilt, som gjør det mulig å konstruere taket til å tåle tyngre belastninger.	100
Endringer av takkonstruksjonen for å implementere drivhus	Nei	Ingen endringer Nei. Det trenges ikke å gjøre ytterlige endringer på eksisterende tak, da det blir tatt i betraktning i prosjektfasen at taket skal være forbeholdt takdrivhus. Det vil være naturlig å legge til ekstra ventilasjon for transmisjon av strømmer.	100
Solforhold og skygge		Gode solforhold og ingen skygge Ut ifra plantegningene skal omkringliggende bygg være på samme høyde, som vil si at det ikke er noen elementer som vil skygge for vertsbygningen. Deler av vertsbygningen er også høyere enn omkringliggende konstruksjoner [282].	100
Holdbarhet/levetid til bygget	[x antall år]	Lang levetid Bygget er enda ikke i drift, noe som vil si at bygget har en levetid på 60 år frem i tid.	100

Energisystemer	Fornybare energikilder	Solceller Det er planlagt solceller på taket.	25
Solpotensial på taket	Velegnet	Velegnet Takutforming er velegnet for installering av solceller eller solenergi [283]	75
Totalt			780

Tabell 49 viser oversikt over sammenlagt stedsvurdering og vertsybningsvurdering, hvor figur 118 visualiserer den gitte scoren igjennom ett søylediagram. Total sett kommer Morrow best ut både som vertsybygning og passende sted med en score på 1331,2%. Dermed vil Morrow være grunnlaget for videre arbeid og prosesser i denne studien for drivhuset. Nærmere begrunnelser og vurderinger gjort av de ulike kategoriene blir analysert i diskusjon.

Tabell 49 Total score for vertsybygning og sted [1].

Total score for vertsybygning og sted			
	Sted	Vertsybygning	Totalt
Morrow	551,2	780	1331,2
Sørlandssenteret	436,17	610	1046,17
Boligblokk	217,67	410	627,67
Havne-Silo	201,19	537,5	738,69
SUS Universitetssykehus	451,27	503	954,27
Økern senteret	525,53	530,57	1056.1
Tine meieriet	470,34	514	885,34



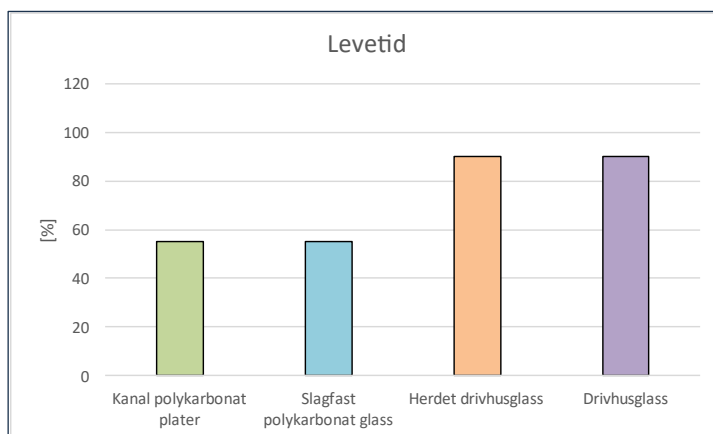
Figur 118 Total score for vertsybygning og sted [1].

7.1.3 Resulterende score for drivhus: fasadematerialer

Tabell 50 til 62 viser score over de ulike kriteriene med tilhørende grafer for fasade material vurderingen [1].

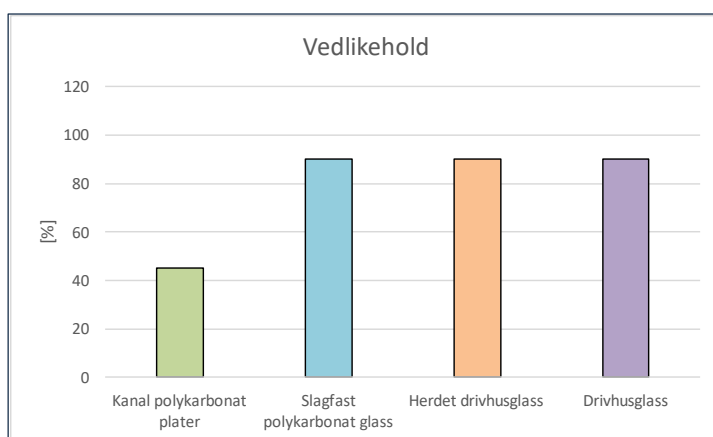
Tabell 50 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Levetid» [1].

Levetid		
Fasade materialer	Resultat [år]	Score [%]
Kanal polykarbonat plater	10-15	55
Slagfast polykarbonat glass	10-15	55
Herdet drivhusglass	20-30	90
Drivhusglass	20-30	90



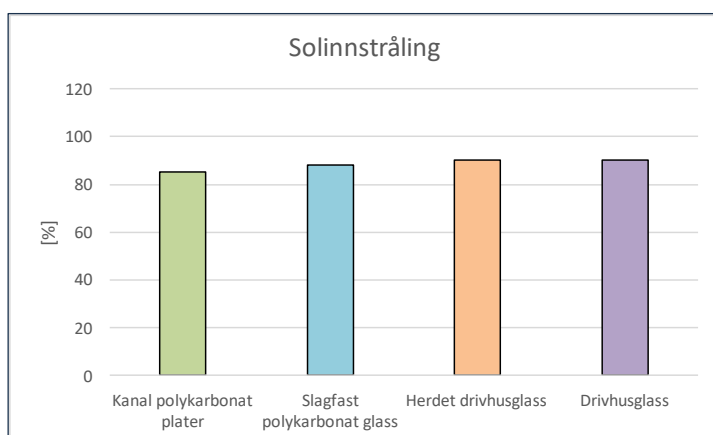
Tabell 51 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Vedlikehold» [1].

Vedlikehold		
Fasade materialer	Resultat	Score [%]
Kanal polykarbonat plater	Middels	45
Slagfast polykarbonat glass	Lite	90
Herdet drivhusglass	Lite	90
Drivhusglass	Lite	90



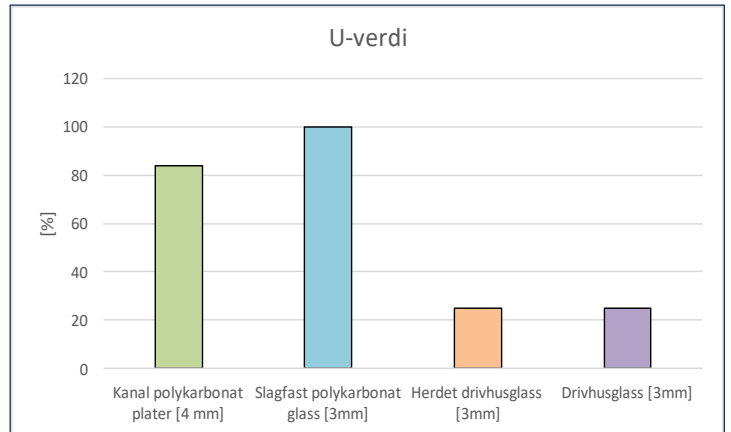
Tabell 52 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Solinnstråling/lysgjennomgang»[1].

Solinnstråling/Lysgjennomgang		
Fasade materialer	Resultat [%]	Score [%]
Kanal polykarbonat plater	85	85
Slagfast polykarbonat glass	88	88
Herdet drivhusglass	90	90
Drivhusglass	90	90



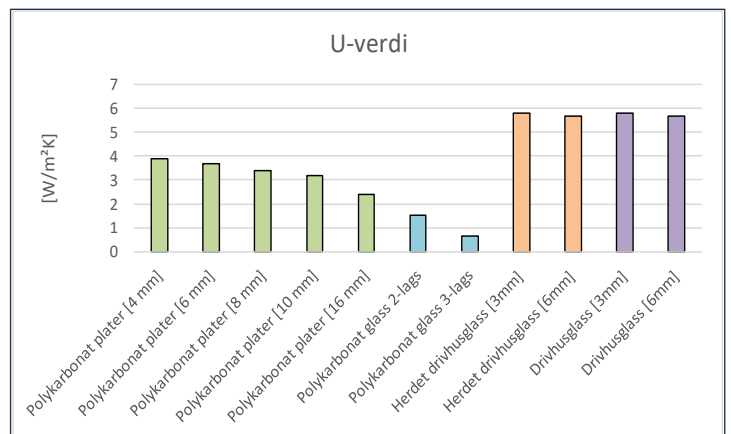
Tabell 53 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «U-verdi (varmetapskoeffisienten)» [1].

U-verdi (Isolasjonsevne)		
Fasade materialer	Resultat [W/m ² K]	Score [%]
Kanal polykarbonat plater	3,9	84
Slagfast polykarbonat glass	1,53	100
Herdet drivhusglass	5,8	25
Drivhusglass	5,8	25



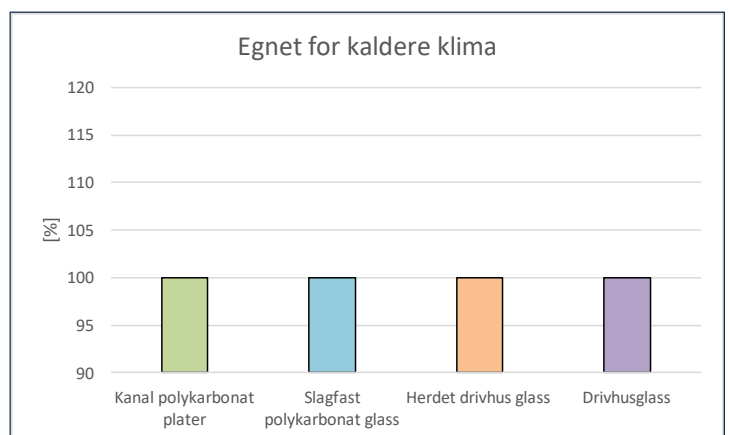
Tabell 54 U-verdi for fasade materialer i ulike tykkelser [1].

U-verdi	
Fasade materiale	Resultat [W/m ² K]
Kanal polykarbonat plater [4 mm]	3,9
Kanal polykarbonat plater [6 mm]	3,7
Kanal polykarbonat plater [8 mm]	3,4
Kanal polykarbonat plater [10 mm]	3,2
Kanal polykarbonat plater [16 mm]	2,4
Slagfast polykarbonat glass 2-lags	1,53
Slagfast polykarbonat glass 3-lags	0,66
Herdet drivhusglass [3 mm]	5,8
Herdet drivhusglass [6 mm]	5,7
Drivhusglass	5,8
Drivhusglass	5,7



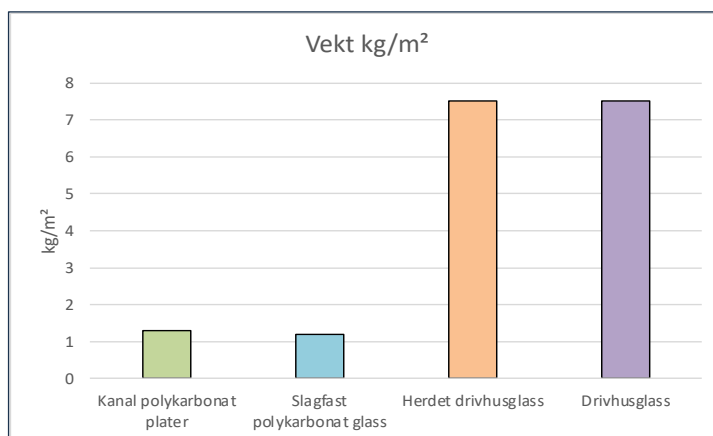
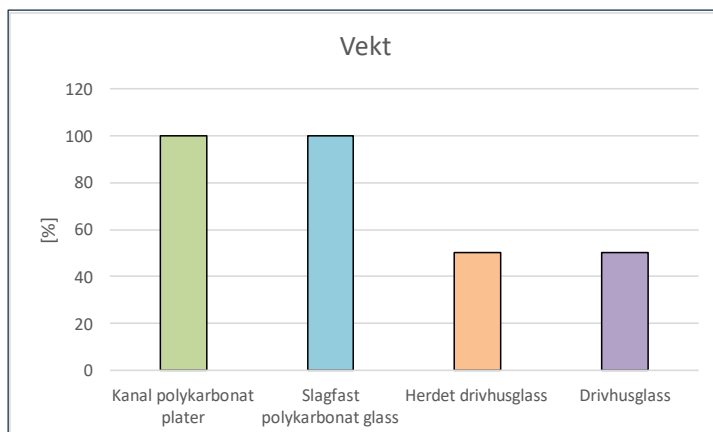
Tabell 55 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Egnet for kaldere klima» [1].

Egnet for kaldere klima		
Fasade materialer	Resultat	Score [%]
Kanal polykarbonat plater	Ja	100
Slagfast polykarbonat glass	Ja	100
Herdet drivhusglass	Ja	100
Drivhusglass	Ja	100



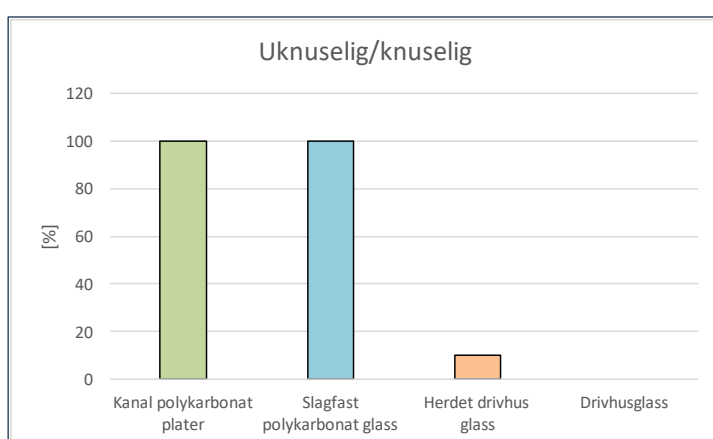
Tabell 56 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Vekt» og «Vekt kg/m³» [1].

Vekt		
Fasade materialer	Resultat [kg pr/m ²]	Score [%]
Kanal polykarbonat plater	1,3	100
Slagfast polykarbonat glass	1,2	100
Herdet drivhusglass	7,5	50
Drivhusglass	7,5	50



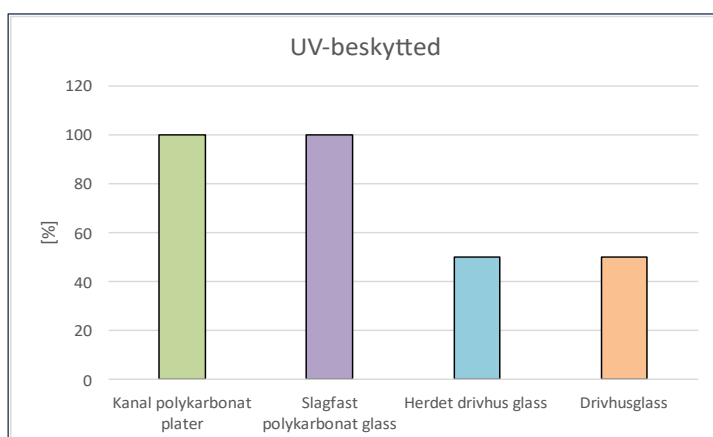
Tabell 57 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Knuselig/Uknuselig» [1].

Uknuselig/Knuselig		
Fasade materialer	Resultat	Score [%]
Kanal polykarbonat plater	Nei	100
Slagfast polykarbonat glass	Nei	100
Herdet drivhusglass	Ja	10
Drivhusglass	Ja	0



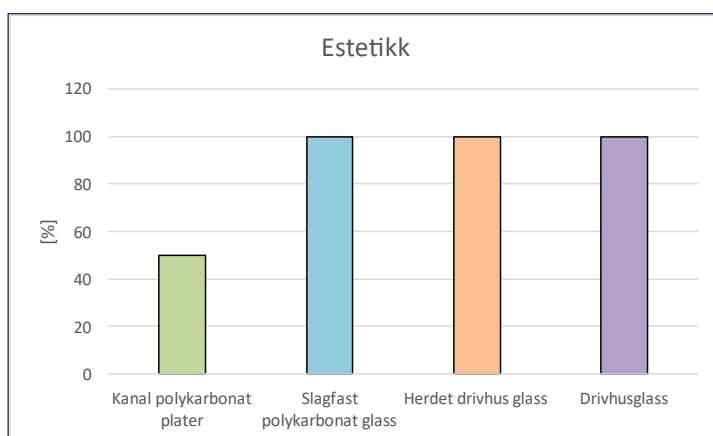
Tabell 58 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «UV-beskyttet» [1].

UV-beskyttet		
Fasade materialer	Resultat	Score [%]
Kanal polykarbonat plater	Ja	100
Slagfast polykarbonat glass	Ja	100
Herdet drivhusglass	Nei	50
Drivhusglass	Nei	50



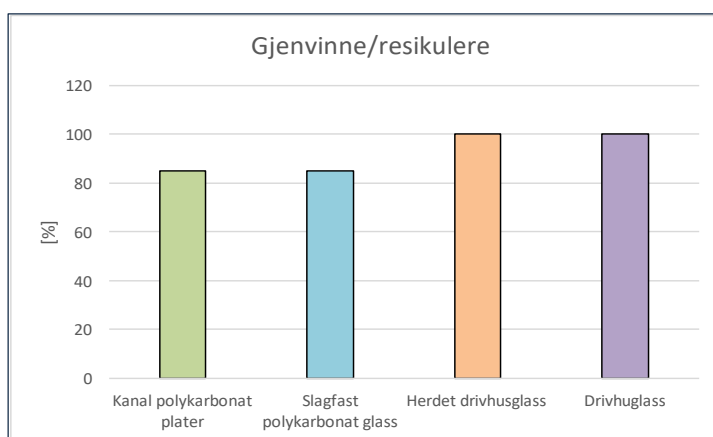
Tabell 59 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Estetikk» [1].

Estetikk		
Fasade materialer	Resultat	Score [%]
Kanal polykarbonat plater	Uklar	50
Slagfast polykarbonat glass	Klar	100
Herdet drivhusglass	Klar	100
Drivhusglass	Klar	100



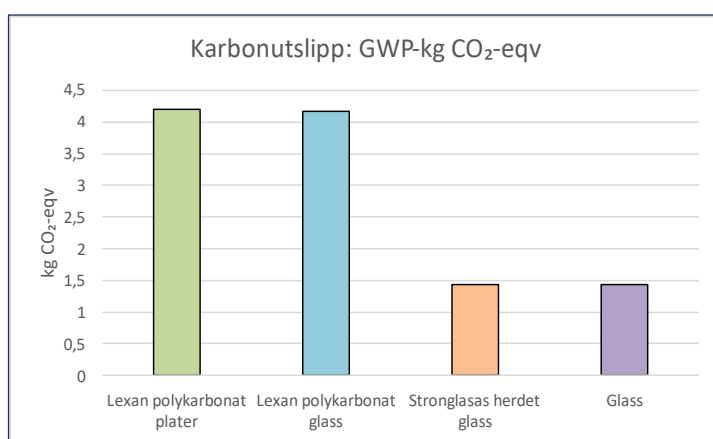
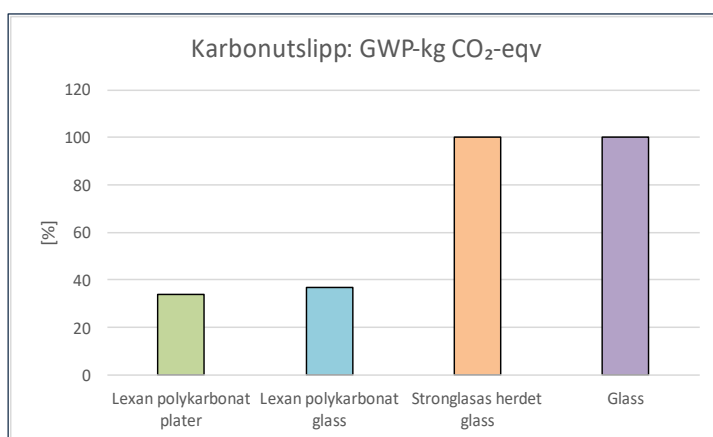
Tabell 60 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Gjenvinne/resikulere»[1].

Gjenvinne/resikulere		
Fasade materialer	Resultat	Score [%]
Kanal polykarbonat plater	Ja	85
Slagfast polykarbonat glass	Ja	85
Herdet drivhusglass	Ja	100
Drivhusglass	Ja	100



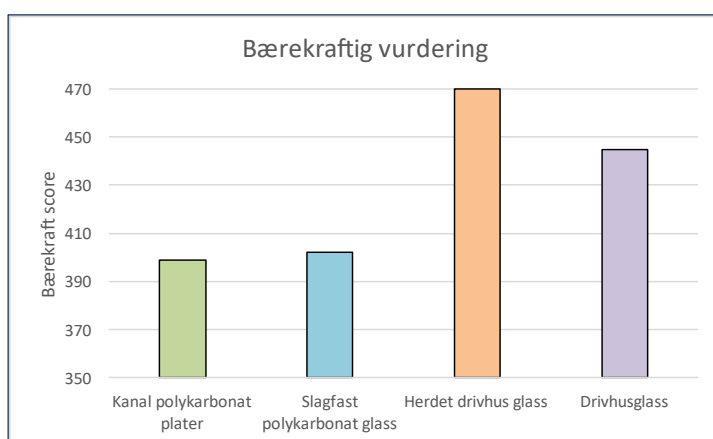
Tabell 61 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «karbonavtrykk» [1].

Karbonavtrykk		
Fasade materialer	Resultat [Kg CO ₂ -eq]	Score [%]
LEXAN polykarbonat plater	4,197	34
LEXAN polykarbonat glass	4,175	37
Stronglas herdet glass	1,44	100
Stronglass drivhusglass	1,44	100



Tabell 62 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Generell bærekraft» [1].

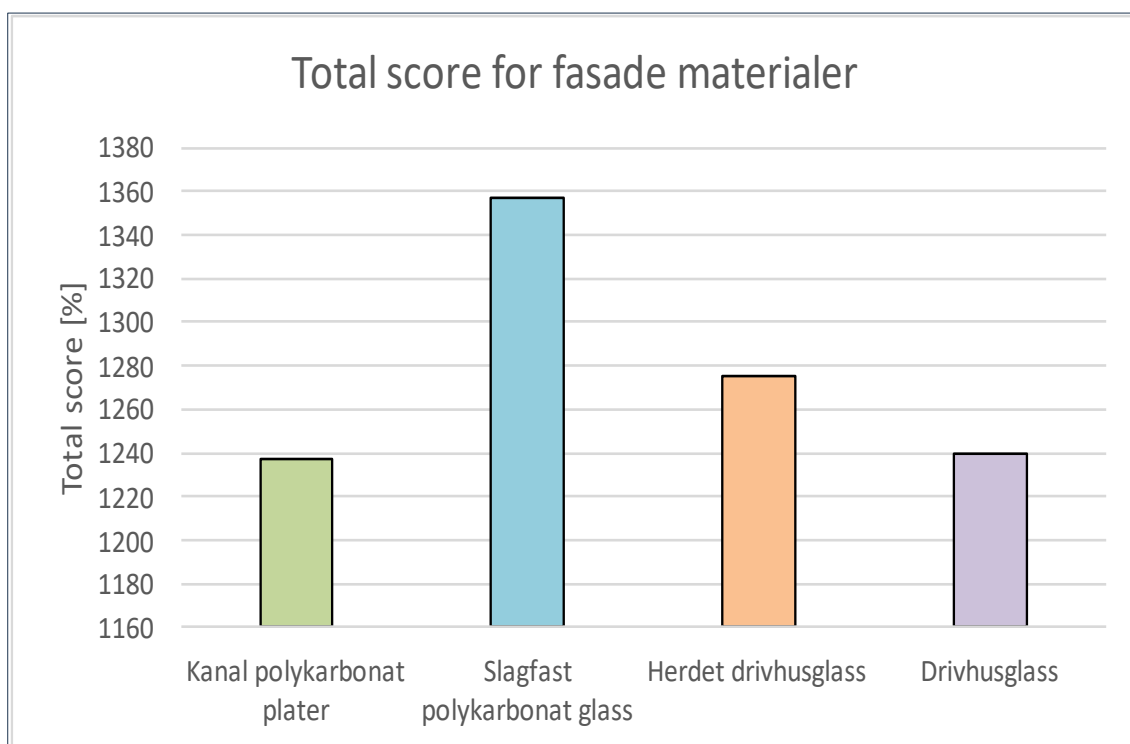
Generell bærekraft	
Fasade materialer	Score [%]
Kanal polykarbonat plater	399
Slagfast polykarbonat glass	402
Herdet drivhusglass	470
Drivhusglass	445



Tabell 63 viser oversikt over score for sammenlagt vurdering for fasadematerialene kanal – og slagfastpolykarbonat, samt herdet glass og drivhusglass. Figur 119 visualiserer den gitte scoren igjennom ett søylediagram. Resultatene fra den gjennomførte mulighetsstudien tyder på at slagfast polykarbonat glass er det beste egnete fasade-materialet for drivhuset med en score på 1275%. Relativt er det lite som skiller materialene da alle har både fordeler og ulemper når det kommer til bærekraft, styrke og isolasjonsevne som nærmere diskuteres under diskusjon.

Tabell 63 Total score for fasade materialer [1].

Total score for fasade materialer				
Fasade materiale	Kanal polykarbonat plate	Slagfast polykarbonat glass	Herdet Drivhusglass	Drivhusglass
Levetid	55	55	100	100
Vedlikehold	45	90	90	90
Solinnstråling	85	88	90	90
U-verdi	84	100	25	25
Egnet for kaldere klima	100	100	100	100
Vekt	100	100	50	50
Knuselig	100	100	100	0
UV-beskyttet	100	100	50	50
Estetikk	25	100	100	100
Gjenvinne/resirkulere	85	85	100	100
Karbonutslipp	34	37	100	100
Bærekraft	399	402	470	445
Totalt	1237	1357	1275	1240




Figur 119 Resulterende score for fasade materialer [1].

Tabell 64 viser oversikt over vurderingen for slagfast polykarbonat med resultat og begrunnelser. Platene oppnår gode resultater på kategoriene isoleringsevne, lav vekt, estetikk og styrke. På en annen side viser resultatene at platen oppnår noe lavere score på levetid og karbonutslipp relatert til produksjon.

Tabell 64 Slagfast polykarbonat glass [3mm]: [286] [138], [204], [205], [206], [13], [309], [288], [310], [1].

Vurdering – Slagfast Polykarbonat glass [3 mm]			
Kriterier	Måleenhet	Resultat	Score [%]
Levetid	[X antall år]	10 -15år Kan midlertid kreve noe mer utskifting enn vanlig glass. Fare for å gulne over tid. Leverandører oppgir en garanti på 10år, da platene brytes sakte ned etter denne perioden. Kan behandles med tilsetningsstoffer for å forhindre gulning og nedbryting.	55
Vedlikehold	Ingen, litt, mye	Lite Hammerglass er belagt med silisiumoksid som beskytter mot riper, slitasje og misfarging. Krever også rengjøring.	90
Solinnstråling /Lysgjennomsiktighet	%	88% Platene slipper gjennom diffust lys som skinner jevnt over plantene.	88
Varmetapskoeffisienten isolasjonsevne (U-verdi)	[W/m ² K]	0,66 3-lags glass/ 1,53 2-lags glass Bedre isolasjonsevne som kan bidra til å holde drivhuset varmere i kjøligere temperaturer.	90
Egnet for kaldere klima	Ja/Nei	Ja	100
Vekt	Lett/Tung	Lett vekt: 1,20 kg/ m² Enkel å montere/ installere og håndtere.	100
Knuselig/Uknuselig	Ja/Nei	Uknuselig Slitesterk og motstandsdyktig, som er gunstig i områder med storm. Platene er 330 ganger sterkere enn vanlig glass.	100
UV-beskyttet	Ja/Nei	UV-beskyttet 99,96% Hindrer misfarging og gulner over tid.	100
Estetikk	%	100% Platene er gjennomsiktig akkurat som glass plater, gir dermed.	100
Bærekraft: Gjenvinne/resirkulere	Ja/Nei	Ja Materialet kan resirkuleres både mekanisk og kjemisk. Kan være noe vanskeligere å gjenvinne. Da det kreves spesialisert teknologi og prosesser.	85
Bærekraft: Karbonavtrykk	Kg CO ₂ -eqv	4,175 kg CO₂-eqv [288].	37
Generell Bærekraft:		- Kortere levetid og kan gulne over tid, krever dermed utskifting som fører til økt materialbruk og karbonutslipp.	402

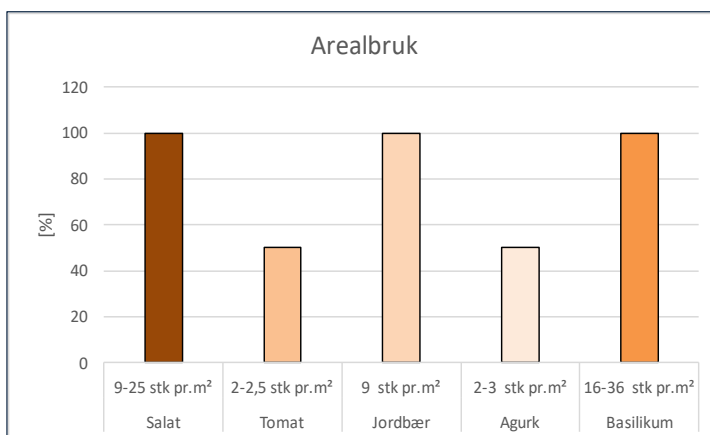
		<ul style="list-style-type: none"> - Bedre holdbarhet/styrke som reduserer behovet for reparasjoner/skader ved ekstremvær. - Høyt karbonutslipp grunnet bruk av petroleumbaserte materialer. - Lett materiale som fører til lavere transportutslipp. - Fare for giftige kjemikalier og mikroplast i naturen om materialet ikke behandles som avfall. 	
Totalt			1357

7.1.4 Resulterende score for vekster og planter

Tabell 65 til 71 viser score over de ulike kriteriene med tilhørende grafer for vurderingsarbeidet tilknyttet kategorien vekster og planter [1].

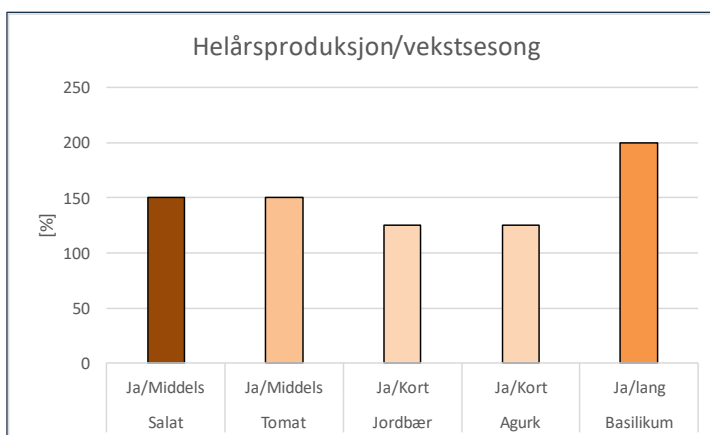
Tabell 65 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Arealbruk» [1].

Arealbruk		
Planter	Resultat [stk pr.m ²]	Score [%]
Salat	9-25	100
Tomat	2-2,5	50
Jordbær	9	100
Agurk	2-3	50
Basilikum	16-36	100



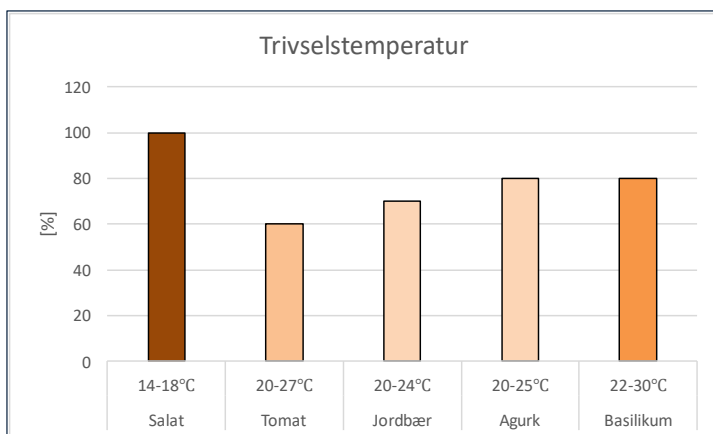
Tabell 66 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Helårsproduksjon/Vekstsesong» [1].

Helårsproduksjon/Vekstsesong			
Planter	Helårsproduksjon	Vekstsesong	Score [%]
Salat	Ja	Middels	150
Tomat	Ja	Middels	150
Jordbær	Ja	Kort	125
Agurk	Ja	kort	125
Basilikum	Ja	Lang	200



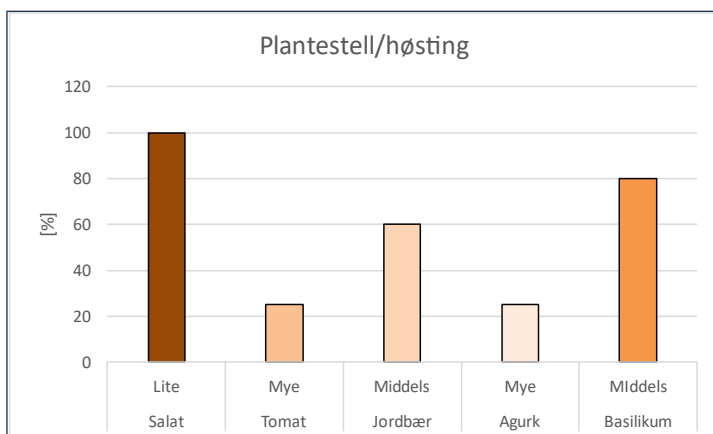
Tabell 67 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Trivselstemperatur» [1].

Trivselstemperatur		
Planter	Resultat [°C]	Score [%]
Salat	14-18	100
Tomat	20-27	60
Jordbær	20-24	70
Agurk	20-25	80
Basilikum	22-30	80



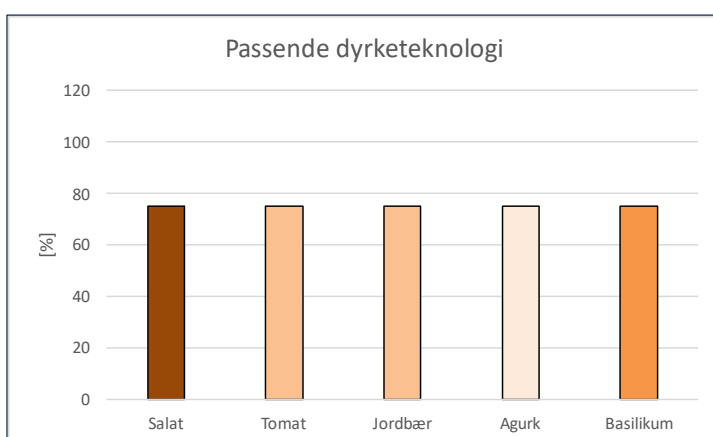
Tabell 68 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «plantestell/høsting» [1].

Plantestell/høsting		
Planter	Resultat	Score [%]
Salat	Lite	100
Tomat	Mye	25
Jordbær	Middels	80
Agurk	Mye	25
Basilikum	Middels	60



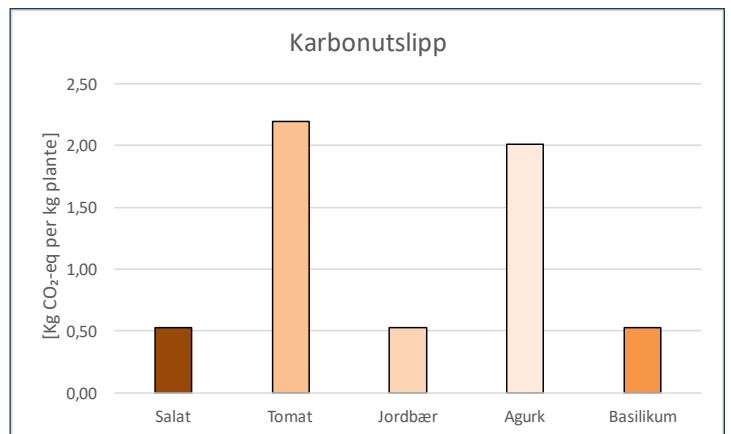
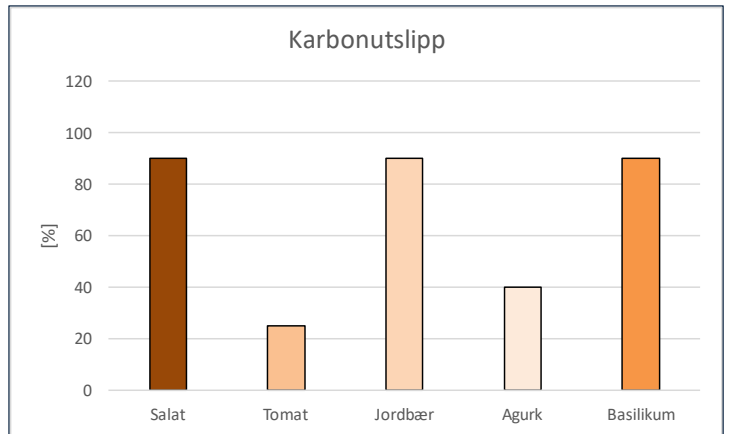
Tabell 69 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «passende dyrketeknologi» [1].

Passende dyrketeknologi		
Planter	Resultat	Score [%]
Salat	Alle	75
Tomat	Alle	75
Jordbær	Alle	75
Agurk	Alle	75
Basilikum	Alle	75



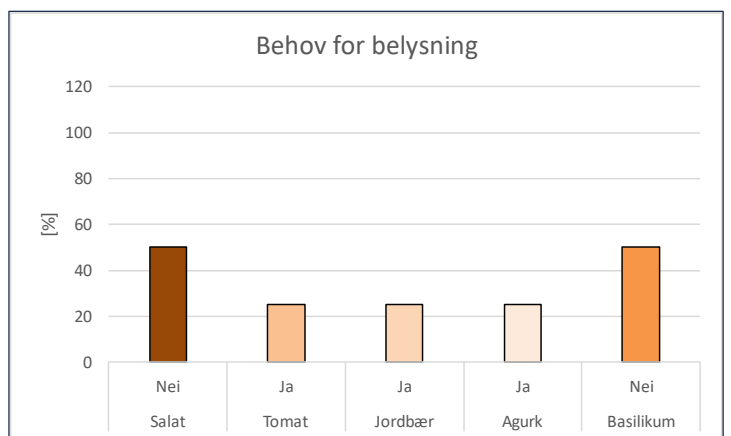
Tabell 70 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «karbonutslipp» [1].

Karbonutslipp		
Planter	Resultat Kg CO ₂ -eq per kg plante	Score [%]
Salat	0,13-0,53	90
Tomat	2,2	25
Jordbær	0,13-0,53	90
Agurk	0,64-2,01	40
Basilikum	0,13-0,53	90



Tabell 71 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «belysning» [1].

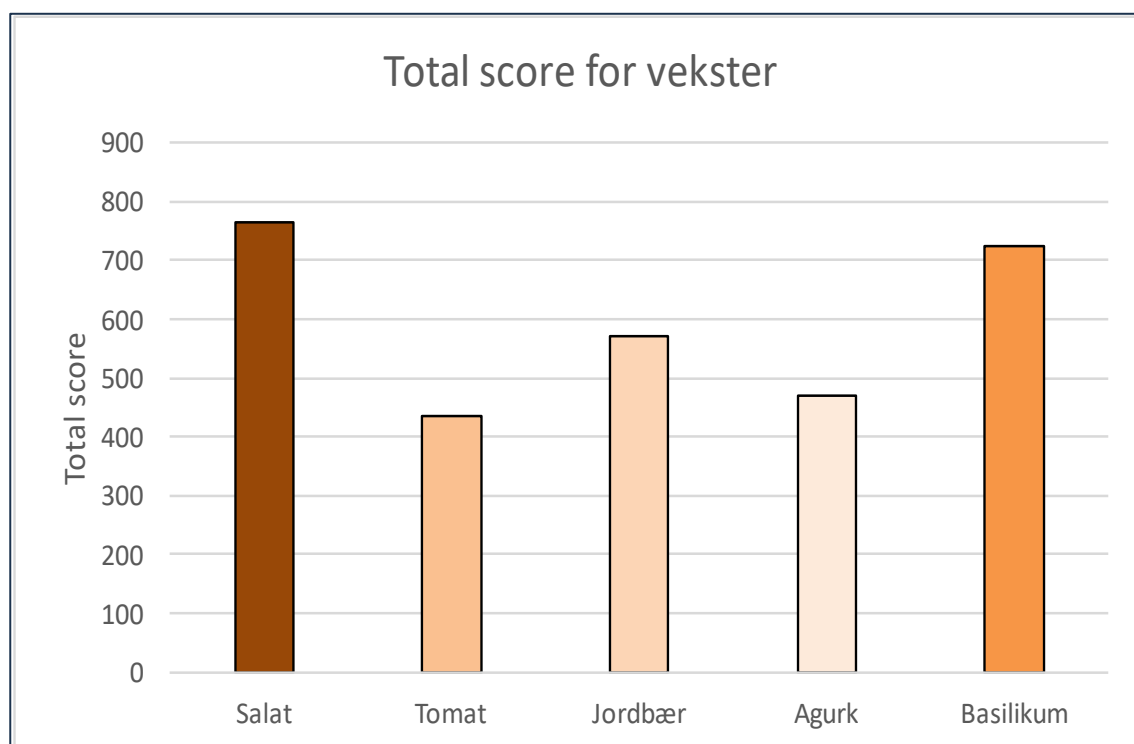
Behov for belysning		
Planter	Resultat	Score [%]
Salat	Nei	50
Tomat	Ja	25
Jordbær	Ja	25
Agurk	Ja	25
Basilikum	Nei	50



Tabell 72 viser den totale score med respektive kategorier for vekstene salat (765%), tomat (435%) jordbær (570%), agurk (470%) og basilikum (725%). Figur 120 visualiserer den totale scoren i et søylediagram. Salat kommer best ut som den gunstigste veksten å produsere i et drivhus med en score på 765%. Den ledende scoren baseres på mindre arbeidsomfang og lavere temperaturer som reduserer oppvarmingsbehovet og energikostnadene i drivhuset. I tillegg er det mulig å dyrke frem større mengder salat som skyldes den korte vekst-tiden. Salat kan særlig være attraktiv i uoppvarmede drivhus uten belysning. Da de tåler noe kaldere temperaturer. Allikevel vil de andre plantene ikke utelukkes som mulige vekster i drivhuset tilknyttet Morrow. Videre kommer basilikum og jordbær ut som to gode kandidater. Tomat og agurk scorer midlertid noe lavere grunnet høyere trivsel temperatur og mer arbeid i form av stussing, klipping og oppbinding av planter.

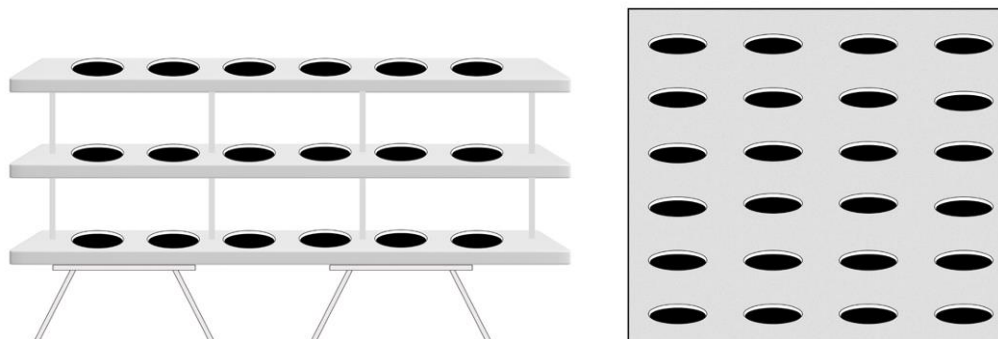
Tabell 72 Resulterende score for vekster [1].

Total score for vekster					
Belysning	Salat	Tomat	Jordbær	Agurk	Basilikum
Arealbruk	100	50	100	50	100
Helårsproduksjon og vekstsesong	150	150	125	125	200
Trivselstemperatur	100	60	70	80	80
Veksttid	100	25	25	50	50
Plantestell/høsting	100	25	60	25	80
Passende dyrketeknologi	75	75	75	75	75
Karbonutslipp	90	25	90	40	90
Belysning	50	25	25	25	50
Totalt	765	435	570	470	725

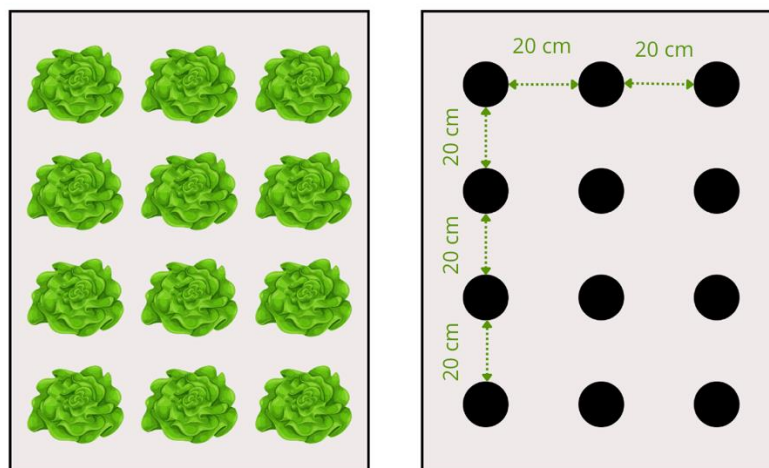


Figur 120 Resulterende score for vekster [1].

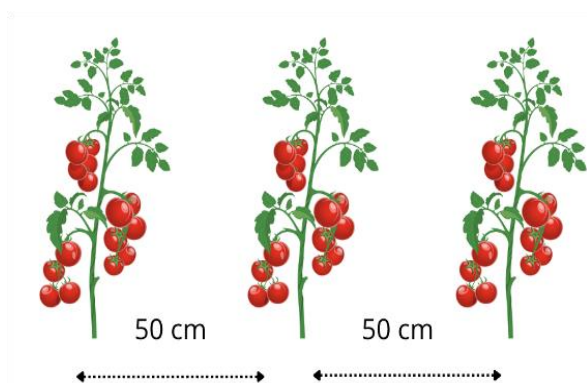
Figur 121 til 129 viser hvordan man kan dyrke frem vekstene både vertikalt og horisontalt. Antall centimeter mellom rader og plante er oppgitt, for å gi et visuelt innblikk i hvor mange grønnsaker/planter man kan dyrke per m².



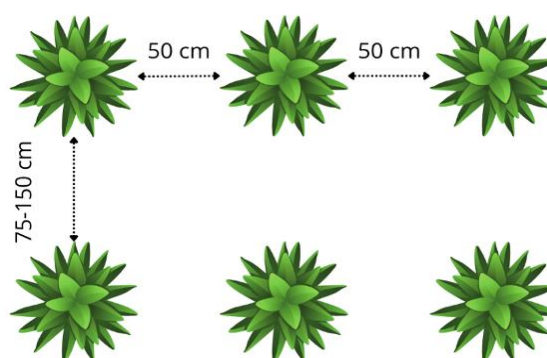
Figur 121 Vertikal og horisontal dyrkingsbrett [1].



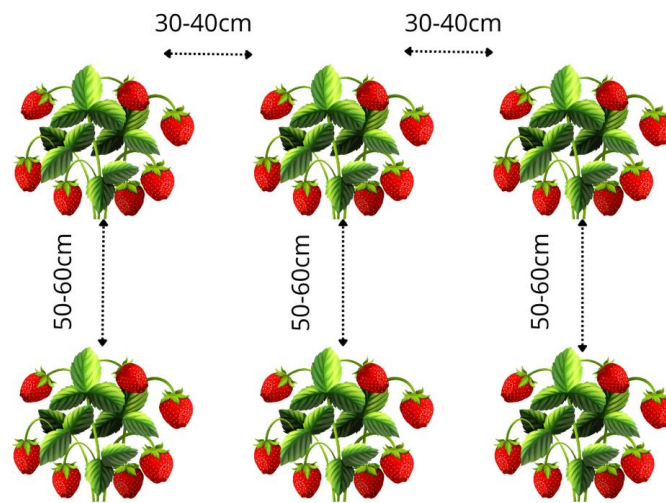
Figur 122 Horisontal dyrking av salat på dyrkeplater [1].



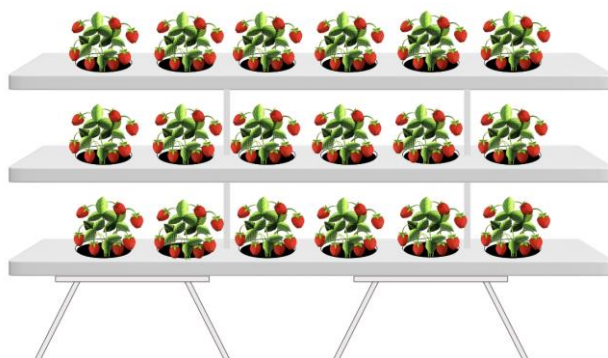
Figur 123 Planteavstand for tomatplanter [1].



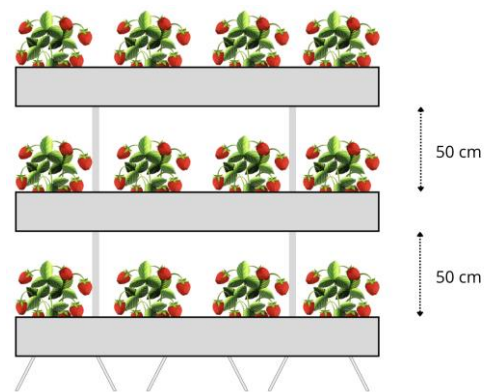
Figur 124 Plante og rad-avstand for tomatplanter [1].



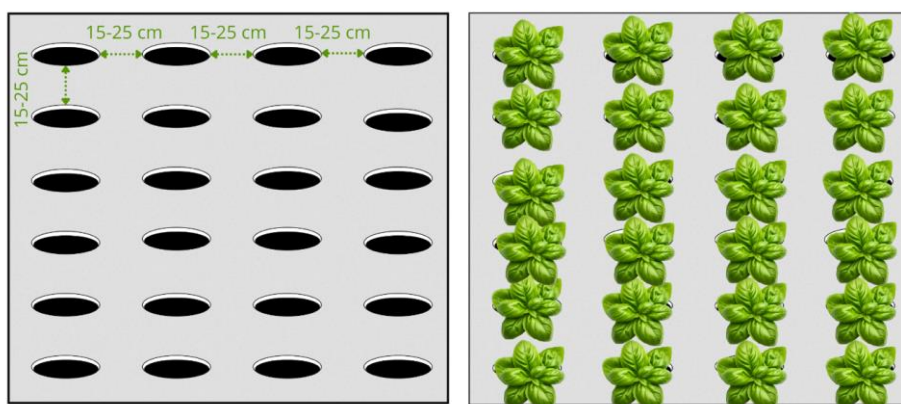
Figur 125 Rad-avstand og planteavstand for jordbær [1].



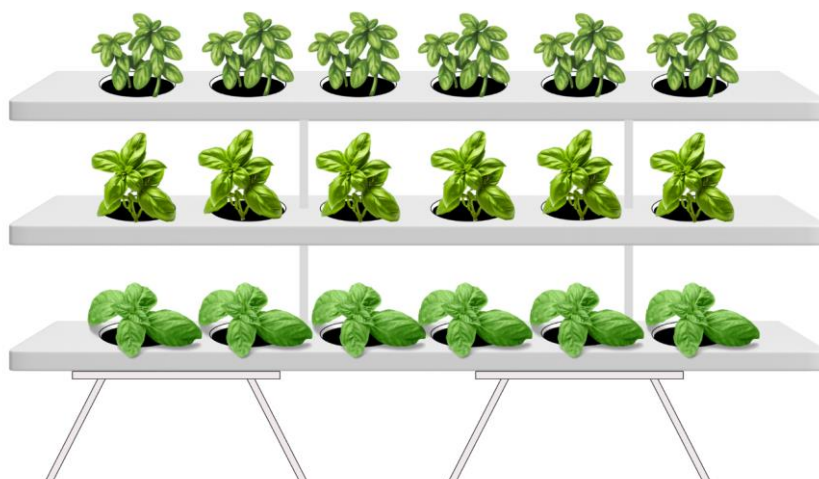
Figur 127 Vertikal dyrking av jordbær [1].



Figur 126 Vertikal dyrking av jordbær i kasser med avstand 50cm [1].



Figur 128 Horisontal dyrking av urter [1].




Figur 129 Vertikal dyrking for basilikum [1].

Tabell 73 viser resultatet for vurderingen av salat, med tilhørende begrunnelse for den gitte scoren. Salat oppnår høy poengsum grunnet effektiv arealbruk, kort-veksttid, lav trivselstemperatur, krever lite arbeid i form av stell og høsting, samt generer lite karbonutslipp ved produksjon.

Tabell 73 Salat: [293], [79], [294], [211], [311], [312], [313], [68], [314], [1].

Vurdering – avlinger - Salat			
Kriterier	Måleenhet	Resultat	Score [%]
Arealbruk	[x antall pr/m ²]	9-16 stk. pr m² 4,8-8,6 kg pr m² Avstand mellom plantene: 20-30cm. Avstand mellom rader: 20-30cm.	100
Helårsproduksjon	Ja/Nei	Ja =100% Helårsproduksjon kan oppnås ved riktig belysning, varme og RH inne i drivhuset for å tilfredsstille vekstvilkårene.	150
	Veksesong	Middels: 50% Sesong: Mai-oktober.	
Trivselstemperatur	[°C]	14-18°C Salat tåler kaldere temperaturer, noe som kan redusere behovet for oppvarming ved kaldere måneder og nattetid. Frøene vil spire best under 20°C. Salat er en optimal vekst å dyrke under vinterstid i drivhus. Planten har noe lavere trivselstemperatur som kan være negativt om man skal dyrke flere typer vekster i samme drivhus.	100
Vekst-tid	[x antall uker]	Kort = 6 uker Salat har hurtig veksttid i forhold til andre planter/vekster.	100
Plantestell/høsting	Ingen, lite eller mye	Lite	100

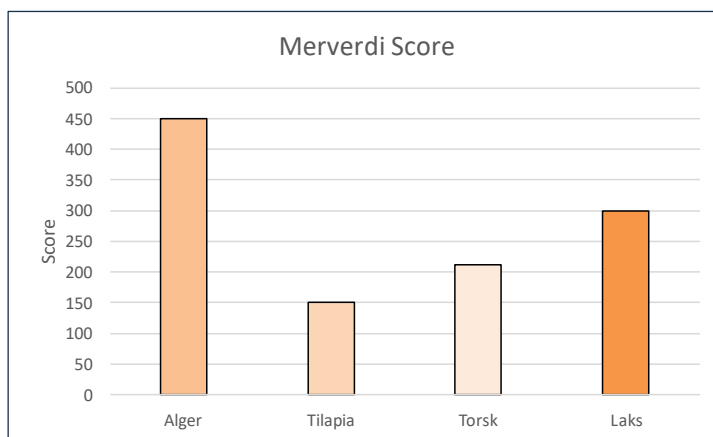
		<ul style="list-style-type: none"> - Høstes: Når salaten blir moden, slik alt salat kan høstes samtidig. Noe som er svære effektivt. - Stell: Krever lite stell. - Bekjempes mot: Sykdommer og skadedyr. 	
Passende dyrketeknologi	Hydroponisk, akvaponi og aeroponic	<p style="text-align: center;">Hydroponisk = 25% Akvaponi = 25% Aeroponic= 25%</p> <p>Salat kan dyrkes med alle dyrketeknologiene, og er den planten som er enklest.</p>	75
Bærekraft	CO ₂ -eq per kilo plante	0,13-0,53 kg CO₂-eq per kilo salat (Bioforsk)	90
Krever belysning		<p style="text-align: center;">Krever belysning: Nei</p> <p>Salat krever ikke ekstra belysning og er ikke de mest lyskrevende plantene. For å optimaliserer vekst kan LED-lys benyttes ved vinterstid og kaldere perioder.</p>	50
		Totalt	765
			

7.1.5 Resulterende score for fisk og alger

Tabell 74 til 78, med tilhørende figurer, viser score over de ulike kriteriene med tilhørende grafer for vurderingsarbeidet tilknyttet kategorien fisk og alger [1].

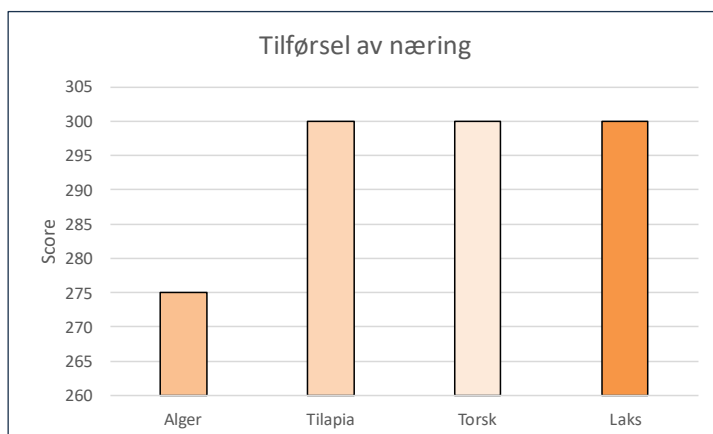
Tabell 74 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «merverdi» [1].

Merverdi		
Alger og fisker	Resultat	Score [%]
Alger	Høy, høy, høy, høy og middels	450
Tilapia	0, middels, middels og middels	150
Torsk	62,5, middels, middels og middels	212,5
Laks	100, høy, middels og middels	300



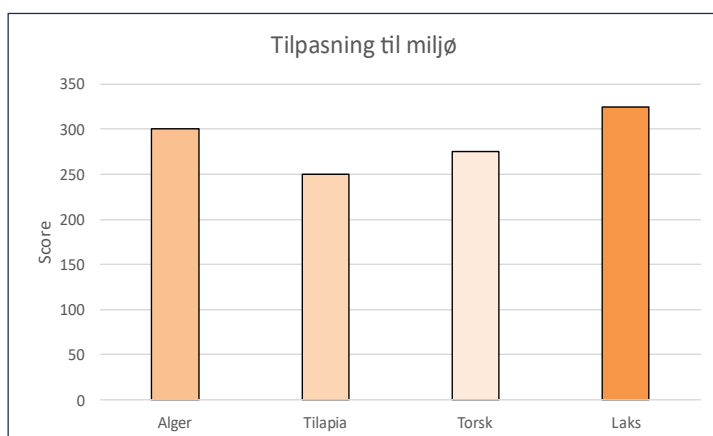
Tabell 75 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «tilførsel av næring» [1].

Tilførsel av næring		
Alger og fisker	Resultat	Score [%]
Alger	Høy, høy og middels	275
Tilapia	Høy, høy og høy	300
Torsk	Høy, høy og høy	300
Laks	Høy, høy og høy	300



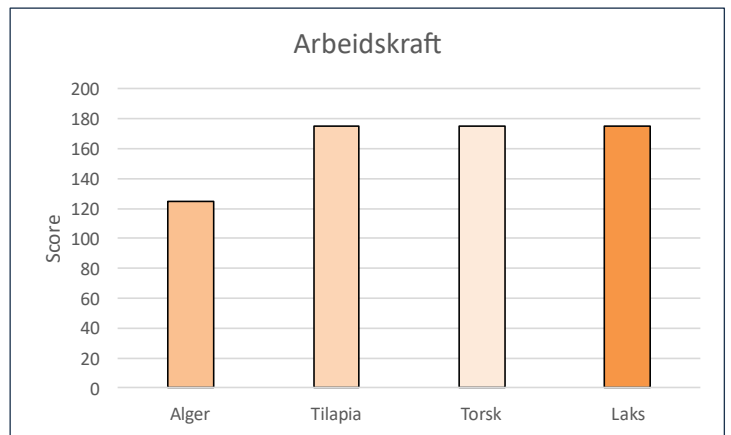
Tabell 76 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «tilpasning til miljø» [1].

Tilpasning til miljø		
Alger og fisker	Resultat	Score [%]
Alger	Middels, middels, høy og høy	300
Tilapia	Høy, lav, lav og høy	250
Torsk	Lav, høy, høy og middels	275
Laks	Lav, høy, høy og høy	325



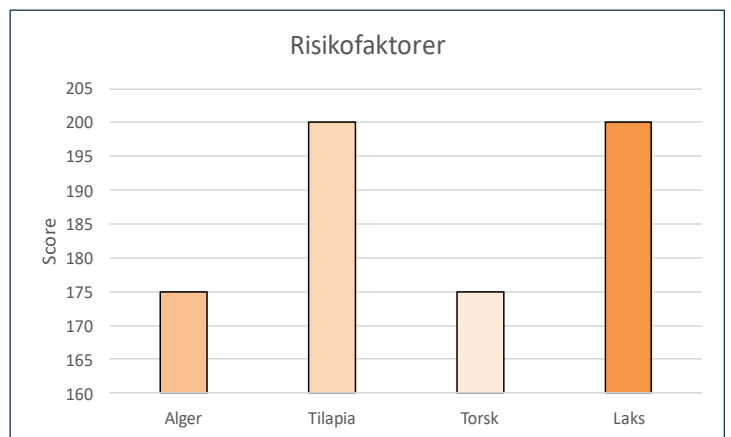
Tabell 77 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «arbeidskraft» [1].

Arbeidskraft		
Alger og fisker	Resultat	Score [%]
Alger	Middels, middels og lav	125
Tilapia	Høy, middels og lav	175
Torsk	Høy, middels og lav	175
Laks	Høy, middels og lav	175



Tabell 78 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «risikofaktorer» [1].

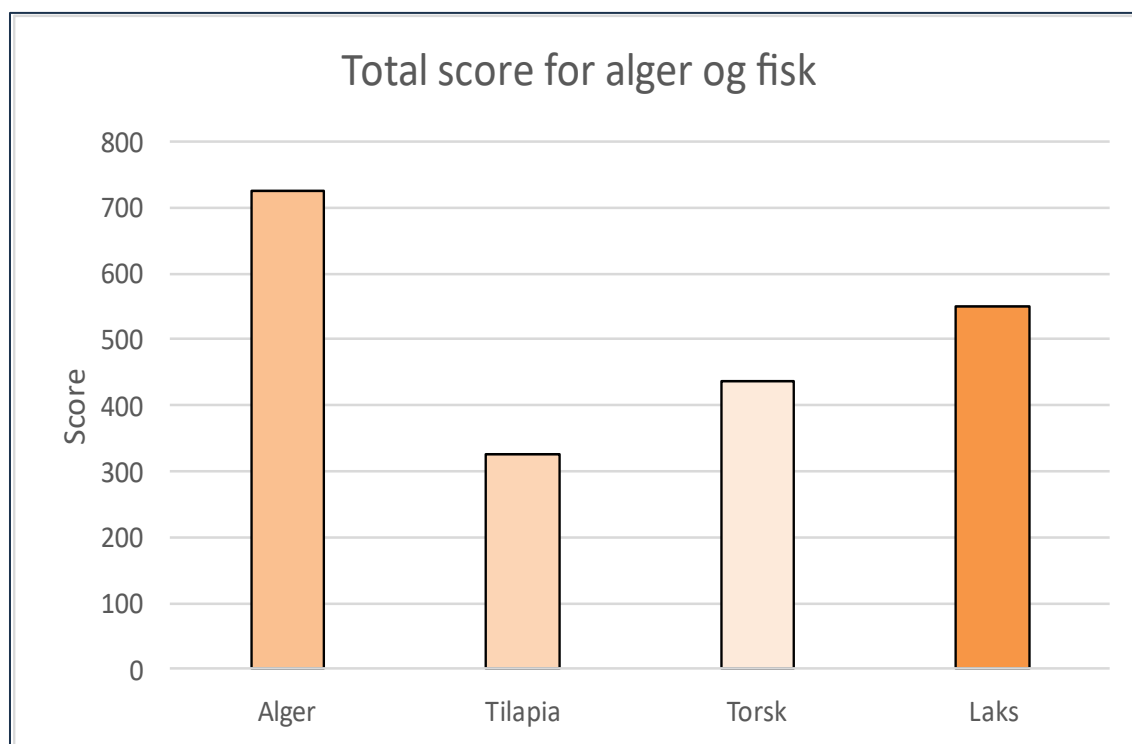
Risikofaktorer		
Alger og fisker	Resultat	Score [%]
Alger	Lav, Middels og Høy	175
Tilapia	Middels, høy og middels	200
Torsk	Middels, høy og lav	175
Laks	Middels, høy og middels	200



Tabell 79 viser en samlet oppsummering av poengsum for alle underkategoriene i kategorien «Fisk og alger», systematisert etter kriterier i hovedkategorien. Figur 130 viser den totale scoren for hver av underkategoriene alger, Tilapia, Torsk og laks. Basert på alger og fisk vurderingen, kom alger høyest ut med en score på 725%, etterfølgende av laks på 550%, torsk på 437,5 og Tilapia på 325%. Ut fra denne scoren er det alger som passer best for implementering i dyrketeknologier som anvendes i drivhus på tak.

Tabell 79 Total vurdering for alger og fisk [1].

Total score for alger og fisk				
Kriterie	Alger	Tilapia	Torsk	Laks
Merverdi	450	150	212,5	300
Tilførsel av næring	275	300	300	300
Tilpasning til miljø	300	250	275	325
Arbeidskraft	-125	175	-175	-175
Risikofaktorer	-175	-200	-175	-200
Totalt	725	325	437,5	550



Figur 130 Resulterende score for alger og fisk [1].

Tabell 80 viser total vurdering for underkategorien alger, som var den som scoret høyest innen kategorien «Alger og fisk». Tabellen gir nærmere beskrivelse og begrunnelse til den fastsatte scoren for hver av kriteriene. Algene scoret relativt høyt innen merverdi og tilpasning til miljø.

Tabell 80 resultat og score for vurderingsarbeidet tilknyttet alger [1].

Vurdering – Alger		
Kriterie	Begrunnelse/Resultat	Score
Merverdi Måleenhet: Hva slags merverdi kan fisk og alger gi til drivhuset og dyrketeknologiene Høy = 100 Middels = 50 Lav = 25 Der det er funnet tallverdier sammenlignes de med hverandre ved prosent utregning	Enkelte algetyper kan brukes til CO ₂ biofiksjon, da mange mikroalger består av 50% karbon (Som inngår i en slik prosess) [68, 315]. Av viktige næringsstoffer for alger trekkes det frem karbon, nitrogen og fosfor. Videre er også magnesium, kalium og kalsium viktige drivere for algene [68]. Tenkes at slike type grunnstoffer da har lettere for å bli kontrollert i akvaponiske anlegg. = Høy	100
	Innførsel av alger i matvareproduksjon og konsum kan gi helseeffekter som innebærer å redusere risiko for hjertesykdom, kreft og infeksjon/betennelse i mennesker [316]. Vekst av Synechocystis arter kan føre til økt produksjon av fotosyntetiske pigmenter som bla. phycoerythrin, phycocyanin og klorofyll-a [315]. Blant annet kan Phycoerythrin brukes som fargepigment i matvareproduksjon med helsebringende effekter [317]. =Høy	100
	Alger (Chlorella) inneholder omega-3 fettsyrer. Noe som gjør de godt egnet som fiskefor. Kan øke fiskens helse og kvalitet [318]. = Høy	100
	Produksjon av alger (Chlorella og Spirulina) kan selges mye dyrere enn vanlige grønnsaker. Vokser svært fort i forhold til grønnsaker [318]. = Høy	100
	Algevekst kan indikere grønnsakers opptak av næring i systemet. Overblomstring kan indikere at grønnsakene ikke tar opp nok næring, noe som kan påvirke fiskens helse [318]. Antas at målinger gjøres uansett, derfor middels score. = Middels	50

Tilførsel av næring Måleenhet: Hvilke næringsstoffer tilføres dyrketeknologien, og hva annet kan de bidra med i dyrkeprosesser. Høy = 100 Middels = 50 Lav = 25	Algetypen Synechocystis regnes til å være svært god ved CO ₂ biofiksjon (Karbonfiksering). Produserer oksygen [315, 318] . = Høy	100
	Alger (Chlorella) kan hjelpe å balansere pH nivåer i Akvaponisk anlegg. Kan også kontrollere ammoniakknivå [318]. =Høy	100
	Alger (Chlorella) er lite sannsynlig til å konkurrere med grønnsaker om nitrat løsning i vann [318]. = Middels	75
Tilpasning til miljø Måleenhet: Hvor stor toleranse har arten til et norsk klima, og hvordan er tilpasningsgraden til miljøet Høy = 100 Middels =50 Lav = 25	Vekstrate er avhengig av fotosyntese, som videre er avhengig av pH, lys (intensitet og varighet), temperatur og næring [315]. Alger (Chlorella) hadde noe lavere biomasse produksjon i kombinasjon med Akvaponisk dyrking. Verdi på 4,15±0,19 g/m ² dag. Da akvaponiske anlegg er skreddersydd for fisk og planter [318]. = Høy	100
	Algevekst øker ved økt lysintensitet til et visst nivå. Ble funnet en 65% reduksjon i biomasse-vekst ved skygge påvirkning og lufting av visse algetyper [315]. = Middels	50
	Alger (Chlorella) har høyere tilpasningsgrad/effektivitet til å fjerne nitrat nitrogen enn typiske grønnsaker [318]. Mikroalger har også høy tilpasningsgrad til endret miljø og næringsmangel [68]. = Høy	100
	Trivseltemperatur for alger på generell basis er 5 til 40°C. Algetype Spirulina: Trivselstemperatur på 20-40°C. For blågrønne alger er det mest effektiv fotosyntese på 0-20°C fra juni til november, og 20-30°C om sommeren [315]. = Høy	100
Arbeidskraft/ Vedlikehold Måleenhet: Hvor mye arbeidskraft kreves for å	Må forstå algenes "velferd" i systemet, deriblant sykdommer, ønsket vannkvalitet/miljø og algenes funksjon i systemet. Videre skal dette opprettholdes [68]. Når dette sammenlignes med fisk sin «velferd», vil dette sees på som mindre vedlikehold. = Middels	-50

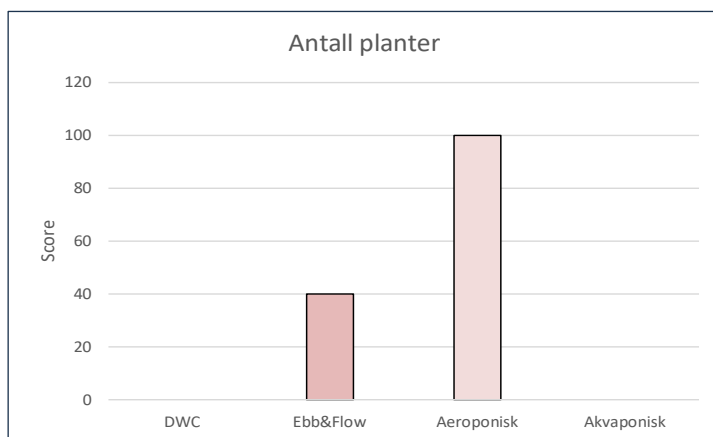
<p>opprettholde drift.</p> <p>Høy = 100 Middels = 50 Lav = 25</p> <p>Ved opptelling vil arbeidskraft/ vedlikehold være negativt jo høyere det blir. Derfor trekkes dette fra i total oppsummering</p>	<p>Må gjøres en del vannmålinger. Alger kan også tette igjen rør og andre komponenter, må derfor rengjøres med jevne mellomrom [68].</p> <p>Tiltenkes om dette sammenlignes med videre arbeid tilknyttet fisk, er dette arbeidet trolig noe mindre omfattende.</p> <p>= Middels</p>	-50
<p>Risikofaktorer</p> <p>Måleenhet</p> <p>Hva er potensielle farer ved innførsel av arten, og risiko tilknyttet arten (Helse, sikkerhet, biologisk sikkerhet)</p> <p>Høy = 100 Middels = 50 Lav = 25</p> <p>Ved opptelling vil risiko være negativt jo høyere det blir. Derfor trekkes dette fra i total oppsummering</p>	<p>Kan brukes til å fôre fisk i akvaponiske anlegg, men da bør de trolig dyrkes hver for seg (grunnet det kan tette rør, konkurrere med andre planter og påvirke vannkvalitet positivt/negativt). Må fortsatt få tilgang til akvaponisk vann for å kunne vokse. Tiltenkes at dette fører til merarbeid, ytterligere komponenter og tilsyn [68].</p> <p>= Middels</p>	-25
	<p>Døde alger produserer CO₂ som kan være dårlig for miljøet i vannet. Men kan løses ved å systematisk/periodisk høsting av algene [318].</p> <p>= Lav</p>	-25
	<p>Konkurrerer om næring, lys og areal med andre planter (Om det dyrkes andre planter) [318].</p> <p>= Middels</p>	-50
	<p>Tiltenkes at da alger vokser veldig fort, og liker seg i fuktige områder [68], kan biomangfoldet rundt drivhuset kunne bli negativt påvirket.</p> <p>= Høy</p>	-100
Totalt		725

7.1.6 Resulterende score for dyrketeknologier

Tabell 81 til 87 viser score over de ulike kriteriene med tilhørende grafer for vurderingsarbeidet tilknyttet kategorien dyrketeknologier [1].

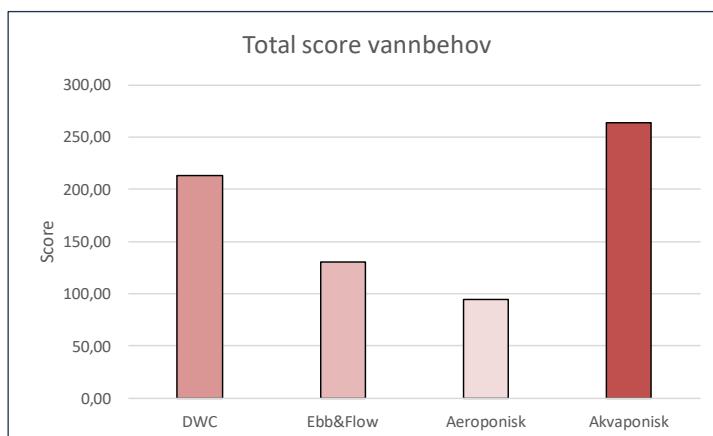
Tabell 81 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «antall planter» [1].

Antall planter		
Dyrketeknologi	Resultat [p]	Score [%]
Hydroponisk (DWC)	16	0
Hydroponisk (Ebb&Flow)	24	40
Aeroponisk	36	100
Akvaponisk	16	0



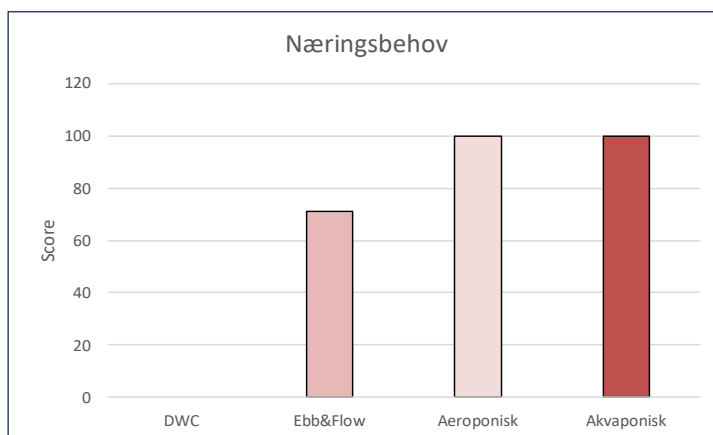
Tabell 82 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «totalt vannbehov» [1].

Totalt vannbehov	
Dyrketeknologi	Score
Hydroponisk (DWC)	-213,5
Hydroponisk (Ebb&Flow)	-130,46
Aeroponisk	-94,23
Akvaponisk	-263,5



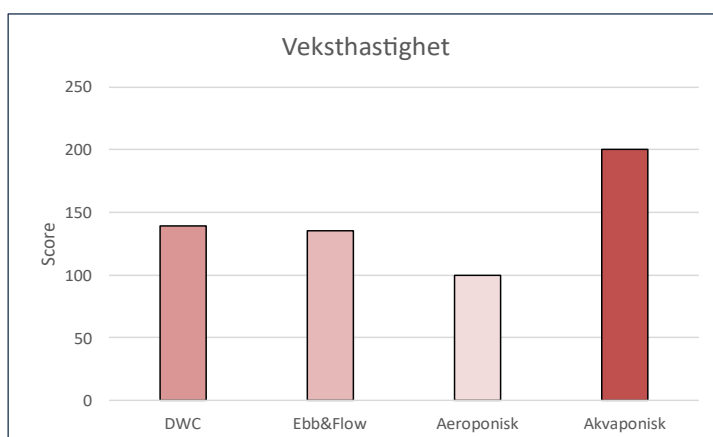
Tabell 83 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «næringsbehov» [1].

Næringsbehov		
Dyrketeknologi	Resultat [g/m ²]	Score [%]
Hydroponisk (DWC)	916,12	0
Hydroponisk (Ebb&Flow)	306,96	71,04
Aeroponisk	58,61	100
Akvaponisk	916,12	100



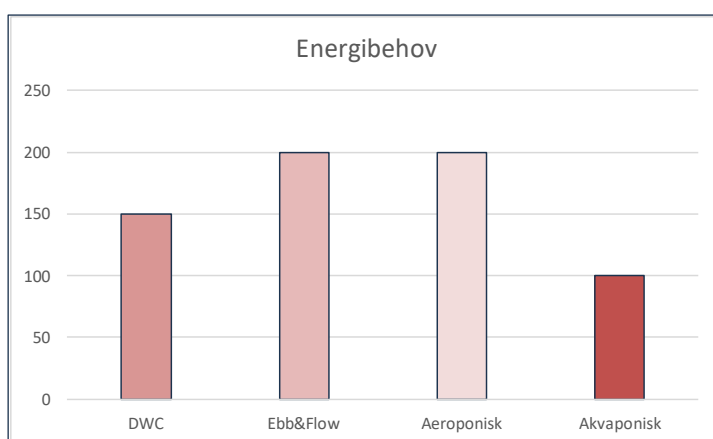
Tabell 84 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Veksthastighet» [1].

Veksthastighet		
Dyrketeknologi	Resultat	Score [%]
Hydroponisk (DWC)	39,41 + Høy	139,41
Hydroponisk (Ebb&Flow)	35,29 + Høy	135,29
Aeromonisk	0 + Høy	100
Akvaponisk	100 + Høy	200



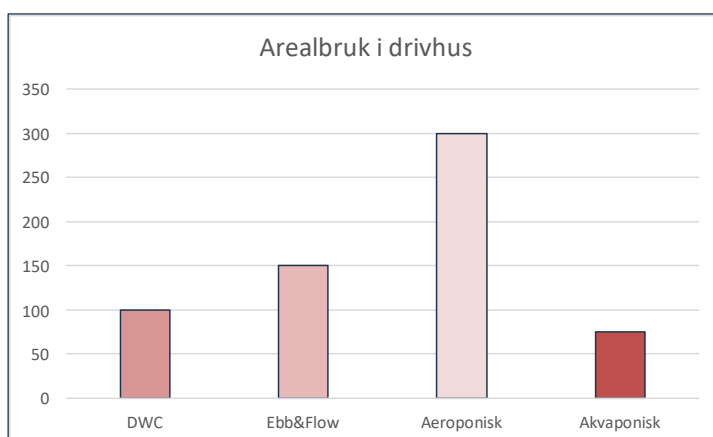
Tabell 85 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Energibehov» [1].

Energibehov		
Dyrketeknologi	Resultat	Score [%]
Hydroponisk (DWC)	Positiv høy, negativ middels, positiv høy	150
Hydroponisk (Ebb&Flow)	Positiv middels, positiv middels, positiv høy	200
Aeromonisk	Positiv middels, positiv høy, positiv middels	200
Akvaponisk	Positiv lav, positiv middels, positiv lav	100



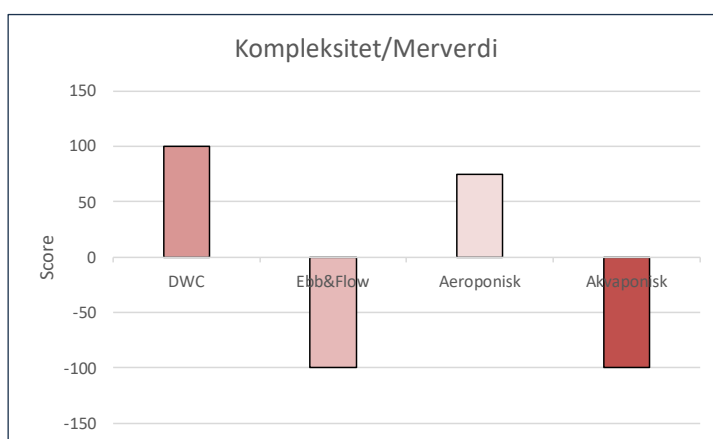
Tabell 86 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Arealbruk i drivhus» [1].

Arealbruk i drivhus		
Dyrketeknologi	Resultat	Score [%]
Hydroponisk (DWC)	Lav, lav, middels	100
Hydroponisk (Ebb&Flow)	Middels, middels, middels	150
Aerophonisk	Høy, høy, høy	300
Akvaponisk	Lav, lav, lav	75



Tabell 87 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Kompleksitet/Merverdi» [1].

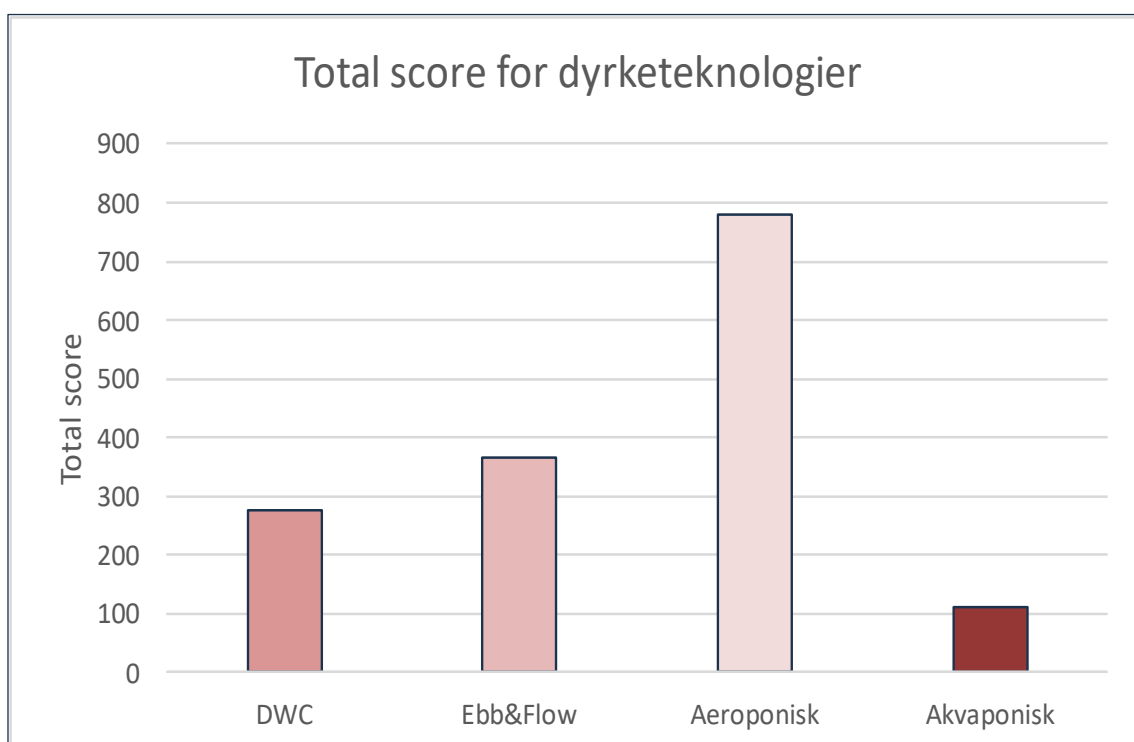
Kompleksitet/Merverdi		
Dyrketeknologi	Resultat	Score [%]
Hydroponisk (DWC)	Negativ høy, negativ middels, positiv høy, positiv middels, positiv høy	100
Hydroponisk (Ebb&Flow)	Negativ høy, negativ middels, negativ middels, positiv middels	-100
Aerophonisk	Negativ høy, negativ lav, positiv høy, positiv høy, positiv middels	75
Akvaponisk	Negativ høy, negativ lav, positiv høy, positiv høy, positiv middels	-100



Tabell 88 viser en samlet oppsummering av poengsum for alle underkategoriene i kategorien «Dyrketeknologi», systematisert etter kriterier i kategorien. Figur 131 visualiserer total score i form av et søylediagram. Basert på vurderingsresultatene kommer aeroponisk dyrking høyest ut med en score på 780,77%, etterfølgende av Ebb&Flow på 365,87%, DWC på 275,91% og akvaponisk på 111,5%. Disse resultatene viser til at aeroponisk dyrkingsteknologi passer best for implementering i tak-drivhus.

Tabell 88 Total vurdering for dyrkesystemer [1].

Total score dyrketeknologier				
Dyrketeknologier	DWC	Ebb&Flow	Aeroponisk	Akvaponisk
Antall planter	0	40	100	0
Vannbehov (-)	-213,5	-130,46	-94,23	-263
Næringsbehov	0	71,04	100	100
Veksthastighet	139,41	135,29	100	200
Energibehov	150	200	200	100
Kompleksitet/merverdi	100	-100	75	-100
Arealbruk i drivhus	100	150	300	75
Totalt	275,91	365,87	780,77	111,5



Figur 131 Resulterende score for dyrketeknologier [1].

Tabell 129 viser total vurdering for underkategorien aeroponisk dyrking, som var den som scoret høyest innen kategorien «Dyrketeknologi». Tabellen gir nærmere beskrivelse og begrunnelse til den fastsatte scoren for hver av kriteriene. Aeroponisk dyrking scoret høyest innen kriteriet antall planter, næringsbehov, energibehov og arealbruk i drivhus.

Tabell 89 Vurdering av aeroponisk dyrketeknologi [1].

Vurdering – dyrketeknologi – Aeroponisk dyrking		
Kriterie	Resultat	Score
Antall planter Måleenhet: Antall planter [p] pr/m ² gulvareal i drivhus.	<ul style="list-style-type: none"> Beregnet å kunne dyrke 36 crispisalat pr/m² gulvareal. 	100
Vannbehov Måleenhet: Antall liter [L] som trengs per m ² dyrketeknologi (L/m ²). Tiltenges at et høyere vannbehov er mindre ressursvennlig. Derav ved opptelling vil det trekkes fra total score	<ul style="list-style-type: none"> Rapport: 33,5 L/m² for et Aeroponisk system (1 vekstsyklus salat) [298]. Dette er ikke langt fra utregning for eget system. Beregnet for eget system: Beregnet til 28,8 l timen/m². Vanntank for 36 planter på 69,23 L. Rapport: Rapporten beregnet Aeroponisk dyrking til å være mer effektivt enn Ebb&Flow dyrking når det kommer til WUE. Vannbruks-effektivitet (WUE) er gram ferskvekt plante per liter vannforbruk i et system [298]. Egenvurdering: Tenkes at Aeroponisk kan ha lavere vannbehov enn de andre teknologiene. = Lav 	-94,23
Næringsbehov Måleenhet: Antall gram [g] næringsstoffer som trengs per m ² dyrketeknologi	Beregnet behov for 28,8 L vann pr/m ² [4]: <ul style="list-style-type: none"> Nitrat= 31,25g Fosfat = 4,94 g Sulfat = 4,32 g Ammonium = 0,58 g Kalium = 11,54 g Kalsium= 5,19 g Magnesium= 0,7 g Jern = 0,06 g Mangan = 0,01 g Bor = 0,01g Sink = 0,01 g Kobber = 0 g Molybden = 0 g 	100

<p>Veksthastighet</p> <p>Måleenhet: Antall dager [d] til å produsere en salatplante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Veksthastighet tradisjonell dyrking: 50 dager fra planting [297]. • Rapport: I rapport undersøkte de salatplanter i et Aeroponisk system etter 40 dager [319]. • Rapport: 21 og 35 dager for Aeroponisk system (Kinesisk kål under lukkede forhold) [320]. 	<p>100</p>
<p>Energibehov/ bærekraft</p> <p>Måleenhet: Faktorer tilknyttet teknologiens energibehov og bærekraftig påvirkning.</p> <p>Positiv påvirkning: Høy = 100 Middels = 50 Lav = 25</p> <p>Negativ påvirkning: Høy = - 100 Middels = - 50 Lav = - 25</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Jordbasert dyrking har avkastning på 0,323 kg CO₂ ekvivalenter for produksjon av 1 kg salat [321]. • Rapport: Aeroponisk system har avkastning på 2,17-3,54 kg CO₂ ekvivalenter for produksjon av 1 kg salat [321]. Avkastning på kg CO₂eq. fra Aeroponisk dyrking er høyere enn jordbasert landbruk. Men den er høyere enn DWC og Ebb&Flow, og lavere enn akvaponisk. Settes derfor til "Positiv middels". • Aeroponisk dyrking ble funnet til å ha lavere avkastning av kg CO₂ eq. enn andre jordløse dyrketeknologier [321]. At Aeroponisk dyrking har lavere avkastning enn andre jordløse teknologier gjør at den settes til "positiv høy". Spesielt ved sammenligning av de ulike teknologiene i et bærekraftig perspektiv er dette svært positivt. • Komponenter i systemet: Næring/vanntank (300 liter for 156 planter), ventiler, rør (hovedrør, dreneringsrør), vannpumpe, dyrkekammer [m³], vannsprayer [304]. Aeroponiske anlegg består av mange komponenter og bruker trolig middels/mindre energi enn andre teknologier. Tiltenges også at mer avanserte deler trolig har økt energibehov. Settes derfor til "Positiv middels". 	<p>200</p>
<p>Kompleksitet/ Vedlikehold</p> <p>Måleenhet: Positiv påvirkning: Høy = 100 Middels = 50 Lav = 25</p> <p>Negativ påvirkning: Høy = - 100 Middels = - 50 Lav = - 25</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Lite reserve-kapasitet (Vann) [178]. Å ha lite reservekapasitet (vann) blir sett på som "negativ høy", da det tiltenkes stor viktighet for et system å ha tilgang til nok vann for effektiv og sikker produksjon. • Teknisk vanskeligere enn andre teknologier [178]. Teknisk vanskeligere enn andre teknologier blir sett på som "negativ middels", da det tiltenkes vanskelighet med å betjene teknologien er negativt, men da det er usikkert hvor mye mer teknisk vanskelig det er settes den til middels. • Kan gjøres svært nøyaktig og skreddersydd til plante/produksjon [178]. Å kunne skreddersy teknologien etter behov blir sett på som "positiv høy", da det tiltenkes å være svært nyttig mtp. ressursbruk. • Effektiv og besparende for næringsbehov [178]. Å ha en teknologi som er effektiv og ressursbesparende blir sett på som "positiv høy" da det tiltenkes å være svært nyttig mtp. ressursbruk og etterfølgende bærekraftig utvikling. 	<p>75</p>

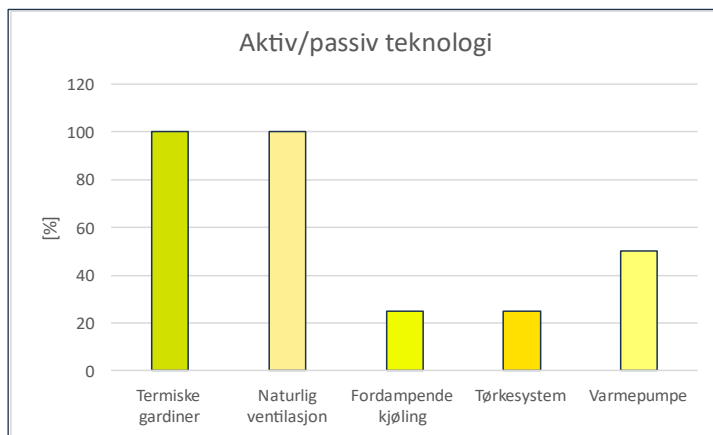
	<ul style="list-style-type: none"> • Svært gode forhold for oksygenering av røtter [178]. Å ha gode forhold for oksygenering av røtter blir sett på som "positiv middels", da eksponering av røtter til oksygen er svært viktig. Derimot tiltenkes eksponering av oksygen som en faktor mange teknologier etterfølger. 	
Arealbruk i drivhus Måleenhet: Arealbruk vurdering per/teknologi.	<ul style="list-style-type: none"> • Planter pr/m² er 36. Som er høyest av alle teknologiene [4]. Vurderes til å utnytte arealet "høy" enn de andre teknologiene (Høyere enn Ebb&Flow, Aeroponisk og akvaponisk). • Vannbehov på 28,8 l/m² og vanntank på 69,3 l [4]. Tiltenges jo mer vann som trengs, jo mer arealbruk. Både i form av vanntanker, men også rør ol. • Utforming dyrketank (1 dyrkeområde): 2mx1m som er 2,0m² [4]. Sammenlignet med andre teknologiene er Aeroponisk lavere enn DWC, Ebb&Flow og Akvaponisk, settes derfor til "middels". 	300
Totalt		780,77

7.1.7 Resulterende score for kjølesystemer

Tabell 89 til 94 viser score over de ulike kriteriene med tilhørende grafer for vurderingsarbeidet tilknyttet kategorien «Kjølesystemer» [1].

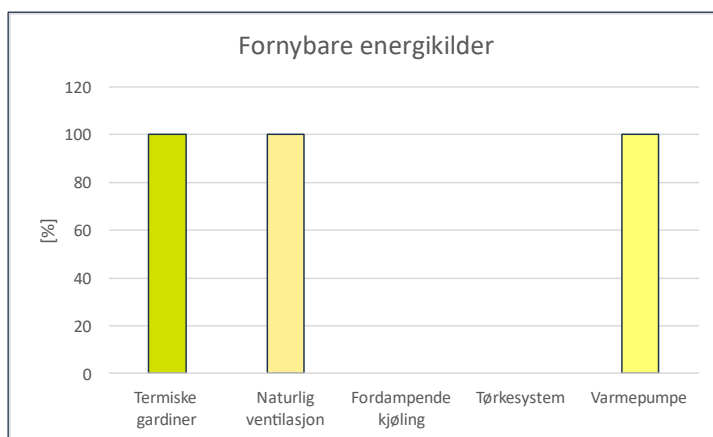
Tabell 90 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Aktiv og passiv teknologi» [1].

Aktiv/passiv teknologi		
Kjølesystem	Resultat	Score [%]
Termiske gardiner	Passiv	100
Naturlig kjøling	Passiv	100
Fordampende kjøling	Arkiv	25
Tørkesystem	Aktiv	25
Varmepumpe	Aktiv/Passiv	50



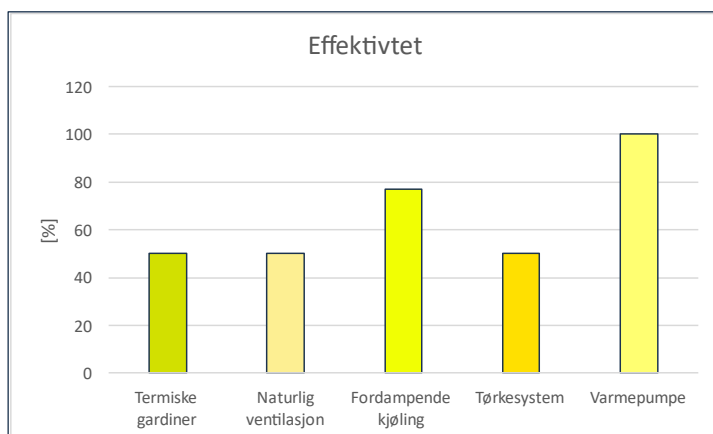
Tabell 91 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Fornybare energikilder» [1].

Fornybare energikilder		
Kjølesystem	Resultat	Score [%]
Termiske gardiner	Sol	100
Naturlig kjøling	Vind	100
Fordampende kjøling	Ingen	0
Tørkesystem	Ingen	0
Varmepumpe	Jord	100



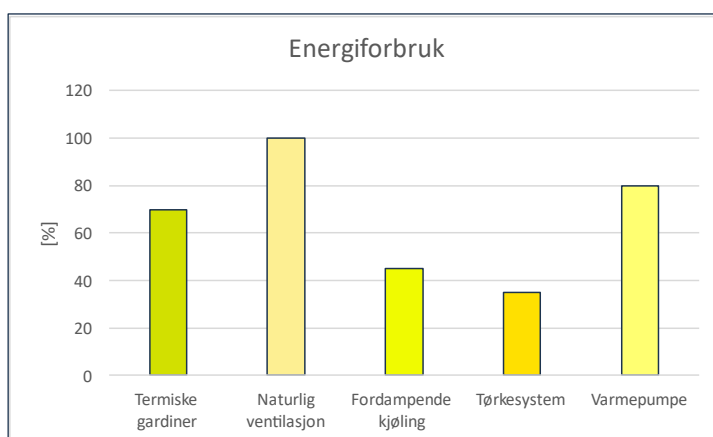
Tabell 92 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Effektivitet» [1].

Effektivitet		
Kjølesystem	Resultat	Score [%]
Termiske gardiner	50	50
Naturlig kjøling	50	50
Fordampende kjøling	77	77
Tørkesystem	50	50
Varmepumpe	100	100



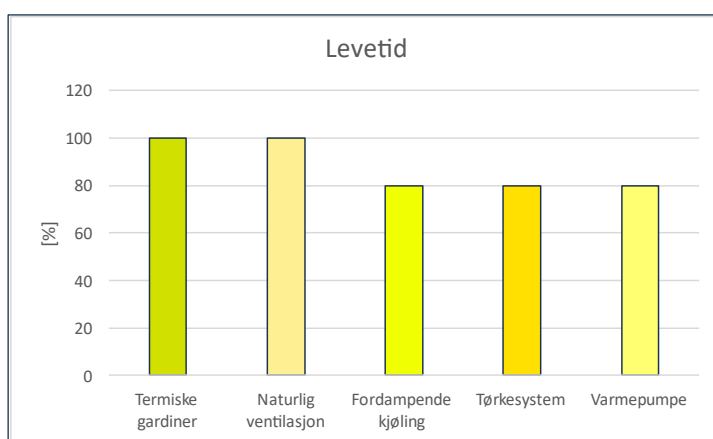
Tabell 93 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Energiforbruk» [1].

Energiforbruk		
Kjølesystem	Resultat	Score [%]
Termiske gardiner	70	70
Naturlig kjøling	100	100
Fordampende kjøling	45	45
Tørkesystem	35	35
Varmepumpe	80	80



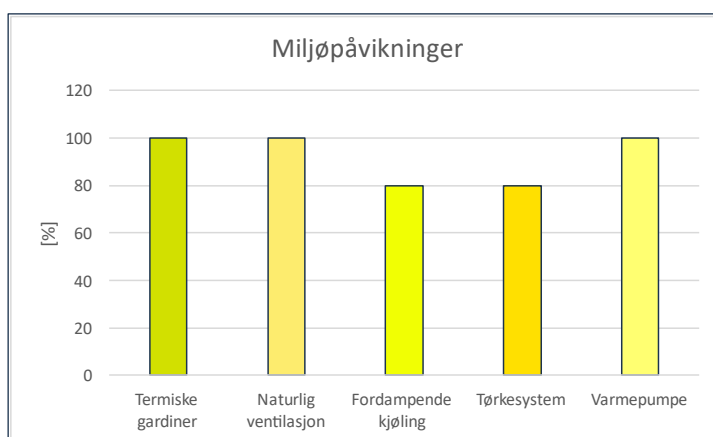
Tabell 94 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Levetid» [1].

Levetid		
Kjølesystem	Resultat	Score [%]
Termiske gardiner	Lang	100
Naturlig kjøling	Lang	100
Fordampende kjøling	Lang	80
Tørkesystem	Lang	80
Varmepumpe	Lang	80



Tabell 95 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Miljøpåvirkninger» [1].

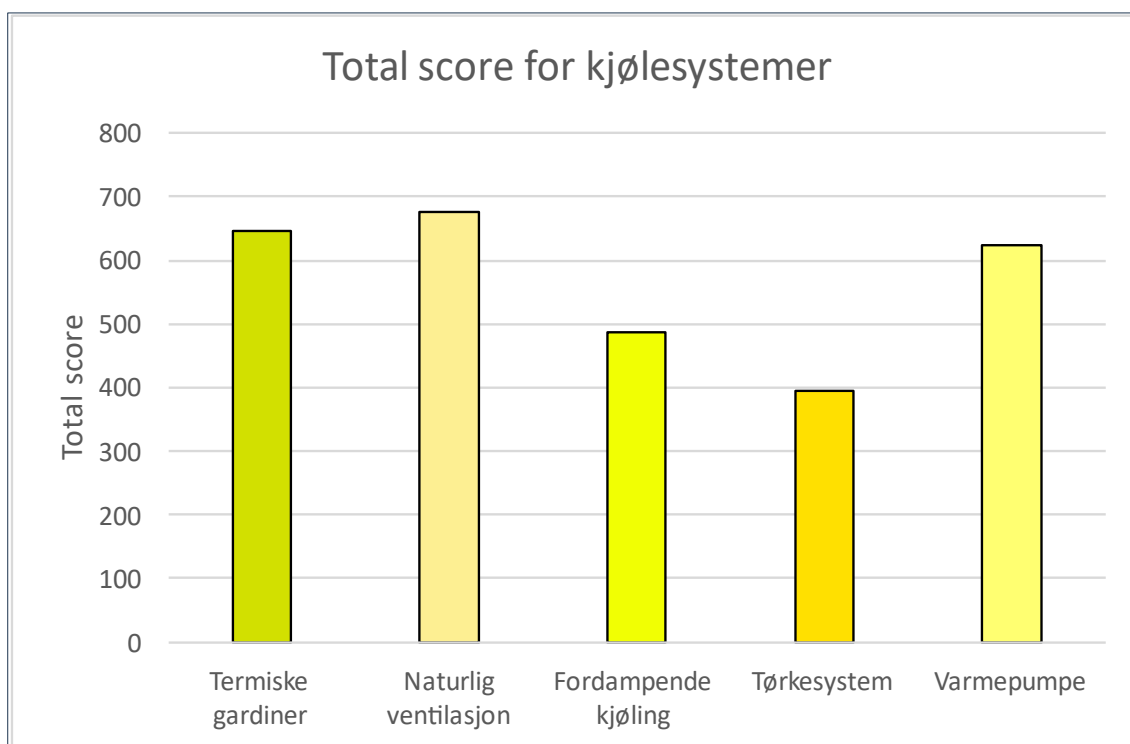
Miljøpåvirkninger		
Kjølesystem	Resultat	Score [%]
Termiske gardiner	100	100
Naturlig kjøling	100	100
Fordampende kjøling	80	80
Tørkesystem	80	80
Varmepumpe	100	100



Tabell 95 viser den totale scoren for kjølesystemene termiske gardiner, naturlig kjøling, fordampende kjøling, tørkesystem og varmepumpe. Figur 132 visualiserer den totale scoren i et søylediagram. Her ble de ulike systemene vurdert etter generelle parametere, men også tilpasningsdyktighet til drivhuset. Naturlig kjøling gjennom luftstrømmer fra åpne tak- og side-vinduer oppnådde den høyeste poengsummen på 675%. Grunnlaget for vurderingen baserer seg hovedsakelig på effektiv kjøling, betydelige potensialer for energisparinger og miljøvennlighet. Samtidig som systemet er enkelt å installere i et hvilket som helst drivhus. Like etter kommer termiske gardiner som oppnådde en poengsum på 645%. Hovedsakelig baserer scoren seg på systemets evne til å hindre overoppheting i drivhuset, men samtidig ha en isolerende effekt ved kaldere utetemperaturer. Gardiner er et passivt system som ikke buker noen former for fossile-energikilder. Dette reduserer karbonutslippene og miljøpåvirkningene. Varmepumpen scoret 625%, systemet er noe mer komplekst, men på en annen side oppnår man mer pålitelig kjøling og oppvarming. Den laveste scoren tildeles tørkesystem 395% og fordampende kjøling 487%. Grunnet bruk av elektrisitet for å drive systemene. Det kan tenkes at det vil være gunstig å utnytte ett eller flere av systemene i drivhuset.

Tabell 96 Total score for kjølesystemer [1].

Total score for kjølesystemer					
Kjølesystem	Termiske gardiner	Naturlig kjøling	Fordampende kjøling	Tørkesystem	Varmepumpe
Aktiv/passiv teknologi	100	100	25	25	50
Energiforsyning	25	25	0	0	25
Effektivitet	50	50	77	50	100
Energibruk	100	100	45	35	80
Levetid	100	100	80	80	100
Vedlikehold	100	100	75	75	75
Miljøpåvirkninger	100	100	80	80	100
Tilpasningsdyktighet	100	100	80	50	100
Totalt	645	675	487	395	625



Figur 132 Resulterende score for kjølesystemer [1].

Tabell 96 viser resultatet for vurdering av naturlig ventilasjon med tilhørende begrunnelser og score. Naturlig ventilasjon oppnår høy poengsum på de fleste kategoriene. Noe gjør at systemet er svært egnet å installere i et drivhus. Effektivitet er det den kategorien som oppnår lavest poengsum grunnet naturlig ventilasjon er avhengig av eksterne faktorer som vind og temperaturforhold.

Tabell 97 Vurdering naturlig kjøling [1].

Vurdering – Naturlig ventilasjon		
Kriterier	Resultat	Score
Passiv og aktiv teknologi	<ul style="list-style-type: none"> Naturlig ventilasjon er en passiv teknologi som reduserer behovet for bruk av fossile brensler og andre ikke fornybare-energikilder. 	100
Energiforsyning	<ul style="list-style-type: none"> Vind. 	25
Effektivitet	<ul style="list-style-type: none"> Naturlig ventilasjon kan være svært effektivt ved rette vindforhold og riktig temperatur. 	50
Energiforbruk	<ul style="list-style-type: none"> Lavt energiutnyttelse [138]. Automatiserte side og tak vinder bruker nærmest ingen elektrisitet som minimere miljøutslippene. 	100
Levetid	<ul style="list-style-type: none"> Lang levetid. 	100
Vedlikehold	<ul style="list-style-type: none"> Ingen/enkelt vedlikeholde da det ikke kreves ekstra komponenter eller andre teknologiske elementer. 	100
Miljøpåvirkninger	<ul style="list-style-type: none"> Ingen miljøpåvirkninger. Reduserer behovet for bruk av ikke-fornybare energikilder som reduserer utslippene og miljøpåvirkningene. 	100

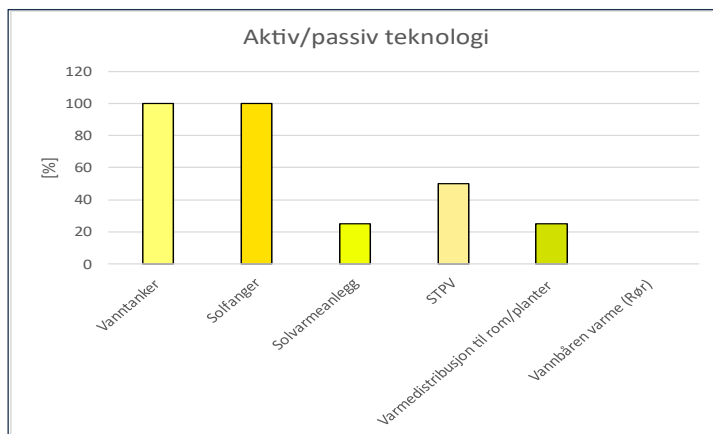
Tilpasningsdyktighet	<p>Fordeler</p> <ul style="list-style-type: none"> • Egner seg for klima med tørre værforhold og tilstrekkelig vindforhold. Arendalsområdet er preget av gjennomsnittlig vind på 7 m/s [322]. Noe som kan være effektivt nok. Systemet i seg selv passer til områder i høyere breddegrader. Dermed kan naturlig ventilasjon være nok til å kjøle ned drivhuset da gjennomsnittstemperaturen i sommerperioden ligger på rundt 19 grader. • Enkelt å implementere i takdrivhuset da det ikke krever komplekse systemer. Mekaniske vinduer kan åpnes og lukkes ved behov. • Krever ikke strøm eller mekaniske systemer for å fungere, noe fører til lave driftskostnader og ingen energibruk. • Reduserer fuktighet og temperatur. • Lave driftskostnader [138]. 	100
	<p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Avhengig av værforhold: Naturlig ventilasjon er avhengig av værforhold og eksterne faktorer som eks temperatur, vindforhold, vindretning og vindstyrke, noe som kan påvirke effekten av naturlig ventilasjon om det ikke er tilstrekkelige forhold ligger til grunn [138]. 	
Totalt		675

7.1.8 Resulterende score for oppvarmingssystemer

Tabell 97 til 103 viser score over de ulike kriteriene med tilhørende grafer, systematisert etter underkategoriene innen kategorien «Oppvarmingssystemer» [1].

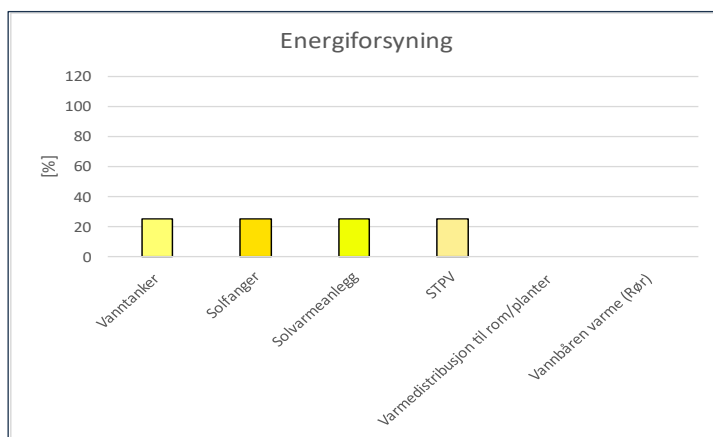
Tabell 98 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Aktiv/passiv teknologi» [1].

Aktiv/passiv teknologi		
Oppvarmingssystem	Resultat	Score [%]
Vanntanker	Passiv	100
Solfangere	Passiv	100
Solvarmeanlegg	Aktiv	25
Semigjennomsiktige fotovoltaiske paneler (STPV)	Aktiv/Passiv	50
Varmedistribusjon til rom og planter	Aktiv	25
Vannbåren varme - rør	Ingen	0



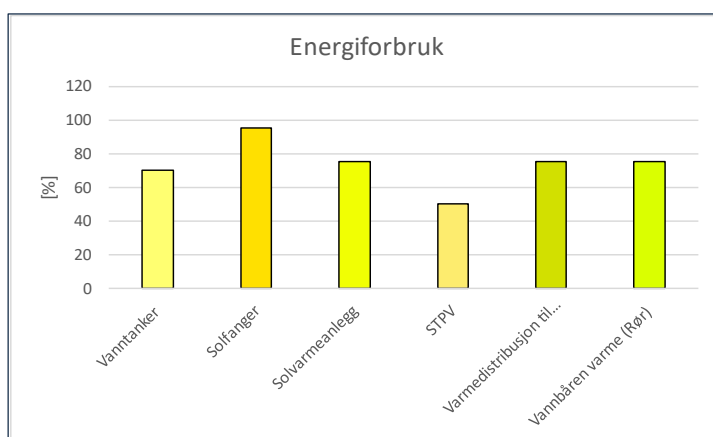
Tabell 99 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Energiforsyning» [1].

Energiforsyning		
Oppvarmingssystem	Resultat	Score [%]
Vanntanker	Sol	25
Solfangere	Sol	25
Solvarmeanlegg	Sol	25
Semigjennomsiktige fotovoltaiske paneler (STPV)	Sol	25
Varmedistribusjon til rom og planter	Ingen	0
Vannbåren varme - rør	ingen	0



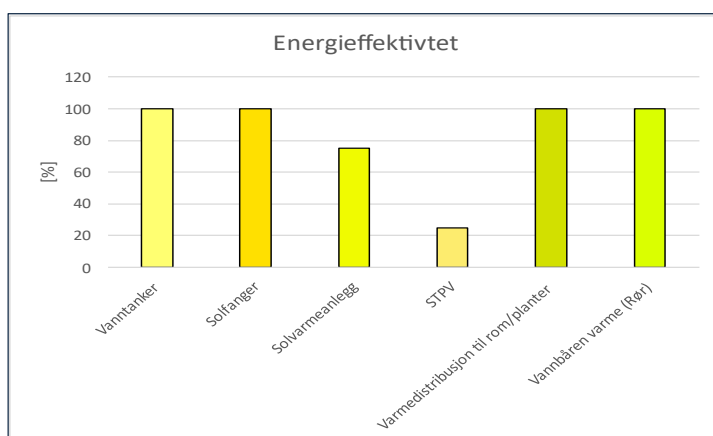
Tabell 100 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Energibruk» [1].

Energibruk		
Oppvarmingssystem	Resultat	Score [%]
Vanntanker	70	70
Solfangere	95	95
Solvarmeanlegg	75	75
Semigjennomsiktige fotovoltaiske paneler (STPV)	50	50
Varmedistribusjon til rom og planter	75	75
Vannbåren varme - rør	75	75



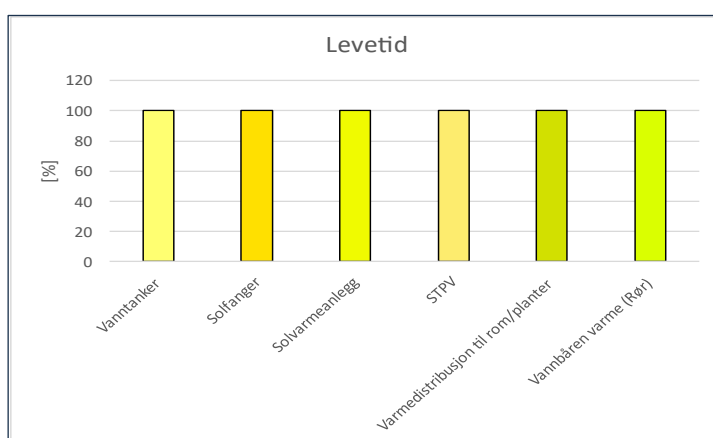
Tabell 101 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Energieffektivitet» [1].

Energieffektivitet		
Oppvarmingssystem	Resultat	Score [%]
Vanntanker	100	100
Solfangere	100	100
Solvarmeanlegg	75	75
Semigjennomsiktige fotovoltaiske paneler (STPV)	25	25
Varmedistribusjon til rom og planter	100	100
Vannbåren varme - rør	100	100



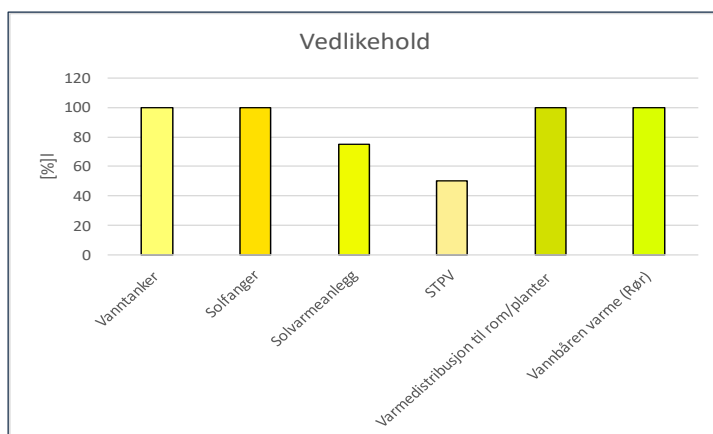
Tabell 102 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Levetid» [1].

Levetid		
Oppvarmingssystem	Resultat	Score [%]
Vanntanker	Lang	100
Solfangere	Lang	100
Solvarmeanlegg	Lang	100
Semigjennomsiktige fotovoltaiske paneler (STPV)	Lang	100
Varmedistribusjon til rom og planter	Lang	100
Vannbåren varme - rør	Lang	100



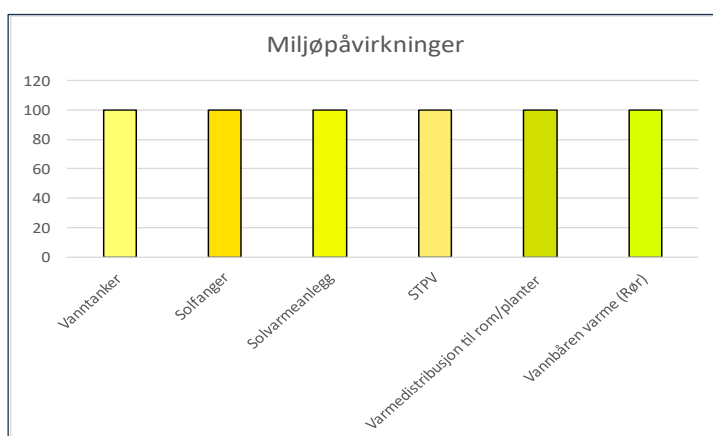
Tabell 103 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Vedlikehold» [1].

Vedlikehold		
Oppvarmingssystem	Resultat	Score [%]
Vanntanker	Lite	100
Solfangere	Lite	100
Solvarmeanlegg	Middels	75
Semigjennomsiktige fotovoltaiske paneler (STPV)	Mye	50
Varmedistribusjon til rom og planter	Lite	100
Vannbåren varme - rør	Lite	100



Tabell 104 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Miljøpåvirkninger» [1].

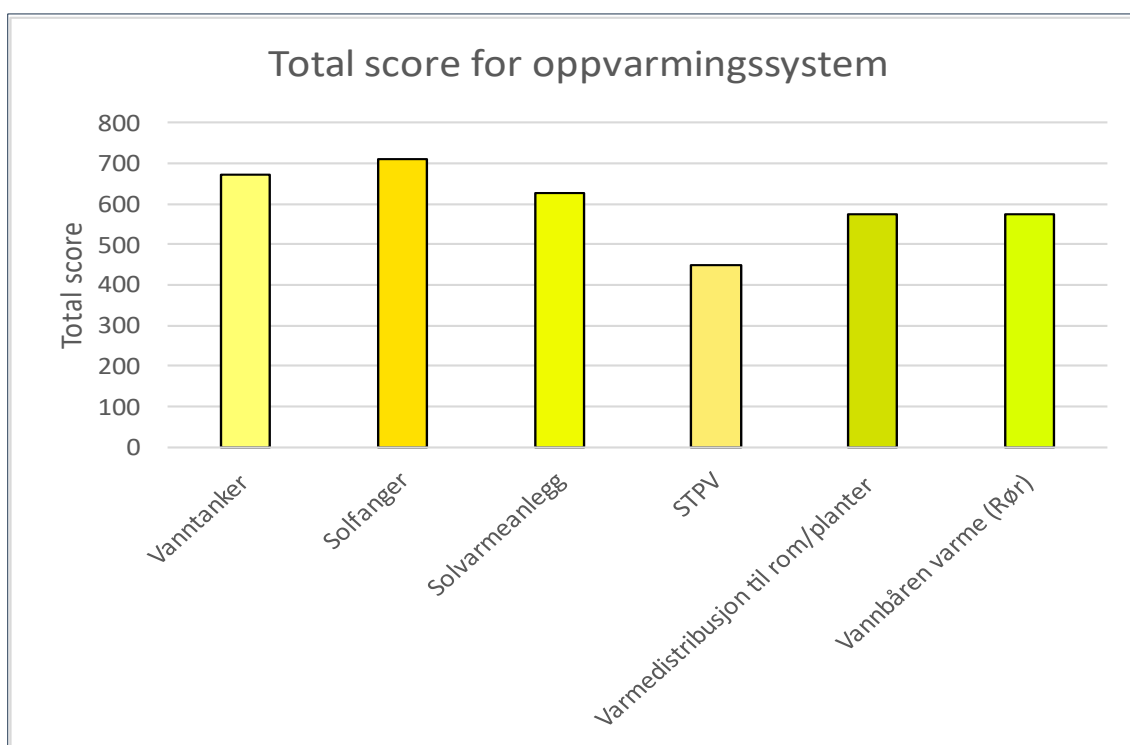
Miljøpåvirkninger		
Oppvarmingssystem	Resultat	Score [%]
Vanntanker	100	100
Solfangere	100	100
Solvarmeanlegg	100	100
Semigjennomsiktige fotovoltaiske paneler (STPV)	100	100
Varmedistribusjon til rom og planter	100	100
Vannbåren varme - rør	100	100



Tabell 104 viser total score for de ulike oppvarmingsystemene vanntanker, solfangere, solvarme anlegg, STPV, varme distribusjon og vannbåren varme. Figur 133 visualiserer den totale scoren i ett søylediagram. Resultatene tilsvarer at solfangere kommer best ut med en poengscore på 710%. Teknologien viser altså at den er best tilpasningsdyktig etter forholdene basert på takdrivhuset på Morrow. Vanntanker utpeker seg også som et godt alternativ med en score på 670%, som hovedsakelig skyldes systemets enkle kompleksitet. Videre kommer varmedistribusjon, vannbåren varme, SPV og solvarmeanlegg med score på 575%, 575%, 450% og 625%.

Tabell 105 Total score for oppvarmingsystemer [1].

Total score for oppvarmingsystemer						
Oppvarmingsystem	Vanntanker	Solfanger	Solvarme anlegg	STPV	Varme distribusjon	Vannbåren varme
Aktiv/passiv teknologi	100	100	25	50	25	25
Energiforsyning	25	25	25	25	0	0
Effektivitet	100	100	75	25	100	100
Energibruk	100	95	75	50	75	75
Levetid	100	100	100	100	100	100
Vedlikehold	100	100	75	50	100	100
Miljøpåvirkninger	100	100	100	100	100	100
Tilpasningsdyktighet	75	90	75	50	75	75
Totalt	670	710	625	450	575	575



Figur 133 Resulterende score for oppvarmingsystemer [1].

Tabell 105 viser oversikt over vurderingsarbeidet for vanntanker relatert til score og begrunnelse. Resultatene viser at vanntanker oppnår gode resultater tilknyttet utnyttelse av fornybare energikilder, bærekraftige fordeler, energieffektivitet, samt systemets mindre kompleksitet til å tilpasses seg drivhuset. Midlertid scorer vanntanker noe dårligere tilpasningsdyktighet i den art at systemet er avhengig av eksterne faktorer og kan være noe mindre pålitelig til visse tider av året.

Tabell 106 Vurdering – Vanntanker [4, 44, 247].

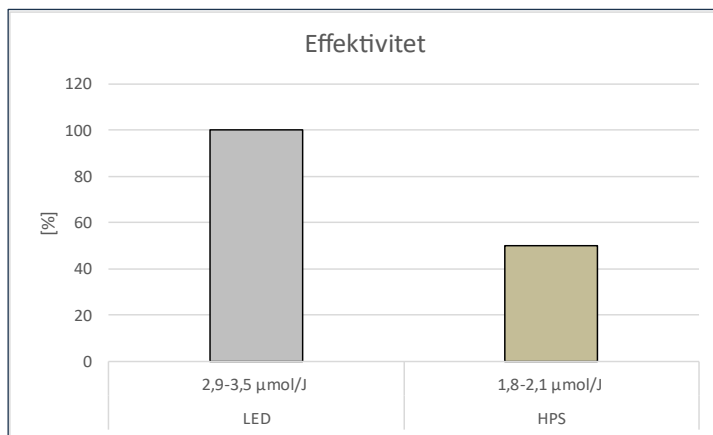
Vurdering – Vanntanker		
Kriterier	Resultat	Score
Passiv og aktiv teknologi	<ul style="list-style-type: none"> Passiv teknologi. 	100
Energiforsyning	<ul style="list-style-type: none"> Sol. 	25
Energieffektivitet	<ul style="list-style-type: none"> Tiltenkes at implementering av vanntanker kan redusere energibruk fra andre kilder, resulterende i effektivisert energiforbruk over tid. 	100
Energiforbruk	<ul style="list-style-type: none"> Kan dekke 70% av drivhusets oppvarmingsbehov. 	70
Levetid	<ul style="list-style-type: none"> Lang levetid. 	100
Vedlikehold	<ul style="list-style-type: none"> Krever lite vedlikehold. 	100
Miljøpåvirkninger	<ul style="list-style-type: none"> Ingen utslipp i bruksfasen, bruker heller ikke noen fossile-energikilder. 	100
Tilpasningsdyktighet	<p>Fordeler:</p> <ul style="list-style-type: none"> Enkelt system og implementering i forhold til komplekse oppvarmingssystemer med rørlegging og elektriske installasjoner. Tiltenkes å ha lave driftskostnader og mindre kostbart. Miljøvennlig i forhold til andre oppvarmingsteknologier som går på fossilt brensel. Vanntankene kan fleksibelt plasseres rundt om på takområdet. Vanntankene kan lagre termisk masse som kan benyttes ved behov. Teknologien viser til lovende temperaturøkning selv i kaldere områder. <p>Ulemper:</p> <ul style="list-style-type: none"> Avhengig av eksterne faktorer som sol, som kan være begrenset i vinterperioder. Tiltenkes å gi lite oppvarmings effekt ved større drivhus kontra små. Plass areal kan være en ulempe, grunnet stort takareal er dette ikke noe problem. Tiltenkes å trenge ekstern oppvarming for å opprettholde pålitelig oppvarmingsbehov i drivhuset. Tiltenkes begrenset kapasitet til å lagre varme sammenlignet med mer avanserte systemer. Tiltenkes å muligens suppleres med et reguleringssystem for å få kontroll over temperaturen. Passende til mindre drivhus. Tiltenkes å være svært tungt ved større behov. 	75
Totalt		670

7.1.9 Resulterende score for andre teknologier: Lamper

Tabell 106 til 111 viser score over de ulike kriteriene tilknyttet kategorien «Andre teknologier: Lamper» med tilhørende grafer [1].

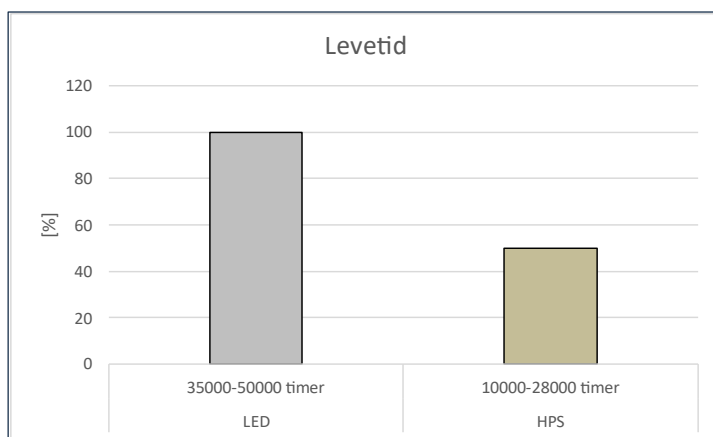
Tabell 107 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Effektivitet» [1].

Effektivitet		
Belysning	Resultat $\mu\text{mol}/\text{J}$	Score [%]
LED	2,9-3,5	100
HPS	1,8-2,1	50



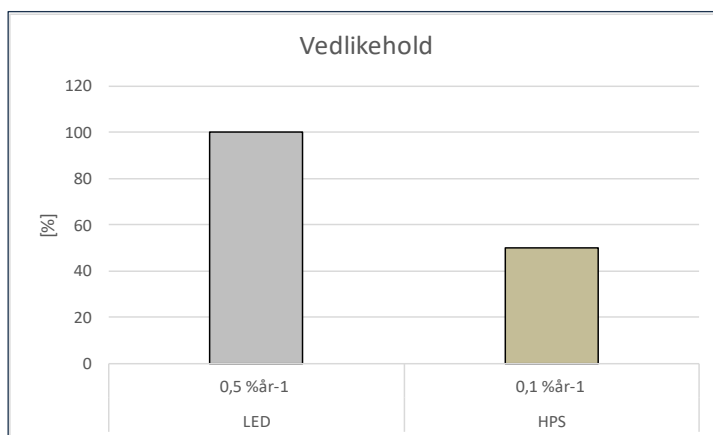
Tabell 108 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Levetid» [1].

Levetid		
Belysning	Resultat timer	Score [%]
LED	35000-50000	100
HPS	10000-28000	50



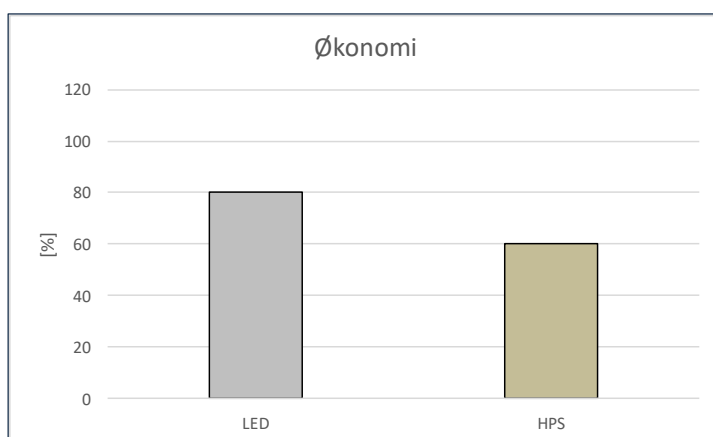
Tabell 109 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Vedlikehold» [1].

Vedlikehold		
Belysning	Resultat år^{-1}	Score [%]
LED	0,5	100
HPS	1	50



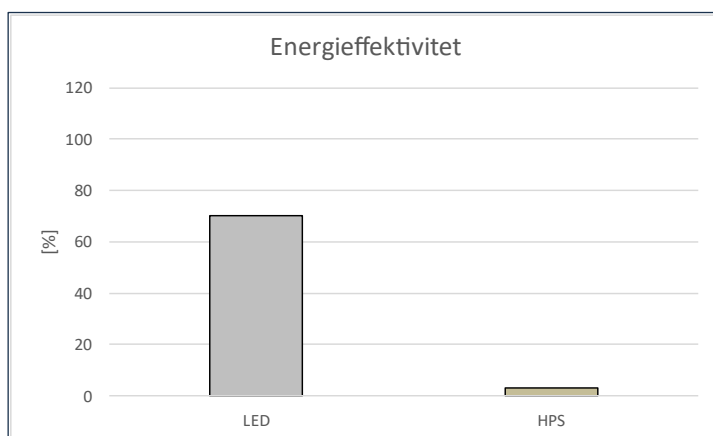
Tabell 110 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Økonomi» [1].

Økonomi		
Belysning	Resultat	Score [%]
LED	80	80
HPS	60	60



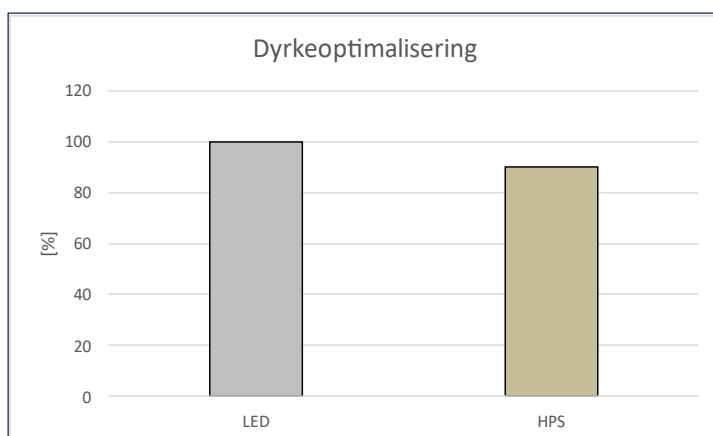
Tabell 111 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Energieffektivitet» [1].

Energieffektivitet		
Belysning	Resultat	Score [%]
LED	70	70
HPS	3	3



Tabell 112 Resultat og score tilknyttet vurderingskategorien «Dyrkeoptimalisering» [1].

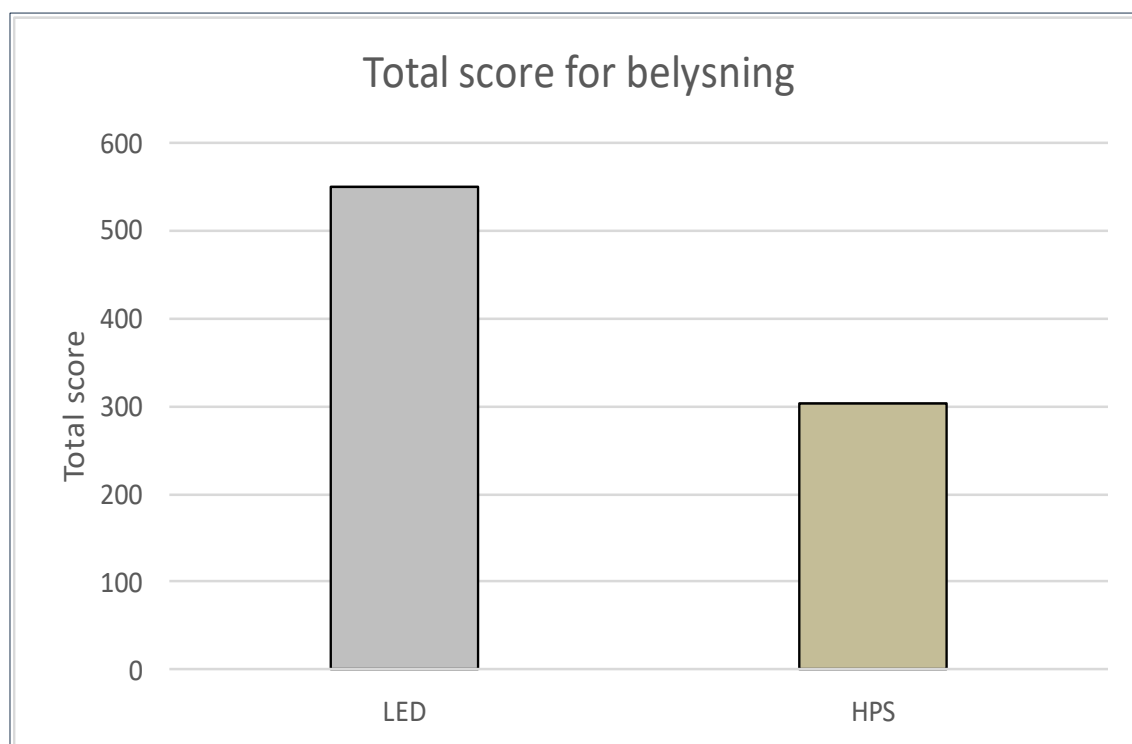
Dyrkeoptimalisering		
Belysning	Resultat kg m ² år ⁻¹ .	Score [%]
LED	116,00	100
HPS	105,25	90



Tabell 112 viser den totale scoren for LED- OG HPS-lamper. Figur 134 visualiserer den totale scoren i et søylediagram. Resultatene viser overlegent at LED-Lamper med score på 550% er et bedre alternativ enn HPS-lamper med en score på 303%. Installasjon av LED gir høy energieffektivitet, lang levetid og har bedre evne til å tilpasse lysforholdene etter plante vekst. På en annen side er HPS lampene billigere i innkjøps pris, men i det lange løp vil det spares inn igjen med LED. Sett fra et bærekraftig perspektiv er LED lys en god investering, grunnet de produserer mer lys per watt og kan dermed redusere energiforbruket. Lavere energiforbruk vil kunne redusere karbonutslippet relatert til energiproduksjon, samtidig som man tar i bruk fornybare energikilder. Dette muliggjør vekstnæringen å kunne ta i bruk kunstig belysning, noe som vil resultere i effektiv avlgsvekst. Samtidig opprettholdes produksjonen året rundt [1] [250] [14] [252] [79].

Tabell 113 Total score for belysning [1].

Total score for belysning		
Belysning	LED	HPS
Effektivitet	100	50
Levetid	100	50
Vedlikehold	100	50
Kostnader/økonomi	80	60
Energieffektivitet	70	3
Dyrke optimalisering	100	90
Sum	550	303



Figur 134 Resulterende score for belysning [1].

Tabell 113 viser resultatet for LED-lys med følgende begrunnelse og score. Som det framgår i tabellen er LED-lys svære energieffektive, lang holdbarhet, krever lite vedlikehold og oppnår relativ større utbytte av avlinger. Økonomisk resultat tyder på at LED- har noe dyre investeringskostnader som trekker ned scoren.

Tabell 114 Vurdering LED-lampe [1].

Vurdering – Belysning - LED		
Kriterier	Resultat	Score
Effektivitet	2,9-3,5 $\mu\text{mol}/\text{J}$ [250] [14]. LED lampene produserte 2,5-3,5 μmol fotosynteselys per watt energi, mens HPS lampene produserte 1,7-2,1 μmol fotosynteselys per watt energi. LED-lampene har bedre intensitet og effektivt, altså ca. 35-50% mer energieffektive enn HPS-lampene [250].	100
Levetid	35 000-50 000 timer [250] [14]. Lang levetid.	100
Vedlikehold	0,5 %år^{-1} [250]. <ul style="list-style-type: none"> • Lite vedlikehold kan være gunstig med tanke på ressurser, kostander og arbeid. • Lang levetid. • Energieffektive og lav driftstemperatur som reduserer slitasje og behov for vedlikehold. • Ved komponent feil trenger ikke hele lyskilden å skiftes ut, da komponenter eller kan erstattes. 	100
Økonomi	Tomatavling = 0,86% Økonomisk tomatavling = 10 % Totale Investeringer = 0% Supplerende lyssystem innvesteringer = 0% Totale anleggsutgifter = 0% Supplerende utgifter til lysanlegg = 0% Driftsutgifter = 12% Strømkostander = 40% Brennstoffkostander = 0,12% LED Vannkostander = 12% LED CO ₂ -kostander = 13% LED Arbeidskostnader = 0% Netto økonomisk resultat (NFR) = 0% Kommentar: LED lys har dyre investeringskostnader i startfasen i forhold til HPS-lamper. På lengre sikt kan dette spares gjennom LED-lyset lange levetid, energisparing og redusert vedlikehold [250]. LED-lys reduserer strømkostandene med 40%, 12% mindre vann og 13% mindre CO ₂ . Samtidig resulterte LED lys i snitt 10% høyere økonomisk tomatavling. Totalt utgjør det et netto økonomisk resultat som er 102 kr m ⁻² år ⁻¹ høyere enn HPS.	80

Energieffektivitet	<ul style="list-style-type: none"> • Strømforbruk/elektrisitet: 0.7-2,4 GJ m⁻² år⁻¹ for de ulike lampekapasitetene for LED. Strømforbruket øker lineært med lampekapasiteten. • LED lampene bruker 40% mindre strøm enn HPS lampene, noe som reduserer strømforbruket i drivhuset. • Grunnet lavere strømforbruk gir det en gjennomsnittlig energieffektivitet (EUE) på totalt 33,67 Kg GJ⁻¹ noe som resulterer i 30% høyere energieffektivitet enn HPS-lampene, med en forskjell på 7,87 Kg GJ⁻¹. Noe som skyldes hovedsakelig det lave strømforbruket. • Totalt sett gir dette bærekraftige fordeler som å redusere miljøpåvirkningene og strømforbruket [250]. • Andre litteraturfunn viser også til at lampene kan oppnå høy energisparing i forhold til HPS med henholdsvis 75% [252]. 	70
Dyrke-optimalisering	<p>Tomatavling:116 kg m² år⁻¹ . LED lampene resulterte i 10% høyere tomatavling[250]. Effektiverer og optimaliserer produksjon av vekster som tomater og agurker. Nibio hevder at LED-belysning tredoblet produksjonen per m² og bruk av energi per kg tomat reduserte med nesten 40% [79].</p>	10
Totalt		550

7.1.10 Resulterende score for andre teknologier: kinetiske plater

Tabell 114 viser resultat for vurderingen av kinetiske plater med begrunnelse. I denne kategorien er ikke kinetiske plater sammenlignet med andre teknologier.

Tabell 115 Vurdering - Kinetiske plater [1].

Vurdering - kinetiske plater		
Kriterier	Resultat/Begrunnelse	Score
Miljømessig bidrag	<p>Kan produsere renere energi enn ved produksjon basert på fossilt brensel [253, 254].</p> <p>Egenvurdering: Vurderes til å ha et høyt miljømessig bidrag, da energien produsert kommer fra bærekraftig kilde (Fotsteg/mennesker). Men produsert strøm er igjen avhengig av frekvens platene blir tråkket på, og må mulig planlegges kombinasjon av andre teknologier i tidsrom det ikke er produsert/lagret nok strøm.</p>	100
Sosialt bidrag	<p>Kan plasseres i både høytrafikk-områder, men også lavtrafikk områder [253, 254].</p> <p>Egenvurdering: Tiltenkes å bidra høyt innen sosial bærekraft. Kan plasseres både i drivhuset, men også ellers i ertsbygningen. Å kunne bidra til bærekraftig energiproduksjon i forbindelse med lokal matproduksjon anses som en verdiøkning og en tilknytning til drivhuset, spesielt for de som arbeider i ertsbygningen. Generelt vil innførsel av innovatiske løsninger også kunne bidra til kunnskapslæring, ikke minst verdiskaping i et bygg som allerede har stort fokus på bærekraftig utvikling i samfunnet.</p>	100
Behov for teknologien (Energi)	<p>Produserer strøm per antall steg: 0,5 mW/steg, 5,0 W/steg, 10W/steg og 0,15W per andre steg [254].</p> <p>Egenvurdering: Tiltenkes å ikke være den største bidragsyteren når det kommer til å dekke totale energibehovet i drivhuset. Derimot vil det ved planlegging av et totalt energi/strøm system, med ulike teknologier, uansett være hensiktsmessig å utnytte bærekraftige energikilder. Generelt er norsk strøm mer miljøvennlig enn i andre land, derav er ikke behovet for en slik teknologi nødvendigvis stort. Derimot vil det kunne være en liten/middels bidragsyter, i et større system. Avhengig av hva den genererte strømmen planlegges å brukes til.</p>	50
Totalt		250

7.1.11 Resultater fra utformingsvurdering og datamodellering

Tabell 115 viser til endelig vurdering av utforming til drivhuset. Det ble i hovedsak tatt videre å tegne opp flerspenn-drivhus med jevn spennvidde, i form av Venlo-stil. Hvor optimal vinkling for drivhuset følger eksisterende bygg, hvor kortsidene vendes mot øst-vest. Plassering av bæresystemet i drivhuset, plasseres på eksisterende bæring fra bygget under, og vind/snø-laster tas noe hensyn til. Ytterligere presentasjon og informasjon tilknyttet resultater fra utformingsvurderingen er lagt i vedlegg C. Herunder layouts, 3D modeller og inspirasjon for drivhusoppteeningen.

Tabell 116 Vurderingstabell for utforming av drivhus [1].

Vurdering – Utforming		
Kategori	Begrunnelse/Resultat	Videre bruk
Utforming	<p>Enkelt-spenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ett spenn mellom hoved bæresøyle/skillevegg [138, 256]. - Høyere ventilasjonsrate [256, 257]. - Dårligere varmeoverføring og høyere varmetap [256, 257]. <p>Egenvurdering: Tiltenkes at enkelt-spenn ikke tas med videre da gruppen ønsker å utnytte bruksareal på innsiden av drivhuset mer effektivt. Det tiltenkes også at høyere varmetap til omgivelsene er negativt i kaldere klima i Norge.</p>	Nei
	<p>Flerspenn:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flere spenn mellom hoved bæresøyle/skillevegg [138, 256]. - Dårligere ventilasjonsrate [256, 257]. - Forbedret varmeoverføring og lavere varmetap [256, 257]. - Brukes oftere til kommersiell produksjon [257]. <p>Egenvurdering: Tiltenkes at flerspenn tas med videre da gruppen ønsker å utnytte bruksareal på innsiden av drivhuset mer effektivt. Og da flerspenn også ofte brukes kommersielt sees dette på som positivt. Ikke minst at flerspenn også har lavere varmetap til omgivelsene. Dårligere ventilasjonsrate kan også justeres ved bruk av enkelte teknologier. Dette går trolig på strøm, og norsk strøm blir ansett som mer «miljøvennlig» enn i mange andre land.</p>	Ja
	<p>Elliptisk form:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Størst solenergi-opptak sammenlignet med fire andre drivhus former (Enkelt-spenn) [51]. <p>Egenvurdering: Veldig positivt at formen hadde størst solenergi-opptak i forhold til andre former. Men tiltenkes at denne formen, passer best med plast-material, som kan være mindre egnet et norsk klima. Tas derfor ikke med videre.</p>	Nei

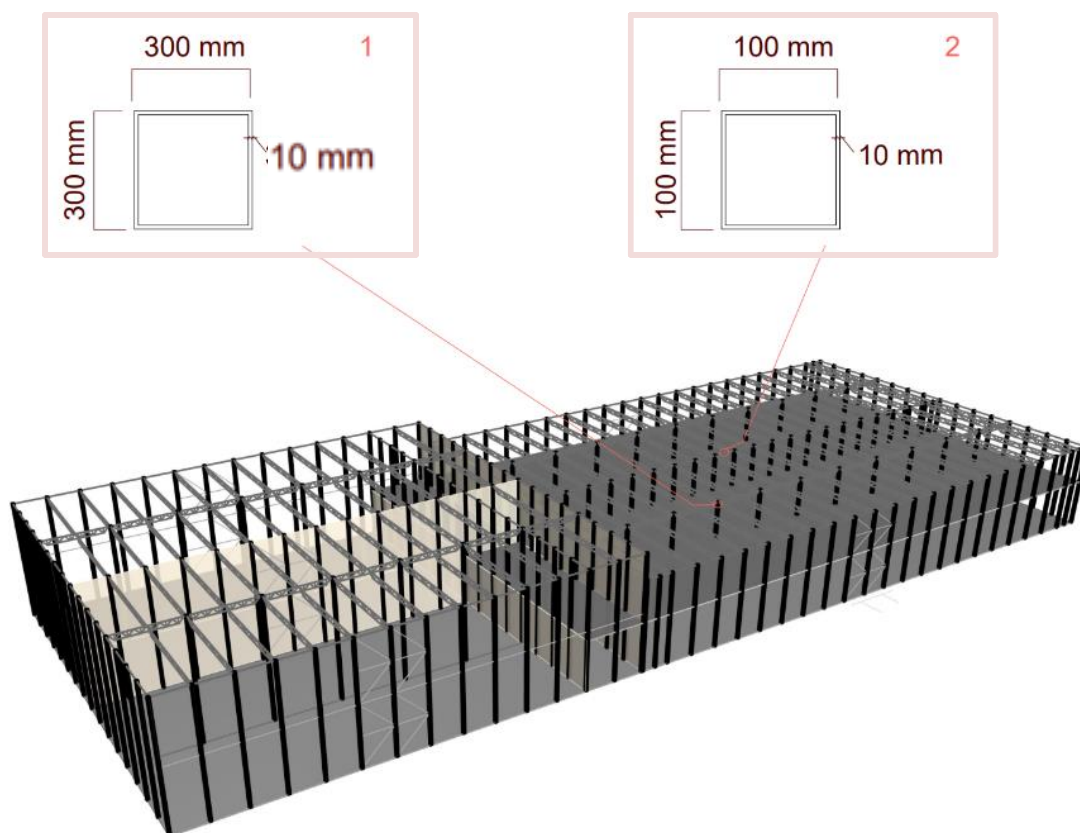
	<p>Ujevn spennvidde form (Triangulær):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nest størst solenergi-opptak sammenlignet med fire andre drivhus former (Enkelt-spenn) [51]. - Optimal form for solenergi-opptak i kaldere klima (India), uavhengig av breddegrad [256]. <p>Egenvurdering: Grunnet det er ønskelig å forenkle opptegning i dataprogrammer, tas ikke denne formen med videre. Det tiltenkes også at snølaste på ujevne spennvidder kan være mer ustabil.</p>	Nei
	<p>Jevn-spennvidde form (Triangulær):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tredje største solenergi-opptak sammenlignet med fire andre drivhus former (Enkelt-spenn) [51]. - Venlo-stil har en jevn-spennvidde form. Passende for takkonstruksjoner og et kaldere klima. Har også standard utluftingsareal på 14,7% [10, 54, 56]. <p>Egenvurdering: Tilgang til mye informasjon angående dimensjonering og form. Utluftingsareal er også under 30% som er bra mtp. vindlaste. Formen er også brukt under norske forhold, og kan bruke både glass og plast som kom best ut av byggematerialene.</p>	Ja
	<p>Semi-sirkulær og sirkulær form:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nest minst solenergi-opptak sammenlignet med fire andre drivhus former (Enkelt-spenn) [51]. - Mye brukt rundt om i verden. Sirkulær form med plast-materiale nyttiggjøres i varmere klima [53]. <p>Egenvurdering: Tiltenkes at denne formen, i kombinasjon med plastfilm ikke passer et norsk klima i like stor grad som andre former. Tas derfor ikke med videre.</p>	Nei
	<p>Vinery form:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Minst solenergi-opptak sammenlignet med fire andre drivhus former (Enkelt-spenn) [51]. <p>Egenvurdering: Da det tar opp minst solenergi i forhold til de andre formene, og det er mindre informasjon om dimensjonering og komponenter, tas denne formen ikke med videre.</p>	Nei
	<p>Gotisk form:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mest energieffektiv sammenlignet med andre populære drivhus-former (Enkelt-spenn). Må ha øst-vest vinkling [255]. - Optimal form i kaldere klima, med nord-vegg isolering, øst-vest vinkling, natt-gardiner og solvarmeanlegg (Flerspenn) [256]. <p>Egenvurdering:</p>	Nei

	Vurderes til å være svært relevant for plassering av drivhus under norske forhold. Derimot for forenkling av oppteigningsarbeid tas denne ikke med videre.	
	Kinesisk sol-drivhus: - Har gode termiske egenskaper deriblant å spare på varme over lengre tid [50]. Egenvurdering: Tiltenkes at denne formen, i kombinasjon med plastfilm ikke passer et norsk klima i like stor grad som andre former. Tas derfor ikke med videre.	Nei
Vinkling	Optimal vinkling: - Kortsider vendt øst-vest - Ta hensyn til bæresystemet til vertsbbygning Egenvurdering: Optimal vinkel for solloptak påvirkes av eksisterende bygg under. Men kortsidene til drivhuset plasseres øst-vest retning om mulig.	Ja
Strukturelle hensyn	Plassering av bæresystem: - Kontinuerlig last. - Bæreelementene i drivhuset plasseres over eksisterende bæreelementer i bygget under [10, 55]. Egenvurdering: Svært viktig ved oppføring av drivhus på tak, tas derfor med videre.	Ja
	Vind-last - Levende last. - Deles inn i to, trykklast og vakuumbelastning [55]. - Kan bli et problem om det er over 30% ventilasjonsåpninger i fasadene [55]. Egenvurdering: Viktig å ta hensyn til ved utforming, tas derfor med videre	Ja
	Snø-last - Takvinkel minst 30 grader [261]. Egenvurdering: Viktig å ta hensyn til ved utforming, spesielt i nordlig klima, tas derfor med videre.	Ja

Figur 135 viser den opptegnede 3D modellen av Morrow batterifabrikk i Arendal. Hvor figur 136 viser til bæresystemet i 3D. Detaljtegning 1 viser til stålprofil-dimensjoner som ble valgt for søylene i bygget, stålprofil KF HUP S355J2H 300x300x10 mm [301]. Detaljtegning 2 viser til stålprofil-dimensjoner for bærende bjelke med dimensjon 100x100x10 mm.



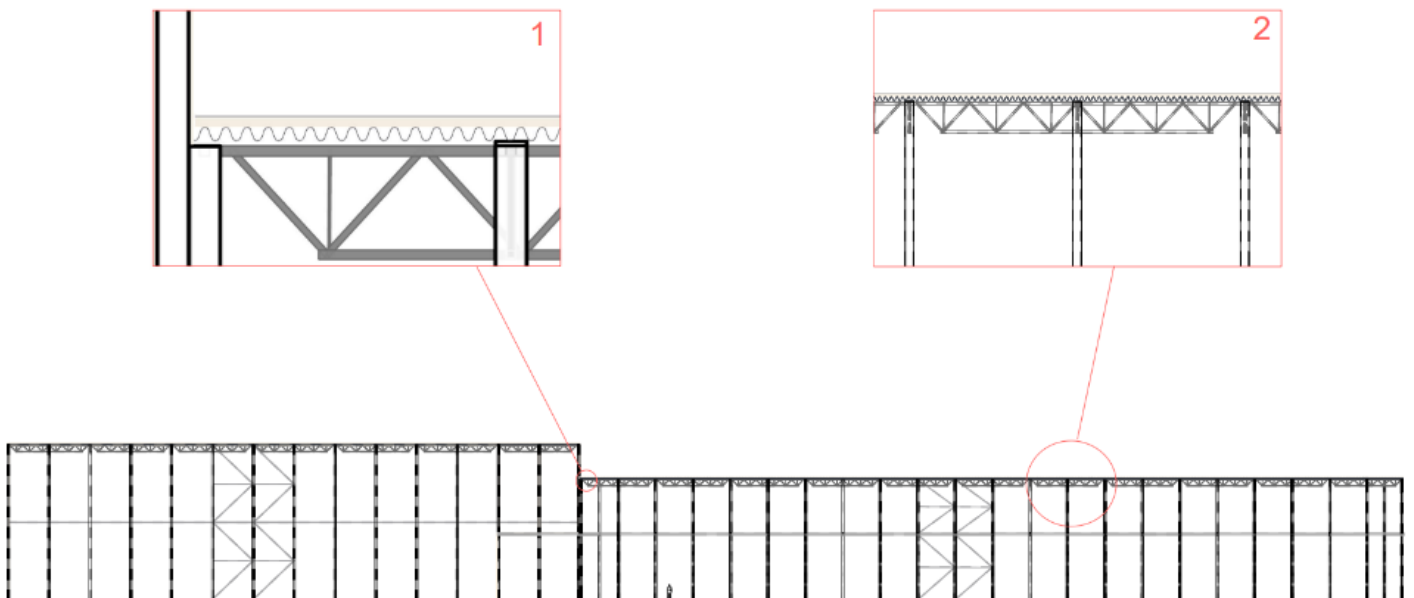
Figur 135 3D modell - Morrow batterifabrikk [1].



Figur 136 3D modell bæresystem - Morrow batterifabrikk [1].

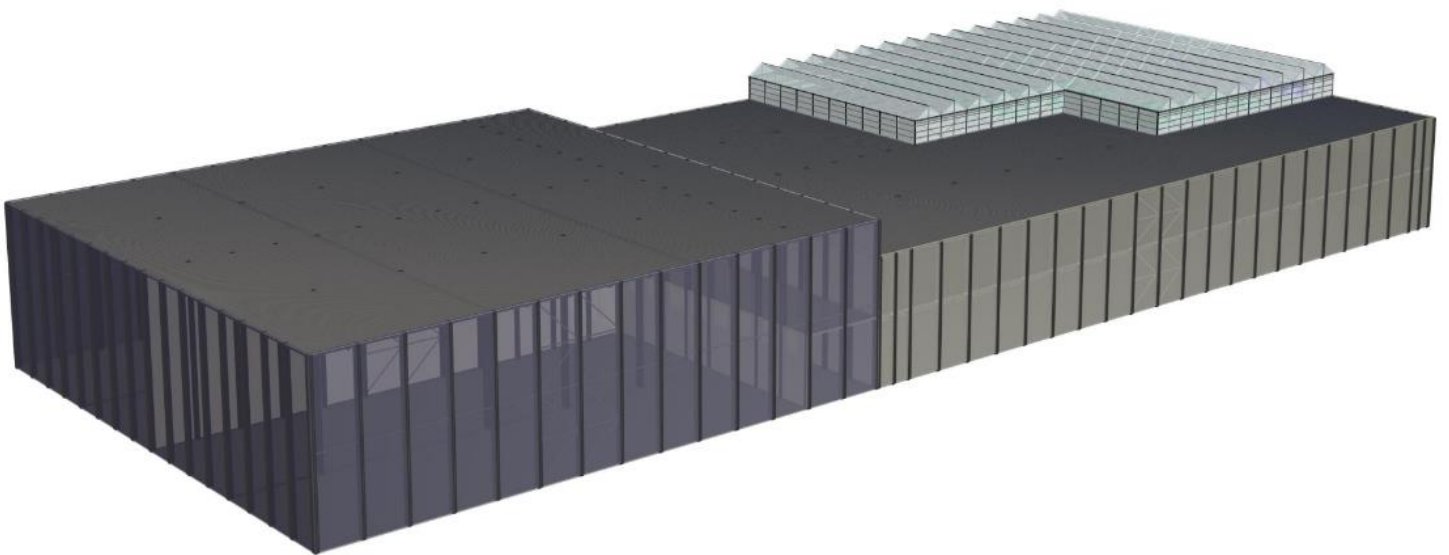
Figur 137 viser en snitt-tegning av opptegnet Morrow batterifabrikk og med detaljtegninger av takkonstruksjonen. Detaljtegning 1 viser til snitt av tak-lagene [4]. Den består av lastbærende stålplate med styrke S350, høyde 130mm, tykkelse 1,5mm og vekt 18,99 kg/m² [323]. Isolasjonslaget er av merket Kingspan med 80 mm tykkelse, som ligger under en takmembran [324]. Detaljtegning 2 viser til snitt av bæresystem i det lavere byggets 2. etasje [1].

Figuren viser også parallell-fagverket som ble tegnet opp i modellen. Selve fagverket som ble valgt hadde dimensjonene U100-90-80-1100, basert på dimensjonerende last $Q_{dim}=20,1$ kN/m og spennvidde 21m [325]. Opptegnet overgurt stålprofil har dimensjonene 100x100x10mm, stålstaver 80x80x10mm og undergurt stålprofil 90x90x10mm [1].



Figur 137 Snitt tegning og detaljer - Morrow batterifabrikk [1].

Figur 138 viser til fullstendig 3D modell gruppen tegnet opp av Morrow batterifabrikk og tak-drivhus i Rhino. Drivhuset står plassert på nordligste delen av fabrikken for å unngå skyggelegging som oppstår fra høyere delen av bygget. Endelig overflatemateriale med høyest score for drivhuset ble vurdert til å være slagfast polykarbonat glass med tykkelse 3mm som vises i figuren. Det totale grunnarealet til drivhuset kom på omtrentlig 4351 m². Materialoversikt er vist i tabell 116, hvor fullstendig utregning av materialvekt er lagt i Vedlegg D.05 og H. Vertikal og horisontal plan, med tilhørende bærestruktur gjennomgås videre i kapittelet [1].

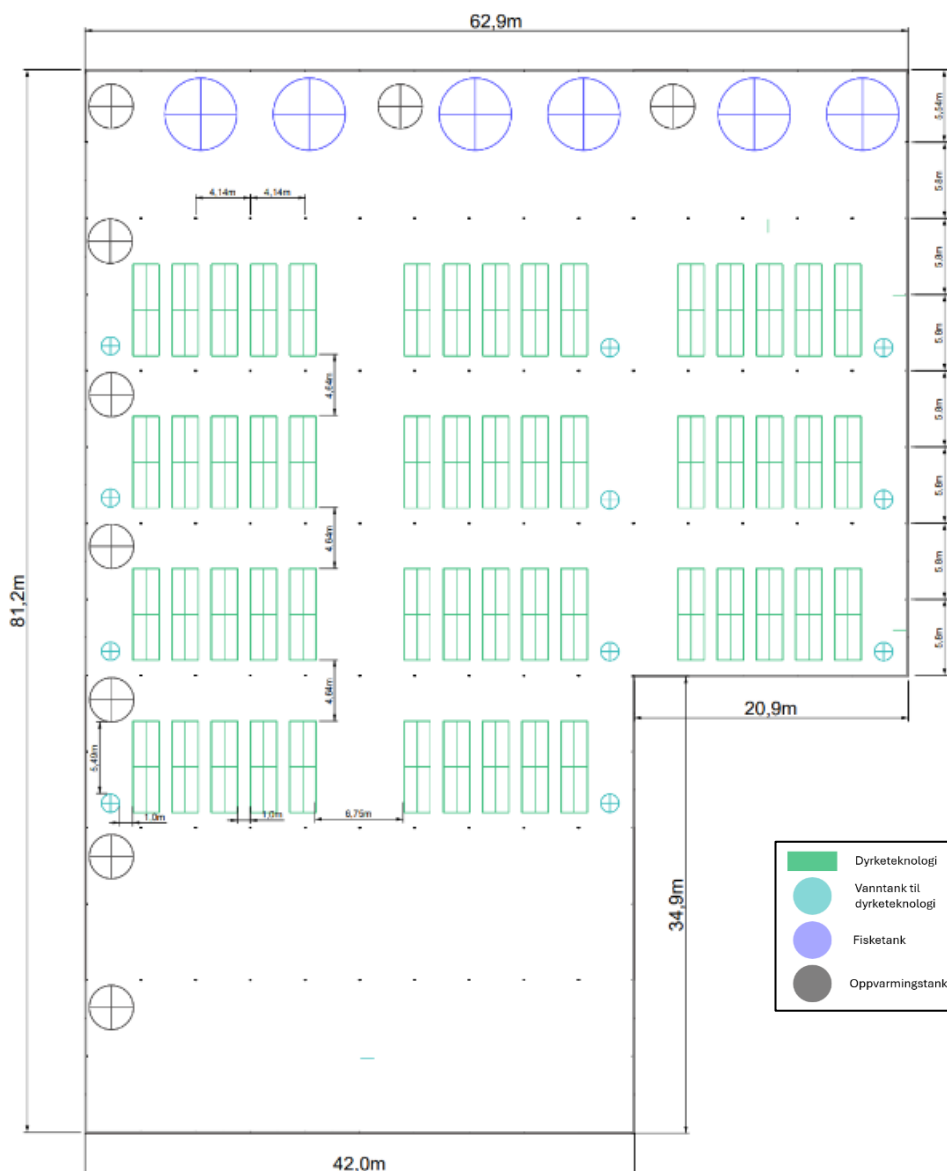


Figur 138 3D modell av tak-drivhus på Morrow batterifabrikk [1].

Tabell 117 Total drivhus-vekt (Materialer) [1].

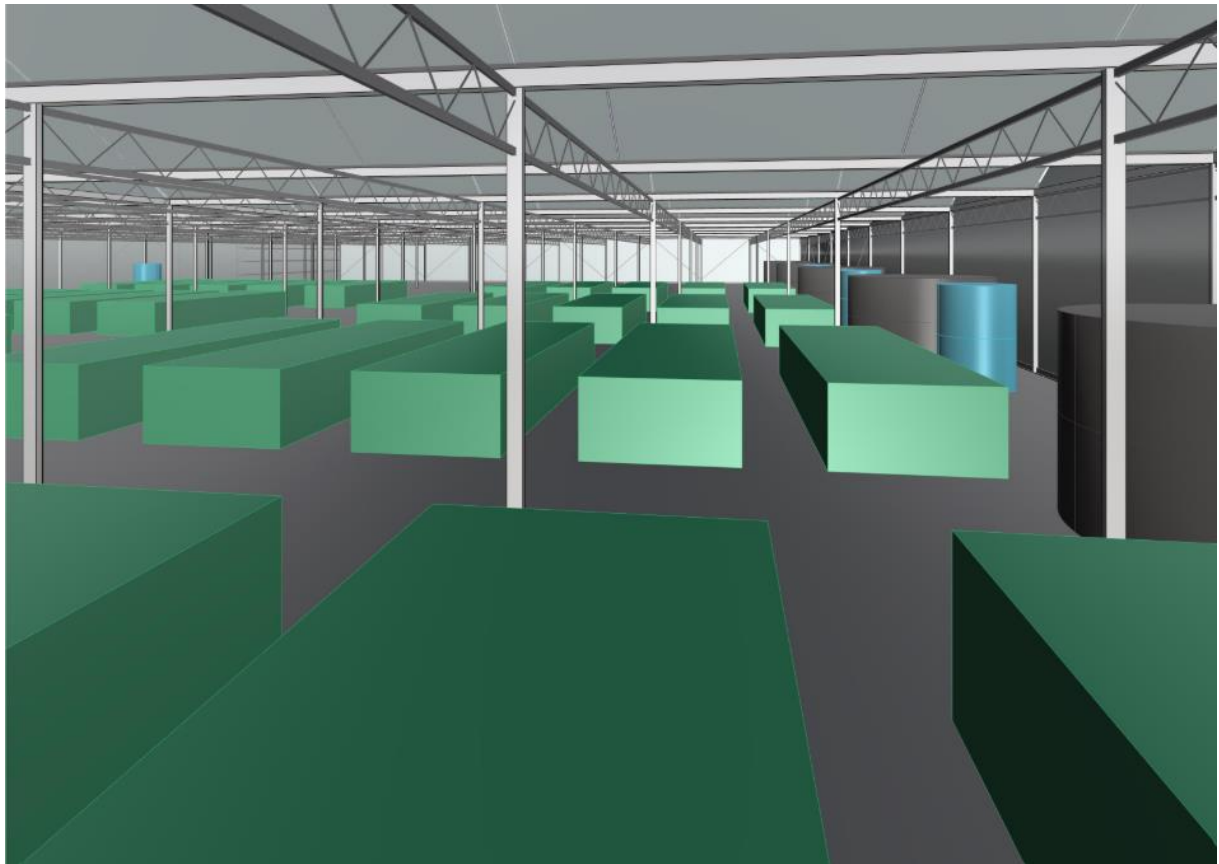
Total Drivhus-vekt (Materialer)	
Materiale	[Tonn]
Stål	18,57
Aluminium	12,92
Slagfast polykarbonat	35,05
Betong	0,07
Totalt	66,61

Figur 139 viser horisontal plan av opptegnet drivhus, inkludert dyrketeknologi med tilhørende vanntank, vanntanker til oppvarming og fisketanker. Det ble valgt å ha dyrketeknologi i 11 av drivhusdelene, som tilsvarte $770,0\text{m}^2$ med dyrketeknologi/areal. Hver enkelt «dyrke-modul» opptar 14m^2 . Resulterende ble det regnet ut til å bli produsert 27 720 salatplanter for hver dyrke-syklus om alle arealene dyrkes samtidig. Gjennom et år tilsvarer dette en produksjon på 304 920 salatplanter ved aeroponisk dyrking. For hver av drivhus-delene med dyrketeknologi, ble det utregnet å være nødvendig med en $4,84\text{m}^3$ vanntank. Disse tankene ble tegnet opp i sirkulær form med høyde 2,0m og radius 0,695m. Totalt gulvareal disse opptar er $16,64\text{m}^2$. Fisketankene ble valgt å stå plassert på ytterkant av bygget, hvor det var ytterligere bæreelementer fra konstruksjonen under [1].



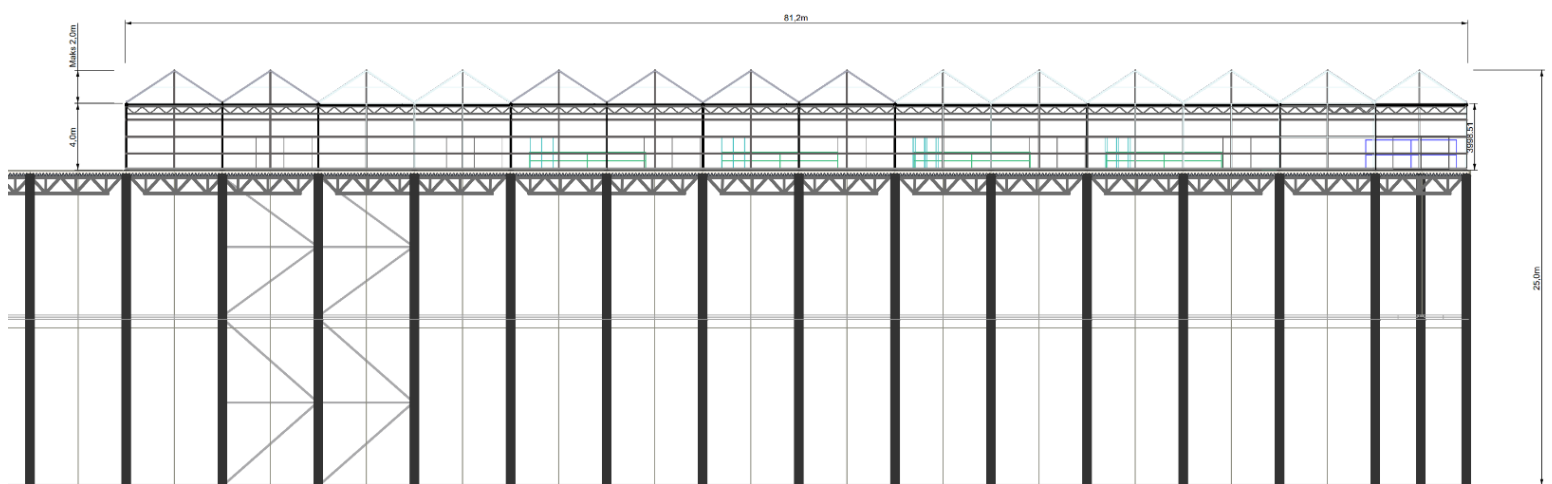
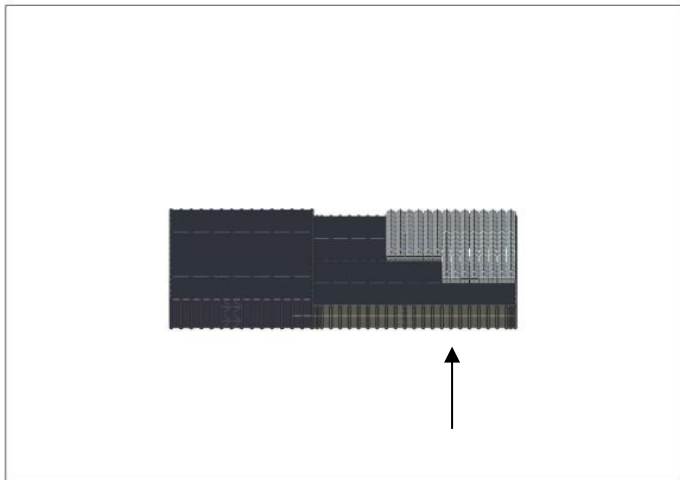
Figur 139 Tak-drivhus - Horisontal plantegning og dimensjoner [1].

Figur 140 viser 3D modell av det opptegnede drivhuset i Rhino 3D. Ved å multiplisere inn totalt grunnareal for drivhuset på $4351,0\text{m}^2$ med *formel 6.1*, fikk man nødvendig vanntank volum til oppvarming på $162,45\text{m}^3$ (Mørkegrå sylindere til høyre i figuren). Dette ble fordelt utover 9 tanker plassert langs nordlige vegger. De sirkulære tankene fikk 2,0m høyde og diameter 3,38m [1].



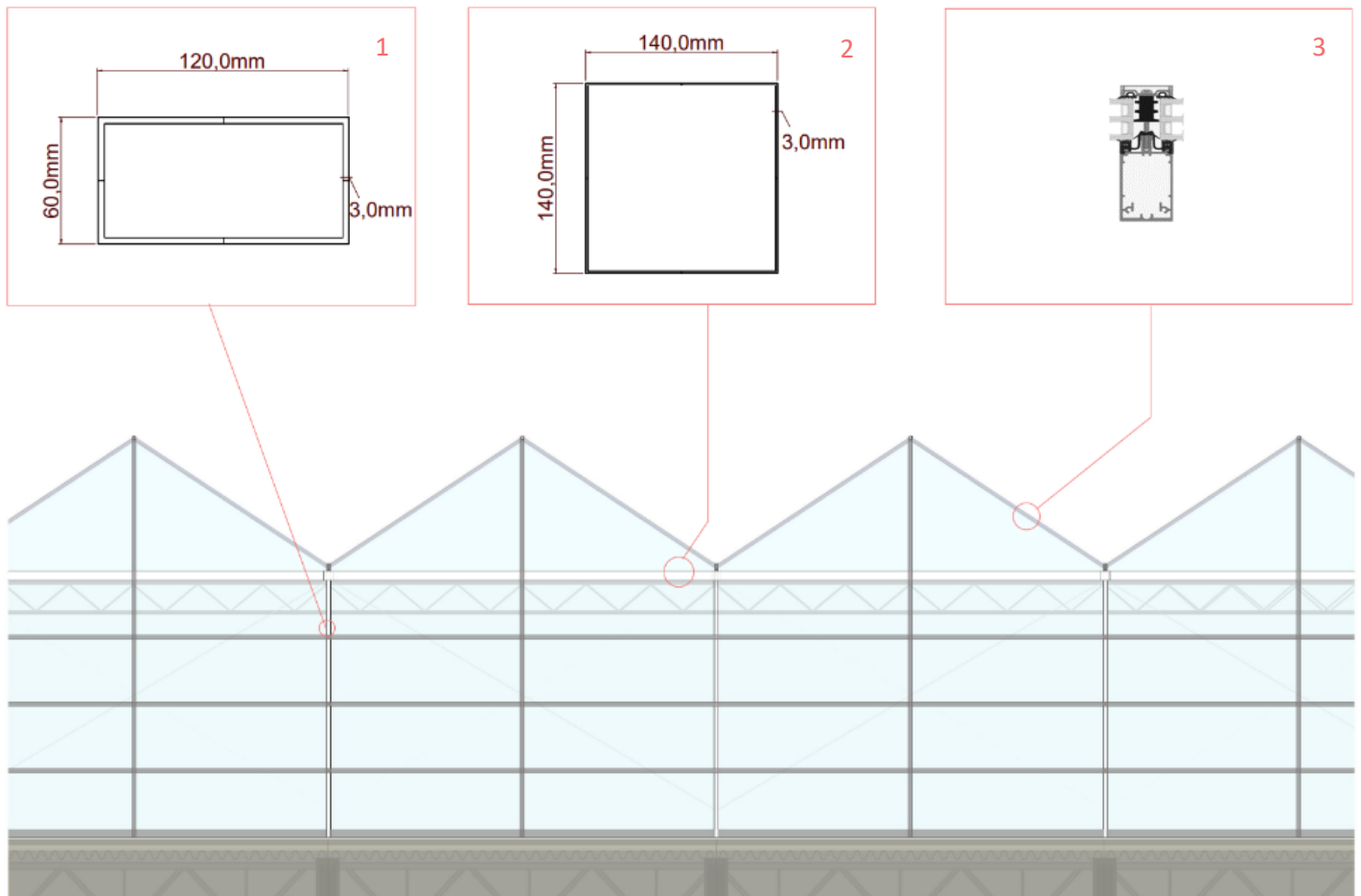
Figur 140 Bilde av opptegnet drivhus i Rhino3D [1].

Figur 141 viser vertikal plan (Snitt tegning) av opptegnet drivhus, med tilhørende dyrketeknologi, oppvarmingstanker og fisketanker. Total høyde over bakken er 25,0m. Drivhuset består av 14, drivhus spenn, som strekker seg omtrent 81,2m langs takkonstruksjonen. Til høyre i figuren sees fisketankene som er plassert over eksisterende bæring med flere søyler enn andre områder [1].



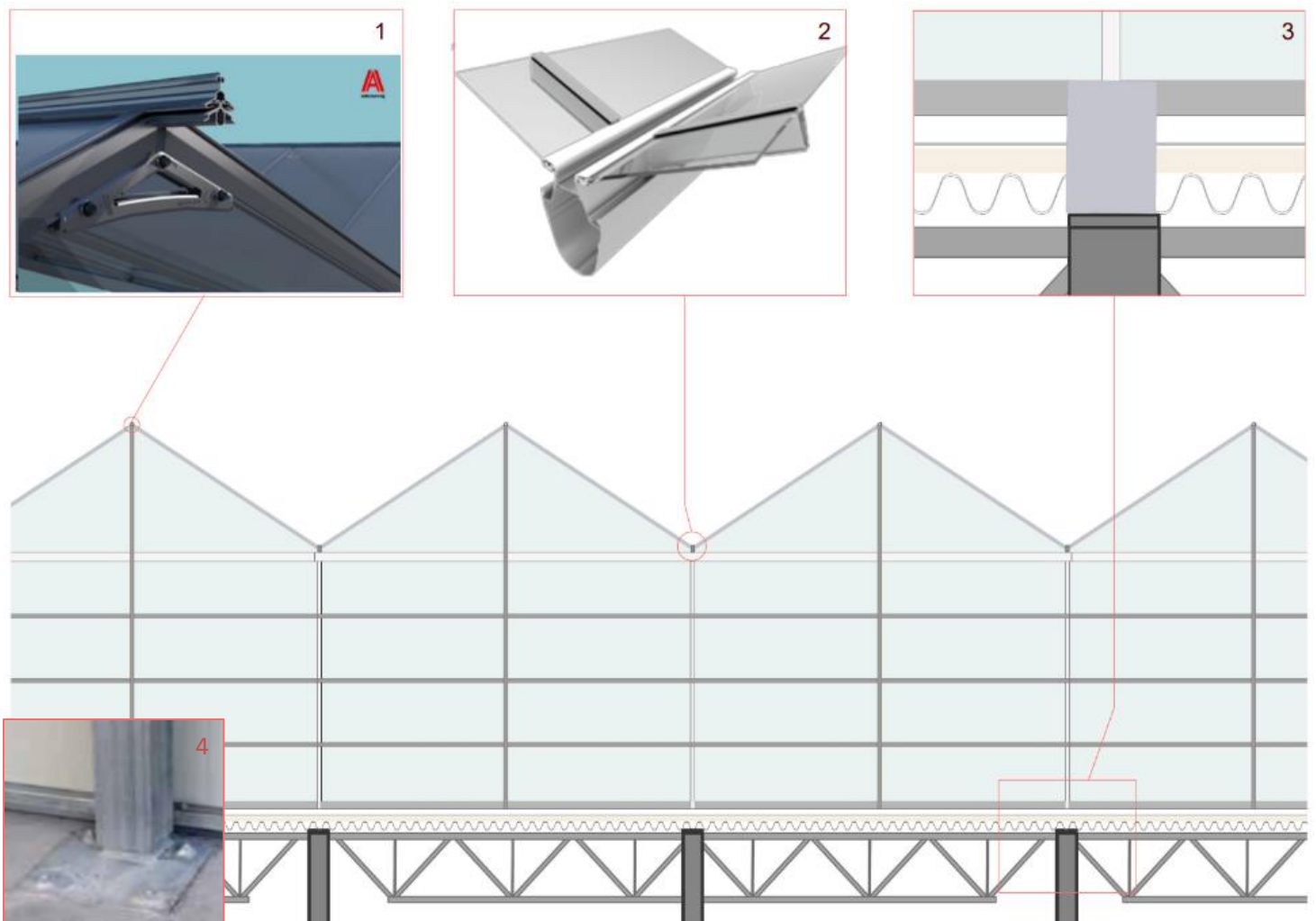
Figur 141 Morrow batterifabrikk og tak-drivhus - Vertikal tegning [1].

Figur 142 viser til vertikal tegning av opptegnet tak-drivhus med tilhørende detaljer [4]. Detaljtegning 1 viser til bæresøylene til drivhuset. Disse ble tegnet opp som hulprofiler med dimensjonene 120,0x60,0x3,0mm. Detaljtegning 2 viser til bærende bjelker i drivhuset, med dimensjonene 140,0x140,0x3,0mm [4, 135]. Detaljtegning 3 viser til aluminiumsfester for glass og fasade i taket. Dimensjonen på denne ble tegnet opp til å være 50,0x50,0 mm, hvor lengde er avhengig av plassering på konstruksjonen. Det var her valgt å kunne anvende THERM⁺ Aluminium facade feste fra produsenten RAICO [4, 326].



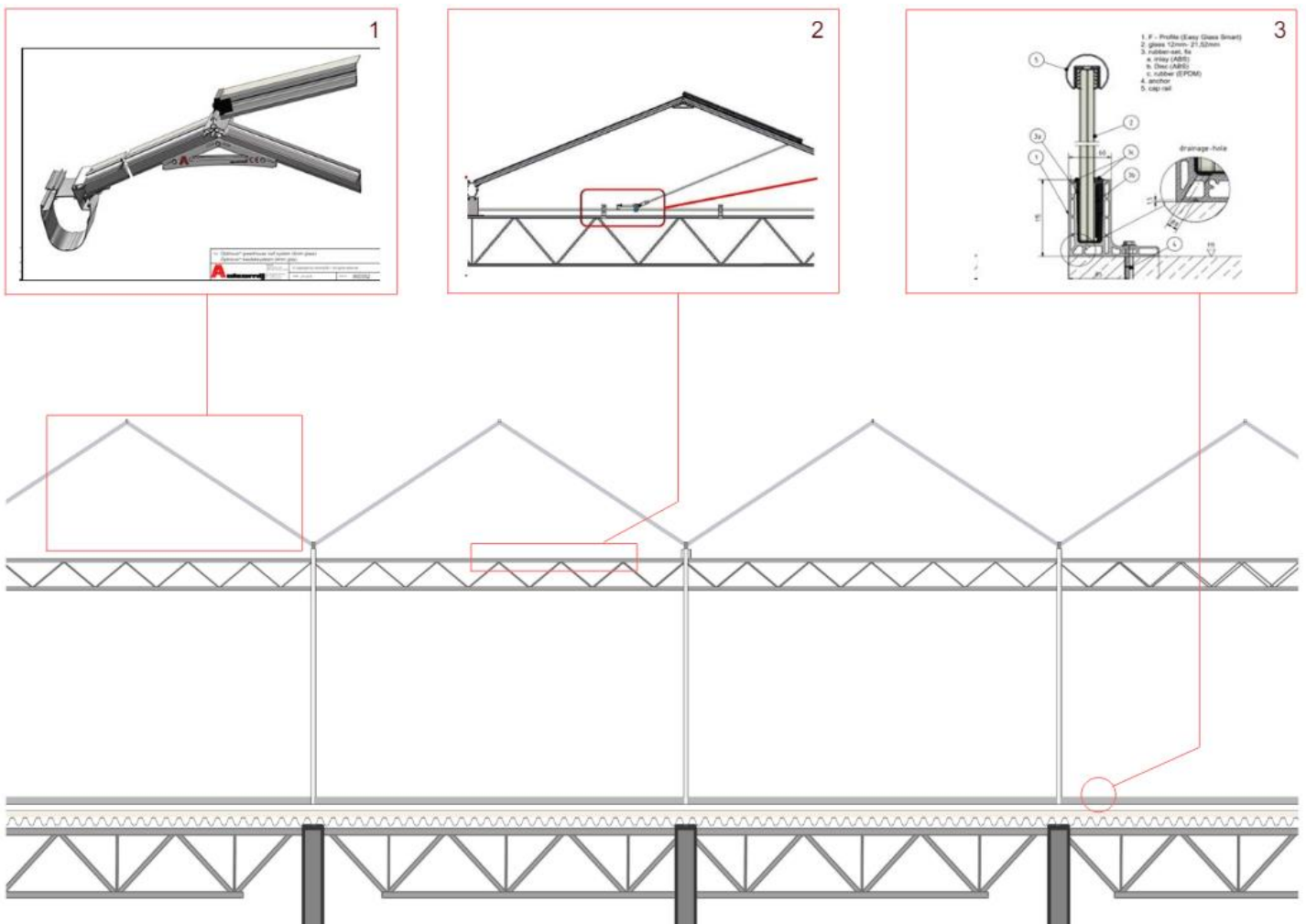
Figur 142 Vertikal tegning av drivhus med profildetaljer [1].

Figur 143 viser en illustrasjon tak-drivhuset gruppen tegnet opp, med tilhørende detaljbeskrivelse. Detaljtegning 1 og 2 viser topp-feste og takrennesystemer som brukes i drivhus. De er begge komponenter innen Optinova drivhus system hvor glass og aluminiums-deler festes sammen. Denne løsningen sies å være svært robust, vann- og lufttett og med mindre forstyrrelse av lysinntrengning [327, 328]. Detaljtegning 3 viser til gruppens løsning på å føre over krefter fra drivhuset, ned i underliggende bæresystem. Det tiltenkes at løsningen kan være å uthulle takkonstruksjonen rundt søylene, for så å fylle åpningen igjen med betong. For så å feste søylene til betongdelen/taket, tiltenkes det å kunne bruke stål-fester som vist i detaljtegning 4. Bildet er hentet fra Europrogress Group sin drivhus brosjyre «MULTI», hvor bedriften er en drivhus-produzent [329].



Figur 143 Drivhus på tak – Detaljer [1].

Figur 144 viser til en vertikal snitt-tegning av det opptegnede tak-drivhuset [4]. Detaljtegning 1 viser til ytterligere design av Optinova systemet til drivhus. Denne illustrerer mulighet for utluftingsfeste til tak [330]. Detaljtegning 2 viser til festeanordning til bevegende komponent som kan åpne og lukke luftevinduet i taket, denne er også fra produsenten Alcomij [331]. Detaljtegning 3 viser til festeanordning for glass til gulv, som er hentet fra Q-railing [332]. For «Trellis-truss» ble det brukt for overgurt og undergurt profil 60x30x3mm, og skrås stenger med dimensjon 14,0mm [135].



Figur 144 Drivhus på tak - Detaljer 2 [1].

7.1.12 Ideer til ytterligere utforming av taket til Morrow batterifabrikk

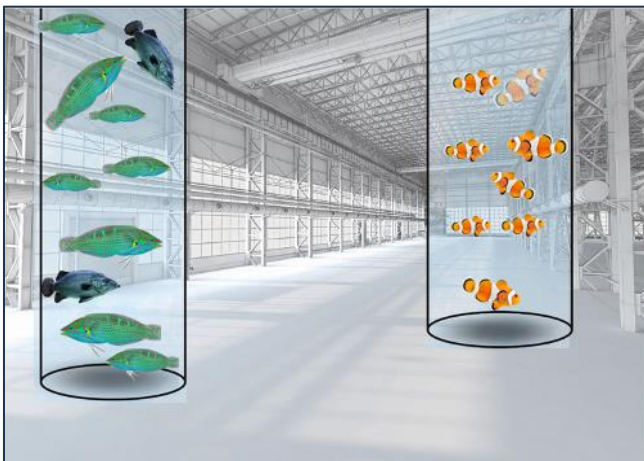
Figur 145 viser en konsept illustrasjon av ytterligere muligheter for arealene rundt takdrivhuset på Morrow batterifabrikk. Figuren er laget av forfatterne i bilderedigeringsprogrammet Canva [266]. Hensikten bak denne illustrasjonen er å belyse muligheter for grønne arealer på taket, med tilhørende sitteplasser og restaurant. Det illustreres også for de planlagte solcellepanelene på Morrow taket, som kan byttes ut med eksempelvis solfangere. Ønsket er at drivhuset kan bidra med ytterligere sosiale verdier for området [1].



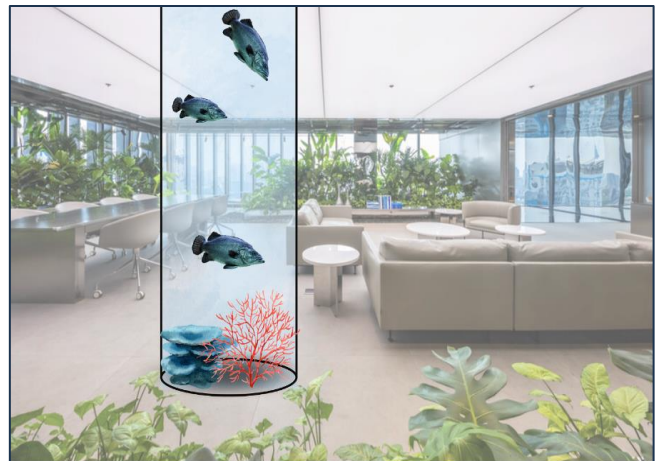
Figur 145 Konsept illustrasjon av Morrow batterifabrikk, med drivhus og grønt tak [1].

7.1.13 Ideer til utforming av dyrketeknologier i drivhuset

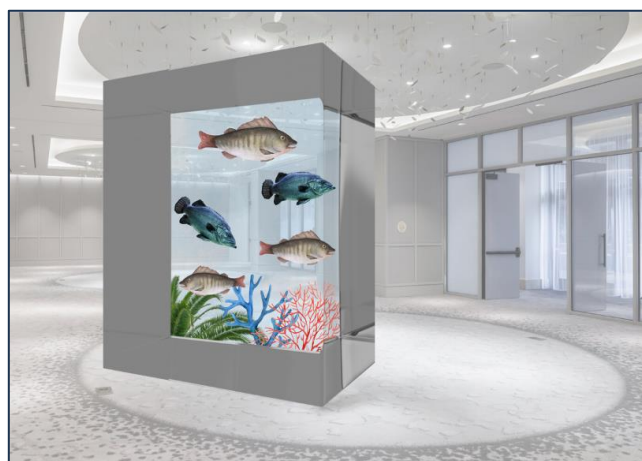
Det er også undersøkt hvordan akvaponisk system kan kombineres med arkitektur og skape et visuelt uttrykk inne i bygg som Morrow batterifabrikk. En av utfordringene med akvaponiske systemer er vekt og plass med tanke på fisketanker og systemets kompleksitet. Gjennom sin fleksibilitet trenger ikke tankene å plasseres på selve takkonstruksjonen, men kan også integreres i bygningens fasade eller på bakkenivå. Illustrasjonene er illustrert i bilde-redigeringsprogrammet Canva. *Figur 147-146* visualiserer hvordan sylinder rør kan bli en del av fabrikk området, slik at det skaper et triveligere arbeidsmiljø med leverende organismer. På samme måte kan tankene plasseres utenfor fabrikk som eksempel ved inngangspartiet vist i *figur 150*. Denne tilnærmingen åpner opp for samspill mellom omkringliggende landskap og bygningens estetikk. Ved å utforske ulike metode for plassering kan dyrketeknologien sette et visuelt preg i en rekke konstruksjoner der både estetikk og funksjonalitet kombineres. Funksjonene kan også tilpasses andre bygninger med mindre takareal for å optimalisere arealeffektivitet og maksimere drivhus størrelsen.



Figur 147 Sylinder rør med fisker som går ned i fabrikkområdet fra taket [1].



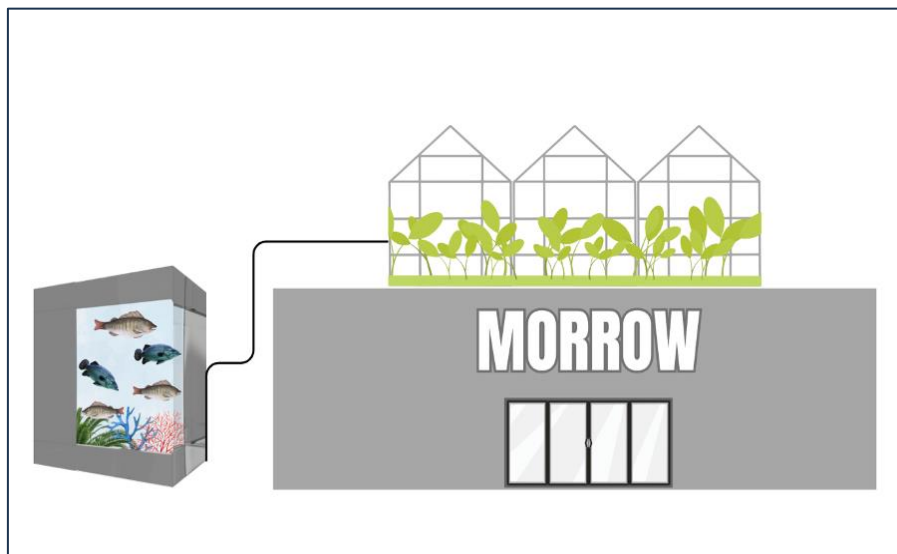
Figur 146 Sylinder rør med fisker som går ned i kontorområdet [1].



Figur 148 Fisketank inne i bygg [1].



Figur 149 Fiske tank fra taket [1].



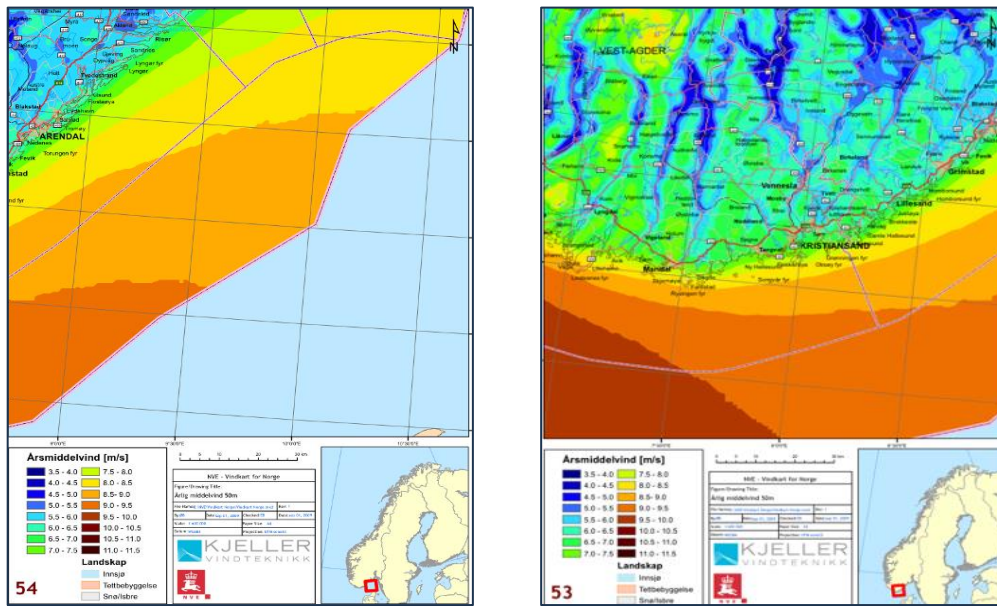
Figur 150 Fiske tank utenfor bygget Morrow [1].

7.1.14 Klima

Tabell 117 viser oversikt over temperaturer, luftfuktighet (RH) og vindstyrke ved målestasjonen på Torungen fyr i Arendal [322]. Vurdering og analysing av klimatiske forhold er avgjørende for å velge riktig oppvarming- og kjøleteknologi for et geografisk område. Å undersøke klima om vinter og sommer gir verdifull innsikt som kan hjelpe til med å optimalisere driften, energiforbruket og vedlikehold. Noe som gir et bedre grunnlag for å vurdere teknologier for oppvarming og nedkjøling i drivhuset. Ved planlegging av takdrivhus bør man ta utgangspunkt hvor i landet man befinner seg, grunnet varierende temperaturer fra sør til nord. Gjennomsnitts- og ekstreme temperaturer gir en pekepinn på hvor mye kjøling og oppvarming som trengs i drivhuset, gjennom de ulike sesongene. Sommerperiodene og vinterperiodene er preget av temperaturer på henholdsvis 19 og -1 grader. Anbefalte RH i drivhus ligger mellom 50-70% avhengig av vekster [77]. I Arendal er RH noe høyt som skyldes at målestasjonen er plassert nærliggende kystområdet. Dermed kan det være behov for tilstrekkelig avfukting i drivhuset. For å analysere vindstyrke er data hentet i fra vindkart for området som vist i figur 151. Vind kan både ha nedkjølende effekt i drivhuset ved høye sommertemperaturer, men kan samtidig redusere varmetapet som fører til økt oppvarming ved sterk vind. Gjennomsnitt vindstyrke ligger på rundt 7 m/s.

Tabell 118 Årlig gjennomsnittsvær og temperaturer i Arendal ved målestasjonen ved Torungen Fyr [322].

Måned	Høyest temp [°C]	Lavest temp [°C]	Gjennomsnitts temp [°C]	Vind [m/s]	Luft fuktighet (RH) [%]
Hele året	19	-1	8	7	81
Januar	3	-1	1	8	85
Februar	2	-1	0	7	86
Mars	5	1	3	7	79
April	9	4	6	6	78
Mai	13	8	10	6	77
Juni	17	12	14	6	75
Juli	19	15	17	6	79
August	19	14	16	6	79
September	16	11	14	7	81
Oktober	12	7	9	7	83
November	8	4	6	8	83
Desember	4	0	2	8	85



Figur 151 Vindkart over Arendal området [11].

7.1.15 Arealbruk

Figur 152 viser sammenligning av satellittbilder for området i fra dagsdato og år 2012 [333]. Fra 2012 kan man se at området er preget av myrer og naturlige skogsområder med barskog med middels og høy bonitet. Referanser for arealressurser (AR50) er hentet i fra kilden.nibio [334]. Utbygging av batterifabrikken (Område1) krever store arealbeslag, noe som utgjør et areal på omtrent 39 7141m² [2]. I tillegg kommer også utbygging av resterende batterifabrikker og infrastruktur som veger. Ubebygde arealer kan inneholde karbon, arealbruksendringer kan dermed fører til prosesser som slipper ut CO₂. Skoger og myrer har en karbonlagrende effekt, ved utbygging eller endringer i karbonrike arealer frigjøres det utslipp [335].



Figur 152 Sammenligning av satellittbilder av område i 2023 og 2012. Hentet i fra [333].

Miljødirektoratets klimagasskalkulator for arealbruksendringer er benyttet for å simulere det totale CO₂ utslippet for utbygd område (område1) og er vist i tabell 118 og 119 [334]. Effekten av arealbruksendringene relatert til utslipp eller opptak av klimagasser bergenes for en standardperiode over 20 år. Da det antas at karboninnholdet i jorden stabiliserer seg på den gitte tiden. Negative tall indikerer opptak av klimagasser, mens positive tall generer utslipp [334]. Fullstendig oversikt over beregninger ligger vedlagt i vedlegg D. Naturligvis vil ulike faktorer som bruksområder for det spesifikke området spille inn, slik som reguleringer tilknyttet næringsbebyggelse. Dette tar ikke kalkulatoren høyde for, men gir allikevel pekepinn på hvor mye CO₂-ekvivalenter det genererer ved arealbruksendringer. Avskogingen vil føre til et totalt utslipp på ca.14 198,5 tonn CO₂-ekvivalenter, mens naturlige omgivelser vil ha et opptak på 1 560,7 tonn CO₂-ekvivalenter. I en rapport fra Context som er utarbeidet for Eyde Energipark kommer det frem at klimagassutslipp tilknyttet arealbruk av næringsområdet utgjør 611 546 kg CO₂-eq/år [192]. Ved å tilrettelegge for grønne tak og tilbakeføring av grønne områder kan CO₂ lagring oppnås [335].

Tabell 119 Utslipp eller opptak fra arealet over 20 år oppgitt tonn CO₂-ekvivalenter, dersom man ikke hadde omgjort bruken av skogsområdet og fra arealbruksendringen [334].

Fra	Til	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Klimagasser i alt
Skog	Skog	-2 289,2	677,6	50,9	-1 560,7
Skog	Utbyd areal	12 637,9	0,0	0,0	12 637,8

Tabell 120 Totalt utslipp eller opptak fra arealene over 20 år oppgitt i tonn CO₂-ekvivalenter for uendret areal og arealbruksendringen [334].

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Klimagasser i alt
Utslipp/Opptak fra arealene uten å endre arealbruk	-2 289,2	-677,6	50,9	-1 560,7
Utslipp/Opptak dersom endringene gjennomføres	12 637,9	0,0	0,0	12 637,8
Arealbruksendringenes klimaeffekt	14 927	-677,6	-50,9	14 198,5

8 Diskusjon

8.1 Diskusjon rundt mulighetsstudiet

8.1.1 Sted

For stedsvurderingen i mulighetsstudiet ble det analysert og vurdert informasjon for byene Oslo, Stavanger, Arendal og Kristiansand. Det ble også i noen tilfeller funnet data basert på forhold ytterligere sentrert rundt de 7 valgte vertsbygningene i disse byene. Morrow (Arendal) hadde høyest score på 551,2 poeng, etterfølgende av Økern senteret (Oslo), Tine Meieriet (Oslo), SUS sykehus (Stavanger), Sørlandssenteret (Kristiansand), boligblokk (Stavanger) og Havne-silo (Stavanger). Sistnevnte hadde en total score på 201,19 poeng. Dette var en forskjell i minste og største totale score på 350,01 poeng. Videre gjennomgås kriterie-kategoriene og mulige årsaker/vurderinger tilknyttet den ulike score-settingen.

Urbant eller regionalt: Innledningsvis ble det satt score ut fra om stedet/plasseringen til vertsbygningen var i et regionalt eller urbant område. For dette kriteriet var det Stavanger og Oslo byggene som fikk høyest score på 100 poeng, og Arendal og Kristiansand fikk lavest på 50 poeng hver. Det var her vurdert til at urbane områder hadde større betydning for plassering av drivhus, enn for regionale områder. Årsaken til dette var sammensatt, men grunnleggende basert på at urbane områder oftest har flere mennesker derav større behov for lokalprodusert mat, har mindre arealer til dyrking og ofte har mindre grønnstruktur. Det var også en tanke at forskerspørsmålet i oppgaven var basert på implementering av drivhus i urbane områder. Senere i mulighetsstudiet ble det nevnt i en rapport at vind varierer i styrke i regionale og urbane områder. I urbane områder tiltenkes det å være flere bygg som kan splitte eller redusere direkte vindlaster på drivhuset. Hvor det i regionale områder trolig er større flater med uavbrutte vindretninger. Plassering av drivhus i urbane kontra regionale områder, ville senere ha påvirket utformingen til drivhuset med fokus på vindlast-sikring og om mulig måtte ha blitt brukt større mengder materialer. I relevans til vindlaster var det byggene i Oslo som kom høyest ut med score på 50 poeng, og Arendal kom dårligst ut med score på 0 poeng. Denne score-settingen var basert på gjennomsnittlige høyeste vindstyrke i løpet av året [m/s gj], hvor kriteriet ble satt til å vektlegges mindre enn eksempelvis solforhold.

Solforhold: For «Solforhold» ble det funnet prosentvist antall soltimer i året, for så gitt en sammenlignet prosentvis score for hver av stedene. Dette kriteriet ble ansett svært viktig for plassering av drivhus, da økt solinnstråling er med på å opprettholde oppvarming og plantevekst. Det var her Arendal som kom ut med høyest score på 100 poeng, hvor laveste var for byggene i Stavanger som kom på 0 poeng. Overordnet var innhentet prosentvist antall soltimer svært likt for alle stedene, hvor prosentene gikk fra 27,3-30,3%. Det kan derfor tiltenkes at solforholdene trolig er gode nok for plassering av drivhus generelt, men at man ved optimalisering av drivhuset derfor ville gått for plasseringen i Arendal. I følge Köppans kart over klimaklassifikasjoner vist i *figur 15*, fremkommer det også at de valgte stedene alle er innenfor klimatype C – Varmtemperert klima. Det ble derfor senere diskutert om det kunne vært valgt steder i kald-temperert klima i tillegg for å vurdere steder med

mulig større variasjoner. Dette ville trolig ha hatt en stor innvirkning på de utregnede prosentene og scorene.

Nærhet til grønnstruktur og størrelse på grøntområde: For kriteriene «Nærhet til grønnstruktur» og «Størrelse på grøntområde» ble det tillagt samme bakenforliggende grunnprinsipp som er tilstedeværelse av natur og sosial trivsel for området. Førstnevnte kriterie ble målt etter antall meter det var til nærmeste grøntområde, hvor jo lenger avstand jo høyere score fikk stedene. Her var det Morrow (Arendal) som igjen kom best ut med en score på 100 poeng, hvor laveste var på 0 poeng for Økern senteret (Oslo). Avstanden ble målt ved hjelp av kommunale kartverk på nett og kart-tjenester, hvor det var noe variasjon i tilgjengelig oversikt. Eksempelvis ble det for Morrow vurdert avstand ut fra reguleringsplanen, derav ble distansen til grønnstrukturen så lang. Hvor det for Økern senteret ble vurdert ut fra hva dagens kart viser som grønnstruktur. For mer nøyaktig sammenligning her burde det vært satt strengere kriterier for avstandsmåling, og type program/plan den innhentede avstanden var hentet fra. Derimot ble det diskutert at området rundt Morrow trolig kan bli påvirket av ytterligere utbygginger senere.

For «Størrelse på grøntområde» ble det vurdert grøntarealer i en avstand på 500 meter fra vertsbbygningen. Her var det Økern senteret (Oslo) som hadde minst grønnstruktur resulterende i 100 poeng, hvor området med størst grønnstruktur var Havne-silo (Stavanger) som fikk score 0 poeng. Det var her forbeholdt at områder med større arealer grønnstruktur, ville ha mindre behov for innførsel av grønne arealer. For både Havne-siloen og boligblokken i Stavanger var de plassert nært havet, som hadde stor innvirkning på denne scoren. Hav ble vurdert likt som grønnstruktur (Skog ol.), da det tiltenkes noe liknende sosial trivsel for området. Om det her bare ville vært vurdert «grønne» arealer hadde trolig scoren sett svært annerledes ut da det er urbane områder med generelt mindre grøntarealer.

Avstand til nærliggende butikker: Videre ble det vurdert for kriteriet «Avstand til nærliggende butikker», som var basert på tanken om jo lenger avstand til butikk, jo større behov er det for rask tilgang til lokalprodusert mat, med forhåpentligvis mindre matsvinn som resultat. Morrow (Arendal) fikk høyest score på 100 poeng da det var lengst avstand til nærmeste butikk, og Sørlandssenteret fikk lavest score på 0 poeng da det er butikker på samme lokasjon. Det diskuteres at man som regel kjøper flere ting enn bare salat eller grønnsaker på butikken, og derfor finnes det uansett et behov for å reise innom matbutikk (Uavhengig distansen). Derav er det mulig kriteriet har lite innvirkning på endelig plassering av drivhus. Derimot vurderes det å ha en form for merverdi tilknyttet tilgang til sunn lokalprodusert mat, som ønskelig kan kobles opp mot kantine muligheter eller selvplukk.

Avstand til jordbruk i området: For «Avstand til jordbruk i området» var det Sørlandssenteret som kom ut med høyest score på 54,11 poeng, og boligblokk (Stavanger) med lavest på 0 poeng. Dette kriteriet hadde grunnprinsipp om jo lenger avstand, jo større merverdi og læringsmuligheter tilknyttet jordbruk ville implementering av takdrivhus ha. Jordbruk har vært en del av norsk kultur og utvikling i mange år, med innførsel av nye teknologier spesielt i tiden etter andre verdenskrig. Jordbruk og matproduksjon er ofte et fagfelt mange ikke har så stort innblikk og forståelse for, noe om gjør at implementering av drivhus nærmere bykjerner kan bidra med sosial bærekraft i form av økt kunnskap og læring.

Tilgang/Tilgjengelighet: Dette kriteriet hadde grunnprinsipper oppkoblet til drivhusets evne til å spre budskapet om innovativ matdyrking, fremme tilstedeværelse og økt bruk av drivhuset. Ikke nødvendigvis bare for de som bor/jobber i vertsbygningen, men også for lokalbefolkningen. Om det hadde vært vanskelig å komme seg dit, ville trolig bruken blitt redusert, og merverdien drivhuset kunne ha bidratt med for området trolig noe redusert. Knyttet til den økonomiske kostnaden ved å implementere tak-drivhus, er det nevnt i rapport at man må ha med lokalbefolkningen og myndighetene på sin side, for å fremme «blest» rundt prosjektet. Om det da er vanskelig å finne frem til, eller reise til, kan dette i verste fall påvirke godkjennelsesprosesser da en viktig bidragsyter i å få implementert et slikt drivhus grunner i økte bærekraft, som igjen baseres på inkludering og like muligheter for alle.

Merverdi for området: For kriteriet «Merverdi for området» var det Morrow (Arendal) som kom høyest ut med score på 64,28 poeng, og Havne-silo (Stavanger) kom ut med lavest score på 25 poeng. Dette kriteriet var basert på stedenes ovennevnte vurderings-score for hvert kriterie, sammenlignet med hverandre, for så å få justert ny score som legges til total vurdering. Årsaken var å kunne vurdere den totale merverdien en implementering av tak-drivhus ville ha for området. For optimal vurdering innen merverdi, ville det her vært mest hensiktsmessig og interessant å undersøke sosiale faktorer i form av utspørring av lokalbefolkningens angående deres meninger tilknyttet prosjektet. Dette ville gitt et ytterligere innblikk i hva slags merverdi, og ikke minst hvor stor merverdi et drivhus ville ha tilført.

8.1.2 Vertsbygning

I alt var det tre vertsbygninger som skilte seg særlig ut, nemlig Morrow, Sørlandssenteret og Havne-siloen med følgende resultat 780%, 610% og 537,5%. De som kom dårligst ut var Økern-senteret, SUS universitetssykehus, Tine-meieriet og boligblokkene med følgende resultat 530,57%, 503%, 415% og 410%. Dermed viser det soleklart at Morrow er den best egnede vertsbygningen av de undersøkte i case studiet. Hovedsakelig kom Morrow best ut som skyldes byggets funksjonalitet/bruksområde, takareal, lite endringer av takkonstruksjonen for installasjon av takdrivhuset og gode solforhold med lite skyggefaktorer for kommende drivhus. Boligblokkene og Tine meieriet kom noe dårligere ut som skyldes hovedsakelig lite takareal og lite effektiv utnyttelse av spillvarme fra bygningen under. Med andre ord er bygningen lite effektiv i symbiose med planlagt drivhus. Det må nevnes at det i bunn og grunn kunne vært undersøkt andre vertsbygninger med et mer spredt geografisk område som i eks nord. Grunnet kjennskap til byggene ble det valgt ut akkurat disse i prosessen, samt at det ligger til rette for gode klimatiske forhold for dyrking på de nevnte stedene der bygningene befinner seg.

Bruksområde og funksjonalitet: Dette kriteriet ble vurdert viktig innad vurderingsarbeidet. Da bruksområde til bygget kan generere ulike merverdier for drivhuset og det lokale nærmiljøet, sett fra et bærekraftig perspektiv og nytteverdi. Både for brukeren, ansatte, beboere, butikker, restauranter og forbrukere. Samtidig er det avgjørende å velge et bygg som kan være effektiv i symbiose med drivhuset for å utnytte ulike energistrømmer. Takdrivhus utnytter også en tom plass på toppen av en bygning, som kan være en gunstig måte å maksimere arealbruken på. Formålet var å finne bygg med forskjellige bruksområder og funksjonalitet for å kunne gjøre et velbegrunnet valg for passende

konstruksjon. Følgende bygg ble analysert med gitt poengsum industri og næring (100%), havne-silo (50%), kjøpesenter (125%), sykehus (75%), boligblokk (25%), kontor (100%) og meieri (50%).

Morrow, Sørlandssenteret og Økern-senteret ga størst uttelling i denne kategorien på 100%. Morrow muliggjør utnyttelse av spillvarme fra batteriproduksjonen som kan varme opp drivhuset ved vinterstid, samtidig som overskudds varme fra drivhuset om sommeren kan lagres og utnyttes for å varme opp fabrikklokalet. Det samme gjelder også med kjøleende effekt. Sammenlignet med Tine-meieriet som har en kaldere innetemperatur på rundt 4°C, vil det være lite gunstig utnyttelse av varmestrømmer. På en annen side kunne meierier muligens være attraktive i et område med langt mer varmere utetemperaturer for å kjøle ned drivhuset. I tillegg kan takdrivhus på Morrow generere mat til de 2500 ansatte og nærliggende områdene. Det kan tenkes at området bygges ut med flere boliger og butikker etter hvert som batterifabrikkene tar form.

Kjøpesentre eller butikker er også et attraktivt valg for passende vertsbbygning. Begrunnelsen bygger på at matproduksjonen flyttes rett ved utsalgsstedet og forbruker, som sørger for lokal bærekraftig matproduksjon. Dette reduserer behovet for langtransport, noe som vil minimere karbonavtrykket. Lengre transportavstander kan også generere større matsvinn i form av at maten blir lagret, skadet og mister friskheten. Lokalproduserte grønnsaker eller fisk kan høstes når de blir solgt, på denne måten reduseres matsvinn i forsyningskjeden. Supermarkedkjeden Rewe Green i Tyskland som ble presentert i teorikapittelet, kombinerer både akvaponi og dyrking av grønnsaker som har vist til positiv effekt for å redusere matsvinn. Dermed kan det tenkes at slike installasjoner vil være passende i det norske markedet også. Sørlandssenteret inneholder flere større matbutikker og restauranter/caféer som kan dra nytte av både fisk og vekster.

Økern senteret er også et velegnet alternativ, da man kan dra nytte av symbiosen mellom konstruksjonen og drivhuset. Fremtidige planer for konstruksjonen tilsier at takdrivhuset kan gi merverdi i form av lokalprodusert bærekraftig matproduksjon til et urbant område med kontorer, næring, grønnsaksmarked, restauranter og boligene i blokken. Det eneste negative er noe lite takareal som kan begrense muligheter for maksimal matproduksjon eller andre fasiliteter.

Takutforming og takareal: Større flate takareal gir rom for å kunne maksimere drivhusareal for å oppnå større avlings-effektivitet, samt installasjon av andre teknologiske installasjoner eller fasiliteter som grønne tak, solceller, fisketanker og solvarmeanlegg. Det er også mulighet for å skape sosiale møtearenaer som cafe eller restaurant på taket, som fremmer sosial bærekraft. Som illustrert i *figur 145*. Både sørlandssenteret, Morrow og Havne-siloen med en score på 100% har store nok arealer til å kunne huse slike anlegg og ønskede spesifikasjoner i forhold til eksempel boligblokkene, Økernsenteret og tine-meieriet der takarealet er noe begrenset, som har ført til langt lavere score. Grunnet begrenset med plass på eks boligblokkene vil drivhuset kunne bare genere nok mat til selvplukking for beboere. Når det kommer til takutforming, har Morrow noe høydeforskjell i takoverflaten. Grunnet arealene er nokså store vil det ikke være noe problem.

Takets utforming til å tåle tyngre belastninger og endringer av takkonstruksjonen: Det ble analysert flyfoto for å studere takoverflatene til byggene. Dermed er den en usikkerhet hva egentlig takene er konstruert for å tåle, og det er videre gjort antagelser basert på konstruksjonene. Relabiliteten til resultatene for denne kategorien vil dermed være noe usikre. Ved installasjon av drivhus kan det

være en fordel at takets bæreevne tåler belastningen av ekstra vekt som følge av drivhuset, akvaponisk anlegg, jord, vannsystemer, teknologiske installasjoner osv. Store strukturelle endringer vil føre til at hele taket må skiftes ut eller verste fall selve bæresystemet. Blikk-tak i industri og næringsbygg er vanlig å oppdrive, som eksempelvis på Tine-meieriet. Dermed må det påregnes at hele taket må skiftes ut. På Økern senteret finns det et ekstra påbygg på toppetasjen som må rives. Havne siloen har betongdekke, noe som kan tyde på at taket er konstruert til å tåle tyngre belastninger som vil være en fordel. Grunnet Morrow ikke er ferdig bygget, er det tatt i betraktning at taket skal tåle tyngre belastninger allerede under prosjekt fasen, noe som reduserer behovet for å gjøre strukturelle endringer av takoverflaten. Derfor må takets bæreevne for å bære en ekstra etasje og utforming nøye vurderes på eksisterende konstruksjoner ved planlegging av takdrivhus. Da det kan være kostbart og kreve mye arbeid ved store endringer.

Solforhold og skygge: Studiet utforsket solforhold og skygge ved hjelp av 3D-kart, for å analysere topografien/terrenget og nærliggende strukturer som potensielt kan kaste skygge over takdrivhuset. Etablering av takdrivhus i svært urbane områder kan by på utfordringer grunnet begrenset med tilgang på sollys på grunn av skyggefaktorer fra omkringliggende bygninger. Dette krever en tilnærming med nøye strategisk planlegging og design, for å optimalisere plasseringen og utnytte effektiviteten. Innføring av kunstig belysning i form av LED-lys kan også være et velegnet alternativ i områder med begrenset naturlig lys. De fleste ertsbygningene er lokalisert i industrielle områder eller mer perifere områder preget av elementer med relativ flat og lav bebyggelse. Resultatene viser at dette vil ha minimal innvirkning på solinnstrålingene for bygningene Morrow, Sørlandssentret, Tine-meieriet og sykehuset. Havne-siloen utgjør den høyeste bygningen av alle ertsbygninger og i området, vil derfor ikke ha noen problemer med verken skygge eller solforhold. Tilsynelatende kan det by på problemer for boligblokkene i Stavanger øst og Økern-senteret. Der området er stadig i vekst og det er muligheter for at eksisterende eller nyetablerte bygninger i område generer skygge. Derfor bør også fremtidige planer for området tas med i betraktningen i planleggingen. Avslutningsvis oppnår alle ertsbygningene velegnet solforhold på selve takoverflaten etter å ha analysert solkart [283]. Det vil si at takoverflaten er velegnet for installasjon av solceller, solanlegg eller solfanger på taket.

Holdbarhet og levetid til bygget: Det ble foreslått en levetid estimert på 60 år for en konstruksjon. Ved bruk av takoverflater på eldre konstruksjoner, er det nødvendig å vurdere gjenværende levetid og strukturell integritet. En rekke av de presenterte casene for ertsbygning involverte eldre konstruksjoner som Havne-silo og Økern-senteret, som potensielt står i fare for å rives. For å gi plass til nyetablerte boligfelt og byutvikling. Imidlertid kan takdrivhus potensielt forlenge levetiden til slike konstruksjoner, ved å oppnå nye bruksområder, arealeffektivitet og bærekraftige gevinster. Den rivningstruede havne-siloen som nå står for øyeblikket tom representerer et konkret eksempel. Bærekraftig ombygging kan oppnås ved å gi Havne-siloen nye formål som kontorlokaler, kulturhus, leiligheter, butikker eller restauranter. Samtidig være selvforsynt med bærekraftig lokal produsert mat på taket som demonstrert *figur 153*

I sum vil det resultere til verdiskapning for lokalsamfunnet og redusere miljøpåvirkningene gjennom redusert avfallsmengder og klimagassutslipp. Videre tas det i betraktning at Morrow med sin bærekraftige rolle innen batteriproduksjon, antas å ha lang levetid grunnet den fremtidige teknologiske utviklingen er svært essensiell i kommende fremtid. Da kan det være passende med

lokal produsert mat som opprettholder matsikkerhet, som vil fremme Morrow enda mer som en bærekraftig bedrift på flere dimensjoner.



Figur 153 Visualisering av havne-silo med drivhus og nye bruksområder som butikker, restauranter og boliger [4].

Energisystemer: Bruk av fornybare energikilder er med på å redusere karbonavtrykket og kan kobles opp sammen med drivhuset. Morrow har allerede planer om solceller på taket som vil generere fornybar elektrisitet. Stavanger sykehus og Sørlandssenteret tar i bruk høyfunksjonelle varmepumper fra berg og jord. Dette vil bidra positivt for oppvarmingspotensialet og elektriske forsyningen i drivhuset for å gå over til en karbonnøytral retning.

8.1.3 Sammenlagt vurdering av sted og vertsbygning

I første omgang var det tiltenkt å velge et mer urbant område. Da hovedsakelig de fleste takdrivhus fra litteraturen sentres i storbyområder med høy befolkningstetthet. Noe som kan skyldes lange avstander til nærmeste jordbruk. Til tross for at Morrow i Arendal ligger noe mindre urbant, vil drivhuset allikevel kunne oppnå bærekraftige gevinster. Etersom batterifabrikken bygges ut er det sannsynlighet for at også området vil få nye tilskudd av boliger, infrastruktur og annen næringsvirksomhet i nærmere fremtid. Utbygging av batterifabrikkene har dessuten ført til at store grøntområder og karbonholdige myrer bygges ned. Totalt vil det genere et CO₂-utslipp på 14 198,5 tonn CO₂-ekvivalenter. Dermed kan det være gunstig å tilbakeføre nye grøntområder til dette området. På bakgrunn av vurderingene som er gjort er Morrow egnet som vertsbygning grunnet:

- Utnyttelse av spillvarme fra batteriproduksjonen.
- Energisymbiose mellom ertsbygning og drivhus.
- Planlagt solceller på taket som kan generere fornybar elektrisitet til drivhuset, samtidig som det er gode solforhold i Arendal.
- Store myr og skog områder skal/er bygget ned for å gi plass til batterifabrikkene, drivhus kan dermed tilbakeføre grøntområde til omgivelsene.
- Morrow har som målsetting å fronte grønn teknologi og bærekraft, derav vil implementering av takdrivhus score høyt innen merverdi. Herunder at bygget kan bli en bærekraftig inspirasjon både tilknyttet sosiale og miljømessige aspekter.

8.1.4 Vekster og planter

Hovedfokuset var å vurdere de mest populære vekstene som dyrkes frem i norske drivhus. Følgende resultat ble oppnådd for de ulike vekstene/plantene i mulighetsstudien: salat (765%), tomat (435%) jordbær (570%), agurk (470%) og basilikum (725%).

Arealbruk: Arealbruk ble vurdert for å finne ut hvor mange vekster som kan dyrkes frem i drivhuset. Større kvantum av planter/vekster vil generere større produksjonsmengder og lønnsomhet. Der plantene ble vurdert etter x antall planter per m². Avstanden mellom planter ble funnet på så-pakker, anbefalinger fra drivhus bønder og hobby dyrkere. Noen avlinger krever større plass, mens andre kan dyrkes tettere sammen. Her ble det valgt å benytte x antall planter i stedet for kg per m². Grunnet det er store variasjoner hvor mange tomater eksempelvis en tomatplante kan produsere som er avhengig av plantesort og eksterne faktorer. Funne ga følgende resultat; salat 9-25stk, tomat 2-2,5stk, jordbær 5stk, agurk 2-3stk og basilikum 16-36stk. Salat og basilikum vil være den optimale veksten å dyrke frem for å optimalisere avlings-produksjonen og lønnsomheten til et drivhus. På en annen side kan tomat og agurk planter generere flere kg grønnsaker, men det har ikke blitt tatt høyde for. Som regel vokser salater i flere sykluser i løpet av en vekstsesong, mens det er vanlig å dyrke frem bare noen få agurk- og tomatplanter per sesong.

Helårsproduksjon og vekstsesong: Vekstsesong er vanligst optimal om våren og sommeren, og vil variere fra art til art. Fordelen ved å dyrke i vekstsesongen er større suksess og mindre risiko for avlingssvikt. Basilikum og salat har relativt lang vekstsesong som betyr at man kan dyrke i flere sykluser i en lengre periode. Plantene egner seg spesielt i områder med mildere vintre og lange somre, slik at man får et større utbytte. Tomat, agurk og jordbær har noe kortere vekstsesong som betyr at plantene kan dyrkes ute eller i et uoppvarmet drivhus i en begrenset periode. Som regel krever disse plantene ekstra tilpasning i form av oppvarming eller beskyttelse med duk. Plantene er som regel mer utsatt for avlingssvikt i form av skadedyr, lave temperatursvingninger og frost. For å kunne utvide vekstsesongen krever det optimalt mikroklima i et kontrollert lukket miljø, der temperaturer, fuktighet og lys reguleres. Alle de undersøkte plantene kan oppnå helårsproduksjon, altså forlenget vekstsesongen i et drivhus med kontrollert klima, slik at man kan dyrke grønnsaker året rundt. Uavhengig av værforhold, men samtidig begrense skadedyr. Ved å utvide sesongen til helårsproduksjon, reduseres mengden import og transportavstander fra utlandet, som er med å bidra til å opprettholde bærekraftig lokal-produsert mat året rundt. Der man er mindre avhengig av andre land, men samtidig opprettholder matsikkerhet her i landet.

Vekst-tid: Referer til fra frøet sås til planten er ferdig utviklet og grønnsakene kan høstes. Som nevnt over har plantene også ulik vekst-tid. Kortere vekst tid gir rom for større utbytte. Salat har den korteste vekst-tiden på ca.6uker, mens tomat, agurk og jordbær har noe lengre veksttid på mellom 10-12uker. Kort vekst tid gir rom for å raskere høsting og mulighet for å flere avlinger per sesong., samtidig som man reduserer sårbarheten for skadedyr og sykdommer osv. Generelt krever det mindre ressursbruk i form av arbeid, vann og næring. Midlertid krever lang vekst tid høyere ressursbruk og det tar lengre tid før avlingenes kan høstes, kan dermed gi økt kostander for drift.

Trivsels temperatur: Planter krever ulike temperaturer for å vokse optimalt. Salat er en plante som tåler «å fryse på beina», altså en temperatur rundt 14-18°C. Noe som kan være gunstig å dyrke frem i uoppvarmede drivhus. Tomat, agurk, basilikum og jordbær krever noe høyere temperaturer på mellom 20-27°C. Dette vil naturligvis kreve oppvarmede drivhus med belysning, men kan dyrkes frem i varmere årstider med mildt klima. Det er foreslått å dele drivhuset inn i ulike soner, slik at grønnsakene kan dyrkes i forskjellige avdelinger med tilhørende trivselstemperatur. Planter med høyere trivselstemperatur må nøye vurderes i drivhus med tanke på kostnader relatert til elektrisitet, oppvarming og vekstsesong. Derfor bør det velges vekster etter hva slags spesifikasjoner drivhuset har og geografisk område med tanke på klima.

Plantestell og høsting: Salat er den planten som krever minst stell og felles/høstes samtidig, som gjør det svært effektivt med tanke på arbeidskraft og produksjon. Basilikum og jordbær krever stussing av skudd og høstes etter hvert som de blir modne. Tomat og agurk krever betydelig større mengder arbeid i form av at plantene må bindes opp og stusses/klippes. Grønnsakene høstes etter hvert som de blir modningsklare. Derfor bør stell og høsting tas med i vurderingen, med tanke på ansatte og hvilke ressurser drivhuset skal ha. Skal drivhuset være «selvgående» er det anbefalt å dyrke frem enkle planter som eksempel salt og basilikum som er mindre kompleks.

Karbonutslipp: Resultat for karbonutslipp relatert til grønnsaker ble hentet fra NIBIO's forskningsrapport som omhandler klimareduksjon i veksthusnæringen og Bioforsk. Disse rapportene hadde særlig høy verdi grunnet de omhandler veksthusnæring i Norge, som gir større rentabilitet. Da utenlandske drivhus har helt andre forutsetninger når det kommer til klima og bruk av elektrisk strøm mix. Varmere strøk krever mindre behov for oppvarming for å dyrke frem agurk og tomat, som gjør det svært lønnsomt og ressurseffektivt i forhold til Norge. Karbonutslipp relatert til drivhus vil være avhengig av størrelse på drivhus, alder, planter, belysning, oppvarmingsbehov og bruk av fornybare og ikke-fornybare energikilder.

Det ble ikke funnet noe spesifikt karbonutslipp for jordbær eller basilikum, i dette tilfellet antas de som potteplanter. Følgende resultat ble funnet 0,13-0,53 kg CO₂-eq pr kg salat, 0,64-2,01 kg CO₂-eq pr kg agurk, 0,13-0,53 kg CO₂-eq pr enhet potteplante (basilikum og jordbær) og 2,2 kg CO₂-eq pr kg tomat. Rapporten fra Bioforsk ga et tilsynelatende høyere karbonutslipp for tomat 3,79-5,82 kg CO₂-eq pr tomat. Det kan tenkes at tallene stammer fra et drivhus som bruker oljekjeler til oppvarming, som vil generere ytterligere miljøbelastninger. Tomat og agurk har noe høyere CO₂-utslipp som skyldes høyere temperaturforhold i drivhuset, samt bruk av belysning. For kunne drive helårsproduksjon, er det avgjørende å redusere karbonutslippet i størst mulig grad. Slik at drivhusnæringen går mot en klimanøytral tilnærming. Reduksjon av klimagass kan oppnås ved bruk av spillvarme (fra batterifabrikken), fornybare energikilder (elektrisitet, oppvarming og kjøling) eller biogass. Disse

tiltakene krever midlertid større investeringer. Gevinsten vil til syvende og sist være effektivisering av avling og produksjon som sikrer bærekraftig produsert mat uavhengig av pante eller vekst.

Belysning: Bruk av belysning kan øke produksjonen per arealenhet som gir økt mengde grønnsaker. Dessuten kan bruk av belysning minimere oppvarmingsbehovet, da de avgir varme til drivhuset. De fleste plantene krever belysning for å drive helårsproduksjon, utenom salat. Etter befarig på NIBIO viste det seg at LED-lys også ga bedre smak på salat og jordbærene.

Salat kom ut som den best egnede veksten i drivhuset, som skyldes at den tåler noe kaldere temperaturer, lett å dyrke frem og mindre kompleks. Spesielt i uoppvarmet drivhus kan denne veksten være gunstig. Drivhuset skal være oppvarmet med LED-lys som muliggjør å dyrke frem flere vekster. Dermed kan alle vekstene dyrkes frem som har blitt presentert her. Generelt sett vil det gi et større utvalg for forbrukere og lokalsamfunnet rundt. Løsningen kan være å dele drivhuset inn i ulike soner eller variere vekstene på rundgang. For å redusere karbonutslippet relatert til oppvarming og belysning vil fornybare energikilder tas i bruk, som gjennomgås i casene. Hvilke vekster som skal dyrkes må nøye vurderes med tanke på om drivhuset skal være oppvarmet eller ikke, samt hvilke teknologiske komponenter som skal installeres.

8.1.5 Alger og fisk

For vurdering av alger og fisk i mulighetsstudiet ble det undersøkt fire ulike arter bestående av alger, Tilapia fisk, torsk og laks. Hovedformålet med denne undersøkelsen var å se artenes påvirkning på og oppførsel i drivhus/dyrketeknologier under norske forhold. For total score var det alger som kom høyest ut med 725 poeng, etterfølgende av laks på 550, torsk på 437,5 og Tilapia på 325. Dette resulterte i en forskjell på 400 poeng for minste og største poeng-score. Følgende er en gjennomgang og diskusjon tilknyttet kriteriene for denne mulighetsstudie-kategorien.

Merverdi: For «Merverdi» kriteriet ble det undersøkt hva slags positiv påvirkning arten har på et dyrkesystem og drivhuset totalt. Det ble også gjennom dokumentstudiet funnet frem til andre positive bidrag som ble inkludert i resultatene. Alger fikk høyest score på 450 poeng, hvor laveste art var Tilapia på 150 poeng. For algene var det spesielt biofiksasjonsmuligheten, hvor de eksempelvis omgjør nitrogen til næringsstoffer andre arter kan konsumere, samt være en kilde til fiskefor selv som ble sett på som svært gunstig. En slik syklus tiltenkes å være nyttig i et akvaponisk anlegg, spesielt der det er ønskelig å redusere avfall og å gjenbruke de ressursene man har så lenge som mulig. Det ble også trukket frem at konsum av visse typer alger kan bringe positive helseeffekter for mennesker. Slike helsegevinster ble videre diskutert blant forfatterne at kan være nyttig tilknyttet den økte befolkningsveksten og fokuset på å produsere mer miljøvennlig og energieffektiv mat. Høyere næringsinnhold og lavere drift og energikostnader vil være gunstig i et samfunn som må fokusere på å redusere ressursbruk og øke matsikkerheten i verden. Videre kunne det også brukes som en indikasjon for dyrkesystemet sin funksjonsgrad, som vurderes til å være mer ressursbesparende da man mulig kan redusere arbeid og energi på målinger og tilsyn.

Tilførsel av næring: I et akvaponisk dyrkesystem er bidraget fra artene tilknyttet næring svært relevant for en sammenligningsvurdering. Dette fordi næringen fra artene setter grunnlaget for at systemet fungerer optimalt slik at plantene vokser til ønsket størrelse og kvalitet. For kriteriet

«Tilførsel av næring» ble det derfor satt vekt på i hvilken grad og type næring eller stoffer de kan tilføre. Fiskeartene hadde størst score på 300 poeng, hvor algene hadde lavest score på 275 poeng. Funnene for tilførsel av næring var lik for hver av fiskene. Denne forskjellen i poengscore mellom fisk og alger kom henholdsvis fra at fiskene bidro med større og flere typer næring til plantene enn hva algene gjorde. Derimot vil det naturlig nok være noe variasjon i fiskenes bidrag, da de er forskjellige arter, som ikke ble vedlagt her.

Tilpasning til miljø: Kriteriet «Tilpasning til miljø» var basert på artenes tilpasningsgrad til norske forhold og dyrketeknologien. Her var det laks som kom høyest ut med poengscore på 325, hvor lavest var Tilapia på 250 poeng. Naturlig nok var det laks som fikk høyest score, da det er en kjent norsk fisk som trives både i ferskvann, saltvann og kaldere temperaturer. I en dyrketeknologi er det viktig å kunne opprettholde riktig temperatur på vannet for både fisker og planter, derav vil fisker med større tilpasningsgrad til temperaturvariasjon være foretrukket. For Tilapia fisk var denne trivselstemperaturen mye høyere, noe som både ville resultere i et høyere energiforbruk, men også mindre fleksibilitet for systemet. Her måtte det eventuelt ha blitt gjort vurderinger av å ha forskjellig temperatur på vannet i fisketankene og dyrketankene som også kan resultere i økt energibruk.

Arbeidskraft/Vedlikehold og risikofaktorer: Ved sammenligning av artene var det også ønskelig å undersøke hvor mye arbeidskraft og vedlikehold de behøvde for optimal trivsel og produksjon. Alle fiskeartene hadde høyest score på 175 poeng, hvor alger hadde lavest på 125 poeng. Dette var en score som ble trukket fra total score, da høyere verdier tilsvarte ytterligere vedlikeholdsarbeid. Resultatet er ikke overraskende da alger er encellede/flercellede organismer og fisker er levende vesener med helt andre behov. Det må opprettholdes for fiskenes velferd og helse, hvor kontakt med mennesker også kan være stressende for fisken. Dette videreføres til kriteriekategorien «Risikofaktorer». Her ble det tatt utgangspunkt i eventuelle farer eller problemområder tilknyttet innførsel av arten i et system eller for området. Her hadde Tilapia og laks høyeste score på 200 poeng, hvor alger og torsk hadde lavest score på 175 poeng som ble trukket fra total score. Størstedelen av disse poengene kunne også trekkes tilbake til fiskenes velferd og helse.

Oppsummert: Overordnet oppsummeres informasjonsinnhenting og vurderingsarbeidet til fisk og alger, at de kan begge være bidragsytere i samme system. Algene kan regulere næringsstoffene som kommer fra fisken, det produseres videre alger og planter fra denne prosessen, fisken spiser alger og planteavfall, hvor syklusen fortsetter videre. Et system bestående av alger og laks sees på som den mest optimale løsningen for en dyrketeknologi under norske forhold.

For flere av kriteriene ble det satt avgrensning på antall type kilder som kunne brukes, noe som gjorde at innhentet informasjon varierte. Derav ble et fullverdig sammenligningsarbeid noe utfordrende å gjennomføre. Årsaken til dette var tilgang til nødvendig sammenligningsdata og tidsbegrensning. Det ble også i denne kategorien valgt å vurdere både alger og fisk opp mot hverandre. Dette er grunnleggende forskjellig type arter. Det kunne derfor ha blitt delt opp i to kategorier, en vurderingskategori for alger og en for fisk. Dette kunne ha gitt større innblikk i påvirkningskraften til de ulike artene. Ikke minst kunne det ha blitt trukket frem utdypende informasjon om ulike algearter fremfor å se disse på en overordnet måte. Videre ville det vært interessant å undersøke alger og fisk i et akvaponisk dyrkesystem på et tak, om dette faktisk hadde vært en mulighet for ressursparende produksjon. Det diskuteres at i et ressurs-perspektiv, vil

innkjøp av næringsstoffer fremfor næring fra fisk i akvaponiske anlegg kan være noe mindre ressurskrevende. Selv om det ansees noe mindre miljøvennlig grunnet produksjon og transport.

8.1.6 Dyrketeknologier

For vurdering av dyrketeknologier i mulighetsstudiet ble det undersøkt fire ulike teknologier DWC, Ebb&Flow, aeroponisk og akvaponisk dyrking. Årsaken til denne utvelgelsen var å vurdere populære dyrketeknologier som anvendes i dag, for å kunne plassere de i et tak-drivhus. Det var aeroponisk dyrking som resulterte i høyest score på 780,0 poeng, etterfølgende av Ebb&flow på 365,87 poeng, DWC på 275,91 poeng og akvaponisk dyrking på 111,5 poeng. Dette resulterte i en forskjell på minste og største score på 668,5 poeng. Overordnet ble det tatt utgangspunkt i ulikt design for teknologiene, hvor DWC og akvaponisk anlegg hadde samme dyrkeområde. Det ble også innhentet informasjon fra en del rapporter som også i noen tilfeller ble justert etter opptegnet teknologisystem. Dette har trolig påvirket score i stor grad. Følgende er en gjennomgang og diskusjon av de ulike kriterie-kategoriene for dyrketeknologier.

Antall planter: Kriteriet «Antall planter» tok utgangspunkt i antall planter produsert pr/m² gulvareal. Det ble tegnet opp arealbruk og planteavstander ut fra innhentet design- og utformingsinformasjon for ulike dyrkesystemer. For dette kriteriet hadde aeroponisk dyrking høyest score på 100 poeng, hvor lavest var DWC og akvaponisk med 0 poeng. De to sistnevnte hadde likt utgangspunkt i form av dyrkeareal og planteavstand, derav lik score. Trolig vil det ved realistiske forhold kunne justeres ytterligere antall planter pr/m² dyrkeareal. Blant annet var det for aeroponisk dyrking avstand på 15cm mellom plantene, hvor det for DWC/akvaponisk var 30cm. Ved aeroponisk henger røttene fritt, hvor det ved DWC flyter i vannløsning under en isoporplate. Dette er jordløse teknologier, og det tiltenkes derfor enda større fleksibilitet i valg av avstand på planter. Om de egentlig kunne ha blitt satt til samme avstand er trolig mulig ved slike teknologier. Videre ville det også ved Ebb&Flow teknologien vært mulig å dyrke større mengder planter pr/m² gulvareal da det er en vertikal dyrketeknologi. Høyden og antall rør kunne vært oppjustert.

Vannbehov: Ved vurdering av dyrketeknologier ble det ansett relevant å undersøke vannbehovet. Noe av årsaken til dette var at drivhuset står på en tak-konstruksjon, derav var det hensiktsmessig å redusere vekt og ytterligere ressursbruk. Dette kriteriet var basert på antall liter som trengs pr/m² dyrketeknologi. Jo større vannbehov, jo større vekt og negativ påvirkning på tak-konstruksjonen og ressursbruken. Derav ble denne scoren trukket fra total score for hver av teknologiene. Ved resultatinnhenting og vurdering ble det tatt utgangspunkt i teknologien sitt design, og utregnet volum vann per m² teknologi. For noen av teknologiene ble det også lagt til ytterligere vannbehov der det ble funnet tilhørende vanntanker eller beskrivelser. Årsaken til dette var å kunne fremvise mer realistiske verdier. Det var akvaponisk som fikk høyest score på 263,5 poeng, hvor aeroponisk hadde lavest vannbehov med score på 94,23 poeng. Aeroponisk dyrking er kjent for å være svært vann- og ressursbesparende i forhold til andre teknologier, som nevnt både i kunnskapsbakgrunn og case. Noe som underbygger score-resultatene som ble beregnet frem. Derimot ville det for enda mer realistiske resultater vært relevant å undersøke det totale vannbehovet for hele systemet, ikke minst

undersøkt flere forskningsrapporter for å underbygge resultatene ytterligere. Et gjennomsnittlig vannbehov for ulike utforminger av hver teknologi ville her vært mer veiledende, enn hva som ble undersøkt i denne rapporten hvor det kun ble funnet frem til en utforming for hver og justert noe etter egen masteroppgave.

Næringsbehov: Videre ble det undersøkt for kriteriet «Næringsbehov», som baserte seg på antall gram som trengs pr/m² dyrketeknologi. Hvor større næring nødvendig resulterte i større ressursbruk. Disse resultatene var direkte koblet til tidligere beregnet antall planter og vannbehov. DWC hadde lavest score på 0 poeng grunnet sitt høye næringsbehov, hvor både aeroponisk og akvaponisk teknologi hadde høyest score på 100 poeng. Akvaponisk hadde opprinnelig samme næringsbehov som DWC, men da store deler av næringsbehovet dekkes av tilførsel fra fisk, ble dette sett på som mer ressursvennlig og derav den høye scoren. Her ble det derimot ikke beregnet med næringsbehovet fisken har eller det totale næringsstoff-kretsløpet i det akvaponiske systemet. Noe som ville ha vært svært interessant å se hvordan ville ha påvirket den totale scoren til det akvaponiske anlegget. Dette er et kretsløp som generelt kunne dratt opp teknologien i score i samtlige kriterier.

Veksthastighet: Det ble også tillagt kriteriet «Veksthastighet» til vurderingsarbeidet i mulighetsstudiet. Årsaken for denne undersøkelsen var for å se om type teknologi hadde innvirkning på plantenes vekst. Med håp om å kunne velge en teknologi med effektivisert produksjon av planter/grønnsaker. Det ble lagt til grunn antall dager for å produsere en salatplante, hvor det ble funnet antall dager i ulike rapporter. Teknologien med høyest score var det akvaponiske anlegget på 200 poeng, hvor lavest var Ebb&Flow med 135,29 poeng. Generelt var alle teknologiene raskere enn tradisjonell veksthastighet, noe som ikke var overraskende da plantene her vokser i nøye målte næringsløsninger og under skjermede og kontrollerte forhold. Det må derimot tas høyde for at noen av den innhentede dataen kan være basert på dyrkedager for ulike type salatplanter, noe som gjør at sammenligning ikke er helt nøyaktig. Det tiltenkes også at veksthastigheten vil være avhengig av flere faktorer som inngår i et optimalisert system og forhold i et drivhus. Det er ikke nødvendigvis fastsatt at det ved bruk av akvaponisk anlegg vokser raskere, da plantene også er avhengig av gode solforhold og temperatur.

Energibehov/Bærekraft og kompleksitet/merverdi: For både kriteriet «Energibehov/bærekraft» og «kompleksitet/merverdi» ble det tillagt både negative og positive virkninger på den totale score-settingen. Dette var bærekraftige faktorer tilknyttet ressursbruk og overordnet bidrag/påvirkning i drivhus. I førstnevnte kriterie var det Ebb&Flow og aeroponisk teknologi som kom høyest ut med score på 200 poeng, hvor laveste var akvaponisk med 100 poeng. Generelt samsvarer dette med en tanke om at akvaponiske anlegg trenger ytterligere energi da det er økt mengde faktorer i form av vanntanker, komponenter og elektrisitetsbruk. For «kompleksitet» merverdi» var det DWC systemet som kom høyest ut med score på 100 poeng, hvor Ebb&Flow og akvaponisk hadde lavest score på -100 poeng. Score var basert på hva som var tilgjengelig av beskrivelser og data, noe som varierte og derfor påvirket score-settingen. Grunnet det ikke var mulig å finne nøyaktig lik data å sammenligne, ble det satt en grense på innhentede kilder man kunne ta utgangspunkt i. Dette for å forsøke å holde verdiene noe mer realistisk og mindre sprikende fra faktiske forhold.

Arealbruk i drivhus: For drivhuset ble arealbruken til ulike elementer og objekter tillagt stor vekt ved vurdering. Derav ble det satt et kriterie for «Arealbruk i drivhuset». Ønskelig var det å kunne tegne opp alle teknologiene i drivhuset i datamodelleringsprogrammer for å hente ut nøyaktige verdier, men da det ikke var innhentet ytterligere dimensjoner for rør og tilleggskomponenter ble dette sett vekk fra. For dette kriteriet ble det derfor gjennomgått tidligere innhentet informasjon fra ovennevnte kriterier, for så å vurdert disse opp mot hverandre for å vurdere generell arealbruk per teknologi. Aeroponisk dyrkningsteknologi kom ikke overraskende høyest ut med score på 300 poeng, hvor laveste var akvaponisk på 75 poeng. Det må derimot nevnes at utformingen og arealbruk til dyrketeknologiene er basert på ulike forskningsrapporter, noe som gjør at de har ulikt utgangspunkt. Det tiltenkes også at ved realistiske forhold kan teknologiene skreddersys til sin funksjon og plassering, for å vurdere arealeffektive løsninger. Om teknologien er vertikal eller horisontal har også noe å si. I teorien kan man stable de fleste teknologiene i høyden, men der må de trolig være noe smalere for at arbeidere skal kunne ha tilgang til alle plantene. Hva som faktisk er det totale arealbruken er også avhengig av rør, ledninger og tilhørende tanker. For å kunne sammenligne dyrketeknologiene arealbruk mer nøyaktig tiltenkes det her at man heller hadde tatt utgangspunkt i likt antall planter produsert, for så å tegnet opp det tilhørende totale systemet.

Oppsummert: Kombinasjon av aeroponisk og akvaponisk dyrking ansees som mest optimale løsningen, spesielt da man kan kombinere ulike bidrag som økt planteproduksjon og næringstilførsel fra fisk i en teknologi som har lite ressursbehov. Ytterligere vurdering kan være å implementere alger i næringskretsløpet i teknologien. Men da måtte det også ha blitt vurdert ytterligere arealbruk og ressursbruk tilknyttet dette før en konklusjon kan gjøres på en slik kombinasjon. Betydningen av funnene i denne mulighetsstudie-kategorien er at man kan bruke den som veiledning for egne prosjekter der det er ønskelig å anvende dyrketeknologier og å undersøke innovatiske løsninger for en bærekraftig fremtid.

Som nevnt ble det opptegnet ulikt design for dyrketeknologiene, og innhentet informasjon fra ulike rapporter for flere av systemene. Det ble forsøkt å gjøre denne vurderingen så realistisk som mulig, men score-settingen er trolig noe vikende fra virkelige forhold. Spesielt når det kommer til vannbehov ol. Kan det i virkeligheten trolig justeres slik at systemene kan anvende mindre ressurser på ters av kriterier. En annen vurdering er at klimaet i området påvirker oppvarmingsbehovet til anlegget, en faktor som ikke er tatt med i denne vurderingen. Det ville derfor vært interessant å undersøke oppvarming, men også generelt ressursbehov tilknyttet teknologiene i et norsk klima kontra i varmere områder. Herunder gjøre simuleringer. Videre arbeid ville vært å se hvor mye jordbruksareal som ville vært bespart ved bruk av dyrketeknologier kontra tradisjonelt jordbruk.

8.1.7 Kjølesystemer

I denne studien ble det utforsket de mest anvendte kjølesystemene i drivhusnæringen, både i Norge og i varmere regioner rundt om i verdenen. I denne konteksten ble fem ulike kjølesystemer vurdert opp mot hverandre, med både aktive og passive teknologier. Funnene baserer seg hovedsakelig på ett litteraturstudie og en rapport fra norsk veksthusnæring utarbeidet av Sintef [21, 138]. Valg av kjølesystemer vil naturligvis være avhengig av en rekke faktorer som geografisk område, klima, drivhus areal og utforming osv. På lik linje som oppvarmingssystemene ble de teknologiske

Løsningene vurdert opp mot Morrow, altså evnen til tilpasningsdyktighet. Generelt er de undersøkte casene for kjøling respektable til å kunne installeres i andre takdrivhus rundt om i landet, og ikke bare i dette spesifikke case scenarioet som ble undersøkt her. Resultatene ga følgende poengsum for kjøleteknologiene, rangert fra lavest til høyest. Tørkesystem (396%), fordampende kjøling (487%), varmepumpe (625%), termiske gardiner (645%) og naturlig ventilasjon (675%).

Passiv eller aktiv teknologi: Passive teknologier bør prioriteres før aktive. Begrunnelsen bygger på at passive teknologer som termiske gardiner, naturlig kjøling og varmepumper trenger ikke noe eksterne energikilder for å drifte kjøling til drivhuset. De utnytter i stedet termodynamiske prinsipper. Passiv kjøling er generelt sett den mest kostnadseffektive metoden, noe som resulterer i lavere driftskostnader og mindre avhengighet av ikke-fornybare energikilder. Aktiv kjøling tas i bruk om ikke passiv kjøling er tilstrekkelig nok. Dette involverer bruk av eksterne energikilder som vifte eller strømkilder. Fordampende kjøling og tørkemiddel system er eksempler på aktive systemer.

Energiforsyning: De ulike teknologiene trenger ulike energiforsyninger for å drifte systemet. Bruk av fornybare energikilder verdsettes høyt. Naturlig ventilasjon oppnås ved luftsirkulasjon gjennom åpne tak og side-vinduer, men er avhengig av vind og temperaturgradienter. Ulempen er begrenset kontroll og effektivitet da teknologien er avhengig av eksterne faktorer som værforhold. I alt vil denne teknologien alene ikke være tilstrekkelig nok. Til tross for potensialet som ligger i klimatiske forhold som tilstrekkelig vind og lavere temperaturer funnet i Arendal. Fordelen med dette systemet er at det er enkelt og kan implementeres i hvilket som helst takdrivhus, og er mindre komplekst enn de andre undersøkte kategoriene.

Termiske gardiner benytter det termiske dynamiske prinsippet for å isolere mot varmetap om vinteren eller kaldere nattetemperaturer, samt forhindre overoppheting om sommeren. Midlertid unytter ikke gardiner direkte energikilder som sol eller vind. Selv om gardinene ikke bruker en direkte energikilde, kan de redusere oppvarmings- og kjølebehovet. Totalt sett vil det redusere energibruket og bruk av ikke-fornybare energikilder. Varmepumper er en annen passiv løsning som også bidrar til både kjøling og oppvarming, men er mer pålitelig. Varmepumper henter energien i fra fornybare energikilder som uteluft, bergvarme, jordvarme og sjøvann. Fordampende og tørkemiddel systemer er midlertid avhengig av elektrisitet, for å drifte disse på en mer klimanøytral måte kreves det at strømmen kommer fra fornybare energikilder som vindmøller eller solceller.

Effektivitet: For å kunne oppnå tilstrekkelig kjøling, er det avgjørende å velge teknologier som har effektivt kjølepotensial ved høye temperaturgradienter om sommeren. Litteratur studiene viser til at fordampende, tørkemiddel og varmepumper er svært effektive og pålitelige systemer for å oppnå stabile temperaturer til drivhusbruk i forhold til termiske gardiner og naturlig kjøling. Det er vesentlig å bemerke seg at det ene litteraturstudiet undersøker drivhus i langt varmere strøk som i Spania, Marokko og Mexico. Grunnet Norge ligger på de nordligere breddegrader vil oppvarmingsbehovet være større enn kjølebehovet. Dermed kan det tenkes at termiske gardiner og naturlig ventilasjon kan være tilstrekkelig nok, i kombinasjon med et pålitelig system. Det var noe utfordrende å finne direkte effektiv kjøling til et drivhus, da søkene dreier seg om et spesifikt drivhus. Dermed kan forholdene variere fra takdrivhuset i oppgaven med tanke på klima, energikilder, effektiv kjøling og energiforbruk. Resultatene viste allikevel at de pålitelige systemene som tørkesystem, fordampende kjøling og varmepumpe kan oppnå en kjølede effekt opp mot ca.80%, avhengig av system og drivhus.

Energiforbruk og miljøpåvirkninger: Termiske gardiner, naturlig ventilasjon og varmepumper reduserer energiforbruket i drivhuset. Samtidig som det ikke er noen miljøpåvirkninger under driftsfasen. Disse tiltakene representerer et skritt i bærekraftig retning for å redusere miljøpåvirkningene og fotavtrykket. Termiske gardiner og varmepumper kan redusere energiforbruket med 70% og 80%, mens fordampende kjøling reduserer elektrisitetens behovet med 30%. Tørkemiddel og fordampende kjøling krever bruk av elektrisitet, noe som kan føre til høyere energiforbruk og kostnader.

Levetid og vedlikehold: termiske gardiner og naturlig ventilasjon krever lite vedlikehold og har lang levetid. I motsetning til de andre systemer som er mer komplekse, krever dermed jevnlig vedlikehold av komponenter og under driftsfasen. Dermed er det også dyrere investeringskostnader.

Tilpasningsdyktighet: Generelt sett kan alle de underste casene være passende i et drivhus. Derfor ble det valgt å vurdere tilpasningsdyktighet for kjølesystemene tilknyttet Morrow. De som skiller seg spesielt ut er termiske gardiner og naturlig ventilasjon som kan installeres i et hvilket som helst drivhus, samtidig som de opptar lite plassareal, reduserer miljøpåvirkningen, økonomisk gunstig, og er mindre komplekse. Disse systemene kan være effektive til kjølig nok i seg selv, med tanke på at kjølestrømmer fra vertsbbygningen kan utnyttes til å kjøle ned drivhuset i varme sommerperioder. På lik linje som spillvarme kan utnyttes til oppvarmingsbehov. Termiske gardiner har også varme og kjølede effekter.

Fordampende kjølesystem er også benyttet i noen norske drivhus, men det valgt å gå bort fra dette systemet da det er energikrevende og kan ikke benyttes til både kjøling og oppvarming. Det samme gjelder for tørkemiddel systemet, som egner seg bedre til varmere klima langs ekvator med behov for avfukting. Dermed er det en mulighet for at dette systemet vil være noe overdimensjonert for Morrow, med tanke på høyt energiforbruk og mindre behov for kjøling og avfukting i dette konkrete eksempelet. Skal slike systemer tas i bruk må man koble seg opp til elektrisk strømmnett, så lenge strømmen kommer fra fornybare energikilder vil dette ikke være noe problem med tanke på klimagassutslipp.

Varmepumpe kan være et velegnet alternativ i kombinasjon med de passive teknologiene slik at man opprettholder stabile temperatur-, CO₂- og fuktighets-nivåer. Varmepumpene kan bidra til klimanøytralt drivhus ved å redusere CO₂-utslippet med 99% i forhold til fossilbasert brensel. Integreerte varmepumper kan både dekke kjøle- og oppvarmingsbehovet, samt lagre termisk varme som kan benyttes til senere sesonger eller nattetid. Systemet kan kobles opp med sol varmeanlegg og solfangere, som gjør det svært effektivt. Rapport fra Sintef viser til at avlings-produksjonen kan økes med 30-50%. Det finnes en rekke varmepumper på markedet som utnytter jordvarme, bergvarme, uteluft og sjøvann. En anbefaling vil være bruk av jordvarme og termisk energilagring.

8.1.8 Oppvarmingssystemer

Formålet med å vurdere teknologiske løsninger for oppvarmingssystemer i drivhus, var å undersøke muligheter for implementering av fornybare energikilder. Resulterende, er det ønskelig å minimere karbonutslipp og fremme en grønn matproduksjon basert på grønn energi. I denne kategorien var det solfangere som kom høyest ut med 710 poeng, etterfølgende av vanntanker på 670 poeng, solvarmeanlegg på 625 poeng, varmedistribusjon og vannbåren varme på 575 poeng og STPV på 450 poeng.

Morrow har stort fokus på bærekraftig batteriproduksjon, derfor er det essensielt å velge systemer som harmoniserer med bedriftens visjoner. Til denne sammenheng ble systemene vurdert opp mot Morrow som vertsbbygning. Helhetlig kan systemene også fungere optimalt i andre takdrivhus, men må i den forstand dimensjoneres etter arealbruk og solforhold. Som nevnt tidligere vil drivhuset være mer avhengig av oppvarming enn kjøling, denne kategorien er derfor svært viktig å kunne vurdere riktig ut fra gitte forhold.

Kriteriene passiv/aktiv teknologi, energiforsyning, effektivitet/ytelse og energiforbruk kan betraktes å inngå i samme type vurderingsgrunnlag. Dette skyldes den naturlige sammenhengen mellom kriteriene og deres gjensidige påvirkning under realistiske forhold. Likevel ble det her valgt å gjøre en omfattende vurdering for å oppnå en mer nyansert forståelse av teknologiene. Ønskelig vil en slik vurderingsfremgang kunne belyse ulike energi-faktorer som er nyttig for riktig teknologivalg for senere prosjekter og anvendelse. For disse kriteriene samlet var det solfangere som kom høyest ut, etterfølgende av vanntanker. Om disse teknologiene er nok alene for å dekke oppvarmingsbehovet ansees noe tvilende, da vintrene i Norge kan være svært kalde og solforhold er varierende. Kun å bruke vanntanker og solfangere ansees derfor som noe upålitelig. Selv om det å kun benytte seg av passive teknologier ansees som den mest miljøvennlige metoden. Det tiltenkes her en mulighet for kombinasjon av andre teknologier som ikke nødvendigvis er helt eller delvis avhengig av solenergi. Her kan solvarmeanlegg være en løsning, der det er mulighet for langtidslagring og oppkobling til strøm-nettet ved behov.

Levetid og vedlikehold: Regelmessig inspeksjon og vedlikehold er nødvendig for å sikre at oppvarmingssystemene fungerer optimalt gjennom hele deres levetid, som generelt varierer fra 20-35 år. Selv om lang levetid er svært positivt for ressursbruken til drivhuset, da man unngår hyppige utskiftninger som krever arbeidskraft og planlegging, er teknologiens effektivitet over tid en annen viktig faktor. Effektiviteten kan reduseres avhengig av komponentenes kvalitet og vedlikeholdsinnsett. For å opprettholde høy effektivitet er regelmessig vedlikehold avgjørende. Teknologiene har også varierende vedlikeholdsbehov, og i et drivhusmiljø er det fordelaktig å minimere vedlikeholdsarbeidet. For å velge det mest optimale oppvarmingssystemet må det derfor vurderes kostnad, energieffektivitet og miljøpåvirkning sammen. Selv om et system har lang levetid, kan redusert effektivitet over tid kreve at det suppleres med andre teknologier for å opprettholde ønsket ytelse. Spesielt når det er et ønske om å dyrke planter og grønnsaker hele året.

Miljøpåvirkning og tilpasningsdyktighet: For miljøpåvirkning-vurderingen, ble det vurdert om teknologien kunne være en del av å redusere miljøfotavtrykket til drivhuset eller ikke. Det ble satt score på enten 100% eller 25%, hvor alle teknologiene kom best ut med 100%. Dette var grunnet

deres evne til å redusere bruk av fornybare energikilder, som resulterer i reduserte utslipp og miljøfotavtrykk. Derimot kunne det ved videre arbeid, ha blitt undersøkt miljøfotavtrykk ved produksjon av de ulike teknologiene. Dette ville ha gitt innblikk i deres totale miljøpåvirkning, utover deres funksjon i drivhuset. Ved vurdering av tilpasningsdyktigheten teknologien hadde til ertsbygningen og drivhuset, ble det vektlagt både fordeler og ulemper ved implementering. Det var her solfangere som kom høyest ut med score på 90, og STPV kom lavest ut med score på 50.

Spillvarme overordnet: Vertsbygningen og stedet med høyest score var Morrow batterifabrikk (Arendal), hvor det foregår prosesser som skaper mye spillvarme. Etter samtale med kontaktperson fra Morrow ble det klart at de allerede hadde etablert effektive rutiner og gjenbruksordninger av denne spillvarmen. Selv om en slik løsning mulig ikke hadde vært relevant for fabrikken, vil det for andre prosjekter være mulig å undersøke spillvarme utnyttelse fra ertsbygning uavhengig. Den generelle diskusjonen om utnyttelse peker på potensialet for å redusere CO₂-utslipp betydelig innen 2050. Ved bruk av høytemperatur varmepumper eller ved å generere strøm gjennom Organisk Rankine syklus (ORC) eller turbiner, kan utslippene mulig reduseres. Disse funnene understreker derfor mulighetene for å redusere miljøpåvirkningen ved å implementere slik teknologi i drivhusprosjekter.

En faktor som ble nevnt i en rapport er å kunne distribuere spillvarme til omkringliggende bygg. Her dukket det opp problematikk rundt kostnader og tidsbruk ved en slik oppføring. Legging av rør krever store ressurser og planlegging, spesielt om de skal legges til omkringliggende drivhus eller bygg. Derfor tiltenkes plassering av drivhus direkte på takkonstruksjonen som en mer praktisk løsning, da dette eliminerer behov for graving og rørlegging utenfor fabrikken. Videre vil en slik implementering være svært teknisk, og må skreddersys til ertsbygning og drivhus. Ikke minst diskuteres det at produksjon kan være variabel, og om mulig være stengt i visse perioder. Derfor er dette en løsning som trolig ikke alene kan stå for oppvarmingsbehov, men vil i den grad kunne redusere oppvarmingsbehovet i drivhuset.

Ved vurdering av denne kategorien, ble det tidlig klart at de ulike teknologiene kunne kombineres for å oppnå størst potensial. Alene ville de trolig ikke kunne dekke et totalt oppvarmingsbehov i et takdrivhus, da det tiltenkes noe upålitelig å kun anvende solenergi-teknologier, selv om disse kom høyest ut.

8.1.9 Drivhus: Fasade materialer

Følgende resultat er oppnådd for fasade materialer rangert fra lavest til høyest score. Drivhusglass (1240%), kanal polykarbonat (1237%), herdet drivhusglass (1275%) og slagfast polykarbonat (1357%). Materialspesifikasjoner er hentet fra datablad fra en rekke leverandører, samt anbefalinger fra drivhusleverandører.

Levetid: Drivhusglass har vesentligere lengre levetid på 20-30 år sammenlignet med de plastbaserte materialene. Det er en risiko for at polykarbonat kan gulne over tid, derfor er den angitt en levetid på 10-15år, som er garanti tiden. Dette betyr ikke nødvendigvis at plast platene må skiftes ut etter den gitte perioden. Guling av platene er som regel forårsaket av UV-stråling, aldring og kjemisk

eksponering. Derimot kan platene behandles med tilsetningsstoffer eller UV-beskyttelse som unngår nedbryting av platene. Ut ifra et bærekraftig perspektiv er det negativt å ta i bruk materialer som må skiftes ut med tanke på større karbonavtrykk, avfallsmengder og ressursbruk.

Vedlikehold: Alle de foreslåtte fasade materialene trenger vedlikehold i form av vask og fjerning av støv eller stein. Kanal polykarbonat er noe mer omfattende å rengjøre da overflaten er ruglete og fare for rype ved rengjøring. Herdet polykarbonat og drivhusglass er noe lettere å vedlikeholde.

Solinnstråling: Hovedformålet med drivhuset er å tillate tilstrekkelig med lysgjennomtrengning. Polykarbonat platene har lysgjennomtrengning eller solinnstråling på 88%, mens drivhus glass har en solinnstråling på 90%. På grunn av sin blanke og fullstendig gjennomsiktige overflate, slipper drivhusglass inn større mengder lys. Noe som vil skinne på det øverste laget av vekstene eller plantene. Polykarbonat plater slipper derimot gjennom diffust lys, som forvrenger solinnstrålingen og medfører til jevn belysning over plantene. I sum vil det skape bedre vekstforhold, derfor kan valg av polykarbonat være mer fordelaktig alternativ med tanke på lysgjennomtrengning.

Varmeledningsevne (U-verdi): Materialets isoleringsevne vektlegges høyt i denne studien. Materialets evne til å isolere spiller en viktig rolle for å opprettholde ønsket temperatur og redusere oppvarmingsbehovet. Under kaldere temperaturer og nattetid, er det spesielt gunstig å holde en stabil temperatur i drivhuset, slik at platene beskyttes mot frost eller lave temperatursvingninger. U-verdien ble undersøkt og hentet fra datablad. Jo lavere U-verdi jo bedre isolerer materialene, noe som vil bidra til å redusere varmetapet. Økt tykkelse på materialene vil føre til desto bedre U-verdi. Følgende U-verdier ble funnet for de respektive materialene kanal polykarbonat (4mm) 3,9 W/m², slagfast polykarbonat glass 2-lags 1,53 W/m² og 3-lags 0,66 W/m², herdet drivhus glass (3mm) 5,8 W/m² og drivhus glass (3mm) 5,8 W/m². Funnene tyder på at plastbaserte materialene har en langt bedre isoleringsevne enn glass materialene. Slagfast polykarbonat skiller seg ut med meget gode isolerende egenskaper som kan være et bra alternativ til materialvalg i drivhuset. Det må nevnes at det var utfordrende å finne U-verdi for slagfast polykarbonat da det ikke var oppgitt fra leverandører. Dermed ble verdier tilknyttet 2- og 3-lags glass benyttet.

Vekt: Følgende vekt ble oppgitt for glass 7,5 kg pr/m², kanal polykarbonat 1,3 kg pr/m² og slagfast polykarbonat 1,2 kg pr/m². Plastmaterialene har altså halvparten så lett vekt som glass. Materialer med lav vekt har flere fordeler som å redusere den totale vekten på tak-drivhuskonstruksjonen på vertsbbygningen, gunstig å installere og skifte ut som fører til raskere og effektiv montering. Dessuten er lav vekt på materialer gunstig under transport som kan bidra til å redusere behovet for store tungtransport kjøretøy og dermed redusere miljøpåvirkningene.

Knuselig/holdbarhet: Gjennom oppgaven har det blitt trukket frem rekke eksempler på hvordan ekstremvær plutselig inntreffer og kan skape store ødelegges for drivhusnæring. Selv om drivhuset har stått i nærmest 30 år og tålt tidens tann. I kommende fremtid kan det tenkes at flere perioder med ekstremvær vil inntreffe. Derfor er det nødvendig å bygge solide konstruksjoner som er holdbare i mange år fremover. Hammerglass oppgir at slagfast polykarbonat er 5 ganger sterkere enn vanlig glass, og er nærmest uknuselig. Slagfast polykarbonat er et velegnet alternativ for et robust og værbestandig drivhus, sammenlignet med kanal plater og drivhusglass.

Estetikk: Platenes overflater vil sette ulike estetiske preg og utseende på takdrivhuset. Kanal polykarbonat har ruglete overflate som ikke vil gi innsyn i drivhuset. Gjennomsiktige materialer som glass og herdet polykarbonat gir dermed fullt innsyn og klarhet, noe som gir høy estetisk appell og er foretrukket i drivhuset. Det gir følelsen av åpenhet og mulighet til å vise frem hva som dyrkes frem.

Generell bærekraft: under denne kategorien ble total bærekraft vurdert, som er nærmere beskrevet og detaljert i *tabell 15*. Resultatet for generell vurdering av bærekraft ga følgende resultater: kanal polykarbonat (399%), slagfast polykarbonat (402%), herder drivhus glass (470%) og vanlig drivhusglass (445%). Drivhusglass fremstår således som det mest bærekraftige materialet kontra de andre alternativene. Samlet sett er det ikke nødvendigvis en soleklar vinner blant disse alternativene, ettersom det er flere faktorer som må tas med i betraktning som råvareproduksjon, levetid/holdbarhet, energiforbruk, gjenvinning, avhengighet og transport. Til tross for forsøket er det etter beste evne prøvd å rangere materialene på en skala, viste det seg å være en mer kompleks oppgave. Da hvert materiale har både fordeler og ulemper med hensyn på miljøpåvirkninger.

For å kvantifisere miljøpåvirkningene i produksjonsfasen (A1-A3), målt i «Global Warming Potential» (GWP), ble EPD-er undersøkt. Resultatene viste at kanal- og herdet polykarbonatplater hadde et karbonutslipp på henholdsvis 4,196 og 4,175 Kg CO₂-eq, mens drivhus glass hadde et karbonutslipp på 1,44 Kg CO₂-eq. Dette indikerer at produksjonen av drivhusglass har en betydelig mindre miljøpåvirkning sammenlignet med plast materialene. Når det kommer til materialinnhold består glass av naturlige materialer, mens plast består av petroleumsbaserte materialer som kan forklare det høye karbonutslippet under produksjon. I tillegg kan nedbrytning og forringelse av polykarbonat ha negative miljøkonsekvenser i form av utslipp av mikroplast og giftige kjemikalier. Bruk av polykarbonat kan på en annen side redusere miljøpåvirkningene gjennom bedre styrke og holdbarhet, noe som reduserer behovet for utskifting, samt redusere karbonutslipp knyttet til transport som skyldes platenes lette vekt. Grunnet god isoleringsevne kan platene redusere oppvarming og energikostnadene i drivhuset.

Avslutningsvis viste det seg at herdet polykarbonat kom best ut i de fleste kategoriene, men skorter midlertid mindre på bærekraft. Allikevel er det valgt å benytte dette materialet i drivhuset med tanke på holdbarhet og gode isolerende egenskaper i et kjølig klima.

8.1.10 Andre teknologier: Belysning

Grunnet solforhold kan være begrenset i perioder, vil det være attraktivt med supplerende belysning for å kunne drive helårsproduksjon. LED-lamper oppnådde et langt høyere resultat på 550%, mens HPS-lamper oppnådde følgende score 303%. Overgang til effektive belysningsløsninger som LED vil kunne redusere energiforbruket. Resultatene baserer seg på datablad fra leverandører og en rapport som sammenligner HPS og LED belysning brukt i norsk drivhusnæring [79, 250].

Effektivitet: LED- og HPS-lys har en energieffektivitet på 2,9-3,5 $\mu\text{mol}/\text{J}$ og 1,8-2,1 $\mu\text{mol}/\text{J}$. LED-lys er altså 35-50% mer energieffektive enn HPS-lampene. Med andre ord betyr det at LED produserer mer lys per watt som gir bedre intensitet og effekt. Bidra dermed til å redusere energiforbruket, samtidig som bølgelengden kan tilpasses hver enkelt plantevekst. Dette gir optimale vekstvilkår for planter.

Levetid og vedlikehold: LED-belysning har lang levetid på mellom 35 000-50 000 timer, mens HPS-belysning har en kortere levetid på 10 000-28 000 timer. Lang levetid reduserer behovet for hyppige utskiftninger, noe som resulterer i kostnadsbesparelse over tid, redusert avfall og miljøpåvirkninger. Dette gjør LED-lys attraktiv til bruk i drivhus med tanke på langsiktig belysning. LED belysning har et vedlikeholdsbehov på 0,5% per år, mens HPS-belysning har noe høyere vedlikeholdsbehov på 1% per år. Det lave vedlikeholdsbehovet skyldes lavere driftstemperatur, som reduserer slitasje i lysdioden. LED teknologien vil redusere driftskostnader og arbeid i drivhuset. Ved komponentfeil trenger ikke hele lyskilden å skiftes ut, da bare komponenten eller delen kan erstattes.

Økonomi: Økonomisk sett er HPS-lampene billigere i innkjøpspris enn LED-belysning. På lengre sikt vil dette spares inn igjen i løpet av noen år. Funn i rapporten tyder på at LED-belysning senker kostnader relatert til strømkostnader med 40%, driftsutgifter med 12%, brennstoffkostnader med 0,14%, vannkostnader med 12% og CO₂ kostnader med 13%. Økonomisk tomat avling økte med hele 10%. LED oppnådde et høyere netto økonomisk resultat (NRF) på 102,2 kr m⁻² år⁻¹ som indikerer at LED genererer større økonomisk avkastning per arealenhet kontra HPS-belysning i norske drivhus rundt om i landet.

Energieffektivitet: Strømforbruket vil øke lineært med lampekapasiteten, jo høyere effektivitet desto mer strøm benyttes. LPS har altså et strømforbruk som er 40% lavere enn HPS-lampene, noe som både reduserer strømforbruket og energiforbruket. Grunnet lavere strømforbruk gir det en gjennomsnittlig energieffektivitet på totalt 33,67 Kg GJ⁻¹ noe som resulterer i 30% høyere energieffektivitet enn HPS-lampene, med en forskjell på 7,87 Kg GJ⁻¹. Også andre litteraturfunn viser til at lampene kan oppnå høy energisparing i forhold til HPS med henholdsvis 75%. Totalt sett vil det gi bærekraftige fordeler som å redusere miljøpåvirkninger og strømforbruket. Ved å integrere LED-belysning med rene fornybare energikilder som solceller, kan elektrisitetens behov dekkes uten utslipp av klimagasser. Batterialger kan lagre solenergi til senere anledninger.

Dyrke optimalisering: LED-lampene resulterte i 10% høyere tomatavling enn HPS. Noe som kan være avgjørende for å øke lønnsomheten og effekten av avlingsproduksjon av eksempelvis tomat og agurker, som er lyskrevende planter.

Avslutningsvis vil det lønne seg å ta i bruk LED-belysning i drivhuset. Selv om det er dyre investeringskostnader i første omgang, som kan være en stor risikofaktor for eventuelle mindre drivhus. Allikevel viser det seg at man på lengre sikt vil spare disse kostnadene gjennom mindre strømforbruk. LED-belysning er også svært energisparende og energieffektivitet i forhold til HPS-belysning, som bidrar til å redusere miljøpåvirkninger og optimalisere avlinger.

8.1.11 Andre teknologer: Kinetiske plater

I dette prosjektet ble de sosiale og miljømessige bidragene fra kinetiske plater i et tak-drivhus undersøkt, samt behov for teknologien. Totalt fikk de kinetiske platene en score på 250 poeng. Det ble ikke vurdert kriterier og sammenlignet ulike merker av teknologien i denne vurderingen, derimot vurdert for teknologien på generell basis. Dette gjør at teknologien ikke direkte kan sammenlignes på likt grunnlag som andre teknologier for et totalt system.

Kinetiske plater forventes å ikke være den største bidragsyteren til det totale energibehovet i drivhuset. I midlertidig, ved planlegging av et komplett energi- og strømsystem som benytter ulike teknologier, vil det alltid være fordelaktig å utnytte bærekraftige energikilder. Generelt er norsk strøm mer miljøvennlig enn i mange andre land, noe som reduserer behovet for en slik teknologi. Likevel kan kinetiske plater være en liten til middels bidragsyter, avhengig av hva den genererte strømmen brukes til og hvor mye som genereres/lagres i løpet av året.

Kinetiske plater representerer en innovativ tilnærming til fornybar og bærekraftig energiproduksjon, med mulig positive miljømessige og sosiale effekter i både tak-drivhus og ertsbygninger. Selv om kostnadene for installasjon kan være høye, kan de over tid bidra til redusert energikostnad, økt energieffektivitet og miljøgevinster. Spesielt i et bygg som produserer batterier, tiltenkes dette å være en passende teknologi som sprer nyskapende og bærekraftig tenkning. Ved oppkobling av teknologien til LED-lys i drivhuset tiltenkes det også en form for verdi av at ansatte og besøkende kan føle på en tilhørighetsfølelse til drivhuset, en form for bidrag.

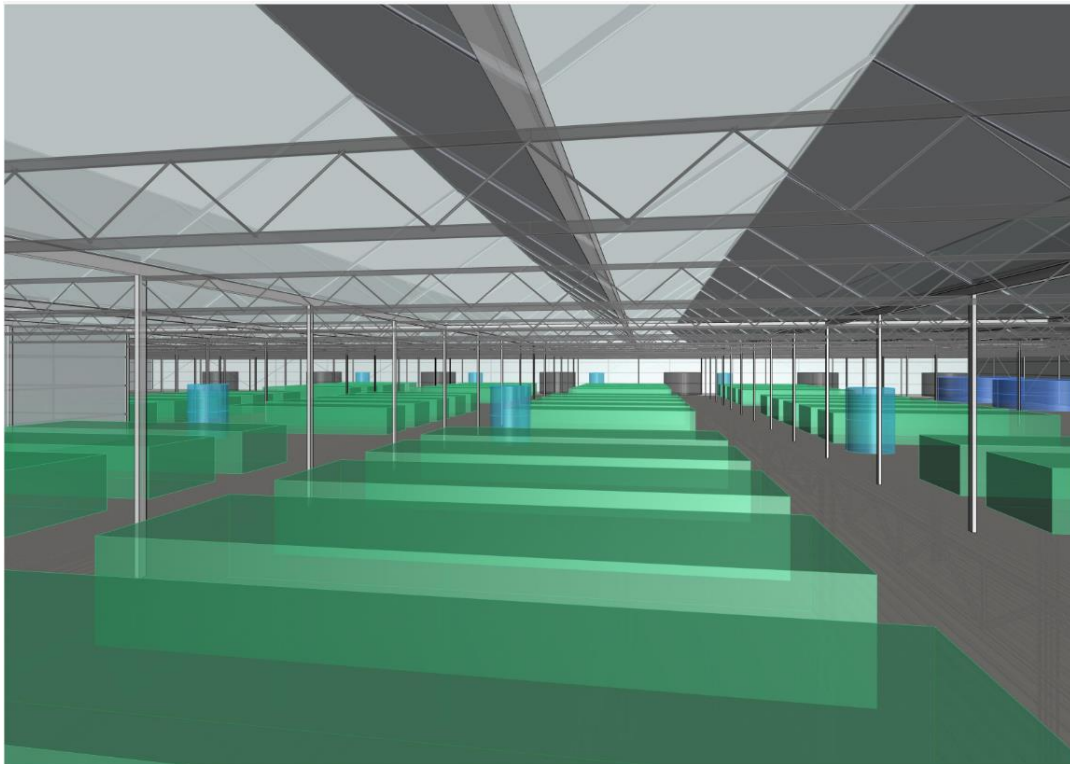
Det er derimot viktig å vurdere ertsbygningen og drivhusets totale energibehov gjennom året og hvilke andre teknologier som brukes til oppvarming og kjøling. Hvis drivhuset kun hadde brukt oppvarmingsteknologier basert på solenergi, som kan være variabelt spesielt om vinteren, ville installasjon av kinetiske plater kunne bidra til å gjøre energiforsyningen mer stabil.

8.1.12 Drivhus utforming

Mulighetsstudiet tilknyttet utformingen av drivhuset ble behandlet noe annerledes sammenlignet med de andre vurderingskategoriene. Kriteriene design, vinkling og lastsikring ble undersøkt gjennom dokumenter og litteratur, for deretter bli vurdert for integrering i opptegningsarbeid. Årsaken til dette er at utformingen er en dynamisk prosess som kan kontinuerlig endres og forbedres basert på ny informasjon og evalueringer. Derfor ble den tilgjengelige fagfelleverderte litteraturen, og kommersielle beskrivelser benyttet for det totale resultatet. Dette sikret en tilnærmet bred vurdering av ulike designalternativer. Derimot kan det nevnes at ved videre arbeid ville man ha vurdert utformingen på likt nivå som for de andre vurderingskriteriene i mulighetsstudien.

Ved valg av drivhusets design ble det lagt stor vekt på tilgjengelig dokumentasjon om form, inkludert dimensjonering av bæresystem og andre komponenter. Designet ble valgt basert på en kombinasjon av funksjonelle og estetiske hensyn. Blant annet ble flerspenn med jevn avstand og Venlo stil type drivhus valgt, med kortsider vendt øst-vest og bæring plassert over ertsbygningen. Denne kombinasjonen ble vurdert til å ha god lysinntrengningsfunksjon, strukturell integritet og funksjon i et norsk klima med store variasjoner i vær som snø- og vindbelastninger. Det å ha flerspenn fremfor enkelt-spenn hadde også grunnlag i at det skulle implementeres en del dyrketeknologier og tilhørende komponenter i drivhuset, samt ble det tatt forbehold om god arbeids- og bevegelsesflyt rundt i arealene. Derav åpnet flerspenn utformingen opp for lettere tilpasning av arealbruken til drivhusets funksjon i dette tilfellet. Enkelt-spenn kunne trolig redusert planløsningsmulighetene i drivhuset. *Figur 154* viser et bilde hentet fra Rhino3D, av drivhuset som ble tegnet opp med

tilhørende bæresystem, dyrketeknologier, vanntanker, fisketanker og oppvarmingstanker. Mye av arealbruken sees her kan justeres for ytterligere behov.



Figur 154 Bilde av opptegnet drivhus på tak i Rhino3D [1].

Noe av bakgrunnen for endelige valg i drivhus utforming kategorien var også basert på tidligere vurderinger av ulike kategorier i mulighetsstudiet. For eksempel ble slagfast polykarbonat vurdert til høyest score i materialvurderingen, noe som betyr at det var viktig å kunne kombinere både form og materiale uten å påvirke materialegenskapene i et norsk klima. Dette ble spesielt tydelig ved vurdering av tunnel (sirkulær), elliptisk og kinesisk sol-form, hvor plast ofte brukes som overflatemateriale. Å bruke slagfast polykarbonat i slike tilfeller ville kanskje kreve spesialtilpasning av form eller endring av materialets egenskaper. Derfor ble beslutningen tatt om å unngå disse, da det optimale materialet ikke nødvendigvis passet til den gitte formen.

Vinkling: Grunnet posisjonen av det eksisterende bæresystemet til batterifabrikken, var det mulig å orientere kortsidene av drivhuset med øst-vest vinkling så langt det var mulig. Flere rapporter anser dette som den beste orienteringen for drivhus, da det maksimerer solinnstråling gjennom dagen. Det må imidlertid nevnes at endelig orienteringen til drivhuset ikke nødvendigvis er den mest optimale, en direkte øst-vest vinkling ville gjort at drivhuset hadde stått skrått over taket, noe som hadde påvirket plasseringen over eksisterende bæring. Videre arbeid kunne ha undersøkt en fullstendig optimalisert vinkling, kombinert med endringer i søyle- og bjelkeavstander samt materialbruk. Kunne man ved bruk av sterkere stål og økt bæring endret formen slik at vinklingen til drivhuset hadde blitt optimalisert ytterligere for solinntrengning.

En begrensning med takdrivhus er nemlig at det må følge eksisterende bæresystem, noe som reduserer friheten til å optimalisere vinklingen i forhold til solen. Drivhus på bakken har større frihet

til å optimalisere vinklingen siden de ikke trenger å ta slike hensyn på samme måte som tak-drivhus. Selv om det i dette tilfellet var mulig til en viss grad med en øst-vest vinkling, kan andre bygninger ha mindre frihet til å utnytte solenergien effektivt på grunn av det underliggende bæresystemet. Andre bygg i urbane områder kan også bli påvirket av skyggelegging fra omkringliggende konstruksjoner.

Derimot har tak-drivhus muligheten til å absorbere varme og energi fra bygningen under, en funksjon tradisjonelle drivhus ikke har. Hvor står påvirkning total optimalisert vinkling har i denne sammenheng, faller derfor trolig noe bort. Det kan også i tilfeller med redusert lysinntrengning anvendes LED-belysning, som ville redusert problematikken ytterligere. Om man da har et oppvarmingssystem og lys-system basert på fornybare energikilder, vil man også etterfølge bærekraftige verdier innad drivhuset. Videre undersøkelser ville her vært svært interessant for å belyse muligheter og begrensninger tilknyttet denne tematikken.

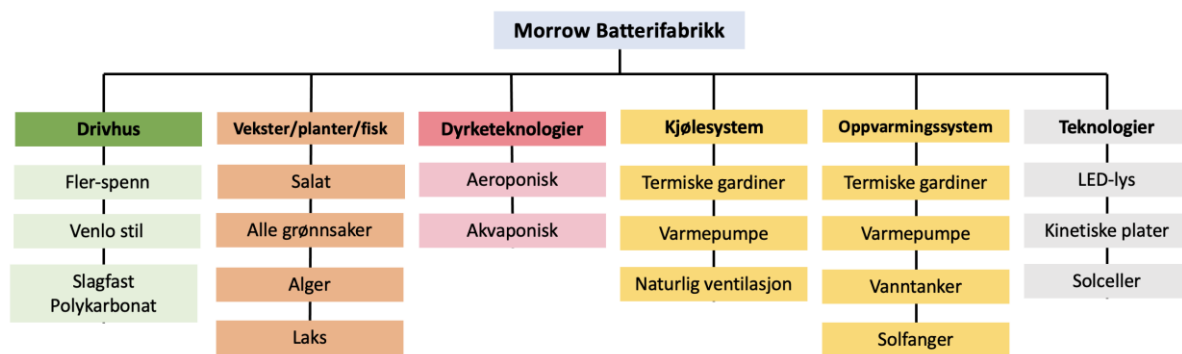
I denne masteroppgaven ble det ikke gjort full simulering av drivhus-utformingene ut fra gitt klimaforhold, noe som gjør at optimalisering av drivhuset ikke var oppnåelig. Videre ville det derfor vært hensiktsmessig å gjøre simuleringer, både med fokus på energibruk, lysinnstråling, ytre faktorer som snø- og vindlast og bæresystemets struktur for å optimalisere drivhuset. Med fokus på fremtidige klimaendringer, vil dagens påkjenninger og laster påført drivhus trolig endres. Spesielt for snø-laster, som nevnes å kunne reduseres i omfang i sørlige områder av Norge de kommende årene. Om det her behøves å nedjusteres materialbruk grunnet snølastene reduseres, kunne vært undersøk for senere arbeid.

På et tak drivhus er det også ønskelig å redusere egenvekt og påførende laster til bygget under så mye som mulig. Bruk av stålvaiere for å senke den totale vekten kunne her vært en mulighet. Videre kan det nevnes at optimalisering av endelig bæresystem, med fokus på materialvalg og lastvurdering ikke ble gjort utover hva som ble funnet i litteratur. Videre arbeid ville her vært relevant ved undersøkelse av ytterligere redusert egenvekt, der det brukes lettere materialer og løsninger.

Ved opptegning av dyrketeknologiene, og resulterende produksjon av salatplanter, ble det også valgt å fremvise arealbruken i drivhuset som et eksempel på mulig utforming. Det kan tenkes at man kunne ha utnyttet arealene ytterligere, både i form av forskjellig produksjon av planter, og endret avstander og dyrketeknologier. Som vist i *figur 154* er det også ytterligere design og utformingsmuligheter for både takdrivhuset og taket generelt. Utover de x antall salatplantene som kan produseres i drivhuset i året, er det ikke videre undersøkt om dette opprettholder et salatbehov for arbeiderne i bygget eller ikke. Funnene i denne oppgaven tilegnes å kunne brukes som veiledning, for videre optimalisering for de som ønsker å implementere tak-drivhus. Det ble også laget 9 drivhusdeler, som kan plasseres som byggeklosser rundt på et tak etter et prosjekts ønske.

8.1.13 Oppsummering av mulighetsstudie

Dette kapittelet vil gjennomgå en oppsummering av funnene i mulighetsstudiet. *Figur 155* viser en illustrasjon over underkategoriene som scoret høyest i mulighetsstudiet, samt hva forfatterne anser relevant for implementering selv med noe lavere score sammenlagt.



Figur 155 Mulighetsstudie - Underkategorier for implementering i optimalisert drivhus [1].

- **Sted:**
Morrow batterifabrikk sitt område i Arendal hadde høyest total score for steds-vurderingen sammenlignet med 7 steder. Grunnet betydelig gode solforhold, lange avstand til nærliggende grøntområder, lange avstand til matbutikk og høye bidrag innen merverdi for område ved implementering av tak-drivhus. Derimot er alle de valgte stedene innenfor klimatype C – Varmtemperert klima, som kan diskuteres kan brukes som en veileder for plassering av drivhusene. Overordnet kan det fremlegges at alle stedene kan være relevant for drivhus plassering, men da det var ønskelig å vurdere plasseringen for total score, var det Arendal (Morrow) som kom høyest ut.
- Morrow batterifabrikk hadde høyest total score innen vertsbygning-vurderingen sammenlignet med 7 bygg. Basert på byggets funksjonalitet/spesifikasjoner, takareal og solforhold. Stort potensiale i å utnytte kjøle og oppvarming strømmer fra vertsbygningen. Denne energivennlige symbiosen kan altså redusere energiforbruket i til begge konstruksjonene og øke energieffektiviteten.
- **Drivhus fasade materialer:**
Slagfast polykarbonat hadde høyest total score sammenlignet med kanal polykarbonat og drivhusglass. Begrunnelsen bygger på lavt vedlikeholdsbehov, lav vekt, holdbar mot ekstreme værforhold og gode isolerende egenskaper som egner seg for norsk klima.
- **Vekster og planter:**
Salat planten hadde høyest total score av alle plantene. Med bakgrunn i mindre vedlikehold/arbeidsomfang, tåler lavere temperaturer som reduserer oppvarmingsbehov og energibruk i drivhuset, dermed kan veksten være passende i et uoppvarmet drivhus. Grunnet drivhuset skal være utstyrt med belysning og oppvarming, muliggjør det dyrking av alle de respektive plantene. Dermed er det ønskelig å dyrke frem et variert tilbud av vekster/planter.
- **Fisk og alger:**

Alger hadde høyest total score sammenlignet med 4 underkategorier. Med bakgrunn i sitt bidrag innen merverdi i form av helsebringende effekter ved konsum, tilhørende ressursbidrag i dyrketeknologiene og tilpasning til et norsk klima. Ved implementering av alger i en dyrketeknologi, tiltenkes en kombinasjon av alger og laks som en gunstig løsning.

- **Dyrketeknologier:**
Aeroponisk dyrking hadde høyest total score sammenlignet med 4 dyrketeknologier. Med bakgrunn i økt antall planter som kan produseres, lave vannbehov og energibehov, og reduserte arealbruk. Vurderes også en kombinasjon av aeroponisk og akvaponisk dyrkingsteknologier, for å øke de bærekraftige verdiene innad drivhuset. Men på generell basis er de fleste dyrketeknologiene relevante for tak-drivhuset. Derimot bør man vurdere resulterende laster på konstruksjonen.
- **Kjølesystem**
Til tross for utnyttelse av kjølestrømmer fra versbygningen for å hindre overopphetning i drivhuset, er det gunstig å supplere med passive kjølende tiltak for å sikre tilstrekkelig kjøling. Naturlig kjøling kom best ut i score som bygger på at systemet er lite kompleks og krever ingen bruk av energi. Det er allikevel valgt å kombinere naturlig kjøling med andre tiltak som termiske gardiner og varmpumper for å sikre pålitelig kjøling gjennom varme sommerperioder
- **Oppvarmingssystem:**
Av oppvarmingssystem var det solfangere som er en passiv teknologi som hadde høyest score. Solfangere har videre høy energieffektivitet, lang levetid og lavt vedlikeholdsbehov. Det bør derimot tilrettelegges for bruk av flere systemer for oppvarming. Det er en fordel om systemene er multifunksjonelle og kan benyttes til både kjøling og oppvarming. Eksempelvis termiske gardiner og varmpumpe. Implementering av vanntanker til oppvarming er også et energibesparende tiltak.
- **Andre teknologier:**
LED-lys blir ansett til å være en god bidragsyter i et tak-drivhus for helårsproduksjon. Med bakgrunn i energieffektivitet, lang levetid, lave vedlikeholdsbehov og effekt på plantekvalitet og vekst. Tilhørende kan kinetiske plater suppleres for økt miljømessige og sosiale bidrag i form av passiv energikilde, bærekraftige og innovatiske verdiskapning. Derimot bør det for sistnevnte vurderes faktorer tilknyttet kostnad og implementering, hvor det skal plasseres for økt bidrag til drivhuset.
- **Drivhus utforming:**
For denne kategorien ble fler-spenn drivhus med jevn avstand, Venlo stil med kortsider vendt øst-vest og bæring plassert over ertsbygningen tatt med videre som beste løsning for drivhus utforming i et norsk klima. Dette grunnet evner som forbedret varmeoverføring, lavere varmetap, anvendelse for kommersielt/storskala bruk og tilpasning til kaldere klima. Designet ble valgt basert på en kombinasjon av funksjonelle og estetiske hensyn. Derimot bør utforming vurderes ut fra aktuelle behov, hvor resultatene kunne baseres på overordnet innhentet data.

For ytterligere optimalisering av utforming og bæresystem til drivhuset, bør det gjennomføres simuleringer av aktuelle forhold og utforminger.

8.2 Takdrivhus – Bærekraftige virkninger

8.2.1 Matsikkerhet og matsvinn

Matsikkerhet er en stor utfordringspost i dagens samfunn, med behovet for bærekraftige løsninger som kan sikre tilgang til sunn og næringsrik mat for alle. Dette ansees som et globalt problem, som bør opprettholdes for et endret klima og økt befolkningsvekst. På noe mindre skala, bør dette også følges på landsbasis. Norge har en selvforsyningsgrad for grønnsaker på 48%. Dette vil si at ved redusert eller manglende import av grønnsaker, kan man risikere å kun produsere og distribuere halvparten av hva behovet er i dag.

Etter andre verdenskrig endret det tradisjonelle jordbruket seg i Norge. Fra småbruk med lokal matproduksjon og matsikkerhets-ansvar, gikk det gradvis over til å måtte opprettholde matsikkerheten for storsamfunnet. Tradisjonelle gårder kunne produsere flere matkategorier som opprettholdt variasjon av både kjøtt, grønnsaker og korn. Noe som ansees noe fravikende fra dagens standard, der gårdene dyrker mer ensartet og er en del av et større system som produserer og distribuerer mat rundt om i Norge. Mange bor også i byområder, som ofte er avhengig av tilsendt mat, hvor det ikke produseres lokalt.

Implementering av drivhus på takkonstruksjoner kan regnes som en innovativ tilnærming til lokal matproduksjon som ønskelig kan bidra til å adressere tilgangen til mat lokalt utover butikkvirksomhet. Det kan også tilknyttes opp mot reduksjon av matsvinn, som er en ønskelig effekt for ressursbesparelse. Videre vil det mulig senke klimagasser tilknyttet transport. Ved å produsere mat lokalt, reduseres drivhusenes behov for langtransport, noe som igjen kan redusere klimafotavtrykket fra matproduksjon og transport i helhet. De kan i tillegg også skape sysselsetting og bidra til økonomisk vekst for lokalsamfunn.

Det sees at matsvinnet kan deles inn i primærproduksjon og etter-primærproduksjon. Henvist til matsvinn i jordbrukssektoren, til matsvinnet forekommer etter maten er dyrket og produsert hos gårdene. Det tiltenkes at implementering av takdrivhus, kan redusere antall steg grønnsaker må gjennom fra dyrking til konsumer. Ofte må planter gjennom blant annet innhøsting, prosessering, emballasjebehandling, transport for så å konsumeres. I tilfeller der man kan spise maten der den produseres, reduseres disse stegene betraktelig. Som det også sees i *tabell x*, er det et lavt prosentvise matsvinn fra produksjon av grønnsaker i veksthus. Noe av årsaken til dette kan diskuteres å være de kontrollerte forholdene, som kan resultere i økt plantekvalitet derav mindre som må kastes. Videre må det reflekteres rundt hvordan dette ville vært under realistiske forhold. For optimal utnyttelse må det være et behov for denne maten i området. I tilfeller kan maten lagres over tid, men for å oppnå ønsket effekt bør hvert prosjekt planlegge en strukturert plan for produksjon, distribusjon og forbruk innad drivhuset og vertsbygningen. Å utnytte ressursene bedre i systemet og fremme sirkulær økonomi vil blant annet bidra til bærekrafts mål nr.12 «Ansvarlig forbruk og

produksjon».

På en annen side vil dyrking i kontrollerte miljøer som i takdrivhus bidra til en mer robust og stabil matproduksjon, som bidrar til å opprettholde pålitelig matsikkerhet. Matforsyning kan spesielt være sårbart mot avlingssvikt, klimaendringer, naturkatastrofer og epidemier.

8.2.2 Reduksjon av klimagasser og energieffektive

Det er ikke før de siste årene det har vært et oppblomstrende fokus på å gjøre veksthusnæringen mer bærekraftig, med tanke på å spesielt redusere karbonavtrykket og gjøre drivhusene mer energieffektive. Den sene overgangen kan skyldes at veksthusnæringen er liten sammenlignet med andre land, flere eldre drivhus her til lands og økonomiske investeringer kan være kostbart. Dermed kan investering av nye applikasjoner medføre til en risiko som utgiften blir før høy, og det ikke er lengre lønnsomt å drive.

Teknologiske fremskritt innen dyrking, applikasjoner og belysning har ført til større optimisme. Det høye klimagassutslippet stammer som regel fra bruk av fossile energikilder som oljekjeler, kull eller naturgass til oppvarming. For å nå Parisavtalen om netto-null innen 2050 er det avgjørende at fremtidige drivhus implementerer bærekraftige tiltak. Hvilken energikilde og miljøvennlige løsninger som anvendes til oppvarming, CO₂ og belysning har innflytelse på hvor stort miljøavtrykket blir under produksjon. Overgang til fornybare energikilder som solenergi, bioenergi, vann- og vindkraft er avgjørende for å gjøre drivhusene karbonnøytrale. Bioenergi er det egnet alternativ, men blir ikke vurdert i denne mulighetsstudiet som en analyseenhet. Da fokusert har vært å benytte solenergi, grunnet det er allerede planlagt solceller på taket på Morrow.

Resultatet fra mulighetsstudiet og en rekke andre rapporter tilsier at bruk av solenergi er en attraktiv løsning for å selvforsynte takdrivhuset med fornybar produsert elektrisitet og varme. Å eksempelvis kombinere solfanger, solceller og solvarmeanlegg kan være svært effektivt for å optimalisere energibruken. Solceller produserer fornybar elektrisitet som kan drifte vifter, kjøling, pumper, belysning og annet utsyr i drivhuset. Solfangere kan på en annen side varme opp vann eller væske, som kan brukes til oppvarming i drivhuset. Høsting av solenergi gjennom lagringsteknologier, muliggjør å anvende solenergien om natten eller om vinteren. Midlertid kan det være en utfordring å få tilstrekkelig sol til å produsere nok energi eller varme. Derfor bør skygge faktorer og solforhold nøye vurderes med tanke på valg av plassering av takdrivhus. Spesielt i urbane områder der det er større risiko for skygge fra omkringliggende bygninger.

Symbiose mellom vertsbbygning og takdrivhus innebærer betydelige fordeler for energisparing og reduserer bygningenes totale CO₂-utslipp knyttet til energiforbruk. Takdrivhuset kan dra nytte av varme- og kjølestrømmer fra verstbygningen, noe som minsker behovet for oppvarming og kjøling i drivhuset. Dette reduserer energiforbruket og CO₂-utsippet. På samme måte kan takdrivhuset fungere som en solfanger, som høster overflødig solenergi. Denne energien kan lagres og benyttes til oppvarming av vertbygningen ved senere anledninger. Integreerte takdrivhus fungerer også som isolerende lag som beskytter bygningen under mot varmetap om vinteren. Totalt sett viser det at

sybiosen har gunstige fordeler når det kommer til utnyttelse av termiskmasse og energieffektivitet. Gjennom bærekraftig design og bygg løsninger kan dermed miljøpåvirkningen reduseres betraktelig.

Selv om drivhuset kan dra nytte av vertsbygningens spillvarme, vil det være behov for energi effektive løsninger. For å unngå overoppheting i drivhus kan passive tiltak som termiske gardiner og naturlig ventilasjon være en løsning for å spare energi. Dessuten vil en rekke passive solløsninger kunne benyttes som oppvaring i drivhuset. Det er også mulighet for å redusere energiforbruket ved bruk av varmpumper og buffertanker til lagring av energi. Varmepumper sikrer dermed pålitelig oppvarming og kjøling til drivhuset.

Ettersom matproduksjonens trolig vil øke og flyttes nærmere befolkede områder eller byer, er det avgjørende å gjøre å strebe etter bærekraftig produksjon. Ved å tilrettelegge for innovasjon som støtter fornybar energi og energieffektive systemer kan det redusere klimagassutslippet relatert til drivhusnæringen og gjøre den klimanøytral. Bærekraftig urbant landbruk i byer vil bidra til å nå bærekraftsmål nr.11 «*Bærekraftige byer og lokalsamfunn*», samtidig som man oppnår bærekraftsmål nr.9 «*industri, innovasjon og infrastruktur*»

8.2.3 Areal effektivitet

Ettersom befolkningsveksten øker, har det ført til nedbygging av essensielle jordbruksarealer. Nedbygging av arealer skjer primært for å imøtekomme den økende etterspørselen etter arealer til boligformål, infrastruktur og næringsvirksomhet. I områder med relativt høy boligtetthet eller begrenset tilgang til grønt områder egnet for matproduksjon, fremstår takdrivhus som et lovende tiltak. Slik installasjon muliggjør effektiv produksjon av næringsrik mat som fisk og grønnsaker innenfor by og tettstedsområder. Samtidig som transportavstanden reduseres og utnyttelsen av tilgjengelig plass i allerede utbygde miljøer, noe som bidrar til optimalisering av arealbruk. I og med takdrivhus ikke forbruker ekstra grunnareal, fremmer det effektiv arealutnyttelse. Noe som er ønskelig i områder med lite eller ingen dyrkbar jord. Dyrking i kontrollerte miljøer øker også avlingene pr m² sammenlignet med tradisjonelt jordbruk.

Utbygging av Morrow trinn 1 med pilotfabrikk krever store arealbeslag på omtrent 39 7141m², i tillegg kommer utbygging av resterende fabrikker og infrastruktur. Arealbruksendringer fører midlertid til utslipp av karbon som har vært lagret i myrer og skog. Miljødirektoratets klimagasskalkulator er benyttet for å simulere det totale CO₂ utslippet for utbygd område som tilsvarer 14 198,5 tonn CO₂-ekvivalenter. Å utnytte takarealene representerer en lovende tilnærming for å maksimere arealbruken. Å tilbakeføre grøntområder i form av drivhus på nedbygde arealer som eks Morrow kan være en strategisk tilnærming for å kompensere for tap av naturlige habitater, grøntområder og karbonlagring. Planter som dyrkes i drivhus kan ta opp CO₂ gjennom fotosyntesen, på denne måten kan karbon lagres i plantemassen i stedet for å bli frigitt i atmosfæren. På samme måte kan etablering av grønne tak også ta opp og lagre karbon.

8.2.4 Jordbruksavrenning og ressursutnyttelse

Tradisjonelt jordbruk er en stor kilde til blant annet avrenning av forurensnings- og næringsstoffer, overdrevent vannbruk og bruk av syntetiske plantemidler. I sum vil dette resultere i ulike miljøkonsekvenser som gir negative ringvirkninger for nærmiljøet som vannforurensinger, tap av biologisk mangfold og helseskadelige effekter for både dyr og mennesker. Å ta i bruk dyrketeknologier som hydroponisk, aeroponisk og akvaponisk kan man forhindre jordbruksavrenning og minimere miljøpåvirkningene. Lukkede jordfrie systemer reduserer bruk av plantemidler og syntetiske kjemikalier som kan være skadelig for miljøet. Å dyrke i kontrollerte miljøer i lukkede sløyfer hindrer nemlig landbruksavrenning og utslipp av skadelige kjemikalier til omgivelsene, samtidig som ressurser som vann og næringsstoffer bevares i systemet. Dyrketeknologiene kan dermed gjøre landbruket mer ressurseffektivt og miljøvennlig som er i tråd med FNs bærekrafts mål for å nå en bedre fremtid. Ved å bekjempe konsekvensene av miljøpåvirkninger kan bruk av innovative teknologier i landbruksektoren bidra til å nå FNs bærekraftsmål nr.13 «*Stoppe klimaendringene*»

8.2.5 Sosial bærekraft

Sosial bærekraft omfatter praksiser og strategier som ivaretar samfunnet rundt. Takdrivhus er en innovativ løsning som kan bidra til å oppnå sosial bærekraft på flere måter, inkludert økt sysselsetting, skape møteplasser og sosiale arenaer, fremme kunnskap om lokal matproduksjon og redusere sult i utviklingsland.

Etablering av takdrivhus kan generere nye arbeidsplasser innenfor blant annet gartnere, salg og distribusjon. Antall ansatte for driftsvirksomheten vil være avhengig av drivhusets størrelse, omfang og markedsstrategi. Økt sysselsetting i form av nye arbeidsplasser kan gi økonomisk vekst for lokalsamfunnet rundt. Som nevnt i samfunnsperspektiv kan urbant landbruk brødfø 21 millioner innbyggere, samt generere arbeidsplasser for 180 000 mennesker. Å legge til rette for urbant landbruk i byer og mindre områder vil fremme bærekraftsmål nr.8 «Anstendig arbeid og økonomisk vekst».

Lufa Farms er en av de største takdrivhusene i verdenen, med mange tusen ansatte. Markedsstrategien deres tillater større samspill mellom lokale bønder, butikker, restauranter, cafeer og matleveringstjenester. Der kunder har mulighet for å få levert mat hjem på døren med elektriske biler eller ved hentepunkter. Noe som er en god strategi å ta i bruk for urbane og befolkede områder i byer. Morrow ligger utenfor det urbane området, dermed vil matproduksjonene sentreres mot ansatte, besøkende og lokalsamfunnet rundt. En slik inkluderende markedsstrategi kunne fungert på eksempelvis Havne-siloen i Stavanger Øst. Et område som er stadig i utvikling, og består av en rekke boliger, restauranter og butikker. Her kunne eksempelvis maten leveres gjennom sykkelbud med Wold eller Foodora til forbrukerne. Restauranter og butikker i Stavanger området kan selge eller benytte seg av ferske grønnsaker. Nærhet til drivhus tillater også forbrukere å plukke selv ønsket mengde grønnsaker. Hvilken markedsstrategi og kundesegment er avhengig av drivhuset geografiske beliggenhet og funksjonalitet til vertsbbygningen. Et annet eksempel vil være Sørlandssenteret som

kan selge produktene videre til butikker og besøkende. På denne måten reduseres matsvinn og transportavstanden betraktelig. Grønnsakene kan høstes når de kun er solgt, som redusere behovet for unødvendig lagring.

Lufa Farm har også gjort noen av drivhusene om til besøksarena der det blant annet holdes kurs, guidede turer og restaurantvirksomhet i drivhuset. Ved å flytte matproduksjonen nærmere byer kan det gi innbyggere økt bevissthet hvor maten kommer i fra og viktigheten av bærekraftig landbruk. Noe som kan fremme økt bevissthet rundt sunn og næringsrik mat, samt redusere matsvinn. Det er tiltenkt å ha restaurant/cafe virksomhet på takdrivhuset til Morrow. Slik at drivhuset også blir en sosial møtearena for forbrukerne eller besøkende. Der folk kan nyte mat, delta i sosiale aktiviteter og bygge ett nettverk. Her er det også mulighet for å arrangere workshops, kurs og foredrag om bærekraftig selvforsynt urban matproduksjon.

Som nevnt i samfunnspektiv må matproduksjonen øke med 70% innen 2050 for å kunne brødfø befolkningen. Antageligvis vil denne andelen være større i utviklingsland, basert på befolkningsveksts og økende levetilstand. Hungersnød og sult indikerer behovet for sikker matproduksjon rundt om i verden, som danner grunnlaget for rettferdig og bærekraftig sosioøkonomisk vekst. Generelt kan etablering av takdrivhus i utviklingsland være ettertraktet, eller i områder der det ingen dyrkbar jord. Flere mennesker kan få tilgang på næringsrik og bærekraftig mat året rundt som vil bidra til å nå bærekraftsmål nr 2 «Utrydde sult». Landbrukssektoren er kjent for å være en storforbruker av vannressurser, samtidig som vann er en knapp og lite tilgjengelig ressurs mange steder. Bruk av innovative dyrketeknologier som hydroponikk, aeroponikk og akvaponikk kan redusere vannforbruket og bidra til bedre ressursutnyttelse sammenlignet med tradisjonelt jordbruk. Dermed kan systemene være attraktive i områder med begrenset tilgang til vannressurser og bidra til å nå bærekraftsmål nr.6 «Rent vann og gode sanitærforhold».

8.2.6 utfordringer

Sett fra et bærekraftig perspektiv kan takdrivhus oppnå flere bærekraftige verdier som både omfatter økonomiske, sosiale og miljømessige virkninger. Allikevel er det viktig å diskutere utfordringer tilknyttet tak-drivhus.

Økonomiske utfordringer: Kostnader tilknyttet implementering av tak-drivhus ansees som en stor begrensning. Spesielt grunnet dens lokasjon, må vertsbbygningen under være i stand til å tåle lastene drivhuset påfører. Mange av byggene som ansees relevante for oppføringen, har ofte takkonstruksjoner som ikke er prosjektert for slike typer laster, både i form av levende-laster, men også kontinuerlige laster. Dette kan trolig redusere muligheten for oppføring i eksisterende bygg, da forbedring av et bæresystem er noe mer komplekst og økonomisk tyngende enn ved prosjektering og oppbygging fra start. Herunder vil det tilknyttes kostnader til ny oppføring av bygg, da material- og profilvalg må etterfølges, med tilhørende kostnader tilknyttet prosjekterings- og utførelsesfasen.

Videre er kostnader tilknyttet drift og innkjøp av materialer og teknologier, samt systemene som skal opprettholde driften. Dette er trolig dyre teknologier, som både skal skreddersys og vedlikeholdes etter behovene som inngår for optimal drift. Deriblant må det også være ansatte i drivhuset som har

tilsyn til produksjonen, som videre må være mennesker med høy kunnskap innen drivhus-drift og dyrketeknologier. Dette leder videre til hva hovedmålet med drivhuset egentlig skal være. Skal det være økonomisk gevinst, tilføres merverdi til området eller være en kombinasjon av disse. Bærekraftig utvikling og innovasjon tilegnes å være kostbart i mange tilfeller. Det å redusere miljøfotavtrykk gjennom innovative løsninger, kan ofte gå utover økonomiske aspekter. En diskusjon her er at drivhuset må få en funksjon og merverdi for området, som overgår eventuelle økonomiske kostnader. Hovedmålet her ville nok ikke vært å oppnå økonomisk gevinst fra start. Drivhuset må få en verdi i form av å være et bærekraftig fyrtårn, som viser vei og innovativ tenkning for lokalsamfunn og bærekraftig urbanisering.

Sosiale utfordringer: Etterfølgende av de økonomiske aspektene ved tak-drivhus, er de tilhørende begrensningene tilknyttet sosial bærekraft. I slike økonomisk krevende prosjekter, som plasseres på bygg mange ikke har tilgang til, kan det oppstå skiller mellom nærområdet og områdene rundt. Ikke minst kan det forekomme et skille mellom områder og bedrifter med ulik økonomisk status. En optimal løsning kan være at alle skal få tilgang til drivhuset, eller til maten produsert. Men det settes spørsmålsteget om dette ville vært realistisk. Matproduksjon bør forekomme under strenge forhold, selvplukk og universal tilgang kan fort bryte noen regler tilknyttet matkvalitet og helse.

Med grunnlag i ovennevnte faktorer, må det også vurderes hvem som står til ansvar for å opprettholde de sosiale verdiene. Det tilknyttes derfor noen begrensninger og kompleksitet rundt tilgang og opprettholdelse av sosiale verdier som også kan bli ressurskrevende. Skal dette kun være tilgjengelig for de som jobber i drivhuset og vertsbygningen, eller for de som bor/jobber i området rundt. Skal implementering av slike drivhus ettergå av private aktører, kommunale eller statlige. Det diskuteres videre på de sosiale godene tilknyttet kunnskapslæring om jordbruk og bærekraftig matproduksjon for de som besøker drivhuset. Her bør det også planlegges en opplæringsstruktur som mange kan være med på.

Utfordringer tilknyttet miljø: For at drivhuset skal være miljøvennlig, må det ha tilgang til fornybare energikilder. I Norge ansees strømmen som mer miljøvennlig enn for andre land, hvor det i land med energiproduksjon med høy kg CO₂ eq/kWh bør vurderes ytterligere tiltak for å redusere energibruk og miljøpåvirkning. Om denne verdien er noe som også kommer til å øke i Norge fremover, vil ytterligere bruk og planlegging av passive teknologier i drivhuset være relevant. Det er heller ikke i denne rapporten undersøkt totalt miljøfotavtrykk til drivhuset gjennom livsløpet sitt, med tilhørende materialer, elementer, systemer og teknologier. Her tiltenkes et stort negativt bidrag i miljøpåvirkning. Det er ønskelig å få drivhuset så klima-nøytralt som mulig, men likevel kunne opprettholde effektiv drift over lang tid. Ved ekstreme tilfeller diskuteres det om å redusere bruk av automatiserte dyrketeknologier kunne vært en løsning, for å heller gå tilbake til noe mer tradisjonelt. Herunder dyrkekasser som etterfølges manuelt i form av tilsyn og vanning. Videre kunne det vært undersøkt utforming som kunne bli tatt ned over visse perioder, derav lavere vekt og materialbruk, men dette motstrider tanken om helårsproduksjon i Norge. Noe som derfor frafaller.

8.3 Feilkilder

Avslutningsvis i diskusjon kapittelet, gjennomgås utfordringer tilknyttet forfatterne egne begrensninger gjennom arbeidet. Mye av den gjennomleste og vurderte informasjonen som ble hentet inn, var basert på forfatterne egne analyseegenskaper og meninger. Selv om det er ønskelig å gjøre et arbeid så nøye som mulig, kan det oppstå underliggende partiske vurderinger. Spesielt i et prosjekt hvor vurderinger gjøres i stor grad av forfatterne selv. Det er her forsøkt å basere valg på innhentet litteratur og data, og gjennomgått score-setting blant begge forfatterne for å redusere sannsynligheten for feil og partiske vurderinger. Dette eksempelvis ved vurdering av bygg og steder som i Oslo og Stavanger, da forfatterne er derfra. Deriblant også at det kunne blitt valgt flere/andre byer, spesielt byer som er mer tilknyttet landbruk enn representerte steder.

Ved vurdering av kvalitative og kvantitative data er det også erkjent noen feilkilder tilknyttet forfatterne evner. Hvordan forfatterne har vurdert noen kriterier, kan det være andre ville ha vurdert annerledes. Her må det derimot nevnes at forfatterne har opplært seg mye kunnskap gjennom studiet, som trolig bevisst og ubevisst har påvirket vurderingsevnene i positiv retning. For kvalitative data som utforming, er det også utfordrende å score-sette uten å ha en viss preferanse som senere skal tegnes opp. Videre også for steds og ertsbygning vurderingen, herunder ble det kun studert bilder, flyfoto og kommunekart over ertsbygningene for å vurdere takkonstruksjon, bæreevne og bygg (For å tåle drivhuset vekt/ekstra etasje). Hvor det for Morrow ble noe supplert fra Morrow kontaktperson. Et fullstendig realistisk bæresystem til ertsbygningen er derfor trolig ikke reelt, som påvirker score-settingen om det skulle vært helt presist/reelt. Men prøvd beste evne, og tatt i bruk de tilgjengelige verktøyene forfatterne har.

For U-verdiene var det også vanskelig å finne nevnte materialegenskaper for slagfast polykarbonat. Det ble funnet frem til U-verdier oppgitt i 2 og 3 lags-glass, hvor det for de andre materialene var oppgitt i millimeter. Det blir derfor noe feil å sammenligne ulike enheter for å fastsette score. Men uansett har polykarbonat langt bedre isolerende egenskaper enn drivhus glass.

Under dokument og litteratursøket ble det også lagt merke til at mange av forskningsrapportene var basert på klimatiske forhold som var betydelig varmere enn hva som typisk er i Norge. Dette reiser spørsmål om hvorvidt vurderingene og resultatene fra disse studiene kunne overføres til denne oppgavens tiltenkte plassering. Det er en klar utfordring å anvende funn fra studier utført under ulike klimatiske forhold, da det lokale klimaet har en betydelig innvirkning på vekstforhold, tilpasning og effektivitet av ulike teknologier og metoder. Derimot må det merkes at selv om direkte overføring av litteratur funn kanskje ikke er hensiktsmessig, kan de likevel bidra med verdifull innsikt og inspirasjon. Selv om Norge har et kaldere kima, kan kunnskapen om hvordan planter tilpasser seg og reagerer på varmere forhold være relevant i en global sammenheng, spesielt med tanke på klimaendringene. Selv om de spesifikke implementasjonene må tilpasses lokale forhold, kan teoriene og metodene fra denne studien bidra til å informere og forbedre dyrkningspraksis i norske drivhus. I og med at det ikke finnes tak-drivhus i Norge, var det et forskningshull rundt tematikken. Dermed er det tilegnet kunnskap om drivhus på bakkenivå, som har svært liknende prinsipper uavhengig av om den står på bakken eller ikke. Eksempelvis for klimareduserende tiltak og løsninger.

Gjennom arbeidet med denne masteroppgaven kommer det også tydelig frem at rapporten er i det større laget. I den sammenheng ble det valgt å vedlegge det totale mulighetsstudiet i et dokument, hvor det i resultat ikke ble presentert fullstendige tabeller for alle underkategoriene. Det erkjennes også at det er noe gjentakende språk og forklaringer i rapporten, derimot er dette sett på som en nødvendighet da mange av kategoriene overlapper. I og med det er blitt undersøkt et så bredt spekter av kategorier, kan strukturen bli noe komplekst å forstå og tyde. Utengrundig forklaring ville noe av vurderingsgrunnlaget og begrunnelsene blitt noe anstrengende. Må også nevnes at bruk av Microsoft Word har vært krevende, da filene har vært så store. Det har gått mye tid i å vente på oppdateringer av tekst og at programmet krasjer. Mye fortvilelse rundt dette.

Vi ønsker også å understreke at denne studien utelukkende omhandler lovlige og bærekraftige teknologier og løsninger. Derfor har vi sett bort fra dyrking av ulovlige planter, slik som cannabis eller andre narkotiske planter. Selv om dyrkingen av slike planter kanskje kunne gi noen interessante data om vekstforhold og teknologier, spesielt for andre land, foretrekker vi å holde oss til salat og tomater fremfor «planter som kunne ført til juridiske komplikasjoner». Dette sikrer at fokus holdes på lovlig og bærekraftig matproduksjon, noe som er i tråd med oppgavens mål og intensjoner.

9 Konklusjon

Masteroppgaven svarer på følgende problemstillinger:

Hvordan kan tak drivhus på større kommersielle konstruksjoner bidra til bærekraft?

Hvilke bidrag ansees mest nyttig i takdrivhuskonseptet vurdert gjennom en mulighetsstudie?

For å svare på forskerspørsmålene, er det gjennomført et mulighetsstudie hvor det er innhentet data og informasjon gjennom litteratur- og dokument søk. Med mål om å belyse bærekraftige verdier tilknyttet implementering av tak-drivhus. Mulighetsstudiet bestod av 10 hovedkategorier, med 56 underkategorier som ble undersøkt, vurdert og score satt. For mange av de bærekraftige bidragene, overlapper disse hverandre. Både sosiale, økonomiske og miljømessige aspekter. Videre må det også nevnes at de fleste vurderingskategoriene som ble gjennomgått i mulighetsstudiet, kan være gode løsninger for implementering i hvilket som helst tak-drivhus. Videre gjennomgås konklusjon tilknyttet problemstillingene:

Bidrag til bærekraft

Miljømessig:

- *Energiforbruk og redusert klimagassutslipp:* Symbiose mellom vertsbygning og drivhus gir effektiv energiutnyttelse, reduserer behovet for oppvarming og kjøling, og dermed energiforbruk og klimagassutslipp.
- *Robust og sikker matforsyning:* Kontrollerte miljøer i takdrivhus, med regulering av lys, temperatur og fuktighet, bidrar til stabil matforsyning uavhengig av klimaendringer og avlingssvikt, og sikrer matsikkerhet spesielt i krisetider som naturkatastrofer, økonomiske kriser og epidemier.
- *Transport:* Å flytte matproduksjonen nærmere forbruker, butikker og utsalgssteder reduserer transportavstander, som videre reduserer karbonavtrykk og matsvinn.
- *Matsvinn:* Flytting av matproduksjon nærmere forbruker, reduserer matsvinn i forsyningskjeden.
- *Klimanøytrale veksthus:* Bruk av fornybare energikilder og andre innovativ teknologi kan gjøre drivhusene klimanøytrale.
- *Matsikkerhet:* Lokalprodusert mat i drivhus kan sikre selvforsynt mat i områder med lite eller ingen tilgang på jordbruk.
- *Ressursutnyttelse og jordbruksavrenning:* Jordfrie dyrketeknologier reduserer vann- og næringsstoffbruk, hindrer landbruksavrenning og utslipp av skadelige kjemikalier til naturen.
- *Arealeffektivitet:* Økt urbanisering har ført til nedbygging av essensielle jordbruksarealer, hvor urbant landbruk i form av takdrivhus kan installeres på nye eller eksisterende konstruksjoner for økt arealoptimalisering. Resulterende reduseres press på jordbruksarealer.

Sosialt:

- *Arbeidsplasser og sysselsetting:* Generering av nye arbeidsplasser innen urbant landbruk i form av tak-drivhus og teknologiutvikling fremmer sysselsetting og gir økonomiske muligheter.

- *Økt kunnskap:* Forflytting av matproduksjonen nærmere forbrukere kan gi økt bevissthet og kunnskap rundt lokalprodusert bærekraftig og næringsrik mat.
- *Samspill:* Samarbeid med lokale bønder, butikker, restauranter og matleveringstjenester bidrar til bærekraftig, kortreist matproduksjon og støtter lokalt samspill mellom interessenter.
- *Møtearena:* Drivhuset kan fungere som et sosialt midtpunkt der det avholdes kurs og restaurantvirksomhet som fremmer økt trivsel.

Økonomisk:

- Redusert behov for import av matvarer bidrar til lokal økonomisk utvikling.
- Økte arbeidsplasser fremmer personlig og lokal økonomisk vekst.
- Symbiosen mellom vertsbygning og drivhuset kan redusere økonomiske kostnader tilknyttet energibruk til oppvarming.

Mest nyttige bidrag i takdrivhuskonseptet:

følgende konkluderes for underspørsmålet:

- **Sted:**
Morrow batterifabrikk sitt område i Arendal hadde høyest total score for steds-vurderingen sammenlignet med 7 steder. Grunnet betydelig gode solforhold, lange avstand til nærliggende grøntområder, lange avstand til matbutikk og høye bidrag innen merverdi for område ved implementering av tak-drivhus.
- **Vertsbygning:**
Morrow batterifabrikk hadde høyest total score innen vertsbygning-vurderingen sammenlignet med 7 bygg. Basert på byggets funksjonalitet/spesifikasjoner, takareal og solforhold. Stort potensiale i å utnytte kjøle og oppvarming strømmer fra vertsbygningen. Denne energivennlige symbiosen kan redusere energiforbruket til begge konstruksjonene og øke energieffektiviteten.
- **Drivhus fasade materialer:**
Slagfast polykarbonat hadde høyest total score sammenlignet med kanal polykarbonat og drivhusglass. Begrunnelsen bygger på lavt vedlikeholdsbehov, lav vekt, holdbar mot ekstreme værforhold og gode isolerende egenskaper som reduserer varmetap i drivhuset.
- **Vekster og planter:**
Salat planten hadde høyest total score av alle plantene. Med bakgrunn i mindre vedlikehold/arbeidsomfang, tåler lavere temperaturer som reduserer oppvarmingsbehov og energibruk i drivhuset, dermed kan veksten være passende i et uoppvarmet drivhus. Grunnet drivhuset skal være utstyrt med belysning og oppvarming, muliggjør det dyrking av alle de respektive plantene. Dermed er det ønskelig å dyrke frem et variert tilbud av vekster og planter.

- **Fisk og alger:**
Alger hadde høyest total score sammenlignet med 4 underkategorier. Med bakgrunn i sitt bidrag innen merverdi i form av helsebringende effekter ved konsum, tilhørende ressursbidrag i dyrketeknologiene og tilpasning til et norsk klima. En kombinasjon av alger og laks ansees å kunne bringe ytterlige bærekraftige verdier til drivhuset.
- **Dyrketeknologier:**
Aeroponisk dyrking hadde høyest total score sammenlignet med 4 dyrketeknologier. Med bakgrunn i økt antall planter som kan produseres, lave vannbehov og energibehov, og reduserte arealbruk. Vurderes også en kombinasjon av aeroponisk og akvaponisk dyrkningsteknologier, for å øke de bærekraftige verdiene innad drivhuset.
- **Kjølesystem**
Til tross for utnyttelse av kjølestrømmer fra versbygningen for å hindre overopphetning i drivhuset, er det gunstig å supplere med passive kjølede tiltak for å sikre tilstrekkelig kjøling. Naturlig kjøling kom best ut i score som bygger på at systemet er lite kompleks og krever ingen bruk av energi. Det er allikevel valgt å kombinere naturlig kjøling med andre tiltak som termiske gardiner og varmepumper for å sikre pålitelig kjøling gjennom varme sommerperioder
- **Oppvarmingssystem:**
Av oppvarmingssystem var det solfangere, en passiv teknologi, som hadde høyest score. Solfangere har videre høy energieffektivitet, lang levetid og lavt vedlikeholdsbehov. Det bør derimot tilrettelegges for bruk av flere systemer for oppvarming, hvor videre fordeler er bruk av multifunksjonelle teknologier (Både kjøling og oppvarming). Eksempelvis termiske gardiner og varmepumpe. Implementering av vanntanker til oppvarming er også et ressursparende tiltak.
- **Andre teknologier:**
LED-lys blir ansett til å være en god bidragsyter i et tak-drivhus for helårsproduksjon. Med bakgrunn i energieffektivitet, lang levetid, lave vedlikeholdsbehov og effekt på plantekvalitet og vekst. Tilhørende kan kinetiske plater suppleres for økt miljømessige og sosiale bidrag i form av passiv energikilde, bærekraftige og innovatiske verdiskapning.
- **Drivhus utforming:**
For denne kategorien ble fler-spenn drivhus med jevn avstand, Venlo stil med kortsider vendt øst-vest og bæring plassert over versbygningen tatt med videre som beste løsning for drivhus utforming i et norsk klima. Dette grunnet evner som forbedret varmeoverføring, lavere varmetap, anvendelse for kommersielt/storskala bruk og tilpasning til kaldere klima. Derimot bør det for optimalisert utforming gjennomføres simuleringer under aktuelt klima og bæresystem.

10 Anbefalinger

Råd til oppdragsgiver

Forfatterne tiltenker at tak-drivhuset er et spennende konsept for dagens og fremtidige samfunn. Norge er på generell basis heldig når det kommer til matsikkerhet og trygghet. Velstanden er høyere enn i mange andre land, og derfor kjenner ikke vi på kroppen denne usikkerheten i like stor grad. Innovatiske løsninger, som senere kan gagne samfunnet i stor grad, kan derfor være et stort gode. Det er faktisk lurt å tenke fremover i tid, selv om vi har det bra nå.

Videre arbeid:

- Det kunne vært interessant å undersøke egne simuleringer knyttet til toveis energisymbiose mellom takdrivhuset og vertsbygningen Morrow. Der faktorer som termisk masse, kjøle- og oppvarmingsstrømmer til drivhuset og drivhusets mulighet for å høste solenergi til oppvarming av Morrow undersøkes nærmere. Dette kan gi en pekepinn på årlig energibesparelse som kan oppnås. Dermed kan ytterligere optimalisering av driften lettere tilpasses passende oppvarming og kjølesystem i takdrivhuset.
- Bruken av innovative dyrkesystemer og teknologiske installasjoner muliggjør dyrking av en rekke ulike vekster som fisk, alger og planter. I case-studiet er det gjennomgått en rekke eksempler på hva som er vanlig å oppdrive i et drivhus perspektiv. Muligens kan markedet være mettet av de foreslått analyseenhetene. Dermed kunne det vært interessant å utvide kunnskapsgrunnlaget med mer kritiske og samfunnsnyttige avlinger: Eksempelvis medisinske planter osv.
- Det ville også vært interessant å undersøke bærekraftige verdier og utfordringer tilknyttet takdrivhus opp mot dyrking inne i vertsbygninger. Dette med fokus på energi- og ressursbesparelse inne i bygg, kontra drivhus på tak.
- Det ville også vært gunstig å undersøke og beregne CO₂ utslipp for produksjon og transport av planter i tak drivhus, kontra dagens standarder tilknyttet mye produksjon i utlandet.

11 Referanser

- [1] C. S. Elise Randøy. "Egenlaget/Egenprodusert." (accessed.
- [2] Arendalkommune. "Kart." <https://arendal.kommunegis.no/> (accessed 27.02, 2024).
- [3] StavangerAftenblad. "Skatter i siloenes skygge." <https://www.aftenbladet.no/magasin/i/86MqbG/skatter-i-siloenes-skygge> (accessed.
- [4] Elise Randøy; Christina Sund, "Egenlaget/Egenprodusert " 2024.
- [5] Frostagrønt. "Bærekraft i hver tanke." <https://www.frostagrønt.no/> (accessed 07.05, 2024).
- [6] Svensson. "Energy saving." <https://www.ludvigsvensson.com/en/climate-screens/services-and-solutions/usage-guides/energy-saving/> (accessed 03.04, 2023).
- [7] Drivhussenter. "Drivhusglass 3mm 610 x 2100 mm." <https://drivhussenter.no/product/drivhusglass-3mm-610-x-2100-mm/> (accessed 02.03, 2024).
- [8] Nationen. "Hvem skal mate mate bonden?" <https://www.nationen.no/hvem-skal-mate-bonden/s/5-148-425652> (accessed 03.02, 2024).
- [9] Gartnerbutikken. "Lumatek 250 W HPS Dual Spectrum." <https://www.gartnerbutikken.no/products/lumatek-250w-dual-spectrum> (accessed 23.03, 2024).
- [10] P. Droege, *Urban and Regional Agriculture: Building Resilient Food Systems*. Academic Press, 2022.
- [11] Hagefrik. "Dyrke tomat i drivhus." <https://hagefrik.no/dyrke-tomater-i-drivhus/> (accessed 05.05, 2024).
- [12] FN-Sambandet. "Utrydde sult." <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/utrydde-sult> (accessed 18.05, 2024).
- [13] interglas. "Polykarbonat 3 mm Klar 3050 x 2050 mm - Lexan." <https://interglas.no/shop/polykarbonat-3-mm-3478p.html> (accessed 01.04, 2024).
- [14] Phipps, "GreenPower LED toplighting," 2021. [Online]. Available: <https://www.assets.signify.com/is/content/Signify/Assets/philips-lighting/global/20210721-greenpower-led-toplighting.pdf>
- [15] I. n. Sjømat Norge. "Norsk laks fra fjord til bord." <https://laks.no/lakseproduksjon/> (accessed 04.04, 2024).
- [16] Per Harald Olsen. "Torsk." Store norske leksikon. <https://snl.no/torsk> (accessed 07.04, 2024).
- [17] FN-Sambandet. "Ren energi til alle." <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ren-energi-til-alle> (accessed 19.05, 2024).
- [18] Hybrid Energy. "HyePAC-D." <https://www.hybridenergy.no/hyepac-r/> (accessed 05.03, 2024).
- [19] agderfylkeskommune. "Agder fylkeskommune - Planforum." <https://agderfk.maps.arcgis.com/apps/webappviewer3d/index.html?id=3fc5d733f04c4511997625c03f311b78> (accessed 18.02, 2024).
- [20] Arendalkommune. "Eyde energipark." <https://www.arendal.kommune.no/tjenester/plan-bygg-og-eiendom/reguleringsplaner/vedtatte-reguleringsplaner/eyde-energipark.22190.aspx> (accessed 26.02, 2024).
- [21] S. Sannan, K. E. Enerstvedt, and H. Skarphagen, "Energibruk i norske veksthus," *SINTEF Rapport*, 2022.
- [22] Pavegen Systems Ltd. "Power of Pavegen." <https://www.pavegen.com/what-can-pavegen-power> (accessed 12.03, 2024).
- [23] Dagbladet. "Skal bli Norges største kjøpesenter." <https://dinside.dagbladet.no/okonomi/skal-bli-norges-storste-kjopesenter/61561427> (accessed 02.02, 2024).
- [24] FN-Sambandet. "Ansvarlig forbruk og produksjon." <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/ansvarlig-forbruk-og-produksjon> (accessed 18.05, 2024).

- [25] Drivhussenter. "Kanal Polykarbonatplater 10mm (Bredde-1.05m)." <https://drivhussenter.no/product/kanal-polykarbonatplater-10mm-bredde-105m/> (accessed 20.03, 2024).
- [26] plastbutikken. "RIATHERM® 10 mm 2-lags klar." https://www.plastbutikken.no/images/plastbutikken/dokumenter/Datablad_Riatherm+10mm+2+lags+700+mm.pdf (accessed 20.03, 2024).
- [27] ULMA Agricola. "Gothic multispans greenhouse." <https://www.ulmaagricola.com/en/greenhouses/gothic-multispans/> (accessed 16.04, 2024).
- [28] Vinderen Rør. "Vannbåren varme." <https://www.vinderenor.no/rorleggertjenester/vannbaren-varme/> (accessed 11.03, 2024).
- [29] Astrup AS. "Aluminium profiler." <https://astrup.no/Materialer-Produkter/Materialer/Aluminium/Aluminium-profiler> (accessed 14.04, 2024).
- [30] FN-Sambandet. "Anstendig arbeid og økonomisk vekst." <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/anstendig-arbeid-og-oekonomisk-vekst> (accessed 20.05, 2024).
- [31] FN-Sambandet. "Industri, innovasjon og infrastruktur." <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/industri-innovasjon-og-infrastruktur> (accessed 19.05, 2024).
- [32] FN-Sambandet. "Rent vann og gode sanitærforhold." <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/rent-vann-og-gode-sanitaerforhold> (accessed 24.03, 2022).
- [33] Aalborg CSP. "Plane solfangere." <https://www.aalborgcsp.dk/forretningsomraader/solenergi-til-fjernvarme/plane-solfangere> (accessed 10.03, 2024).
- [34] BioTherm Solutions. "Heat." <https://www.biothermsolutions.com/heat/> (accessed 11.03, 2024).
- [35] RISE. "Types Of Basil And Its Benefits When Grown With Hydroponics." <https://risehydroponics.in/types-of-basil-and-its-benefits-when-grown-with-hydroponics/> (accessed 07.07, 2024).
- [36] Norsk Stål AS. "Sveiste stålrør S235JRH galv." <https://www.norskstaal.no/produkter/kaldformede-profiler-og-roer/sveiste-staalroer-s235jrh-galv> (accessed 14.04, 2024).
- [37] GCP Applied Technologies. "High Rise Concrete Construction: Trends to Watch." <https://gcpat.com/en/about/news/blog/high-rise-concrete-construction-trends-watch> (accessed 14.04, 2024).
- [38] FN-Sambandet. "Bærekraftige byer og lokalsamfunn." <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/baerekraftige-byer-og-lokalsamfunn> (accessed 29.01, 2024).
- [39] Bjørn Christian Tørrissen. "A Nile Tilapia photographed at the Snake Park in central Nairobi." <https://en.wikipedia.org/wiki/Tilapia#/media/File:Oreochromis-niloticus-Nairobi.JPG> (accessed 07.04, 2024).
- [40] H. S. Heidi Elise Ellingsen. "Slik kan nye Økern sentrum bli." <https://magasin.oslo.kommune.no/byplan/slik-kan-nye-okern-sentrum-bli#ref> (accessed 15.01, 2024).
- [41] H. Faridi, A. Arabhosseini, G. Zarei, and M. Okos, "The most commonly used greenhouse cooling technologies: Conventional against modern methods," in *7th National Conference on Applied Research in Agricultural Science*, 2018.
- [42] FloraFlex. "What is Ebb and Flow hydroponics and how does it work?" <https://floraflex.com/default/blog/post/what-is-ebb-and-flow-hydroponics-and-how-does-it-work> (accessed 01.03, 2024).
- [43] expondo. "Rørkolektor - Solvarme." https://www.expondo.no/uniprodo-roerkollektor-solvarme-15-roer-150-l-1-2-m2-45-90-0c-10250661?utm_medium=affiliate&utm_source=tradetracker&utm_medium=affiliate (accessed 11.03, 2024).

- [44] Haley Bridgnell. "Tips on Using Water Barrels in a Solar Greenhouse." Ceres Greenhouse Solutions. <https://ceresgs.com/tips-on-using-water-barrels-in-a-solar-greenhouse/> (accessed 10.03, 2024).
- [45] A. Franco, D. L. Valera, and A. Peña, "Energy efficiency in greenhouse evaporative cooling techniques: Cooling boxes versus cellulose pads," *Energies*, vol. 7, no. 3, pp. 1427-1447, 2014.
- [46] Google. "Google Earth." https://earth.google.com/web/search/Tine+meieriet+oslo/@59.94285069,10.86307617,134.38888483a,795.59075263d,35y,-0.00034339h,2.503561t,0r/data=CigIjgokCaY_C_KG_E1AEVdYXYMt4U1AGWp4yEAePiZAIWcKpaoPDyVAOgMKATA (accessed 03.04, 2024).
- [47] Norconsult, "Nettanlegg Morrow Gigafabrikk 1, Arendal," nve.no, 2023. Accessed: 28.02.2024. [Online]. Available: <https://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/aafba81d-a109-467c-a5d0-1b4341009f6f/202213170/3434465>
- [48] Å. L. S. Norsk solenergiforening, Camilla Bakken Torp, Hilde Kari Nylund, . "Solvarme i kombinasjon med andre varmekilder." Norsk solenergiforening. https://sgp.no/wp-content/uploads/2017/12/NorskSolenergi_ha%CC%8Andbok_solvarme_A4_web.pdf (accessed 10.03, 2024).
- [49] Business Wire. "Indoor Harvest, Corp. Announces Plans to Build Aeroponic Vertical Farm in Houston, Texas." <https://www.businesswire.com/news/home/20140225007195/en/Indoor-Harvest-Corp.-Announces-Plans-to-Build-Aeroponic-Vertical-Farm-in-Houston-Texas> (accessed 12.04, 2024).
- [50] X. Li, C. Wang, Y. Jiang, and Y. Bai, "Dynamic response analysis of a whole steel frame solar greenhouse under wind loads," *Scientific Reports*, vol. 12, no. 1, p. 5200, 2022. [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-09248-z>.
- [51] U. Çakır and E. Şahin, "Using solar greenhouses in cold climates and evaluating optimum type according to sizing, position and location: A case study," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 117, pp. 245-257, 2015. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169915002318>.
- [52] B. Brzychczyk, Z. Kowalczyk, and J. Giełżecki, "Evaluation of usefulness of the designed laboratory photobioreactor for microalgae cultivation in controlled conditions," *Agricultural Engineering*, vol. 20, no. 1, pp. 13-22, 2016. [Online]. Available: <https://intapi.sciendo.com/pdf/10.1515/agriceng-2016-0002>.
- [53] M. S. Fernández-García, D. Rodríguez-Robles, J. R. Villar-García, and P. Vidal-López, "Genetic algorithm for cost optimization of different multi-tunnel greenhouse design alternatives," *Agronomy*, vol. 12, no. 9, p. 2145, 2022. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2073-4395/12/9/2145>.
- [54] S.-J. Park *et al.*, "Numerical analysis of ventilation efficiency of a Korean Venlo-type greenhouse with continuous roof vents," *Agriculture*, vol. 12, no. 9, p. 1349, 2022. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/9/1349>.
- [55] J. Muñoz-Liesa *et al.*, "Building-integrated agriculture: Are we shifting environmental impacts? An environmental assessment and structural improvement of urban greenhouses," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 169, p. 105526, 2021. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921001336>.
- [56] D. L. Valera, L. Belmonte, F. Molina-Aiz, A. López, and F. Camacho, "The greenhouses of Almería, Spain: Technological analysis and profitability," in *International Symposium on New Technologies and Management for Greenhouses-GreenSys2015 1170*, 2015, pp. 219-226. [Online]. Available: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1170.25>. [Online]. Available: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1170.25>

- [57] FN-Sambandet. "Stoppe klimaendringene." <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/stoppe-klimaendringene> (accessed 20.05, 2024).
- [58] R. Waller, M. Kacira, E. Magadley, M. Teitel, and I. Yehia, "Semi-transparent organic photovoltaics applied as greenhouse shade for spring and summer tomato production in arid climate," *Agronomy*, vol. 11, no. 6, p. 1152, 2021. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/6/1152>.
- [59] (2019-2024). *Økernveien 145 med flere (Økern sentrum) - Flerfunksjonelt bysentrum med høy andel bolig*. [Online] Available: <https://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/casedet.asp?mode=&caseno=201908559>
- [60] (2017-2020). *Økernveien 145 - Utbygging av Økern senter - Felt A - Foreldet rammetillatelse*. [Online] Available: <https://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/casedet.asp?direct=Y&mode=&caseno=201701512>
- [61] Universitetet i Agder. "Bærekraftige bygde omgivelser." <https://old.uia.no/forskning/teknologi-og-realfag/ingenioervitenskap/baerekraftige-bygde-omgivelser> (accessed 19.05, 2024).
- [62] P. Butenschøn. "Urbanisering." Store norske leksikon. <https://snl.no/urbanisering> (accessed 29.01, 2024).
- [63] Regjeringen. "Urbant landbruk i planlegging." Regjeringen. https://www.regjeringen.no/no/tema/plan-bygg-og-eiendom/plan_bygningsloven/planlegging/fagtema/urbant_landbruk/id2901677/ (accessed 29.01, 2024).
- [64] United-Nations, "World Population Prospects 2022 Summary of Results," 2022. Accessed: 21.02.2023. [Online]. Available: https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf
- [65] FAO. "Global agriculture towards 2050." FAO. https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf (accessed 21.02, 2023).
- [66] FAO, "How to Feed the World in 2050," fao.org. Accessed: 21.02.2023. [Online]. Available: https://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
- [67] I. Shabir *et al.*, "Carbon footprints evaluation for sustainable food processing system development: A comprehensive review," *Future Foods*, vol. 7, p. 100215, 2023.
- [68] S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen, and G. M. Burnell, *Aquaponics food production systems: combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future*. Springer Nature, 2019.
- [69] H. Lee and J. Romero, "Climate Change 2023 Synthesis Report," Swizerland, 2023. Accessed: 21.02.2023. [Online]. Available: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf
- [70] S. V. Dombu, A. Bardalen, E. Strand, B. Henriksen, and L. Lamprinakis, "Norsk matsikkerhet og forsyningsrisiko-Rapport fra arbeidsgruppe i NIBIO," *NIBIO Rapport*, 2021.
- [71] K. A. Abay, C. Breisinger, J. Glauber, S. Kurdi, D. Laborde, and K. Siddig, "The Russia-Ukraine war: Implications for global and regional food security and potential policy responses," *Global Food Security*, vol. 36, p. 100675, 2023.
- [72] C. Eigenbrod and N. Gruda, "Urban vegetable for food security in cities. A review," *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 35, pp. 483-498, 2015.
- [73] O. Pons *et al.*, "Roofs of the future: rooftop greenhouses to improve buildings metabolism," *Procedia Engineering*, vol. 123, pp. 441-448, 2015.
- [74] E. T. Ayuk, "Urban Agriculture's Potential to Advance Multiple Sustainability Goals-An International Resource Panel Think Piece," 2021.

- [75] K. D. Fadnes and N. Munsterhjelm, "Registrert nedbygd jordbruksareal. Kartbasert måling basert på registreringar i perioden 2020-2021," *NIBIO Rapport*, 2022.
- [76] NIBIO. "Jordvern - det store bildet globalt og nasjonalt." <https://www.nibio.no/tema/jord/jordkartlegging/bruk-av-jordsmonnkart/kunnskapsgrunnlag-for-jordvern/jordvern-det-store-bildet-globalt-og-nasjonalthttps://> (accessed 20.05, 2024).
- [77] A. Nadal *et al.*, "Building-integrated rooftop greenhouses: An energy and environmental assessment in the mediterranean context," *Applied energy*, vol. 187, pp. 338-351, 2017.
- [78] A. Drottberger, Y. Zhang, J. W. H. Yong, and M.-C. Dubois, "Urban farming with rooftop greenhouses: A systematic literature review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 188, p. 113884, 2023.
- [79] A. B. Milford, M. Verheul, T. Sivertsen, and L. Kaufmann, "Klimagassreduksjon i veksthusnæringen: muligheter, barrierer og tiltak," *NIBIO Rapport*, 2021.
- [80] J. Munoz-Liesa, M. Royapoor, E. Cuerva, S. Gassó-Domingo, X. Gabarrell, and A. Josa, "Building-integrated greenhouses raise energy co-benefits through active ventilation systems," *Building and Environment*, vol. 208, p. 108585, 2022.
- [81] C. Olds, "Cuba's agroecological revolution: implication for widespread adoption," in *Urban and Regional Agriculture*: Elsevier, 2023, pp. 93-141.
- [82] Miljødirektoratet. "Norge har under Parisavtalen tatt på seg en forpliktelse til å redusere utslippene av klimagasser med minst 55 prosent i 2030 sammenlignet med nivået i 1990." <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/miljomal/klima/miljomal-5.2> (accessed 19.05, 2024).
- [83] Miljødirektoratet. "Økte utslipp fra transport fram til 2014, nedgang etter det." <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/klimagassutslipp-fra-transport/> (accessed 20.05, 2024).
- [84] Regjeringen. "7 Reduserte klimagassutslipp – jordbruk, mat og forbruk." <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/stmeld-nr-39-2008-2009/id563671/?ch=10> (accessed 20.05, 2024).
- [85] Sigmund Christensen; Even Bratberg. "Jordbruk." Store norske leksikon. <https://snl.no/jordbruk> (accessed 30.01, 2024).
- [86] C. Prescott. "En jordbruksrevolusjon?" <https://www.norgeshistorie.no/yngre-steinalder/0202-en-jordbruksrevolusjon.html> (accessed 30.01, 2024).
- [87] Peter Emil Kaland. "Kulturlandskapets historie." <https://www.idunn.no/doi/full/10.18261/ISSN1504-3118-2008-04-02#sec-1> (accessed 30.01, 2024).
- [88] Landbruksdirektoratet. "Norsk landbruk - tall og fakta." <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/norsk-landbruk-tall-og-fakta> (accessed 31.01, 2024).
- [89] S. sentralbyrå. "Gardsbruk, jordbruksareal og husdyr." <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/jordbruk/statistikk/gardsbruk-jordbruksareal-og-husdyr> (accessed 31.01, 2024).
- [90] A. S. B. Ole Rognstad, Ivar Hovland, . "Klassifisering av jordbruksbedrifter etter driftsform." Statistisk sentralbyrå. https://ssb.brage.unit.no/ssb-xmlui/bitstream/handle/11250/2467679/NOT2015-32_web.pdf?sequence=1&isAllowed=y (accessed 31.01, 2024).
- [91] I. T. Henrik Forsberg Mathiesen, Roar Lågbu, Anne Snellingen Bye, . "Arealstatistikk: Eiere av eiendommer over 1000 dekar uten tilknytning til Landbruksregisteret." https://duo-utv.uio.no/bitstream/handle/123456789/2701/NIBIO_RAPPORT_2016_2_126.pdf?sequence=1&isAllowed=y (accessed 31.01, 2024).
- [92] O. R. Anne Ingunn Løvberget. "Jordleige stadig meir utbreidd." Statistisk sentralbyrå. <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/jordleige-stadig-meir-utbreidd> (accessed 31.01, 2024).

- [93] M. B. , Erik Bøe, Anders Halland, Oddmund Hjukse, Heidi Knutsen, Signe Kårstad, Lars Johan Rustad, Mads Svennerud, Eva Øvren, . "Utsyn over norsk landbruk. Tilstand og utviklingstrekk 2022." Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO).
<https://kudos.dfo.no/documents/52174/files/34624.pdf> (accessed 30.01, 2024).
- [94] Egil Petter Stræte. "Jordleie - bonde og jordeier i samspill i et marked." Ruralis.
https://ruralis.brage.unit.no/ruralis-xmlui/bitstream/handle/11250/2977385/Rapport+5_20+Jordleie+%E2%80%93+bonde+og+jordeier+i+samspill+i+et+marked+-+Egil+Petter+Str%C3%A6te.pdf?sequence=1 (accessed 31.01, 2024).
- [95] Statistisk sentralbyrå. "Fakta om jordbruk." <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/faktaside/jordbruk> (accessed 30.01, 2024).
- [96] Statistisk sentralbyrå. "Arealbruk og arealressurser." <https://www.ssb.no/natur-og-miljo/areal/statistikk/arealbruk-og-arealressurser> (accessed 31.01, 2024).
- [97] Landbruksdirektoratet. "Jordbruksforetak, jordbruksareal og husdyr." <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/statistikk-og-utviklingstrekk/utvikling-i-jordbruken/jordbruksforetak-jordbruksareal-og-husdyr> (accessed 31.01, 2024).
- [98] S. sentralbyrå. "Kommunal forvaltning av landbruksarealer." <https://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/landbrukseiendommer/statistikk/kommunal-forvaltning-av-landbruksarealer> (accessed 05.02, 2024).
- [99] Det kongelige landbruks- og matdepartement. "Driveplikt, omdisponering og deling etter lov 12.mai 1995 nr.23 om jord (jordlova) "
<https://www.regjeringen.no/contentassets/beb3fd0cb9d7401180d962e0e98ba854/rundskriv-jordloven-m-2-2021.pdf> (accessed 05.02, 2024).
- [100] Landbruksdirektoratet. "Omdisponering."
<https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/eiendom/omdisponering> (accessed 05.02, 2024).
- [101] Jordlova-jl. "Lov om jord (jordlova)."
<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1995-05-12-23> (accessed 05.02, 2024).
- [102] Miljødirektoratet. "Matavfall og matsvinn."
<https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/avfall/matavfall/> (accessed 06.02, 2024).
- [103] Regjeringen. "Bransjeavtale om reduksjon av matsvinn."
<https://www.regjeringen.no/no/tema/klima-og-miljo/forurensning/matsvinn/bransjeavtale-om-matsvinn-reduksjon/id2891198/> (accessed 06.02, 2024).
- [104] L.-o. m. Klima- og miljødepartementet, Helse- og omsorgsdepartementet, Nærings- og fiskeridepartementet, Barne- og familiedepartementet, Dagligvarehandelens Miljøforum, Dagligvareleverandørenes forening, NHO Mat og Drikke, NHO Reiseliv, NHO Service og Handel, NHO, Norges Bondelag, Norsk Bonde- og Småbrukarlag, Sjømatbedriftene, Norges Fiskarlag, Sjømat Norge og Virke, . "Bransjeavtalen om reduksjon av matsvinn: Hovedrapport 2020."
<https://www.regjeringen.no/contentassets/6b7122fce366433ca028c230b57605ae/no/pdfs/hovedrapport-2020-bransjeavtalen-om-reduksjon-av-m.pdf> (accessed 06.02, 2024).
- [105] K. M. Anne Strøm Prestvik, Aina Stensgård, . "Redusert matsvinn og endret kosthold - muligheter for beregning av effekt på klimagassutslipp fra jordbruket." NIBIO.
https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2975962/NIBIO_RAPPORT_2022_8_7.pdf?sequence=1&isAllowed=y (accessed 05.02, 2024).
- [106] D. Ø. H. Endre Berner Jr, Aline Magdalena Lee, . "Primærproduksjon." Store Norske Leksikon.
<https://snl.no/prim%C3%A6rproduksjon> (accessed 06.02, 2024).
- [107] Statistisk sentralbyrå. "13283: Matsvinn av utvalde hagebruksvekstar, etter hagebruksvekst, statistikkvariabel og år." <https://www.ssb.no/statbank/sq/10092508> (accessed 05.02, 2024).

- [108] Helsedirektoratet. "Utviklingen i norsk kosthold 2023." <https://www.helsedirektoratet.no/rapporter/utviklingen-i-norsk-kosthold-2023/sammendrag> (accessed 05.02, 2024).
- [109] M. S. Anel Finci, Christian Anton Smedshaug, Lars Johan Rustad, . "Norsk selvforsyning av matvarer - status og potensial." NIBIO. https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/3105805/NIBIO_RAPPORT_2023_9_137.pdf?sequence=1&isAllowed=y (accessed).
- [110] Arve Aspli. "Ønsker mer frukt og grønt sjøveien." <https://www.oslohavn.no/no/arkiv/arkiv-2017/onsker-mer-frukt-og-gront-sjoveien/> (accessed 15.05, 2024).
- [111] Svein Thompson. "Klimagassutslipp ved ulike drivlinjer og drivstoff. En litteraturgjennomgang og vurdering av begrepet nullutslippskjøretøy i en klimasammenheng." <https://www.drivkraftnorge.no/contentassets/32918edde2e64aed8f9e5ccaa3278d0f/rapport-om-klimagassutslipp-fra-kjoretoy.pdf> (accessed 15.05, 2024).
- [112] Miljødirektoratet. "Lastebil og varebil -teknologi og kjørelengdetiltak." https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.miljodirektoratet.no%2Fcontentassets%2F1c4c987b32b04b94859a162aa0823f47%2Flastebil-og-varebil--teknologi-og-kjorelengdetiltak.xlsx&psig=AOvVaw1rwq3gblfVe94IW30fcZRP&ust=1715887295753000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAcQrpoMahcKEwio_2ySpCGAxUAAAAHQAAAAQBA (accessed 15.05, 2024).
- [113] Norges Rederiforbund. "Klimaeffekter ved overføring av gods fra vei til sjø." https://greenshippingprogramme.com/wp-content/uploads/2021/02/Studie_fra_vei_til_sjo_2016-06-30.pdf (accessed 15.05, 2024).
- [114] Store norske leksikon. "Samfunnsplanlegging." Store norske leksikon. <https://snl.no/samfunnsplanlegging> (accessed 29.01, 2024).
- [115] N. U. Agenda. "Strategi for en bærekraftig by og boligområder for alle." Regjeringen. https://www.regjeringen.no/contentassets/ae100c51d61a43678c23003101e99647/pamflett_nyurbanagenda.pdf (accessed 29.01, 2024).
- [116] K.-o. m. Landbruks- og matdepartementet, Helse- og omsorgsdepartementet, Klima- og miljødepartementet, Arbeids- og sosialdepartementet, Kunnskapsdepartementet. "Dyrk byer og tettsteder. Nasjonal strategi for urbant landbruk." Regjeringen. <https://www.regjeringen.no/contentassets/4be68221de654236b85b76bd77535571/207980-strategi-for-urbant-landbruk-web.cleaned-1.pdf> (accessed 29.01, 2024).
- [117] Food and Agriculture Organization of the United Nations. "FAO Green Cities Initiative - Green cities Action Programme: building back better." FAO. <https://www.fao.org/3/cb0848en/CB0848EN.pdf> (accessed 01.03, 2024).
- [118] T. H.-E. Maria Pettersen, Sebastian Eiter, . "Urbant landbruk: "Alle" kan bidra til økt matsikkerhet i Norge." Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO). https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/3083497/NIBIO_POP_2023_9_16.pdf?sequence=1 (accessed 01.03, 2024).
- [119] (2013). *Den moderne bærekraftige byen*. [Online] Available: <https://www.regjeringen.no/contentassets/4f00c9c75afe4be5a2fb257cf118684e/t-1537.pdf>
- [120] K. H. Petter Dannevig. "Klima i Norge." https://snl.no/klima_i_Norge (accessed 21.02, 2024).
- [121] Jostein Mamen. "Köppens klimaklassifikasjon." https://snl.no/K%C3%B6ppens_klimaklassifikasjon (accessed 21.02, 2024).
- [122] K. H. Petter Dannevig. "Klima." <https://snl.no/klima> (accessed 21.02, 2024).
- [123] Knut Harstveit. "Polarklima." <https://snl.no/polarklima> (accessed 21.02, 2024).
- [124] J. Holmes, D, "Wind Loading of Structures," 3 ed.: Taylor & Francis Group, 2015, ch. 1, pp. 1, 2.
- [125] Finans Norge. "Naturskader." <https://www.finansnorge.no/tema/statistikk-og-analyse/forsikring/natur--og-varskader/naturskader/> (accessed 26.01, 2024).

- [126] P. D. A. K. H. A. D. Sivle;. "Nedbør." Store norske leksikon. <https://snl.no/nedb%C3%B8r> (accessed 14.05, 2024).
- [127] I. Hanssen-Bauer *et al.*, "Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for Klimatilpasning Oppdatert i 2015 (Climate in Norway 2015. Knowledge Base for Climate Adaptation Updated in 2015)," in *M-406: Norsk klimaservicesenter Oslo*, 2015.
- [128] A. D. S. P. Dannevig;. "Snø." Store norske leksikon. <https://snl.no/sn%C3%B8> (accessed 14.05, 2024).
- [129] H. Tajet, Therese Tilley. Grinde, Lars. "Snølaster i Norge 1961-2020." SINTEF. https://sintef.brage.unit.no/sintef-xmlui/bitstream/handle/11250/3001648/klima2050_Report%2036.pdf?sequence=1&isAllowed=y (accessed 26.01, 2024).
- [130] Miljødirektoratet. "Utslippsfaktorer i klimagassregnskap for Norge." <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/klimagasser-utslippstall-regnskap/utslippsfaktorer-klimagassregnskap/> (accessed 14.05, 2024).
- [131] Energi og Klima. "Live-data: Strøm og CO2." <https://www.energiogklima.no/klimavakten/live-data-strom-og-co2> (accessed 14.05, 2024).
- [132] D. A. M. G. Sigmund Langedal Breivik. "Muligheter for å utnytte lavtemperatur spillvarme fra prosessindustrien i Grenland." SINTEF. https://www.sintef.no/globalassets/sintef-industri/prosjekter/gronne-sommerjobber/2019_08_30_muligheter-for-a-utnytte-lavtemperatur-spillvarme-fra-prosessindustrien-i-grenland.pdf (accessed 03.03, 2024).
- [133] K. H. Knut A. Rosvold. "spillvarme." Store norske leksikon. <https://snl.no/spillvarme> (accessed 04.03, 2024).
- [134] F. Bjørnå. "Veksthus." Store norske leksikon. <https://snl.no/veksthus> (accessed 14.04, 2024).
- [135] E. Dova, D. Sophianopoulos, N. Katsoulas, and C. Kittas, "Additional design requirements of steel commercial greenhouses in high seismic hazard EU countries," in *Proceedings of the 7th National Conference on Steel Structures, Volos, Greece*, 2011, vol. 29. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Dimitrios-Sophianopoulos/publication/284031742_Additional_Design_Requirements_of_Steel_Commercial_Greenhouses_in_High_Seismic_Hazard_EU_Countries/links/564b5d3008ae4ae893b7b7ff1/Additional-Design-Requirements-of-Steel-Commercial-Greenhouses-in-High-Seismic-Hazard-EU-Countries.pdf. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Dimitrios-Sophianopoulos/publication/284031742_Additional_Design_Requirements_of_Steel_Commercial_Greenhouses_in_High_Seismic_Hazard_EU_Countries/links/564b5d3008ae4ae893b7b7ff1/Additional-Design-Requirements-of-Steel-Commercial-Greenhouses-in-High-Seismic-Hazard-EU-Countries.pdf
- [136] M. Ghiasi, Z. Wang, M. Mehrandezh, and R. Paranjape, "A Systematic Review of Optimal and Practical Methods in Design, Construction, Control, Energy Management and Operation of Smart Greenhouses," *IEEE Access*, 2023. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10373041>.
- [137] C. Maraveas and K. D. Tsavdaridis, "Strengthening techniques for greenhouses," *AgriEngineering*, vol. 2, no. 1, pp. 37-54, 2020. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2624-7402/2/1/3>.
- [138] M. Tawalbeh, H. Aljaghoub, A. H. Alami, and A. G. Olabi, "Selection criteria of cooling technologies for sustainable greenhouses: A comprehensive review," *Thermal Science and Engineering Progress*, p. 101666, 2023.
- [139] Preben Brækstad. "Uværet har ødelagt drivhus for flere millioner: - Verst tenkelig start på året." <https://www.vg.no/nyheter/i/abAPAL/uvaeret-i-grimstad-har-foert-til-oedelagte-drivhus-anslaar-skader-for-titalls-millioner> (accessed 13.03, 2024).

- [140] Y. Ren, M. Wang, I. A. Saeeda, X. Chen, and W. Gao, "Progress, problems and prospects for standardization of greenhouse-related technologies," *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, vol. 11, no. 1, pp. 40-48, 2018.
- [141] F. Zhu, "Survey of a venlo greenhouse by heavy snow hazard," in *2016 5th International Conference on Energy and Environmental Protection (ICEEP 2016)*, 2016: Atlantis Press, pp. 541-544. [Online]. Available: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/iceep-16/25864093>. [Online]. Available: <https://www.atlantis-press.com/proceedings/iceep-16/25864093>
- [142] J. Solberg, Ketil;
Christensen, Nils;
Almar-Næss, Almar; . "Stål." Store norske leksikon. <https://snl.no/st%C3%A5l> (accessed 14.04, 2024).
- [143] K. N. Per Gunnar Burström, *Byggnads-material: Tilverkning, egenskaper och användning*, 3 ed. Studentlitteratur, 2019, p. 610.
- [144] B. K. Pedersen, Trine; . "Aluminium." Store norske leksikon. <https://snl.no/aluminium> (accessed 14.04, 2024).
- [145] C.-j. Zhong, R.-q. Feng, and S. Huang, "Engineering application study of high-performance aluminum alloy 6A13-T6," in *Structures*, 2024, vol. 63: Elsevier, p. 106343. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352012424004958>. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352012424004958>
- [146] S. Dalai, B. Tripathy, S. Mohanta, B. Sahu, and J. B. Palai, "Green-houses: Types and structural components," *Protected Cultivation and Smart Agriculture. New Delhi Publishers. New Delhi, India*, 2020. [Online]. Available: <https://courseware.cutm.ac.in/wp-content/uploads/2023/07/Greenhouses-TypesandStructuralComponents.pdf>.
- [147] Jan Vincent Thue. "Betong." Store norske leksikon. <https://snl.no/betong> (accessed 14.04, 2024).
- [148] C. Maraveas, "Environmental sustainability of greenhouse covering materials," *Sustainability*, vol. 11, no. 21, p. 6129, 2019. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/21/6129>.
- [149] K. Nemali, "History of controlled environment horticulture: Greenhouses," *HortScience*, vol. 57, no. 2, pp. 239-246, 2022. [Online]. Available: <https://journals.ashs.org/hortsci/view/journals/hortsci/57/2/article-p239.xml>.
- [150] J. V. T. Sten Olaf Hanssen, Øyvind Skarstein, Frode Olav Gjerstad, Vojislav Novakovic, Ivar Wangensteen, Oddbjørn Sjøvold, , *Enøk i bygninger: Effektiv energibruk*, 2 ed. Universitetsforlaget, 1996, p. 413.
- [151] 471.008 and Byggforsk, (471.008) *Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946*. Sintef Byggforsk, 2018.
- [152] J. Muñoz-Liesa *et al.*, "Quantifying energy symbiosis of building-integrated agriculture in a mediterranean rooftop greenhouse," *Renewable energy*, vol. 156, pp. 696-709, 2020.
- [153] E. Sanyé-Mengual *et al.*, "Urban horticulture in retail parks: Environmental assessment of the potential implementation of rooftop greenhouses in European and South American cities," *Journal of cleaner production*, vol. 172, pp. 3081-3091, 2018.
- [154] LufaFarms. "Lufa Farms Ahuntsic." <https://montreal.lufa.com/en/marketplace/partner/lufa-farms-ahuntsic-1> (accessed 02.02, 2023).
- [155] LufaFarms. "We grow food sustainably, where people live." <https://montreal.lufa.com/en/about> (accessed 15.01, 2024).
- [156] M. Allaby, G. K. MacDonald, and S. Turner, "Growing pains: Small-scale farmer responses to an urban rooftop farming and online marketplace enterprise in Montréal, Canada," *Agriculture and Human Values*, vol. 38, pp. 677-692, 2021.
- [157] M. Doyon and J.-L. Klein, "Non-Conventional Agricultural Spaces and Climate Change: The Cases of Le Grenier boréal and Lufa Farms in Quebec, Canada," *Climate*, vol. 9, no. 10, p. 148, 2021.

- [158] LufaFarms. "Markedplace." <https://montreal.lufa.com/en/marketplace> (accessed 28.01, 2024).
- [159] LufaFarms. "350+ places to pick up locally produced food." Lufa farms. <https://montreal.lufa.com/en/lufa-farms-home-delivery-and-pick-up-points-near-me> (accessed 28.01, 2024).
- [160] LufaFarms. "Our greenhouses." <https://montreal.lufa.com/en/farms> (accessed 28.01, 2024).
- [161] LufaFarms. "Lufa Farms - Our five tenets of responsible agriculture." <https://www.youtube.com/watch?v=mE-ovBFXNuE&t=300s> (accessed).
- [162] J. Bambara and A. Athienitis, "Experimental evaluation and energy modeling of a greenhouse concept with semi-transparent photovoltaics," *Energy Procedia*, vol. 78, pp. 435-440, 2015.
- [163] GothamGreens. "Our story." <https://www.gothamgreens.com/our-story/> (accessed 28.01, 2024).
- [164] W. Galloway, K. Logan, and W. Yan, "Proposal for a Database of Food-Energy-Water-Nexus Projects," *TransFEWmation: Towards Design-led Food-Energy-Water Systems for Future Urbanization*, pp. 281-312, 2021.
- [165] GothamGreens. "Our farms." <https://www.gothamgreens.com/our-farms/> (accessed 28.01, 2024).
- [166] method. "our US soap factory." <https://methodproducts.co.uk/beyond-the-bottle/soap-factory/> (accessed 28.01, 2024).
- [167] M. Sabe. "THE NEW FARM IN DEN HAAG, OPERATED BY URBAN FARMERS (THE NETHERLANDS)." <https://www.urbanfarming-greenhouse.eu/the-new-farm-in-den-haag-operated-b> (accessed 30.01, 2024).
- [168] N. Ancion, H. Jijakli, and N. Crutzen, "The Case of the Bankruptcy of Urban-Farmers in The Hague," 2019.
- [169] Space&matter. "Urban Farmers Greenhouse in the sky." <https://www.spaceandmatter.nl/work/urban-farmers> (accessed 30.01, 2024).
- [170] K. Rėklaitis and L. Pilelienė, "Principle differences between B2B and B2C marketing communication processes," *Organizacijø Vadyba: Sisteminiai Tyrimai*, no. 81, pp. 73-86, 2019.
- [171] Acme. "REWE Green Farming." <https://acme.ac/blogs/projects/rewe-green-farming> (accessed 27.01, 2024).
- [172] REWE, "REWE opens future-orientated green supermarket featuring lots of timber and a roof farm," 21.05.2021 2021. [Online]. Available: https://mediacenter.rewe.de/02_Alle%20Pressemitteilungen/PM%20REWE%20Green%20Farming_EN.pdf
- [173] REWE. "REWE Green Farming." <https://mediacenter.rewe.de/themen/rewe-green-farming> (accessed 24.01, 2024).
- [174] M. K. K. Thomassen, H. C. Dreyer, and E. Gran, "Logistikk og distribusjon for matspesialiteter i Midt-Norge. Utfordringer og utviklingsområder," *SINTEF Rapport*, 2014.
- [175] J. Hille, F. Ekström, C. Aall, and E. Brendehaug, "Klimamerking av mat—er det mulig?," *VF-rapport*, vol. 8, p. 2009, 2009.
- [176] ICON. "ACME designs German supermarket with rooftop farm." <https://www.iconeye.com/architecture/acme-german-supermarket-rooftop-farm> (accessed 28.01, 2024).
- [177] A. B. Milford, S. Kårstad, and M. Verheul, "Exploring the opportunities for building a rooftop greenhouse. Case study from Bergen, Norway," *NIBIO Rapport*, 2019. [Online]. Available: https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2626640/NIBIO_RAPPORT_2019_5_127.pdf?sequence=2&Allowed=y.
- [178] P. Wootton-Beard, "Growing without soil: an overview of hydroponics," 2019. [Online]. Available:

- https://pure.aber.ac.uk/ws/portalfiles/portal/30769801/technical_article_hydroponics_final.pdf.
- [179] D. Touliatos, I. C. Dodd, and M. McAinsh, "Vertical farming increases lettuce yield per unit area compared to conventional horizontal hydroponics," *Food and energy security*, vol. 5, no. 3, pp. 184-191, 2016. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fes3.83>.
- [180] M. Dutta *et al.*, "Evaluation of growth responses of lettuce and energy efficiency of the substrate and smart hydroponics cropping system," *Sensors*, vol. 23, no. 4, p. 1875, 2023. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/4/1875>.
- [181] J. Jones, Benton, Jr, *Complete Guide for Growing Plants Hydroponically*. 2014.
- [182] J. Winterborne, *Hydroponics Indoor Horticulture*. 2005.
- [183] Ahmed Elkazzaz. "Soilless Agriculture a New and Advanced Method for Agriculture Development: an Introduction." https://www.researchgate.net/publication/312660574_Soilless_Agriculture_a_New_and_Advanced_Method_for_Agriculture_Development_an_Introduction (accessed 01.03, 2024).
- [184] N. c. Michael. "What is ebb and flow hydroponics?" <https://www.nosoilsolutions.com/ebb-flow-hydroponics/> (accessed 01.03, 2024).
- [185] Modern Agri Tech. "Aeroponic vertical farming is one of the most effective modern agricultural practices." <https://modernagritech.com/aeroponic-vertical-farming-saves-space-labor-energy-water> (accessed 14.04, 2024).
- [186] A. Spradlin and S. Saha, "Saline aquaponics: A review of challenges, opportunities, components, and system design," *Aquaculture*, vol. 555, p. 738173, 2022.
- [187] G. Proksch, E. Horn, and G. Lee, "Urban integration of aquaponics: advancing integrated food systems for the circular city," in *Urban and Regional Agriculture*: Elsevier, 2023, pp. 403-430.
- [188] NIBIO. "Landvik." <https://www.nibio.no/om-nibio/adresser/landvik> (accessed 24.02, 2024).
- [189] Nibio. "Fiskeoppdrett og planter i samme system." <https://www.nibio.no/nyheter/fiskeoppdrett-og-planter-i-samme-system> (accessed 24.02, 2024).
- [190] D. I. Jacobsen, *Hvordan gjennomføre undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Kristiansand: Høyskoleforlaget, 2005.
- [191] E. Kruuse, *Kvalitative forskningsmetoder - i psykologi og beslægtede fag*. Danmark: Dansk psykologisk forlg, 2007.
- [192] context, "Eyde Energipark Beregning av klimagasskonsekvens av planforslag," arendal.kommune.no, 2021, vol. 248. Accessed: 28.02.2024. [Online]. Available: <https://www.arendal.kommune.no/tjenester/plan-bygg-og-eiendom/reguleringsplaner/vedtatte-reguleringsplaner/eyde-energipark.22190.aspx>
- [193] Veidekke. "Veidekke: Bygger batterifabrikk for Morrow i Arendal." <https://www.veidekke.no/aktuelt/pressemeldinger/veidekke-bygger-batterifabrikk-for-morrow-i-arendal/> (accessed 17.01, 2024).
- [194] Aenergi. "Batteri kraften til å lagre og levere energi." <https://www.aenergi.no/no/fornybar-energi/batteri> (accessed 29.02, 2023).
- [195] Sørlandssenteret. "Butikker." https://sorlandssenteret.no/butikker/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw2uiwBhCXARIsACMvIU2voaxhQJu5hhpwf2McZR1cX1gTXc7VvkQHhubzXPBPw3sZZFqbeciAaAl8GEALw_wcB&gclsrc=a_w.ds (accessed 16.03, 2024).
- [196] Felleskjøpet. "River Nordkronen-siloene i Stavanger." <https://kommunikasjon.ntb.no/pressemelding/18008644/river-nordkronen-siloene-i-stavanger?publisherId=5780613> (accessed 16.03, 2024).
- [197] StavangerAftenblad. "Grønt lys fra Rødt til riving av kornsiloer: Frode Myrhol refser Mímir Kristjánsson." <https://www.aftenbladet.no/lokalt/i/a7onXO/groent-lys-fra-roedt-til-riving-av-kornsiloer-frode-myrhol-refser-mimir-kristjansson> (accessed 02.02, 2024).

- [198] Sweco. "Nye Stavanger Sykehus." <https://www.sweco.no/showroom/nye-stavanger-universitetssykehus/> (accessed 16.03, 2024).
- [199] AASJAKOBSEN. "Bygg." <https://www.aaj.no/markedsomrader/bygg/> (accessed 2024, 02.02).
- [200] (2017-2021). *Bedriftsveien 7 - Tilbygg og ombygging - Tine*. [Online] Available: <https://innsyn.pbe.oslo.kommune.no/saksinnsyn/casedet.asp?direct=Y&mode=&caseno=201708297>
- [201] Trond Joelson. "Tine Meieriet Øst." <https://www.bygg.no/tine-meieriet-ost/85476!/?image=15> (accessed 15.01, 2024).
- [202] Ali Iqbal Tahir. "Strid om nytt fengsel: - Vi må ta vare på de grønne områdene i Groruddalen" <https://www.nrk.no/norge/strid-om-nytt-fengsel--vi-ma-ta-vare-pa-de-gronne-omradene-i-groruddalen-1.15849651> (accessed 03.04, 2024).
- [203] kommunekart. "kartlag." <https://www.kommunekart.com/> (accessed 08.03, 2024).
- [204] uteluksus. "Glass eller polykarbonat i drivhuset." <https://uteluksus.no/glass-eller-polykarbonat-til-drivhuset/> (accessed 20.03, 2024).
- [205] hammergeglass. "TEKNISK SPESIFIKASJON Hammergeglass® Clear Single sheet." https://filer.hammergeglass.se/no/hammergeglass_spec_hmgclear_NO.pdf (accessed 30.04, 2024).
- [206] hammergeglass. "Dette er Hammergeglass." <https://www.hammergeglass.no/no/hva-er-hammergeglass/> (accessed 01.04, 2024).
- [207] gop. "Exolon UV." <https://www.gop.se/no/industri/industriprodukter/pc-polykarbonat-no/exolon-uv/> (accessed 14.05, 2024).
- [208] interglas. "3 mm herdet drivhusglass 610 x 610 mm." <https://interglas.no/shop/3-mm-herdet-1272p.html> (accessed 28.03, 2024).
- [209] OFG, "FRUKT- OG GRØNTSTATISTIKK 2021," 2022. Accessed: 22.03.2024. [Online]. Available: https://www.frukt.no/globalassets/materiell/innsikt/310723_frukt--og-grontstatistikk-2021_korr6.pdf
- [210] Bama. "Råvarer." <https://www.bama.no/ravarer/> (accessed 07.05, 2024).
- [211] Agropub. "Salat." <https://www.agropub.no/fagartikler/salat> (accessed 02.03, 2024).
- [212] Bama. "Salater." <https://www.bama.no/ravarer/salater/> (accessed 06.05, 2024).
- [213] Onna. "Superfresh salat.Lenger." <https://www.weareonna.no/> (accessed 05.05, 2024).
- [214] O. Bø, B. Fritsvold, and Agropub. "Tomat." <https://www.agropub.no/fagartikler/tomat> (accessed 05.05, 2024).
- [215] Bama. "Tomat." <https://www.bama.no/ravarer/gronnsaker/tomat/> (accessed 05.05, 2024).
- [216] Nibio and A. L. Hykkerud. "Vil bevare smaken av norske jordbær." <https://www.nibio.no/nyheter/vil-bevare-smaken-av-norske-jordbaer> (accessed 05.05, 2024).
- [217] A. Døving, A. Nes, G. L. Serikstad, and Bioforsk, "Jordbær dyrking i økologisk landbruk," Bioforsk, 2012, vol. 7. [Online]. Available: <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2442422/Bioforsk-TEMA-2012-07-04.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [218] Plantasjen. "Jordbær – slik dyrker du dine egne." <https://www.plantasjen.no/jordbar.html> (accessed 01.04, 2024).
- [219] NLR and S. S. Nilsen, "Dyrkningsveiledning økologisk agurk i veksthus," 2016. [Online]. Available: <https://orgprints.org/id/eprint/31986/1/Nilsen%202016%20Dyrkningsveiledning%20agurk%20i%20veksthus.pdf>
- [220] Frostagrønt. "Velkommen til Frostagrønt." <https://www.frostagrønt.no/134-2/> (accessed 07.07, 2024).
- [221] Nytnorge. "Trygg, norsk agurk. Hele året!" <https://www.nytnorge.no/artikler/norsk-agurk/> (accessed 07.05, 2023).

- [222] Bama. "Basilikum." <https://www.bama.no/ravarer/gronnsaker/urter/basilikum/> (accessed 07.07, 2024).
- [223] Plantasjen. "Basilikum – slik dyrker du din egen." <https://www.plantasjen.no/basilikum.html> (accessed 16.03, 2024).
- [224] H. Hosseini, V. Mozafari, H. R. Roosta, H. Shirani, P. C. van de Vlasakker, and M. Farhangj, "Nutrient use in vertical farming: Optimal electrical conductivity of nutrient solution for growth of lettuce and basil in hydroponic cultivation," *Horticulturae*, vol. 7, no. 9, p. 283, 2021.
- [225] Bama. "Frøvoll Gård." <https://www.bamastorkjokken.no/sesongkalender/her-dyrker-vi/sor/frovoll-gard/> (accessed 07.07, 2024).
- [226] Gjennestad. "Urter og sommerblomster til deg fra våre veksthus." <https://gjennestaddrift.no/veksthus/> (accessed 07.07, 2024).
- [227] Gjennestad. "Klimavennlige tiltak på Gjennestad 2024." <https://gjennestaddrift.no/klimatiltak/> (accessed 07.07, 2024).
- [228] K. M. Norderhaug *et al.*, "Mot en ny havnæring for tare?: Muligheter og utfordringer for dyrking av alger i Norge," *Fisken og havet*, 2020.
- [229] S. Friis Pedersen and S. Martinsen, "Aquaponics. Litteraturstudium med henblikk på plantematch ved oppdrett av laks og ørret," *Bioforsk Rapport*, 2013.
- [230] J. S. Throndsen, Einar "Alger." Store norske leksikon <https://snl.no/alger> (accessed 05.04, 2024).
- [231] I. A. Levine, "Algae: A way of life and health," in *Microalgae in health and disease prevention*: Elsevier, 2018, pp. 1-10.
- [232] Leif Asbjørn Vøllestad. "Tilapia." <https://snl.no/tilapia> (accessed 07.04, 2024).
- [233] P. Borrego-Kim, R. Domínguez-May, A. G. Monroy-Borrego, and M. Gullian-Klanian, "Bioeconomic modeling of optimal harvest time in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) considering size heterogeneity and minimum marketable size," *Latin american journal of aquatic research*, vol. 48, no. 4, pp. 602-612, 2020. [Online]. Available: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-560X2020000400602&script=sci_arttext.
- [234] Leif Asbjørn Vøllestad. "Torsk." <https://snl.no/torsk> (accessed 04.04).
- [235] Havforskningsinstituttet. "Torskeoppdrett." <https://www.hi.no/hi/temasider/akvakultur/torskeoppdrett> (accessed 04.04, 2024).
- [236] M. Heide, "Økt konsum av sjømat i Norge. Muligheter og barrierer i norsk dagligvarehandel," *Nofima rapportserie*, 2019. [Online]. Available: <https://nofima.brage.unit.no/nofima-xmlui/bitstream/handle/11250/2591966/Rapport%2b07-2019.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- [237] Leif Asbjørn Vøllestad. "Laksefamilien." <https://snl.no/laksefamilien> (accessed 04.04, 2024).
- [238] Bård Misund. "Lakseoppdrett." Store norske leksikon (SNL). <https://snl.no/lakseoppdrett> (accessed 07.04, 2024).
- [239] R. Calado, V. C. Mota, D. Madeira, and M. C. Leal, "Summer is coming! Tackling ocean warming in Atlantic salmon cage farming," *Animals*, vol. 11, no. 6, p. 1800, 2021. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2076-2615/11/6/1800>.
- [240] Lyine Group. "Deep water culture." <https://www.hydroponicsfactory.com/deep-water-culture.html> (accessed 01.03, 2024).
- [241] D. Zijdemans, *Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer*, 1 ed. Skarland Press AS, 2014, p. 456.
- [242] Prins. "Prins Greenhouses Products." <https://prinsgreenhouses.com/products/curtain-systems/> (accessed 04.03, 2024).
- [243] S. Boyacı, A. Atilgan, J. Kocięcka, D. Liberacki, R. Rolbiecki, and B. Jagosz, "Determination of the Effect of a Thermal Curtain Used in a Greenhouse on the Indoor Climate and Energy Savings," *Energies*, vol. 16, no. 23, p. 7744, 2023.

- [244] M. J. Gupta and P. Chandra, "Effect of greenhouse design parameters on conservation of energy for greenhouse environmental control," *Energy*, vol. 27, no. 8, pp. 777-794, 2002.
- [245] A. Lopez, D. L. Valera, F. D. Molina-Aiz, and A. Pena, "Sonic anemometry to evaluate airflow characteristics and temperature distribution in empty Mediterranean greenhouses equipped with pad-fan and fog systems," *Biosystems Engineering*, vol. 113, no. 4, pp. 334-350, 2012.
- [246] P. Pasqualin and P. Davies, "Concept design of a greenhouse cooling system using multi-stage nanofiltration for liquid desiccant regeneration," *Applied Thermal Engineering*, vol. 216, p. 119057, 2022.
- [247] V. Sethi and S. Sharma. "Survey and evaluation of heating technologies for worldwide agricultural greenhouse applications." <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X0800042X> (accessed 06.03, 2024).
- [248] Inger Andresen, "Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus. En introduksjon," no. SINTEF Byggforsk Prosjektrapport nr.22(2008), 2008. [Online]. Available: https://www.enova.no/upload_images/37f87a7f10ac431f9c1b010997420e4a.pdf.
- [249] S. R. Nordtvedt, B. R. Horntvedt, J. Eikefjord, and J. Johansen. "Hybrid heat pump for waste heat recovery in norwegian food industry." <https://api-depositonce.tu-berlin.de/server/api/core/bitstreams/3c76de5d-1255-4bdf-87ab-27c1ed5a64c4/content> (accessed 04.03, 2024).
- [250] J.-D. Wacker, M. J. Verheul, I. Righini, H. Maessen, and C. Stanghellini, "Optimisation of supplemental light systems in Norwegian tomato greenhouses-A simulation study," *Biosystems Engineering*, vol. 215, pp. 129-142, 2022.
- [251] D. Katzin, L. F. Marcelis, E. J. van Henten, and S. van Mourik, "Heating greenhouses by light: A novel concept for intensive greenhouse production," *Biosystems Engineering*, vol. 230, pp. 242-276, 2023.
- [252] E. Cuce, D. Harjunowibowo, and P. M. Cuce, "Renewable and sustainable energy saving strategies for greenhouse systems: A comprehensive review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 64, pp. 34-59, 2016. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116301897>.
- [253] T. Jintanawan, G. Phanomchoeng, S. Suwankawin, P. Kreepoke, P. Chetchatree, and C. U-viengchai, "Design of kinetic-energy harvesting floors," *Energies*, vol. 13, no. 20, p. 5419, 2020. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/20/5419>.
- [254] A. M. Elhalwagy, M. Y. M. Ghoneem, and M. Elhadidi, "Feasibility study for using piezoelectric energy harvesting floor in buildings' interior spaces," *Energy Procedia*, vol. 115, pp. 114-126, 2017. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610217322117>.
- [255] A. Rasheed, C. S. Kwak, H. T. Kim, and H. W. Lee, "Building energy an simulation model for analyzing energy saving options of multi-span greenhouses," *Applied Sciences*, vol. 10, no. 19, p. 6884, 2020. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/19/6884>.
- [256] N. Choab, A. Allouhi, A. El Maakoul, T. Kousksou, S. Saadeddine, and A. Jamil, "Review on greenhouse microclimate and application: Design parameters, thermal modeling and simulation, climate controlling technologies," *Solar Energy*, vol. 191, pp. 109-137, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X19308205>.
- [257] S. Kruger and L. Pretorius, "Heat transfer in three-dimensional multi-span greenhouses containing ventilators," 2021. [Online]. Available: <https://ujcontent.uj.ac.za/esploro/outputs/conferencePaper/Heat-transfer-in-three-dimensional-multi-span-greenhouses/9910181507691#file-0>.
- [258] Venlo. "Norwegia." <https://venlo.pl/en/norwegia-2/> (accessed 13.04, 2024).
- [259] !!! INVALID CITATION !!! [101, 103].
- [260] H. G. Mobtaker, Y. Ajabshirchi, S. F. Ranjbar, and M. Matloobi, "Simulation of thermal performance of solar greenhouse in north-west of Iran: An experimental validation,"

- Renewable Energy*, vol. 135, pp. 88-97, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811831187X>.
- [261] S. Friis Pedersen, "Vinterdyrking i drivhus," in "NORSØK FAGINFO," Norsk senter for økologisk landbruk, Organiceprints, 2020, vol. 5. Accessed: 01.05.2024.
- [262] Microsoft. "Office er nå Microsoft 365." <https://www.microsoft.com/nb-no/microsoft-365/microsoft-office> (accessed 15.05, 2024).
- [263] Microsoft. "Microsoft Word." <https://www.microsoft.com/nb-no/microsoft-365/word?market=no> (accessed 15.05, 2024).
- [264] Microsoft. "Microsoft Excel." <https://www.microsoft.com/nb-no/microsoft-365/excel?market=no> (accessed 15.05, 2024).
- [265] Microsoft. "Microsoft PowerPoint." <https://www.microsoft.com/nb-no/microsoft-365/powerpoint?market=no> (accessed 15.05, 2024).
- [266] (2024).
- [267] Microsoft. "Microsoft Project." <https://www.microsoft.com/nb-no/microsoft-365/project/project-management-software> (accessed 15.05, 2024).
- [268] Microsoft. "Nye Microsoft Teams er nå tilgjengelig." <https://www.microsoft.com/nb-no/microsoft-teams/group-chat-software> (accessed 15.05, 2024).
- [269] A. Inc. "Autodesk AutoCAD: Design- og tegneprogramvare som millioner av brukere stoler på." <https://www.autodesk.no/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription> (accessed 15.05, 2024).
- [270] Robert McNeel & Associates. "Rhino 8." <https://www.rhino3d.com/> (accessed 15.05, 2024).
- [271] C. S. Elise Randøy, "Bærekraftig fritidsboligplanlegging i fjellheimen," Universitetet i Agder, BYG515 Spesialiseringsprosjekt 2023.
- [272] P. A. T. Asbjørn Johannesen, Line Christoffersen, *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. Norge: abstrakt forlag, 2021.
- [273] B. M. T. S. Jensen;. "Academic Information Seeking." <https://www.coursera.org/learn/academicinfoseek?> (accessed 12.05, 2024).
- [274] Arendal kommune. "Sirkulær økonomi og bærekraftig batteriproduksjon." <https://www.arendal.kommune.no/fremtidens-arendal/by-og-samfunnsutvikling/batterifabrikk/sirkular-okonomi/> (accessed 03.03, 2024).
- [275] S.-R. Park, "Hybrid heat pump system by using industrial waste heat," *The Magazine of the Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea*, vol. 38, no. 2, pp. 8-13, 2009. [Online]. Available: <https://koreascience.kr/article/JAKO200907841289514.page>.
- [276] A. Mahmoudi, M. Fazli, and M. Morad, "A recent review of waste heat recovery by Organic Rankine Cycle," *Applied Thermal Engineering*, vol. 143, pp. 660-675, 2018. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431118301248>.
- [277] SIKT - Kunnskapssektorens tjenesteleverandør. "Meldeskjema for personopplysninger i forskning." <https://sikt.no/tjenester/personverntjenester-forskning/fylle-ut-meldeskjema-personopplysninger> (accessed 01.01-13.05, 2024).
- [278] Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO). "Fiskeoppdrett og planter i samme system." <https://www.nibio.no/om-nibio/forskning-nytter/divisjon-for-matproduksjon-og-samfunn/forskning-nytter-matproduksjon-og-samfunn-2017/fiskeoppdrett-og-planter-i-samme-system> (accessed 02.04, 2024).
- [279] Statistisk sentralbyrå. "SSBs kartportal " Statistisk sentralbyrå. <https://kart.ssb.no/> (accessed 16.03, 2024).
- [280] Climate Data. "Klimadata for byer over hele verden." <https://no.climate-data.org/> (accessed 16.03, 2024).
- [281] Time and Date. "Klima og gjennomsnittsvær i Arendal, Norge." <https://www.timeanddate.no/vaer/norge/arendal/klima> (accessed 16.03, 2024).

- [282] AgderFylkeskommune. "Panform." <https://agderfk.maps.arcgis.com/apps/webappviewer3d/index.html?id=3fc5d733f04c4511997625c03f311b78> (accessed 15.03, 2024).
- [283] Solkart. "Solkart." <https://solkart.no/> (accessed 15.03., 2024).
- [284] K. Stråby and L.-E. Fiskum, "Bærekraftig forvaltning av vann-og avløpsinstallasjoner i bygninger. Kunnskapsgrunnlag og tilnærming," *SINTEF Fag*, 2022.
- [285] EPD-Norge. "Hva er en EPD?" <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/> (accessed 11.04, 2024).
- [286] Willabgarden. "Drivhus i glass eller plast." <https://www.willabgarden.no/drivhus/om-vare-drivhus/drivhus-i-glass-eller-plast/> (accessed 20.03, 2024).
- [287] Lexan. "LEXAN™ THERMOCLEAR™ MULTIWALL SHEET." [https://ff.sabic.eu/uploads/resources/Environmental%20Product%20Declaration%20\(EPD\)%20LEXAN%E2%84%A2%20THERMOCLEAR%E2%84%A2%20Multiwall%20Sheet%20Extended.pdf](https://ff.sabic.eu/uploads/resources/Environmental%20Product%20Declaration%20(EPD)%20LEXAN%E2%84%A2%20THERMOCLEAR%E2%84%A2%20Multiwall%20Sheet%20Extended.pdf) (accessed 28.03, 2024).
- [288] Lexan. "LEXAN™ SOLID SHEET." [https://ff.sabic.eu/uploads/resources/Environmental%20Product%20Declaration%20\(EPD\)%20LEXAN%E2%84%A2%20Solid%20Sheet%20Extended.pdf](https://ff.sabic.eu/uploads/resources/Environmental%20Product%20Declaration%20(EPD)%20LEXAN%E2%84%A2%20Solid%20Sheet%20Extended.pdf) (accessed 27.03, 2024).
- [289] Stronglasas. "Tempered glass without coating." <https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/7a1a1aa0-b76f-40d6-803a-08dbb657dbae/Data> (accessed 27.03, 2024).
- [290] Hammerglass. "Hammerglass hovedside." <https://www.hammerglass.no/> (accessed 11.04, 2024).
- [291] Drivhussenter. "Drivhussenter hovedside." <https://drivhussenter.no/> (accessed 11.04, 2024).
- [292] Interglas. "Interglas hovedside." <https://interglas.no/shop/frontpage.html> (accessed 11.04, 2024).
- [293] frukt. "Norsk sesongkalender." <https://www.frukt.no/norsk-sesongkalender/> (accessed 01.04, 2024).
- [294] M. Verheul and S. M. Thorsen, "Klimagassregnskap for norske veksthusprodukter," *Bioforsk Rapport*, 2010.
- [295] B. Benko, S. F. Uher, S. Radman, and N. Opačić, "Hydroponic Production Systems in Greenhouses," in *Climate Smart Greenhouses-Innovations and Impacts*: IntechOpen, 2023.
- [296] D. Siswanto and W. Widoretno, "Design and construction of a vertical hydroponic system with semi-continuous and continuous nutrient cycling," in *AIP Conference Proceedings*, 2017, vol. 1908, no. 1: AIP Publishing. [Online]. Available: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article/1908/1/040001/764334/Design-and-construction-of-a-vertical-hydroponic>. [Online]. Available: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article/1908/1/040001/764334/Design-and-construction-of-a-vertical-hydroponic>
- [297] Godvår.no - Randesund Planteskole AS. "Hodesalat Crispy - Frø." https://godvar.no/products/hodesalat-crispy?utm_medium=adwords&utm_campaign=&utm_source=&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwwYSwBhDcARIsAOyLOfiMmEShIzIRwxjh7DdqRi-X3wdL9-jMvwgkWn3bagKYShzGNFc2jCwaAjzEALw_wcB (accessed 27.03, 2024).
- [298] L. Carotti *et al.*, "Improving water use efficiency in vertical farming: Effects of growing systems, far-red radiation and planting density on lettuce cultivation," *Agricultural Water Management*, vol. 285, p. 108365, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377423002305>.
- [299] Nils Olav Sjøberg, *Kort og godt kjemi: grunnleggende kjemi for høgskoler og universitet*. Vett og viten, 2004.

- [300] Elektroforeningen, "Informasjon om LED-BELYSNING." Accessed: 24.03.2024. [Online]. Available: https://nordic-led.no/wp-content/uploads/2014/07/Informasjon_om_LED-belysning.pdf
- [301] Norsk Stål AS. "KF HUP S355J2H/S420MH Kvadrat." <https://www.norskstaal.no/produkter/alle-produkter/kf-hup-s355j2h-s420mh-kvadrat?pagesize=80> (accessed 29.04, 2024).
- [302] N. A. Stærk & Co AS. "Eyde energipark - områderegulering - Illustrasjonsplan - Basert på innspill fra Morrow - 1:6000." <https://einnsyn.no/api/v2/fil?iri=http://data.einnsyn.no/28e87e5e-5a11-4d46-a9bc-1e8972145bdc> (accessed 20.04, 2024).
- [303] Morrow Batteries. "Presentasjon av Morrow Batteries - november 2023." <https://news.morrowbatteries.com/videos/presentasjon-av-morrow-batteries-november-2023-118840> (accessed 30.04, 2024).
- [304] N. Ramalingannanavar, M. Nemichandrappa, G. Srinivasa Reddy, A. T. Dandekar, J. Kamble, and M. Dhanoji, "Design, Development and Evaluation of Solar Powered Aeroponic System— A Case Study," *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, vol. 9, pp. 3102-3112, 2020. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Anilkumar-Dandekar/publication/340626597_Design_Development_and_Evaluation_of_Solar_Powered_Aeroponic_system_-_A_Case_Study/links/6114f95b1e95fe241ac6a072/Design-Development-and-Evaluation-of-Solar-Powered-Aeroponic-system-A-Case-Study.pdf.
- [305] Climate Data. "Klima Arendal." <https://no.climate-data.org/europa/norge/aust-agder/arendal-9876/> (accessed 23.03, 2024).
- [306] Time and Date. "Årlig gjennomsnittsvær i nærheten av Arendal." <https://www.timeanddate.no/vaer/norge/arendal/klima> (accessed 23.03, 2024).
- [307] Arendal kommune. "Arendal kommune - Origo - Innsyn publikum." <https://arendal.kommunegis.no/> (accessed 08.03, 2024).
- [308] Google. "Google Earth." earth.google.com (accessed 01.01-15.05, 2024).
- [309] Plastbutikken. "Knusebestandig Drivhusglass 61 x 179cm (Tredobbelt lengde)." https://www.plastbutikken.no/shop/knusebestandig-drivhusglass-12582p.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCCQjwqdgqBhCPARIsANrmZhNB0MaHlr62-VFnC0qEXcqzpcqGhXNMQ9DrqeJDsKZ9QmcGtCk-z4aAhMKEALw_wcB (accessed 27.03, 2024).
- [310] interglas. "Polykarbonat Klar - 6 mm." <https://interglas.no/shop/polykarbonat-klar-6-753p.html> (accessed 20.03, 2024).
- [311] Leafshop. "Dyrking av salat." <https://www.leafshop.no/dyrking-av-salat/> (accessed 02.03, 2024).
- [312] R. H. Bosma *et al.*, "The financial feasibility of producing fish and vegetables through aquaponics," *Aquacultural Engineering*, vol. 78, pp. 146-154, 2017.
- [313] A. H. Mirzabe, A. Hajiahmad, A. Fadavi, and S. Rafiee, "Piezoelectric atomizer in aeroponic systems: A study of some fluid properties and optimization of operational parameters," *Information Processing in Agriculture*, vol. 10, no. 4, pp. 564-580, 2023.
- [314] Norsøk and S. F. Pedersen, "VINTERDYRKING I DRIVHUS," 2020, vol. 5. Accessed: 02.03.2024. [Online]. Available: <https://orgprints.org/id/eprint/38701/1/Faginfo%204.%202020.%20vol%205.%20Vinterdyrking%20i%20drivhus.pdf>
- [315] S. P. Singh and P. Singh, "Effect of temperature and light on the growth of algae species: A review," *Renewable and sustainable energy reviews*, vol. 50, pp. 431-444, 2015. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115004839>.
- [316] H. T. Tan *et al.*, "A review on a hidden gem: Phycoerythrin from blue-green algae," *Marine drugs*, vol. 21, no. 1, p. 28, 2022. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/1660-3397/21/1/28>.

- [317] A. Ramu Ganesan *et al.*, "Phycocerythrin: A pink pigment from red sources (rhodophyta) for a greener biorefining approach to food applications," *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 63, no. 31, pp. 10928-10946, 2023. [Online]. Available: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2022.2081962>.
- [318] M. M. Addy *et al.*, "Co-cultivation of microalgae in aquaponic systems," *Bioresource Technology*, vol. 245, pp. 27-34, 2017. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852417314657>.
- [319] M. H. Tunio *et al.*, "Influence of atomization nozzles and spraying intervals on growth, biomass yield, and nutrient uptake of butter-head lettuce under aeroponics system," *Agronomy*, vol. 11, no. 1, p. 97, 2021. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/1/97>.
- [320] M. Chowdhury *et al.*, "Lighting conditions affect the growth and glucosinolate contents of Chinese kale leaves grown in an aeroponic plant factory," *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, vol. 64, no. 1, pp. 97-113, 2023. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13580-022-00472-0>.
- [321] S.-A. Barla, G. Salachas, and K. Abeliotis, "Assessment of the greenhouse gas emissions from aeroponic lettuce cultivation in Greece," *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, vol. 5, pp. 1-7, 2020. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41207-020-00168-w>.
- [322] Timeanddate. "Årlig gjennomsnittsvær i nærheten av Arendal." <https://www.timeanddate.no/vaer/norge/arendal/klima> (accessed 28.02, 2023).
- [323] RUUKKI. "T130M-75L-930." https://www.prodlib.com/ruukki/load-bearing-sheets/t130m-75l-930_504b64ebd921421db8ef67bc7530156a (accessed 29.04, 2024).
- [324] Kingspan. "Therma TR26 Plate til flate tak." <https://www.kingspan.com/no/nn/produkter/isolasjonsplater/takisolasjonsplater/therma-tr26/> (accessed 30.04, 2024).
- [325] Maku. "Velg riktig fagverk - Parallellfagverk." <https://www.maku.se/default.asp?ID=OFFERT&sLang=nb-no> (accessed 30.04, 2024).
- [326] RAICO. "Therm+ A-I Aluminium Facade " <https://www.raico.de/en/products/facades-content/aluminium/therm-a-i.html> (accessed 05.05, 2024).
- [327] Alcomij. "Optinova. A worldly greenhouse roof system!" <https://www.alcomij.com/solutions/greenhouse-roof-systems/venlo-roof-system-optinova/> (accessed 05.05, 2024).
- [328] Alcomij. "Alcomij introduces OPTINOVA." <https://www.alcomij.com/news/alcomij-introduces-optinova/> (accessed 05.05, 2024).
- [329] Europrogress. "MULTI." <https://norhage.no/wp-content/uploads/2022/09/2021-Europrogress-MULTI-SPANS.pdf> (accessed 11.03, 2024).
- [330] Alcomij. "VENLO DEKSYSTEEM ON-02 GOOT 4mm H48 22." <https://www.alcomij.com/wp-content/uploads/2019/06/900352-Optinova-greenhouse-roof-system-4mm-glass.pdf> (accessed 05.05, 2024).
- [331] GreenTech;
Alcomij. "Alcomij - Horticulture Solutions." <https://company.greentech.nl/Alcomij-BV?Language=EN&eventid=31067&account=00023207-0> (accessed 05.05, 2024).
- [332] Q-railing. "Easy glass smart top mount f-fixed." <https://www.q-railing.com/files/easy-glass-smart-top-mount-f-fixed-en-1.pdf> (accessed 11.03, 2024).
- [333] Norgebilder. "Norge i bilder." <https://norgebilder.no/?x=-552792&y=6628789&level=13&utm=35&projects=&layers=&plannedOmlop=0&plannedGeovekst=0> (accessed 28.02, 2023).
- [334] Nibio. "Arealressurser (AR50)." <https://kilden.nibio.no/?zoom=10.5&x=6501070.06&y=139040.1&topic=arealinformasjon&b>

- [gLayer=graatone&layers=ar50_skogbonitet&layers_opacity=0.75&layers_visibility=true](#) (accessed 28.02, 2024).
- [335] G. Søggaard *et al.*, "Arealbruksendring til utbygd areal Faktagrunnlag for vurdering av avgift på utslipp fra arealbruksendring—rapporterte utslipp og mulige kartgrunnlag," *Nibio rapport*, 2021.
- [336] Nve. "Morrow transformatorstasjon." <https://www.nve.no/konsesjon/konsesjonssaker/konsesjonssak?id=8889&type=A-1> (accessed 28.02, 2024).
- [337] M. Esen and T. Yuksel. "Experimental evaluation of using various renewable energy sources for heating a greenhouse." <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778813003563> (accessed 06.03, 2024).
- [338] S. Sanford, "Reducing greenhouse energy consumption—An overview," *Energy*, vol. 3907, no. 01, 2011. [Online]. Available: https://fyi.extension.wisc.edu/energy/files/2018/07/reducing_greenhouse_energy_consumption_-_an_overview.pdf.
- [339] M. Kıyan, E. Bingöl, M. Melikoğlu, and A. Albostan, "Modelling and simulation of a hybrid solar heating system for greenhouse applications using Matlab/Simulink," *Energy Conversion and Management*, vol. 72, pp. 147-155, 2013. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890413001222>.
- [340] S. Esfandeh, M. H. Esfe, and M. H. Kamyab, "Applications of nanofluids in solar energy collectors focusing on solar stills," in *Advances in Nanofluid Heat Transfer*: Elsevier, 2022, pp. 341-373.
- [341] H. A. A. Al-Kinani, O. I. JERCA, V. BOBUȚAC, and E. M. Drăghici, "Comparative study on lettuce growing in NFT and Ebb and Flow system," *Scientific Papers. Series B. Horticulture*, vol. 65, no. 1, 2021. [Online]. Available: https://www.horticulturejournal.usamv.ro/pdf/2021/issue_1/Art50.pdf.
- [342] C. F. Sace and E. P. Natividad Jr, "Economic analysis of an urban vertical garden for hydroponic production of lettuce (*Lactuca sativa*)," *International Journal of Contemporary Applied Sciences*, vol. 2, no. 7, pp. 42-56, 2015. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Chito-Sace/publication/348080201_Economic_Analysis_of_an_Urban_Vertical_Garden_for_Hydroponic_Production_of_Lettuce_Lactuca_sativa/links/5f6ea03a45851553a00d28d0/Economic-Analysis-of-an-Urban-Vertical-Garden-for-Hydroponic-Production-of-Lettuce-Lactuca-sativa.pdf.
- [343] Lexan. "ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION (EPD)." <https://ff.sabic.eu/en/sustainability/environmental-product-declaration-epd> (accessed 27.03, 2024).
- [344] interglas. "Drivhus i plast eller glass? Få fordeler og ulemper servert her." <https://interglas.no/shop/drivhus-i-plast-3273p.html> (accessed 20.03, 2024).
- [345] Hageland. "Hvordan lykkes med jordbærplanter?" <https://hageland.no/artikler/hagen-din/baerbusker-og-frukttraer/hvordan-lykkes-med-jordbaerplanter> (accessed 01.04, 2024).
- [346] M. Verheul, R. Nestby, M. Anttonen, and R. Kaijalainen, "Effekt på avling og fruktkvalitet i jordbær av kulturtiltak i tunneldyrking," *Bioforsk Rapport*, 2006.
- [347] Bioforsk and B. From, "Jordbær i Nordland," Bioforsk, 2007. [Online]. Available: <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2506512/Bioforsk-FOKUS-2007-02-04.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [348] Bioforsk, M. Verheul, R. Nestby, M. Anttonen, and R. Kaijalainen, "Effekt på avling og fruktkvalitet i jordbær av kulturtiltak i tunneldyrking," Bioforsk, 2006, vol. 1. [Online]. Available: <https://nibio.brage.unit.no/nibio->

- xmdlui/bitstream/handle/11250/2505496/Bioforsk-Rapport-2006-01-10.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [349] J. Siringi, L. Turoop, and F. Njonge, "Growth and biochemical response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to spirulina (*Arthrospira platensis*) enhanced aquaponic system," *Aquaculture*, vol. 544, p. 737134, 2021. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848621007973>.
- [350] H. Clements *et al.*, "The effects of interacting with fish in aquariums on human health and well-being: A systematic review," *PloS one*, vol. 14, no. 7, p. e0220524, 2019. [Online]. Available: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0220524#pone.0220524.ref065>.
- [351] V. Puvanendran *et al.*, "Development of cod farming in Norway: Past and current biological and market status and future prospects and directions," *Reviews in Aquaculture*, vol. 14, no. 1, pp. 308-342, 2022. [Online]. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/raq.12599>.
- [352] J. E. Halldórsson, B. Björnsson, and S. B. Gunnlaugsson, "Feasibility of ranching coastal cod (*Gadus morhua*) compared with on-growing, full-cycle farming and fishing," *Marine Policy*, vol. 36, no. 1, pp. 11-17, 2012. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308597X11000510>.
- [353] M. L. Rahman, M. Shahjahan, and N. Ahmed, "Tilapia farming in Bangladesh: Adaptation to climate change," *Sustainability*, vol. 13, no. 14, p. 7657, 2021. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/14/7657>.
- [354] G. E. Johnson, K. M. Buzby, K. J. Semmens, and N. L. Waterland, "Year-round lettuce (*Lactuca sativa* L.) production in a flow-through aquaponic system," *Journal of Agricultural Science*, vol. 9, no. 1, 2017. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Nicole-Waterland-2/publication/311498732_Year-Round_Lettuce_Lactuca_sativa_L_Production_in_a_Flow-Through_Aquaponic_System/links/58516ddb08ae7d33e012a663/Year-Round-Lettuce-Lactuca-sativa-L-Production-in-a-Flow-Through-Aquaponic-System.pdf.
- [355] K. M. Buzby, N. L. Waterland, K. J. Semmens, and L.-S. Lin, "Evaluating aquaponic crops in a freshwater flow-through fish culture system," *Aquaculture*, vol. 460, pp. 15-24, 2016. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848616301648>.
- [356] P. Jagtap, S. Bhakar, S. Lakhawat, P. Singh, and M. Kothari, "Evaluation of three nutrient compositions for lettuce cultivars in two hydroponic systems," *Ecol. Environ. Conserv.*, vol. 29, pp. 416-418, 2023. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Priyanka-Jagtap-3/publication/370506546_Evaluation_of_Three_Nutrient_Compositions_for_Lettuce_Cultivars_in_two_Hydroponic_Systems/links/64623652f43b8a29ba5259a6/Evaluation-of-Three-Nutrient-Compositions-for-Lettuce-Cultivars-in-two-Hydroponic-Systems.pdf.
- [357] P. Chen, G. Zhu, H.-J. Kim, P. B. Brown, and J.-Y. Huang, "Comparative life cycle assessment of aquaponics and hydroponics in the Midwestern United States," *Journal of Cleaner Production*, vol. 275, p. 122888, 2020. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620329334>.
- [358] R. E. Hollmann, *An aquaponics life cycle assessment: evaluating an inovative method for growing local fish and lettuce*. University of Colorado at Denver, 2017.
- [359] S. S. Nielsen and NLR, "Økologisk dyrking av tomat," NLR, 2016. Accessed: 09.04.2024. [Online]. Available: <https://www.nlr.no/files/documents/NLRs/dyrkingsveiledning-tomat-i-veksthus.pdf>
- [360] Nibio and S. F. Pedersen, "Dyrking av økologiske tomater," Nibio, 2011, vol. 11. Accessed: 09.04.2024. [Online]. Available: <https://nibio.brage.unit.no/nibio->

- xmlui/bitstream/handle/11250/2506195/Bioforsk-TEMA-2011-06-23.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [361] Norsøk and S. F. Pedersen, "Grønnpoding av tomat og agurk," Norsøk, 2021, vol. 6. Accessed: 09.04.2024. [Online]. Available: <https://orgprints.org/id/eprint/42705/1/Faginfo%201%20vol%206%20gr%C3%B8nnpoding%202021.pdf>
- [362] B. v. Dam, M. d. Goffau, J. v. Lidth de Jeude, and S. Naika, *Cultivation of tomato: Production, processing and marketing*. Agromisa, 2005.
- [363] Bioforsk and S. F. Pedersen, "Dyrking av økoogiske agurker," 2011. Accessed: https://orgprints.org/id/eprint/25553/1/TEMA_Pedersen%2024%20%28endelig%29.pdf.
- [364] A. A. Forchino, V. Gennotte, S. Maiolo, D. Brigolin, C. Mélard, and R. Pastres, "Eco-designing Aquaponics: a case study of an experimental production system in Belgium," *Procedia CIRP*, vol. 69, pp. 546-550, 2018. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117308405>.
- [365] D. Setiawan, L. Siswati, and A. Ariyanto, "Water pump control system in hydroponic plants using the ebb and flow method," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, vol. 1041, no. 1: IOP Publishing, p. 012020. [Online]. Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1041/1/012020/pdf>. [Online]. Available: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1041/1/012020/pdf>
- [366] P. Mohebi and R. Roshandel, "Optimal design and operation of solar energy system with heat storage for agricultural greenhouse heating," *Energy Conversion and Management: X*, vol. 18, p. 100353, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590174523000090>.

12 Vedlegg

- Vedlegg A: Fullstendig mulighetsstudie
- Vedlegg B: Kontakt, møter og fremdriftsplan
- Vedlegg C: Datamodellering – Filer og layouts
- Vedlegg D: Microsoft Excel filer
- Vedlegg E: Illustrasjon av hovedkategori, underkategori og kriterie (Eksempel)
- Vedlegg F: Case – Morrow batterifabrikk
- Vedlegg G: Litteratur og dokumentsøk
- Vedlegg H: Materialoversikt ferdig drivhus
- Vedlegg I: Plakat

12.1 Vedlegg A: Fullstendig mulighetsstudie

Vedlegg A inneholder det fullstendige mulighetsstudiet, med ytterligere informasjon, metode, resultater og diskusjon tilknyttet studien. Den er ikke presentert i selve rapporten, men vedlagt for å redusere lengden på masteroppgaven.

12.2 Vedlegg B: Kontakt, møter og fremdriftsplan

Vedlegg B er ikke presentert i selve rapporten, men vedlagt for å redusere lengden på masteroppgaven. Vedlegg B inneholder vedlegg i følgende rekkefølge:

- Vedlegg B.01: Kontakt med bedrifter – Fremgangsmåte og referater
- Vedlegg B.02: Veiledningsmøter og referat
- Vedlegg B.03: MS Project masterprosjekt

12.3 Vedlegg C: Datamodellering – Filer og layouts

Vedlegg C er ikke presentert i selve rapporten, men vedlagt for å redusere lengden på masteroppgaven. Vedlegg C inneholder vedlegg i følgende rekkefølge:

- Vedlegg C.01: Drivhus på Morrow fabrikk (3D modell)
- Vedlegg C.02: Drivhus og drivhus-deler (3D modell)
- Vedlegg C.03: Morrow batterifabrikk (3D modell)
- Vedlegg C.04: Inspirasjon til opptegning av vertsbygning og drivhus
- Vedlegg C.05: AutoCad – Morrow – Bæresystem (Kort bygg)
- Vedlegg C.06: AutoCad – Morrow – Bæresystem (Langt bygg)
- Vedlegg C.07: Rhino – Morrow – Vertikal plan og detaljer
- Vedlegg C.08: Rhino – Morrow – Detalj fagverk
- Vedlegg C.09: Rhino – Morrow – Bæresystem Profildetaljer
- Vedlegg C.10: Rhino – Morrow og drivhus - perspektivtegning
- Vedlegg C.11: Rhino – Drivhus deler – dimensjoner horisontalt
- Vedlegg C.12: Rhino – Drivhus – Avstand søyler (Langside)
- Vedlegg C.13: Rhino – Drivhus – Horisontal plan 1
- Vedlegg C.14: Rhino – Drivhus – Horisontal plan 2
- Vedlegg C.15: Rhino – Drivhus - Profildetaljer
- Vedlegg C.16: Rhino – Drivhus – Dyrketeknologi dimensjoner
- Vedlegg C.17: Rhino – Drivhus på tak – Vertikal plan
- Vedlegg C.18: Rhino – Morrow og drivhus – Detaljer 1
- Vedlegg C.19: Rhino – Morrow og drivhus – Detaljer 2

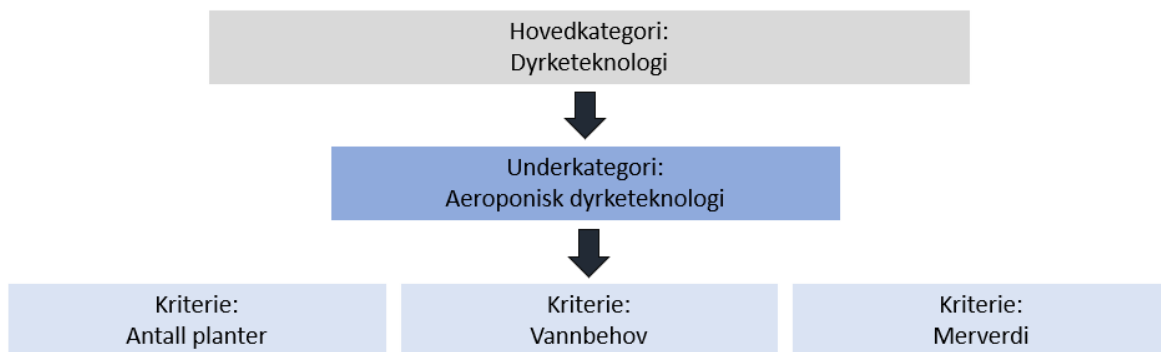
12.4 Vedlegg D: Microsoft Excel filer

Vedlegg D er ikke presentert i selve rapporten, men vedlagt for å redusere lengden på masteroppgaven. Vedlegg D inneholder vedlegg i følgende rekkefølge:

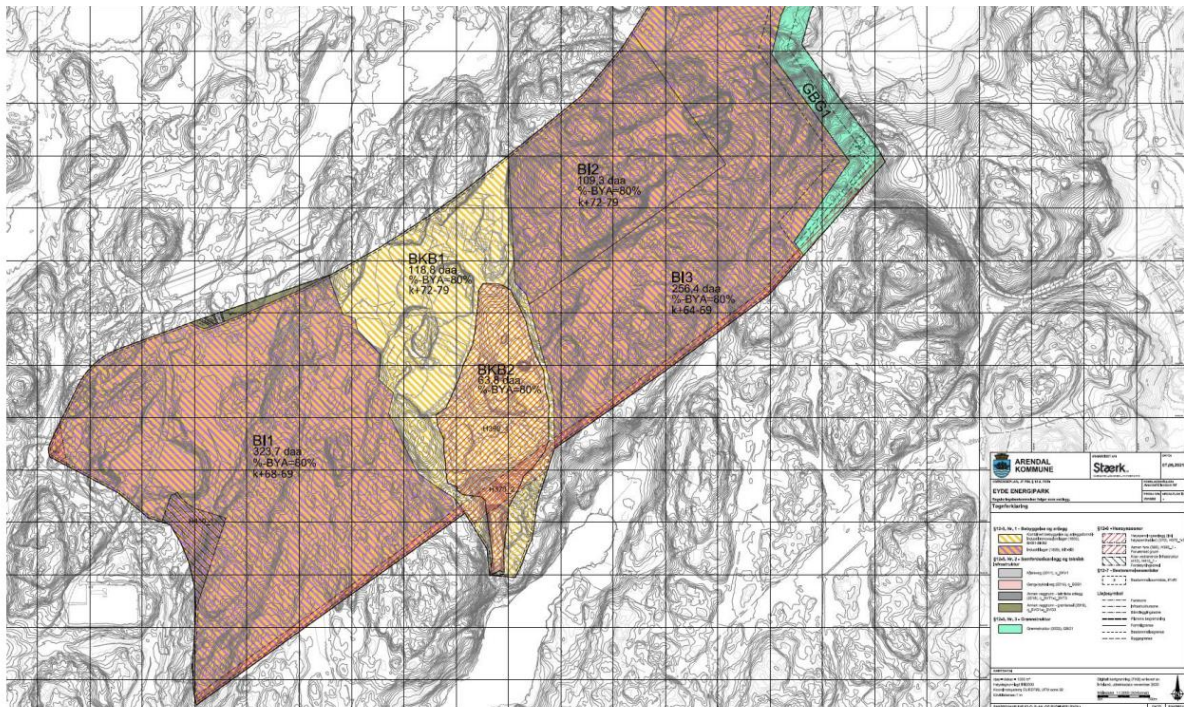
- Vedlegg D.01: Stedsvurdering – utregninger (Excel fil)
- Vedlegg D.02: Fisk og alger – utregninger (Excel fil)
- Vedlegg D.03: Dyrketeknologi – utregninger (Excel fil)
- Vedlegg D.04: Samlet poengsum oppsummering (Excel fil)
- Vedlegg D.05: Drivhus på tak – Materialregnskap (Excel fil)
- Vedlegg D.06: Arealbruksendringer (Excel fil)

12.5 Vedlegg E: Illustrasjon av hovedkategori, underkategori og kriterie (Eksempel)

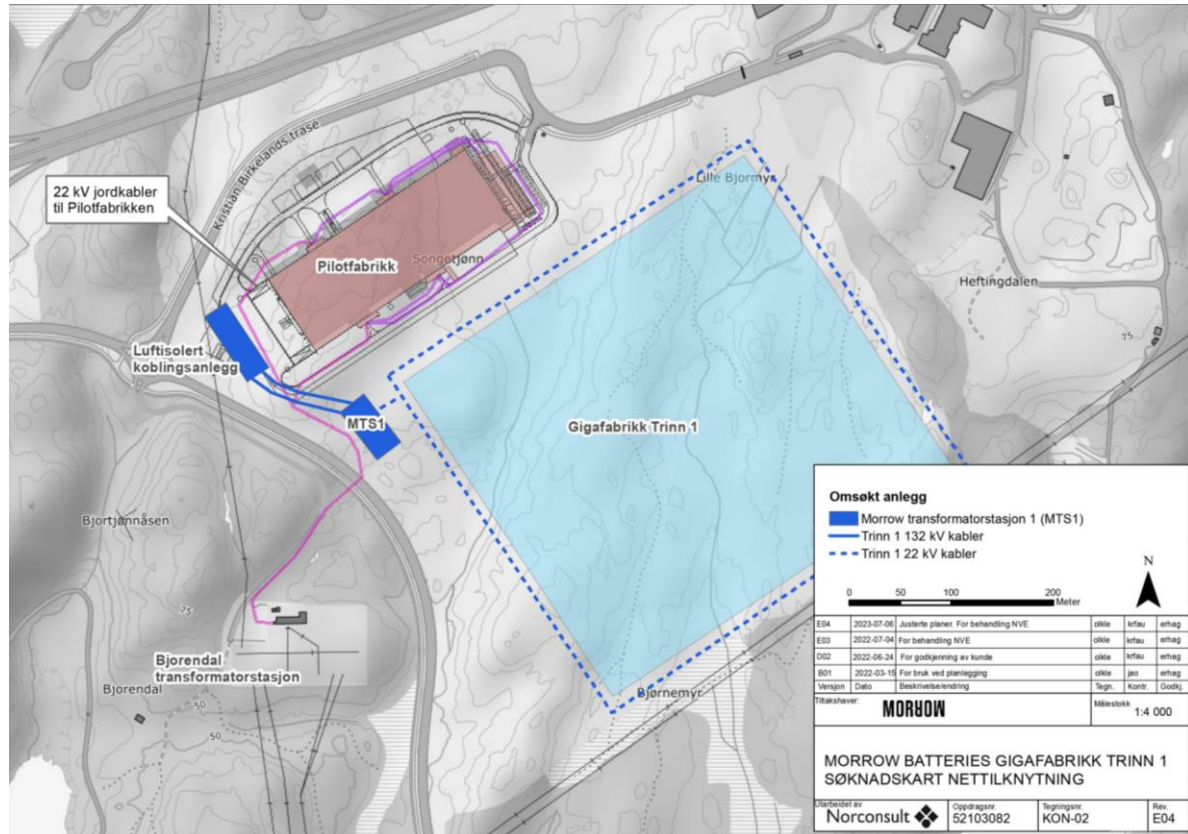
Figuren viser til en egenlaget illustrasjon over sammenhengen mellom hovedkategori, underkategori og kriterier. Det første steget var å fastsette hovedkategorier, som endte opp med å bli avgrenset til 10 stk. I dette eksempelet ble dette «Dyrketeknologi». Neste var å finne frem til tilhørende underkategorier, herunder «Aeroponisk dyrketeknologi» (56 ulike underkategorier fordelt utover 10 hovedkategorier). Siste steget var å finne frem og fastsette kriteriene, som la grunnlag for hvilken informasjon som skulle vurderes for hver av underkategoriene. Kriteriene her var blant annet «Antall planter», «Vannbehov» og «Merverdi» (86 kriterier fordelt utover alle hovedkategoriene) [1].



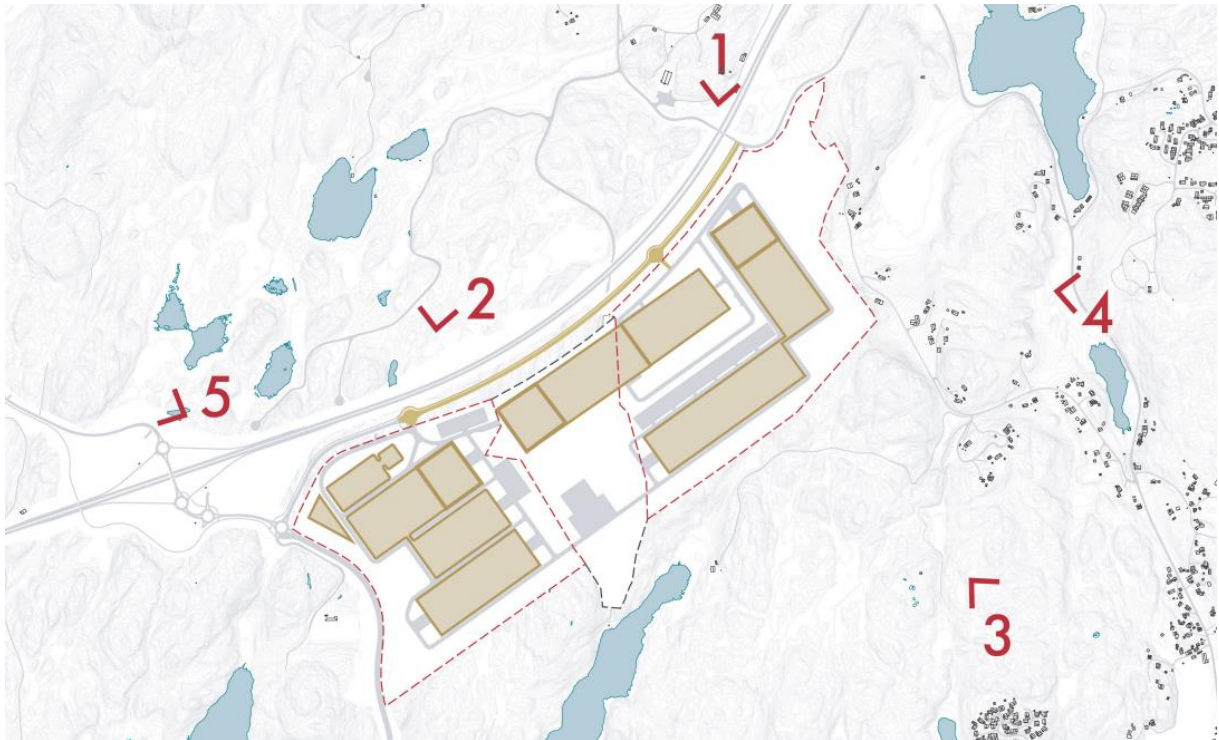
12.6 Vedlegg F: Case - Morrow batterifabrikk



Figur 156 Omreguleringsplan Morrow batterifabrikk [47].



Figur 157 Oversikt over trinn 1 tilhørende pilotfabrikk og gigafabrikk [336].



Figur 158 «3-D illustrasjoner» dokument på Arendal kommunes planinnsyn nettside. Illustrasjonsplan Morrow batterifabrikk (Vinkeloversikt) [20].



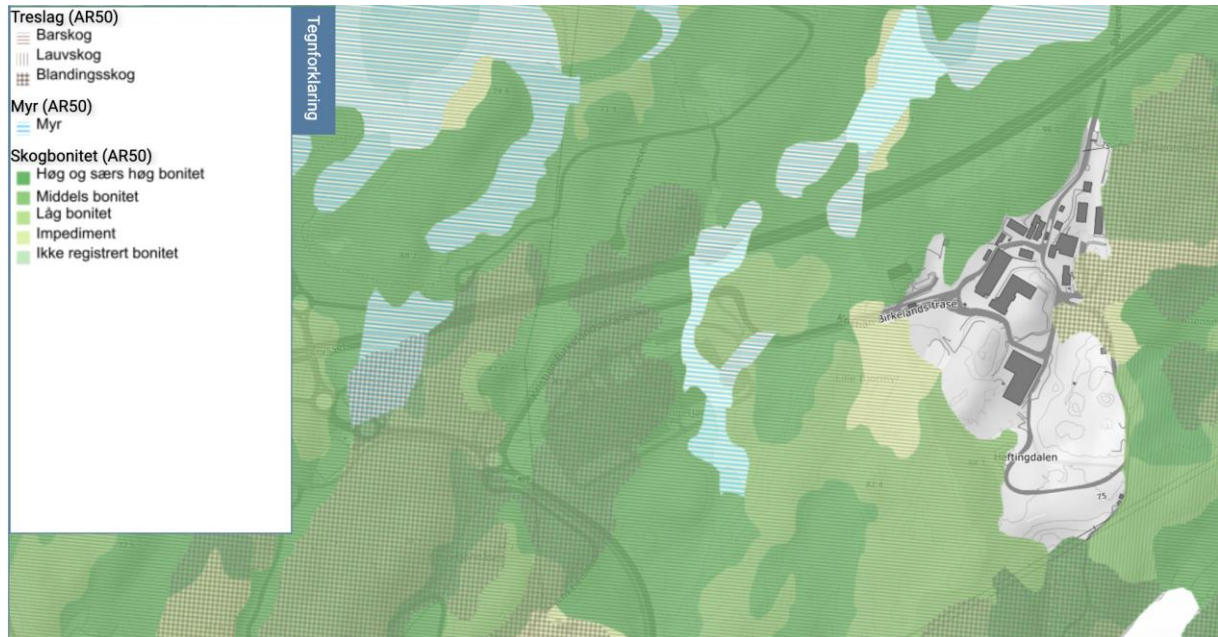
Figur 159 «3-D illustrasjoner» dokument på Arendal kommunes planinnsyn nettside. Illustrasjon av Morrow batterifabrikk illustrasjon Morrow batterifabrikk (Vinkel 2) [20].



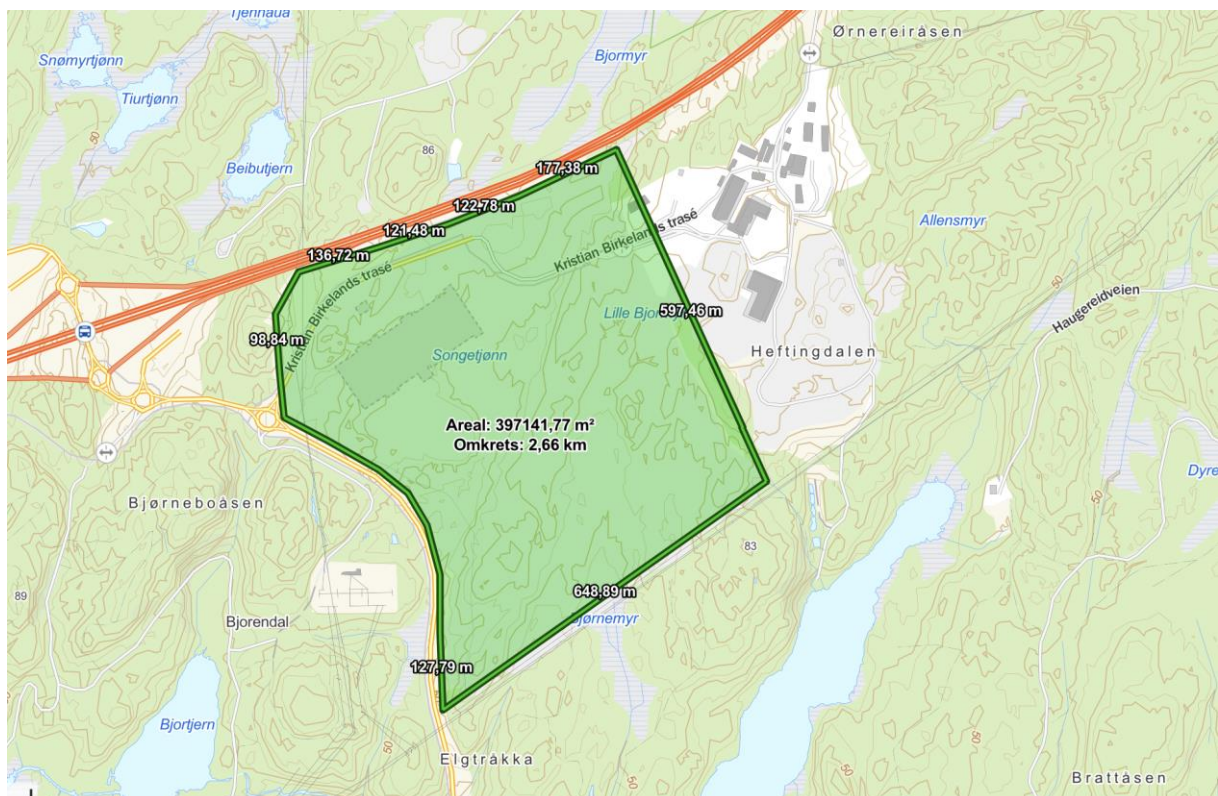
Figur 160 «3-D illustrasjoner» dokument på Arendal kommunes planinnsyn nettside. Illustrasjon av Morrow batterifabrikk (Vinkel 5) [20].



Figur 161 «Snitt A-A» dokument på Arendal kommunes planinnsyn nettside. Av Morrow batterifabrikk. Hentet fra Arendal kommunes planinnsyn nettside [20].



Figur 162 Arealressurser (AR50), parametere som brukes i beregning av klimagassberginger for arealbruksendringer [334].



Figur 163 Areal som er avskoget for utbygging av pilotfabrikken og batterifabrikk 1. Arealet er tegnet ut i Arendal kommune kartdata [2].

12.7 Vedlegg G: Litteratursøk/dokumentsøk

Tabell 121 Oversikt over litteratur og dokumenter benyttet i litteratur/dokument søk [1].

Dato	Database	Søkestrategi	Søkeord og nøkkelord	Notater	Antall treff	Antall valgt
19.01	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å finne fagfelleverderte artikler om materialbruk og utforming av drivhus. 	Greenhouse dimensions	<p>Funnet frem til artikkel:</p> <p><i>"Using solar greenhouses in cold climates and evaluating optimum type according to sizing, position and location: A case study" [51].</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Rapporten sammenligner fem ulike drivhus-typer opp mot solenergi opptak. Det sees også på bruk av drivhus i kaldere klima. Gjennomgås både utforming og plassering av drivhus. - Er fra 2015. - <u>Troverdighet:</u> Rapporten er publisert på ScienceDirect/Elsevier. 	84 600	1
23.01	Science Direct	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som publisert etter 2019 - Artikler som gir en generell beskrivelse av tak-drivhus - Artikler som omhandler energi symbiose mellom vertsbbygning og drivhus - Fagfelleverdert 	Rooftop greenhouse RTG	<p>Funnet frem til artikkel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>"Quantifying energy symbiosis of building-integrated agriculture in a mediterranean rooftop greenhouse" [152]</i> - <i>"Urban farming with rooftop greenhouses: A systematic literature review" [78]</i> - <u>Relevans:</u> Høy, rapportene dekke temaer som generell bærekraft, ventilasjon, spill varme, energisymbiose mellom takdrivhuset og vertsbbygningen (CO₂, varme og kjølestrømmer) - <u>Troverdighet:</u> Høy, da artiklene er fagfelleverdert 	76	2
23.01	Science Direct	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som publisert etter 2019 - Artikler som gir en generell beskrivelse av tak-drivhus 	IRTG natural ventilation	<p>Funnet frem til artikkel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>"Building-integrated greenhouses raise energy co-</i> 	14	1

		<ul style="list-style-type: none"> - Artikler som omhandler energi symbiose mellom vertsbbygning og drivhus - Fagfelleverdert 		<p><i>benefits through active ventilation systems” [80]</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy, rapporten dekke temaer innenfor ventilasjon, spill varme, energisymbiose (CO₂, varme og kjølestrømmer) - <u>Troverdighet:</u> Høy, da artiklene er fagfelleverdert 		
29.01	Google	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke tematikk rundt urbant landbruk i Norge, og eventuelle føringer eller informasjon om virkning av urbant landbruk. Strategier, lover, matsikkerhet ol. 	Urbant landbruk regjering	<p>Funnet frem til strategien: «Dyrk byer og tettsteder. Nasjonal strategi for urbant landbruk» [116].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Strategien omhandler urbant landbruk; Hva det er, hvordan det kan påvirke det norske samfunnet, verdiskaping. - Er fra 2021. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Strategien er utgitt av Departementene (Regjeringen). 	35100	1
05.02	Science Direct	<ul style="list-style-type: none"> - Fagfelleverdert - Artikler som sammenligner effekten og temperatur nedgang av pute-vifte og tåke-systemer - Mest sitert eller benyttet i annen litteratur/bøker som referanse 	pad-fan and fog systems	<p>Funnet frem til artikkel: “Sonic anemometry to evaluate airflow characteristics and temperature distribution in empty Mediterranean greenhouses equipped with pad-fan and fog systems” [245]</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy, Artikkelen sammenligner begge systemene opp mot hverandre i forhold til et naturlig ventilert drivhus. Gir dermed innsikt i hvor effektiv kjølesystemene er. - <u>Troverdighet:</u> Høy, fagfelleverdert. 	835	1
21.02	Google	<ul style="list-style-type: none"> - Rapporten «Climate change 2023» er funnet via miljødirektoratets nettside. - Fagfelleverdert - snøballmetoden 	Klimaendringer og matproduksjon	<p>Funnet frem til rapport: «Climate change 2023» [69]</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Rapporten omhandler blant annet klimaendringens konsekvenser tilknyttet matproduksjonen - <u>Troverdighet:</u> Høy, fagfelleverdert. 	1	1

21.02	Oria	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere fagstoff publisert etter 2019, grunnet dyrketeknologier har hatt store fremskritt de siste årene. - Bøker og artikler. - Fagfelleverdert litteratur som dekker et bredt spekter av temaer innenfor dyrketeknologi og bærekraft 	Aquaponics	<p>Funnet frem til bok: <i>"Aquaponics food production systems: combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future"</i> [68]</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Dekker flere temaer innenfor dyrketeknologier, spesielt akvaponi. Gir også innsikt i bærekraft, hydroponikk, samt takdrivhus. - <u>Troverdighet:</u> Fagfelleverdert, skrevet av professorer og eksperter. Personene har også erfaring med akvaponisk og hydroponisk dyrking fra flere forskjellige land. 	1467	1
28.02	Science Direct	<ul style="list-style-type: none"> - Generell overordnet beskrivelse av ulike kjøle-/ventilasjonsystemer benyttet i drivhus - Litteraturstudie som viser til flere andre studier - Publiseringsdato etter 2020 - Fagfelleverdert 	cooling technologies greenhouse	<p>Funnet frem til artikkel:</p> <ul style="list-style-type: none"> - "Selection criteria of cooling technologies for sustainable greenhouses: A comprehensive review"[138] - Ledet til funn av en annen artikkel "Energy efficiency in greenhouse evaporative cooling techniques: Cooling boxes versus cellulose pads" [45] - <u>Relevans:</u> Bredt spekter av artikler som er publisert. Valgte artikkel som omhandlet flere teknologier innen ventilasjon og kjølesystemer (naturlig ventilasjon, fordampende kjølesystem og skyggelegging) for å få et overblikk over alle systemene - Artikkelen har benyttet litteraturstudie som metode, gir også gode referanser til andre nyttige artikler - Vurderer også effekten av alle kjøle/ventilasjons-systemene - <u>Troverdighet:</u> Høy, fagfelleverdert 	35316	1
01.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. 	Urbant landbruk Norge	<p>Funnet frem til NIBIO Rapport: <i>«Urbant landbruk: Alle kan bidra til økt matsikkerhet i Norge»</i></p>	4360	1

		<ul style="list-style-type: none"> - Ønskelig å undersøke tematikk rundt urbant landbruk i Norge, og eventuelle føringer eller informasjon om virkning av urbant landbruk. Strategier, lover, matsikkerhet ol 		<p>[118].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u>Høy. Rapporten omhandler urbant landbruk; Hvordan dette kan implementeres i byer med regneeksempel og matsikkerhet. - Er fra 2023. - <u>Troverdighet:</u> Høy: Rapporten er utgitt av Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO). 		
01.03	Google	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - FAO ble nevnt i nasjonal strategi for urbant landbruk [116]. - Ønskelig å undersøke urban dyrking og grønne byer i kombinasjon med FAOs mål. 	FAO Green cities	<p>Funnet frem til programmet: «Green cities Action Programme: Building back better» [117].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Rapporten omhandler; Fremming av bærekraftig byutvikling, grønne byer, grønn teknologi og innovasjon innen bærekraftige bysamfunn. - Er fra 2020. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Rapporten er utgitt av Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 	25 600 000	1
02.03	Goole	<ul style="list-style-type: none"> - Generell beskrivelse av vekstvilkår for salat (temperatur, RF, planteavstand) 	Salat dyrking	<p>Funnet frem til veileder: Fagartikkel/nettside om «Salat» [211]</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy, gir en generell beskrivelse om hvordan dyrke frem salat - Mange resultater fra diverse hagesenter og plantasjer - Vanskelig å finne noen relatert til drivhusdyrking - <u>Troverdighet:</u> Høy, Valgte Agropub som er en nettside for kunnskap om landbruk og agronomi. 	520 000	1
02.03	Google scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Søkte på norsk for å finne artikler relatert til salat dyrking etter norske forhold. 	Salat drivhus	<p>Funnet frem til rapport: «Vinter dyrking i drivhus» [314]</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Artikkel relatert til salat og dens evne til å tåle kaldere temperaturer. Inneholder også informasjon 	4	1

				<p>om generell vinterdyrking i drivhus.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Troverdighet</u>: Utgitt av Norsøk som er senter for økologisk landbruk 		
03.03	Google	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke spillvarme tilknyttet industrielle prosesser, og Morrow batterifabrikk. <p>Teoretisk utvalg SINTEF-rapporten viste til ulike teknologier innen spillvarme utnyttelse [132]. Dette førte videre til:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Høytempererte varmpumper - Organisk rankinesyklus (ORC). - Turbin. 	Morrow batteries spillvarme	<p>Funnet frem til: Arendal kommune nettside "Sirkulær økonomi og bærekraftig batteriproduksjon".</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <p>Henvist videre til rapport: «Muligheter for å utnytte lavtemperatur-spillvarme fra prosessindustrien i Grenland» [132].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Rapporten omhandler utnyttelse av spillvarme fra industriprosesser. - Er fra 2019. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Rapporten er utgitt av SINTEF. 	2730	1
04.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikler godkjennes ved spesielle tilfeller; Der det er informasjon basert på norske forhold. - Ønskelig å undersøke spillvarme utnyttelse ved bruk av varmpumper i industrielle prosesser. <p>Teoretisk utvalg SINTEF-rapporten viste til ulike teknologier innen spillvarme utnyttelse [132]. Dette førte videre til:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Høytempererte varmpumper</u> - Organisk rankinesyklus (ORC). - Turbin. 	Hybrid Energy heat pump waste heat industry	<p>Funnet frem til artikkel: "Hybrid heat pump system by using industrial waste heat".</p> <ul style="list-style-type: none"> - Overskrift virket lovende. - Ble ikke brukt videre da den stod på annet språk enn norsk/engelsk, og er fra 2009. <p>Funnet frem til artikkel: "Hybrid heat pump for waste heat recovery in Norwegian food industry" [249].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Artikkelen inneholder informasjon om en høytemperert varmpumpe som brukes under norske forhold. - Er fra 2011. Men da den omhandlet norske forhold ble beskrivelsene av teknologien tatt med. - <u>Troverdighet</u>: Middels. Artikkelen er utgitt gjennom konferansen «International 	122 000	2

				Heat Pump Conference 2011».		
04.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Fagfelleverderte artikler som omhandler termiske gardiner i drivhus. - Artikler som ser på energibesparelse og temperaturgradienter er av interesse - Artikler som er sitert mest - Nyere artikler etter 2020 	Thermal curtains greenhouse	<p>Funnet frem til artiklene:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>"Determination of the Effect of a Thermal Curtain Used in a Greenhouse on the Indoor Climate and Energy Savings"</i> [243] - Ledet til funn av annen artikkel <i>"Effect of greenhouse design parameters on conservation of energy for greenhouse environmental control"</i> [244] - <u>Relevans:</u> Høy, artikkelen sammenligner temperatur og energi forskjell i drivhus utstyrt med og uten termiske gardiner - Varmebehov om nattetid og dag - <u>Troverdighet:</u> Høy, fagfelleverdert 	6320	2
06.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikler godkjennes ved spesielle tilfeller som; forskning basert på europeiske forhold, lang tidsbruk for søk eller at informasjonen er svært relevant for oppgaven. - Fagfelleverdert. - Ønskelig å undersøke ulike oppvarmingsteknologier tilknyttet drivhus. 	Heating greenhouse	<p>Funnet frem til:</p> <p><i>"Experimental evaluation of using various renewable energy sources for heating a greenhouse"</i> [337].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Rapporten omhandler bruk av ulike bærekraftige energikilder for å varme drivhus. Omhandler også varmedistribusjon i drivhus. - Er fra 2013. Godkjent da forskningen er basert på forhold i Tyrkia (Varmere enn norske forhold), men artikkelen gir innsikt i teknologiene og informasjon om drivhus som er nødvendig for masteroppgaven. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Rapporten er publisert på ScienceDirect/Elsevier. <p>Funnet frem til:</p> <p><i>"Survey and evaluation of heating technologies for</i></p>	110000 0	2

				<p><i>worldwide agricultural greenhouse applications</i>" [247].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Rapporten omhandler en oversikt over ulike oppvarmingsteknologier som brukes i drivhus. - Er fra 2008. Men innsikt i ulike oppvarmingsteknologier blir ikke ansett som informasjon som utdateres nevneverdig, og er svært relevant for oppgaven. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Rapporten er publisert på ScienceDirect/Elsevier. 		
06.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Fagfelleverdert. - Ønskelig å undersøke drivhus og hvordan disse er utformet, samt hvordan innførelse av drivhus kan bidra sosialt. 	Study architecture greenhouse social	<p>Funnet frem til: <i>"Exploring the opportunities for building a rooftop greenhouse. Case study from Bergen, Norway"</i> [177].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Rapporten omhandler en case-studie hvor det implementeres takdrivhus i Bergen. Undersøkes for kostnader og muligheter for marked. - Er fra 2019. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Rapporten er utgitt av NIBIO. 	229000	1
07.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikkel, godkjennes da den er relevant for oppgaven, og har trolig informasjon som ikke er utdatert (Ingen nye teknologier ol.) - Fagfelleverdert. - Ønskelig å undersøke varmetap og varmeprosesser i drivhus. 	Heat loss greenhouse	<p>Funnet frem til: <i>"Reducing greenhouse energy consumption – An overview"</i> [338].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Publikasjonen omhandler drivhus generelt, og med fokus på energibruk i drivhus. - Er fra 2011 - <u>Troverdighet:</u> Høy/middels. Publikasjonen er utgitt av College of Agricultural & Life Sciences og University of Wisconsin-extension. 	136000 0	1
07.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. 	Organic Rankine cycle waste heat recovery	<p>Funnet frem til: <i>"A recent review of waste heat</i></p>	42100	1

		<ul style="list-style-type: none"> - Eldre artikler godkjennes ved spesielle tilfeller som; Svært relevant for oppgaven og det ellers er manglende litteratur. - Fagfelleverdert. - Ønskelig å undersøke ORC teknologi i kombinasjon med gjenbruk av spillvarme. <p>Teoretisk utvalg SINTEF-rapporten viste til ulike teknologier innen spillvarme utnyttelse [132]. Dette førte videre til:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Høytempererte varmepumper - <u>Organisk rankinesyklus (ORC).</u> - Turbin. 		<p><i>recovery by Organic Rankine Cycle” [276].</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Rapporten omhandler å gjenbruke spillvarme ved bruk av Organisk rankine syklus (ORC). - Er fra 2018. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Rapporten er publisert på ScienceDirect/Elsevier. 		
08.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikkel godkjent da den er relevant for oppgaven (Solvarmeanlegg og drivhus). - Fagfelleverdert. - Ønskelig å undersøke oppvarmingsmuligheter i drivhus, deriblant solvarmeanlegg. 	Solar heating system greenhouse	<p>Funnet frem til: <i>“Modelling and simulation of a hybrid solar heating system for greenhouse applications using Matlab/Simulink” [339].</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Rapporten omhandler solvarmeanlegg som brukes til oppvarming av drivhus. - Er fra 2013. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Rapporten er publisert på ScienceDirect/Elsevier. <p style="text-align: center;">↓</p> <p>Henvist videre til: Ved å trykke på «evacuated tube solar collector» link i rapporten, ble man ført videre til forskningsartikkelen «<i>Applications of nanofluids in solar energy collectors focusing on solar stills</i>» [340].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Rapporten omhandler solfangere, som er viktig for undersøkelse av solvarmeanlegg. - Er fra 2022. 	804000	1

				- <u>Troverdighet:</u> Høy. Rapporten er publisert på ScienceDirect/Elsevier.		
20.03	Goole	- Ønsker å finne leverandør av polykarbonat plate (multiwall)	polykarbonat plate drivhus	Funnet frem til nettside/drivhusleverandør: Drivhussenter: [25] - <u>Relevans:</u> Høy, inneholder material spesifikasjoner for polykarbonat kanal plater herunder: tykkelse, U-verd, vekt og annet informasjon - <u>Troverdighet:</u> Middels, trolig kan man stole på leverandøren	20 500	1
20.03	Google	- Leverandør av slagfast polykarbonat glass - Valgte leverandør med mest informasjon om materiale - Polykarbonat av LEXAN som også har tilgjengelig EPD	Polykarbonat glass	Funnet frem til datablad og drivhusleverandør: - Interglas: 3mm [13] - 6mm [310] - Hammerglass: [205] - <u>Relevans:</u> Høy, inneholder material spesifikasjoner for polykarbonat kanal plater herunder: tykkelse, U-verd, vekt og annet informasjon - <u>Troverdighet:</u> Middels, trolig kan man stole på leverandøren	33 400	3
20.03	Google	- Leverandør av herdet glass - Valgte Interglass grunnet tilstrekkelig informasjon om materialet	Herdet drivhusglass	Funnet frem til datablad og drivhusleverandør: - Interglas: Herdet glass [208] - <u>Relevans:</u> Høy, inneholder material spesifikasjoner for polykarbonat kanal plater herunder: tykkelse, U-verd, vekt og annet informasjon <u>Troverdighet:</u> Middels, trolig kan man stole på leverandøren	2 450	1
20.03	Google	- Leverandør av drivhus glass - Valgte drivhussenter grunnet tilstrekkelig informasjon om materialet	Drivhusglass	Funnet frem til datablad og drivhusleverandør: - Drivhussenter: [7] - <u>Relevans:</u> Høy, inneholder material spesifikasjoner for polykarbonat kanal plater herunder: tykkelse, U-verd, vekt og annet informasjon		1

				- <u>Troverdighet</u> : Middels, trolig kan man stole på leverenadøren		
26.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke og innhente informasjon om Ebb&Flow teknologi. 	Ebb and flow hydroponics	<p>Funnet frem til: "Growing without soil" [178].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Artikkelen omhandler hydroponiske dyrketeknologier, både positive og negative aspekter. Deriblant DWC, Ebb&Flow, NFT og Aeroponisk dyrking. - Er fra 2019. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Rapporten er publisert i «Farming Connect», gjennom «Aberystwyth Research Portal». 	4690	1
26.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke veksthastighet og dyrking av salat i ulike typer dyrketeknologier. 	Ebb and flow hydroponics salad	<p>Funnet frem til: "Comparative study on lettuce growing in NFT and Ebb and Flow system" [341].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Artikkelen omhandler produksjon av ulike typer salat i hydroponiske dyrketeknologiene NFT og Ebb&Flow. Viste blant annet til antall dager for salat å oppnå kommersiell størrelse. - Er fra 2021. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Artikkelen er publisert på «Horticulture Journal», og er en forskningsartikkel skrevet ved «Research center for Studies of Food Quality and Agricultural Products» og «University of Agronomic Sciences». <p>Funnet frem til: "Hydroponic Production Systems in Greenhouses" [295].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Kapittel av en større bok kalt «Climate Smart Greenhouses – Innovations and Impacts». 	637	2

				<p>Kapittelet omhandler hydroponisk dyrking, vs. tradisjonell jord-dyrking, og videre beskrivelse av teknologiene. Svært relevant var næringsstoff-tabellen for salat som ble nevnt i boken.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Er fra 2023. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Boken er publisert på IntechOpen. Er blitt «peer-reviewed». 		
27.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikkel godkjent da den er relevant for oppgaven (Salat i hydroponisk dyrkesystem) - Ønskelig å undersøke salatproduksjon i vertikale dyrketeknologier, herunder hydroponisk dyrking. 	Vertical hydroponics salad	<p>Funnet frem til: <i>"Economic analysis of an urban vertical garden for hydroponic production of lettuce (Lactuca sativa)"</i> [342].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Artikkelen omhandler bruk av vertikal hydroponisk teknologi for produksjon av salat. - Er fra 2015. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Rapporten er publisert på ResearchGate. Skrevet av professor innen «Hydroponics and Aquaponics Technologies» hos «Institute for Climate Change and Environmental Management» på «Central Luzon University». 	2760	1
27.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke vannbehov ved produksjon av salat i hydroponisk dyrketeknologi. 	Vertical hydroponics salad water use	<p>Funnet frem til: <i>"Improving water use efficiency in vertical farming: Effects of growing systems, far-red radiation and planting density on lettuce cultivation"</i> [298].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Rapporten omhandler vertikale dyrketeknologier hvor det skal produseres salat (Ebb&Flow og Aeroponisk dyrking). - Er fra 2023. - <u>Troverdighet</u>: Høy. 8 forfattere. Rapporten er publisert på ScienceDirect/Elsevier. 	13900	1

27.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke design og utforming til aeroponisk dyrketeknologi. 	Aeroponic system design	<p>Funnet frem til: <i>“Design, Development and Evaluation of Solar Powered Aeroponic System – A Case Study”</i> [304].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Rapporten omhandler Aeroponisk dyrking. Med både dimensjonering og ytterligere detaljer som kan brukes videre ved vurdering av teknologien. - Er fra 2020. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Rapporten er publisert på ResearchGate. 4 forfattere. Forfatterne er fra «University of Agricultural Sciences, Bangalore and Raichur». 	9390	1
27.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikkel godkjent da den er relevant for oppgaven (Dimensjonering av Ebb&Flow) - Ønskelig å undersøke Ebb&Flow dyrketeknologi, dimensjoner og vurderingsinformasjon 	Ebb and flow hydroponics vertical	<p>Funnet frem til: <i>“Design and construction of a vertical hydroponics system with semi-continuous and continuous nutrient cycling”</i> [296].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Konferansedokumentasjon/prosedyren omhandler informasjon om hydroponiske dyrketeknologiene NFT og Ebb&Flow. I hovedsak inneholdt den dimensjonering og informasjon om Ebb&Flow som er svært nyttig for opptegning av teknologien og vurderingsarbeid. - Er fra 2017. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Er publisert på AIP Publishing. 2 forfattere. «Biology Department, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Brawijaya». 	1810	1
27.03	Google	<ul style="list-style-type: none"> - Søke på engelsk for å utvide søket ytterlige - Valgte LEXAN grunnet norske drivhusforhandlere 	polycarbonate multiwall EPD	<p>Funnet EPD: Fant både EPD for polykarbonat plater (multiwall) og</p>	17 7000	2

		<p>selger produktet deres på markedet.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ikke alltid like lett å finne EPD på alle produkter som gjenspeiler det forhandleren selger, da det ikke er laget noen EPD for alle produktene, må dermed ta det man finner og gjennomføre ytterlige søk. - Ønsker å finne GWP kg CO₂-eq for miljøpåvirkninger. 		<p>polykarbonat glass gjennom sammen produsent LEXAN [343]. LEXAN polykarbonat glass: [288]</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy, gir informasjon om karbonutslipp relatert til GWP. - Mange resultater - Flere av resultatene ga ikke funn som var aktuelle for oppgaven da miljødeklarasjonene var ufullstendige og inneholdt flere andre del materialer. - <u>Troverdighet:</u> Høy 		
27.03	Google	<ul style="list-style-type: none"> - Søk på engelsk for å utvide søket ytterlige - Ønsker å finne GWP kg CO₂-eq for miljøpåvirkninger. - 		<p>Funnet EPD: Stronglass «tempered glass without coating» [289]</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy, gir informasjon om karbonutslipp relatert til GWP. - Mage resultater - Få brukbare resultater da også flere av glass materialene inneholdt andre materialer som karmen, metaller og doble glass. - Valgte å bruke herdet glass for å bade drivhusglass og herdet glass. Da glass materialer inneholdt rammer og andre komponenter. - <u>Troverdighet:</u> Høy 	41 800	1
27.03		<ul style="list-style-type: none"> - Google søk for å finne leverandører/produsent er for fasade materialer i drivhus - Leverandører som sammenligner spesifikasjoner fasadematerialer glass og plast i drivhus relatert til lys transmisjon, U-verdi, gjennomsiktighet, holdbarhet, installasjon, 	glass eller plast i drivhuset	<p>Funnet data:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Willabgarden leverandør av drivhus sammenligner plast med glass. Oppgir også tykkelse og U-verdi som er nyttig for isolasjonsevnen [286]. - Uteluksus gir nyttig informasjon om lys, varme, varighet og vedlikehold av fasade materialer [204] - Interglas sammenligner fordeler og ulemper med 	190 000	3

		vekt, UV-belysning og isolasjonsevne.		plast og glass i drivhus relater til material spesifikasjoner (lys transmisjon, gjennomsiktighet, holdbarhet, installasjon, vekt, UV-belysning og isolasjonsevne)[344]		
01.04	Google	<ul style="list-style-type: none"> - Utgitt av matprodusent som Bama, frukt eller andre aktører i det norske markedet. - Sesong kalender for grønnsaker - Kalender som beskriver veksesongen i måneder for alle grønnsaker 	Sesong kalender for norske grønnsaker	<p>Funnet data: Utarbeidet av: frukt.no [293]</p> <ul style="list-style-type: none"> - Relevans: Høy, Kalender som oppgir når norske grønnsaker/bær har sin vekstperiode. 	8 010	1
01.04	Google	<ul style="list-style-type: none"> - Nettsider med generell informasjon om jordbær og hobby dyrking. - Hagesenter som Hageland og plantasjen 	Dyrke jordbær avstand	<p>Funnet data:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plantasjen:[218] - Hageland: [345] - <u>Relevans:</u> Høy, informasjon om generell jordbærdyrking om temperatur, dyreavstand, belysning osv. - <u>Troverdighet:</u> Høy, da det er hageselskaper som selger frø til dyrking. 	2	6 140
01.04	Google scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Fagfellevurdert - Artikler som omhandler jordbærdyrking etter norske forhold. Da utenlandske klimaforhold er ulikt enn norske forhold. - Generell beskrivelse av temperaturer, avstander, stall og RF 	Dyrke jordbær	<p>Funnet data:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Effekt på avling og fruktkvalitet i jordbær av kulturtiltak i tunneldyrking av Bioforsk: [346] - Jordbær i Nordland av Bioforsk: [347] - Effekt på avling og fruktkvalitet i jordbær av kulturtiltak i tunneldyrking av Bioforsk: [348] - <u>Relevans:</u> Rapportene omhandler generell dyrking av jordbær og fordeler/ulempes ved dyrking av jordbær i tunnell drivhus - Temperatur, RF, stell, belysning - <u>Troverdighet:</u> Høy, bioforsk er norsk forskningsinstitutt innen landbruk. 	1 570	3

03.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikkel godkjent a den er relevant for oppgaven (Informasjon om alger) - Ønskelig å undersøke algevekst, samt generell informasjon om alger. 	Algae growth	<p>Funnet frem til artikkel: <i>“Effect of temperature and light on the growth of algae species: A review”</i> [315].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Rapporten omhandler alger og hvordan temperatur/lys påvirker vekst. Omhandler også grunnleggende informasjon om ulike typer alger. - Er fra 2015. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Rapporten er publisert på ScienceDirect/Elsevier. 2 forfattere. 	219000 0	1
03.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikkel godkjent da den er relevant for oppgaven (Alger og akvaponisk dyrketeknologi). - Ønskelig å undersøke algevekst, samt generell informasjon om alger. Spesifikt for Chlorella algetype. 	Algae growth chlorella aquaponics	<p>Funnet frem til artikkel: <i>«Co-cultivation of microalgae in aquaponic systems”</i> [318].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Kapittel innen boken «Bioresource Technology». Omhandler alger i akvaponisk dyrkesystem. Informasjon om algenes bidrag og annen informasjon for vurderingsarbeid. - Er fra 2017. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Publisert på ScienceDirect/Elsevier. 11 forfattere. <p>Funnet frem til boken: <i>«Aquaponics food production systems: Combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future”</i> [68].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Boken omhandler en rekke informasjon om akvaponisk og hydroponisk dyrketeknologi. Deriblant også om algevekst/bruk av alger i dyrketeknologier. - Er fra 2019. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Boken er publisert av Springer Nature. 	738	2
04.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. 	Tilapia growth rate aquaponics	<p>Funnet frem til artikkel: <i>“Growth and biochemical response of Nile Tilapia</i></p>	5390	1

		<ul style="list-style-type: none"> - Ønskelig å undersøke Tilapia fisk, og deres bidrag i akvaponisk dyrketeknologi. 		<p><i>(Oreochromis niloticus) to spirulina (Arthrospira platensis) enhanced aquaponic system” [349].</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Artikkelen omhandler informasjon om Tilapia fisk i akvaponisk dyrketeknologi. - Er fra 2021. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Artikkelen er publisert på ScienceDirect/Elsevier. 3 forfattere. Forfatterne er fra «Department of Horticulture and Food Security», «Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology» og «Department of Animal Sciences». 		
04.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke Tilapia fisk, og deres bidrag i akvaponisk dyrketeknologi. 	Tilapia farming marketability	<p>Funnet frem til artikkel: <i>“Bioeconomic modeling of optimal harvest time in Nile tilapia (Oreochromis niloticus) considering size heterogeneity and minimum marketable size” [233].</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Omhandler informasjon om Tilapia fisk og kommersiell vekt som kan brukes til vurderingsarbeid. - Er fra 2020. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Publisert på Scielo. I «Latin american journal of aquatic research». 11 forfattere. Forfatterne er fra ulike universiteter, avdelinger og forskningsinstitutter i Mexico. 	2140	1
04.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke hvilken effekt tilstedeværelse av fisk har på menneskers helse og psyke. 	Effects of fish on human psychology	<p>Funnet frem til artikkel: <i>“The effects of interaction with fish in aquariums on human health and well-being: A systematic review” [350].</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Omhandler helsegevinster fisk i akvarier kan ha på menneskers helse. - Er fra 2019. 	119000 0	1

				<ul style="list-style-type: none"> - Rapporten er utgitt av Høy. Publisert på PLOS ONE. Er «Peer-reviewed». 8 forfattere. Undersøkes en rekke forsknings-kilder og rapporten vurderer funn etter troverdighet og innhold. 		
04.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikkel godkjent da den er relevant for oppgaven (Torsk og vekstinformasjon). - Ønskelig å finne informasjon på torsk, både generell informasjon, men også ønsket markedsvekt. 	Cod farming market weight	<p>Funnet frem til artikkel: <i>“Development of cod farming in Norway: Past and current biological and market status and future prospects and directions”</i> [351].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Kapittel innen artikkelen/boken «Reviews in Aquaculture». Kapittelet omhandler informasjon om torskeproduksjon under norske forhold. - Er fra 2021. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Er publisert på WILEY Online Library. 7 forfattere. Alle jobber innen matforskningsinstituttet (Nofirma). <p>Funnet frem til artikkel: <i>“Feasibility of ranching coastal cod (Gadus morhua) compared with on-growing, full-cycle farming and fishing”</i> [352].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Kapittel innen «Marine Policy». Omhandler torsk og hvordan disse vokser i ulike typer for torskeproduksjon. - Er fra 2012. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Er publisert på ScienceDirect/Elsevier. 3 forfattere. Forfattere er fra ulike universitet og institutt på Island. 	53100	2
05.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. 	Tilapia freshwater saltwater	<p>Funnet frem til artikkel: <i>“Tilapia farming in Bangladesh:</i></p>	3820	1

		<ul style="list-style-type: none"> - Ønskelig å undersøke Tilapia fisk, og deres bidrag i akvaponisk dyrketeknologi. 		<p><i>Adaptation to climate change» [353].</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Omhandler Tilapia fisk i produksjonssystem. - Er fra 2021. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Er publisert på mdpi. Skrevet av forfattere innen områdene «Laboratory of Fish Ecophysiology», «Department of Genetics and Fish Breeding» og «School of Life and Environmental Sciences». 		
05.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke laks sin trivselstemperatur i vann, og ytterligere egenskaper. 	Salmon water temperature	<p>Funnet frem til artikkel: <i>«Summer is Coming! Tackling Ocean Warming in Atlantic Salmon Cage» [239].</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Omhandler egenskapene og reaksjonene til laks i et endret klima. - Er fra 2021. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Publisert på mdpi. Skrevet av forfattere innen ECOMARE «Centre for Environmental and Marine Studies», Nofirma (Norge), og UCIBIO «Applied Molecular Biosciences Unit». 	34500	1
07.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikkel godkjent da den er relevant for oppgaven (Algers bidrag innen merverdi faktorer). - Ønskelig å undersøke informasjon om helseeffekt og virkning til alger 	Algae Synechocystis health	<p>Funnet frem til artikkel: <i>“Algae: A way of life and health” [231].</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Omhandler algers egenskaper og bidrag innen merverdi for dyrkesystemer. - Er fra 2018. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Publisert på ScienceDirect, Academic Press. 	17900	1
07.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke informasjon om 	Phycoerythin health	<p>Funnet frem til artikkel: <i>«A pink pigment from red sources (rhodophyta) for a greener biorefining approach to food applications” [317].</i></p>	102000	2

		helseeffekt til phycoerythin.		<ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Omhandler algepigmenters effekter og egenskaper. - Er fra 2022. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Publisert på Taylor&Francis Online. <p>Funnet frem til artikkel: <i>"A review on a Hidden Gem: Phycoerythrin from Blue-Green Algae"</i> [316].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Omhandler algepigmenters effekter og egenskaper, blå/grønne alger. - Er fra 2023. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Publisert på mdpi. Forfattere innen akvakultur, biokjemi og agrikultur. 		
08.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke informasjon om veksthastighet/antall dager salat bruker på å vokse i Aeroponiske anlegg. 	Aeroponic system salad growth	<p>Funnet frem til artikkel: <i>"Influence of atomization nozzles and spraying intervals on growth, biomass yield, and nutrient uptake of butter-head lettuce under aeroponics system"</i> [319].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Omhandler salat dyrking i aeroponisk dyrketeknologi. - Er fra 2021. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Publisert på mdpi. Forfattere innen agrikultur ingeniør. 	1220	1
08.04	Google	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikler godkjennes ved spesielle tilfeller som; - Ønskelig å undersøke utforming og dimensjonering til Venlo-stil drivhus. 	Venlo style greenhouse	<p>Funnet frem til artikkel: <i>«Numerical analysis of ventilation efficiency of a Korean Venlo-type greenhouse with continuous roof vents"</i> [54].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Omhandler Venlo stil drivhus, med tilhørende informasjon om ventilasjon. - Er fra 2021. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Publisert på mdpi. Forfattere innen «Department of Rural Systems Engineering», 	1040	1

				«Research Institute of Green Eco Engineering».		
09.04	Google scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikkel godkjent da de er relevante for oppgaven (salat og vekster i akvaponisk dyrketeknologi). - Fagfelleurdert. - Ønskelig å finne informasjon om dyrketid i akvaponiske anlegg. 	Aquaponic days salad	<p>Funnet frem til artikkel: <i>"Year-Round Lettuce (Lactuca stiva L.) Production in a Flow-Through Aquaponic System"</i> [354].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Artikkelen omhandler salat produksjon i akvaponisk anlegg i «High tunnel» drivhus. Hadde også oversikt over vekst-tid for salat. - Er fra 2017 - <u>Troverdighet:</u> Høy. Rapporten er publisert på ResearchGate. <p>Funnet frem til artikkel: <i>«Evaluating aquaponic crops in a freshwater flow-through fish culture system»</i> [355].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Rapporten omhandler vekst egenskapene til 34 ulike vekster som ble dyrket i et kaldt lav-nærings akvaponisk system. - Er fra 2016 - <u>Troverdighet:</u> Høy. Rapporten er publisert på ScienceDirect/Elsevier. 	1630	2
09.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Fagfelleurdert. - Ønskelig å finne informasjon om dyrketid i Aeroponiske anlegg. 	Aeroponic salad day	<p>Funnet frem til artikkel: <i>"Lighting conditions affect the growth and glucosinolate contents of Chinese Kale leaves in an aeroponic plant factory"</i> [320].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Rapporten omhandler hvordan lysforhold kan påvirke vekst av «Chinese Kale» i et Aeroponisk system. Veksten er under lukkede forhold (Ikke i drivhus ute), og det er annen salat type. Men grunnet manglende informasjon på 	1130	1

				veksttid/dager i Aeroponisk system ble denne valgt. <ul style="list-style-type: none"> - Er fra 2022. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Rapporten er publisert på Springer Link. 		
09.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Fagfelleverdert. - Ønskelig å finne informasjon om dyrketid i DWC anlegg. 	DWC hydroponic salad days	Funnet frem til artikkel: <i>“Evaluation of three nutrient compositions for lettuce cultivars in two hydroponic systems”</i> [356]. <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Rapporten omhandler produksjon av salat i hydroponiske anlegg (DWC og NFT). Er nevnt tid for dyrking i rapporten. - Er fra 2023. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Rapporten er publisert på ResearchGate. 	159	1
09.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å finne informasjon om Aeroponiske systemer i kombinasjon med salat informasjon. 	Aeroponic salad	Funnet frem til artikkel: <i>“Assessment of the greenhouse gas emissions from aeroponic lettuce cultivation in Greece”</i> [321]. <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Rapporten omhandler utslipp tilknyttet Aeroponisk dyrking. Omhandlet også Kg CO₂ ekvivalenter for produksjon av 1 kg salat for ulike dyrketeknologier. - Er fra 2020. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Rapporten er publisert på Springer Link. 	1290	1
09.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å finne informasjon om kg CO₂ ekvivalenter tilknyttet akvaponisk dyrking. Da det ble funnet slike verdier for DWC teknologi og tradisjonelt jordbruk. 	Aquaponic kg CO ₂ eq. Per kg of lettuce produced.	Funnet frem til artikkel: <i>«Comparative life cycle assessment of aquaponics and hydroponics in the Midwestern United States»</i> [357]. <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Rapporten omhandler avkastning av kg CO₂ eq. For 1 dollar produsert produkt i akvaponisk og hydroponisk anlegg. 	983	1

				<ul style="list-style-type: none"> - Er fra 2020. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Rapporten er publisert på ScienceDirect. 		
09.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikkel godkjent da de er relevante for oppgaven (GWP). - Ønskelig å finne informasjon om kg CO₂ ekvivalenter tilknyttet akvaponisk dyrking. Da det ble funnet slike verdier for DWC teknologi og tradisjonelt jordbruk. 	Aquaponic lca lettuce	<p>Funnet frem til boken: «<i>An aquaponics life cycle assessment: evaluating an inovative method for growing local fish and lettuce</i>» [358].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Boken omhandler en LCA studie som undersøker to forskjellige akvaponiske metoder. Viser til utregnet GWP for 1 kg salatproduksjon. - Er fra 2017. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Boken er utgitt av ProQuest LLC. Og henvist fra Google Scholar 	1080	1
09.04	Google scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Fagfellevurdert - Artikler som omhandler tomatdyrking etter norske forhold. Da utenlandske klimaforhold er ulikt enn norske forhold - Artikler som inneholder generell beskrivelse av vekstvilkår for tomat (temperatur, stell, RF, plante avstand) 	Tomat dyrking norge	<p>Funnet frem til rapporter og veiledning:</p> <ul style="list-style-type: none"> - «<i>Økologisk dyrking av tomat</i>» av Norsk landbruks forening:[359] - «<i>Dyrking av økologiske tomater</i>» av NIBIO: [360] - «<i>Grønnpoding av tomat og agurk</i>» av Norsøk: [361] - <u>Relevans</u>: Høy, inneholder informasjon om tomatdyrking til mulighetsstudiet. - <u>Troverdighet</u>: Høy, informasjon gitt fra landbruksinstitutter. 	1060	3
09.04	Google	<ul style="list-style-type: none"> - Fagfellevurdert - Artikler publisert etter 2019 og frem til 2024 - Mest sitert - Artikler som inneholder generell beskrivelse av vekstvilkår for tomat, (temperatur, stell, RF, plante avstand) - Utvidet søk til engelsk for å finne generelle temperaturverdier og 	cultivation of tomato production	<p>Funnet frem til fagbok: «<i>cultivation of tomato: production, processing and marketing</i>» [362]</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: om omhandler generell litteratur om tomatdyrking - <u>Troverdighet</u>: høy, fagfeller vurdert 	664 000	1

		avstand/oppbinding mellom plantene				
10.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Fagfelleverdert - Artikler som inneholder generell beskrivelse av vekstvilkår for agurker (temperatur, stell, RF, plante avstand) - Norske rapporter for å undersøke klima i drivhus tilpasset Norge. 	Dyrke agurk	Funnet frem til rapporter og veiledninger: <ul style="list-style-type: none"> - «Dyrking av økologiske agurker» av Bioforsk: [363] - «Dyrkingsveiledning av økologisk agurk i veksthus» av NLR [219]: - «Grønnpoding av tomat og agurk» av Norsøk: [361] - <u>Relevans:</u> høy, om omhandler generell litteratur om agurk dyrking - <u>Troverdighet:</u> Høy, informasjon gitt fra landbruksinstitutter 	1 120	3
10.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikkel godkjent da de er relevante for oppgaven (Komponenter i DWC). - Ønskelig å finne informasjon om komponenter til ulike dyrketeknologier. Tenkes dette kan stå i LCA studier. 	Deep water culture DWC LCA	Funnet frem til artikkel: <p>«Eco-designing Aquaponics: A Case Study of an Experimental Production System in Belgium» [364].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u>Høy. Rapporten omhandler LCA studie på et akvaponisk anlegg der det også brukes DWC teknologi. Har oversikt over ulike komponenter. - Rapporten er fra 2018. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Rapporten er publisert på ScienceDirect/Elsevier. 	261	1
12.04		<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å finne beskrivelser av Ebb&flow teknologien. Vannbruk ol. 	Ebb and flow hydroponic	Funnet frem til artikkel: <p>«Water pump control system in hydroponic plants using ebb and flow method» [365].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Omhandler Ebb&Flow teknologien. - Er fra 2020. - <u>Troverdighet:</u> Høy. IOP konferanse artikkel. Del av serien «Earth and Environmental Sciences». Forfatter fra «Universitas Lancang Kuning». 	261	4940
12.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. 	Greenhouses type design	Funnet frem til artikkel: <p>“Using Solar greenhouses in cold climates and evaluating optimum type according to sizing, position</p>	128000	1

		<ul style="list-style-type: none"> - Eldre artikkel godkjent da de er relevante for oppgaven (Utforming av drivhus). - Ønskelig å finne informasjon om drivhus utforming; Form, komponenter, lengder på bjelker/søyler, høyde under tak, dimensjoner. 	technical analysis	<i>and location: A case study” [51].</i> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Omhandler drivhus utforming og muligheter. - Er fra 2015. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Publisert på ScienceDirect/Elsevier. 		
14.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Eldre artikkel godkjent da de er relevante for oppgaven (Dimensjoner og lastvurderinger for drivhus). - Ønskelig å finne informasjon om drivhus utforming; Form, komponenter, lengder på bjelker/søyler, høyde under tak, dimensjoner. 	Column greenhouse dimension venlo	<p>Funnet frem til artikkel: «<i>Strengthening Techniques for Greenhouses</i>» [137].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Omhandler utforming av drivhus og lastsikringstiltak. - Er fra 2020. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Publisert på mdpi. Forfattere innen «Department of Civil Engineering» og «School of Civil Engineering». <p style="text-align: center;">↓</p> <p>Henvist videre til konferanseprosedyre: «<i>Additional design requirements of steel commercial greenhouses in high seismic hazard EU countries</i>» [135].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Omhandler utforming av drivhus og lastsikringstiltak. - Er fra 2011. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Publisert gjennom ResearchGate. <p>Henvist visere til artikkelen: «<i>Generic Algorithm for Cost Optimization of Different Multi-Tunnel Greenhouse Design Alternatives</i>» [53].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Omhandler tunnel drivhus og utforming. Med tilhørende lastsikring. - Er fra 2022. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Publisert på mdpi. Forfattere innen 	611	1

				«Mechanical and Fluid Engineering Research Group».		
14.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å finne informasjon om drivhus utforming; Form, komponenter, lengder på bjelker/søyler, høyde under tak, dimensjoner 	Greenhouse design environment assessment	<p>Funnet frem til artikkel: «<i>Building-integrated agriculture: Are we shifting environmental impacts? An environmental assessment and structural improvement of urban greenhouses</i>» [55].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Omhandler tak-drivhus med optimalisering av utforming og last-løsninger. - Er fra 2021. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Er publisert på ScienceDirect/Elsevier. 	247000 0	1
29.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Rapporter relatert til energiforbruk og tiltak for å redusere klimagassutslipp relatert til norske drivhus 	Energibruk i norske drivhus	<p>Funnet frem til artikkel: Energibruk I norske veksthus [21]</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy, da rapporten gir en rekke tiltak for å gjøre drivhusene klimanøytrale - <u>Troverdighet:</u> Høy, da rapporten er utarbeidet av SINTEF 	153	1
29.03	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Rapport relatert til norske drivhus - Klimagassutslipp for ulike vekster i drivhusnæringen 	Klimagassutslipp tomat, agurk og salat	<p>Funnet frem til artikkel: «Klimagassreduksjon i veksthusnæringen i Rogaland: Muligheter, barrierer og tiltak»[79]</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy, da rapporten gir informasjon om klimagassutslipp til grønnsaker, men også hvordan klimagassutslipp kan reduseres i drivhusnæringen. - <u>Troverdighet:</u> Høy, da rapporten er utarbeidet av NIBIO 	39	1
14.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å finne informasjon om drivhus utforming; Form, komponenter, lengder 	Greenhouse design aluminium venlo style	<p>Funnet frem til artikkel: «<i>History of Controlled Environment Horticulture: Greenhouses</i>» [149].</p>	548	1

		på bjelker/søyler, høyde under tak, dimensjoner.		<ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Omhandler drivhus historie og noe utforming. - Er fra 2022. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Er publisert på American Society for Horticultural Science. 		
15.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke vindlasten på drivhus av stål. 	Steel frame greenhouse wind loads	<p>Funnet frem til artikkel: «Dynamic response analysis of a whole steel frame solar greenhouse under wind loads» [50].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Rapporten omhandler analyse av og lastvurdering for kinesisk sol-drivhus. Som kan overføres til drivhus generelt. - Er fra 2022. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Er publisert gjennom «Scientific reports». 	35300	1
16.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke ulike design for drivhus 	Review greenhouse design	<p>Funnet frem til artikkel: «Review on greenhouse microclimate and application: Design parameters, thermal modeling and simulation, climate controlling technologies» [256].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Omhandler litteratur rundt drivhus systemer og ønskelige egenskaper. - Er fra 2019. - <u>Troverdighet</u>: Høy. Rapporten er publisert på ScienceDirect/Elsevier. 	166000 0	1
16.04	Science Direct	<ul style="list-style-type: none"> - Artikler som omhandler belysning: HPS og LED - Fagfelleverdert - Norske drivhus 	LED-light greenhouse sustainability	<p>Funnet frem til artikkel: “Optimisation of supplemental light systems in Norwegian tomato greenhouses-A simulation study “[250]</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Sammenligner HPS og LED-belysning i norske drivhus på bakgrunn av økonomi energieffektivitet og bærekraft 	42 989	2

				- <u>Troverdighet</u> : Høy. fagfellelvurdert		
16.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke drivhus sine termiske egenskaper og forhold 	Greenhouse design thermal performance	<p>Funnet frem til artikkel:</p> <p>«Simulation of thermal performance of solar greenhouse in north-west of Iran: An experimental validation» [260].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Omhandler en simulering av et drivhus sine termiske egenskaper. Er derimot for et drivhus i Iran, som er mye varmere enn norske forhold. - Er fra 2019 - <u>Troverdighet</u>: Høy. Publisert på ScienceDirect/Elsevier. 	133000 0	1
17.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke forskjell på enkelt-spenn og flerspenn drivhus opp mot energibruk 	Single-span multi-span greenhouse	<p>Funnet frem til artikkel:</p> <p>“Building energy an simulation model for analyzing energy saving options of multi-span greenhouses” [255].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Omhandler simulering av drivhus modeller (Fler-spenn). - Er fra 2020 - <u>Troverdighet</u>: Høy. Publisert på mdpi. Forfatterne er innen «Department of Agricultural Engineering», «Department of Bio-Industrial Machinery Engineering». 	895	1
17.04	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke forskjell på enkelt-spenn og flerspenn drivhus opp mot luftstrømning 	Single-span multi-span greenhouse air flow	<p>Funnet frem til artikkel:</p> <p>“Heat transfer in three-dimensional multi-span greenhouses containing ventilators” [257].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans</u>: Høy. Omhandler luftstrømninger i enkelt-spenn kontra fler-spenn drivhus. - Er fra 2021. - <u>Troverdighet</u>: Middels. Publisert på UJContent. Forfattere innen «Department of Mechanical Engineering Science» og «Department of Engineering and Technology Management». 	651	1

06.05	Google Scholar	<ul style="list-style-type: none"> - Nyere artikler eller fagstoff som er publisert etter 2019. - Ønskelig å undersøke bruk av solvarmeanlegg i drivhus. 	Solar energy system design greenhouse	<p>Funnet frem til artikkel: “Optimal design and operation of solar energy system with heat storage for agricultural greenhouse heating” [366].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u>Høy. Omhandler solvarmeanlegg for bruk i drivhus. - Er fra 2021. - <u>Troverdighet:</u> Høy. Publisert på ScienceDirect/Elsevier. <p>Funnet frem til artikkel: “Renewable and sustainable energy saving strategies for greenhouse systems: A comprehensive review” [252].</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Relevans:</u> Høy. Omhandler fornybare teknologier til bruk i drivhus, - Er fra 2021 - <u>Troverdighet:</u> Høy. Publisert på ScienceDirect/Elsevier. 	163000 0	2
-------	----------------	--	---------------------------------------	--	-------------	---

12.8 Vedlegg H: Materialoversikt ferdig drivhus

Element	Materiale	Antall	Lengde [mm]	Areal [mm ²]	Volum [mm ³]	Densitet [kg/mm ³]	Vekt [kg]
Stål søyler drivhus (4m)	Stål	127	4000	261	4316691,06	0,00000785	4303,53
Trellis truss (Overgurt og undergurt)	Stål	Ikke nødvendig	2246112,4	261	586235336	0,00000785	4601,95
Trellis truss (Stav)	Stål	Ikke nødvendig	2134474	153,86	328410170	0,00000785	2578,02
Bjelke (Over søyler) Korte	Stål	25	11648	831	241987200	0,00000785	1899,60
Bjelke (Over søyler) Lange	Stål	20	20916,9	831	347638878	0,00000785	2728,97
Bjelke (Uten søyler) lange	Stål	4	62899,8	831	209078935,2	0,00000785	1641,27
Bjelke (Uten søyler) korte	Stål	3	41979,4	831	104654644,2	0,00000785	821,54
Aluminium (Tak) Lange skrå	Aluminium	14	5828	2500	203980000	0,0000027	550,75
Aluminium (Tak) Korte skrå	Aluminium	8	5828	2500	116560000	0,0000027	314,71
Aluminium (Tak) Horisontal	Aluminium	21	20916,9	2500	1098137250	0,0000027	2964,97
Aluminium (Renne) Lang	Aluminium	4	63123	1500	378738000	0,0000027	1022,59
Aluminium (Renne) kort	Aluminium	3	41979,4	1500	188907300	0,0000027	510,05
Aluminium feste (Topp) Lang	Aluminium	4	63123	1200	302990400	0,0000027	818,07
Aluminium feste (Topp) Kort	Aluminium	3	41979,4	1200	151125840	0,0000027	408,04
Glass feste (Bunn)	Aluminium	1	287274,2	7200	2068374240	0,0000027	5584,61
Glass fasade (Rektangulær)	Slagfast polykarbonat	58	Ikke nødvendig	Ikke nødvendig	69769670,9	0,0000012	4855,97
Glass fasade (Tak/Triangulær)	Slagfast polykarbonat	28	Ikke nødvendig	5726890,47	17180671,41	0,0000012	20,62
Glass fasade (Tak)	Slagfast polykarbonat	360	Ikke nødvendig	Ikke nødvendig	69839334,9	0,0000012	30170,59
Aluminium (Utside lastsikring) Høye	Aluminium	28	6003	261	43869924	0,0000027	118,45
Aluminium (Utside lastsikring) Horisontale	Aluminium	1	861822,6	261	224935698,6	0,0000027	607,33
Skrå vaier	Aluminium/stål	58	Ikke nødvendig	Ikke nødvendig	131972,23	0,0000027	20,67
Knutepunkt til eksisterende bæresystem	Betong		338	90000	30420000	0,0000022	66,92