

Håndtering av overvann for et næringsområde

En studie om hvordan overvann kan håndteres for et næringsområde i Grimstad kommune med fokus på overvannets problemer og muligheter.



BJØRNAR HOVSTAD EKRA

VEILEDERE

Helge Liltved, UiA

Tore Terkelsen, Asplan Viak

Universitetet i Agder, 2023

Fakultet for teknologi og realfag

Institutt for ingeniørvitenskap

Master

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 erklærer herved at min besvarelse er mitt eget arbeid, og at jeg ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg 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 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 er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert.	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg er kjent med at Universitetet i Agder vil behandle alle saker hvor det foreligger mistanke om fusk etter høgskolens retningslinjer for behandling av saker om fusk.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg har satt meg 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 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 forfatterens godkjenning.

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

Jeg gir herved Universitetet i Agder en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

JA NEI

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?
(Båndleggingsavtale må fylles ut)

JA NEI

- 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 Bygg ved Universitet i Agder. Masteroppgaven er den avsluttende oppgaven i emnet BYG508 og ble utarbeidet i det fjerde og siste semesteret.

Jeg vil også benytte anledningen til å takke veilederen min ved Universitet i Agder, Helge Liltved for alt engasjement, oppfølging og faglig innsikt. I tillegg vil jeg takke min eksterne veileder ved Asplan Viak i Arendal, Tore Terkelsen for spennende oppgaveforslag, interessante veiledninger og gjestfrihet på kontoret.

Tusen takk til mine døtre Julie Dorthea og Sofie og kone Emilie, som i løpet av studiet og denne våren med masteroppgave har bidratt med verdifulle stunder og godhet. Jeg vil også takke øvrig familie og venner for barnepass og oppbakking.

Målet med masteroppgaven er å belyse hvordan handtere overvannet for et nytt næringsområde i Grimstad kommune med fokus på hvilke skader som kan oppstå i forbindelse med overvann og hvilke overvannsløsninger som er mest aktuelle.

Summary

This is a Master's Thesis that is a part of the Civil and Structural Engineering, Master's Programme. The Master's Thesis has the subject code BYG508.

With a changing climate and development that will continue, it requires safe and secure planning by all participants who have a connection to stormwater. Adequate stormwater management can help create a safer and better environment where damage will be reduced. This leads to the main research question which is:

How to manage stormwater for a selected area in Grimstad municipality with a focus in reducing environmental damage?

The main method for this project was a case study of an undeveloped area which are established to be a business area. The case study has consisted of site analysis with inspection and map analyses, stormwater calculations and a feasibility study.

The case area has runoff to two different outlet points in both the before and after situations. The runoff from the area must be the same both before and after development. The floodways in and outside the area are considered safe for most of the buildings near the waterways. Flood warning zones show areas that may flood but are mainly undeveloped areas. By keeping the runoff from the area the same before and after development, this contributes to maintaining the streams' biological properties. The solutions contribute to both infiltration into the ground and drainage of the amounts of storm water. The solutions support sustainable development by ensuring measures that contribute to climate adaptation, economic security, and social value for the area.

Innholdsfortegnelse

Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring.....	i
Publiseringsavtale.....	ii
Forord.....	iii
Summary	iv
Figurliste.....	ix
Tabelliste	xii
1. Innledning	1
2. Samfunnsperspektiv.....	2
2.1. Et klima i endring	2
2.2. Bærekraftig utvikling.....	3
2.2.1. FNs bærekraftsmål	3
2.1. Ansvar for overvannshåndtering	6
3. Kunnskapsbakgrunn.....	8
3.1. Miljø	8
3.1.1. Miljøskade	8
3.2. Klima	8
3.2.1. Klimatilpasning	8
3.2.2. Klimaprofil Agder	9
3.3. Vann.....	10
3.3.1. Urbanhydrologi.....	11
3.4. Overvann.....	12
3.4.1. Lokal overvannsdiskonering.....	14
3.4.2. Treleddsstrategien.....	15
3.4.3. Lovverk.....	16
3.4.4. Oversvømmelse og flom.....	17
3.4.5. Forurensing.....	17
3.5. Miljøskader ved overvann.....	18
3.5.1. Direkte miljøskader.....	19
3.5.2. Indirekte miljøskader.....	19
3.5.3. Prinsipper for å unngå miljøskader	19
3.6. Klimatilpasning og overvann.....	20
3.7. Fra problem til ressurs	21
3.8. Løsninger for overvannshåndtering.....	23

3.8.1.	Frakopling av taknedløp	23
3.8.2.	Grønne tak	24
3.8.3.	Grønne vegger	25
3.8.4.	Regnbed	26
3.8.5.	Permeable dekker	27
3.8.6.	Arealer avsatt til oversvømmelse	27
3.8.7.	Grønne vannveier	28
3.8.8.	Overvannsdammer	29
3.8.9.	Åpne flomveier	30
3.8.10.	Lukkede magasiner	30
3.8.11.	Åpent, tørt fordrøyningsbasseng	31
3.8.12.	Infiltrasjonsbasseng	31
3.8.13.	Vegetasjonsbruk	32
3.8.14.	IFS-kum	33
3.9.	Oppsummering av overvannsløsninger	33
3.10.	Den rasjonelle formelen	34
3.10.1.	Avrenningskoeffisient	35
3.10.2.	Nedbørsdata	36
3.10.3.	Klimafaktor	37
3.11.	Regnenvelop med konstant utløp	37
3.12.	Kostnad	38
3.13.	Øvrige beregninger	41
3.13.1.	Rektangulær frustum	41
4.	Forskerspørsmål	42
4.1.	Formål	42
4.2.	Forskerspørsmål	42
4.3.	Avgrensninger	42
5.	Case/Materialer	43
5.1.	Oppgaveforslaget	43
5.2.	Utvalgt område	43
5.3.	Kommuneplan	45
5.4.	Reguleringsplan	45
5.4.1.	Plankart	45
5.4.2.	Flomveier	46

5.4.3.	Planbeskrivelsen	46
5.4.4.	Risiko- og sårbarhetsanalyse	48
5.4.5.	Planbestemmelser	48
5.4.6.	Saksfremlegg.....	49
5.5.	Grimstad kommunes VA-norm	49
6.	Metode.....	51
6.1.	Fremdriftsplan.....	51
6.2.	Veiledning og veiledningsmøter	51
6.3.	Litteraturgjennomgang	51
6.4.	Casestudie	51
6.5.	Stedsanalyse	52
6.5.1.	Befaring.....	53
6.5.2.	Kartanalyser	53
6.6.	Overvannsberegning	54
6.6.1.	Beregninger for avrenning før utbygging	55
6.5.2.	Beregninger for avrenning etter utbygging.....	56
6.5.3.	Beregninger av fordrøyningsvolum	57
6.7.	Mulighetsstudie	58
7.	Resultat	59
7.1.	Stedsanalyse av caseområde	59
7.1.1.	Befaring.....	59
7.1.2.	Arealdekkeflate.....	62
7.1.3.	Elv og bekk	63
7.1.4.	Avrenning og nedbørsfelt	64
7.1.5.	Infiltrasjonspotensiale	66
7.1.6.	Aktsomhetssone for flom	67
7.1.7.	Anbefalinger etter stedsanalysen.....	69
7.2.	Overvannsberegninger	71
7.2.1.	Beregnet avrenning før utbygging mot Morvigkilen	71
7.2.2.	Fordrøyningsvolum med utslipp mot fordrøyningszone 1	71
7.2.3.	Beregnet avrenning før utbygging mot Groos.....	73
7.2.4.	Fordrøyningsvolum med utslipp mot fordrøyningszone 2	74
7.2.5.	Fordrøyningsvolum med utslipp mot fordrøyningszone 3	76
7.3.	Mulighetsstudie	77

7.3.1.	Gjennomgang av overvannsløsningene.....	77
7.3.2.	Taknedløp og kum som leder vann ned i steinfylling	79
7.3.3.	Taknedløp og kum som leder vannet til plastkassetter.....	79
7.3.4.	Permeabelt dekke med steinfylling	80
7.3.5.	Regnbed og renner	80
7.3.6.	Åpent, tørt fordrøyningsbasseng.....	81
7.3.7.	Åpne flomveier	83
7.3.8.	Grønne vannveier	83
7.4.	Utvalg av løsninger for caseområdet	83
7.5.	Forslag til overvannsløsninger	84
7.5.1.	Fordrøyningszone 1: Åpent, tørt fordrøyningsbasseng med vegetasjon	84
7.5.2.	Fordrøyningszone 2: Taknedløp og kummer som leder vann ned i plastkassettmagasin 86	
7.5.3.	Fordrøyningszone 3: Åpent tørt fordrøyningsbasseng med møteplass	87
7.5.4.	Flomveier	89
7.5.5.	Oppsummering	90
8.	Diskusjon	92
8.1.	Bærekraftig overvannshåndtering	92
8.2.	Miljøskader	93
8.3.	Overvannsberegningene	94
8.4.	Overvannsløsninger	95
8.5.	Svakheter og begrensninger	96
9.	Konklusjon.....	97
10.	Anbefalinger	98
11.	Referanser	99
12.	Vedlegg.....	107

Figurliste

Fig. 1.1 – Oversvømmelse etter snøsmelting og regnhendelser [privat]	1
Fig. 2.1 – Flom- og skredhendelser i Agder [8]	2
Fig. 2.2 – FNs bærekraftsmål [11]	3
Fig. 2.3 – FNs bærekraftsmål nr. 6, 11, 13 og 14 [11]	4
Fig. 2.4 – FNs Delmål 6.3 [12]	4
Fig. 2.5 – FNs Delmål 6.5 [12]	4
Fig. 2.6 – FNs Delmål 6.6 [12]	5
Fig. 2.7 – Delmål 11.5 [13]	5
Fig. 2.8 – Delmål 13.1 [14]	6
Fig. 2.9 – Delmål 14.1 [15]	6
Fig. 3.1 – Klimaprofil for Agder [25]	9
Fig. 3.2 – Vannets kretsløp [26]	10
Fig. 3.3 – Avrennings intensitet som endrer seg med urbanisering [2]	11
Fig. 3.4 – En regnværsdag utenfor UiA ga overflateavrenning [egenprodusert]	12
Fig. 3.5 – Overvannshåndtering hvor rør benyttes [1, p. 459]	13
Fig. 3.6 – Overvannshåndtering hvor areal benyttes [1, p. 459]	13
Fig. 3.7 – Treleddsstrategien [2]	15
Fig. 3.8 – Tretrinnsstrategien [29]	16
Fig. 3.9 – Flom kan gi flere utfordringer [32]	17
Fig. 3.10 - Bruken av allerede avsatte arealer til overvannshåndtering [38]	21
Fig. 3.11 – Verdens beste skole når det regner, Gøteborg [41]	22
Fig. 3.12 – Prosjekt Deichmans gate og Wilses gate i Oslo [43]	23
Fig. 3.13 – Frakopling av taknedløp [44]	23
Fig. 3.14 – Blågrønt tak midt i bysentrum [45]	24
Fig. 3.15 – Regnbed med ulik utforming og egenskaper [51]	26
Fig. 3.16 – Permeable dekker [52]	27
Fig. 3.17 – Oversvømmelsesareal [53]	28
Fig. 3.18 – Grønne vannveier [55]	29
Fig. 3.19 – Overvannsdam med permanent vannspeil [56]	29
Fig. 3.20 – Åpne flomveier kan være naturlig (venstre) og kunstig (høyre) [58]	30
Fig. 3.21 – Eksempel på lukket magasin [57]	31
Fig. 3.22 – Åpent, tørt fordrøyningsbasseng [60]	31
Fig. 3.23 – Infiltrasjonsbasseng [61]	32
Fig. 3.24 – Vegetasjon i overvannshåndtering [62]	33
Fig. 3.25 – Eksempel på en IFS-kum [63]	33
Fig. 3.26 – Illustrasjon av en IFS-kum [63]	33
Fig. 3.27 – Rektangulær frustum [69]	41
Fig. 5.1 – Grimstad kommune uthevet i Agder fylke [71]	43
Fig. 5.2 – Ortofoto over Grimstad med markeringer [72]	44
Fig. 5.3 – Det utvalgte området [73]	44
Fig. 5.4 – Kommuneplanens arealdel for området [73]	45
Fig. 5.5 – Plankartet utarbeidet av Asplan Viak [76]	45
Fig. 5.6 – Flomveier innenfor planområdet av Asplan Viak [77]	46

Fig. 5.7 – Den benyttede samlevegen i planområdet [78]	48
Fig. 6.1 – Sammenhengen mellom stedet og prosjektet [86]	53
Fig. 7.1 – Kartoversikt [73] over fotografier av området fra befaring.....	59
Fig. 7.2 – Bilde nr. 1 fra befaring [egenprodusert]	60
Fig. 7.3 – Bilde nr. 2 fra befaring [egenprodusert]	60
Fig. 7.4 – Bilde nr. 3 fra befaring [egenprodusert]	61
Fig. 7.5 – Bilde nr. 4 fra befaring [egenprodusert]	61
Fig. 7.6 – Bilde nr. 5 fra befaring [egenprodusert]	62
Fig. 7.7 – Områdets arealdekkeflate [87]	62
Fig. 7.8 – Ortofoto over området fra 2014 (venstre) og 2021 (høyre) [88]	63
Fig. 7.9 – Elvenett for det utvalgte området [93] med illustrasjoner.....	63
Fig. 7.10 – Eksempel på hvor Morvikbekken går i rør [93] [89]	64
Fig. 7.11 – Vassdrag langs kysten i Grimstad med potensiale for sjøaurebekker [90].....	64
Fig. 7.12 – SCALGO Live: Flow Accumulation [91] med utheving av utvalgt område	65
Fig. 7.13 – SCALGO Live: området med høyde (venstre) og nedbørsfeltene området er en del av (høyre) [91].....	65
Fig. 7.14 – Områdets nedbørsfelt [92]	66
Fig. 7.15 – Infiltrasjonsevnen i området [87]	66
Fig. 7.16 – Illustrasjon basert på NGU sitt infiltrasjonspotensiale-kart [87] lagt over Asplan Viaks forslag til plankart [76]	67
Fig. 7.17 – NVE Flom Aktsomhet (venstre) sammen med SCALGO Live Flow Accumulation (høyre) [91]	68
Fig. 7.18 – Aktsomhetssoner for flom i Morvikbekken [93]	68
Fig. 7.19 – Aktsomhetssoner for flom Støyterbekken og Groosebekken [93]	69
Fig. 7.20 – Områdets nedbørsfelt [92]	70
Fig. 7.21 – Plankart [76] med tre områder som gir fordrøyning til hvilken sone.....	70
Fig. 7.22 – Planområdets nedbørsfelt som gir avrenning mot Morvigkilen [92]	71
Fig. 7.23 – Området markert med rødt vil ledes mot fordrøyningssone nr. 1	72
Fig. 7.24 – Planområdets nedbørsfelt som gir avrenning mot Groos [6] [92].....	73
Fig. 7.25 – Området markert med gult vil ledes mot fordrøyningssone nr. 2.....	74
Fig. 7.26 – Området markert med grønt vil ledes mot fordrøyningssone nr. 3	76
Fig. 7.27 – Illustrasjonseksempel på taknedløp og kum [egenprodusert]	79
Fig. 7.28 – Illustrasjonseksempel på taknedløp og kum til plastkassetter [egenprodusert].....	80
Fig. 7.29 – Illustrasjonseksempel på permeabelt dekke [egenprodusert]	80
Fig. 7.30 – Illustrasjonseksempel for regnbed med renne [egenprodusert].....	81
Fig. 7.31 – Illustrasjonseksempel på to padelbaner med fordrøyningsmulighet [egenprodusert].....	81
Fig. 7.32 – Dimensjoner i horisontale plan [egenprodusert]	82
Fig. 7.33 – Dimensjoner i vertikalt plan [egenprodusert]	82
Fig. 7.34 – Illustrasjonseksempel for et åpent, tørt fordrøyningsbasseng [egenprodusert]	83
Fig. 7.35 – Den benyttede samlevegen i planområdet [78]	83
Fig. 7.36 – Utvalgte overvannsløsninger [egenprodusert]	84
Fig. 7.37 – Åpent, tørt fordrøyningsbasseng sett ovenfra [egenprodusert]	85
Fig. 7.38 – Åpent, tørt fordrøyningsbasseng sett fra langsiden [egenprodusert]	85
Fig. 7.39 – Åpent, tørt fordrøyningsbasseng sett fra kortsiden [egenprodusert]	85
Fig. 7.40 – IFS-kum [63]	86

Fig. 7.41 – Taknedløp og kummer som leder til plastkassettmagasin [egenprodusert]	87
Fig. 7.42 – Dimensjoner til åpent, tørt fordrøyningsbasseng [egenprodusert]	88
Fig. 7.43 – Innløp til åpent, tørt fordrøyningsbasseng [egenprodusert]	88
Fig. 7.44 – Utløp til åpent, tørt fordrøyningsbasseng [egenprodusert]	88
Fig. 7.45 – Flomveier i området [egenprodusert]	89
Fig. 7.46 – Flomveier ut av området [egenprodusert]	90
Fig. 7.47 – Oversikt over fordrøyningsløsningene [egenprodusert]	91

Tabelliste

Tab. 3.1 – Klimapåslag for det forventede kraftige nedbøren i forhold til varighet [25].....	10
Tab. 3.2 – Grønne taks avrenningskoeffisienter [46]	25
Tab. 3.3 – Overvannsløsninger fordelt etter treleddsstrategien.....	34
Tab. 3.4 – Maksimale avrenningskoeffisienter for noen flater [1].....	35
Tab. 3.5 – Spissavrenningskoeffisienter, Kristiansand [34]	35
Tab. 3.6 – Gjentakintervaller for ulike kategorier [34]	37
Tab. 3.7 – Kostnader for ulike overvannstiltak [49]	40
Tab. 5.1 – Planområdets innhold [78]	47
Tab. 6.1 – IVF-verdier for Grimstad – Hia [94]	55
Tab. 7.1 – Nødvendig fordrøyningsvolum for fordrøyningszone 1	73
Tab. 7.2 – Nødvendig fordrøyningsvolum for fordrøyningszone 2	75
Tab. 7.3 – Nødvendig fordrøyningsvolum for fordrøyningszone 3	77
Tab. 7.4 – Oppsummering av løsninger og vannmengder	90

1. Innledning

Naturområder blir stadig utbygd til nye formål. Klimaet i verden endrer seg, og i Norge forventes det nedbørshendelser som vil komme hyppigere og være kraftigere. Derfor er det viktig at vi som skal være med å planlegge for fremtiden, gjør valg som bidrar til en forsvarlig utvikling. Når områder bygges ut, vil vannet kunne skape problemer for samfunnet hvis det ikke gjøres tiltak for å kunne håndtere denne økningen i avrenningshastighet.

Overvann er det vannet som blir avledet på overflaten [1], og skaper store skader i Norge. Det anslås skadekostnader i Norge på mellom 1,6 til 5,8 milliarder kroner hvert år, og det forventes økning for slike kostnader hvis det ikke gjøres tiltak [2] [3]. Kostnaden av skadetilfeller er høy, men det hevdes at man kan spare 25 kroner for hver krone som blir investert i overvannshåndtering i et konkret prosjekt i Oslo [4]. Gevinsten for investeringen er at skader unngås ved iverksetting av tiltak for å håndtere overvann. I tillegg til økonomiske skadekostnader, kan overvann gi fatale konsekvenser for natur, dyreliv og helse ved at flommer og oversvømmelser oppstår. Det kan ramme enkeltpersoner, nærområder, tettsted, byer og landet.

En dag i november 2022 gikk jeg en tur i en lysløype i Arendal. Dette var etter noen dager med nedbør i form av snø og deretter skifte til regn. Det skapte høy avrenning og oversvømmelser i området rundt vannene og bekkene som renner ut fra dem, se Fig. 1.1. Med høyere vannstand og bekker som gikk utover sine bredder, medførte dette problemer for gående i lysløypa og for bebyggelsen som bruker deler av lysløypa til adkomstvei. Denne hendelsen skapte nok ikke store skader bortsett fra nedsatt fremkommelighet i området, men dessverre skjer det tilfeller hvor omfanget av skadene er mye større.



Fig. 1.1 – Oversvømmelse etter snøsmelting og regnhendelser [privat]

På grunn av klimaendringene og utbyggingen som vil fortsette, kreves det sikker og trygg planlegging av alle aktører som har en tilknytning til overvann. Tilfredsstillende overvannshåndtering kan bidra til å skape tryggere og bedre omgivelser hvor skader vil minskes. Mesteparten av overvannshåndteringen så langt, har blitt håndtert med rørløsninger. Nå presenteres strategier for overvannshåndtering som baserer seg på å kunne tilpasse seg et vær som bli utfordrende, og da må overvannet håndteres i nærområdet. Ved bruk av flerfunksjonelle løsninger, vil det gi liv og estetikk til områder som bygges ut [5]. Mitt bidrag til forskningen blir derfor å belyse hvordan overvann for et næringsområde kan håndteres på en bærekraftig og klimatilpasset måte.

2. Samfunnsperspektiv

2.1. Et klima i endring

Med et klima i endring, må vi som planlegger fremtidens utbygging være klar over situasjonen og fremtidens prognoser. I løpet av de siste hundre årene har det blitt registrert hvordan temperatur og nedbør har forandret seg. Forente nasjoner (FN) [6] antyder at klimaendringene vil fortsette og nedbøren variere mer. En forventning er at det enkelte steder vil komme mindre nedbør, men andre steder vil det være en økning av nedbør. FN [6] skriver:

På verdensbasis vil ekstremvær og naturkatastrofer som hetebølger, flommer, orkaner og sykloner komme oftere og oftere. Klimaendringene øker også risikoen for at flere typer ekstremvær kan oppstå samtidig, for eksempel kan tørke, varme og vind øke faren for skogbrann.

Her nevnes blant annet flom som et av flere fenomen som kan skade samfunnet og naturen. Norsk klimaservicesenter [7] løfter frem faren for flom i vassdrag og i tettbebygde strøk, og skred kan utløses av kraftig nedbør. De presiserer at «slike hendelser har store økonomiske konsekvenser og kan i verste fall utgjøre fare for liv».

I løpet av de siste årene har det vært mangfoldige hendelser i Norge som har ført til at bygninger, veier og uteområder har blitt oversvømt på grunn av hyppigere og kraftigere nedbør som gir overvann, oversvømmelse og flom. Fig. 2.1 viser hendelser med flom og skred som rammet Agder.

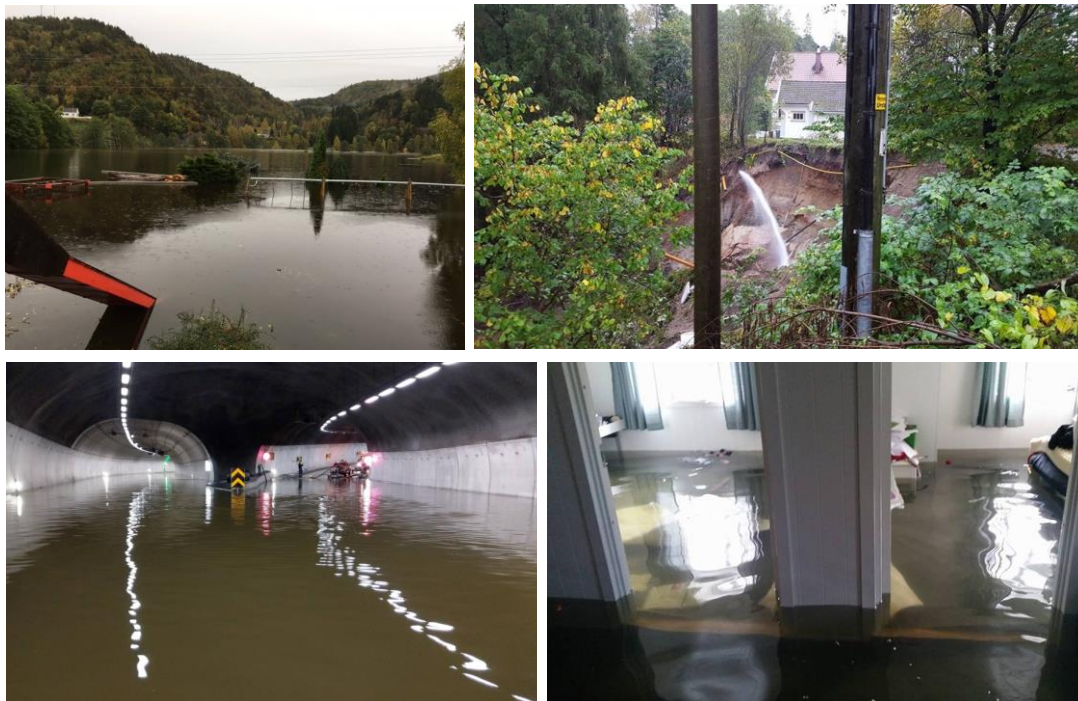


Fig. 2.1 – Flom- og skredhendelser i Agder [8]

Skadeomfanget av slike hendelser kan være store. NRK [9] presenterte i 2017 hendelser hvor Agder ble rammet av uvær og flom. Dette førte til skader for flere titalls millioner kroner. Flere boliger

måtte evakueres og mennesker fikk behandling på sykehus på grunn av hendelsene. I juni 2022 kom Kommunal- og distriktsdepartementet [3] med en pressemelding om at skader som kommer fra overvann, har en kostnad for samfunnet på et sted mellom 3,3 og 5,8 milliarder kroner hvert år. I tillegg rammet overvannsskader over 30 000 personer i 2020. Norges offentlige utredninger (NOU) [2] anslår en skadekostnad på 1,6 til 3,6 milliarder kroner per år for overvannshendelser.

2.2. Bærekraftig utvikling

Alle mennesker har et ansvar for å bedre vår verden. Dette er noe ingeniører kan bidra med ved sine ansvarsoppgaver i den offentlige og private sektoren. Ved å velge løsninger som bidrar til en mer bærekraftig verden og planlegge for den fremtiden som ligger foran oss, er ingeniører viktige bidragsyter. FN [10] har satt sin definisjon på bærekraftig utvikling og mener det handler om: «En utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov».

I denne definisjonen av bærekraftig utvikling, er det tre dimensjoner, ifølge FN-sambandet [10]. Den første dimensjonen er klima og miljø. Den dreier seg om blant annet drivhuseffekten som blir forsterket av utslipp av klimagasser. Dette bidrar til et klima i endring og global oppvarming hvor havet og luften blir varmere, økosystemene ødelegges og hyppigere naturkatastrofer. Den andre dimensjonen er den økonomiske, hvor den økonomiske tryggheten bør sikres for både samfunn og mennesker. Her kommer det inn hvordan ressursbruken er og kan endres. Den tredje dimensjonen omhandler sosiale forhold, og den streber etter å gi et grunnlag for et anstendig liv som er godt og rettferdig for alle mennesker.

2.2.1. FNs bærekraftsmål

FN [11] har utviklet 17 bærekraftsmål som vist i Fig. 2.2. Her deler FN inn sitt arbeid for en bærekraftig utvikling inn mot ulike temaområder hvor vi på kloden skal arbeide med å «utrydde fattigdom, bekjempe ulikhet og stoppe klimaendringene innen 2030». Dette er et globalt prosjekt hvor alle land må være med å bidra, og det inkluderer Norge. Dette har gitt stor innvirkning på Norges politikk på både kommune-, lokalsamfunn- og nasjonalt nivå, ifølge FN-sambandet [11].



Fig. 2.2 – FNs bærekraftsmål [11]

Alle av FNs bærekraftsmål kan på hver sin måte inkluderes i bygningsbransjen. Det er spesielt mål nr. 6, 11, 13 og 14 som peker seg ut som de viktigste og aktuelle for bygningsbransjen og overvannshåndtering. Fig. 2.3 viser de fire bærekraftsmålene.



Fig. 2.3 – FNs bærekraftsmål nr. 6, 11, 13 og 14 [11]

Nr. 6 *Rent vann og gode sanitærforhold* [12] handler om å «sikre bærekraftig vannforvaltning, tilgang til vann og gode sanitærforhold for alle». Overvann knyttes ofte til hvordan vann blir forvaltet. Det er vesentlig å behandle overvannet på en bærekraftig måte som hindrer forurensning eller skaper andre miljøskader. Under bærekraftsmål nr. 6 finnes det flere delmål som berører overvann. Delmål 6.3, 6.5 og 6.6 angår spesielt overvann og håndteringen av dette. Delmål 6.3 [12] er vist i Fig. 2.4 og blir presentert slik:

6.3) Innen 2030 sørge for bedre vannkvalitet ved å redusere forurensning, avskaffe avfallsdumping og mest mulig begrense utslipp av farlige kjemikalier og materialer, halvere andelen ubehandlet spillvann og i vesentlig grad øke gjenvinning og trygg ombruk på verdensbasis.



Fig. 2.4 – FNs Delmål 6.3 [12]

Delmål 6.5 [12] innebærer at alle nivåer av samfunnet må være med å bidra på tvers av landegrensene, for å få til et samarbeid for en integrert forvaltning av vannressursene. Delmålet er vist i Fig. 2.5, og sier:

6.5) Innen 2030 innføre en integrert forvaltning av vannressurser på alle nivåer, blant annet gjennom samarbeid over landegrensene der det er aktuelt.



Fig. 2.5 – FNs Delmål 6.5 [12]

Delmål 6.6 [12] omhandler hvordan verning og gjenoppretting av økosystemene som er vannrelatert, kan være med å bidra til å håndtere overvann. Delmålet er vist i Fig. 2.6 og presenteres slik:

6.6) Innen 2020 verne og gjenopprette vannrelaterte økosystemer, inkludert fjell, skoger, våtmarker, elver, vannførende bergarter og innsjøer.



Fig. 2.6 – FNs Delmål 6.6 [12]

FN-sambandet [12] beskriver Norges situasjon i forhold til bærekraftsmål nr. 6. Norge må gjøre mer for beskyttelsen av områder med våtmark, myrer og økosystemene som inneholder ferskvann. Det presenteres at 35 % av Norges innsjøer og elver er forurenset eller skadet. I tillegg skrives det at det er utfordring med forurensing og rensing av avløpsvann i Norge.

Nr. 11 *Bærekraftige byer og lokalsamfunn* [13] består av å «gjøre byer og lokalsamfunn inkluderende, trygge, robuste og bærekraftige». Under bærekraftsmål nr. 11 finnes det flere delmål. Delmål 11.5 [13] handler blant annet om at vannrelaterte katastrofer skal reduseres innen 2030 og å minske tap ved slike hendelser. Det er illustrert ved Fig. 2.7 og sier:

11.5) Innen 2030 oppnå en betydelig reduksjon i antall dødsfall og antall personer som rammes av katastrofer, inkludert vannrelaterte katastrofer, og i betydelig grad minske de direkte økonomiske tapene i verdens samlede bruttonasjonalprodukt som følge av slike katastrofer, med vekt på å beskytte fattige og personer i utsatte situasjoner.



Fig. 2.7 – Delmål 11.5 [13]

Når det gjelder Norge og bærekraftsmål nr. 11, presenterer FN-sambandet [13] at luftkvaliteten for enkelte steder og ivaretakelsen av naturen må bli bedre. Det bemerkes at Norge mangler en helhetlig strategi for å nå dette bærekraftsmålet, og det har ofte blitt miljødeleggelser på grunn av at kommunene har mottatt oppgaver uten retningslinjer som er tydelige og finansiering.

Nr. 13 *Stoppe klimaendringene* [14] handler om å «handle umiddelbart for å bekjempe klimaendringene og konsekvensene av dem». Overvannshåndtering kan i utgangspunktet ikke bidra til å kunne stoppe klimaendringene, men å være med å hindre konsekvensene av dem hovedgrunnen til at overvannet må håndteres. Bærekraftsmål 13 sitt delmål 13.1 [14] er et viktig prinsipp for å kunne stå imot et klima som endrer seg og vil gi mer overvann. Å tilpasse seg farer som kommer ved

slike hendelser, er viktig del av det å kunne bidra til en mer bærekraftig verden. Det er illustrert ved Fig. 2.8 og blir presentert slik:

13.1) Styrke evnen til å stå imot og tilpasse seg klimarelaterte farer og naturkatastrofer i alle land.



Fig. 2.8 – Delmål 13.1 [14]

Norges bidrag til å nå bærekraftsmål nr. 11 har blitt å lansere en handlingsplan som kom i 2021 om hvordan Norge skal endres for å nå målene for klima innen 2030, ifølge FN-sambandet [14].

FNs bærekraftsmål nr. 14 Livet i havet [15] handler om å «bevare og bruke havet og de marine ressursene på en måte som fremmer bærekraftig utvikling». FN-sambandet skriver at Norge har forurensing som kommer fra byene, transport, industri i havet langs kysten, og det er en stor utfordring. Under dette kommer delmål 14.1 som er presentert slik og vist i Fig. 2.9

14.1) Innen 2025 forhindre og i betydelig grad redusere alle former for havforurensning, særlig fra landbasert virksomhet, inkludert marin forsøpling og utslipp av næringsalter.



Fig. 2.9 – Delmål 14.1 [15]

Ved slike bærekraftsmål og delmål kan bygningsbransjen og overvannshåndteringsansvarlige ha en rettesnor for hvordan planleggingen av fremtidens byggverk må være for å kunne opprettholde en bærekraftig utvikling. Dette er for å kunne bevare våre innbyggers sikkerhet både økonomisk og helsemessig.

2.1. Ansvar for overvannshåndtering

Miljødirektoratet [16] presiserer at aktører med en ansvarsfunksjon eller ansvarsoppgave som påvirker eller påvirkes av overvann, må forholde seg til håndtering av dette. Hver enkelt, husholdninger, private foretak og myndigheter har et ansvar for overvannshåndtering.

Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning [17] presiserer at:

Kommunale, fylkeskommunale og statlige organer skal innenfor sine ansvarsområder anvende tilgjengelig kunnskap om klima, ventede endringer og konsekvenser av disse, i tillegg

til kunnskap om tiltak for tilpasning. Nasjonale organer vil, med bistand fra fylkeskommunen, statsforvalteren og andre statlige organer på regionalt nivå, innhente, systematisere og tilrettelegge kunnskapen for bruk i planlegging, og gjøre den tilgjengelig for aktuelle brukere.

Det er de offentlige organer som har ansvar for å tilgjengeliggjøre og anvende kunnskapen om blant annet overvannshåndtering for brukerne. Miljødirektoratet [16] presiserer også at tiltakshaver har ansvar for at de krav og føringer ved håndtering av overvann fra areal- og reguleringsplan og den byggtekniske forskriften ivaretas.

3. Kunnskapsbakgrunn

3.1. Miljø

Miljø defineres av Tjernshaugen [18] slik: «Miljø betyr omgivelser eller ytre livsvilkår». Begrepet har flere dimensjoner og innen biologi omhandler det blant annet å se hvordan et samfunns ytre livsvilkår er, og hvilke påvirkninger som de ytre livsvilkårene utsettes for. SINTEF ved Setsaas [19] definerer miljø til å være «en sammensetning av alle mulige forhold som eksisterer på et sted. Dette kan inkludere klima, topografi, naturmangfoldet, hvordan det er å bo et sted og alt annet som inngår i omgivelsene». Miljø omfatter en stor helhet av flere ulike mindre deler hvor en ser sammenhenger og virkninger av hverandre.

3.1.1. Miljøskade

I Forskrift om begrensning av forurensning [20] defineres miljøskade slik:

Med miljøskade menes i dette kapitlet enhver skade forårsaket av forurensende virksomhet

- a. som har betydelige negative virkninger på arter og habitater,*
- b. som har betydelige negative virkninger på vannets økologiske, kjemiske og/eller kvantitative tilstand, og/eller økologiske potensial, som definert i vannforskriften, eller*
- c. som forårsaker en betydelig risiko for at menneskers helse påvirkes negativt som følge av direkte eller indirekte innføring, i, på eller under jord, av stoffer, preparater, organismer eller mikroorganismer (overflate og grunnvann).*

Miljøskade er uønsket og bør tas hensyn til i planlegging. Å skade naturen og omgivelsene må avverges, og fokuset om å bevare det vi har rundt oss er viktig.

3.2. Klima

Dannevig og Harstveit [21] definerer klima til å være det været som er typisk for et bestemt sted, altså det gjennomsnittlige været over tid. Da observeres gjennomsnittlig mengde nedbør, maksimums- og minimumstemperaturer og vind. Langs kysten i Agder, hvor Grimstad ligger, finner vi et temperert regnklima. Klimaet er i endring, slik som beskrevet i kapittel 2.1, og det er behov for å ta det med i fremtidens planlegging. Statsforvalteren i Agder [22] skriver at vi har et ansvar for blant annet å begrense klimaendringene ved reduksjon av klimagassutslipp og økning av opptak og binding av karbon. Det avsluttes med: «Samtidig må vi erkjenne at klimaet allerede er i ferd med å endre seg, og at vi allerede nå må tilpasse oss et endret klima» [22].

3.2.1. Klimatilpasning

Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning [23] presenterer blant annet begrepet klimatilpasning. Det handler om å tilpasse seg det klimaet vi har i dag, og det som vil komme i fremtiden. Det defineres slik:

Klimatilpasning handler om å ta hensyn til dagens og framtidens klima. Klimaendringer vil påvirke natur og samfunn både på kort og lang sikt. Å ta hensyn til klimaet og endringer i dette, sammen med øvrige endringer i samfunnet, er avgjørende for å sikre en bærekraftig

utvikling. Et livskraftig og variert naturmiljø er mindre sårbart for endringer, og kan medvirke til samfunnets tilpasning.

Miljødirektoratet definerer klimatilpasning slik:

Klimatilpasning innebærer å forstå konsekvensene av at klimaet endrer seg og iverksette tiltak for å på den ene siden å hindre eller redusere skade, og på den andre siden utnytte mulighetene som endringene kan innebære.

Her legges også til fokuset om å kunne se de mulighetene som klimaendringer kan innebære, og det å utnytte dem. Dette har innvirkning på håndteringen av overvann. Noregs vassdrags- og energidirektorat (NVE) [24] mener at overvannet må få plass i planleggingen og bli utnyttet som en ressurs i byggeområder. Det handler om «kommuner med bærekraftige byer og tettsteder bruker overordna plannivå til å se farer og behov for trygghetstiltak i et helhetlig perspektiv». Kommuner skal ta hensyn til de klimaendringene som forventes og styre arealbruken på en slik måte at utbyggingen ikke er utsatt for overvannsskader.

3.2.2. Klimaprofil Agder

Norsk klimaservicesenter [25] har utarbeidet en Klimaprofil for Agder, vist i

Fig. 3.1. I fremtiden forventes det en sannsynlig økning i ekstrem nedbør som kan gi økt mengde overvann i fylket.



Fig. 3.1 – Klimaprofil for Agder [25]

I klimaprofilen [25] anbefales tre klimapåslag; kraftig nedbør, flom og stormflo. Prognosen for årsnedbøren i Agder er på en økning på rundt 10 %. I tillegg er det en forventning om at det skal øke vesentlig i både intensitet og hyppighet for episoder med kraftig nedbør. Dette gjelder for alle årstider. I tillegg forventes en økning på omtrent 20 % for nedbørsmengder for døgn med kraftig nedbør. Det er også indikasjoner på en økning som er større for nedbørsvarighet kortere enn ett døgn. Norsk Klimaservicesenter har utarbeidet verdier for klimapåslag, se Tab. 3.1, som baserer seg på den forventede endringen i dimensjonerende nedbør for fremtiden frem mot år 2100. Her anbefales det å ha et påslag fra 30 % til 50 % ved ulike regnhendelser og gjentaksintervaller.

Tab. 3.1 – Klimapåslag for det forventede kraftige nedbøren i forhold til varighet [25]

	Dimensjonerende gjentaksintervall < 50 år	Dimensjonerende gjentaksintervall ≥ 50 år
≤ 1 time	40 %	50 %
>1 – 3 timer	40 %	40 %
>3 - 24 timer	30 %	30 %

3.3. Vann

Vann er et viktig tema for bygningsbransjen. Det kan skape både vakre kunstverk, drikkevann til mennesker, rekreasjonsområder, aktivitet og farer. Problemer og løsninger for vann er mange. Fagfeltet er stort og omfanget likedan. I Norge finner vi alt fra heftige fosser og stryk til stille og rolige elver. I tillegg har vi store innsjøer og små tjern, fjorder og delta. Alt dette er en del av vannets kretsløp. NVE [26] definerer vannets kretsløp til å være at vannet er i stadig bevegelse. Gjennom fordampning til lufta fra hav, sjøer og elver, vil vannet vende tilbake til landjord og hav som nedbør. Fig. 3.2 viser vannets kretsløp fra nedbør som treffer landjord og gir avrenningsvann fra snøsmelting og nedbør. Det skaper infiltrasjon gjennom markvann og ned til grunnvann som renner videre til innsjøer, elver, jord og hav. I tillegg har vi overflateavrenning som også bidrar til elver og innsjøer, og de renner videre til havet.

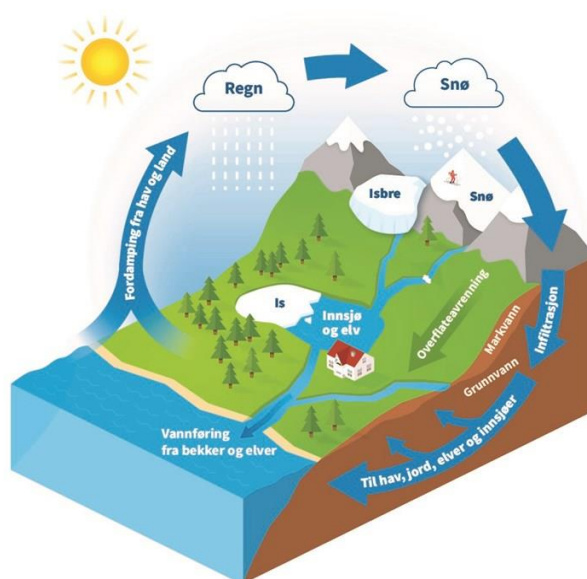


Fig. 3.2 – Vannets kretsløp [26]

Ifølge NVE [26], kan «vann brukes på mange måter og mange ganger underveis i kretsløpet. Det kan forårsake store skader når det flom, men også når det er lite vann og tørke. Når vannet brukes til å produsere elektrisitet, må man gjøre større eller mindre inngrep i elvene for å kunne utnytte ressursen». Vannet i Norge er en stor ressurs og kan også være en stor fare.

3.3.1. Urbanhydrologi

Når vi har ubebygde områder, vil det gi avrenning etter regnhendelser. Når vi bygger ut områder med tette flater som for eksempel hustak og asfalt, vil det gi endringer i avrenningen. Fig. 3.3 viser hvordan avrenningens intensitet vil endre seg når vi går fra ubebygde områder til tettbebygde områder.

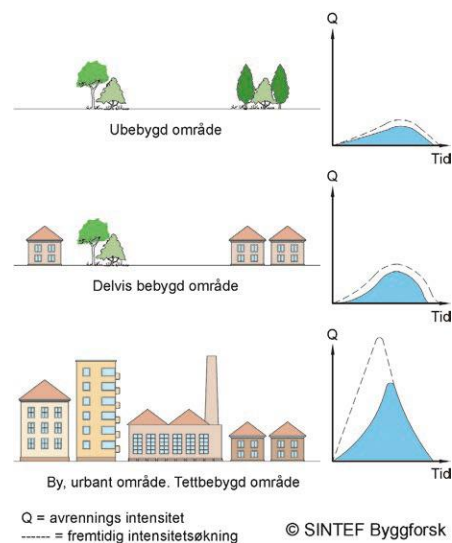


Fig. 3.3 – Avrenningsintensitet som endrer seg med urbanisering [2]

NVE [27] definerer urbanhydrologi som det segmentet av vannets kretsløp som hører til områder som er utbygde. Det er en økning av tette flater på grunn av urbanisering av nedbørsfelt, og da vil ikke vannet ha mulighet til å trenge gjennom. Da vil avrenningshastigheten og flommers størrelse øke hvis vi sammenligner med avrenninga før utbygging. Når denne naturlige vannbalansen blir endret ved utbygging, nevnes det flere hydrologiske effekter av NVE [27]:

- Økt overflateavrenning, både i intensitet og volum
- Redusert infiltrasjon
- Redusert fordamping
- Senkning av grunnvannstand

NVE [27] beskriver at slike hydrologiske effekter kan gi praktiske konsekvenser som:

- Større fare for oversvømmelse av hus, vegger og anlegg
- Setningskader på hus og anlegg
- Uttørking av vegetasjon
- Økt påkjenning på resipient, både når det gjelder volum og forurensning

3.4. Overvann

Når det regner på de tette flatene vi bygger ut, vil ikke vannet kunne infiltrere gjennom flatene og fører til at det renner på overflaten. Fig. 3.4 viser en regnværsdag utenfor Universitetet i Agder hvor vannet rant på overflaten.



Fig. 3.4 – En regnværsdag utenfor UiA ga overflateavrenning [egenprodusert]

Lindholm i Vann- og avløpsteknikk av Norsk Vann [1, p. 458] definerer overvann til å være «overflateavrenning (regn, smeltevann) fra gårdsplasser, gater, takflater osv. som avledes på overflaten». Store deler av vannet fra nedbør og snøsmelting vil synke ned i grunnen, og det kalles infiltrasjon. Det vannet som ikke blir infiltrert, vil da renne på overflaten og blir kalt for overvann. Tak, veier, plasser og andre flater vil overvann renne på.

Når vi anlegger tette flater i urbaniseringen, vil det gå på bekostning av vegetasjon, trær og grunnen som er naturlig permeabel, ifølge Lindholm [1, pp. 458-460]. På grunn av at den naturlige fordampningen, absorpsjonen, fordrøyningen og infiltrasjonen blir kraftig redusert, medfører dette at avrenning på overflaten vil øke. Dette går utover den opprinnelige vannbalansen, og grunnvannsnivået vil bli endret. En økning i overflateavrenning og overvann gir fare for blant annet overbelastning av overvannssystemene, oversvømmelse og flom, setningskader, økt forurensing, vegetasjonsuttørking og økt forurensing.

Lindholm [1, pp. 458-460] mener det derfor er viktig at håndteringen av overvann ivaretar innbyggernes sikkerhet som helse, liv og økonomi. Løsningen er at flomskader unngås, og flom blir ledet i sikre flomveier hvor det ikke skader bebyggelse. I tillegg er det viktig å unngå bebyggelse i området som er flomutsatt og sikre at vannkvaliteten blir best mulig for overvannet i forhold til grunnvann, sjøer og vassdrag. Det er viktig å få en reduksjon av overløpsdriften fra avløpssystemet, ivareta urbane områders vegetasjonsområder, sikre at vannveger blir brukt ved utformingen av nye urbane områder og unngå lukking av bekker. Målet er å sikre overvannsløsninger som er gode og velfungerende i tillegg til at de tar hensyn til estetikk, miljø og sikkerhet.

En tradisjonell tilnærming for håndtering av overvannet i urbane områder har vært å lede overvannet til lukkede ledningssystemer på en raskest mulig måte. Fig. 3.5 viser at vannet blir ledet fra tak, plasser, veier og gater ned i en lukket ledning for avrenning. Dette tiltaket har vært ment for å gi urbane miljøer sikkerhet mot oversvømmelser. Men tiltaket har vært ment for å gi urbane miljøer sikkerhet mot oversvømmelser. Men tiltaket har ofte resultert i økt avrenning i både mengde og intensitet. Vannhastigheten har økt og skapt fare for erosjon og grunnvannstanden har blitt senket. I tillegg her det ført til vegetasjon og bygningskonstruksjoner har blitt skadet. Det har også skapt utslipp og spredning av forurenset overvann. Det økologiske miljøet har blitt forringet og ført til en reduksjon av biologisk mangfold, ifølge Lindholm [1, pp. 458-460].

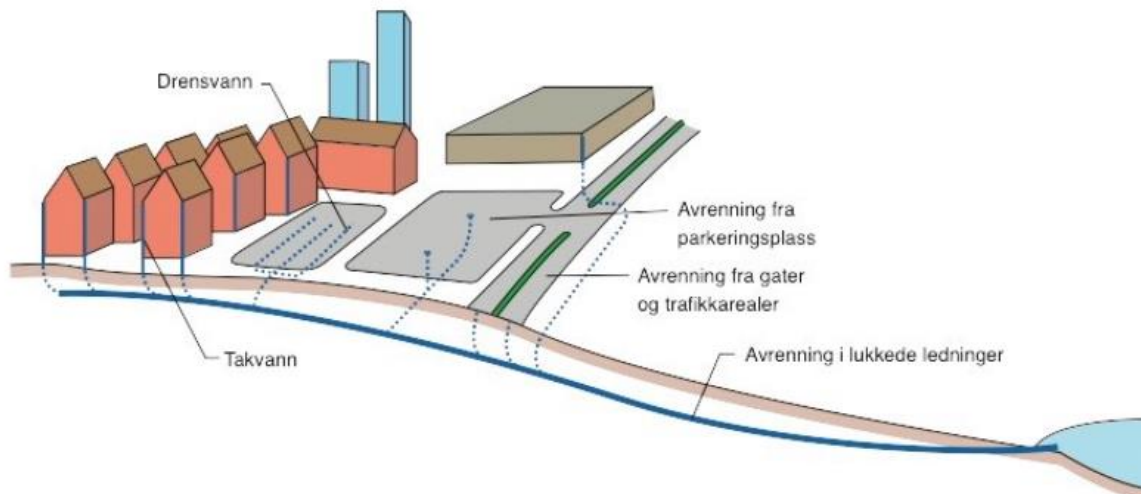


Fig. 3.5 – Overvannshåndtering hvor rør benyttes [1, p. 459]

Ifølge Lindholm [1, pp. 458-460], er fremtidens overvannshåndtering mer rettet mot bærekraft og baserer seg på redusering og infiltrering av overflatevannet. Dette gjøres ved at overvannet håndteres lokalt. Fig. 3.6 viser et eksempel på hvordan lokal overvannshåndtering med fokus på fordrøyning, reduksjon og infiltrasjon vil fungere. Her benyttes lokal overvannsdiskonering, utjevningsmagasin, rotsonegrenseanlegg, utjevningsmagasin, våtmark og vanntransport ved hjelp av åpne grøfter og bekker.

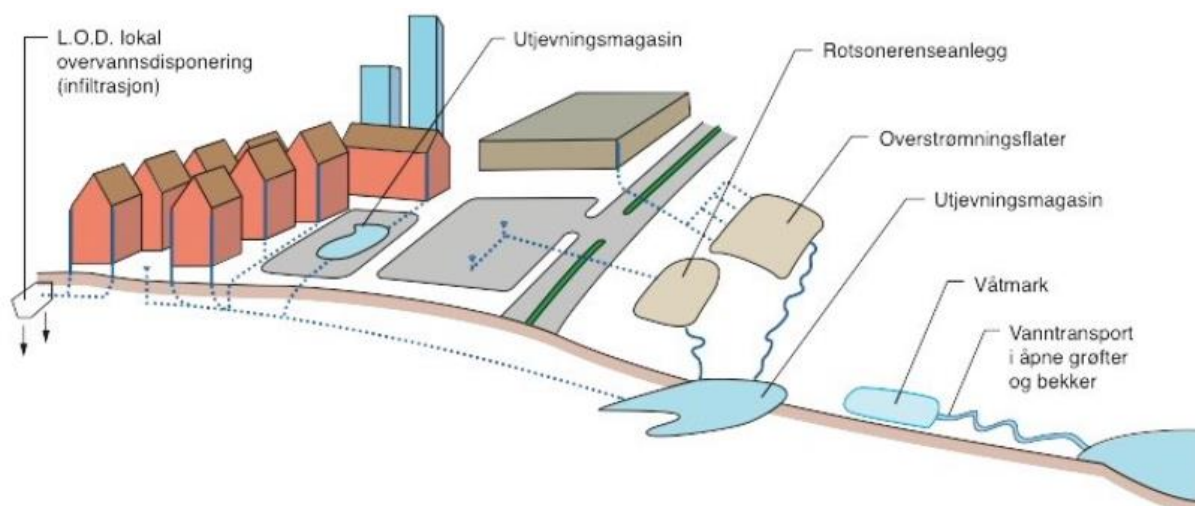


Fig. 3.6 – Overvannshåndtering hvor areal benyttes [1, p. 459]

Det finnes flere ulike tiltak for å kunne håndtere overvann, men det er viktig å benytte riktig tiltak i de ulike situasjonene som skal planlegges for. NOU [2] definerer overvannstiltak til å være «etablering av overvannsanlegg, eller andre fysiske tiltak for å forebygge skade som følge av overvann». Det skiller mellom åpne og lukkede overvannsløsninger som tiltak for å håndtere overvann. Slike tiltak vil føre til at overvannet blir i størst mulig grad disponert lokalt, og dette vil blant annet utjevne den mengden av vann som blir tilført ledningsnett.

Miljødirektoratet [16] nevner flere positive effekter som åpne overvannstiltak bidrar til. For det første så kan åpne tiltak bidra til å håndtere overvannet, og samtidig samle det og benytte det til vanning. I tillegg har blågrønne infiltrasjonstiltak evnen til å rense forurenset vann ved filtrering. Åpne tiltak kan styrke den fysiske og mentale helsen i befolkningen ved rekreasjon, samt å gi estetisk verdi til et område. Andre effekter er CO₂-opptak og lagring, lokal klimaregulering og støyreduksjon. Det kan forbedre luftkvaliteten, øke biologisk mangfold og pollinering og frøspredning. Disse effektene er også presentert i NOU [2].

Blågrønne overvannsløsninger er et begrep som nevnes som en del av overvannshåndteringen. SINTEF [28] sier at blågrønne løsninger har et innslag av vann i tiltak som for eksempel bed eller parkområde. Slike blågrønne løsninger kan bidra til økt vegetasjon, trivsel og naturmangfold. Det antas at blågrønne løsninger er en del av løsningen for infiltrasjon, fordrøyning og trygg avledning i Norge og spesielt i Europa.

3.4.1. Lokal overvannsdiskonering

Lokal overvannsdiskonering (LOD) handler om å håndtere overvannet med moderne tiltak. Ifølge Lindholm [1, pp. 469-470] handler den lokale overvannshåndteringen om å la vannet infiltrere til grunnen eller renne vekk ved åpne vannveger og dammer. Helhetlig planlegging for byvassdragene og overvann er sentralt og betyr at det blir en kobling mellom overvannshåndtering og areal- og landskapsplanlegging. Den tradisjonelle måten å føre vann ned i gatesluk og bort med rør, viser seg å kunne skape problemer med miljøgifter og annen forurensning i overvannet. Det er ikke ønskelig å sende forurenset overvann direkte ut i vannforekomster. I slike tilfeller bør overvannet renses. For å hindre forurenset overvann, er det en viktig oppgave å se på hvordan vi kan bidra til at dette unngås. Lindholm [1, p. 470] mener at:

God overvannshåndtering innebærer at metodene skal tilpasses lokale forhold og behov. Løsningene skal være bærekraftige og tilføre kvaliteter til omgivelsene. De valgte løsningene må fungere godt både sommer og vinter, samt vanlig nedbør, ved flom og i tørrvær. Visjonen er å håndtere overvannet i størst mulig grad på overflaten som en synlig del av vassdraget og bybildet.

På denne måten vil god overvannshåndtering bidra til å kunne forebygge skader. Da har håndteringen av overvannet en tilfredsstillende oppnåelse av sikkerheten for liv, helse og miljø, i tillegg til å redusere skader på eiendommer, infrastruktur og forurensing av vann, ifølge Lindholm [1, p. 470]. Videre kan overvann utnyttes og bidra til å være et landskapselement som kan være positivt i

bymiljøet og i rekreasjonsformål. Et annet aspekt som nevnes i denne sammenhengen, er at det kan hjelpe det biologiske mangfoldet når infiltrasjon, åpne vannveger og dammer i byer fremmes.

3.4.2. Treleddsstrategien

Det er mange ulike tiltak og løsninger for å kunne håndtere et overvann som vil komme. Treleddsstrategien, vist i Fig. 3.7, er en strategi som skal bidra med avlastning av ledningsnett, bedre bymiljøer og sikre at overvann blir trygt avledet til resipient, ifølge NOU [2].

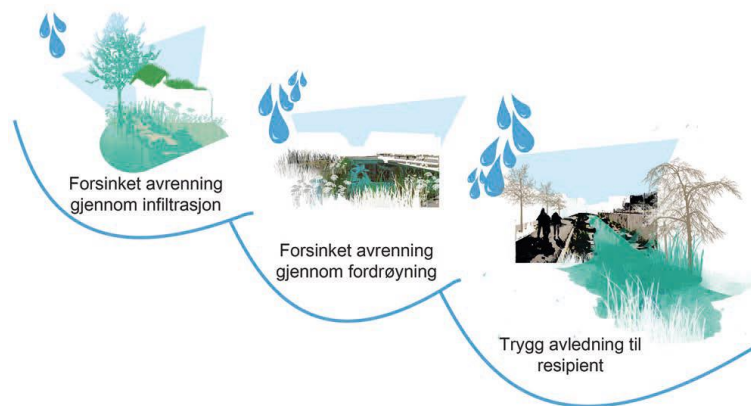


Fig. 3.7 – Treleddsstrategien [2]

Strategien er delt opp i tre deler av NOU [2]:

1. *Forsinket avrenning gjennom infiltrasjon*
2. *Forsinket avrenning gjennom fordrøyning*
3. *Trygg avledning til resipient*

I denne strategien brukes tre begrep; infiltrasjon, fordrøyning og avledning. NOU [2] definerer infiltrasjon til å være «inntrengning av vann i løsmasser eller oppsprukket fjell». Videre defineres fordrøyning slik: «tiltak som forsinket avrenning gjennom oppsamling». I første ledd er tanken at overvann skal håndteres lokalt og benytte infiltrasjon hvis det er mulig. Neste steg er at overskuddsvannet fra ledd én skal føres til anlegg som kan fordrøye. Ledd tre kommer inn når avrenningsmengden blir så stor at den overstiger den hydrauliske kapasiteten til ledd to. Da vil vannet på en sikker måte avledes til en egnet resipient. NOU beskriver at hvis treleddsstrategien følges, har vi et resultat hvor systemet for overvann blir godt egnet til å ta hånd om både normal og ekstrem nedbørshendelser.

Retningslinjer for håndtering av overvann for utbyggere [29] beskriver også treleddsstrategien, men kaller den tretrinnsstrategien som vist i Fig. 3.8. Trinn én innebærer å infiltrere regnhendelser i mindre skala som hverdagsregn. Dette skjer på tomtens grøntarealer for opprettholdelse av den naturlige grunnvannstanden og vannbalansen, samt bidra til en reduksjon av tilrenningen til kommunenes renseanlegg. Ved trinn to skal store regnhendelser fordrøyes og forsinkes på tomten for å forebygge skader på det offentlige avløpsnett og andres eiendommer. Her anbefales å dimensjonere for et fordrøyningsbehov med 25-års gjentaksintervall i tillegg til klimafaktor på 1,4. Ved de ekstreme regnhendelsene i trinn tre, må vannet som trinn to ikke holder igjen, bli ledet til trygge flomveier. Disse flomveiene er på overflaten. Ved avledning av overvannet vil det forebygge

skader på egen og andres eiendom. Slike flomveier skal dimensjoneres for regn med et 200-årsintervall i tillegg til klimafaktor på 1,4. Flomveiene på egen tomt vil kobles til flomveier utenfor tomten som er godkjent til å håndtere flom.

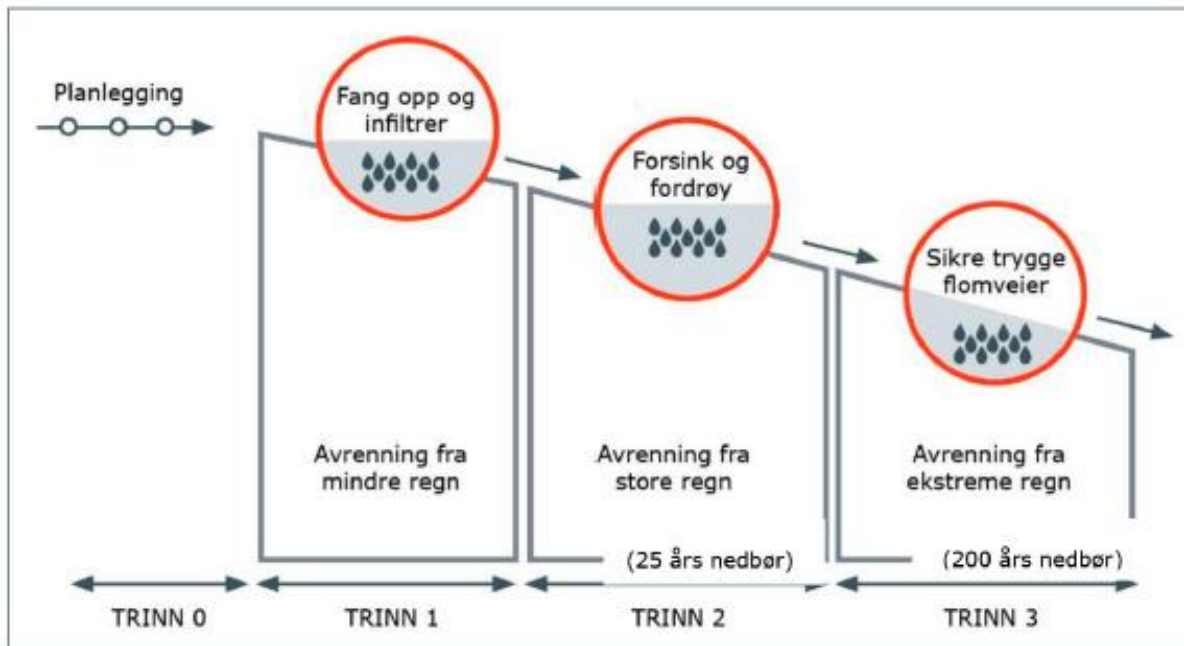


Fig. 3.8 – Tretrinnsstrategien [29]

3.4.3. Lovverk

Når det gjelder håndtering av overvann, har vi i Norge et lovverk som bidrar til at dette skal blir gjort på en forsvarlig og sikker måte. Lovverket gir bestemmelser og veiledning til hvordan overvannshåndteringen må løses. 2. desember 2022 ble det kunngjort en ny lov i Plan- og bygningsloven [30] §28-10 *Håndtering av overvann*:

Tiltakshaver skal gjennomføre tiltak slik at overvann i størst mulig grad infiltreres eller fordrøyes på eiendommen. Forsvarlig avledning skal sikres og opparbeides så langt det er nødvendig. Første og andre punktum gjelder så langt ikke annet er bestemt i arealplan.

Byggteknisk forskrift (TEK17) [31] sier følgende om overvann:

§ 15-8. Utvendig avløpsanlegg med ledningsnett. Overvann og drensvann.

- (1) Overvann og drensvann skal i størst mulig grad infiltreres eller på annen måte håndteres lokalt for å sikre vannbalansen i området og unngå overbelastning på avløpsanleggene.*
- (2) Bortledning av overvann og drensvann skal skje slik at det ikke oppstår oversvømmelse eller andre ulemper ved dimensjonerende regnintensitet.*
- (3) Byggverk skal sikres mot oversvømmelse som følge av høy vannstand eller overtrykk i avløpsledning. Sjenerende lukt skal ikke forekomme.*

Alle aktører i prosesser rundt overvannshåndtering har et ansvar for å følge loven og forskriftene for hvordan overvannet skal håndteres. Dette legger et grunnlag for hva som minimum forventes av planleggingen og utførelsen av overvannshåndtering.

3.4.4. Oversvømmelse og flom

NVE sin veileder om Sikkerhet mot flom [32] lener seg på TEK17 sin definisjon av flom og presenteres slik: «I TEK17 er flom definert som oversvømmelse på grunn av økt vannføring og høy vannstand i elver, bekker og vann. Dette kan være forårsaket av stor nedbør, snøsmelting eller av oppdemming som følge av isgang eller skred». Det er fare for flom i alle vassdrag og innebærer at det kan bli vannstander og vannhastigheter som økes og oversvømmelse. Fig. 3.9 viser ulike utfordringer flom kan gi. Erosjon og massetransport er noe flom kan føre til. Dette kan gi vann på avveie på grunn av tilstopping i punkter som er kritiske. I tillegg kan ispropp og kulvertinnløp som er tette gi vann på avveie.

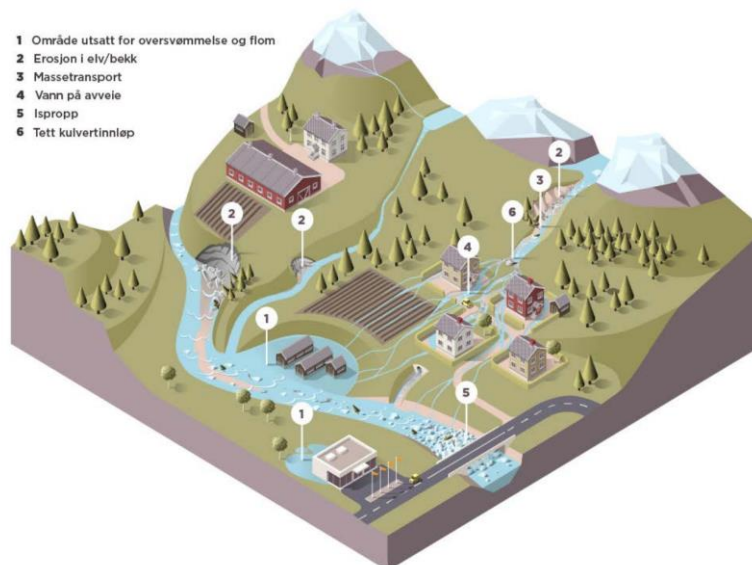


Fig. 3.9 – Flom kan gi flere utfordringer [32]

3.4.5. Forurensing

Norsk Vann [33] beskriver at urensert avløpsvann kan komme på avveie på grunn av kapasitetsutfordringer for ledningsnett og renseanlegg ved store regnskyll etter den tradisjonelle måten å håndtere overvann på. Da har det skjedd at det urensede overvannet har trengt inn i kjellere eller lokale vassdrag. Ved å benytte seg av overvannsledninger, vil det være mindre fare for at avløpsvannet som er urensert vil havne på avveie ved slike hendelser.

Renseanleggene er primært konstruert for å rense avløpsvann fra husholdningene og noen typer industri. Overvann fra byområder fører imidlertid med seg søppel og ulike typer miljøgifter, som vi hverken vil ha i de lokale vannforekomstene eller i slammet som er restprodukt fra avløpsrenseanleggene. Dette slammet skal gjerne brukes som gjødsel eller jordforbedring, og bør selvsagt ikke inneholde miljøgifter. [33]

Forurenset overvann i byene blir en utfordring, ifølge Norsk Vann [33]. Vannet burde være rensert før det blir utslipp til vannmiljøet, men dette er ikke noe rensesanleggene kan klare uten oppgraderinger som er store og kostbare.

NOU [2] skriver at forurenset overvann i sentrumsområder kan komme fra ulike kilder. Overvannet som kommer fra veier, har en betydelig større grad av forurensing enn det overvannet som kommer fra andre deler i et tettsted. Tungmetaller og organiske miljøgifter er noe av forurensingen som kommer i overvannet fra en vei. «Forurensningen stammer hovedsakelig fra slitasje, eksosutslipp, materialbruken i biler, overflatedekker og fra drift av veinettet. Sammensetningen av stoffer i overvann fra vei vil variere fra område til område» [2].

I tillegg er det forurenset overvann fra andre kilde enn veier, ifølge utvalget [2]. Det kan komme fra atmosfærisk nedfall og bygningers avrenning. I tillegg kan industri, tunnelers vaskevann og andre virksomheter sine driftsutslipp bidra til forurenset overvann, men slike tilfellet er ikke nedbørsutløst og kan bli mer kontrollert avrenning som kan fanges opp.

3.5. Miljøskader ved overvann

Det kan oppstå flere ulike skader på miljøet ved overvann. Dette kan føre til store kostnader for både offentlig og privat økonomi i tillegg til å kunne skade naturen og menneskers helse. Kristiansand kommunes overvannsveileder [34] beskriver hva som skjer når utviklingen av at vegetasjonsområder blir utbygd med tette flater:

På grunn av denne utviklingen generer utbyggede områder store mengder overvann som videreføres raskere til nedstrøms resipienter. Store overvannsmengder med økt avrenningshastighet vil kunne erodere og fange med seg sedimenter.

Mulige konsekvenser av utbygging:

- *Økt avrenningsmengde*
- *Økt avrenningshastighet*
- *Hyppigere overskridelse av vassdragsbredder*
- *Økte flomhendelser og eiendomsskader*
- *Redusert tørrværsavrenning i bekker og vassdrag*
- *Redusert grunnvannsnivå*
- *Økt overløpsutslipp fra fellessystem*
- *Økt transport av overflateforurensning*

I rapporten NOU [2] beskrives skader som kan oppstå i forbindelse med overvann. Her poengteres at klimaendringer er årsak til mer nedbør som gir økte skader på grunn av overvann. Nedbyggingen av grønstruktur i tettsteder og byer, samt fortetting og byutvikling kan til å bidra til økte skader fra overvann. NOU [2] anslår skadekostnader fra 1,6 til 3,6 milliarder kroner per år for Norge.

Ifølge NOU [2] kan klimautviklingen og fortettingen bidra til økt intensitet på avrenning av overvann. «Etter utvalgets syn er det derfor behov for å klimatilpasse kommuneplaner, reguleringsplaner og overvannssystemer for å forebygge skadevirkninger som følge av overvann» [2]. Hvis det ikke tilføres

forebyggende tiltak, forventes det en økning på skadekostnader som vil følge utviklingen slik som klimaet utvikler seg. Utvalget presenterer at dette kan gi en økning av kostnad i løpet av de neste 40 årene med en økning fra 45 til 100 milliarder kroner.

NOU [2] deler opp i direkte og indirekte skader fra overvannet. Direkte skader er skadevirkningen som skjer på grunn av overvannet. Indirekte skader er virkningene av de direkte skadene som oppstår.

3.5.1. Direkte miljøskader

Direkte skader på grunn av overvann beskrives i NOU [2] sin rapport og innebærer at overvannet gir direkte skader på omgivelsene rundt, ved at bygninger kan få vannskader i tillegg kjøretøy, inventar og maskiner. Det kan gi direkte skade på infrastruktur hvor veier, gang- og sykkelveier, jernbaner, kabler til telefon, data og strømforsyning og vann- og avløpssystemer er utsatt. Ved et overvannstilfelle kan det gi kostnader for økt vedlikehold, istandsetting og gjenanskaffelse. En overvannsepisode kan gi direkte skader som erosjonsskader for trafikkarealer og områder for fritid og rekreasjon. Kostnader for istandsetting og økt vedlikehold blir følgene av slike direkte skader. Tap av kulturskatter nevnes som en annen direkte skade som for eksempel at bygninger eller inventar som får vannskader.

3.5.2. Indirekte miljøskader

I NOU [2] nevner at indirekte skader på grunn av overvann kan være at næringsliv kan få tap i produksjonen og miste omsetning på grunn av vannskader. I tillegg kan skader ved overvann gi redusert fremkommelighet for veier og baner, og trafikkomlegging kan være nødvendig. Dette medfører trafikkforstyrrelser som igjen gir forsinkelser for alt fra fotgjengere og syklistene til nyttetraffikk og tog. En annen indirekte skade som kan oppstå, er at strømforsyningen og kabler til data og telefon kan bli ødelagt eller stenges. Dette kan ramme private og næringslivet.

Forurensningsskader nevnes også som indirekte skader av NOU [2]. Ved overvann kan det forekomme utslipp fra avløpsanlegg som ikke er fungerende eller ikke kan håndtere nok mengde av vann. Dette utslippet kan være forurenset. Andre kilder til forurensning kan være tanker med kjemikalier eller olje som er skadet. I tillegg kan industriområder og veiavrenning gi forurensning. Både for privat og offentlig virksomhet, kan overvannsepisoder medføre et opprydning- og administrasjonsbehov etter en hendelse. Dette gir tidskostnader for slik administrering og opprydning. Det kan også oppstå tilfeller hvor indirekte skader kan gi negative helseeffekter. Sykdom kan forekomme ved kontakt med infisert spillvann eller flomvann fra en overvannsepisode. Dette kan føre til kostnader for velferdseffekter. Også psykisk belastning for frykt for skader fra overvann, kan være tilfelle.

3.5.3. Prinsipper for å unngå miljøskader

Miljødirektoratet [16] presenterer en tilnærming til hvordan overvann kan håndteres for å unngå skade. Et av punktene som trekkes frem er: «Skader som følge av overvann kan motvirkes ved å planlegge løsninger som i størst mulig grad lar vannet infiltrere i grunnen eller som samler opp og fordrøyer vannet før trygg bortledning til resipient». Ved noen anledninger er det også behov for å måtte rense vannet på grunn av forurensningsfare. Dette kan tas hånd om ved å velge løsninger som

bidrar til opprettholdelse av det naturlige kretsløpet til vannet, og løsninger som gir plass til vannet i byen. Da vil skadevirkningene begrenses og i tillegg gi bymiljøet positive elementer. Miljødirektoratet nevner også at alle overvannstiltak passer ikke like godt alle steder. Derfor kan den beste overvannshåndteringen være en kombinasjon av tiltak basert på de lokale forholdenes premisser.

Lindholm [1, p. 473] lister opp formål som er aktuelt å vurdere ved valgt av overvannsløsning:

- *Unngå overbelastning av ledningsnett, som kan gi kjelleroversvømmelser og overløpsutslipp. I mange kommuner stilles det strenge krav til hvor meget overvann som får slippes inn på kommunale ledninger.*
- *Unngå lokale oversvømmelser.*
- *Reduser faren for erosjon og ras i bekkedaler.*
- *Bedre vannkvaliteten i vannresipienten.*
- *Anlegg et miljøelement i lokalområdet.*
- *Legg forholdene til rette for dyre- og fugleliv.*

I tillegg presiserer også Bergen kommune [35] at:

Biologiske/økologiske hensyn må ivaretas (f.eks. opprettholde/forbedre fiskens gyte- og vandringsmuligheter).

3.6. Klimatilpasning og overvann

Klima 2050 [36] er et senter for forskningsdrevet innovasjon, og partnere i konsortiet og Norges forskningsråd finansierer senteret. De arbeider for «reduksjon av samfunnsrisiko knyttet til klimaendringer på det bygde miljø» på bakgrunn av de klimaendringene som har vært, og det forventes ytterligere endring. Klima 2050 mener vi må forberede oss på nedbørsmengder som øker, avløpssystemenes økte belastning på grunn av økningen i nedbør, økning i antall skred og flere skader på grunn av flom. De presiserer hvordan Norges bebygde miljø står i forhold til slike utfordringer og nødvendig prosedyre for å bidra til styrking av bebyggelsen vår:

Dessverre er det bygde miljø spesielt sårbare for klimaendringer. Bygg-, eiendom-, anlegg- og transportsektoren og samfunnsaktører må derfor revurdere behov og praksis for lønnsomme investeringer for å tilpasse seg de fremtidige klimautfordringene. Å fremskaffe nødvendig kunnskap, metoder og verktøy for å implementere løsningene er av største betydning for en sikker, bærekraftig og kostnadseffektiv utvikling av det norske samfunnet.

Klima 2050 [36] forsker på klimatilpasning for blant annet overvannshåndtering. De har en arbeidspakke hvor det forskes på oversvømmelsesrisiko for bygninger og infrastruktur hvor kunnskapsforbedring og kostnader i forhold til oversvømmelser inkluderes. I tillegg ser de nærmere på effekten av blågrønne løsnings implementering i overvannshåndteringen. Klima 2050 [36] presiserer også et behov: «Det er behov for forskning på hvor mye blå-grønne løsninger som må etableres i et område og hvordan de etableres for at det skal få effekt på overvannssystemets kapasitet nedstrøms».

3.7. Fra problem til ressurs

Siden klimatilpasning handler om å forhindre skader fra klimaendringene, men også det å utnytte de mulighetene som oppstår, er det viktig å se på hvordan håndteringen av overvann kan være et bidrag til dette. Regjeringen ved Kommunal- og distriktsdepartementet [3] kom i juni 2022 med en pressemelding om at det ønskes å legge mer til rette for at overvann ikke skal være et problem, men en ressurs. Det gjøres blant annet ved forslag om å endre i PBL som vil gi kommunene bedre virkemidler for overvannstiltak.

Norsk Vann [37] diskuterer også temaet. Her anbefaler Norsk vann å følge treleddsstrategien hvor det er for trinn én overvannet spesielt kan benyttes som en ressurs som er til glede for miljø, natur og mennesker.

Det kan oppnås ved å legge til rette for en naturlig vannbalanse der overvannet kan infiltreres til grunnvannet, fordampes eller tas opp i vegetasjon, eller gjennom å utnytte vannets estetiske eller økologiske potensial i åpne bekker og vannspeil. Kanskje kan overvannet også renses og gjenbrukes lokalt, for eksempel til vanning i tørre perioder, til å trekke ned i toalettet eller til klesvask? [37]

I København, Danmark finnes det et regionalt utviklingsprosjekt med navn CALL Copenhagen [38] som har som mål å bidra til raskere utvikling og oppskalering av bærekraftige løsninger for klimatilpasning. Her presenterer de hvordan store arealer fra utendørs sportsfasiliteter kan bidra til overvannshåndtering. Arealene er i utgangspunktet benyttet til ulike idretter og aktiviteter, men når regnskyllene kommer, så omgjøres arealene til å kunne samle overvann. Prosjektet er vist i Fig. 3.10.

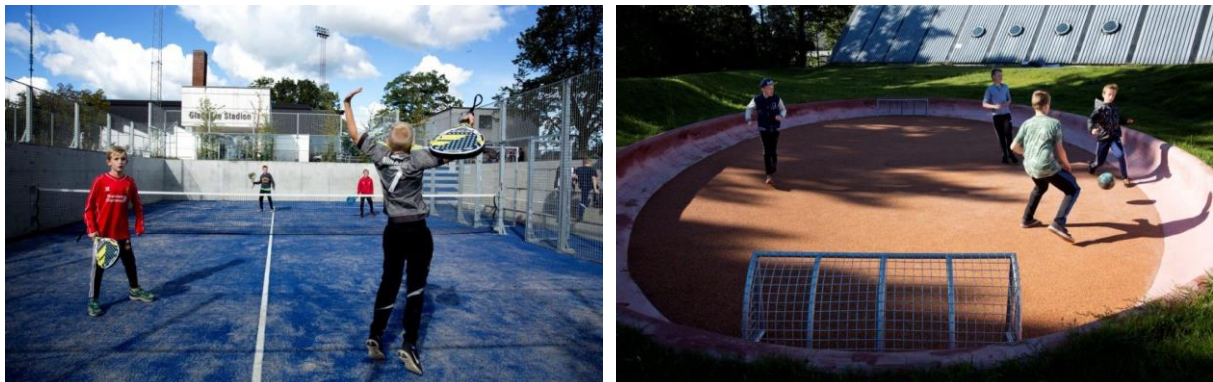


Fig. 3.10 - Bruken av allerede avsatte arealer til overvannshåndtering [38]

I Gøteborg, Sverige, har de hatt et prosjekt som ble kalt for *Verdens beste by når det regner* ifølge Tekna [39]. Her fokuserer Gøteborg kommune på bærekraftige måter å møte klimaendringene på.

«En stor del av jobben de siste to årene har handlet om å få de ulike forvaltningene til å jobbe sammen om overvann. Det har vist seg å være en suksess. Nå pitcher til og med de ulike byetatene egne prosjekter som skal gjøre Gøteborg til en bedre regnby» [39].

Fremtidens Byggenæring [40] og LINK Arkitektur [41] presenterer et av prosjektene som gjennomføres i Gøteborg. Det handler om å skape *Verdens beste skole når det regner*. Skolens

uteareal vil bli brukt til lek og rekreasjon, men også til å kunne håndtere overvann for området. I denne sammenhengen trekkes det frem av bidragsytere i LINK Arkitektur at den sosiale dimensjonen er viktig for slike formål, vist i Fig. 3.11. Her vil regnvannet være med på å knytte sammen ulike deler av uteområdene sammen hvor landskapet blir lekent, uforutsigbart og utfordrende.



Fig. 3.11 – Verdens beste skole når det regner, Gøteborg [41]

Asplan Viak [42] har flere prosjekter hvor overvann som ressurs har vært i fokus. Her arbeides det tverrfaglig med ulike aktører som hydrogeologer, vann- og avløpsingeniører og landskapsarkitekter som bidrar til å finne nye løsninger som omgjør overvann fra problem til ressurs. Det forklares hvilken tilnærming de har til bruken av overvann slik:

Vann fra takarealer og grønne overflater regnes gjerne som rent og kan derfor brukes i lekeområder, vannskulpturer, fontener, fuglebad, kunst, vannspeil eller til dyrking av matplanter. Overvann fra veier og plasser kan derimot være forurenset av blant annet veisalt, næringssalter, sedimenter, finstoff, tungmetaller, oljerester og mikroplast. Forurenset overvann kan likevel utnyttes som en ressurs, for eksempel til vanning av frodige beplantninger i regnbed eller fordrøyningsgrøfter.

I Oslo har Asplan Viak [43] hatt et prosjekt i Deichmans gate og Wilses gate, vist i Fig. 3.12. Dette prosjektet ble prisvinnende og har benyttet åpen og naturbasert håndtering av overvann. Ved valg av blågrønne løsninger, skapes det en attraktiv oase for beboere i Oslo sentrum. Det ble benyttet vannelementer som er skulpturelle både med og uten vann i kombinasjon med vannrenne. Dette innbyr til lek og trivsel, i tillegg til at det leder avrenningen på en trygg og åpen måte. Det benyttes beplantning i bybildet i prosjektet.



Fig. 3.12 – Prosjekt Deichmans gate og Wilses gate i Oslo [43]

3.8. Løsninger for overvannshåndtering

3.8.1. Frakopling av taknedløp

Frakopling av takrenner gjør at regn som lander på tak ledes ut til området med plen eller beplantning fremfor ledningsnett. Det er et tiltak for fordøyning eller infiltrasjon og derfor vil dette tiltaket kunne bidra i ledd 1 og 2 av treleddsstrategien, ifølge NOU [2]. Fig. 3.13 viser et eksempel på hvordan en slik løsning kan være utformet.



Fig. 3.13 – Frakopling av taknedløp [44]

Braskerud m. fl. [44] presenterer dette som en løsning for overvann. Her nevnes at frakopling av taknedløp kan bidra til å unngå for eksempel kjelleroversvømmelse på grunn av styrtregn og at

taknedløpet ledes inn i ledningsnettets eller i drenering. Fordelene ved frakopling av taknedløp som nevnes, er at slike løsninger er mer robuste enn å lede vannet til avløp, og det vil gi en redusert fare for vanninntrengning. Samtidig beskrives løsningen enkel og rimelig og vil redusere vannmengden og intensiteten for avrenningen inn i ledningsnettets. Dette vil igjen skape mindre forurensning i elver og bekker ved overfylt ledningsnett.

Det beskrives også ulemper ved denne type løsning. Hvis terrenget er for lite til å ta imot vannet som ledes dit, kan det kanskje skade omgivelsene. Det kan bli et hinder for ferdsel og vedlikehold av for eksempel en plen. I tillegg kan vann som ledes ut, gi ringvirkninger for omgivelsene ved erosjon og at gangveier blir isete ved lavere temperaturer.

3.8.2. Grønne tak

Takflater er blant de tette flatene som bidrar til høyere avrenning. Ved å benytte seg av grønne tak, kan vegetasjon benyttes til blant annet overvannshåndtering. NOU [2] nevner at grønne tak kan bidra i ledd én og to i treleddsstrategien. Denne løsningen består av å dekke et tak med vegetasjon. Det kan være vegetasjon som mose, sedum, stauder, trær og busker. Fig. 3.14 er et eksempel fra et tak i Oslo sentrum.

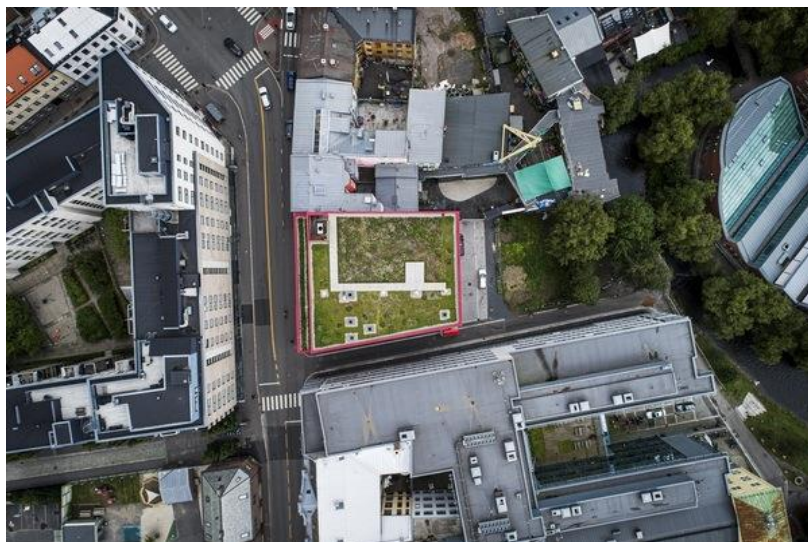


Fig. 3.14 – Blågrønt tak midt i bysentrum [45]

Holm [46] beskriver grønne tak ved at beplantningen på taket, vil kunne anvende noe av regnvannet. Store deler av det resterende vannet vil bli fordampet eller forsinkes. For slike tak vil overskuddsvannet renne langsommere enn ved tak av andre typer. I tillegg vil grønne tak bidra til bedre lokalklima ved at luftfuktigheten øker og fotosyntese for plantene. Det vil gi bedre muligheter for biologisk mangfold og bidra til å isolere bygningens tak.

Mengden av nedbør som tilbakeholdes og anvendes av planter, samt fordampes, øker med tykkelsen av vekst- og jordlag. På årsbasis er det målt en reduksjon på 50-60% for tak med et samlet vekst- og jordlag under 100 mm. Ved tak med vekst- og jordlag opptil 200 mm er det målt en reduksjon på 70-80 %. Ved små nedbørsmengder holdes alt vannet tilbake, mens ved større nedbørsmengder vil kun deler av regnvannet holdes tilbake. Større planter som gress og større urter, som dekker taket godt, reduserer og forsinker avrenningen mest.

Beregningsverdier for avrenningen ved ulik vegetasjon og tykkelse på vekstlager blir endret. Ved tykkere vekstlag vil avrenningskoeffisienten bli lavere og bidra til å fordrøye overvannet. Tab. 3.2 viser eksempler på dette.

Tab. 3.2 – Grønne taks avrenningskoeffisienter [46]

Beplantning	Tykkelse på vekstlag, mm	Avrenningskoeffisient
Mose og bergknapp (sedum)	20 – 40	0,60
Mose, bergknapp (sedum) og andre mindre planter	60 – 100	0,50
Gress og mindre planter	150 – 200	0,40
Gressplen og større planter / mindre trær	> 500	0,10

Holms [47] gjennomgang av løsningen grønne tak beskriver fordelene med en slik løsning. Grønne tak kan bidra med å redusere vannmengden og avrenningens intensitet til avløpsnettet blir dempet, og bidrar til et grønnere bymiljø som innbyggere vil oppleve som bedre. På varmedager kan grønne tak kjøle ned bygninger, og på kalde dager kan grønne tak isolere noe. Denne løsningen kan fange svevestøv, og bidra til å dempe støy som kommer ovenfra. I tillegg kan det biologiske mangfoldet styrkes og inngår ofte som en del i sertifisering med tanke på miljø for bygg. Grønne tak kan bidra til økning av levetiden til tak og snørasfaren redusere på grunn av mer friksjon ved vegetasjonen.

Det nevnes også ulemper av Holm [47] ved grønne tak, og kostnadene av avleggingen av grønne tak er ofte høyere en takpapp eller shingel. Grønne tak trenger oppfølging og skjøtsel slik som andre grønne anlegg, og sluk på taket må sjekkes og åpnes ved tetning. Ved problemer som lekkasje, kan det være vanskeligere å finne hvor skaden er. I tillegg kan håndverk som ikke er tilfredsstillende eller bestillinger som er upresise gi ekstra oppfølging.

3.8.3. Grønne vegger

Ifølge NOU [2] kan det å anlegge klatreplanter som kan plantes på bakken eller i beholdere på veggen skape grønne vegger, og dette tiltaket kan bidra til å kunne fordrøye vann – ledd to i treleddsstrategien.

Oslo kommune [48] beskriver grønne vegger slik:

Grønne fasader kan komme i ulike varianter. Vegetasjonen kan kle veggen fra vekstlag på bakken, fra tak eller ved bruk av modulsystemer. Vegetasjonen kan både være integrert i fasaden eller ligge utenpå. Frittstående vegger og andre tilnærmet vertikale bygningsanlegg, som støyskjermer og støttemurer, er flater som kan egne seg for vegetasjon.

Magnussen m. fl. [49] nevner at grønne vegger kan bidra til kjøling og isolering av veggen og vil gi bedre estetikk og luftkvaliteten økes. Det er fordi løsningen består av bruken av vegetasjon. En slik løsning kan benyttes på veggareal hvor det er mulig å anlegge vegetasjon, og det kreves vedlikehold i

henhold til hvilken vegetasjon som er benyttet. Dette vil gi driftskostnader på skjøtsel og vedlikehold. I perioder med tørt vær, trenger grønne vegger vanning.

3.8.4. Regnbed

Regnbed er en åpen overvannsløsning som bidrar til LOD. Denne løsningen har til hensikt å holde overvann tilbake helt eller på et midlertidig stadium. Ifølge Braskerud og Paus [50] kan regnbed bidra til å hindre oversvømmelser ved fordrøyning og avrenningsreduksjon. Regnbed består av en forsenkning i terrenget med beplantning og som kan lagre vannet på overflaten og infiltrere vannet til grunnen eller overvannsnettet. Det nevnes flere fordeler med å velge regnbed som løsning. Blant annet har en slik løsning evnen til å kunne redusere belastningen ved flomtopper for et gammelt avløpssystem. Løsningen har mulighet for å holde vannet tilbake lokalt og bidra til etterfylling av grunnvannet, og det kan anlegges i nedbørsfelt med utfordringer med overvann. I tillegg kan regnbed bidra til at vann bevares i urbane miljø og rense overvann som er forurenset. En annen faktor er at regnbed bidrar til at grøntstrukturen blir forsterket og biodiversiteten styrket. Tre eksempler på utforming av regnbed er vist i Fig. 3.15.

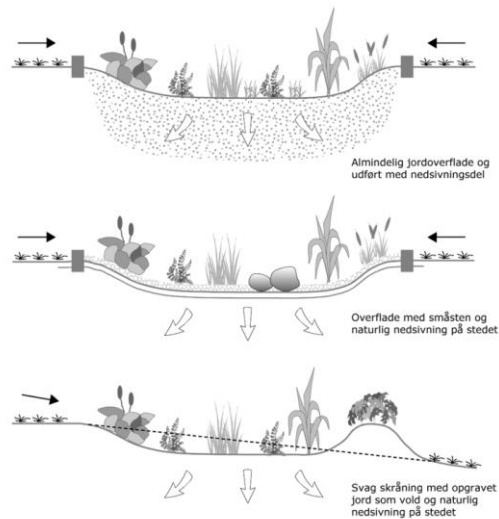


Fig. 3.15 – Regnbed med ulik utforming og egenskaper [51]

Braskerud og Paus [50] beskriver noen utfordringer ved regnbed. Disse anleggene har behov for overflateareal, og det trengs rundt 5% av det aktuelle nedbørsfeltet. Ved leirholdig grunn og tette masser kan det skape kostnader ved at massene må byttes og drenering av regnbedet må anlegges. Dette er lite utprøvd i Norge, men testanlegg i Norge viser at regnbed fungerer fra godt til meget godt. Slik som andre tiltak kreves det vedlikehold av slike anlegg.

Holm [51] presenterer også regnbed i tillegg til renner som en løsning på overvannshåndtering. Her beskrives det at: «regnbed med beplantning, renner og nedsivningsarealer med gress renser vannet ved at stoffer bunnfelles og opptas i plantene samt blir nedbrutt av mikroorganismer. Videre filtreres vannet gjennom sand og jord». Holm eksemplifiserer ved å beskrive at løsningen regnbed og renner som benyttes ved veier og parkeringsareal, kan dempe hastigheten av trafikken og adskillelse mellom gående og kjørende. For større anlegg kan det være behov for løsninger ved nedbørsmengder som er ekstra store for å sikre seg mot oversvømmelse ved bruk av overløp til avløpsnett eller vannløp.

Holm viser også til løsninger hvor det er ekstra grus og steiner under bedet for raskere nedsivning. I tillegg er det mulig å bruke regnvannskassetter under bedet som vil gi ekstra volum til forsinkelse av vannet og nedsivning. Det er også en mulighet å benytte seg av den oppgravde jorden for å skape en vold som hindrer at større nedbørsregn vil renne til naboen. Regnbed bør bli anlagt i områder med sol eller halvskygge, og ikke inneholde store trær som vil gi mange blader og tette overflater, ifølge Holm [51].

3.8.5. Permeable dekker

Permeable dekker kan bestå av flere ulike typer dekke hvor hovedkonseptet er at vannet infiltrerer gjennom dekket, og vil ikke bli eller renne på overflaten på samme måte som en tett flate vil. Myhr og Lippestad [52] presenterer en løsning hvor det benyttes belegningsstein for å skape permeable dekker som et tiltak for å kunne infiltrerer og fordrøye overvann. Fordelene med slike løsninger er at det gir muligheter for å utnytte et magasin i steinfyllingen under dekket. Da slipper man å bruke kummer og rør for håndtering av overvann og allikevel håndtere overvannet på egen tomt. Det blir redusert isdannelse ved vekslende frysing og tining. I tillegg har slike dekker lang levetid, men det kreves vedlikehold. En type permeabelt dekke er vist i Fig. 3.16.



Fig. 3.16 – Permeable dekker [52]

3.8.6. Arealer avsatt til oversvømmelse

Gabriel og Fiil [53] presenterer det å benytte areal som er tilrettelagt for oversvømmelse. Da kan store mengder overvann tilbakeholdes, og skader blir hindret. Slike areal kan være aktuelt i byrom, idrettsanlegg, gårdsrom og parker. Primærformålet med oversvømmelsesarealer er å forsinke lokalt og magasinere nedbør. Dette kan også kombineres med infiltrasjonsløsninger. Områdene må være utformet slik at de ikke tar skade av å bli satt under vann og enkelt å tømme og rengjøre etter en hendelse ved oversvømmelse. Oppholdstiden til vannet vil gi en grad av rensning på grunn sedimentering. Når det gjelder vedlikehold, blir oversvømmelsesareal vedlikeholdt som vanlige områder, men det er avhengig av frekvensen av oversvømmelser og benyttede materialer. Fig. 3.17 viser hvordan arealer som blir avsatt i områder som ligger over problemområdene, vil kunne skape trygge løsninger for områder som ligger nedstrøms.

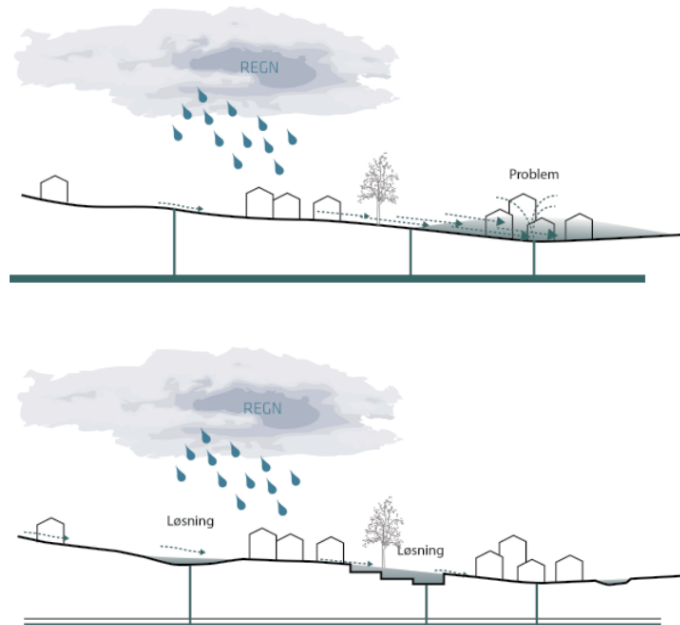


Fig. 3.17 – Oversvømmelsesareal [53]

Under denne type løsningen, kommer Gabriel og Fiil [54] med tanken om flerfunksjonelle lekeområder. Slike løsninger blir en kombinasjon av områder som innbyr til lek og som håndterer overvann. I tillegg kan områdene brukes til fornøyelse og gi en spennende effekt for områdene. Dette gir muligheter for å kunne samfinansiere klimatilpasning og områdeutvikling for lek. I tillegg vil lekeområder med overvannshåndtering gi oppmerksomhet rundt klimatilpasning og vannhåndtering for eksempel i undervisning på skoler. Ulemper ved denne type løsning er at det kan oppstå problemer ved hygiene og sikkerhet. I tillegg må nye redskaper og landskap for lek utvikles.

3.8.7. Grønne vannveier

Grønne vannveier er en metode for å kunne infiltrere, fordrøye og lede overvann, ifølge Gabriel og Fiil [55]. Ved mindre regn vil en slik grønn grøft kunne infiltrere den nedbøren som kommer, ved kraftig regn vil det kunne fordrøye vannet og ved ekstreme nedbørshendelser kan løsningen kunne lede vannet på en trygg måte på overflaten. Denne løsningen blir kalt for *vadi* og har mulighet for å kunne utformes og tilpasses i grønne område og langs veier. Dette vil gi både estetisk og biologisk verdi til området. Fordelen med denne løsningen, er at de kan håndtere regn i normale, kraftige og ekstreme regnmengder, noe som gjør løsningen robust for klimaendringene som er forventet. I tillegg trekkes det fram fordelen med at vadier, som har egenskapen til å kombinere infiltrasjon og avledning ved dren, er velegnet til områder med begrenset infiltrasjonsevne. Det er også en nyttig løsning i områder hvor terrenget har fall på grunn av dens egenskaper til å forsinke kraftig regn og avlede ekstreme mengder regn. Det nevnes også ulemper ved en slik løsning. Infiltrasjonsevnen kan være begrenset når det blir frost i jorden eller dekket av snø og is. Ved hendelser med kraftig snøsmelting, kan dette gi problemer for slike løsninger. I tillegg kan veisalt og grus skade vegetasjonen eller gi økning av driftsbehovet. Fig. 3.18 er et eksempel på hvordan en grønn vannvei kan se ut i urbane områder.



Fig. 3.18 – Grønne vannveier [55]

3.8.8. Overvannsdammer

Overvannsdammer er en løsning som kan bidra til fordrøyning og rensing av overvannet, ifølge Åstebøl [56], og det beskrives overvannsdammer med permanent vannspeil. Her har dammen et tørrværsvolum av vann som ikke blir borte når det ikke regner. Fordrøyningsvolumet av det overvannet som ledes inn i dammen vil heve vannstanden. I en slik dam som mottar det forurensede overvannet, vil det gi utvikling av dyre- og planteliv, og i tillegg gi verdi for landskap og rekreasjon, selv om hovedformålet er rensing og fordrøyning. Slike anlegg bør konstrueres med dimensjoner for å kunne håndtere overvannsvolumet som er nødvendig og på en slik måte som gir lite vedlikeholdsbehov. For de ekstreme avrenningsforholdene anbefales det at overvannsdammen anlegges med overløp eller flomveier. Åstebøl anbefaler: «Av hensyn til sikkerheten omkring bassenget og for å fremme vegetasjon langs bassengets sider, anbefales skrånende kanter, eksempelvis i forholdet 1:4». Det kan være flere ulike utforminger av overvannsdammer og Fig. 3.19 illustrerer et eksempel.

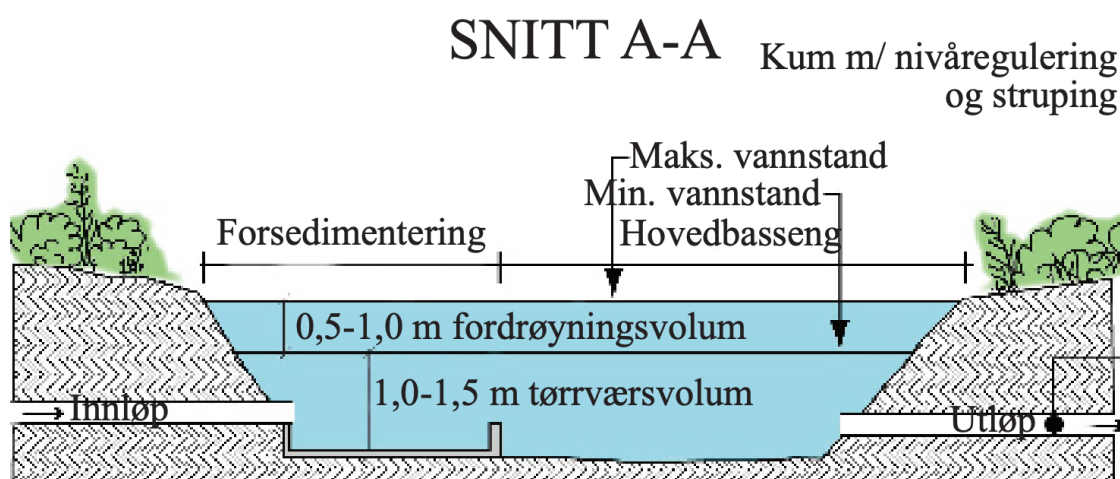


Fig. 3.19 – Overvannsdam med permanent vannspeil [56]

3.8.9. Åpne flomveier

For siste ledd i treleddsstrategien er åpne flomveier en løsning som blir presentert av Lindholm [57]. Når avrenningen blir større enn hva avløpsnett og LOD-anlegg kan håndtere og er dimensjonert for, eller det ordinære systemet stopper opp, vil flomveiene tre i funksjon. En slik løsning kan være som en kanal eller et område som leder flomvannet, og kan bidra til rekreasjon, biologisk mangfold og at lukkede bekker åpnes. Mulige tiltak kan være å lede vannet over områder som ikke gir for store ulemper. For offentlige åpne områder nevnes park, gangvei, kirkegård, areal for rekreasjon og idrett som eksempler på areal som kan oversvømmes. Fig. 3.20 viser eksempler på naturlige og kunstige flomveier.



Fig. 3.20 – Åpne flomveier kan være naturlig (venstre) og kunstig (høyre) [58]

Miljøblad nr. 93 omhandler åpne flomveier og Endresen [58] hevder at når regnvannet blir så kraftig at det fører til overbelastning for overvannssystemet, kan det oppstå flomvann hvor avrenningen er ukontrollert. Han definerer at flomvei er: «en klart definert kanal og/eller område for bortledning av flomvann på terreng fra urbane områder» [58] og flomsone er «alle områder som settes under vann i forbindelse med dimensjonerende flom. I tillegg til selve flomveien inkluderer flomsonen sideområder som myrer, parkeringsplasser etc. som tillates satt under vann for en kortere periode» [58]. Slike flommer som kan oppstå, kan skade landarealer, og derfor må det være planlegging på overordnet nivå. Regulering- og bebyggelsesplaner er blant de aktuelle planene hvor flomsone, som omfatter flomveien og sideområdene som brukes til fordrøyning, må vises. Det må beregnes noe drift og vedlikehold av åpne flomveier. Det nevnes noen eksempler på aktiviteter for drift, og det er blant annet fjerning av drivgods, rusk og rask fra flomveiene, klipping av gress og fjerning av uønsket vegetasjon, og ved vinterhalvåret kan snø og is samle seg og gi tilstopping.

3.8.10. Lukkede magasiner

En løsning for å kunne håndtere overvann, er lukkede magasiner og er vist i Fig. 3.21. De kan bidra i både ledd én og ledd to i treleddsstrategien. For ledd én er det snakk om mindre volumer, mens for ledd to må håndtere større volumer. Lindholm [57, pp. 476-477] presenterer denne løsningens flere utforminger. Det kan være et steinmagasin hvor prinsippet er en grop som fylles med grov stein eller grov pukk, og hulrommet mellom steinene blir et fordrøyningsvolum. Opptil 30 % av totalvolumet kan bli fordrøyningsvolum ved steinmagasiner. En annen tilnærming er tanker eller rørmagasiner hvor ønsket mengde volum kan holdes. I tillegg presenteres plastkassetter som en mulighet for å kunne fordrøye overvann. Slike plastkassetter tåler mye belastning som personbiler, og allikevel ha et effektivt volum på opptil 95 %.

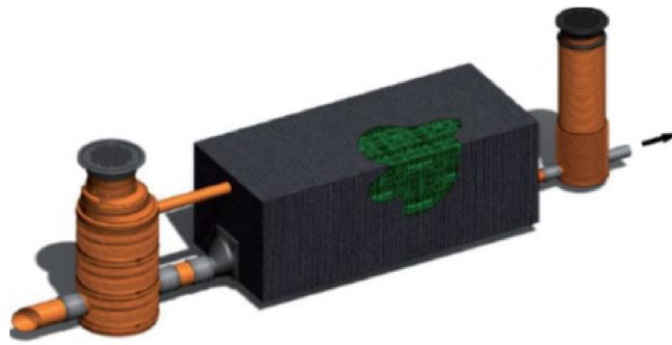


Fig. 3.21 – Eksempel på lukket magasin [57]

Miljøblad nr. 104 [59] presenterer en kombinasjon av åpent og lukket volum og kalles kombinasjonsmagasin. Her vil vannet tilføres i elliptiske profiler og øvrig fylles volumet rundt av steinmasser. I en slik løsning er det også mulig å spyle eller suge ut slammet fra overvann.

3.8.11. Åpent, tørt fordrøyningsbasseng

NOU [2] presenterer løsningen med et åpent, tørt fordrøyningsbasseng. Det kan bidra i alle tre ledd av treleddsstrategien, og en slik løsning skal redusere oversvømmelsesfare og flompåvirkningen begrenses for vassdraget. Dette gjøres ved å holde volumet med vann tilbake midlertidig fra en nedbørshendelse på grunn av en redusert utløpskapasitet. Fig. 3.22 viser eksempel på hvordan løsningen kan planlegges.



Fig. 3.22 – Åpent, tørt fordrøyningsbasseng [60]

I et temablad av COWI [60] som beskriver et åpent, tørt fordrøyningsbasseng, sier at funksjonen til en slik løsning er å redusere risikoen for å få en oversvømmelse i tillegg til å begrense flompåvirkningen for vassdrag. Slike basseng vil tømmes helt etter en regnhendelse. I tillegg nevnes det at arealet til bassenget kan ha en utforming som inviterer til flerbruk. En slik løsning har et rensespotensial med noe sedimentering, men beskrives som generelt lavt. Når det gjelder drift og vedlikehold, anbefales det at inn- og utløpsarrangementet kontrolleres regelmessig. Det gjelder også bassengets sedimentasjons- og erosjonsforhold.

3.8.12. Infiltrasjonsbasseng

En løsning som kan bidra i ledd én og to er infiltrasjonsbasseng, ifølge NOU [2]. Denne løsningen er et åpent basseng som kan kombinere egenskapene infiltrasjon til grunnen og magasinering av overvann. Et eksempel på en slik løsning er vist i Fig. 3.23.

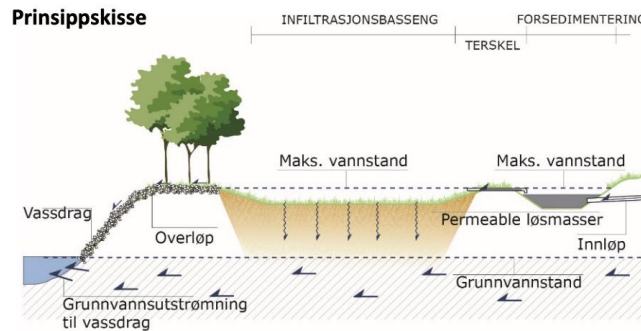


Fig. 3.23 – Infiltrasjonsbasseng [61]

«Både oppløste og partikulære stoffer fjernes under infiltrasjonsprosessen. Organiske stoffer nedbrytes i grunnen. De primære renseprosessene er filtrering, sorpsjon til jordpartikler og mikrobiell nedbrytning. Grovt partikulært materiale bør fjernes ved forsedimentering før infiltrasjon». Slik beskrives det for hvordan en slik løsning kan bidra til å rense overvann, ifølge COWI [61] i et temablad for løsningen. En slik løsning anlegges i naturlige masser hvor det er gode infiltrasjonsegenskaper. For drift og vedlikehold av bassenget må forsedimentering tømmes regelmessig og anbefalt hvert andre til fjerde år.

3.8.13. Vegetasjonsbruk

Paus m. fl. [62] presenterer vegetasjonsbruk for håndtering av overvann som er åpen. En slik løsning bygger på å etterlikne slik naturen håndterer vann. Det deles inn i tre klasser av vegetasjonsløsninger. Den første klassen er våtmagasiner og fordrøyning som omhandler å lede avrenningen fra harde flater til løsninger med permanent vannspeil som dam, basseng eller vassdrag. Dette bidrar til fordrøyning og heving av vannkvaliteten ved sedimentasjon, biologisk omsetning, filtrasjon og sorpsjonsprosesser. Den andre klassen er infiltrasjon hvor løsningene veksler mellom tørre og våte forhold. Her vil overvannet samles opp, fordrøyes og infiltreres. Vegetasjonen for klasse to beskrives slik:

Vegetasjonen har en avgjørende rolle i å opprettholde infiltrasjonsevnen i overflaten over tid. Avrenning fra tette flater som tilføres anlegget inneholder ofte finstoff, som vil kunne tette igjen porer i infiltrasjonsmassene, og over tid bidra til å redusere infiltrasjonsevne. Studier viser at vegetasjonens rotsystem vil motarbeide gjentetting, og at jo tettere vegetasjonen er, jo høyere er infiltrasjonsevnen.

Den tredje klassen er transport hvor løsningene også her veksler mellom tørre og våte forhold, og overvannet samles opp, fordrøyes og infiltreres. I tillegg transporteres overvannet fra et sted til et annet. Eksempel på dette er fra et taknedløp til et basseng. Flomveier omfattes også av dette. Fig. 3.24 viser eksempel på hvordan vegetasjon er en del av overvannshåndteringen i et område.



Fig. 3.24 – Vegetasjon i overvannshåndtering [62]

Fordelene med vegetasjonsbruk er at det estetiske uttrykket blir hevet og opprettholder bidraget av infiltrasjon. I tillegg vil dette rense overvannet og redusere erosjonsfaren. Andre fordeler er at oksygen blir ført ned i filter- og vannmasser, og den biologiske aktiviteten og biodiversiteten øker. Noen ulemper ved dette er at det må skje en oppfølging av etableringen av vegetasjon i tillegg til vedlikehold, vanning og skjøtsel. Ved kalde perioder, vil løsningene være inaktive, nevnes også av Paus m. fl. [62].

3.8.14. IFS-kum

Kummer kan benyttes til å lede vannet ned i bakken. Basal [63] presenterer en overvannsløsning som bidrar til infiltrasjon i tillegg til å kunne lede til fordrøyning av overvannet og kalles Infiltrasjonssandfangskum (IFS-kum). Denne løsningen er både en infiltrasjonskum og har sandfang og hindrer at infiltrasjon- og steinmagasin blir tettet igjen. IFS-kummen har også nødoverløp og overløpsrør til fordrøyningsmagasin. For drift og vedlikehold, anbefales det at sandfanget tømmes hvert halvår, men kan variere etter lokale forhold. Fig. 3.25 og Fig. 3.26 viser en IFS-kum.

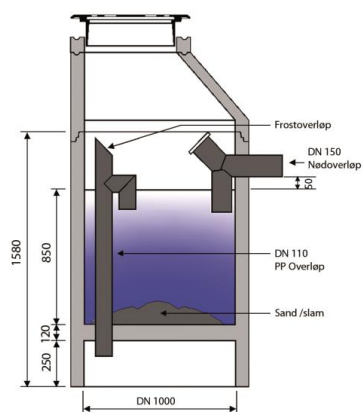


Fig. 3.25 – Eksempel på en IFS-kum [63]

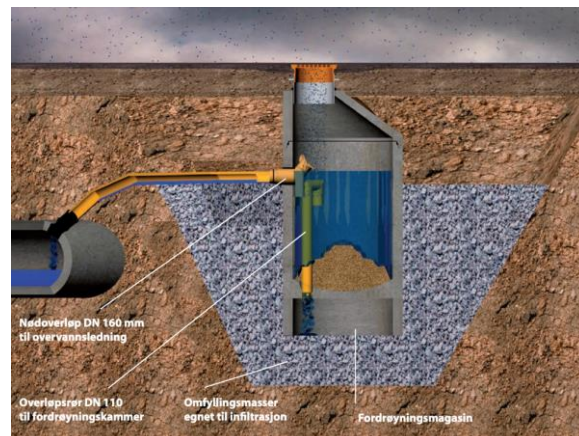


Fig. 3.26 – Illustrasjon av en IFS-kum [63]

3.9. Oppsummering av overvannsløsninger

En oppsummering av løsningene fordelt etter leddene i treleddsstrategien er vist i Tab. 3.3.

Tab. 3.3 – Overvannsløsninger fordelt etter treleddsstrategien

Løsning	Egnet for ledd	Uegnet for ledd
Frakopling av taknedløp	1, 2	3
Grønne tak	1, 2	3
Grønne vegger	2	1, 3
Regnbed	1, 2	3
Permeable dekker	1, 2	3
Arealer avsatt til oversvømmelse	1, 2	3
Grønne vannveier	1, 2, 3	
Overvannsdammer	2	1, 3
Åpne flomveier	3	1, 2
Lukkede magasiner	1, 2	3
Åpent, tørt fordrøyningsbasseng	1, 2, 3	
Infiltrasjonsbasseng	1, 2	3
Vegetasjonsbruk	1, 2, 3	
IFS-kum	1, 2	3

3.10. Den rasjonelle formelen

For overslagsberegninger benyttes den rasjonelle formelen ifølge Lindholm [1, pp. 460-464]. For små urbane felt hvor arealet har en størrelse mindre enn 20-50 hektar og nedbøren direkte tilknytter avrenninger, er den rasjonelle formelen mye praktisert. Den rasjonelle formelen er gjengitt etter Lindholm [1, p. 460]:

$$Q = \varphi * A * I \quad (3.1)$$

Q = avrent vannføring fra feltet i liter pr. sekund (l/s)

φ = forholdet mellom avrent nedbør på overflaten og nedbørmengdeforholdet

A = området innenfor vannskillene for feltet (ha) – 1 ha = 10 000 m²

I = nedbørintensitet (l/s*ha)

Kristiansand kommunes overvannsveileder [34] har også lagt til en klimafaktor, og formelen blir presentert slik:

$$Q = \varphi * i * A * kf \quad (3.2)$$

Q = dimensjonerende vannføring (l/s)

φ = forholdet mellom avrent nedbør på overflaten og nedbørmengdeforholdet

i = nedbørintensitet (l/s*ha)

A = areal av nedslagsfeltet i (ha.)

kf = klimafaktor

3.10.1. Avrenningskoeffisient

Forholdet mellom områdets avrenning og samme områdets nedbør gir avrenningskoeffisienten, φ , ifølge Lindholm [1, p. 462]. Denne koeffisienten er avhengig av hvordan overflatens permeabilitet i tillegg til fallforhold, beskaffenhet, nedbørsvarighet og nedbørintensitet. Det er nødvendig å vurdere de lokale forholdene når avrenningskoeffisient skal velges. Da er det størrelsen av arealet, andelen av tette flater, fallforholdet, grunnvannstanden, grunnforholdene og avrenningssituasjonen som er dominerende.

Hovedfeltet kan bestå av mindre delfelt med ulike avrenningskoeffisienter. Da benyttes midlere avrenningsfaktor med formelen [1, p. 462]:

$$\varphi_{midlere} = \frac{\varphi_1 A_1 + \varphi_2 A_2 + \dots + \varphi_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.3)$$

Avrenningskoeffisienter som brukes kan ha ulike verdier for ulike typer overflater. Lindholm [1, p. 462] presenterer denne tabellen med avrenningskoeffisienter, se Tab. 3.4.

Tab. 3.4 – Maksimale avrenningskoeffisienter for noen flater [1]

Type flater	φ_{spiss}
Tak	0,8 - 0,9
Asfalterte veger og gater	0,7 - 0,8
Grusveger	0,4 - 0,6
Plen	0,05 - 0,1
Sammensatte flate	
Bysentrum	0,7 - 0,9
Blokkbebyggelse	0,4 - 0,6
Rekkehusområder	0,2 - 0,4
Åpne eneboligstrøk	0,2 - 0,3

Kristiansand kommunes overvannsveileder [34] presenterer slike spissavrenningskoeffisienter, se Tab. 3.5.

Tab. 3.5 – Spissavrenningskoeffisienter, Kristiansand [34]

Type flate	Spissavrenningskoeffisienter
Tette flater	0,9 - 1,0
Sentrums- og tettbebygde områder	0,7 - 0,9
Rekkehus-/leilighetsområder	0,6 - 0,8
Eneboligområder	0,5 - 0,7
Grusveiplasser	0,5 - 0,7
Plen, dyrka mark, parkområder	0,2 - 0,4
Skogsmark med vegetasjon, steinet og sandholdig grunn	0,1 - 0,3

3.10.2. Nedbørsdata

Nedbørdata for det området man befinner seg i, er viktig på grunn av stedlige variasjoner i landet vårt. Lindholm [1, p. 463] mener det skal benyttes representative nedbørsstatistikker for hele området, og den bør studeres nøye. Det kan benyttes intensitet, varighet, og frekvenskurver (IVF-kurve). Den består av data som er registrert av nedbørmålere, ifølge Thorolfsson [64, p. 57]. Her vil hver enkelt regnbygge bli omdannet til et kasseregn hvor det sorteres etter indikatorene intensitet, varighet og hyppighet. Kasseregn er konstruert regn hvor intensiteten er konstant over en gitt tid. Eksempler på dette er 100 l/s*ha over 5 minutter eller 50 l/s*ha over 10 minutter, og da er det uavhengig av intensitet og variasjon. Regnvolumet fra det virkelige regnet og kasseregnet vil være det samme.

Konsentrasjonstiden T_c er den tiden vannet bruker på å renne fra ytterste punktet til utløpet i nedslagsfeltet og vil variere avhengig av egenskapene til feltet, ifølge NVEs veileder for flomberegninger [65]. Formlene for utregning av konsentrasjonstiden er gitt ved av NVE [65]:

Konsentrasjonstid for naturlig felt er gitt ved

$$T_c(\text{min}) = 0,6 * \frac{L}{H^{0,5}} + A_{SE} \quad (3.4)$$

Konsentrasjonstid for urbane felt (utbygde felt) er gitt ved

$$T_c(\text{min}) = 0,02 * \frac{L^{1,15}}{H^{0,39}} \quad (3.5)$$

L = lengden av feltet [m]

H = høydeforskjellen i feltet [m]

A_{SE} = effektiv innsjøprosent [-], gitt som andel og ikke prosent

Nedbørintensiteten i vil bestemmes av det gitte gjentaksintervallet og konsentrasjonstidens varighet. IVF-kurvene viser for gjentaksintervallenes varighet og den gjennomsnittlige regnintensiteten, ifølge NVE [65].

Kristiansand kommunes overvannsveileder [34] presenterer en tabell, se Tab. 3.6, for dimensjonerende gjentaksintervall. Den gir en hjelp til å velge hvilket gjentaksintervall som bør dimensjoneres etter.

Tab. 3.6 – Gjentakintervaller for ulike kategorier [34]

Kategori	Plassering	Frekvens
Områder med lavt skadepotensial		
1	Utmark Landbruksområder	10 år
Områder med betydelig skadepotensial		
2	Boligområder	25 år
Områder med høyt skadepotensial		
3	Kvadraturen Sentrale deler av Lund Sentrale deler av Grim Sentrale deler av Vågsbygd Viktige samfunnsinstitusjoner	50 år

3.10.3. Klimafaktor

Norsk klimaservicesenter anbefaler et klimapåslag, vist i kapittel 3.2.2. Her anbefales det klimapåslag på 30 %, 40 % og 50 % for Agder med ulike scenarier. Klimafaktoren kan vurderes ut fra varighet og gjentakintervall.

3.11. Regnenvelop med konstant utløp

Lindholm i Miljøblad nr. 69 [66] viser hvordan beregninger for volum for et magasin kan utføres. En tilnærming for beregning av dette, kalles regnenvelop. Denne tilnærmingen baserer seg på beregninger for massebalansen i magasinet. Det beregnes for et kasseregn ved ulike regnvarigheter hentet fra IVF-kurver. Da vil den regnvarigheten som blir dimensjonsgivende, være den som gir størst resultat for akkumulert tilløpsmengde hvor akkumulerte utløpsmengder er trukket fra. Det konstante utløpet er en antakelse som er omtrent det som er en maksimalverdi, og som er tilpasset nedstrøms forhold og kan basere seg på tidligere avrenning for nedslagsfeltet eller kapasiteten til avløpsnett. «For å få et mest mulig representativt volum i beregningen, kan man velge utgående vannføring til f.eks. 70 % av den maksimalt tillatte verdien».

Lindholm [66] beskriver prosedyren i regnenvelop og starter med å velge den benyttede gjentakintervall for dimensjonsregn. Deretter beregnes tilløpsvolumet ved de ulike regnvarighetene.

Tilløpsvolumet [66]:

$$V_{inn} = i_{z,tr} * t_r * A * \varphi \quad (3.6)$$

V_{inn} = tilløpsvolum

$i_{z,tr}$ = regnintensiteten for et kasseregner med gjentakintervall z og varighet t_r

t_r = varighet

A = arealet av nedslagsfeltet

φ = avrenningskoeffisient

Deretter velges konstant utløp. For å få en utløpsvannføring som er mest mulig gjennomsnittlig, velges det for eksempel 70 % av den maksimale verdien. Da kan utløpsmengden beregnes for de ulike regnvarighetene.

Utløpsmengden [66]:

$$V_{ut} = Q_{ut} * t_r \quad (3.7)$$

V_{ut} = utløpsmengde

Q_{ut} = konstant utløp

t_r = varighet

Det nødvendige volumet for de ulike regnvarighetene for fordrøyningen [66]:

$$V_{fordrøyning} = V_{inn} - V_{ut} \quad (3.8)$$

Den verdien som er høyest etter å ha regnet ut $V_{fordrøyning}$ for hver varighet og blir $V_{magasin}$.

3.12. Kostnad

Begrepet kostnad er et sentralt begrep i alle deler av bygningsbransjen, også når det gjelder overvannshåndtering. Stoltz [67] definerer kostnad slik: «Kostnad er i vid forstand verdien av resurser som må settes inn for å oppnå et bestemt resultat. Den brukes vanligvis om kostnader i forbindelse med produksjon og distribusjon av varer og tjenester».

Miljødirektoratet [68] tar opp temaet kostnad når det gjelder overvannshåndtering. Her presenterer de først tanken om skadekostnader som blir unngått ved overvannstiltak settes i verk:

I den grad man kan spore reduksjoner i skader til overvannstiltak, kan man si at de unngåtte skadekostnadene er verdien av tiltakene. Vurderingen av unngåtte skadekostnader kan forenkles gjennom for eksempel bruk av områdeklassifisering.

Videre vurderer Miljødirektoratet [68] hvordan usikkerheten rundt investeringskostnadene, på grunn av flere faktorer, som spiller inn når kostnadseffektiviteten skal beregnes:

Det er vanskelig å si noe om kostnadseffektiviteten for konvensjonelle og naturbaserte overvannstiltak på generelt grunnlag. I mange sammenhenger vil naturbaserte løsninger være mest kostnadseffektivt. Bruk av ledninger kan likevel være mest kostnadseffektivt når store vannmengder skal håndteres i tettsteder med høye tomteknader.

I tillegg til unngåtte skadekostnader og investeringskostnader, legger Miljødirektoratet [68] til at tilleggsnyttan av et overvannstiltak er nødvendig å ta med i vurderingene. Blant annet er det åpne overvannstiltak som kan bidra fra å utnytte problemet til å bli en ressurs:

De åpne overvannstiltakene kan gi fordeler, eller nytte, utover at de bidrar til å håndtere overvann. Hvilke nytte ulike naturbaserte tiltak gir vil avhenge av hvilke tiltak som velges, og i hvilken sammenheng de settes.

Oslo kommunes strategi for overvannshåndtering i Oslo [5] beskriver også kostnad som tema. Her diskuteres det at for noen områder kan omlegging av overvannshåndteringen være svært kostbart, mens for andre områder kan det være mindre kostbart. Det trekkes også her frem hvordan skadekostnadene er en del av overvannshåndteringen. «Det vil derfor være mer samfunnstjenlig å bekoste forebyggende tiltak som samtidig gir en merverdi til byen og kommunen et godt omdømme, enn å kalkulere med store skadeutbetalinger» [5].

Magnussen m. fl. [49] har utarbeidet en rapport med navn *Kostnader og nytte ved overvannstiltak*. Ulike tiltak har ulik pris, og rapporten presenterer kostnader ved noen av overvannsløsningene beskrevet tidligere i kapittelet og vises i Tab. 3.7.

Tab. 3.7 – Kostnader for ulike overvannstiltak [49]

Overvannstiltak	Investeringskostnader	Driftskostnader	Levetid
Lokale overvannstiltak			
Frakopling av takrenner	Lav	Lav	100 år
Grønne tak			50 år
- Ekstensive tak (ekstrakostnader sammenligne med et vanlig tak)	400-600 kr/m ²	2-10 kr/m ² og år	
Grønne vegger	4000 kr/m ²	200 kr kr/m ²	50 år
Infiltrasjonstiltak:			40 år
- Infiltrasjonsgrøft	900 kr/m ²	10 kr/m ²	
- Regnbed	1400 kr/m ²	15 kr/m ²	
- Infiltrasjonsbasseng	500 kr/m ²	5 kr/m ²	
- Filterbasseng	90 kr/m ²	10 kr/m ²	
Fordrøyingstiltak			40 år
- Åpent, tørt fordrøyningsbasseng	2100 kr/m ³	20 kr/m ³	
- Overvannsdam	1300 kr/m ²	35 kr/m ²	
- Våtmark	1400 kr/m ²	35 kr/m ²	
Permeable flater		10-20 kr/m ²	40 år
- Gress	50 kr/m ²		
- Grus	80-100 kr/m ²		
- Betongheller	350-600 kr/m ²		
- Armert gress med betongheller	350-500 kr/m ²		
- Armert gress med gatesten	800-1000 kr/m ²		
- Gatesten	800-1000 kr/m ²		
Tradisjonelle overvannstiltak			
Lukket fordrøyningsbasseng			40 år
- Betongrør	4700-12000 kr/m ³	50 kr/ kr/m ³ /år	

3.13. Øvrige beregninger

3.13.1. Rektangulær frustum

For å beregne volumet til en rektangulær frustum, benyttes formel 3.9 etter GeoGebra [69] med variablene i Fig. 3.27:

$$V_{\text{rektangulær frustum}} = \frac{1}{3} \left[a_1 a_2 + b_1 b_2 + \frac{1}{2} (a_1 b_2 + a_2 b_1) \right] h \quad (3.9)$$

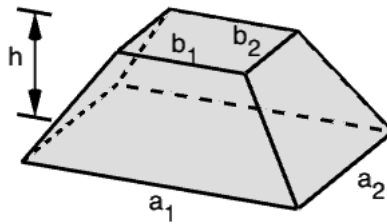


Fig. 3.27 – Rektangulær frustum [69]

4. Forskerspørsmål

4.1. Formål

Det er ventet en økning i nedbøren både i intensitet og hyppighet, og dette vil gi problemer med overvann i fremtiden. Samtidig ser vi i dag at dette rammer oss allerede. Det er behov for at det gjøres tiltak for å håndtere det overvannet som oppstår for å kunne unngå skade. For at dette skal skje, må alle som er en del av samfunnet ta ansvar for en utvikling hvor vi tilpasser oss det klimaet som forventes. Bygningsbransjen kan bidra med å kunne legge til rette for bærekraftig planlegging, og overvannshåndtering er et av områdene som må planlegges for. Av den grunn ønsker jeg å utforske hvordan et caseområde i Grimstad kan planlegges for å kunne håndtere det overvannet som oppstår etter utbygging. Dette er skogsområde som skal bli et næringsområde.

4.2. Forskerspørsmål

Hvordan håndtere overvann for et utvalgt næringsområde i Grimstad kommune med fokus på å redusere miljøskader?

- Hvilke miljøskader kan oppstå i forbindelse med overvann i og fra det utvalgte området?
- Hvilke overvannsløsninger er mest aktuelle for det utvalgte området basert på funksjon?

4.3. Avgrensninger

I dette prosjektet er det valgt ett område for å kunne gå i dybden på det aktuelle case og oppgavens omfang.

5. Case/Materialer

5.1. Oppgaveforslaget

Oppgaveforslaget ble utarbeidet av ekstern veileder ved Asplan Viak, og det gikk ut på å se på hvordan lokal håndtering av overvann fra et boligområde kan løses. I den sammenheng var det aktuelt å se på hvilke muligheter som finnes og vurdere dem, i tillegg til å se på kostnadene og positive og negative effekter ved overvann. Etter veiledningsmøter ble det endret til å se på et caseområde som skal bli et næringsområde i fremtiden.

5.2. Utvalgt område

Området som er utvalgt for dette prosjekt er *Bergemoen Syd næringsområde*. Området ligger i Grimstad kommune som er en kommune i Agder, vist i Fig. 5.1. Ifølge Nilsen m. fl. [70], har Grimstad omtrent 24 000 innbyggere og et landareal på 272 km².



Fig. 5.1 – Grimstad kommune uthevet i Agder fylke [71]

Dette utvalgte området, vist i Fig. 5.2 og Fig. 5.3 er et område som Asplan Viak utarbeidet et planforslag med tilhørende dokumentasjon til. Selve stedet ligger landlig til med skog, jorder, veier og noe bebyggelse i nærheten.

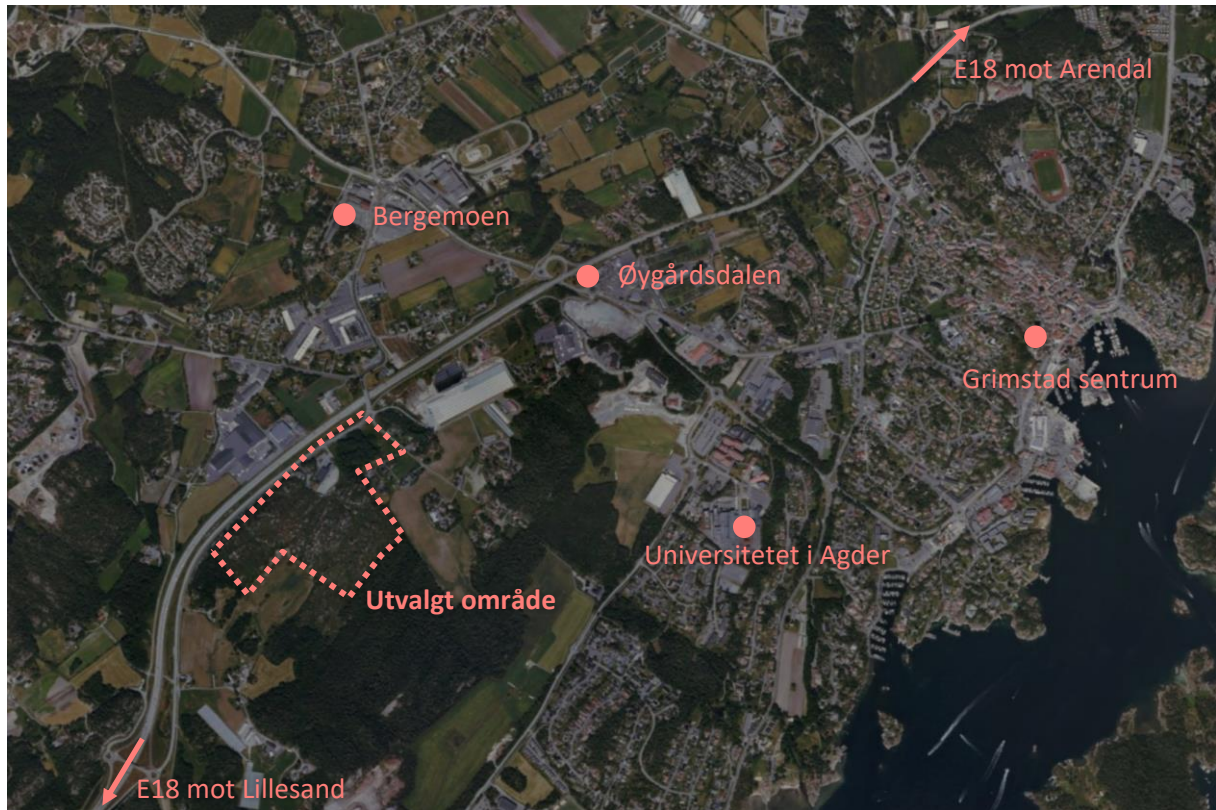


Fig. 5.2 – Ortofoto over Grimstad med markeringer [72]



Fig. 5.3 – Det utvalgte området [73]

5.3. Kommuneplan

Området N03 og N04 er av Grimstad kommune avsatt til næringsområder i kommuneplanens arealdel 2019-2031, vist i Fig. 5.4. I Kommuneplanens bestemmelser og retningslinjer [74] står det under generelle bestemmelser i § 2.13 om *Forhold som skal avklares og belyses i reguleringsplaner* i punkt v) at «Overvannshåndtering skal utredes». I konsekvensutredning for kommuneplanens arealdel [75] nevnes det at avrenning vil skje til blant annet Morvikbekken som er en sjøørretbekk og at tiltak må eventuelt ta hensyn til dette.

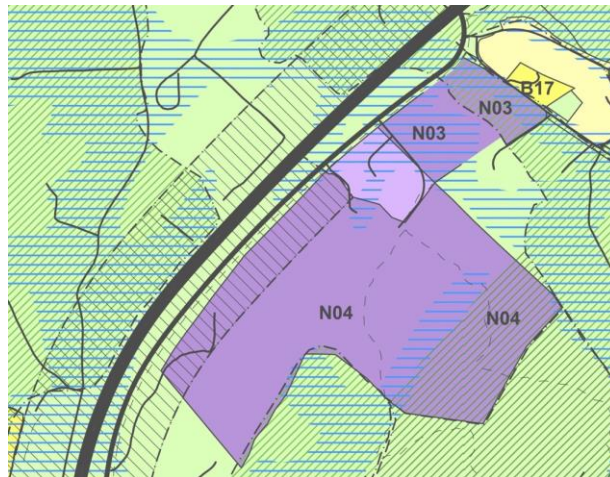


Fig. 5.4 – Kommuneplanens arealdel for området [73]

5.4. Reguleringsplan

5.4.1. Plankart

Fig. 5.5 viser plankartet som er utarbeidet av Asplan Viak og er til offentlig ettersyn. Det består av planområdets strukturelle oppbygning av de ulike feltene som området inneholder.



Fig. 5.5 – Plankartet utarbeidet av Asplan Viak [76]

5.4.2. Flomveier

Som et tillegg til plandokumentene, har Asplan Viak [77] utarbeidet en flomveioversikt for hvordan vannet innenfor planområdet vil renne og hvor det er tenkt felter som fordrøyning av overvann kan skje. Fig. 5.6 viser dette. I plankartet, Fig. 5.5, er det benyttet hensynssoner for at innenfor disse områdene kan et eller flere anlegg plasseres for håndtering av overvann.

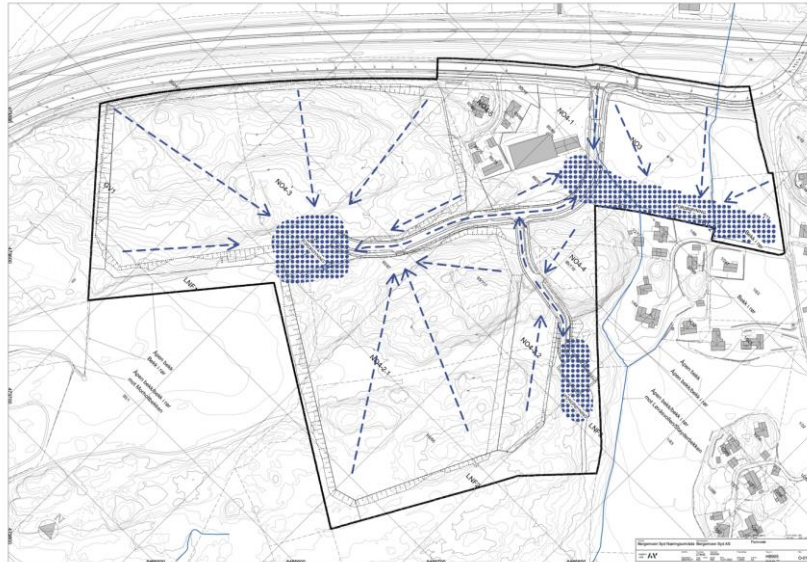


Fig. 5.6 – Flomveier innenfor planområdet av Asplan Viak [77]

5.4.3. Planbeskrivelsen

Planbeskrivelsen for Bergemoen Syd næringsområde [78] har som oppgave å beskrive planområdet på ulike fagområder. Overvann er blant dem. I planbeskrivelsen beskrives områdene som er lagt inn som hensynssoner for håndtering av overvann. I tillegg beskrives det:

*Det har vært viktig at så store deler av området som mulig får avrenning mot sydvest ut til Morholtbekken, fordi dette bekkeløpet har vesentlig større kapasitet med mindre fare for oppstuing og flom enn dagens bekk gjennom Lauvåsvollen og videre ut til Støyterbekken.
[...]*

Etablering av asfalterte kjørearealer og bygninger øker andelen tette flater og fører til større avrenning enn fra utmark og skogsterreng. For å unngå å overbelaste bekker og rør nedstrøms de nye byggeområdene, må avrenningen ledes til et fordrøyningsmagasin som kan holde tilbake og lagre overvann og kun slippe ut en akseptabel vannmengde.

Morholtbekken er mer robust og tåler langt større flomhendelser enn den åpne bekken og overvannsrørene som leder til Støyterbekken og videre mot Groos. Det er derfor en stor fordel å lede mest mulig overvann til Morholtbekken og dermed avlaste Støyterbekken som allerede har problemer med flom.

Ved beregning av nødvendig magasinivolum for de de utbygde tomteflatene er det forutsatt å holde tilbake og lagre den maksimale avrenningen som statistisk sett inntreffer

en gang hvert 10. år. Magasinene skal ikke slippe videre mer vann enn den avrenningen som tidligere har kommet fra det ubebygde terrenget hvert 2. år. Etter utbyggingen vil dette imidlertid skje oftere.

Siden Morholtbekken tåler større flomhendelser enn Støyterbekken kan det bli aktuelt å tilpasse videreført vannmengde til kapasiteten i den bekk det ledes til. Dermed vil utslipp til Støyterbekken kreve et større magasinolum enn utslipp til Morholtbekken.

[...]

Disse tiltakene vil sikre at overvannsavrenning fra områdene ikke fører til større belastning bekkeløpene nedstrøms enn dagens situasjon. Sannsynligvis vil tiltakene heller forbedre situasjonen siden mye av det vannet renner i terrenget i dag, også vil bli håndtert gjennom overvannsanleggene.

Morholtbekken og Morvikbekken blir beskrevet i denne rapporten som den samme.

Planområdet er inndelt i ulike felter, vist i Tab. 5.1.

Tab. 5.1 – Planområdets innhold [78]

Område	Areal [daa]	Sum areal [daa]
Bebyggelse og anlegg:		
- Område N03	18,7	
- Område N04-1	8,7	
- Område N04-2.1	48,0	
- Område N04-2.2	6,4	
- Område N04-3	57,9	
- Område N04-4	5,5	
- Område N04-5	6,4	151,5
Samferdselsanlegg og teknisk:		
- Veier og parkeringsplass m/tilhørende sideareal	17,1	17,1
Grønnstruktur:		
- Turvei o_GT1	0,4	
- Vegetasjonsskjerm GV1 – GV8	19,2	19,6
Landbruks-, natur- og friluftsmål		
- LNF1	8,2	8,2
Sum areal		196,4

Det er valgt å følge Grimstad kommunes vegnormal i valg av veier i planområdet. Da er det en samleveg av typen S2 og vist i Fig. 5.7.

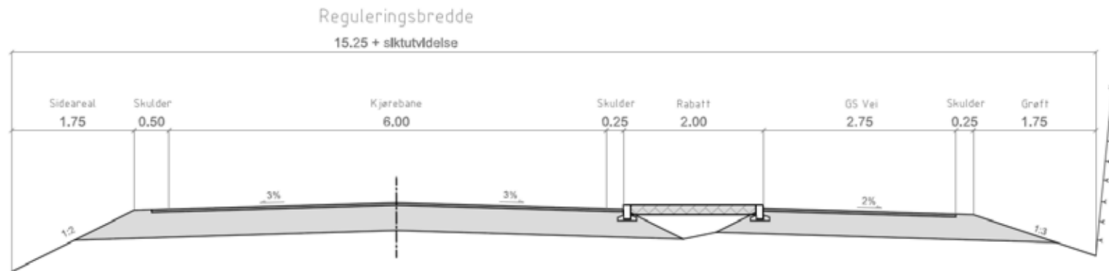


Fig. 5.7 – Den benyttede samleveg i planområdet [78]

5.4.4. Risiko- og sårbarhetsanalyse

I risiko og sårbarhetsanalysen (ROS-analysen) [79] kommer det frem:

Overvann føres til bekker i området via fordrøyningsbasseng som dimensjoneres slik at beregnet overvann med klimapåslag ikke skal medføre større vannmengder bekkeløpene nedstrøms enn dagens situasjon.

Under uønskede hendelser for området i ROS-analysen [79], er flom et av punktene. Her skrives det at:

Bebyggelse og store opparbeidede «harde» flater medfører store mengder overvann. Tilstrekkelig store fordrøyningsbassenger er avgjørende for å hindre at flom i bekkeløp nedstrøms næringsområdet. Særsilt gjelder dette bekkeløpet gjennom Lauvåsvollen som har liten ekstra kapasitet i dag. For lite fordrøyning av overvann vil derfor medføre flom og ulemper for spesielt tilliggende landbruksarealer.

Det anses at sannsynligheten for uønskede hendelser på grunnlag av en etablering av fordrøyningsbassenger blir dimensjonert etter retningslinjer fra NVE, ifølge ros-analysen [79].

5.4.5. Planbestemmelser

I planbestemmelsene [80] under reguleringsformål punkt 1.1. at det er benyttet hensynsone for fordrøyning av overflatevann.

I punkt 2.1 kommer det frem at det skal utarbeides tekniske planer for hvert av delområdene innenfor planen. Et av punktene for denne planen er at det skal forekomme løsninger for fordrøyning og overflatevann. I tillegg i punkt 2.2.1 presiseres det: «Tekniske anlegg under terreng og grøfter/anlegg for overvann kan anlegges i/gjennom bygge-, samferdsels-, grønnstruktur- og LNF-områder».

I punkt 7.3 om hensynsone for fordrøyning av overflatevann står det:

Innenfor hensynssonen skal det anlegges fordrøyningsanlegg for overflatevann. Anlegget kan anlegges på og/eller under bakken. Endelig plassering og utforming fastsettes ved teknisk

prosjektering. Fordrøyningsanlegget må dimensjoneres slik at flomvannføringen i Morholtbekken og Støyterbekken ikke økes som følge av utbyggingen.

5.4.6. Saksfremlegg

I saksframlegget [81] den 1. februar 2022 kommenterer kommunedirektøren overvannshensynet vurderes tilstrekkelig ivaretatt.

5.5. Grimstad kommunes VA-norm

Grimstad kommune har ingen overvannsveileder, men kommunen har utarbeidet en VA-norm [82]. Den handler blant annet om håndteringen av overvann. Når det gjelder transportsystemet for overvann, blir det beskrevet slik i kapittel 2.5:

Generelle bestemmelse

Det skal sikres forsvarlig håndtering av overvann, enten dette gjøres ved lokale fordrøynings-/infiltrasjonsløsninger eller ved bygging av tradisjonelle overvannsledninger.

Ledningsnett og installasjoner skal utføres med samme kvalitet som spillvannsanleggene med henblikk på tetthet og funksjon. Anleggene skal sikres lengst mulig levetid og det skal legges vekt på kostnadseffektiv drift. Ledningene skal tilfredsstillende gjeldende tetthetskrav.

Lokal bestemmelse

Det skal så langt det er mulig benyttes lokal infiltrasjon i grunnen ved håndtering av overvann.

Videre i VA-normen kapittel 7 står det:

Generell bestemmelse

Overvann skal i størst mulig grad håndteres lokalt med kun begrenset tilførsel til overvannssystem. Det innebærer at alternative transportsystemer skal velges dersom forholdene ligger til rette for det.

Alternative transportsystemer for overvann som bør vurderes:

- *Infiltrasjon av overvann. Se VA/Miljø-blad nr. 92. Overflateinfiltrasjon.*
- *Flomveier. Se VA/Miljø-blad nr. 93. Åpne flomveier.*
- *Naturlig avrenning.*
- *Vassdrag/bekker.*
- *Avledning på bakken.*

For beregninger av overvannsmengder i kapittel 7.2 står det:

Generell bestemmelse

Overvannsledninger/overvannsanlegg skal dimensjoneres etter nærmere avtale med VA-ansvarlig i kommunen.

Utførelse i innløps- og utløpsarrangement i overvannsdammer beregnet for fordrøyning og flomdempning skal utføres i henhold til VA/Miljø-blad nr. 70, UT. Innløp- og utløpsarrangement ved overvannsdammer. Metoden for beregning av nødvendig volum for overvannsdammer med flomdempningsformål er vist i VA/Miljø-blad nr. 69, PTA. Overvannsdammer. Beregning av volum.

For overvannskummer bestemmes det slik i VA-normen:

Generell bestemmelse

Nedstigningskummer skal ikke ha mindre diameter enn 1000 mm. Renner skal utføres i samme materiale som rørledningen (ved bruk av PVC-rør kan renner i PP aksepteres).

Når de gjelder avstand mellom kummer, viser VA-normer til:

Generell bestemmelse

Maks. avstand mellom overvannskummer er 80 m.

Lokal bestemmelse

Tillatt avstand mellom kummer i Grimstad kommune er 120 m.

6. Metode

6.1. Fremdriftsplan

En fremdriftsplan har blitt utarbeidet for prosjektet. Den består av å kartlegge hvilke deler av prosjektet som er tenkt gjennomført på gjeldende tidspunkt. Den ble levert til emneansvarlig for godkjenning i starten av prosjektperioden. Fremdriftsplanen er utført i programvaren Microsoft Project. Fremdriftsplanen er vedlagt, se vedlegg 2.

6.2. Veiledning og veiledningsmøter

I løpet av hele prosjektperioden har prosjektets to veiledere og undertegnede gjennomført veiledningsmøter. De har blitt gjennomført på Asplan Viaks lokaler i Arendal, ved teams og på UiA sine møterom etter behov og tilgjengelighet. Møtene har hatt varighet på én til tre timer. De første veiledningsmøtet ble gjennomført med intern veileder, deretter ble de to neste gjennomført med både intern og ekstern veileder. I tillegg har det blitt gjennomført veiledningsmøte med ekstern veileder sammen med en kollega i Asplan Viak. Det har blitt gjennomført flere møter med kun intern veileder. Andre veiledningsmøte besto av at ekstern veileder presenterte oppgaveforslaget som vedkommende hadde gitt til emneansvarlig. Ellers har jeg stått for agendaen på veiledningsmøtene, og de besto av diskusjon om oppgavens art, ulike temaer som er relevant samt spørsmål og avklaringer for prosjektet. Både ekstern og intern veileder har bidratt med faglig innsikt og innhold. Veiledningsdokumentasjon fra veiledningsmøtene er lagt ved, se vedlegg 3.

6.3. Litteraturgjennomgang

For å danne et solid kunnskapsgrunnlag og bakgrunn for å arbeide med casestudie, ble det gjennomført en usystematisk litteraturgjennomgang. Jacobsen [83, p. 80] presenterer i sin bok *Hvordan gjennomføre undersøkelser?* metoden usystematisk litteraturstudie. Den beskrives å ha en tilnærming hvor en søker frem til forskningsdata ved bruk av elektroniske databaser. I slike databaser er det publisert bøker, rapporter og tidsskrifter som inneholder forskning om det aktuelle temaet. I løpet av denne litteraturgjennomgangen benyttet jeg meg av elektroniske databaser som oppslagsverk, Google, Google Scholar, UiAs biblioteksdatabase Oria samt veiledere utgitt av ulike aktører som bidrar til kunnskap rundt temaet overvann. Veiledere og bøker har blitt gjennomgått og den relevante kunnskapen dannet grunnlaget for økt forståelse av temaet. Litteraturgjennomgangen dannet samfunnsperspektiv, kunnskapsbakgrunn og case.

Det er et fagområde som er i stadig utvikling, og litteraturen består stort sett av veiledere og retningslinjer. Det gjør at denne formen for litteraturstudie kan være nødvendig for å kunne besvare forskerspørsmålet på en utfyllende måte. Jacobsen [83, p. 80] beskriver at en slik fremgangsmåte i litteraturgjennomgangen er på den ene siden en tidkrevende studie på grunn av søkeprosessen i seg selv kan blir tidkrevende. På den andre siden skriver Jacobsen at det kan være nødvendig å bruke en slik metode for å kunne få plassert studien i en faglig diskurs. I motsetning til en systematisk litteraturstudie, vil ikke en usystematisk litteraturstudie være etterprøvbart på samme måte.

6.4. Casestudie

I dette prosjektet har det også blitt gjennomgått en casestudie. Det har formen som et enkelt casedesign med flere analyseenheter. Johannessen m. fl. [84, pp. 204-205] beskriver at en slik studie

omhandler at en forsker innhenter informasjon i en avgrenset kontekst med flere enheter. «Det gir forskere muligheten til å undersøke et fenomen fra flere sider og gir ofte fyldige beskrivelser og forståelse av disse fenomenene», ifølge Johannessen m. fl. [84, p. 205].

For å kunne undersøke hvordan overvannshåndtering kan være for et næringsområde, ble det ansett verdifullt å benytte seg av en casestudie som består av et utvalgt caseområde. Innenfor dette vil det da gjøres ulike prosesser for å kunne gjøre vurderinger for ulike muligheter for å håndtere overvann for dette området. Det utvalgte caseområdet ble i samråd med veiledere valgt og er et reelt prosjekt Asplan Viak Arendal arbeider med. Dette bidrar til at prosjektet får en praktisk og aktuell tilnærming til forskerspørsmålet. Et annet område kunne blitt valgt, noe som ville gitt andre resultater. På grunn av ønske om å ha området i nærheten av universitetet, ble det naturlig å velge dette området. For et annet valgt område vil fremgangsmetoden være stort sett lik, men vil også ha andre utfordringer og muligheter. Forskningsprosessen i casestudien har bestått av flere steg, og blir beskrevet videre i metoden.

Først ble det gjennomført en stedsanalyse for å kartlegge områdets karakter, egenskaper og muligheter. Deretter ble det beregnet avrenningen for området både før og etter utbygging for å håndtere overvannet på en tilfredsstillende måte. Neste steg var å gjennomføre en mulighetsstudie for å komme frem til en løsning. Løsningen ble illustrert og oppsummert i en tabell.

6.5. Stedsanalyse

Stedsanalyse blir av Skjeggedal [85] definert slik: «Stedsanalyse er en systematisering av kunnskap for å forstå stedets historie, situasjon og framtidsmuligheter». Det beskrives å kunne gi en stedskunnskap som er av dokumentert, utvalgt, bearbeidet og presentert og som kan diskuteres og etterprøves. I tillegg vil det bygges på kunnskapen fra stedets historiske utvikling samt å gi et grunnlag for forståelse av stedets forutsetninger og muligheter, diskusjon om tiltak og fremtidsbilder og for å ta beslutninger.

Stedsanalyse kan gi verdifullt grunnlagsmateriale for å vurdere arealdisponering og for å utforme retningslinjer og bestemmelser. Stedsanalysen kan legges til grunn ved utarbeiding av planer med juridisk bindende bestemmelser. Stedsanalysen kan også brukes som grunnlag for politiske retningslinjer som skal anvendes ved senere vurdering av tiltak innenfor planområdet. [85]

Det er fire hovedtema for en stedsanalyse, ifølge Skjeggedal [85]. Det første temaet er å fremhente den historiske utviklingen av stedet som vil gi det nødvendige grunnlaget for stedsanalysen. I dette prosjektet har det dreid seg om å kunne innhente informasjon hvordan området har blitt planlagt i kommuneplanens arealdel for Grimstad kommune [74] og hva som har blitt lagt til grunn i reguleringsplan for området. Det neste tema er natur og landskap som omhandler å kartlegge stedets naturelementer. Det kan være hvordan berggrunn og løsmasser er, vannet i havet, om det er vassdrag og grunnforholdene, luftlaget, klima og vegetasjon og dyreliv. De tredje og fjerde hovedtemaene er bebyggelsens organisering og bygninger og andre enkeltelementer som å se på områdets veistruktur, bygninger, romstrukturer og andre enkeltelementer.

Omang [86] beskriver i *Stedsanalyser – Veileder for plan- og byggesaker* at i stedsanalysen er det et skille mellom sted og prosjekt: «Stedet forstås som det avgrensede, omkringliggende byområde som prosjektet inngår i og påvirker. Prosjektet avgrenses og skal forstås som forslagsstillers innsendte projektskisse med byplanmessig hovedgrep». Både sted og prosjekt har en gjensidig påvirkning på hverandre. Fig. 6.1 viser hvordan prosjektets muligheter forholder seg til stedes egenart og situasjon i en stedsanalyse.

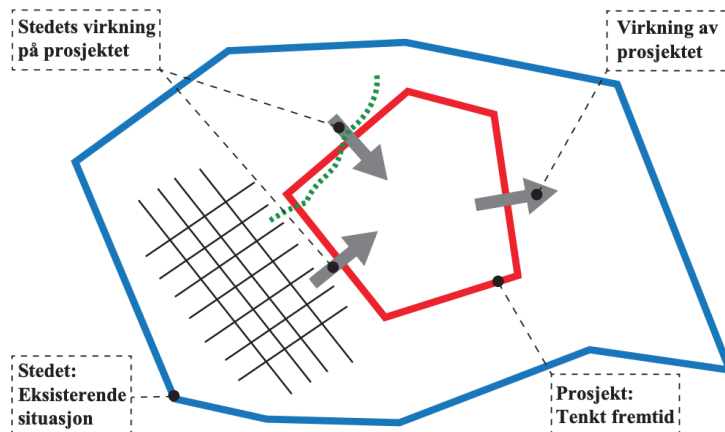


Fig. 6.1 – Sammenhengen mellom stedet og prosjektet [86]

Fremgangsmåten i stedsanalyser er ifølge Omang [86] at man i steg én kartlegger stedet som danner grunnlaget. Dette vil gi en beskrivelse av steder bestående av kart, illustrasjoner og foto med forklaringer. Omang forklarer at: «Kartleggingen danner en samlet faktabasert beskrivelse av stedsspesifikke egenskaper og egenart [...] Beskrivelsen av stedet skal stå på egne ben og danne et omforent kunnskapsgrunnlag og forståelse av stedets egenskaper, strukturer og elementer, uavhengig av det enkelte planlagte prosjekt». Steg to er selve stedsanalysen og vurdering av stedet. I dette steger blir egenskapenes virkning på og av prosjektet ved konkretisering og tydeliggjøring hvor kartleggingen er grunnlaget. Steg tre er prosjektvurderingene bestående av anbefalinger og føringer. Her vil handlingsrommet i prosjektet og stedsanalysen utledes.

6.5.1. Befaring

Befaring ble benyttet for å få en reel oversikt over omfanget av planområdet, hvordan terrenget er utformet og hvilke egenskaper og muligheter som området har. Befaringen ble gjennomført ved å gå til fots rundt i planområdet. Jeg tok bilder underveis for å kunne studere planområdet senere og bruke dem til å beskrive hvordan området ser ut. Deretter beskrev jeg området ved hjelp av bilde. For dette prosjektet var det viktig å få en oversikt over bebyggelsen i selve planområdet samt å se på bebyggelsen rundt for å kunne ta hensyn til den og legge til rette for at de ikke blir skadet av overvann. Det ble gjort på befaringen.

6.5.2. Kartanalyser

Kartanalysen besto av å ta i bruk ulike kartvektøy som gir forskjellig informasjon om hvilke egenskaper planområdet har. For dette prosjektet har da vært nødvendig å kartlegge de naturelementene som overvannet berører eller bidrar til sett i før- og ettersituasjon av utbyggingen.

Her har kartanalyser over elvenettverk, arealdekkeflatene, infiltrasjonspotensiale, nedbørsfelt og aktsomhetssoner for flom vært viktig å vurdere.

For å beskrive arealdekkeflatene, har jeg benyttet Norges geologiske undersøkelser [87] sin karttjeneste for arealdekkeflater. Dette kartet viser og beskriver underlaget. I tillegg brukte jeg Norge i bilder [88] for å kunne se hvordan området har utviklet seg siden 2014.

Elvenettet er viktig å kartlegge for å se hvordan området knytter seg til dette. Her benyttet jeg NVE [88] sin karttjeneste med navn Elvenett. Denne kartløsningen viser nettverket av elver for planområdet og rundt dette. I tillegg sammenliknet jeg noen områder mellom NVE Elvenett og Kartverket [89] sin karttjeneste for å få innblikk hvor bekkene er åpne og lukket. Når det gjelder oversikten over bekkenes potensiale for fiskebestand, benyttet jeg meg av Norsk institutt for vannforskning (NIVA) [90] sin rapport om sjøaurebekker på Aust-Agderkysten.

For områdets avrenning og nedbørsfelt, benyttet jeg meg av både SCALGO Live [91] og NVE [92] sine data i karttjenesten med navn Nedbørsfelt. SCALGO Live er et verktøy som bidrar til å kartlegge hvilke områder som er flomutsatt og hvordan avrenningen vil være i terrenget. NVE Nedbørsfelt bidrar til å se hvordan nedbørsfeltene er delt opp og hvilke områder som gir avrenning til hvilket utløpspunkt.

Området ble også analysert ut ifra infiltrasjonsevnen. Da ble NGU Løsmassekart [87] sin karttjeneste benyttet for infiltrasjonspotensiale. Den viser hvilke områder som egner seg til å infiltrere vann i gradene; godt egnet, middels godt egnet, lite egnet, uegnet og ikke klassifisert. Jeg plasserte reguleringsplanen sammen med infiltrasjonsevnekartet for å gi et inntrykk av hvordan planområdet stilte seg i forhold til infiltrasjonspotensiale.

For å kartlegge flomfaren i området benyttet jeg meg av NVE Flom aktsomhet i SCALGO Live [91] sin karttjeneste for å sammenligne det med SCALGO Live sin avrenningsdata. I tillegg benyttet jeg NVE Flom Aktsomhet [93] til å analysere flomfaren nærmere og vannstandstigningen.

Alle kartverktøyene har blitt benyttet til å vurdere hvordan området er og hvilke konsekvenser som er for området og områder nedstrøms med tanke på overvannshåndtering. Dette førte til en anbefaling etter stedsanalysen.

6.6. Overvannsberegning

Overvannsberegning er en viktig del av planleggingen for hvordan overvannet bør håndteres, og sikre, trygge og tilfredsstillende løsninger benyttes. For å beregne hvor mye avrenning det er i området, har det blitt benyttet den rasjonelle metoden som er beskrevet i kapittel 3.10 og regnvelop-metoden med konstant utløp som er presentert i kapittel 3.11. De fullstendige beregningene er gjengitt i vedlegg 4 for regneark og vedlegg 5 for et overvannsnotat med beregninger. Regnearket har blitt utarbeidet i Microsoft Excel og ble anvendt for utførelsen av utregningene. Microsoft Word ble benyttet for overvannsnotatet og består av å vise utregningene som har blitt utført i sammenheng med caseområdet.

Noe av det som er variabelt i den rasjonelle formel, er å velge IVF-verdier for utregningen. Det er ulike verdier for hvilke målestasjoner som IVF-verdiene blir hentet fra. Når det gjelder valg av IVF-verdier for dette prosjektet, ble Grimstad – Hia [94] benyttet. Det er den nærmeste målestasjonen til området. For kvalitetsklassen til disse IVF-verdiene, så er de klassifisert til å være svært usikker. Jeg utforsket også nærliggende målestasjoner, og IVF-verdiene til Arendal Brannstasjon [95] er klassifisert noe usikker og Kristiansand Sømskleiva [96] er klassifisert god. Verdiene for Grimstad – Hia ligger mellom verdiene fra Arendal brannstasjon og Kristiansand – Sømskleiva og ganske nærme sistnevnte. Av den grunn, vurderer jeg at verdiene fra Grimstad – Hia som brukbare for nedbørintensitet til beregningene. IVF-verdiene til alle tre målestasjonene er presentert i vedlegg 6. Grimstad – Hia sine IVF-verdier er presentert i Tab. 6.1.

Tab. 6.1 – IVF-verdier for Grimstad – Hia [94]

IVF-verdier (l/(s*ha)) for Grimstad - Hia (SN38130), 15 moh. Data fra 1974 - 1997, 21 ses. Oppdatert 31.12.2021. Kvalitetsklasse: Svært usikker (3)																
Gjentaksintervall (år)	Varigheter (minutter)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	230,6	198	179,7	154,5	112,7	86,7	69,9	55	42,7	37,2	30	26	21,2	14,2	9,4	5,8
5	329,9	280,1	254,3	221,4	160,3	122,4	98,5	78	62,4	54,6	44,3	38,3	31,1	20	12,8	8,6
10	404,4	344,7	310,3	273,5	197,2	151,6	121,5	96,3	78,1	68,1	55,3	47,7	38,5	24,1	15,4	10,7
20	481,6	413,8	371,7	329,6	238,2	183,7	147,3	116,7	95,1	82,3	67,3	57,7	45,8	28,2	18	12,9
25	507,7	436	392,1	347,9	252,1	195,3	156,4	123,8	101	87,4	71,5	61,3	48,3	29,6	18,9	13,7
50	594	513,5	461,5	409,7	298,4	233,8	187,8	148,2	121,8	104,4	85,1	72,6	56,6	33,8	21,9	16,2
100	691,5	601,4	545,1	480,2	350,6	277,5	223,8	176,3	144,1	123,6	100,1	85	65,5	38,3	25,1	19
200	801,5	700	639,5	554,4	412,2	327,4	266,5	208,2	170,1	144,4	116,9	99,1	75,4	43,2	28,6	22

6.6.1. Beregninger for avrenning før utbygging

For beregning av avrenningen fra planområdet før utbygging, kartla jeg planområdets nedbørsfelt og hva de ulike feltene besto av. Deretter målte jeg nedbørfeltens areal, lengde og høydeforskjell før utbygging. Feltets lengde og høydeforskjell ble benyttet til å finne konsentrasjonstiden ved hjelp av formel 3.4:

Konsentrasjonstid for naturlig felt er gitt ved

$$T_c(\text{min}) = 0,6 * \frac{L}{H^{0,5}} + A_{SE} \quad (3.4)$$

L = lengden av feltet [m]

H = høydeforskjellen i feltet [m]

A_{SE} = effektiv innsjøprosent [-], gitt som andel og ikke prosent

Deretter benyttet jeg gjentaksintervallet som ble satt i planbeskrivelsen [78] til å være 2 år for før utbygging. Ved konsentrasjonstiden og gjentaksintervaller fant jeg nedbørintensiteten ved hjelp av IVF-verdiene [94]. Det ble benyttet interpolering siden konsentrasjonstiden var mellom to regnvarighetsverdier i IVF-verdiene.

For avrenningskoeffisientene før utbygging, benyttet jeg Kristiansand kommunes overvannsveileder [34] og Lindholm [1, p. 462] etter hva de kunne beskrive som passet til planområdet:

- Skogsområdene: φ er satt til 0,2 [34] på grunn for av terrenget har en blanding av flatere og brattere partier.
- Boligområde: φ er satt til 0,7 [34]
- Næringstomt: φ er satt til 0,8 [34]
- Vei og gang- og sykkelvei: φ er satt til 0,7 [1]

Ved kombinasjon av flere avrenningskoeffisienter, ble det benyttet formelen 3.3:

$$\varphi_{midlere} = \frac{\varphi_1 A_1 + \varphi_2 A_2 + \dots + \varphi_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.3)$$

For å få avrenningen lik som dagens situasjon ut av feltet, blir er det ikke klimapåslag og klimafaktoren blir 1,0. Med disse verdiene, kunne jeg nå regne ut dimensjonerende vannføring for førsituasjonen ved formel 3.2.

$$Q = \varphi * i * A * kf \quad (3.2)$$

Q = dimensjonerende vannføring (l/s)

φ = forholdet mellom avrent nedbør på overflaten og nedbørsmengdeforholdet

i = nedbørintensitet (l/s*ha)

A = areal av nedslagsfeltet i (ha.)

kf = klimafaktor

6.5.2. Beregninger for avrenning etter utbygging

Deretter var det å se på ettersituasjonen. Her ble det regnet ut for områdets tre nye fordrøyningssoner. Det første var å måle areal, lengde og høydeforskjell for de nye områdene. Dette ble benyttet for å regne ut konstrasjonstiden ved formel 3.5.

Konsentrasjonstid for urbane felt (utbygde felt) er gitt ved

$$T_c(\min) = 0,02 * \frac{L^{1,15}}{H^{0,39}} \quad (3.5)$$

L = lengden av feltet [m]

H = høydeforskjellen i feltet [m]

A_{SE} = effektiv innsjøprosent [-], gitt som andel og ikke prosent

Deretter benyttet jeg gjentakintervallet som ble satt av planbeskrivelsen [78] til å være 10 år for etter utbygging. Ved konsentrasjonstiden og gjentakintervaller fant jeg nedbørintensiteten ved hjelp av IVF-verdiene [94]. Det ble benyttet interpolering siden konsentrasjonstiden var mellom to regnvarighetsverdier i IVF-verdiene.

For avrenningskoeffisientene etter utbygging, benyttet jeg også her Kristiansand kommunes overvannsveileder [34] og Lindholm [1, p. 462] etter hva de kunne beskrive som passet til planområdet:

- Vegetasjonsskjerm: φ er satt til 0,2 [34]
- Gangsti: φ er satt til 0,2 [34]
- Landbruks-, natur- og friluftsområder: φ er satt til 0,2 [34]
- Boligområde: φ er satt til 0,7 [34]
- Næringstomt: φ er satt til 0,8 [34]
- Vei og gang- og sykkelvei: φ er satt til 0,7 [1]

Det nye området består av flere deler og ved kombinasjon av flere avrenningskoeffisienter, ble det benyttet formelen 3.3:

$$\varphi_{midlere} = \frac{\varphi_1 A_1 + \varphi_2 A_2 + \dots + \varphi_n A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (3.3)$$

Klimafaktoren er satt til 1,4 for varighet opptil og med 3 timer og 1,3 for varighet over 3 timer til 24 timer, etter anbefalinger av Norsk Klimaservicesenter [97].

Med disse verdiene, kunne jeg nå regne ut dimensjonerende vannføring for ettersituasjonen ved formel 3.2.

$$Q = \varphi * i * A * kf \quad (3.2)$$

Q = dimensjonerende vannføring (l/s)

φ = forholdet mellom avrent nedbør på overflaten og nedbørsmengdeforholdet

i = nedbørintensitet (l/s*ha)

A = areal av nedslagsfeltet i (ha.)

kf = klimafaktor

6.5.3. Beregninger av fordrøyningsvolum

For å beregne fordrøyningsvolumet som var nødvendig for hvert fordrøyningszone, benyttet jeg regnenvolp-metoden med konstant utløp. Da benyttet jeg formel 3.6:

Tilløpsvolumet:

$$V_{inn} = i_{z,tr} * t_r * A * \varphi \quad (3.6)$$

V_{inn} = tilløpsvolum

$i_{z,tr}$ = regnintensiteten for et kasseregnet med gjentakintervall z og varighet t_r

t_r = varighet

A = arealet av nedslagsfeltet

φ = avrenningskoeffisient

Her er alle nedbørintensitetene for hver varighet for nedbørshendelser hentet fra IVF-verdiene basert på gjentakintervaller som er 10 år også her. Arealet og avrenningskoeffisienten er tilsvarende for hvert område i ettersituasjonen. Jeg benyttet også klimafaktor 1,4 for varighet opptil og med 3 timer og klimafaktor 1,3 for varighet over 3 timer til 24 timer, etter anbefalinger av Norsk Klimaservicesenter [97]. Da regnet jeg ut tilløpsvolumet for alle varighetene for nedbørshendelsene.

Deretter velges konstant utløp. For å få en utløpsvannføring som er mest mulig gjennomsnittlig, velges det for eksempel 70 % av den maksimale verdien av avrenningen i førsituasjonen. Da kan utløpsmengden beregnes for de ulike regnvarighetene ved formel 3.7.

Utløpsmengden:

$$V_{ut} = Q_{ut} * t_r \quad (3.7)$$

V_{ut} = utløpsmengde

Q_{ut} = konstant utløp

t_r = varighet

Det nødvendige volumet for de ulike regnvarighetene for fordrøyningen:

$$V_{fordrøyning} = V_{inn} - V_{ut} \quad (3.8)$$

Den verdien som er høyest etter å ha regnet ut $V_{fordrøyning}$ for hver varighet og blir fordrøyningsvolumet til magasinet ved $V_{magasin}$.

6.7. Mulighetsstudie

For å kunne diskutere og vurdere hvordan overvannsløsningene stiller seg til det utvalgte caseområdet, har mulighetsstudie vært en metode som er benyttet. Ifølge Det norske akademis ordbok [98] er betydningen av mulighetsstudie en: «utredning, studie som undersøker muligheter (klarlegger forutsetninger, finner fordeler og ulemper ved alternativer osv.) for et foretagende, prosjekt».

Mulighetsstudiet har bestått av å hente inn løsninger for hvordan overvann kan håndteres, vurdere dem for det valgte område og dets avrenning og gi en mulig løsning på problemet. Det startet med å kartlegge hvilke funksjoner og egenskaper for de ulike løsningene. Deretter var neste steg å vurdere løsningene opp mot planområdet behov og muligheter. Dette ledet til idéer og forslag for hvordan overvannshåndteringen kunne løses. De løsningene som passet best basert på evnen til å håndtere overvann, bruken av overvannshåndtering som ressurs og områdets egenskaper og muligheter, ble valgt. De valgte løsningene ble dimensjonert og illustrert.

Det har blitt laget illustrasjoner for hvordan overvannssituasjonen er tenkt og hvordan det kan løses. Her har jeg benyttet programvare som AutoCAD, SketchUp, Adobe Illustrator og Adobe Photoshop for å fremstille illustrasjonene på en oversiktlig måte. Alle programvarene bidrar til å modellere og illustrere idéer og forslag. Illustrasjonene er også vedlagt i vedlegg 7.

7. Resultat

7.1. Stedsanalyse av caseområde

7.1.1. Befaring

Under befaring av området, ble det observert at området består av skog- og markområder. Det er noen åpne partier hvor berget kommer frem og det ikke er jordlag over. Området er i dag kupert og det er noen topper med bratte fjellsider i terrenget. Innenfor planområdet ble dagens bebyggelse observert. Det er noen boliger og et næringsbygg. Det har foregått hogst av området og i dag er det få trær. Dagens vegetasjon består av trær av typen furu, bjørk og eik. I tillegg er det buskvekster og mindre vegetasjon som strå og lyng. I områdene rundt planområdet er det noen boligbebyggelse og gårder med jorder.

Under befaringen tok jeg bilder. Fig. 7.1 viser de fem viste bildenes plassering. Bildene gir et inntrykk av hvordan området er og hva det består av.



Fig. 7.1 – Kartoversikt [73] over fotografier av området fra befaring

Bildet nr. 1, Fig. 7.2, viser den eksisterende bebyggelsen som ligger i området. Her går fylkesvei 420 og en gang- og sykkelvei forbi med en bussholdeplass til høyre i bildet. I midten av bildet ligger Elefun som er et næringsbygg. Til høyre for dette bygget holder boligbebyggelsen som er innenfor planområdet. I bakkant av bebyggelsen, er det nye området som skal utvikles til næringsområde, samt området til venstre i bildet.



Fig. 7.2 – Bilde nr. 1 fra befaring [egenprodusert]

Fig. 7.3 viser bilde nr. 2 som er tatt fra toppen som ligger lengst øst i planområdet. Området bærer preg av å være et tidligere skogsområde. Det er noen turstier rundt i området som leder til blant annet toppen midt i bildet. I tillegg viser bildet at området er kupert med noen topper, samt noen bratte fjellsider rundt toppene.



Fig. 7.3 – Bilde nr. 2 fra befaring [egenprodusert]

Bilde nr. 3, Fig. 7.4, er tatt fra toppen fra forrige bilde. På denne toppen kan en skimte en havutsikt i sørøstlig retning, tross en grå dag. Her vises hvor hogsten har stoppet og som blir enden av området.



Fig. 7.4 – Bilde nr. 3 fra befaring [egenprodusert]

Fig. 7.5 viser bilde nr. 4. Her er nærliggende områder som ligger sørvest for planområdet. Det er dyrket mark og noe bebyggelse i enden av den.



Fig. 7.5 – Bilde nr. 4 fra befaring [egenprodusert]

Fig. 7.6 viser bilde nr. 5. Her er bilde tatt i sørvestlige enden av planområdet. Bildet viser noe av omfanget av området størrelse.



Fig. 7.6 – Bilde nr. 5 fra befaring [egenprodusert]

7.1.2. Arealdekkeflate

Caseområdet Bergemoen Næringsområde syd består i hovedsak av ubebygde områder. Før utbygging av planforslaget, er noen av feltene allerede utbygd. I dagens situasjon er det et mindre boligområde med areal på 6357 m² og en næringstomt på 8687 m². I tillegg er RV. 420 med gang- og sykkelvei anlagt før utbygging som dekker 5300 m² av planområdet. Det kommer frem av NGUs Arealinformasjonskart i Fig. 7.7 at skog, åpent område, tettbebyggelse og myr er de primære dekkeflatene for arealene.



Fig. 7.7 – Områdets arealdekkeflate [87]

Forskjellen fra 2014 til 2021 på Fig. 7.8 viser hvordan området har endret seg de siste årene. Det har som nevnt vært hogst. Nå bærer området preg av at mye bart fjell som tidligere ble dekket av trær har kommet frem og blitt synlige ovenfra.



Fig. 7.8 – Ortofoto over området fra 2014 (venstre) og 2021 (høyre) [88]

7.1.3. Elv og bekk

NVE sitt kart over elvenett [93] viser at utløp fra sør i området renner sørover i Morvikbekken mot havet i Morvigkilen. I tillegg samles vann seg til et utløp til elvenettet fra øst i området til Støyterbekken og Groosebekken med utløp i havet ved Groos, vist i Fig. 7.9.

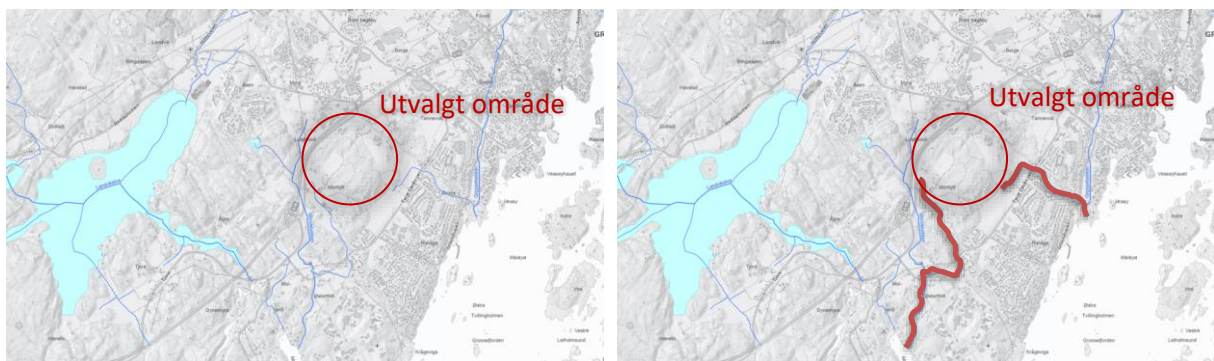


Fig. 7.9 – Elvenett for det utvalgte området [93] med illustrasjoner

På et av de bebygde områdene sørvest for planområdet går bekken gjennom bebyggelsen på Fig. 7.10 venstre. På Fig. 7.10 til høyre, viser det seg at bekken lukkes og åpner seg etter under bebyggelsen.

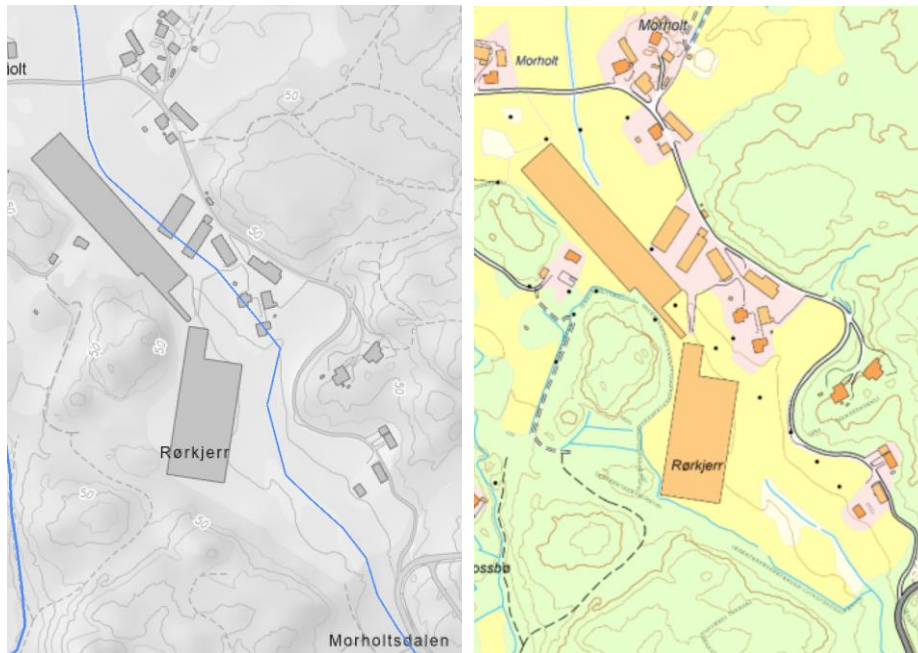


Fig. 7.10 – Eksempel på hvor Morvikbekken går i rør [93] [89]

NIVA [90] presenterte i 2014 en rapport som omhandler en kartlegging av sjøaurebekker på kysten av gamle Aust-Agder, som vist i Fig. 7.11. Den refererer til at Groosebekken og Morvikbekken begge er sjøaurebekker. Groosebekken beskrives slik i rapporten [90]: «Det er brukbare til gode gyteforhold flere steder i bekken. Oppvekstforholdene er gode. [...] Groosebekken en meget god sjøaurebekk». For Morvikbekken står det: «Morvikbekken er nå en meget god sjøaurebekk. [...] Det er noe gyteforhold langs det meste av strekningen. Oppvekstforholdene er gode». Det fører til at det er viktigheten av å ta biologiske og økologiske hensyn. Når overvannet fra området skal håndteres, må fiskenes gyte- og vandlingsmuligheter opprettholdes.



Fig. 7.11 – Vassdrag langs kysten i Grimstad med potensiale for sjøaurebekker [90].

7.1.4. Avrenning og nedbørsfelt

Scalco LIVE [91] sin Flow Accumulation, Fig. 7.12. viser hvordan vannet vil renne i terrenget. Her vises det at vannet fra det utvalgte området vil følge Morvikbekken og Groosebekken ned til havet, slik som også NVE Elvenett viste. Det tyder på at avrenningen fra området deles i to nedbørsfelt hvor det ene samles mot Morvikbekken og det andre mot Støyterbekken og Groosebekken.

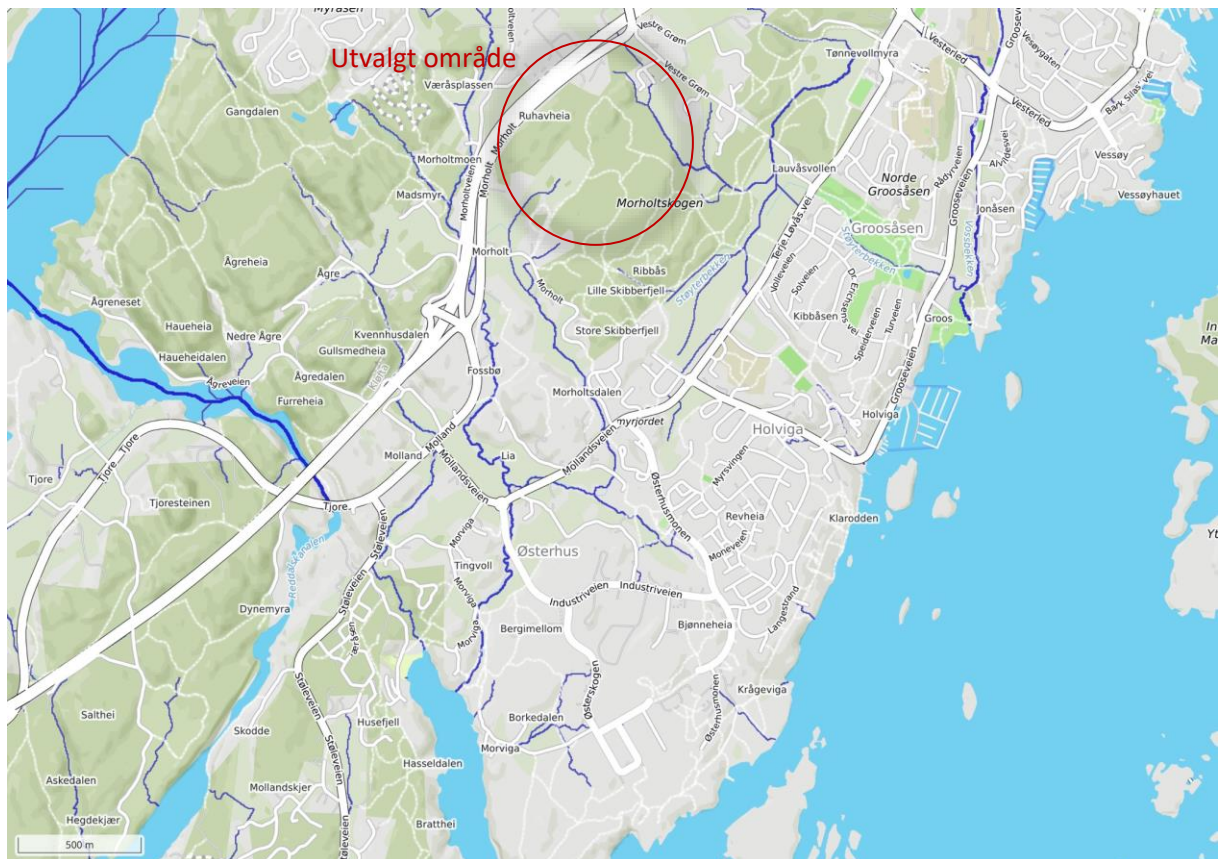


Fig. 7.12 – SCALGO Live: Flow Accumulation [91] med utheving av utvalgt område

SCALGO Live har funksjoner som viser hvordan høyden i området er i dagens situasjon, vist i venstre bilde i Fig. 7.13. Dette tydeliggjør at det er høydeforskjeller i området. Ruhavheia ligger høyest i området, i tillegg til en høyde til øst for. Fra høyre del av Fig. 7.13 kommer det frem at de to nedbørsfeltene skilles på disse høydene og går i hver sin retning – henholdsvis mot Morvikkbekken og Støyterbekken.



Fig. 7.13 – SCALGO Live: området med høyde (venstre) og nedbørsfeltene området er en del av (høyre) [91]

SCALGO Live sine data samsvarer med NVE Nedbørfelt sine data i Fig. 7.14. Skille mellom to nedbørsfelt deler planområdet i to.

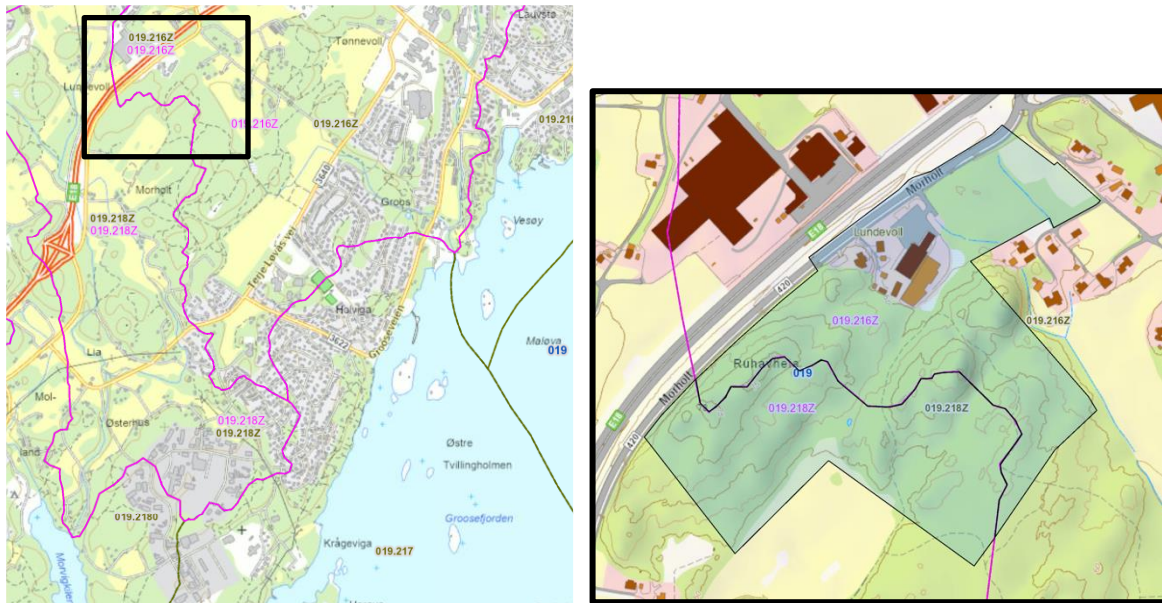


Fig. 7.14 – Områdets nedbørsfelt [92]

7.1.5. Infiltrasjonspotensiale

Fig. 7.15 viser NGU sitt kart for infiltrasjonspotensial [87] beskriver planområdet til å bestå av hovedsakelig uegnet for infiltrasjon med noen felt hvor det er middels og lite egnet for infiltrasjon.



Fig. 7.15 – Infiltrasjonsevnen i området [87]

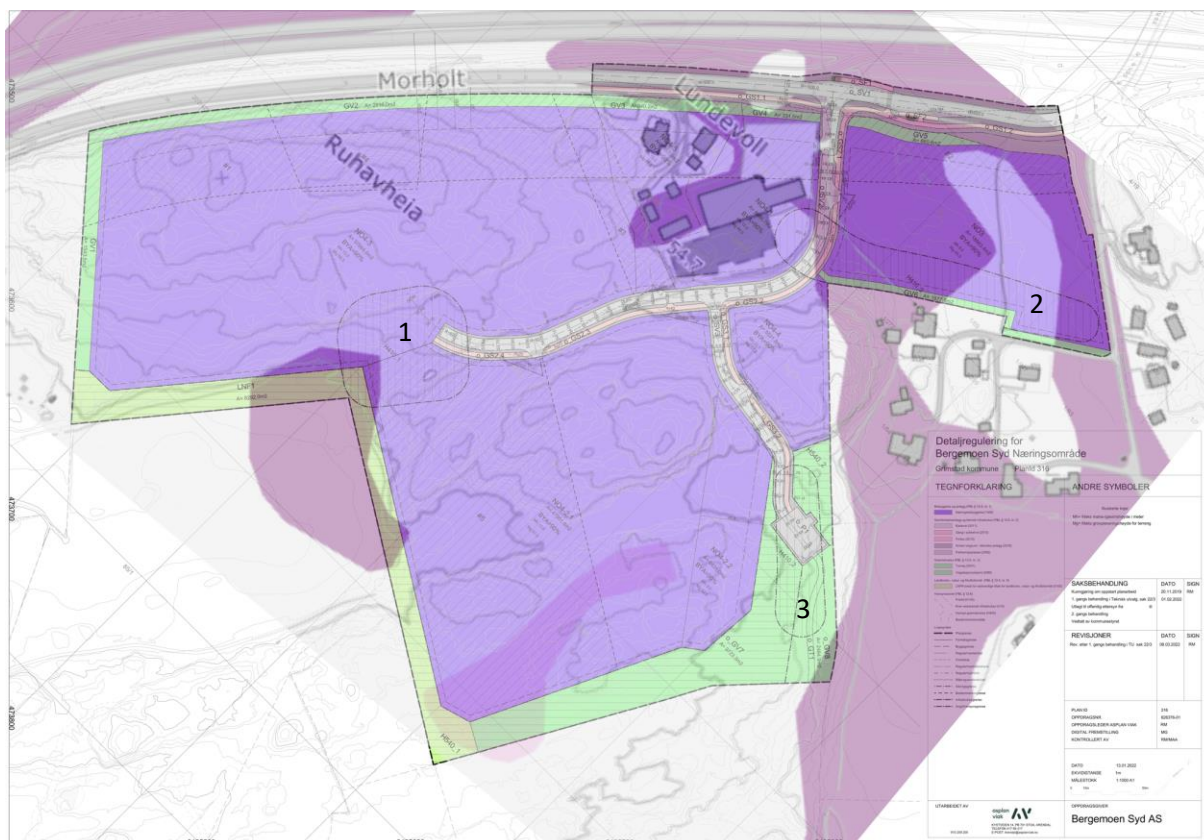
For slike forhold beskriver NGU [87] at:

Løsmassenes kornfordeling og permeabilitet, samt jorddybde og terrengforhold indikerer middels infiltrasjonspotensial. Avsetningen har begrenset tykkelse av sand og grus over grunnvannsnivået, er en større avsetning med noe redusert infiltrasjonspotensial. Omfatter hovedsakelig tykke sand- og grusrike moreneavsetninger, tykt/sammenhengende dekke av forvittringsmateriale, sandige strandavsetninger og bresjø-/innsjøavsetninger.

Løsmassenes kornfordeling og permeabilitet, samt jorddybde og terrengforhold indikerer dårlig infiltrasjonspotensial. Små/grunne avsetninger, stedvis med noe infiltrasjonskapasitet, eller tykke avsetninger med liten infiltrasjonskapasitet.

Løsmassenes kornfordeling og permeabilitet, samt jorddybde og terrengforhold indikerer meget dårlig eller ikke infiltrasjonspotensial. Omfatter tette, leirdominerte avsetninger, grovt blokk- og steinmateriale, myr, fyllmasser, tynne løsmasseavsetninger med liten infiltrasjonskapasitet, samt bart fjell.

Fig. 7.16 viser at deler av planområdet har muligheter for å infiltrere til grunnen. Feltene markert lilla er det er potensiale for infiltrasjon. Det planlagte fordrøyningsområde 1 har en middels infiltrasjonsevne i kanten. Det kan gi et potensiale for å kunne benytte seg av en overvannsløsning som baseres seg på noe infiltrasjon. Det samme gjelder for fordrøyningsområde 2 der det også er deler som har middels infiltrasjonsevne. Fordrøyningsområde 3 har ikke noe infiltrasjonspotensiale og en overvannsløsning som baseres seg på infiltrasjon bør ikke benyttes.



7.1.6. Aktsomhetssone for flom

Når vannet samler seg ved ekstreme regnhendelser, vil det kunne skape flomfare for noen områder. Fig. 7.17 viser hvor det er aktsomhetssoner for flom ifølge NVE [91]. For både Morvikbekken og ved Støytebekken viser aktsomhetssoner for hvor det kan oppstå flom. Det er ikke noe aktsomhetssone i

selve området, men på grunn av avrenning fra området berører nedstrømsområdene og bekkene, er det da viktig at det utvalgte område ikke bidrar til høyere avrenning.

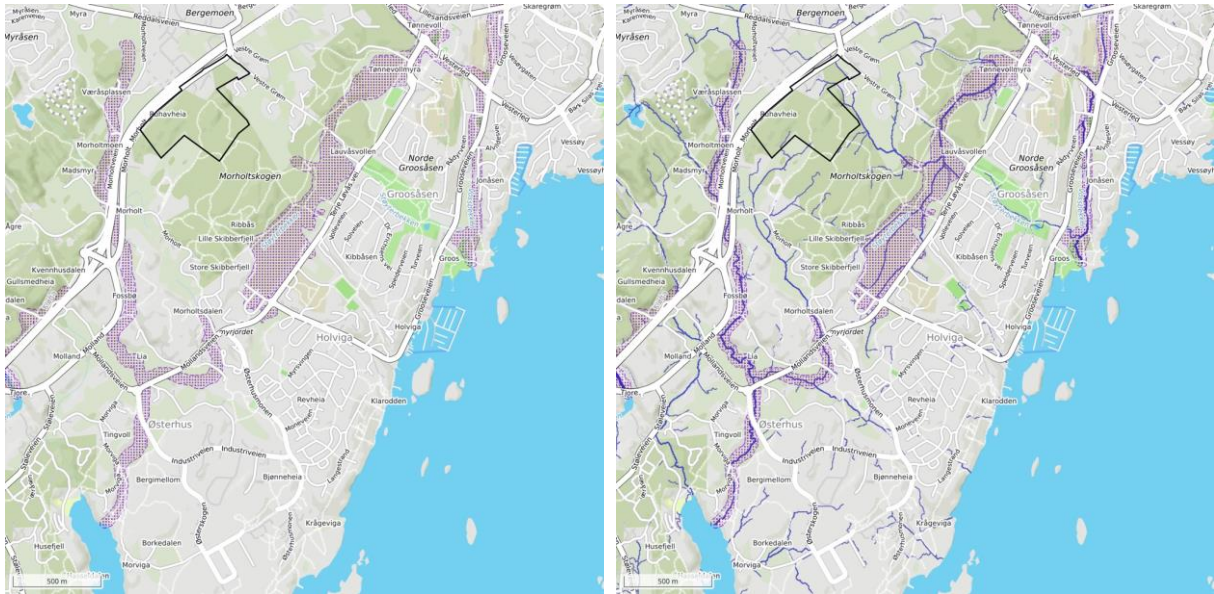


Fig. 7.17 – NVE Flom Aktsomhet (venstre) sammen med SCALGO Live Flow Accumulation (høyre) [91]

For områdene hvor vannet renner gjennom mot Groos, viser aktsomhetskartet flom i Fig. 7.17 at det er store områder som blir rammet av en flom. Det er også noe bebyggelse i denne sonen. Det tilsier at avrenningen mot Groos må håndteres tilstrekkelig for å unngå skader i disse områdene. Dette nevnes i planbeskrivelsen til Bergemoen Næringsområde syd, nevnt i kapittel 5.4.3.

Langs Morvikkbekken er det noe bebyggelse som ligger i aktsomhetssonen for flom med maksimale vannstigninger på under 2,5 m til noen deler av sonen som er 2,5-3 m, vist i Fig. 7.18.



Fig. 7.18 – Aktsomhetssoner for flom i Morvikkbekken [93]

I forbindelse med utløpet til Groos, er der her noe større fare for høyere maksimale vannstander, vist i Fig. 7.19. Selve avrenningen fra planområdet, som vil gå gjennom Groosåsen, er ikke vist i aktsomhetskartet som flomfare. Der er markert flomfare over Tønnevoldsjordet og bort mot Vesterled og derfra til Groosebekken. Her er det store områder som dekkes, og hvor det er fra 2,5 m maksimal vannstandstigning til 7-8 m. Det er noe bebyggelse innenfor aktsomhetssonen som kan bli berørt av flom.

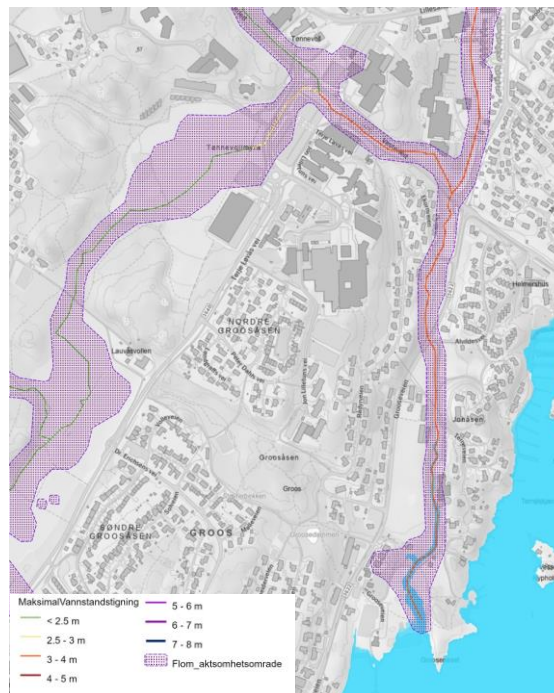


Fig. 7.19 – Aktsomhetssoner for flom Støyterbekken og Groosebekken [93]

7.1.7. Anbefalinger etter stedsanalysen

Etter analysen av steder, kommer det frem at det er hovedsakelig to utløpsområder som vil gi avrenning nedstrøms i førsituasjonen. Det er mot Morvigkilen og Groos ved henholdsvis Morvikbekken og Støyterbekken. Nedbørsskille går gjennom planområdet, vist i Fig. 7.20. Terrenget har bestått av skogområder, men innspill av bart fjell. I tillegg har området fra ingen til middels infiltrasjonspotensiale som vil spille inn på valg av løsninger for å håndtere overvannet. Det er aktsomhetssoner for flom både i avrenningen mot Morvigkilen og mot Groos, men spesielt mot sistnevnte. Det betyr at det gjelder å unngå skader at flomsituasjoner oppstår for områder som ligger nedstrøms.

7.2. Overvannsberegninger

7.2.1. Beregnet avrenning før utbygging mot Morvigkilen

For planområdet i førsituasjonen har det feltet som er vist i Fig. 7.22 avrenning i Morvikkbekken og ender ut i Morvigkilen. Dette området består av skogområder som er noe kupert.

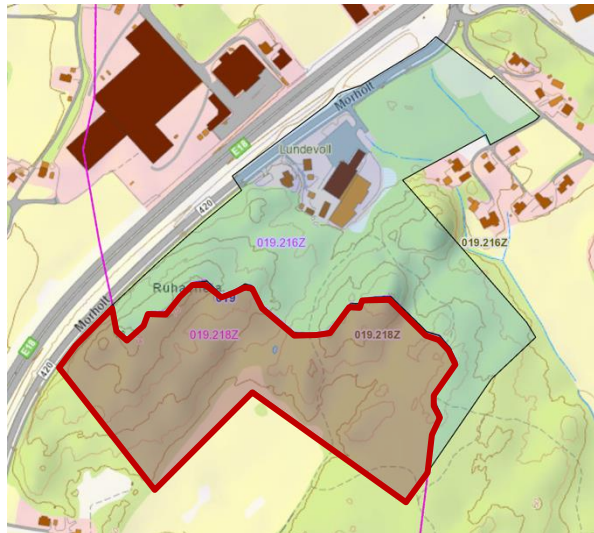


Fig. 7.22 – Planområdets nedbørsfelt som gir avrenning mot Morvigkilen [92]

Ved bruk av den rasjonelle metoden, ble planområdets avrenning i førsituasjon beregnet.

Dimensjonerende vannmengde før utbygging:

$$\begin{aligned}\varphi &= 0,2 \\ A &= 8,5 \text{ ha} \\ I &= 50,4 \frac{l}{s * ha}\end{aligned}$$

$$Q = 0,2 * 50,4 \frac{l}{s * ha} * 8,5 \text{ ha} = 112 \frac{l}{s} \quad (3.1)$$

7.2.2. Fordrøyningsvolum med utslipp mot fordrøyningszone 1

Etter utbygging av området, vil nedbørsfeltet endre seg noe og det markerte området i Fig. 7.23 viser hvordan avrenningsområde som vil renne mot Morvigkilen. Området består nå av hovedsakelig tette flater med noen grøntområder rundt og en vei med gang- og sykkelsti. Beregningene av vannmengder og fordrøyningsvolum er gjort i henhold til kapittel 6.6 Overvannsberegning.

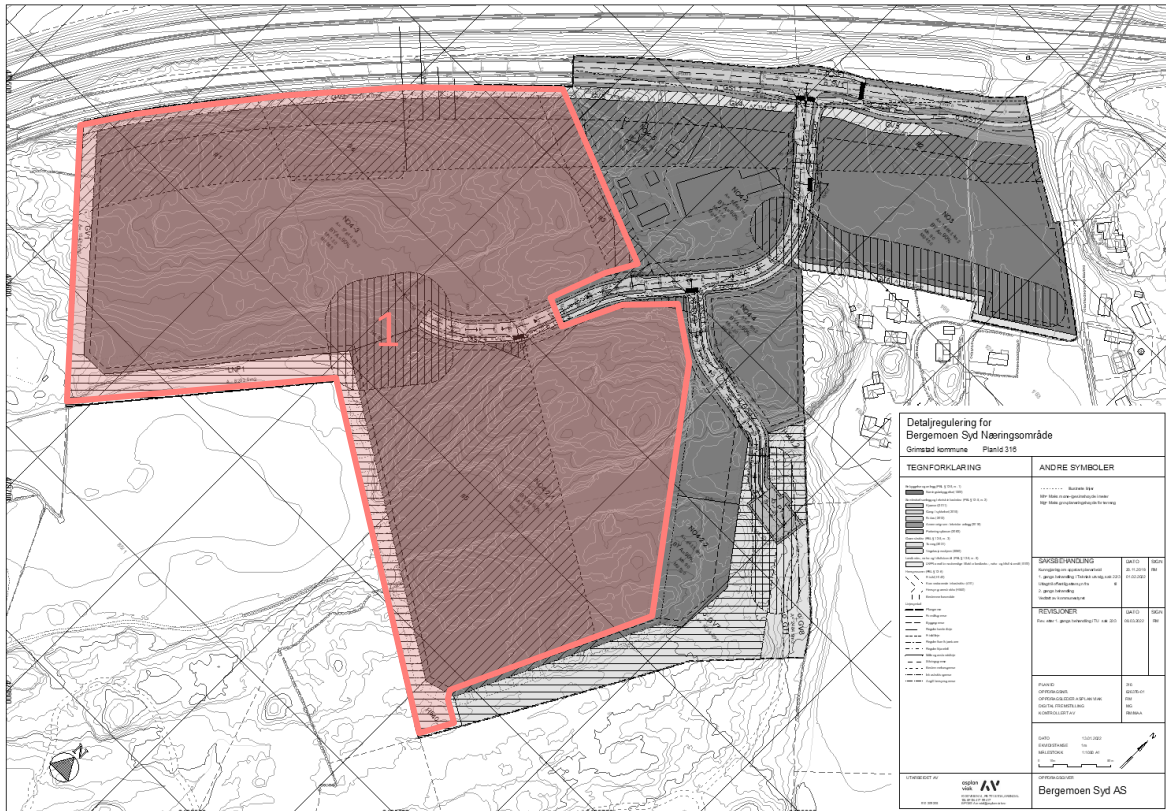


Fig. 7.23 – Området markert med rødt vil ledes mot fordrøyingszone nr. 1

Dimensjonerende vannmengde etter utbygging:

$$\begin{aligned}\varphi &= 0,73 \\ A &= 12 \text{ ha} \\ l &= 230 \frac{l}{s * \text{ha}} \\ kf &= 1,4\end{aligned}$$

$$Q = 0,73 * 230 \frac{l}{s * \text{ha}} * 12 \text{ ha} * 1,4 = 2819 \frac{l}{s} \quad (3.1)$$

Dimensjonerende vannmengde til fordrøyning blir et resultat av den dimensjonerende avrenningen etter utbygging hvor den opprinnelige avrenningen trekkes fra:

$$Q = 2819 \frac{l}{s} - 112 \frac{l}{s} = 2707 \frac{l}{s}$$

Deretter brukes regnenvelop-metoden med konstant utløp. Da kan utløpsmengden beregnes for de ulike regnvarighetene, og det høyeste fordrøyingsvolumet for fordrøyingszone 1 ble på $V_{magasin} = 4254,6 \text{ m}^3$ og vist i Tab. 7.1.

Tab. 7.1 – Nødvendig fordrøyningsvolum for fordrøyningszone 1

Regnvarighet	Nedbørintensitet	Innløpsvolum	Utløpsvolum	Maks volum
t_r	$i_{z,tr}$	V_{inn}	V_{ut}	$V_{fordrøyning}$
[min]	[l/s pr. ha]	[m ³]	[m ³]	[m ³]
1	404,4	297,6	4,7	292,9
2	344,7	507,3	9,4	497,9
3	310,3	685,0	14,1	670,9
5	273,5	1006,3	23,5	982,8
10	197,2	1451,1	46,9	1404,1
15	151,6	1673,3	70,4	1602,9
20	121,5	1788,1	93,9	1694,2
30	96,3	2125,8	140,8	1985,1
45	78,1	2586,1	211,2	2374,9
60	68,1	3006,6	281,6	2725,1
90	55,3	3662,3	422,4	3239,9
120	47,7	4211,9	563,2	3648,8
180	38,5	5099,4	844,7	4254,6
360	24,1	5928,1	1689,5	4238,7
720	15,4	7576,2	3378,9	4197,3
1440	10,7	10528,0	6757,9	3770,1

7.2.3. Beregnet avrenning før utbygging mot Groos

For planområdet i førsituasjonen har det feltet som er vist i Fig. 7.24 avrenning i Støyterbekken og ender ut i Groos. Dette området består av et mindre boligområde, en næringstomt, veier med gang- og sykkelsti og skogområder som er noe kupert. Siden det i ettersituasjonen er to fordrøyningssoner, fordeler jeg den eksisterende avrenningen etter delenes areal.

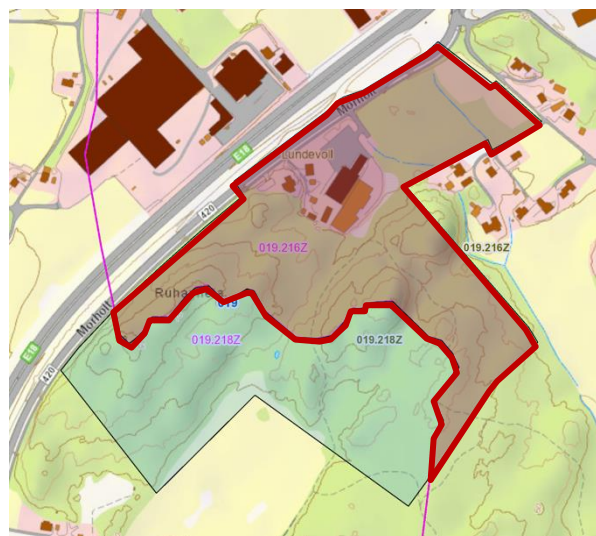


Fig. 7.24 – Planområdets nedbørsfelt som gir avrenning mot Groos [6] [92]

Dimensjonerende vannmengde før utbygging:

$$\begin{aligned}\varphi &= 0,31 \\ A &= 11,2 \text{ ha} \\ I &= 50,4 \frac{l}{s * ha}\end{aligned}$$

$$Q = 0,31 * 50,4 \frac{l}{s} * 11,2 \text{ ha} = 175 \frac{l}{s} \quad (3.1)$$

Mot fordrøyningszone 2:

$$Q = \frac{5 \text{ ha}}{7,7 \text{ ha}} * 175 \frac{l}{s} = 114 \frac{l}{s}$$

Mot fordrøyningszone 3:

$$Q = \frac{2,7 \text{ ha}}{7,7 \text{ ha}} * 175 \frac{l}{s} = 61 \frac{l}{s}$$

7.2.4. Fordrøyningsvolum med utslipp mot fordrøyningszone 2

Etter utbygging vil det området som er markert i gult i Fig. 7.25 ha en avrenning som vil fordrøyes av fordrøyningszone 2. Nå vil området bestå av mye tette flater på grunn av flere næringstomter og veier.

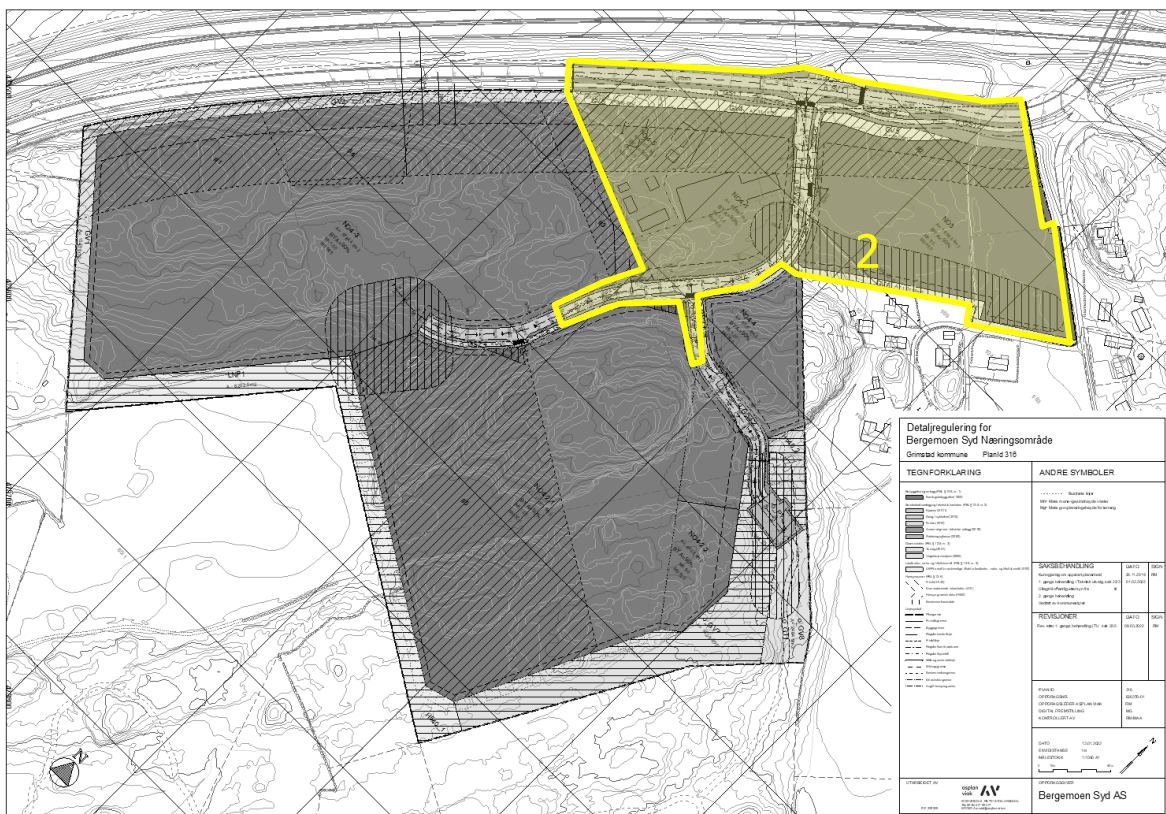


Fig. 7.25 – Området markert med gult vil ledes mot fordrøyningszone nr. 2

Dimensjonerende vannmengde etter utbygging:

$$\begin{aligned}\varphi &= 0,74 \\ A &= 5 \text{ ha} \\ I &= 245 \frac{\text{l}}{\text{s} * \text{ha}} \\ kf &= 1,4\end{aligned}$$

$$Q = 0,74 * 245 \frac{\text{l}}{\text{s} * \text{ha}} * 5 \text{ ha} * 1,4 = 1269 \frac{\text{l}}{\text{s}} \quad (3.1)$$

Dimensjonerende vannmengde til fordrøyning blir et resultat av den dimensjonerende avrenningen etter utbygging hvor den opprinnelige avrenningen trekkes fra:

$$Q = 1269 \frac{\text{l}}{\text{s}} - 114 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 1156 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

Deretter brukes regnvelop-metoden med konstant utløp. Da kan utløpsmengden beregnes for de ulike regnvarighetene, og det høyeste fordrøyningsvolumet for fordrøyningszone 2 ble på

$V_{\text{magasin}} = 1294,7 \text{ m}^3$ og vist i Tab. 7.2.

Tab. 7.2 – Nødvendig fordrøyningsvolum for fordrøyningszone 2

Regnvarighet	Nedbørintensitet	Innløpsvolum	Utløpsvolum	Maks volum
t_r	$i_{z,tr}$	V_{inn}	V_{ut}	$V_{fordrøyning}$
[min]	[l/s pr. ha]	[m ³]	[m ³]	[m ³]
1	404,4	125,7	4,8	120,9
2	344,7	214,3	9,5	204,7
3	310,3	289,3	14,3	275,0
5	273,5	425,0	23,9	401,2
10	197,2	612,9	47,7	565,2
15	151,6	706,8	71,6	635,2
20	121,5	755,2	95,5	659,8
30	96,3	897,9	143,2	754,7
45	78,1	1092,3	214,8	877,5
60	68,1	1269,9	286,4	983,5
90	55,3	1546,9	429,6	1117,3
120	47,7	1779,0	572,8	1206,3
180	38,5	2153,8	859,1	1294,7
360	24,1	2503,9	1718,3	785,6
720	15,4	3200,0	3436,6	-236,6
1440	10,7	4446,7	6873,2	-2426,4

Deretter brukes regnvelop-metoden med konstant utløp. Da kan utløpsmengden beregnes for de ulike regnvarighetene, og det høyeste fordrøyningsvolumet for fordrøyningszone 3 ble på $V_{magasin} = 352,8 \text{ m}^3$ og vist i Tab. 7.3.

Tab. 7.3 – Nødvendig fordrøyningsvolum for fordrøyningszone 3

Regnvarighet	Nedbørintensitet	Innløpsvolum	Utløpsvolum	Maks volum
t_r	$i_{z,tr}$	V_{inn}	V_{ut}	$V_{fordrøyning}$
[min]	[l/s pr. ha]	[m ³]	[m ³]	[m ³]
1	404,4	46,8	2,6	44,2
2	344,7	79,7	5,2	74,6
3	310,3	107,7	7,7	99,9
5	273,5	158,2	12,9	145,3
10	197,2	228,1	25,8	202,3
15	151,6	263,0	38,7	224,4
20	121,5	281,1	51,5	229,5
30	96,3	334,2	77,3	256,8
45	78,1	406,5	116,0	290,5
60	68,1	472,6	154,6	318,0
90	55,3	575,7	232,0	343,7
120	47,7	662,1	309,3	352,8
180	38,5	801,6	463,9	337,6
360	24,1	931,9	927,9	4,0
720	15,4	1190,9	1855,8	-664,8
1440	10,7	1654,9	3711,5	-2056,6

7.3. Mulighetsstudie

Når det er store mengder overvann som skal håndteres, er det nødvendig å bruke kreativitet for å komme frem til løsninger som kan bidra til å håndtere volumer i tillegg til å kunne bidra til å skape områdene som kan bli en ressurs for miljøet i planområdet og områdene rundt.

7.3.1. Gjennomgang av overvannsløsningene

Fra kunnskapsbakgrunn ble flere ulike løsninger på overvannshåndtering presentert. De danner et grunnlag for en utvelgelsesprosess som baseres seg på hvilke løsning som passer i og for planområdet.

For planområdet må det planlegges etter treleddsstrategien for å omfavne både infiltrasjon, fordrøyning og avledning. For infiltrasjonsløsninger er det lite infiltrasjonspotensiale i området, men det er fortsatt muligheter for å kunne lede overvannet til infiltrasjon slik at vannet ikke skader bebyggelse eller natur. I tillegg er det noen områder hvor det var middels infiltrasjonsevne som går an å utnytte. Flere infiltrasjonsløsninger har renseegenskaper når overvannet infiltreres. Siden planområdet skal benyttes til næring og ikke industri, anser jeg områdets overvann til å ha lite behov for rensing. Derfor er det ikke nødvendig å legge fokus på renseegenskapene til

overvannsløsningene. Det åpner opp muligheten for åpent, tørt fordrøyningsbasseng som har mindre renssegenskaper enn et infiltrasjonsbasseng. Hvis det en gang skulle være aktuelt å ha mer rensing, kan et forsedimenteringsbasseng tillegges det åpne, tørre fordrøyningsbassenget. Det er flere av løsningene som baseres kun på eller blant annet infiltrasjon. Andre løsninger som bidrar til infiltrasjon i bakken er frakopling av taknedløp, regnbed, permeable dekker, areal avsatt til oversvømmelse hvis underlaget er porøst, grønne vannveier og lukkede magasiner. Ved bruk av vegetasjon og underlag som infiltrerer vannet, vil det bidra til trinn 1.

Regnbed kan ha mange flere utforminger etter hvilke behov som er. De kan bidra med å infiltrere vannet gjennom overflaten hvor det er beplantning. Denne løsningen vil også rense overvannet. Frakopling av taknedløp kan bidra til at takvannet unngår å renne videre på overflaten eller overbelaste ledningsnett. Næringsområder har ofte store bygninger med mye takareal som vil fange mye vann. Ved å kunne lede dette vannet vekk fra overflaten eller ledningsnett, ville lette avrenningen og overbelastning. Permeable dekker kan også være aktuelt for å lede vannet ned igjennom overflaten som også vil bidra til å forsinke overvannet. Ved områder hvor det er infiltrasjonspotensiale, kan noe av vannet infiltrere til grunnen ved denne løsningen. For arealer avsatt til oversvømmelse, kan det oppstå infiltrasjon om underlaget tillater det. Ved valg av porøse materialer som dekke, vil vannet kunne infiltreres. Hvis det ikke er porøse materialer som overflater, vil overvannet tilbakeholdes i høyere grad uten infiltrasjon. For grønne vannveier, benyttes vegetasjon for å skape mulighet for infiltrasjon. Denne løsningen er mer rettet mot området som er mer urbane hvor mer av områdene rundt også er utbygd og flatene er tette. Lukkede magasiner som bidrar til infiltrasjon, er også en aktuell løsning hvis det gjelder mindre volumer. For dette området på en slik størrelse, er det nok større volumer som gjelder.

For å kunne omfavne ledd to, fordrøyning, bidrar flere av løsningene som er presentert til dette. Som nevnt kan frakopling fra taknedløp bidra til fordrøyning. I tillegg kan grønne tak være en løsning i noen grad bidra til å holde vannet tilbake. Grønne vegger bidrar også til fordrøyning, men på lik linje som grønne tak, er det i mindre grad. I tillegg er løsninger som bidrar til fordrøyning regnbed, permeable dekker, arealer avsatt til oversvømmelse, grønne vannveier og lukkede magasiner. Disse løsningene har ulike forutsetninger for fordrøyning. Regnbed og grønne vannveier krever store areal for å kunne fordrøye så store mengder som fordrøyningszone 1 trenger, men kan være aktuell for de mindre områdene hvor det er mindre overvann som skal håndteres. Permeable dekker kan lede vannet ned gjennom overflaten til steinfyllingen under. Arealer avsatt til oversvømmelse kan dimensjoneres etter behov for fordrøyningsvolum og en slik løsning kan bidra til at sosiale møtepunkt om det er en aktivitet som legges til rette for. En slik løsning krever areal som ikke kan brukes til næring, noe som blir en tapt inntekt for grunneier, men vil sannsynligvis økt trivsel i området. Lukkede magasiner er en løsning som vil kunne gi nytte til områdene som ligger over. Det er begrenset hvor mye overvann løsningene kan holde igjen etter hvilke dimensjoner som er planlagt for.

Noen ganger, statistisk sett, kan det komme vannmengder som er ekstreme og kreve at det finnes kartlegginger for hvor vannet kan renne. Å kunne avlede slike mengder vann så de gjør minst mulig skade på naturen, bebyggelse og mennesker, er vesentlig. Derfor planlegges det for ledd tre i treleddsstrategien – å avlede vannet. Det er presentert ulike løsninger på dette. Grønne vannveier, åpne flomveier og åpent, tørt fordrøyningsbasseng er løsninger som bidrar i det tredje leddet.

Vegetasjonsbruk i slike løsninger kan bidra til å redusere erosjonsfaren ved flommene. I områdene nedstrøms av området, er bekker som kan bidra til å redusere flomfaren og baseres seg på naturlige åpne flomveier. Også grønne vannveier i planområdet kan bidra til å lede vann vekk fra bebyggelse slik at vannet renner i vannveiene.

I kapitlene 7.3.2 til 7.3.8 er det skissert noen idéer for løsninger som kan være aktuelle.

7.3.2. Taknedløp og kum som leder vann ned i steinfylling

I næringsområder er det ofte store bygninger som dekker over store flater. Etter plankartet for området [76], er det beskrevet 90 % BYA (bebygd areal) for næringstomtene. Dette inkluderer også parkeringsareal, i tillegg til bebyggelse. Det antas å være mye takflater for et slikt område. Dette takvannet kan ledes ved takrenner ned i steinfyllingen under bakken. Dette blir en kombinasjon av taknedløp som ikke er koblet til overvannsnettet og lukkede magasiner som steinfylling, se Fig. 7.27. Steinfyllingen kan magasinere i hulrommet som er opptil 30 % av steinfyllingen. Denne løsningen kan bidra til infiltrasjon og fordrøyning av overvannet. For vannet som ikke treffer tak, men arealene rundt, kan det benyttes kummer som bidrar til å lede overvannet gjennom overflaten.

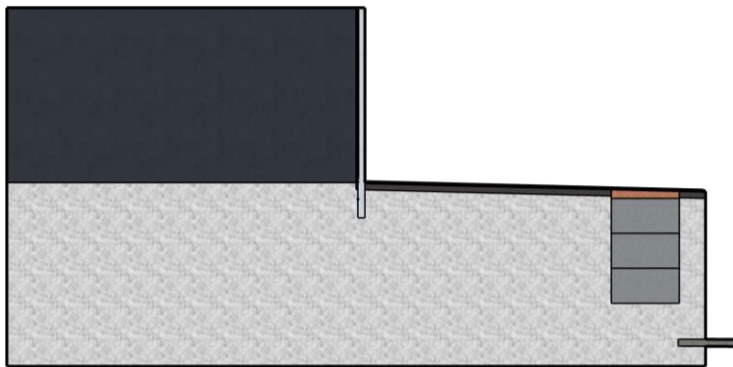


Fig. 7.27 – Illustrasjonseksempel på taknedløp og kum [egenprodusert]

For de volumene som skal fordrøyres, vil det for fordrøyingszone 1 med et fordrøyingsvolum på omtrent $4\,260\text{ m}^3$ være nødvendig med steinfyllingsmagasin på omtrent $14\,200\text{ m}^3$. For fordrøyingszone 2 med et fordrøyingsvolum på omtrent 1300 m^3 , vil steinfyllingsmagasinet være på omtrent 4340 m^3 . Når det gjelder fordrøyingszone 3 som har et fordrøyingsvolum på omtrent 360 m^3 , vil et steinfyllingsmagasin være på 1200 m^3 . Å anlegge dette under overflaten i planområdet, kan være aktuelt. Denne løsningen bidrar ikke til noen biologisk eller sosial styrking av området, men gir mer utnyttelse av overflaten til annet bruk.

7.3.3. Taknedløp og kum som leder vannet til plastkassetter

Idéen her er mye lik som forrige idé, men her samles vannet i plastkassetter istedenfor i steinfyllingen ved hjelp av taknedløp og kummer. Plastkassetter kan ha et effektivt volum på 95 %. De vil si at for eksempel fordrøyingszone 2 som trenger et fordrøyingsvolum på $1294,7\text{ m}^3$, kan ha et plastkassettanlegg på 1363 m^3 for å fordrøye et slikt volum. Fig. 7.28 viser et eksempel.

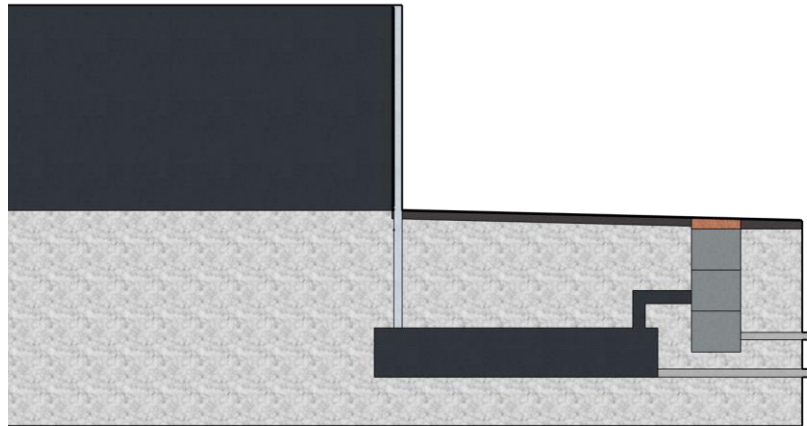


Fig. 7.28 – Illustrasjonseksempel på taknedløp og kum til plastkassetter [egenprodusert]

7.3.4. Permeabelt dekke med steinfylling

En løsning som vil bidra til infiltrasjon og fordrøyning, er permeabelt dekke, vist i Fig. 7.29. Ved å benytte seg av et magasin under, kan dette holde igjen noe overvann. Denne løsningen krever ikke rør annet en et rør som leder vannet ut av steinfyllingen. Forutsetningen for denne løsningen er at det trengs areal som det permeable dekket kan anlegges på.

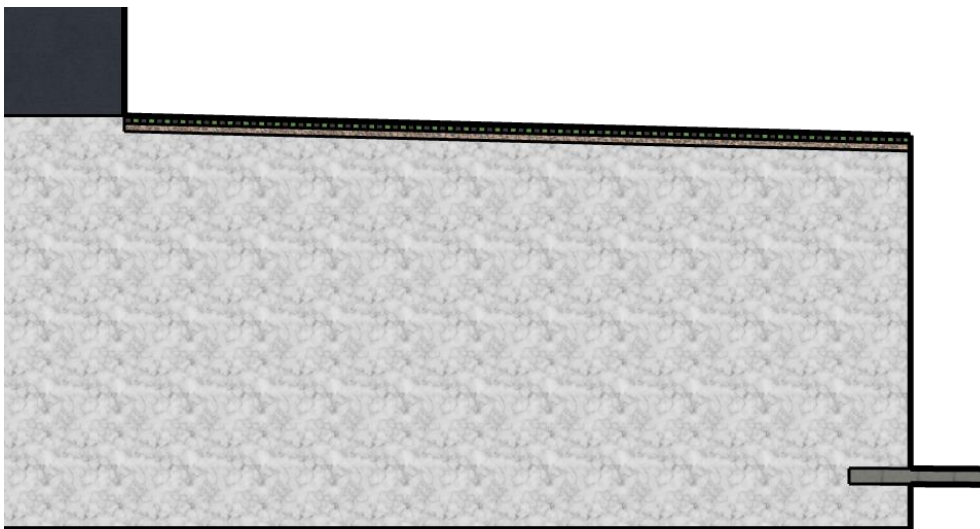


Fig. 7.29 – Illustrasjonseksempel på permeabelt dekke [egenprodusert]

7.3.5. Regnbed og renner

Regnbed med renne som vil fungere som både den infiltrasjonsløsning til steinfyllingen under tomtene i tillegg til å kunne lede vann til sikkert fordrøyningssone ved større nedbørshendelser eventuelt flomveier ved ekstreme nedbørshendelser. Løsningen kan utføres på ulike måter hvor dybden på vannet som kan oppholdes både over og under bedet er mulige å justere etter behov. I tillegg er det mulighet å benytte seg av plastkassetter under regnbedene for større volum som skal magasineres. Eksempel på dette, er illustrert ved Fig. 7.30.

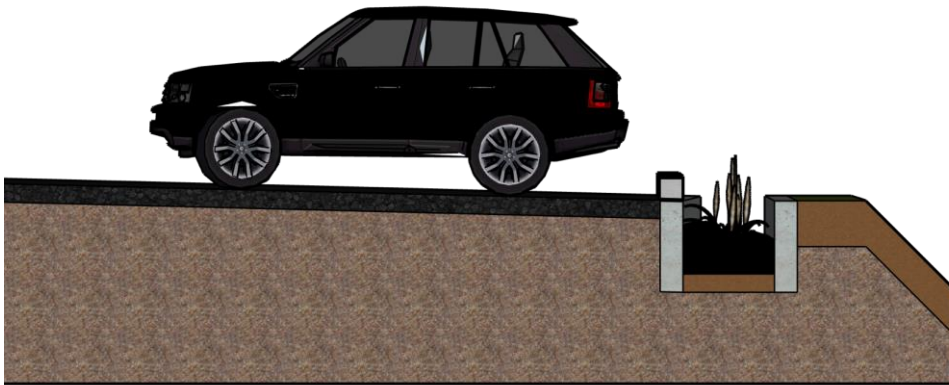


Fig. 7.30 – Illustrasjonseksempel for regnbed med renne [egenprodusert]

7.3.6. Åpent, tørt fordrøyningsbasseng

Etter utførelser av multifunksjonelle uterom som bidrar til fordrøyning av overvann, har en mulighet oppstått med en tennisgren med navn padel. Ved bruk av en trappeløsning rundt to utendørs padelbaner, se Fig. 7.31, er det mulig å kunne håndtere et volum på 838 m^3 for fordrøyningszone 3 ved dimensjoner valgt ved Fig. 7.32 og Fig. 7.33. Tanken med denne løsningen er legge til rette for et møtepunkt i næringsområdet for arbeidere og besøkende som kan benytte seg av banen. Med sider på $32 \text{ m} \times 27 \text{ m}$ og et areal på 864 m^2 er det mulig å kunne bruke denne løsningen. Den kan tilpasses for å kunne håndtere eventuell mer eller mindre overvann. Ved å unnlate det ytterste trinnet, kan løsningen holde opp mot 590 m^3 , og $381,9 \text{ m}^3$ for et trinn til unnlatt.

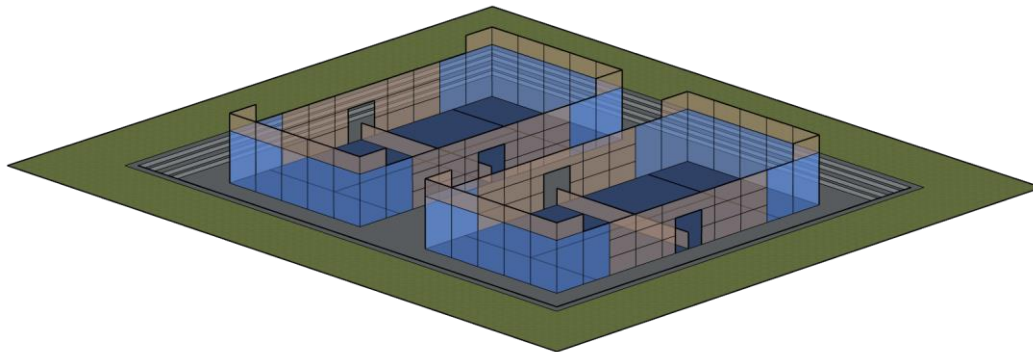


Fig. 7.31 – Illustrasjonseksempel på to padelbaner med fordrøyningsmulighet [egenprodusert]

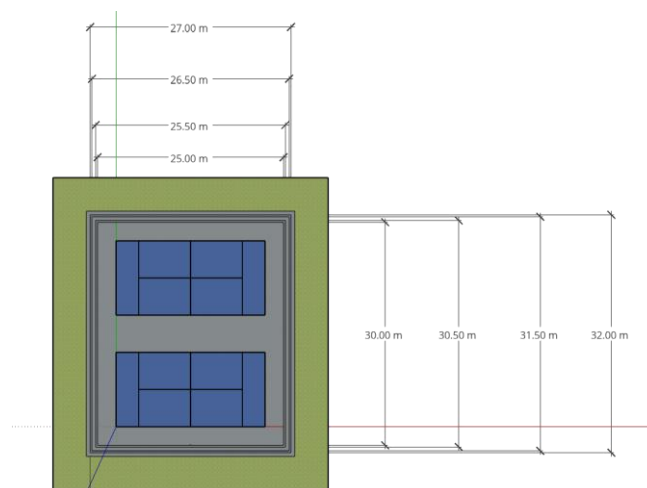


Fig. 7.32 – Dimensjoner i horisontale plan [egenprodusert]

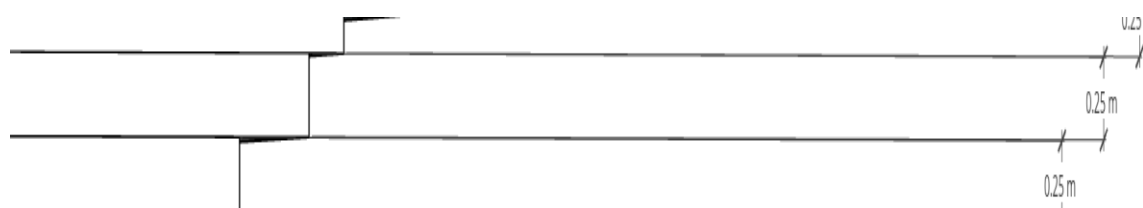


Fig. 7.33 – Dimensjoner i vertikalt plan [egenprodusert]

Løsningen baseres seg på å lede vannet inn mot dette området hvor det kan fylles opp ved kraftige regnhendelser. Dette er et tiltak for å trinn 2 i treledsstrategien. I tillegg vil vannet renne ut i en hastighet som vil tilsvare avrenningen til førsitasjonen. Padelbanen vil ha funksjon som et idrettsmøtepunkt hvor det det kan avholdes padelkamper når det ikke regner kraftig. For å sikre spillbare baner, er det fornuftig la de bli dimensjonert etter standarder i forhold til fall. The Lawn Tennis Association [99] er et styrende organ for tennis i Storbritannia og anbefaler en helning på 1:100 på grunn av banene ofte ikke lages med porøse overflater. Da vil vannet kunne renne av banene ved mindre regnhendelser og ha mulighet til å kunne lede vannet ut av området ved større regnhendelser. Trappeløsningen kan fungere som både sitteplasser til tilskuere og i tillegg være sikker utgangsvei ved kraftige regnhendelser hvor bassenget kan fylle seg opp og skape problemer med å komme seg ut av vannet.

En tilnærming med denne løsningen til fordrøyningszone 1, er å benytte seg av en løsning som er basert på vegetasjon for det åpne, tørre bassenget. Jeg forslår et basseng som har gress som vegetasjon. For å bevare sikkerheten i bassenget i forhold til drukning når bassenget fylles opp, følger jeg anbefalingene til overvannsdammer med skrånede kanter i forholdet 1:4. Her er det viktig at volumet til bassenget er dimensjonert til å fordrøye den høyeste verdien for fordrøyningsvolum med for eksempel metoden regnenvelop. I tillegg er det et rør i bunnen av fordrøyningsbassenget som vil slippe ut den avrenningen som området fikk før utbygging. Det er overløpsrør som vil slippe ut overvannet når det er nedbør med gjentakintervall som er høyere en det bassenget er dimensjonert for. Fig. 7.34 viser et eksempel på dette.

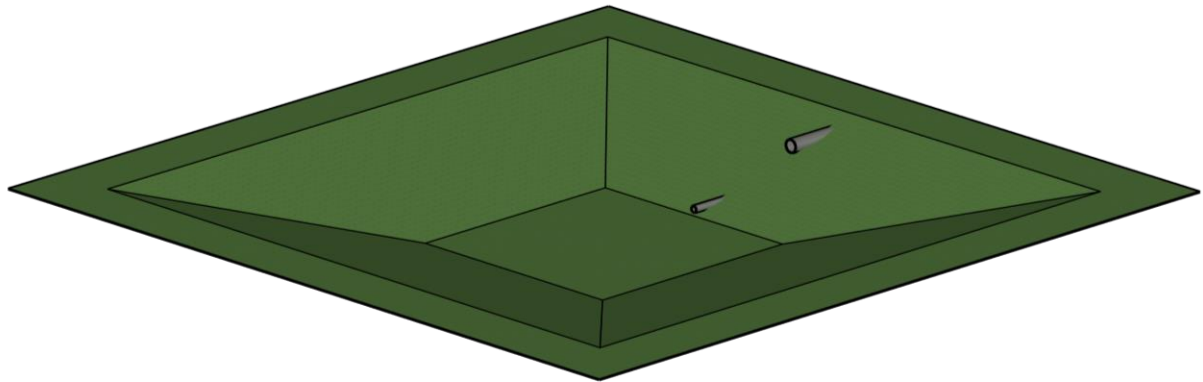


Fig. 7.34 – Illustrasjonseksempel for et åpent, tørt fordrøyningsbasseng [egenprodusert]

7.3.7. Åpne flomveier

For å kunne håndtere de ekstreme nedbørshendelsene, er det nødvendig å kunne ha sikre flomveier i planområdet og videre utenfor. For området er det naturlige vannveier fra utgangspunktet som flomvannet vil følge ned til sjøen. Det er noen større områder som kan bli berørt av flom, men hovedsakelig er bebyggelsen utenfor aktsomhetssonen for flom for begge avrenningsutløpene. Det gjøres at de vurderes til å være tilstrekkelig ved et flomtilfelle.

7.3.8. Grønne vannveier

Innenfor planområdet vil vannet ledes på overflaten på tomtene til sidegrøftene langs veiene og gang- og sykkelstiene, vist i Fig. 7.35. Grøftene vil lede vannet til fordrøyningssonene. Hvis de anlegges i et materiale som gress eller annen vegetasjon, kan det bidra til å infiltrere vannet og rensing i infiltrasjonen.

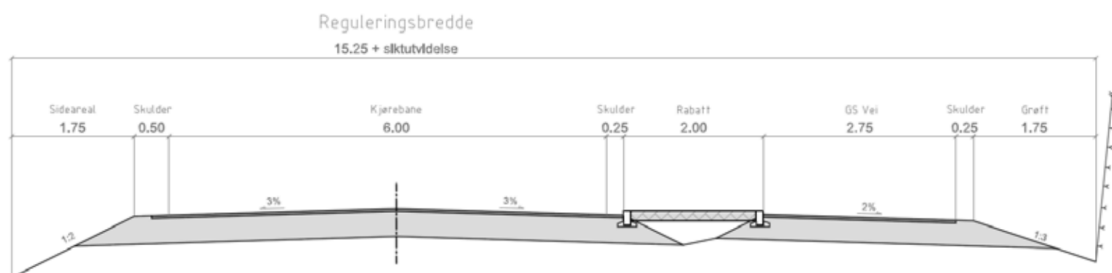


Fig. 7.35 – Den benyttede samleveggen i planområdet [78]

7.4. Utvalg av løsninger for caseområdet

For området vil det genereres en høy avrenning og overvann ved nedbørshendelser. Det krever løsninger som kan håndtere slike mengder. I tillegg har området noe infiltrasjonsevne i små deler av feltet. Dette utelukker en god del løsninger som kun baserer seg på infiltrasjon, men løsninger som fordrøyer og som kan infiltrere noe vann til grunnen vil vektlegges. Der det er tenkt fordrøyningszone 1 og 2, er det noe infiltrasjonspotensiale. Det har vært fokus på å kunne legge til rette for at løsningene har noen grad av infiltrasjon i fordrøyningssonene for å kunne å holde vannbalansen. I tillegg har tanken om at overvannsløsninger som ressurs for biologisk mangfold og sosiale treffpunkt, vært med. Det har resultert i å benytte seg av et åpent, tørt fordrøyningsbasseng for

fordrøyningszone 1 og 3, men taknedløp og kummer som leder vannet gjennom overflaten i fordrøyningszone 2. Fig. 7.36 viser de utvalgte løsningene lagt inn i planområdet.

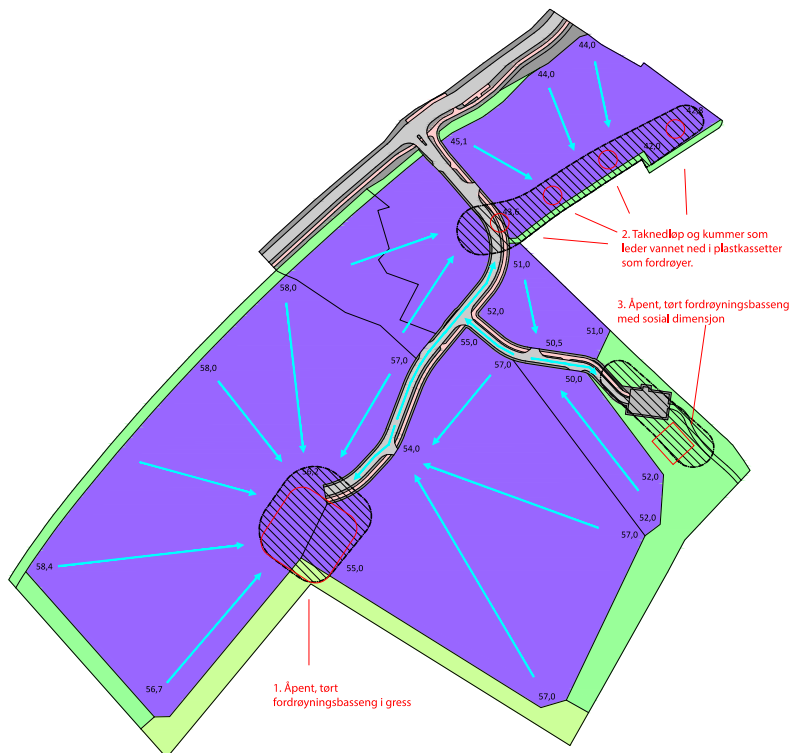


Fig. 7.36 – Utvalgte overvannsløsninger [egenprodusert]

7.5. Forslag til overvannsløsninger

7.5.1. Fordrøyningszone 1: Åpent, tørt fordrøyningsbasseng med vegetasjon

I fordrøyningszone 1 trenger løsningen det nødvendige volumet på 4254,6 m³ for å kunne fordrøye den avrenningen som vil komme etter utbygging. Det foreslås å benytte seg av et åpent, tørt fordrøyningsbasseng for dette volumet. Den skal være gresskledd hvor småvegetasjon også kan vokse. Dette vil bidra til biologisk mangfold i området, samt å kunne infiltrere og fordrøye overvannet. Deler av fordrøyningssonen har middels infiltrasjonspotensiale, og det kan få effekt av infiltrasjon i sidene av bassenget.

Bassenget må dimensjoneres i forhold til det nødvendige fordrøyningsvolumet. Formen kan være en avkuttet pyramide som kalles frustum og for rektangulær form, kalles rektangulær frustum. Ved å benytte øvre sidekanter på 60 m x 40 m og nedre sidekanter på 32 m x 12 m, og en høyde på 3,5 m, kan det holde et volum på 4415 m³ som er tilstrekkelig for dette fordrøyningsvolumet. Da er bassengets sider med en helning på 1:4 som bidrar til infiltrasjon og sikkerhet mot drukning. Volumet for denne løsningen er beregnet etter formelen for en rektangulær frustum.

$$V_{\text{rektangulær frustum}} = \frac{1}{3} * \left[60 * 40 + 32 * 12 + \frac{1}{2} * (60 * 12 + 40 * 32) \right] * 3,5 \quad (3.9)$$
$$V_{\text{rektangulær frustum}} = 4415 \text{ m}^3$$

Ved et slikt volum på magasinet, blir det en margin. Denne løsningen med slike dimensjoner er presentert i Fig. 7.37, Fig. 7.38 og Fig. 7.39.

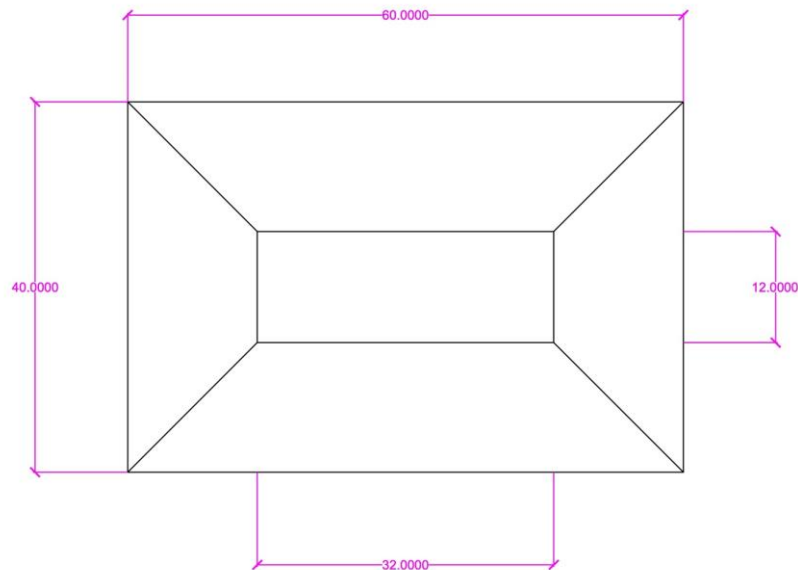


Fig. 7.37 – Åpent, tørt fordrøyningsbasseng sett ovenfra [egenprodusert]

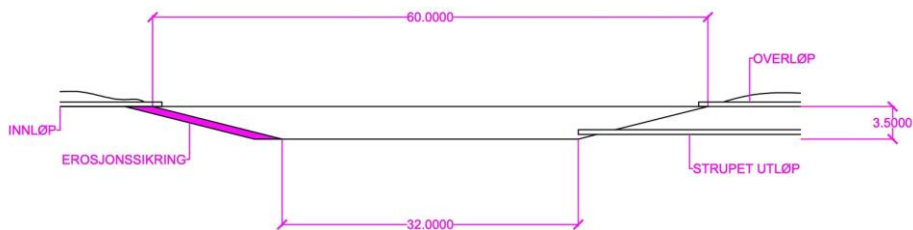


Fig. 7.38 – Åpent, tørt fordrøyningsbasseng sett fra langsiden [egenprodusert]

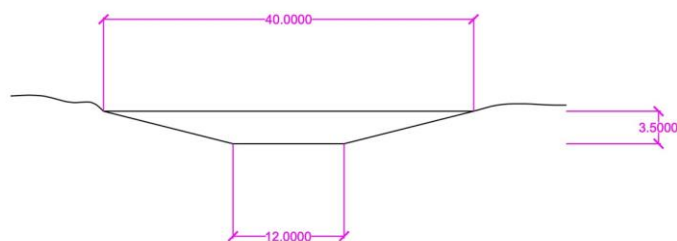


Fig. 7.39 – Åpent, tørt fordrøyningsbasseng sett fra kortsiden [egenprodusert]

For innløpsarrangement er det tenkt å legge til rette for innløp med rør og ved lede vannet på overflaten til fordrøyningsbassenget. Utløpsarrangementet skal ha et strupet utløp som skal slippe videre 70 %, etter regnvelop-metoden, av 112 l/s som var avrenningen før utbygging for dette utslippspunktet. I tillegg er det et overløp som vil tre i kraft ved nedbørshendelser større enn hva gjentakintervall på 10 år vil gi. Da vil vannet renne videre til Morvikbekken.

Ifølge Magnussen m. fl. [49] vil åpent, tørt fordrøyningsbasseng ha en kostnad på 2100 kr/m³. Denne løsningen har et volum på 4415 m³ som vil gi en investeringskostnad på 9 271 500 kroner. Løsningen skal ha en levetid på 40 år og driftskostnader på 88 300 kroner per år.

7.5.2. Fordrøyningszone 2: Taknedløp og kummer som leder vann ned i plastkassettmagasinet
I fordrøyningszone 2 trenger løsningen for overvannshåndtering med den fremtidige avrenningen etter utbygging, å kunne håndtere et volum på 1294,7 m³. Det foreslås en løsning hvor det er taknedløp og kummer som leder vannet ned i et fordrøyningsmagasin bestående av plastkassetter. For å få overvannet til plastkassettmagasinet, benyttes det taknedløp som går ned gjennom overflaten. I tillegg plasseres det ut kummer som vil ta hånd om overvannet som renner på overflaten. Kummene vil lede vannet gjennom overflaten og inn i magasinet. Kummene er plassert med et mellomrom etter Grimstad kommunes VA-norm [82] med et mellomrom på maks 120 m som presiseres å være tillatt avstand i Grimstad kommune. Nedstigningskummene er på en dimensjon som ikke er mindre enn 1000 mm. I dette tilfellet vil en IFS-kum være en løsning. Den bidrar til å fange opp sand og slam, samtidig som den kan lede vannet ned i plastkassettmagasinet ved overløp og nødoverløp som Fig. 7.40 viser.

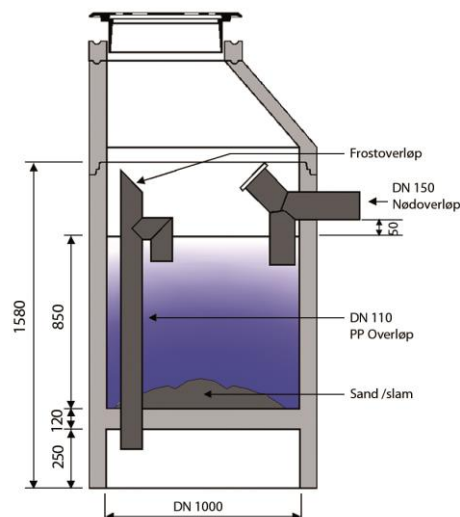


Fig. 7.40 –IFS-kum [63]

Fig. 7.41 viser en oversikt over løsningen i sammenheng med de ulike elementene taknedløp, kummer og plastkassettmagasinet. Plastkassettmagasiner har en høyde på 1,2 m og en bredde på 20 m. Ved en lengde på 57 m, vil magasinet være på 1368 m³ og et effektivt magasiningsvolum på 95 % blir 1300 m³. Det er tilstrekkelig for fordrøyningsvolumet som fordrøyningszone 2 gir og som er på 1294,7 m³.

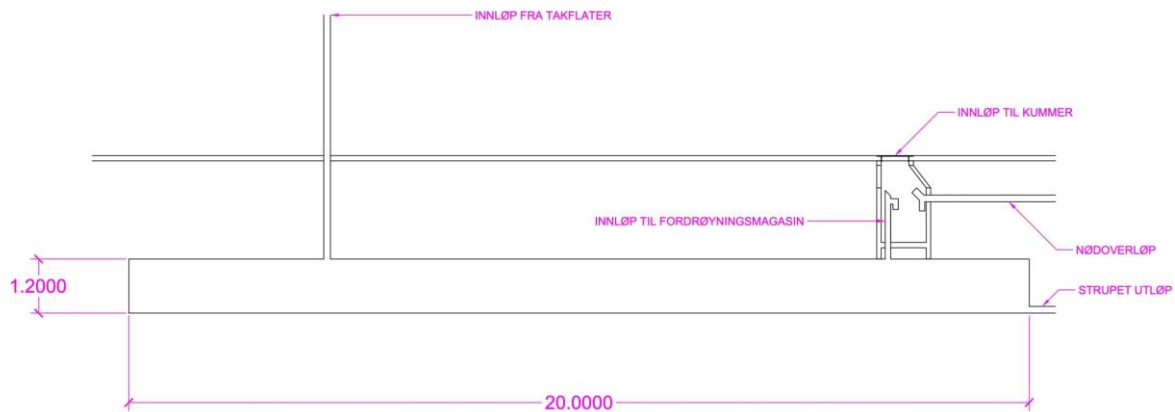


Fig. 7.41 – Taknedløp og kummer som leder til plastkassettmagasin [egenprodusert]

Det er tenkt at plastkassettmagasinet kan slippe ut en lik avrenning som var før utbygging som var 70 % av 114 l/s etter regnvelop-metoden. Ved et strupet utløp fra magasinet, kan det gi kontrollert avrenning fra feltet i sammenheng med et overløp ved regnhendelser som gir høyere avrenning enn hva løsningen er dimensjonert for. Det er også nødoverløp i IFS-kummene ved ekstreme regnhendelser.

Magnussen m. fl. [49] antyder at kostnaden av frakopling av takrenner fra ledningsnettet til å være en lav kostnad. Ellers presenterer de ikke noen flere kostnader til denne løsningen. Førde Sementvare As [100] presenterte en pris på 16 024 kroner for en IFS-kum i sine prislister. Med seks slike kummer i området, gir det en kostnad på 96 144 kroner for kun kummene.

7.5.3. Fordrøyningssone 3: Åpent tørt fordrøyingsbasseng med møteplass

Til fordrøyningssone 3 er det nødvendig med et fordrøyingsvolum på 352,8 m³ for det overvannet som kommer fra avrenningen etter utbygging. Løsningen som foreslås er et åpent, tørt fordrøyingsbasseng med underlag av et materiale som vil holde overvannet og hvor det bli anlagt to padelbaner på underlaget. Dette vil gi en sosial dimensjon til området som en møteplass.

Bassenget må dimensjoneres til å fordrøye dette volumet, og ved å bruke en trappeløsning rundt selve bunnarealet på 750 m² med sidelengder på 30 m x 25 m. Trinnene videre opp vil være 0,25 m høye og 0,25 dype. Det gir neste nivået et areal på 777,75 m² med sidelengder på 30,5 m x 25,5 m. Det vil gi et volum på 381,9 m³. Da er det noen marginer til installasjoner til banene som vil ta noe volum. Underlaget i bassenget vil ha en helning på 1:100 slik at vannet vil renne ut. Siden bruken er til aktivitet, anbefales det at løsningen er drenert. Fig. 7.42, Fig. 7.43 og Fig. 7.44 viser dimensjonene til løsningen.

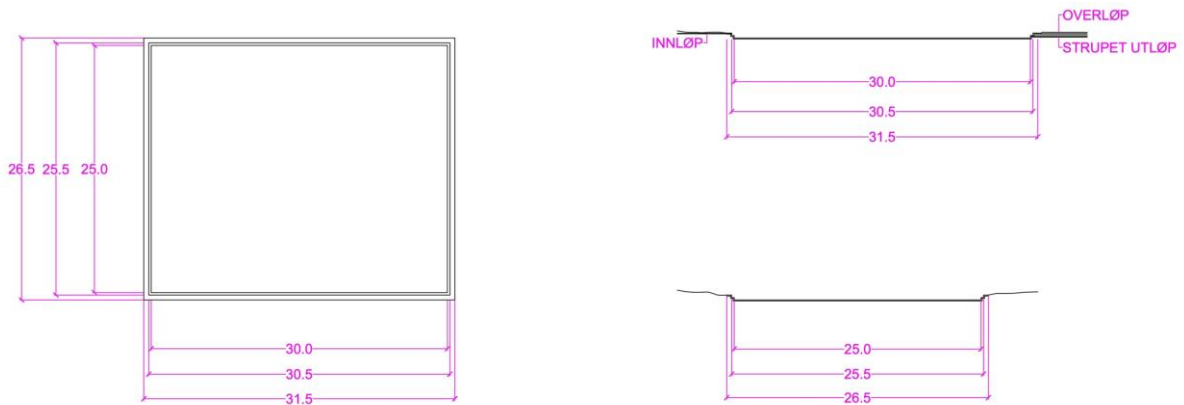


Fig. 7.42 – Dimensjoner til åpent, tørt fordrøyningsbasseng [egenprodusert]

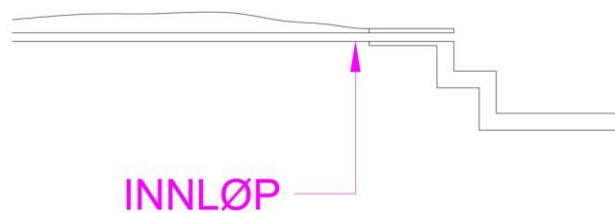


Fig. 7.43 – Innløp til åpent, tørt fordrøyningsbasseng [egenprodusert]

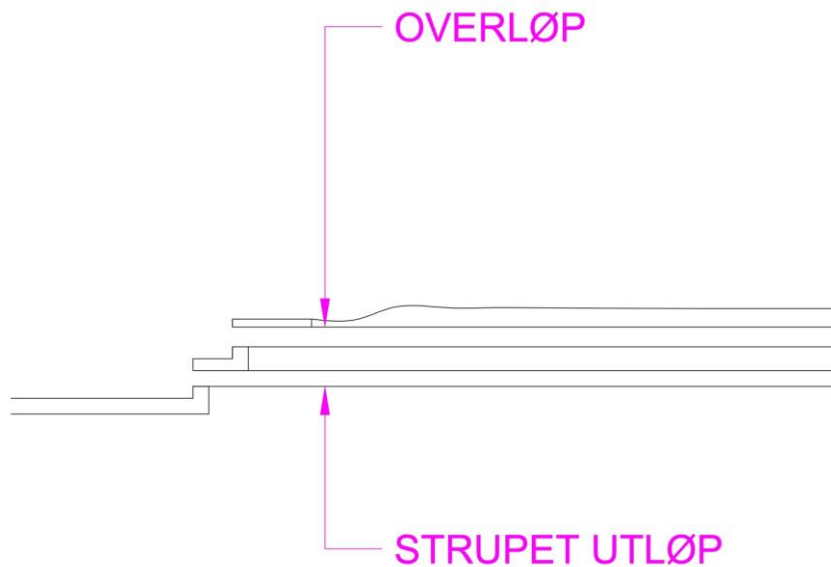


Fig. 7.44 – Utløp til åpent, tørt fordrøyningsbasseng [egenprodusert]

For innløpsarrangementet til denne løsningen vil det være et rør som leder vannet inn i bassenget og lede vannet på overflaten til bassenget. For utløpsarrangementet er det tenkt et strupet utløp som slipper ut 70 % av 61 l/s etter regnenvelop-metoden. Ved høyere avrenning enn det gjentakintervallet som er dimensjonert etter, vil et overløp tre i kraft.

Slik som det andre åpne, tørre fordrøyningsbassenget, vil ifølge Magnussen m. fl. [49] en slik ha en kostnad på 2100 kr/m³. Denne løsningen har et volum på 381,9 m³ som vil gi en investeringskostnad

på 801 990 kroner. Løsningen skal ha en levetid på 40 år og driftskostnader på 7638 kroner årlig. Det kan forekomme andre kostnader med tanke på en noe annerledes materialforbruk enn gresskledd basseng, samt aktiviteten som skal tilrettelegges for.

7.5.4. Flomveier

Ved tilfeller hvor overvannsanlegget ikke er i drift eller overbelastet er det nødvendig å vurdere flomveiene som vil tre i kraft. Etter reguleringsplanen og stedsanalysen av elvenettet og aktsomhetssonene for flom, er det Morvikkbekken som har best kapasitet og mindre aktsomhet for flom. Flomveiene innenfor området er vist i Fig. 7.45 og er basert på Asplan Viaks flomveioversikt i Fig. 5.6. I tillegg er høydeverdier for næringstomtene gjengitt her. Som beskrevet vil det langs veiene og gang- og sykkelstiene være sidegrøfter som vil bidra til å la vannet renne trygt ut av området.

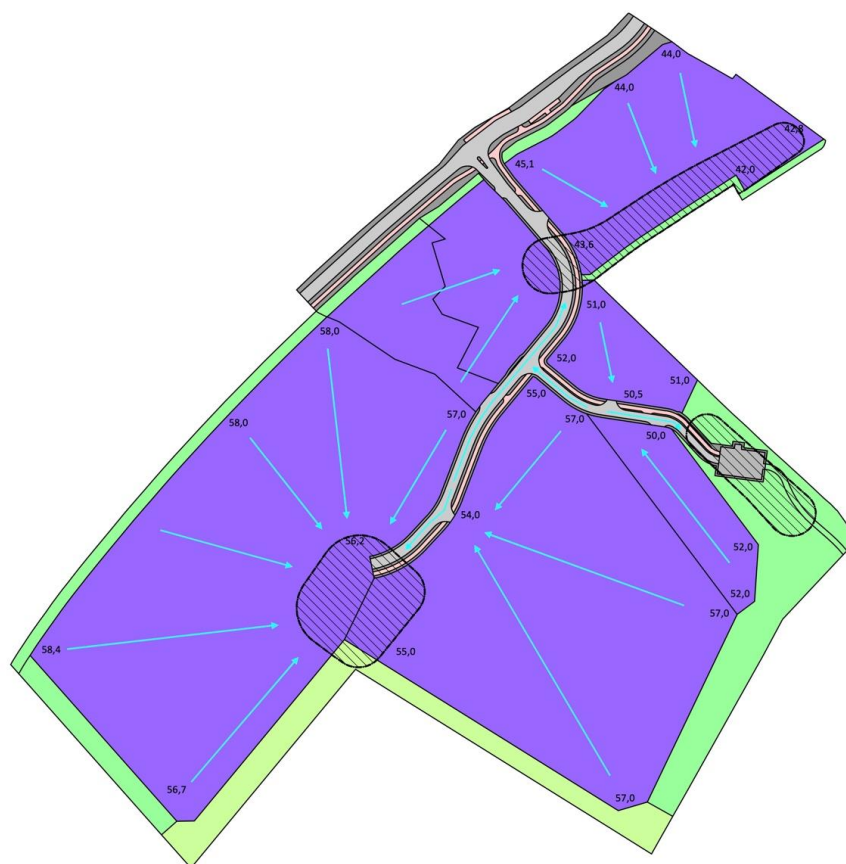


Fig. 7.45 – Flomveier i området [egenprodusert]

Når flomvannet er ute av området, vil vannet ledes der hvor vannet renner i dagens situasjon, vist Fig. 7.46. Som aktsomhetskartet for flom viste, var det lite bebyggelse som ville bli berørt av en eventuell flomsituasjon, men det anbefales at de områdene som ligger i nærheten vil bli gjort oppmerksomme over situasjonen og vurdere tiltak må være nødvendig. Bekkeløpene som går til hvert sitt utløp, har noe ulik belastning. Det kommer frem at Morvikkbekken har noe høyere belastningsevne enn Støyterbekken. Den største delen av avrenningen vil gå mot Morvikkbekken grunnet størst areal leder den veien.

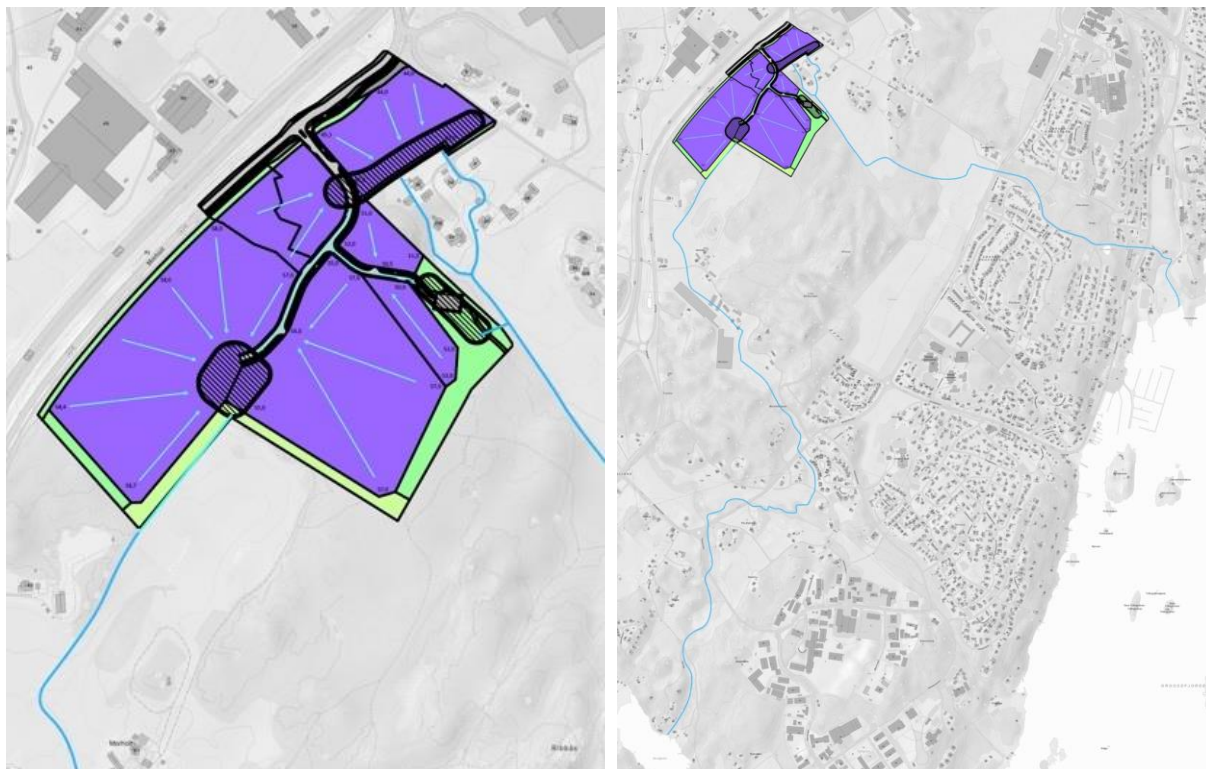


Fig. 7.46 – Flomveier ut av området [egenprodusert]

Det anbefales å sikre bygninger og infrastruktur i planområdet mot skader fra flomhendelser. Det kan løses ved å sikre en heving av bygninger. Dette vil gjøre at overvannet eller flommen ikke vil trenge inn i bygningene. I tillegg er alle næringstomtene anlagt med fall som bidrar til å lede vannet vekk fra tomtene mot fordrøyningsløsningene og til flomveiene.

7.5.5. Oppsummering

Planområdet består nå av tre inndelinger hvor overvannet vil renne til. Tab. 7.4 og Fig. 7.47 viser en oversikt over hvilke løsninger som er benyttet for de tre fordrøyningssonene i området.

Tab. 7.4 – Oppsummering av løsninger og vannmengder

Fordrøyningszone	1	2	3
Løsning	Åpent, tørt fordrøyningsbasseng	Taknedløp IFS-kummer Plastkassetmagasin	Åpent, tørt fordrøyningsbasseng
Egenskaper	-Vegetasjon -Fordrøyning -Infiltrasjon	-Infiltrasjon -Fordrøyning -Krever lite overflateareal	-Flerbruksareal -Fordrøyning
Avrenning før utbygging	112 l/s	114 l/s	61 l/s
Avrenning etter utbygging	2819 l/s	1269 l/s	551 l/s
Nødvendig fordrøyningsvolum etter utbygging	4254,6 m ³	1294,7 m ³	352,8 m ³
Vannmengde inn i fordrøyningsløsning	472 l/s	199 l/s	92 l/s
Vannmengde ut av fordrøyningsløsning	78 l/s	80 l/s	43 l/s

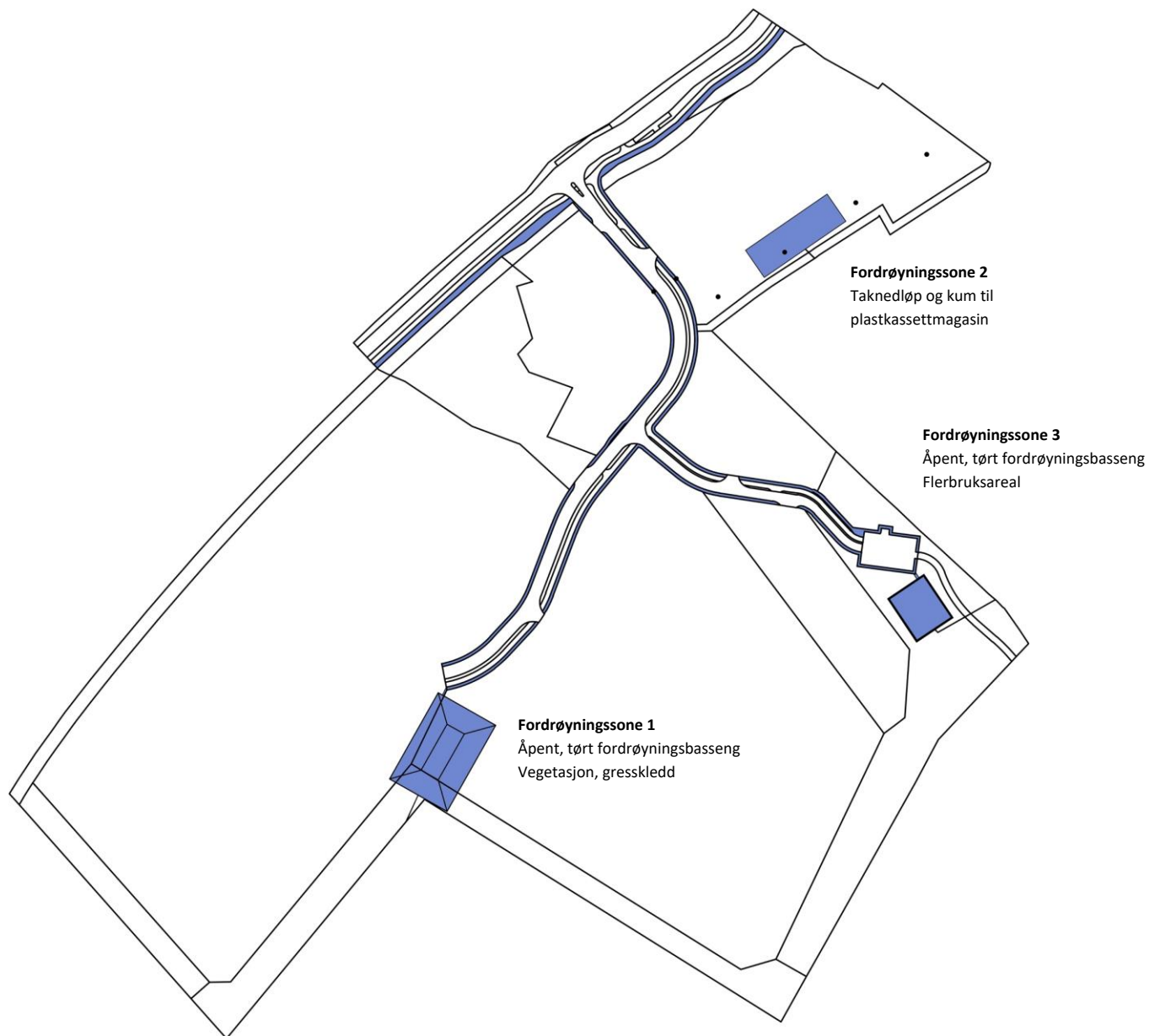


Fig. 7.47 – Oversikt over fordrøyningsløsningene [egenprodusert]

8. Diskusjon

8.1. Bærekraftig overvannshåndtering

Når overvann skal håndteres, er dette et omfattende arbeid. Det å kunne håndtere overvannet på en tilstrekkelig måte slik at det unngås skade på områdene i seg selv og områder i nærheten og nedstrøms, er essensielt og viktig. Fra å hovedsakelig benytte rørsystemer har tankesettet endret seg til hvordan vi kan bruke overvannet som en ressurs for mennesker, biologisk mangfold og naturen blitt mer utbredt. Når overvannssituasjonen skal planlegges og anlegges, er det mange vurderinger og konsekvenser som må håndteres, og det er mange muligheter for overvannshåndtering.

Overvannshåndtering kan sees opp mot en måte å kunne bidra til en mer bærekraftig verden. Ved å både knytte håndteringen av overvannet opp mot FNs [10] tre dimensjoner for bærekraft og FNs [11] bærekraftsmål, kan aktører med ansvar for overvann være med å bidra. Når forslaget til å løse overvannshåndteringen av Bergemoen Syd næringsområde sees dette i lys av bærekraft. Det er flere elementer i forslaget som vil bidra til en bærekraftig utvikling.

Den første dimensjonen er klima og miljø, og overvann er et resultat av mer fortetting og naturflater som bygges igjen med tette flater. Klimaet har endret og vil endre seg, og noe som fører til at områder utsettes for økt nedbør. Dette kan skape overvannsproblemer for miljøet ved skader på for eksempel bebyggelse, natur og befolkningens helse etter ekstreme flomhendelser eller forurensning. Her handler det om å forhindre slike skader som kan oppstå fra overvann, og heller bidra til at overvannet også kan være en ressurs som bidrar til for eksempel biologisk mangfold. En av de viktigste delene med overvannshåndteringen er å kunne holde igjen den økte avrenningen utbyggingen gir og sikre trygge flomveier ved en eventuell flomhendelse. I denne studien har det vært fokus på å kunne håndtere den mengden overvann som planområdet gir, noe som vil hindre at det skjer oversvømmelser for områdene som ligger nedstrøms innenfor det volumet overvannsløsningen tar hånd om. I tillegg er det tatt hensyn til den forventede økningen av nedbør som vil komme i fremtiden. Det er fokusert på å bidra til biologisk mangfold ved at det ene fordrøyningsbassenget består av vegetasjon som gress og andre planter som vokser i slike omgivelser.

Den andre dimensjonen handler om det økonomiske hvor bærekraften skal sikre samfunnets og menneskers økonomiske trygghet. Skader som blir påført av overvann, skaper store økonomiske konsekvenser for både samfunn og mennesker. Ved å kunne unngå at slike summer må brukes på gjenoppbygging og -bygging, helsehjelp og opprydning etter en overvannshendelse, er det mulig å bruke en kostnad som er mindre på å anlegge tiltak som vil hindre slike skader å oppstå. Dette vil muliggjøre å sikre mot store skadekostnader fra overvannshendelser. I tillegg vil tiltakene hindre store økonomiske konsekvenser ved skade som kunne oppstått uten tiltak. Det koster å anlegge slike tiltak som er planlagt for i dette området, men forhåpentligvis, vil dette kunne være med å demme opp for store kostnader som kunne forekommet ved store nedbørshendelser uten tiltak.

Den tredje dimensjonen er sosiale forhold som handler om å gi alle et rettferdig og godt liv. Overvannshåndtering kan bidra til at områder som ville blitt oversvømt, ikke blir det og gir sikre områder hvor mennesker kan bo og oppholde seg. I tillegg kan områder som har en funksjon om å håndtere overvann, også benyttes til områder hvor mennesker kan møtes og området kan få økt

sosial trivsel. For den sosiale dimensjonen og caseområdet, har den ene løsningen dette fokuset. Det vil være en plass hvor mennesker kan møtes for å spille padel, være tilskuer eller være sammen. Dette vil bli et møtepunkt for arbeidere som kan treffes etter jobb, eller være et sosialt tilskudd til områdene rundt planområdet og for Grimstads aktivitetstilbud.

Når det gjelder overvannshåndteringen for Bergemoen Syd næringsområde, handler det om å sikre en vannforvaltning som er bærekraftig og som bidrar til at vannkvaliteten bedres og forurensingen av vannet reduseres etter bærekraftsmål 6 [12]. Det kan overvannshåndteringen bidra med ved å velge løsninger som tar hånd om dette. Overvannsløsninger kan rense og forvalte overvannet på en trygg og sikker måte, noe som de valgte løsningene hjelper med etter områdets behov. Håndteringen av overvann kan bidra til bærekraftige byer og lokalsamfunn etter bærekraftsmål 7 [13]. Det er ved at håndteringen bistår til at skader fra vannrelaterte katastrofer minskes. Ved tilstrekkelig fordrøyningsløsninger og trygge flomveier, kan det redusere antall personer som blir rammet av katastrofer både helsemessig og økonomisk. I tillegg er overvannshåndtering en viktig del av å tilpasse seg det forventede klimaet som er under bærekraftsmål 13 [14]. Når det gjelder bærekraftsmål 14 [15], bidrar håndteringen av overvann til å ha fokus på å rense overvannet før det kommer til vassdrag som ender i havet.

8.2. Miljøskader

Miljøskader fra overvann kan ødelegge mye, både økonomisk og helsemessig. Det er forventet en økning i både nedbørens hyppighet og intensitet. Når flatene tettes med asfalterte veier og plasser og områder utbygges med ulike formål, kan det skape overvannsproblemer både for området i seg selv, men spesielt for områdene som ligger nedstrøms. For næringsområder er det ofte snakk om store områder for å ha tilstrekkelig plass til bygninger, veier og parkering.

Avrenningen fra Bergemoen Syd næringsområde vil ha utløp mot Morvikbekken og Støyterbekken. Dette er to bekker som har potensiale for å være gode sjøaurebekker, ifølge NIVA [90]. Ved å beholde avrenningen lik etter utbygging som den er i situasjonen før utbygging, påvirkes ikke vannstanden betraktelig i de to bekkene. Dette vil da bidra videre til at fiskebestanden blir bevart for Morholtbekken og Groosebekken. Både Lindholm i Vann- og avløpsteknikk [1] og Bergen kommune [35] påpeker at forholdene skal legges til rette for dyre- og fugleliv i tillegg til at det biologiske og økologiske hensynet ivaretas. Dette bidrar til å opprettholde fiskenes gyte- og vandremuligheter.

Forurensing av overvann er et kjent problem for blant annet belastede veier og industriområder. Det kan skape miljøskader for natur og helse ved kontakt med forurensingen, ifølge NOU [2]. For Bergemoen Syd næringsområde blir det antatt lite forurensning i overvannet grunnet at området har relativt lite trafikkbelastning. I tillegg er området avsatt til næring og ikke industri som nevnes å bidra til forurensing. Hvis det skulle forekomme noe mindre forurensing, vil det bli håndtert av de løsningene som er planlagt for ved sandfang og vegetasjonen. Dette hindrer de negative effektene ved forurenset overvann blant annet kan skade natur og helse.

Fra planområdet vil avrenningen følge de to bekkene som nevnt ovenfor. Langs bekkene er det noen områder som kan bli oversvømt ifølge NVE [93] sine data for flomfare. Hovedsakelig er ikke dette områder som er bebygde. Når en bygger ut et slik stort område som Bergemoen Næringsområde syd,

kan dette medføre konsekvenser for den opprinnelige aktsomhetssonen for flom som er avsatt. I planområdet er det lagt til rette for trygg avrenning og avledning for nedbørhendelser som ikke vil skape oversvømmelse eller flom i planområdet som skader bebyggelse eller infrastruktur. Løsningene som er foreslått, er basert på å håndtere overvannet lokalt. Dermed vil ikke planområdet være med å bidra til at det blir koblet til fellessystem. Dette hindrer de indirekte skadene som kan oppstå fra overløpsutslipp som nevnes av NOU [2].

8.3. Overvannsberegningene

I reguleringsplanen [78] for Bergemoen Syd næringsområde står det beskrevet at det benyttes gjentaksintervall for nedbørhendelser på 2 år for førsituasjonen og 10 for ettersituasjon. I tillegg er det bestemt at avrenningen fra området skal være uendret etter utbygging sammenliknet det dagens situasjon. Det betyr at det vil slippe ut en viss mengde vann opp til det som ville vært på en nedbørhendelse på to år i førsituasjonen. I tillegg skal det håndteres en mengde vann opp til en nedbørhendelse med gjentaksintervall på 10 år. Hvis nedbørhendelsen er over dette, vil flomveiene ut fra området bli benyttet. Det er viktig at dette tas hånd om på en tilstrekkelig måte for å unngå skader fra overvannet.

I beregninger for avrenning ved bruk av den rasjonelle formelen og fordrøyningsvolum ved regnvelop-metoden, kan det gi flere ulike resultater. Det er flere av koeffisientene som må velges av den som utfører beregningene og baseres seg på erfaring og skjønn. For eksempel har avrenningskoeffisienten en rolle i beregningene som kan gi store utslag for hva som velges av verdier. Slike vurderinger for hvordan underlaget er bygd opp, samt hvor bratt det er, kan gi ulike resultater. I tillegg baserer nedbørintensiteten i beregningene på verdier som er bygd opp etter målinger fra målestasjoner. Som det ble beskrevet i kapittel 6.6, er den nærmeste målestasjonen klassifisert *svært usikker*. Av den grunn ble verdiene fra denne målestasjonen vurdert opp mot nærliggende målestasjoner, noe som resulterte i å beholde de verdiene for nedbørintensiteten på grunn av nærliggende verdier til målestasjon med klassifiseringen *god*.

Det er verdier for høydeforskjell og lengde av nedbørsfelt, og de kan gi ulik konsentrasjonstid ved ulike verdier. Arealer av de ulike områdene kan ha ulik avrenningskoeffisient. Dette er verdier som kan gi feilkilder ved at målingene ikke blir foretatt på et riktig grunnlag. I tillegg benyttes en klimafaktor som vil gi en mulighet for å tilpasse seg klimaet som forventes. Dette er basert på en forventning, men er ikke noe som er sikkert. Det er allikevel en viktig faktor som bør være med for å kunne håndtere det hyppigere og mer intensive regnværet som er forventet, ifølge Norsk klimaservicesenter [25].

Dette er verdier som spiller inn i både beregning av avrenning og hvor stor fordrøyningsvolum for det utvalgte området. Ved feiltakelser i beregningene, kan det gi store skader for områder som ligger nedstrøms. I noen tilfeller kan det være nødvendig å gjøre tiltak i ettertid om ikke løsningen som er dimensjonert for er tilstrekkelig. Dette vil skape kostnader og i verste fall skader på eiendommer, natur, helse eller liv.

I reguleringsplanen [78] kommer det frem at det er benyttet gjentaksintervall for planområdet etter utbygging på 10 år. Det kan samsvare med hva Kristiansand kommunes overvannsveileder [34]

anbefaler for områder som ligger i utmark og landbruksområder. Slik situasjonen er nå, er planområdet i et slikt terreng omringet av lite bebyggelse, utmark og jorder til landbruk. Hadde området lagt mer sentralt og urbant, har et gjentaksintervall på 25 år eller 50 år et tryggere valg. Ved høyere gjentaksintervall ville det medføre at overvannsløsningene må håndtere en betraktelig større mengde overvann.

8.4. Overvannsløsninger

Det har blitt presentert flere løsninger for hvordan overvannet kan håndteres. Det er mye som spiller inn når valg av løsning skal gjennomføres. Det å kunne håndtere overvannet som kommer, er det viktigste vi kan bidra med for å unngå at overvannet skaper skader. I tillegg er fokuset på hvordan vi kan bruke overvannshåndteringen til å kunne bidra til at overvannet går fra kun å være et problem til å bli en ressurs. Det er en viktig faktor for å tenke annerledes enn tradisjonelle tankemåter for håndteringen av overvann. Regjeringen [3] har vært opptatt av å tenke nytt og ønsker å bidra til at overvann kan bli en ressurs. Dette fokuset er spesielt utbredt i bystrøk og boligområder. Det er derfor interessant å belyse hvordan dette kan implementeres for et næringsområde hvor mennesker stort sett ikke oppholder seg mer enn arbeid eller besøk av næringsvirksomheten. Ved å legge til rette for aktiviteter som bidrar til at mennesker møtes, kan det styrke den sosiale dimensjonen av bærekraft. At mennesker møtes på tvers av bakgrunn og hvem de er, er noe som kan styrke samfunnet og danner grunnlaget for mennesker får rettferdige og gode liv. Det er også planlagt for vegetasjon ved den største fordrøyningsløsningen som er til fordrøyningszone 1. Denne kan bidra til å skape liv for insekter og vegetasjon som er elementer som trenger slike forhold.

PBL [30], TEK 17 [31], kommuneplan [74] og VA-normen [82] er aktuelle lover, retningslinjer og bestemmelser for hvordan overvannet bør og kan håndteres. Løsningene som har blitt valgt, er i tråd med dette. Det å sikre en håndtering av overvannet som har vært forsvarlig, håndtere overvannet på eget område, anses også som fundamentalt. Løsningene som er valgt, har lokal infiltrasjon til grunnen der som det anses til å ha potensiale for infiltrasjon etter NGU [87] som nevnes av både PBL, TEK17 og VA-normen. Samtidig er fordrøyningen av overvannet håndtert lokalt innenfor planområdet og forsvarlig avledning sikres, som nevnt i lovverket..

Det vises til flere prosjekter som benyttet seg av å bruke overvannet som en ressurs. Prosjektene har ikke samme bruksformål for tomtene slik som bygater, idrettsbaner og skoler, men tankegangen kan være aktuell for næringsområder, men de må tilpasses.

Flere av overvannsløsningene som presenteres, er for urbane områder hvor avrenningen ofte er høyest og skadene kan ha størst omfang, men det er mulig å benytte seg av løsningene til områder som ikke er like sentrale slik som Bergemoen Syd næringsområde. I tillegg er flere av løsningene presentert for mindre nedbørsfelt med lavere avrenning. Det har derfor vært viktig å benytte løsninger som har hatt kapasitet til å kunne håndtere volumene som skapes i planområdet. Fra resultatene kommer det frem at avrenningen vil også bli endret i en ettersituasjon for et område som ligger utenfor Grimstad sentrum og konsekvensene av dem er viktige å ta hensyn til. Ved et område på nærmere 20 hektar som skal planlegges og store deler skal utbygges, økes avrenningen betraktelig og vil gi en avrenning som er meget høy i forhold til tidligere situasjon.

Det er mange muligheter når overvannet skal tilpasses et område ut ifra sitt grunnlag. Dette forslaget løser for Bergemoen Syd næringsområde, passer for dette tilfellet. Men andre løsninger kan også fungere, men kan gi andre egenskaper eller verdier for området.

8.5. Svakheter og begrensninger

I dette masterprosjektet er casestudie benyttet og består av flere deler for å få et innblikk i hvordan overvann kan håndteres for et næringsområde i Grimstad kommune. Det har blitt belyst ulike løsninger for hvordan en dimensjonert mengde overvann, hvilke skader overvannet kan gi og hvilke muligheter som er i overvannshåndteringen.

Caseområdet som har blitt benyttet, har sine egenskaper, muligheter og begrensninger. Dette gjør området unikt på lik linje som alle andre områder har sine forutsetninger. Det gjør at resultatene for dette prosjektet blir forbeholdt dette caseområdet og er ikke fullstendig overførbare til andre områder. For å få et større innblikk i hvordan overvann kan håndteres for næringsområder, kan det dermed være nyttig og interessant å utforske andre caseområder.

Kostnader er et usikkert og mangelfullt område i denne rapporten, og kostnader kan variere mye innenfor de ulike løsningene. Det anbefales å forske mer på kostnadene til løsningene for å styrke kostnadsresultatene. Kostnadsestimatet som ble presentert har mulig endret seg ettersom *Kostnader og nytte ved overvannstiltak* [49] er fra 2015. I tillegg er dataene generelle og basert på erfaring. Kostnaden vil også variere fra sted til sted hvor stor kostnaden blir. I tillegg vil åpne løsningene som er lagt på areal som er tenkt til næring kunne senke inntektene for utbyggeren. Det er på grunn av tomter som kunne blitt solgt, må brukes til et overvannstiltak som blir en kostnad. Når det velges løsninger som er under bakken, kan det gi inntekter fra at arealet over kan utnyttes, men slike løsninger kan ha høye etableringskostnader.

9. Konklusjon

Konklusjonen består av en besvarelse av forskerspørsmålet og de påfølgende underspørsmålene.

Hvordan håndtere overvann for et utvalgt næringsområde i Grimstad kommune med fokus på å redusere miljøskader?

- Overvannshåndtering er et tema som har blitt viktigere og viktigere på grunn av klimaendringer og en forventning om en fremtid med nedbørshendelser som vil øke i både intensitet og hyppighet.
- Å planlegge for overvannsløsninger som følger treleddsstrategien bidrar til å favne infiltrasjon, fordrøyning og avledning av overvannet.
- Bærekraftig overvannshåndtering som både håndterer overvannsproblemet og som blir en ressurs i området bør vektlegges.
- Det utvalgte området har avrenning til to forskjellige utløpspunkter i både før- og ettersituasjonen. Avrenningen fra området skal være lik både før og etter utbygging.

Hvilke miljøskader kan oppstå i forbindelse med overvann i og fra det utvalgte området?

- For det utvalgte området kan det oppstå oversvømmelser og flomhendelser hyppigere og kraftigere på grunn av nedbørshendelser med økt intensitet og hyppighet. Det må planlegges for overvann som vil komme på grunn av utbyggingen og klimaet.
- Flomveiene i og utenfor området anses som trygge for mesteparten av bygningene i nærheten av vassdragene. Aktsomhetssoner for flom viser områder som kan oversvømmes, men det er hovedsakelige ubebygde områder.
- Området anses til å bidra med lite forurensning av overvannet som generes i området.
- Ved å beholde avrenningen fra området lik før og etter utbygging, bidrar dette til opprettholdelse av bekkenes biologiske egenskaper.

Hvilke overvannsløsninger er mest aktuelle for det utvalgte området basert på funksjon?

- For det utvalgte området er de mest aktuelle overvannsløsningene åpent, tørt fordrøyningsbasseng, taknedløp, infiltrasjonssandfangskum og plastkassettmagasin.
- Løsningene bidrar til både infiltrasjon til grunnen og fordrøyning av overvannsmengdene.
- For flomhendelser vil løsningene bidra til å fordrøye noe og gi trygg avledning til flomveier utenfor det utvalgte området.
- Løsningene støtter en bærekraftig utvikling ved å sikre tiltak som bidrar til klimatilpasning, økonomisk trygghet og sosial verdi for området.
- Åpent, tørt fordrøyningsbasseng er en løsning som kan infiltrere og fordrøye overvann. Ved ulik utforming og materialvalg, kan løsningen ha ulike egenskaper. Ved valg av vegetasjon kan løsningen bidra til infiltrasjon og biologisk mangfold. Løsningen kan også benyttes som flerbruksareal og vil bli en sosial møteplass.
- Taknedløp og kummer er en løsning som leder vannet ned gjennom overflaten og samler vannet i et plastkassettmagasin. Det bidrar til infiltrasjon og fordrøyning av overvannet. Arealene over magasinet kan benyttes til andre formål.

10. Anbefalinger

En anbefaling til planleggere som har ansvar for overvann er å ta overvannshåndtering på alvor for å kunne unngå skader fra overvannet. Det å finne løsninger som både bevarer den overvannsmengden som er nødvendig og som bidrar til positive effekter i området og områdene rundt bør vektlegges. Her finnes det et mangfoldig utvalg av løsninger som kan føre til dette. Det er også viktig å kartlegge området man planlegger, og hvilke innvirkninger det gir å utbygge et område i forhold til overvann. Det gjelder i alle ledd i treleddsstrategien med infiltrasjon, fordrøyning og avledning. Utbygging av et område har nedstrømsområder som må tas hensyn til. Området kan skape problemer og skader utover det aktuelle området. En viktig utvikling i overvannshåndteringen er utforske og skape nye løsninger som bidrar til bærekraftighet for både miljøet, økonomien og det sosiale.

Til videre forskning på temaet er det interessant å undersøke på hvordan andre områder med slike forutsetninger eller funksjoner har løst overvannshåndteringen og i hvilken grad de fungerer slik som de skal og bør. Å kartlegge hvilke prosjekter som har fungerende overvannshåndtering i næringsområder vil være en styrke. I tillegg utvikles det stadig nye verktøy som kan benyttes for å hjelpe og effektivisere prosesser rundt overvann- og flomfare. Å forske på slike verktøy og nytten av dem, kan være et supplement til hvordan overvannshåndteringen kan utvikles videre og samtidig kunne bidra til å bli en ressurs.

11. Referanser

- [1] O. Lindholm og H. Ødegaard (red), «Håndtering av overvann,» i *Vann- og avløpsteknikk*, Norsk Vann, e-bokutgave, 2019, pp. 458-497.
- [2] Norges offentlige utredninger, «Overvann i byer og tettsteder - Som problem og ressurs,» 2015. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/contentassets/e6db8ef3623e4b41bcb81fb23393092b/no/pdfs/nou201520150016000dddpdfs.pdf>. [Funnet 20 01 2023].
- [3] Kommunal- og distriktsdepartementet, «Regjeringa vil at overvatn skal vere ein ressurs, ikkje eit problem,» Regjeringa.no, 03 06 2022. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/regjeringa-vil-at-overvatn-skal-vere-ein-ressurs-ikkje-eit-problem/id2917551/>. [Funnet 06 02 2023].
- [4] COWI, «Kostbare skader etter overvann: Ekstremregn "drukner" norske byer,» [Internett]. Available: <https://www.aftenposten.no/brandstudio/feature/v/cowi/ekstremregn/>. [Funnet 02 04 2023].
- [5] Oslo kommune, «Strategi for overvannshåndtering i Oslo,» 05 02 2014. [Internett]. Available: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1334879-1426836380/Tjenester%20og%20tilbud/Vann%20og%20avl%C3%B8p/Skjema%20og%20veiludere/Overvann/Strategi%20for%20overvannsh%C3%A5ndtering.pdf>. [Funnet 27 01 2023].
- [6] FN-sambandet, «Klimaendringer,» 21 03 2023. [Internett]. Available: <https://www.fn.no/tema/klima-og-miljoe/klimaendringer>. [Funnet 22 03 2023].
- [7] Norsk klimaservicesenter, «Kraftig nedbør,» [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no/kss/laer-mer/%20kraftig-nedbor#ekstremnedbor>. [Funnet 23 03 2023].
- [8] NRK, «Storflom på Sørlandet,» [Internett]. Available: <https://www.nrk.no/sorlandet/storflom-pa-sorlandet-1.13713576>. [Funnet 22 03 2023].
- [9] C. Wernersen, «Slik har flom og uvær rammet Sør-Norge,» NRK, 02 10 2017. [Internett]. Available: <https://www.nrk.no/norge/slik-har-flom-og-uvaer-rammet-sor-norge-1.13714950>. [Funnet 22 03 2023].
- [10] FN-sambandet, «Bærekraftig utvikling,» 28 10 2021. [Internett]. Available: <https://www.fn.no/tema/fattigdom/baerekraftig-utvikling>. [Funnet 21 03 2023].
- [11] FN-sambandet, «FNs bærekraftsmål,» 19 01 2023. [Internett]. Available: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>. [Funnet 22 03 2023].
- [12] FN-sambandet, «Rent vann og gode sanitærforhold,» 03 02 2023. [Internett]. Available: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/rent-vann-og-gode-sanitaerforhold>. [Funnet 02 05 2023].
- [13] FN-sambandet, «Bærekraftige byer og lokalsamfunn,» 01 02 2023. [Internett]. Available: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/baerekraftige-byer-og-lokalsamfunn>. [Funnet 22 03 2023].

- [14] FN-sambandet, «Stoppe klimaendringene,» 02 02 2023. [Internett]. Available: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/stoppe-klimaendringene>. [Funnet 22 03 2023].
- [15] FN-sambandet, «Livet i havet,» 02 02 2023. [Internett]. Available: <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/livet-i-havet>. [Funnet 02 05 2023].
- [16] Miljødirektoratet, «Overvann,» 13 01 2023. [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/overvann/>. [Funnet 20 01 2023].
- [17] Kommunal- og distriktsdepartementet, «Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning,» Lovdata, 01 01 2022. [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-09-28-1469#KAPITTEL_4. [Funnet 22 03 2023].
- [18] A. Tjernshaugen, «Miljø,» Store norske leksikon, 19 09 2020. [Internett]. Available: <https://snl.no/milj%C3%B8>. [Funnet 22 03 2023].
- [19] L. Setsaas, «Klima eller miljø?,» Sintef, [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/fagomrader/havforvaltning/klimaellermiljo/>. [Funnet 12 05 2023].
- [20] Klima- og miljødepartementet, «Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften),» Lovdata, 01 07 2004. [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/*#*. [Funnet 22 03 2023].
- [21] P. Dannevig og K. Harstveit, «Klima,» Store norske leksikon, 21 03 2023. [Internett]. Available: <https://snl.no/klima>. [Funnet 23 03 2023].
- [22] Statsforvalteren i Agder, «Klima,» 20 01 2023. [Internett]. Available: <https://www.statsforvalteren.no/agder/miljo-og-klima/klima/>. [Funnet 02 04 2023].
- [23] Kommunal- og distriktsdepartementet, «Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning,» Lovdata, 01 01 2022. [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-09-28-1469#KAPITTEL_4. [Funnet 06 02 2023].
- [24] Noregs vassdrags- og energidirektorat, «NVE Veileder 4/2022: Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar: korleis ta omsyn til vassmengder?,» 03 2022. [Internett]. Available: https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_04.pdf. [Funnet 02 05 2023].
- [25] Norsk klimaservicesenter, «Klimaprofil Agder,» 04 2022. [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/agder>. [Funnet 23 01 2023].
- [26] Noregs vassdrags- og energidirektorat, «Fakta om vannets kretsløp,» 22 04 2022. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/vann-og-vassdrag/vannets-kretsloep/fakta-om-vannets-kretsloep/>. [Funnet 22 03 2023].
- [27] Noregs vassdrags- og energidirektorat, «Urbanhydrologiske målinger,» 29 12 2021. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/vann-og-vassdrag/hydrologiske-data/maalinger-og-maalenett/urbanhydrologiske-malinger/>. [Funnet 30 03 2023].
- [28] SINTEF, «Vi trenger nye løsninger for overvannshåndtering,» 01 06 2016. [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2016/vi-trenger-nye-losninger-for-overvannshandtering/>. [Funnet 20 05 2023].

- [29] COWI, «Retningslinjer for håndtering av overvann for utbyggere,» 06 2022. [Internett]. Available: https://www.gjovik.kommune.no/_f/p2/i75f11132-b82f-43ae-9da4-740fc2d2c220/retningslinjer-for-handtering-av-overvann-for-utbyggere-vedtatt-juni-2022.pdf. [Funnet 31 01 2023].
- [30] Kommunal- og distriktsdepartementet, «Lov om endringer i plan- og bygningsloven (reglar om handtering av overvatn i byggjesaker mv.),» Lovdata, 02 12 2022. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/dokument/LTI/lov/2022-12-02-87>. [Funnet 27 04 2023].
- [31] Direktoratet for byggkvalitet, «Veiledning om tekniske krav til byggverk,» 05 09 2017. [Internett]. Available: https://www.regjeringen.no/contentassets/20503ddfe0664fac9e2185c1a6c80716/veiledning-til-byggteknisk-forskrift-tek17_01_07_2017_oppdater_t_15_09_2017.pdf. [Funnet 14 04 2023].
- [32] Noregs vassdrags- og energidirektorat, «NVE Veileder nr. 3/2022 - Sikkerhet mot flom: utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak,» 12 2022. [Internett]. Available: https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_03.pdf. [Funnet 09 05 2023].
- [33] F. Skår, «Forurenset overvann i byer,» Norsk Vann, 05 04 2022. [Internett]. Available: <https://norskvann.no/forurenset-overvann-i-byer/>. [Funnet 15 03 2023].
- [34] Kristiansand kommune, «Overvannsveileder for Kristiansand kommune,» 10 08 2016. [Internett]. Available: https://www.kristiansand.kommune.no/globalassets/innhold/bolig-kart-og-eiendom/vann-og-avlop/overvannsveileder_1_rev_10_8_2016.pdf. [Funnet 24 03 2023].
- [35] Bergen kommune, «Retningslinjer for overvannshåndtering i Bergen kommune,» 11 02 2005. [Internett]. Available: <https://www.bergen.kommune.no/api/rest/filer/V74394>. [Funnet 15 03 2023].
- [36] Klima 2050, «Reduksjon av samfunnsrisiko knyttet til klimaendringer på det bygde miljø,» [Internett]. Available: https://static1.squarespace.com/static/54ff1c6be4b0331c79072679/t/57724b3703596e3fe37fd93/1467108160593/klima2050_faktaark_2016-05-26.pdf. [Funnet 12 05 2023].
- [37] Norsk Vann, «Overvann - fra utfordring til ressurs,» Norsk Vann, 13 04 2021. [Internett]. Available: <https://norskvann.no/overvann-fra-utfordring-til-ressurs/>. [Funnet 03 04 2023].
- [38] CALL Copenhagen, «Gladsaxe Sports Park - Dual Function Climate Adaption Solutions,» CALL Copenhagen, [Internett]. Available: <https://call.dnnk.dk/en/gladsaxe-sports-park/>. [Funnet 01 02 2023].
- [39] Tekna, «Denne byen ønsker å bli verdens beste når det regner,» 14 10 2019. [Internett]. Available: <https://www.tekna.no/kurs/innhold/denne-byen-onsker-a-bli-verdens-beste-nar-det-regner/>. [Funnet 06 02 2023].
- [40] L. Holm, «Torslandaskolan i Gøteborg: Verdens beste skole når det regner,» Fremtidens Byggenæring, 20 01 2022. [Internett]. Available: <https://www.fremtidensbygg.no/torslandaskolan-i-goteborg-verdens-beste-skole-nar-det-regner/>. [Funnet 06 02 2023].
- [41] LINK Arkitektur, «Verdens beste skole når det regner,» [Internett]. Available: <https://linkarkitektur.com/no/prosjekter/torslandaskolan>. [Funnet 06 02 2023].

- [42] Asplan Viak, «Overvann som ressurs,» [Internett]. Available: <https://www.asplanviak.no/tjenester/overvann-som-ressurs>. [Funnet 06 02 2023].
- [43] Asplan Viak, «Prosjekt Deichmans gate og Wilses gate,» [Internett]. Available: <https://www.asplanviak.no/prosjekter/fremtidens-gater-flerfunksjonell-arealbruk-i-deichmans-gate-og-wilses-gate/>. [Funnet 03 04 2023].
- [44] B. C. Braskerud, A. M. Pileberg og O. P. Skallebakke, «Frakobling av taknedløp,» 05 2018. [Internett]. Available: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/13335072-1565352872/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Overvann%20-%20frakobling%20taknedl%C3%B8p.pdf>. [Funnet 27 02 2023].
- [45] Asplan Viak, «Prosjekt - Blågrønt tak på Vega Scene,» [Internett]. Available: <https://www.asplanviak.no/prosjekter/blaagroent-tak-paa-vega-scene/>. [Funnet 10 04 2023].
- [46] E. Holm, «Grønne tak,» 2013. [Internett]. Available: <https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2014/12/Blad-107-Gronne-tak-1.10.13.pdf>. [Funnet 27 02 2023].
- [47] B. C. Braskerud, «Grønne tak for flomdemping,» 01 2016. [Internett]. Available: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398678-1453799058/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Overvann%20-%20Gr%C3%B8nne%20tak%20for%20flomdemping.pdf>. [Funnet 27 02 2023].
- [48] Oslo kommune, «Grønne tak og fasader,» [Internett]. Available: <https://www.oslo.kommune.no/miljo-og-klima/slik-jobber-vi-med-miljo-og-klima/gronne-tak-og-fasader/#gref>. [Funnet 15 02 2023].
- [49] K. Magnussen, A. Wingstedt, I. Rasmussen og R. Reinvang, «Kostnader og nytte ved overvannstiltak,» 02 2015. [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/m305/m305.pdf>. [Funnet 27 02 2023].
- [50] B. Braskerud og K. H. Paus, «Regnbed for lokal flomdemping,» 01 2016. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/Media/5027/overvann-regnbed-for-lokal-flomdemping.pdf>. [Funnet 27 02 2023].
- [51] E. Holm, «Regnbed, renner og nedsivningsarealer,» 10 2013. [Internett]. Available: <https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2014/12/106regnbed-1.10.20131.pdf>. [Funnet 27 02 2023].
- [52] K. Myhr og S. L. Lippestad, «Belegningsstein som håndterer overvann,» 01 2016. [Internett]. Available: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398672-1453799055/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Overvann%20-%20Belegningsstein%20som%20h%C3%A5ndterer%20overvann.pdf>. [Funnet 27 02 2023].
- [53] S. Gabriel og L. Fiil, «Areal tilrettelagt for oversvømmelse,» 01 2016. [Internett]. Available: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398669-1453799054/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveil>

- edere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Overvann%20-%20Areal%20tilrettelagt%20for%20oversv%C3%B8mmelse.pdf. [Funnet 27 02 2023].
- [54] S. Gabriel og L. Fiil, «Flefunksjonelle lekeområder,» 01 2016. [Internett]. Available: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398675-1453799057/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Overvann%20-%20Flerfunksjonelle%20lekeomr%C3%A5der.pdf>. [Funnet 27 02 2023].
- [55] S. Gabriel og L. Fiil, «Vadi - byens grønne vannveier,» 01 2016. [Internett]. Available: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1398699-1453799100/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Overvann%20-%20Vadi%20-%20byens%20gr%C3%B8nne%20vannveier.pdf>. [Funnet 27 02 2016].
- [56] S. O. Åstebøl, «Utfoming av overvannsdammer,» 09 2007. [Internett]. Available: https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2014/11/Blad-75_09.11.08.pdf. [Funnet 27 02 2023].
- [57] O. Lindholm, «Håndtering av overvann LOD,» 05 2018. [Internett]. Available: <https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2018/06/Blad-125-31.05.18.pdf>. [Funnet 27 02 2023].
- [58] S. Endresen, «Åpne flomveier,» 02 2016. [Internett]. Available: https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2009/11/Blad-93_04.04.16.pdf. [Funnet 27 02 2023].
- [59] Stiftelsen VA/Miljø-blad, «Fordrøyning av overvann,» 11 2012. [Internett]. Available: <https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2012/11/Blad-104.pdf>. [Funnet 21 04 2023].
- [60] COWI, «Åpent (tørt) fordrøyningsbasseng,» [Internett]. Available: https://www.tonsberg.kommune.no/_f/p1/i3ebbbba55-a435-4b16-80a7-4fa8f16b6980/temablad-05_apent-fordroyningsbass.pdf. [Funnet 03 05 2023].
- [61] COWI, «Infiltrasjonsbasseng i stedegne masser,» [Internett]. Available: https://www.tonsberg.kommune.no/_f/p1/ib3d9c31d-c0d0-4c2b-b356-41b5614a9e5a/temablad-06_infiltrasjonsbasseng.pdf. [Funnet 03 05 2023].
- [62] K. H. Paus, S. O. Åstebøl, S. Robba, K. Clavier og R. Stange, «Vegetasjonsbruk ved åpen overvannshåndtering,» 01 2016. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/Media/5037/overvann-vegetasjonsbruk-ved-%C3%A5pen-overvannsh%C3%A5ndtering.pdf>. [Funnet 02 05 2023].
- [63] Basal, «Basal IFS-kum,» [Internett]. Available: <https://byggebolig.no/imageoriginals/333c555e4b1e45448f7069f41e54eba8.pdf?>. [Funnet 10 05 2023].
- [64] S. T. Thorolfsson og H. Ødegård (red.), «VA-Hydrologi,» i *Vann- og avløpsteknikk*, Norsk Vann, e-bokutgave, 2019, pp. 38-68.
- [65] P. A. Glad, S. Stenius, A.-L. Ø. Leine, T. Væringstad, E. Holmqvist, M.-P. J. Dahl og E. Trondsen, «Veileder for flomberegninger,» 02 2022. [Internett]. Available: https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_01.pdf. [Funnet 15 04 2023].

- [66] O. Lindholm, «Overvannsdammer - Beregnign av volum,» 06 2015. [Internett]. Available: https://www.va-blad.no/wp-content/uploads/2015/06/Blad-69_05.02.16.pdf. [Funnet 27 02 2023].
- [67] G. Stoltz, «Kostnad,» Store norske leksikon, 20 12 2021. [Internett]. Available: <https://snl.no/kostnad>. [Funnet 14 04 2023].
- [68] Miljødirektoratet, «Legg helhetlig overvannshåndtering til grunn for tiltak,» 11 07 2022. [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/vann-hav-og-kyst/for-myndigheter/overvannshandtering/helhetlig-overvannshandtering/>. [Funnet 02 04 2023].
- [69] GeoGebra, «Volume of a Rectangular Frustum,» [Internett]. Available: <https://www.geogebra.org/m/vsJdBc52>. [Funnet 13 05 2023].
- [70] J. E. Nilsen, G. Thorsnæs og P. R. Lauritzen, «Gimstad,» Store norske leksikon, 18 03 2022. [Internett]. Available: <https://snl.no/Grimstad>. [Funnet 22 03 2023].
- [71] G. Thorsnæs, «Agder,» Store norske leksikon, 13 03 2023. [Internett]. Available: <https://snl.no/Agder>. [Funnet 02 04 2023].
- [72] Kartverket, «Norge i bilder,» [Internett]. Available: <https://norgebilder.no/>. [Funnet 28 03 2023].
- [73] Grimstad kommune, «Grimstadkart,» Geodata AS, [Internett]. Available: https://karttjenester.ikt-agder.no/mobilgis/?Viewer=grimstad_ekstern&locale=nb. [Funnet 20 01 2023].
- [74] Grimstad kommune, «Bestemmelser og retningslinjer Kommuneplans arealdel 2019 – 2031 med innsigelser,» 27 10 2020. [Internett]. Available: https://www.grimstad.kommune.no/_f/p1/ie745ba92-f189-4f60-8191-951130b03d66/bestemmelser_kommuneplanens-arealdel-2019-2031.pdf. [Funnet 28 03 2023].
- [75] Grimstad kommune, «Konsekvensutredning Kommuneplanens arealdel 2019-2031,» 21 10 2019. [Internett]. Available: https://www.grimstad.kommune.no/_f/p1/i2b90455a-3b3b-4faa-ac1e-20595f878497/04_konsekvensutredning_kommuneplanens-arealdel-2019-2031_221119.pdf. [Funnet 28 03 2023].
- [76] Asplan Viak, «Bergemoen Syd næringsområde - Plankart,» 01 02 2022. [Internett]. Available: https://karttjenester.ikt-agder.no/planinnsyn_grimstad/api/plandocument?documentId=9491. [Funnet 18 01 2023].
- [77] Asplan Viak, «Bergemoen Syd næringsområde - Flomveier,» 13 01 2022. [Internett]. Available: https://karttjenester.ikt-agder.no/planinnsyn_grimstad/api/plandocument?documentId=9485. [Funnet 18 01 2023].
- [78] Asplan Viak, «Bergemoen Syd næringsområde - Planbeskrivelse,» 08 03 2022. [Internett]. Available: https://karttjenester.ikt-agder.no/planinnsyn_grimstad/api/plandocument?documentId=9489. [Funnet 18 01 2023].
- [79] Asplan Viak, «Bergemoen Syd næringsområde - ROS-analyse,» 21 12 2021. [Internett]. Available: https://karttjenester.ikt-agder.no/planinnsyn_grimstad/api/plandocument?documentId=9488. [Funnet 18 01 2023].

- [80] Asplan Viak, «Planbestemmelser - Detaljregulering for Bergemoen Syd næringsområde,» 08 03 2022. [Internett]. Available: https://karttjenester.ikt-agder.no/planinnsyn_grimstad/api/plandocument?documentId=9490. [Funnet 18 01 2023].
- [81] Grimstad kommune, «Saksfremlegg,» 01 02 2022. [Internett]. Available: https://karttjenester.ikt-agder.no/planinnsyn_grimstad/api/plandocument?documentId=9479. [Funnet 28 03 2023].
- [82] Grimstad kommune, «VA-norm Grimstad kommune,» va-norm.no, [Internett]. Available: <https://va-norm.no/pdf/0/all/194/>. [Funnet 06 03 2023].
- [83] D. I. Jacobsen, Hvordan gjennomføre undersøkelser?, Cappelen Damm AS, 2022.
- [84] A. Johannessen, P. A. Tuft og L. Christoffersen, Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode, Oslo: Abstrakt forlag AS, 2016.
- [85] T. Skjeggedal, «Stedsanalyse - Innhold og gjennomføring,» 1993. [Internett]. Available: https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/md/vedlegg/veiledninger20og20brosjyrer/stedsanalyser/t986_stedsanalyse_innhold_og_gjennomforing_1993.pdf. [Funnet 24 04 2023].
- [86] S. Omang, «Stedsanalyser - Veileder for plan- og byggesaker,» 01 2015. [Internett]. Available: <https://www.oslo.kommune.no/getfile.php/1385200-1447746669/Tjenester%20og%20tilbud/Plan%2C%20bygg%20og%20eiendom/Byggesaksveiledere%2C%20normer%20og%20skjemaer/Stedsanalyser%20-%20Veileder%20for%20plan-%20og%20byggesaker.pdf>. [Funnet 24 04 2023].
- [87] Norges geologiske undersøkelser, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» Norges geologiske undersøkelser, [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/. [Funnet 10 03 2023].
- [88] Norge i bilder, «Norge i bilder,» Kartverket, NIBIO og Statens vegvesen, [Internett]. Available: <https://www.norgeibilder.no/>. [Funnet 28 03 2023].
- [89] Kartverket, «Norgeskart,» Kartverket, [Internett]. Available: <https://www.norgeskart.no/#!?project=norgeskart&layers=1004&zoom=14&lat=6483148.23&lon=122722.60&sok=grimstad&markerLat=6484477.675391567&markerLon=125262.1365513312&p=searchOptionsPanel>. [Funnet 07 04 2023].
- [90] T. Haraldstad, H. M. Berger, A. Hindar og F. Kroglund, «Sjøaurebekker på Aust-Agderkysten, en rekartlegging med fokus på vannforskriftskrav,» 03 2014. [Internett]. Available: https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/bitstream/handle/11250/298870/6648-2014_200dpi.pdf?sequence=4&isAllowed=y. [Funnet 20 03 2023].
- [91] SCALGO Live, «Norway - SCALGO Live,» SCALGO Live, [Internett]. Available: https://scalgo.com/live/norway?res=8&ll=8.562723%2C58.326192&lrs=mapbox_basic%2Cnorway%2Fnorway%3A3006%3Arain%3Aflooded-edgeflow%3Adtm1%2Cnorway%2Fnose%3Abasemap%3Acurrent%3Astreetsplaces&tool=export&wsinfo=norway-soil%2Cnorway-landuse&FlowDetail=46863.47. [Funnet 14 03 2023].
- [92] Noregs vassdrags- og energidirektorat, «Nedbørfelt,» [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/tema/nedborfelt>. [Funnet 17 04 2023].
- [93] Noregs vassdrags- og energidirektorat, «NVE Elvenett,» [Internett]. Available: <https://temakart.nve.no/tema/elvenett>. [Funnet 07 03 2023].

- [94] Norsk klimaservicesenter, «Nedbørintensitet (IVF-verdier) - Grimstad - Hia,» 31 12 2021. [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN38130>. [Funnet 13 03 2023].
- [95] Norsk klimaservicesenter, «Nedbørsintensitet (IVF-verdier) - Arendal brannstasjon,» 31 12 2021. [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN36060>. [Funnet 13 03 2023].
- [96] Norsk klimaservicesenter, «Nedbørsintensitet (IVF-verdier) - Kristiansand - Sømkleiva,» 21 12 2022. [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN39150>. [Funnet 13 03 2023].
- [97] Norsk klimaservicesenter, «Klimaprofil Agder,» 04 2022. [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/agder>. [Funnet 23 01 2023].
- [98] Det norske akademis ordbok, «Mulighetsstudie,» Det Norske Akademi for Språk og Litteratur, 2023. [Internett]. Available: <https://naob.no/ordbok/mulighetsstudie>. [Funnet 25 04 2023].
- [99] The Lawn Tennis Association , «LTA PADEL COURT DATA SHEET,» [Internett]. Available: <https://www.lta.org.uk/4ad2a4/siteassets/play/padel/file/lta-padel-court-guidance.pdf>. [Funnet 25 04 2023].
- [100] Førde Sementvare As, «Prisliste 2021,» 2021. [Internett]. Available: <https://www.fsement.no/wp-content/uploads/2021/04/prisliste-2021.pdf>. [Funnet 13 05 2023].

12. Vedlegg

1. A3-poster
2. Fremdriftsplan
3. Veiledningsdokumentasjon
4. Beregninger – regneark
5. Overvannsnotat
6. IVF-verdier for Grimstad – Hia, Arendal brannstasjon og Kristiansand – Sømkleiva.
7. Illustrasjoner