



UNIVERSITETET I AGDER

# PRODUKSJONSEFFEKTER AV STYRT BYGGLOGISTIKK

Andreas Grepperud  
Halvard Hinlo

**Veiledere**

Bo Terje Kalsaas  
Rein Terje Thorstensen  
John Skaar  
Sigmund Jensen

*Masteroppgaven er gjennomført som ledd i utdanningen ved  
Universitetet i Agder og er godkjent som del av denne utdanningen.*

Universitetet i Agder, 2011  
Fakultet for teknologi og realfag  
Institutt for arbeidsliv og innovasjon



## **I Forord**

Denne masteroppgaven er skrevet som en avsluttende oppgave ved masterstudiet i industriell økonomi og teknologiledelse, ved Universitetet i Agder.

Masteroppgaven inngår som en del av Skanskas lean – praksis i Norge. Skanska Agder og Universitetet i Agder har samarbeidet om lean construction orientert forskning i flere år og har en løpende intensjonsavtale på temaet logistikk og plan, hvor styrt bygglogistikk er et satsingsområde for Skanska.

Målemetoden som er benyttet i oppgaven baserer seg på forskningsprosjektet "Involverende planlegging" som er finansiert av Norges Forskningsråd med Veidekke entreprenør som prosjekteier. Universitetet i Agder har forskningsansvaret for delprosjekt "Måling av flyt". Noe av bakgrunnen for interessen er at studier i Veidekke på produktivitet ikke førte fram. Man ønsker derfor å øke forståelsen av hva som skjer innenfor transformasjonen/foredlingen som ligger til grunn for produktivitetsberegninger.

Oppgaven vil søke logistikkrelaterte forbedringspotensialer i byggproduksjonen, og forsøke å kartlegge produksjonseffekter av styrt bygglogistikk. Forskningsarbeidet har fått tildelt Østenbulia boligfelt B2 i Arendal som studieobjekt. Parallelt med oppgaven er vi medforfattere av en artikkel som er innsendt til IGLCs 19. konferanse i Lima. (Kalsaas, Thorstensen, Grepperud, Hinlo, Jensen, & Skaar, 2011)

Vi retter en stor takk til våre veiledere, Dr.Ing. Bo Terje Kalsaas, Instituttleder Rein Terje Thorstensen, KS-leder i Skanska Agder, John Skaar, og supply chain manager i Skanska Norge, Sigmund Jensen. Ressursgruppen har bidratt med konstruktive innspill og gode diskusjoner til oppgaven. Det rettes også en takk til produksjonsledelsen og håndverkerne ved Østenbulia Boligfelt, for samarbeid og datainnsamling, som har vært et nødvendig grunnlag for oppgaveløsingen.

Grimstad 25.05.2011

Andreas Grepperud

Halvard Hinlo



## **II Sammen drag**

Mange aktører i bygg- og anleggsnæringen opplever i dag hard konkurranse i markedet. Se for eksempel Skanska (2011)<sup>1</sup>. Flere av landets større entreprenører søker derfor økt kunnskap om effektivisering av produksjonen for å øke konkurransevnen i markedet.

Opgaven er skrevet som et ledd i Skanskas utviklingsstrategi, og søker logistikkrelaterte produksjonsforbedringer. Hensikten med oppgaven er å redusere ikke - verdiskapende aktiviteter, for å frigjøre mer tid til verdiskapning.

Verdiskapning betegnes i denne oppgaven som de aktiviteter som foredler og transformerer innsatsfaktorer, og skaper fremdrift i prosjektet og verdi for kunden.

Opgaven søker svar på følgende forskerspørsmål:

1. Hvilke lean - relaterte logistikktiltak kan frigjøre mer tid til verdiskapning og redusert ledetid ved Skanskas boligprosjekter?
2. Hvilke endringer i produksjonen kan identifiseres av logistikktiltakene?

Opgaven vil derfor søke lean - relaterte logistikktiltak for effektivisering av produksjonen på byggeplass, for deretter å måle produksjonseffekter av disse tiltakene.

Lean production har sitt utspring fra Toyota Production System (TPS). Visjonen til TPS var å produsere biler på bestilling fra kunden, med hurtig levering og eliminering av lager. Sentrale elementer for å få til dette var fokus på kontinuerlig forbedringer, eliminering av sløsing og fokus på å levere etter kundens eller sluttbrukers ønsker. Prinsippene i denne tankegangen forsøkes å implementeres i byggebransjen, hvor konseptet heter lean construction.

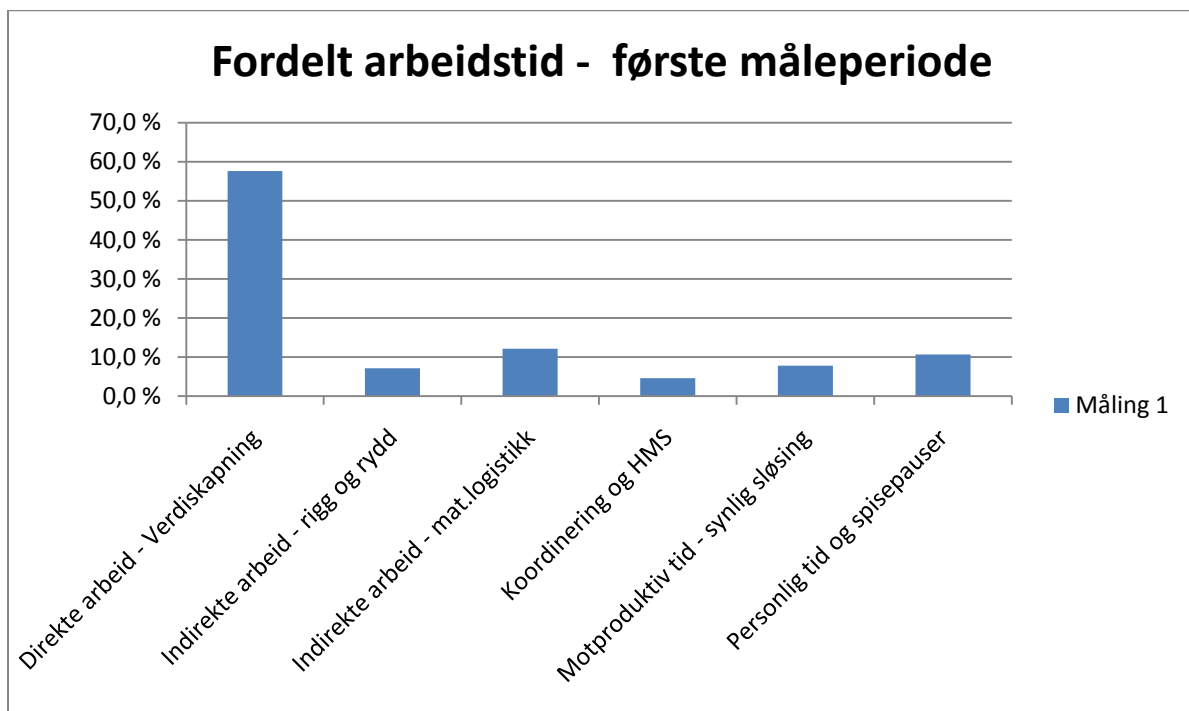
Transformasjon, flyt og verdiskapning er sentrale begreper i læren om lean construction. Transformasjon er betegnelsen på det direkte arbeidet som utføres i produksjonen, der man bearbejder innsatsfaktorer og produserer etter fremdriftsplan. Prinsippet bak transformasjon er å tilstrebe effektive produksjonsprosesser. Flyt kjennetegnes av kjeder eller strømmer av transformasjonsaktiviteter uten avbrudd i produksjonen. Hovedprinsippet for flyt i produksjonen er eliminering av ikke-verdiskapende aktiviteter. Verdiskapning omhandles ved

---

<sup>1</sup> Resultat for Skanska i Norge per 4. kvartal 2010.

at man skaper verdi for kunder gjennom å imøtekomme deres krav, der oppnådd verdi skal tilstrebes optimal verdi.

Det ble vinteren 2011 foretatt aktivitetsstudier av fire arbeidslag på byggeplass, fordelt på to måleperioder. Dette var datagrunnlaget for våre empiriske analyser. Østenbulia boligfelt B2, utenfor Arendal ble tildelt som studieobjekt. Prosjektet er en utbygging av et boligfelt i regi av Skanskas avdeling i Arendal, som både er byggherre og totalentreprenør. Feltet skal inneholde 51 boenheter i varierende utforminger. Aktivitetsstudiene baserte seg på kartlegging av tidsbruk på ulike aktiviteter i produksjonen. Studiene ble delt opp i to perioder, der første måleperiode varte i 8 dager, og andre periode i 5 dager. Første måleperiode synliggjorde flere forbedringspotensialer for logistikken i produksjonen, og var grunnlaget for analysen av hvilke logistikktiltak som kunne bidra til mer effektive produksjonsprosesser. Aktivitetene som ble registrert ble delt inn i seks ulike målekategorier, og fordelt arbeidstid på de ulike kategoriene presenteres i figur II-I.



Figur II-I. Fordelt arbeidstid første måleperiode

Grafen viser at andelen verdiskapende arbeid var omlag 57 %. Sammenlignet med andre aktivitetsstudier av andre byggeprosjekter i forskningsprogrammet, viser dette at andelen er forholdsvis høy. (Kalsaas & Bølviken, 2011)

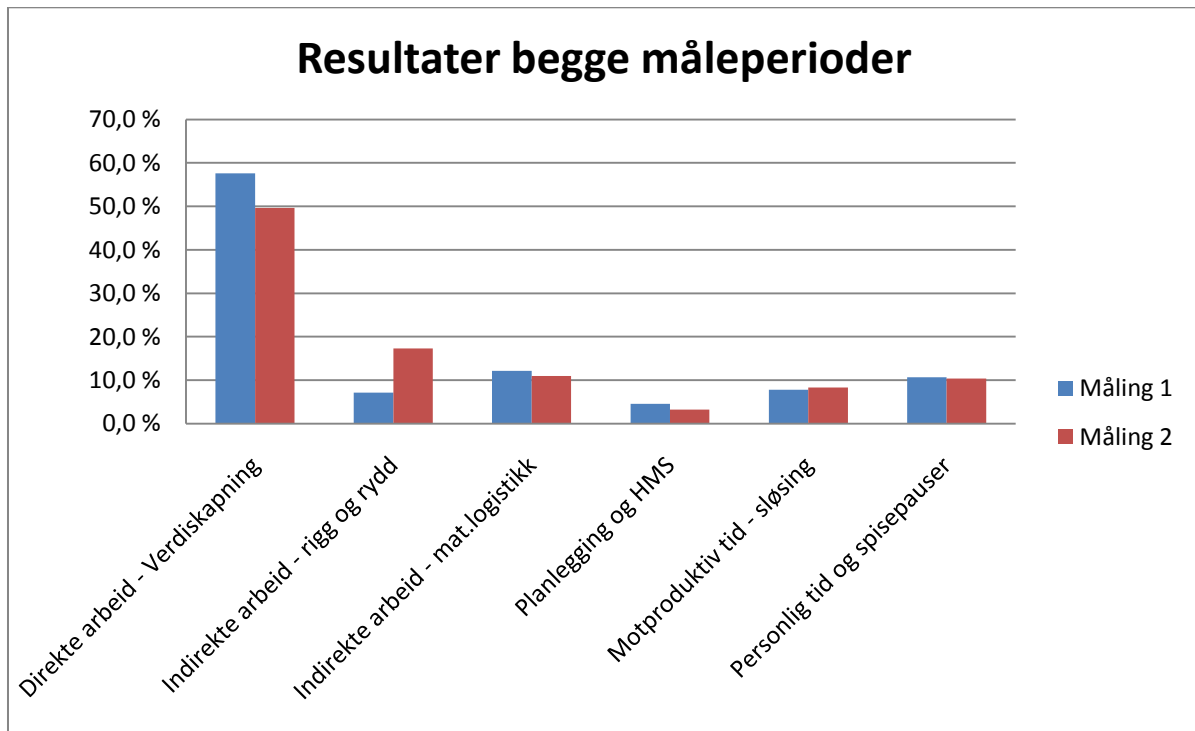
Observasjoner og registreringer viste et større tidsbehov for materiallogistikk. Det viste seg at tid til materialtransport var mer krevende ved arbeid i overliggende etasjer fordi byggevarer måtte fraktes fra bakkenivå. Bevegelse til og fra konteinere var også tidkrevende i denne perioden, på grunn av at konteinerne var plassert i større avstand fra arbeidsstedene. Disse observasjonene er signaler på skjult sløsing i form av unødvendig transport. Uoversiktlig verktøybeholdning medførte leting etter korrekt verktøy, og viste også forekomster av unødvendig bevegelse i måleperioden. Motproduktiv tid utgjør en signifikant del av arbeidstiden, og anses som synlig sløsing i produksjonen. Nedetid som følge av strømbrudd, utbedringer av feil, samt ubenyttet tid var årsakene til dette funnet.

Det ble foretatt en vurdering av ulike logistikktiltak som kunne være mulig å implementere for å forbedre produksjonen. Dette var et grunnlag for å svare på forskerspørsmålene i oppgaven. Vurderte logistikkforbedringstiltak, og forventede effekter av tiltakene vises i tabell I.

**Tabell I. Mulige tiltak for forbedret logistikk ved Østenbulia**

Nr.	Tiltak for forbedret logistikk	Begrunnelse
1.	Merking og levering av leveranser til korrekt bolig	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Levering av materialer nærmere arbeidssted</li> <li>- Reduksjon av sentrale deponi og lager</li> <li>- logistikkeffektiv lay-out på byggeplassen</li> <li>- Redusert lossetid på leveranser</li> </ul>
2.	Kranløft av byggevarer direkte inn i etasjer de skal benyttes (før bygget lukkes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimere vertikal manuell transport av materialer</li> <li>- Trolig noe økt forekomst av lager</li> </ul>
3.	Introduksjon av bakoverplanlegging (LPS-inspirert planlegging)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tilrettelegging for sunne aktiviteter</li> <li>- Økt forutsigbarhet i produksjonen</li> <li>- Redusert behov for koordinering på bygget</li> <li>- Redusert ventetid</li> <li>- Redusere forekomster av making – do</li> </ul>
4.	Lagspesifikke verktøykonteinere	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimere transportavstander av verktøy</li> <li>- Økt oversikt over egen verktøybeholdning</li> <li>- logistikkeffektiv lay-out på byggeplassen</li> </ul>
5.	Flere og mer tilgjengelige avfallskonteinere	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimere transportavstander for avfallshåndtering</li> <li>- Ryddigere arbeidsplass</li> </ul>
6.	Tidligere tilkobling av strøm i hver bolig	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redusert nedetid i form av strømbrudd</li> <li>- Økt fremkommelighet pga færre strømledninger</li> <li>- Redusert riggetid</li> </ul>
7.	Introduksjon av VMI (Vendored Managed Inventory)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forbedret leveringspresisjon</li> <li>- Bedre oversikt over lagerbeholdning</li> </ul>
8.	Benytte pre-kuttete materialer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mer effektiv verdiskapning</li> <li>- Reduserte materiallagre</li> <li>- Mindre avfall</li> </ul>

De tre første logistikktiltakene ble forsøkt implementert. Det ble foretatt et nytt aktivitetsstudie for å undersøke mulige produksjonseffekter av logistikktiltakene. Det var ikke mulig å foreta studier av samme arbeidslag som i første måleperiode. Dette medførte et svakt sammenligningsgrunnlag for å konkludere effekter av tiltakene, da aktivitetsmønstrene til lagene kan være ulike. Resultatene av begge måleperioder illustreres i figur II-II.



Figur II-II. Resultater begge måleperioder

Det verdiskapende arbeidet falt i andre periode. Dette skyldes et behov for ekstraordinært riggarbeid, i form av stillas – montering. Det verdiskapende arbeidet hadde trolig ikke vært redusert hvis dette riggarbeidet ikke hadde vært nødvendig. Perioden viste også at arbeid i overliggende etasjer medførte ekstra tid til materiallogistikk, samtidig som dette bekreftet at logistikktiltaket om kranløft av byggevarer til overliggende etasjer ikke var godt nok gjennomført. Observasjoner på byggeplass tilsier at materialer var levert nærmere arbeidsstedet for arbeid på bakkenivå, fordi flere leveranser var merket med bolignummer. En produksjonseffekt av logistikktiltakene var at andelen materiallogistikk var redusert, og at henting av materialer innen 12 meter, erstattet noe av arbeidet med å hente materialer lenger unna enn 12 meter. Andre måleperiode synliggjorde fortsatt behov for lagspesifikke verktøykonteinere, samt bedre tilrettelegging for avfallshåndtering, da unødvendig mye transport til og fra konteinerne ble registrert.



Arbeidsflyten ble beregnet for begge perioder for å undersøke hvorvidt logistikktiltakene gav produksjonseffekter i form av bedre flyt i arbeidet. Formel I, viser metoden for beregning av arbeidsflyt. (Kalsaas & Bølviken, 2011)

**Formel I. Vekting av aktiviteter for kalkulering av arbeidsflyt.**

$$\text{Arbeidsflyt} = 100\% \left( \frac{\text{Dir. arb.} + (\beta * \text{indir. arb.}) + (\alpha * \text{Koordinering og HMS})}{\sum \text{arbeidstimer}} \right)$$

$$\beta = \text{effektivitets koeffisient indirekte arbeid} = 0,5$$

$$\alpha = \text{effektivitetskoeffisient koordinering og HMS} = 0,9$$

Beregnet flyt i måleperiodene var 76,5 % for måling 1 og 71,9 % for måling 2. Den kalkulerte arbeidsflyten viste bedre flyt i første måleperiode. Hovedårsaken til dette er det omfattende riggarbeidet som pågikk i andre måleperiode. Alle typer indirekte arbeid vektet lavere enn verdiskapende arbeid, og fører derfor til lavere arbeidsflyt i måling 2. Det ble også sporet flere tilfeller av motproduktiv tid i denne perioden, som bidrar negativt til arbeidsflyten.

Observasjonene på byggeplass tilsier at arbeidsflyten var høyere for lagene som arbeidet på bakkenivå, med bakgrunn i levering og plassering av byggevarer nærmere arbeidsstedene. Høyere andeler ubenyttet tid for lagene som arbeidet på bakkenivå, førte derimot til at kalkulert arbeidsflyt ble lavere, enn for lagene som arbeidet i overliggende etasjer.

Det har kun delvis lyktes å finne svar på problemstillingen i denne oppgaven. Dette skyldes i stor grad et for tynt sammenligningsgrunnlag av resultatene ved Østenbulia. Logistikktiltakene som var ønsket utprøvd var ikke tilstrekkelig gjennomført fra produksjonsledelsens side, samt at det ikke ble mulig å utføre målinger av samme arbeidslag i begge perioder. Foreslåtte logistikktiltak anses som relevante for andre byggeprosjekter, selv om oppgaven kan konkludere færre produksjonseffekter av de foreslåtte tiltakene.

For å optimalisere påliteligheten av datagrunnlaget, bør målingene utføres med de samme lagene før og etter tiltak for produksjonsforbedringer, da ulike mennesker har ulike måter å arbeide på. Dette illustrerer noen av utfordringene forbundet med studier av byggeplasser, der vilkårene for forskning stadig endres avhengig av blant annet innsatsfaktorer i produksjonen. Følgelig bør resultatet først og fremst betraktes som en kartlegging av aktivitetene til

fagarbeidere i et byggeprosjekt. Et viktig supplement til målemetodens resultater var generelle observasjoner som kan bidra til å forklare resultatene, der også samtaler med forskningsobjektene var en nyttig informasjonskilde. Datagrunnlaget bør derfor anses som et bidrag til et kontinuerlig forbedringsarbeid ved byggeprosjekter, hvor mulige forbedringspotensialer er drøftet i denne oppgaven. Målemetoden som benyttes i denne oppgaven fremstod som et godt verktøy for å svare på vår problemstilling, og burde ved senere aktivitetsstudier gi et godt svar på hvorvidt logistikk-løsninger medfører reduksjon av tid til indirekte arbeid og sløsing i produksjonen.

## Innhold

<b>I</b>	<b>Forord .....</b>	<b>ii</b>
<b>II</b>	<b>Sammendrag.....</b>	<b>iv</b>
<b>1</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>1</b>
1.1	Forskerspørsmål.....	2
<b>2</b>	<b>Østenbulia Boligfelt B2.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Metode.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>Konsepter og teorier .....</b>	<b>13</b>
4.1	Lean Production og Lean Construction .....	13
4.2	Transformasjon – flyt – verdiskapning (TFV) .....	15
4.2.1	Prinsipper for flyt .....	16
4.3	Redusert ledetid i byggeprosjekter .....	19
4.4	Waste – sløsing.....	20
4.4.1	Toyotas syv kilder til sløsing i produksjonen.....	20
4.4.2	Andre kilder til sløsing i byggproduksjon.....	22
4.5	Seven flows – syv forutsetninger for sunne aktiviteter .....	23
4.6	Arbeidsflyt.....	24
4.7	Last Planner System (LPS).....	25
<b>5</b>	<b>Empiriske analyser .....</b>	<b>29</b>
5.1	Bruk av registreringsskjema .....	29
5.2	Første måleperiode .....	32
5.2.1	Resultater.....	32
5.2.2	Analyse av resultater .....	34
5.2.3	Arbeidsflyt i første måleperiode.....	41
5.3	Mulige logistikktiltak .....	44
5.4	Innførte logistikktiltak .....	50
5.5	Andre måleperiode .....	53
5.5.1	Resultater.....	53
5.5.2	Analyse av resultater .....	54
5.5.3	Arbeidsflyt i andre måleperiode.....	61
5.6	Sammenligning av måleperiodene.....	64
5.6.1	Resultater.....	64
5.6.2	Analyse av resultater .....	65

5.6.3	Sammenligning av arbeidsflyt i måleperiodene .....	69
5.7	Pålitelighet og gyldighet av målingene .....	72
5.8	Videre drøfting av empirien .....	74
5.8.1	Planlegging og tilrettelegging .....	74
5.8.2	Nytenkning .....	75
<b>6</b>	<b>Konklusjon.....</b>	<b>77</b>
<b>8</b>	<b>Etterord.....</b>	<b>81</b>
<b>9</b>	<b>Bibliografi .....</b>	<b>83</b>
<b>10</b>	<b>Vedlegg.....</b>	<b>87</b>

## 1 Innledning

Byggenæringen har i flere år vært preget av trange økonomiske tider på grunn av den finansielle situasjonen som oppstod i 2007. Statistisk sentralbyrå (2010) melder for første gang siden starten på finanskrisen om stabilitet i bransjen. Det ble i 2010 omsatt for 279 milliarder NOK i byggenæringen, som dem anser å øke i årene fremover. Nye miljøkrav, dyrere materialer og mer komplekse bygg, har medført at kostnadene med å oppføre bygg har økt betraktelig de senere årene. (SSB, 2011) Byggenæringen kan være utsatt for konjunktursvingninger og det søkes derfor etter metoder og løsninger som kan bidra til varige konkurransefortrinn i byggproduksjonen.

I ulike rapporter skrevet for bygg- og anleggsbransjen, konkluderes det med at produktiviteten i byggebransjen har hatt en svakere utvikling enn andre bransjer de senere årene. Se for eksempel (Veiseth, Røstad, Andersen, Austeng, & Torp, 2004) Det er en akseptert forståelse for at byggenæringen har større forbedringspotensialer når det gjelder kostnadsreduksjon, produktivitetsøkning og kvalitetsforbedring. (Kalsaas, Skaar, & Thorstensen, 2010)

Skanska Norge ser fordeler av å tenke nytt i en bransje preget av tøff konkurranse, både fra andre ledende og mindre entreprenører. De har derfor lagt en strategi hvor det skal forsøkes å kartlegge mulige forbedringspotensialer innen blant annet logistikk, kommunikasjon og vareflyt, som er viktige faktorer i verdikjedestyringen. Hensikten med dette er å skape varige konkurransefortrinn. (Jensen, 2010) Sentralt i Skanskas utviklingsstrategi er *Lean thinking*, hvor det fokuseres på å fjerne sløsing i verdikjeden, kontinuerlig forbedre arbeidsprosessene, og levere etter kundens forventninger. Det engelske ordet lean synes å være det benyttede ordet også i norsk litteratur, og behandles i denne oppgaven som et norsk ord. Lean thinking er en filosofi for å styre en organisasjon til forbedret produktivitet, effektivitet og kvalitet i egen verdikjede. Womack & Jones (2008) definerer lean som å gjøre mer med mindre, altså tilstrebe mindre bruk av innsatsfaktorer, som energi, utstyr, tid, arbeidsrom, materialer og kapital, og på samme tid levere etter kundens ønsker. Med bakgrunn i lean filosofien utviklet bilprodusenten Toyota i Japan et produksjonskonsept kalt lean production. Dette konseptet har blitt en suksessoppskrift, og Toyota er i dag en av verdens største bilprodusenter. Flere

forskere har forsøkt og bringe prinsippene fra bilproduksjonen over til byggproduksjonen. Dette konseptet kalles lean construction, og vil være et sentralt begrep i oppgaveløsningen. Ved å registrere tidsbruken på ulike aktiviteter i arbeidstiden til fagarbeiderne på byggeplassen, vil det være muligheter for å øke forståelsen for forbedringspotensialer i byggproduksjonen. Disse studiene vil være et grunnlag for å vurdere ulike logistikk-løsninger for effektivisering av byggeprosesser i Skanska. Forskningsprosjektet har fått tildelt et studieobjekt av Skanska Agder. Studieobjektet er et boligfelt utenfor Arendal, kalt Østenbulia boligfelt B2. Her oppføres det 51 boliger i regi av Skanska som utbygger og byggherre.

### **1.1 Forskerspørsmål**

Hensikten med å vurdere logistikkutfordringer i produksjonen, er å redusere ikke - verdiskapende aktiviteter, for å frigjøre mer tid til verdiskapning. Verdiskapning betegnes i denne oppgaven som de aktiviteter som foredler og transformerer innsatsfaktorer og skaper fremdrift i produksjonen og verdi for kunden. Det ønskes svar på følgende forskerspørsmål:

1. Hvilke lean - relaterte logistikktiltak kan føre til høyere verdiskapning og redusert ledetid ved Skanskas boligprosjekter?
2. Hvilke endringer i produksjonen kan identifiseres av logistikktiltakene?

Forskerspørsmålene er sentrale for byggproduksjonens utvikling, og funnene i oppgaven kan bli nyttige for byggenæringens videre satsning på lean construction og logistikk. Spørsmålene er faglig relevant fordi teorier rundt lean construction skal vurderes i en praktisk anvendelse i et byggeprosjekt. Fra en samfunnsmessig synsvinkel kan oppgaven gi tilførsel av ny informasjon og erfaringer om hvordan man kan øke verdiskapningen og redusere total ledetid i byggeprosjekter, som kan være viktige faktorer for økonomisk lønnsomhet.

## 2 Østenbulia Boligfelt B2

Skanska er et internasjonalt entreprenørselskap, som også er en av de ledende aktørene i Norge, med regionskontorer over hele landet. Østenbulia boligfelt ligger ved Myra i Arendal kommune, og den pågående utbyggingen som kalles delfelt B2, er en videreføring av tidligere felt i samme område. Østenbulia boligområde ble påbegynt i 2002, og det er totalt bygget 132 boenheter. Feltet ligger i landlige omgivelser, kort avstand fra Arendal sentrum og like ved Stoa handels- og industriområde. Skanska har kjøpt tomten av Arendal Kommune, og er både byggherre og totalentreprenør på prosjektet.



Figur 2-1. Reguleringsplan for Østenbulia, delfelt B2 er utringet (Arendal Kommune, 2010)

Delfelt B2 inneholder 51 boenheter med 8 ulike boligtyper, fra leiligheter til større frittliggende eneboliger. I perioden undertegnede var involvert i prosjektet pågikk det produksjon av eneboliger i kjede, ved felt H som er innringet i figur 2-1. (Skanska, 2010) Prosjektet fokuserer på miljøvennlige byggeteknikker, og noen av boligene konstrueres for å møte kravene til energiklasse A. (Kalsaas, Thorstensen, Grepperud, Hinlo, Jensen, & Skaar, 2011)



**Figur 2-2. Østenbulia delfelt B2**

Skanska Arendal har egne håndverkere innenfor tømring, betong og muring på prosjektet. For resterende fag som ventilasjon, elektro, rørlegger og grunnarbeider er det leid inn underentreprenører. Prosjektet har delt tømmerne inn i ulike arbeidslag, der hvert lag er betalt etter prestasjoner, relatert til det volumet de produserer, altså akkordlønn.



### **3 Metode**

Oppgaveløsningen tar primært utgangspunkt i data fra egne registreringer på byggeplass, som skal analyseres med basis i litteratur om lean construction og logistikk. Kartleggingen av aktiviteter har vært utgangspunktet for å finne logistikkforbedringstiltak i produksjonen. Når foreslåtte forbedringstiltak ble implementert ble nye registreringer foretatt, med den hensikt å belyse hvorvidt tiltakene har skapt produksjonseffekter.

Metoden i oppgaven baserer seg på kvalitativ tilnærming, men det ble benyttet både kvalitativ og kvantitativ datainnsamling. Se for eksempel Johannessen, Tuft & Kristoffersen (2006) Aktivitetsstudiene vil belyse hva slags aktiviteter som utføres i arbeidstiden til fagarbeiderne ved gitte studieobjekt. Registreringene som blir utført vil suppleres av notater fra observasjoner for hver dag, samt intervjuer og samtaler med aktørene i produksjonen.

#### **Litteratursøk**

Oppgaven legger vekt på litteratur om lean construction og logistikk. Grunnet for utvalgt litteratur ble hentet fra faget IND-501 Styring av verdikjeder, ved UiA, høsten 2010. Det ble også utført litteratursøk i ulike akademiske databaser, samt i Universitetet i Agders bibliotek i Grimstad. De mest anvendte databasene var:

- Pensumlitteratur i faget IND-501 ved Universitetet i Agder, avd. Grimstad
- [www.iglc.net](http://www.iglc.net) (<http://www.iglc.net/sitemap>)
- Bibsys ASK
- Google Scholar
- Statistisk sentralbyrå

De mest relevante treffene i databasene har blitt studert nærmere, og forfatterens pålitelighet og gyldighet har blitt vurdert ved å søke opp andre publikasjoner av samme forfatter. Det har blitt benyttet en rekke publikasjoner knyttet til konferanser i forumet International Group for Lean Construction (IGLC). Disse publikasjonene har også gitt referanser til annen relevant litteratur. Teorigrunnlaget ble supplert med litteratur og informasjon fra veiledere.

## Datainnsamling på byggeplass

Vi var til stede ved produksjon av eneboliger i kjede ved Østenbulia boligfelt. Hensikten var å kartlegge tidsbruken av aktivitetene som arbeidslagene utfører over flere hele arbeidsdager. Vi benyttet målemetoden som er utviklet gjennom forskningprosjektet ”Involverende planlegging”, som baserer seg på registrering av hva slags aktiviteter som pågår hvert 5. minutt gjennom arbeidsdagen. For å fremheve mulige forbedringsområder i produksjonen ble aktivitetene delt inn i seks ulike kategorier, der det spesielt er vektlagt å fange opp logistikkrelaterte aktiviteter. Tabell 1 viser aktivitetene som ble registrert i produksjon, og hvilke kategorier aktivitetene tilhører.

Tabell 1. Kategoriene og hvilke aktiviteter som tilhører kategoriene, som registreres på byggeplass

1. Direkte arbeid – verdiskapning	4. Koordinering og HMS
Direkte arbeid	Sikringsarbeid (HMS)
Krankjøring og lignende	Planleggingsmøter
Inspeksjon/Kontroll	HMS – møter
Henting av materialer innen ca 12 m	Koordinering på bygget
2. Indirekte arbeid – rigg og rydd	5. Motproduktiv tid
Rigging – værrelatert	Venting / Nedetid
Rigge opp og ned	Direkte arbeid: Utbedring av tabbe
Rydding for å få tilgang til arbeidsplassen	Direkte arbeid: Utbedring av tabbe fra annet lag/fag
Opprydding etter arbeidet	Annen personlig tid
Generell rydding	6. Personlig tid og spisepauser
3. Indirekte arbeid – materiallogistikk	Kaffe - og spisepauser
Mottak av materialer og prosedyrer rundt dette	Nødvendig personlig tid
Pakke ut materialer	
Henting av materialer til arbeidsstedet med tralle eller lignende	
Henting av materialer lenger unna en ca 12 m	
Forflytting mellom arbeidssteder	
Flytte og hente verktøy	
Bevege seg fra/til gjerdesag og lignende	

For å få full utnyttelse av registreringene på byggeplass, ble det nødvendig med forarbeid rundt skjemaene som skulle benyttes i registreringsperioden. Registreringene kan være utsatt for skjønnsmessig vurdering, avhengig av observatøren som anvender skjemaet. Det ble derfor nødvendig å etablere en felles tolkning om bruken av skjemaet og hvilke aktiviteter som faller under hvilke kategorier, med veiledning fra Kalsaas. Det ble også utarbeidet et skjema for generelle observasjoner på byggeplassen, for å notere spesielle hendelser for hver dag som kan bidra til svare på oppgavens problemstilling. Disse notatene ble satt sammen til en dagbok. Forklaringer rundt registreringsskjemaet og dets utforming blir omhandlet i kapittel 5.1.

### **Intervjuer og refleksjonsmøter**

Det foregikk samtaler og diskusjoner under registreringsperiodene mellom aktørene på byggeplass og oss som observatører. Håndverkere så vel som formann holdt stadige oppdateringer om fremdrift og utvikling, slik at ny informasjon ble tilgjengelig utover det som ble registrert i skjemaene. For å få en bredere forståelse av hvordan de ulike aktørene på byggeplass forstod og opplevde produksjonssituasjonen ved Østenbulia, ble det gjennomført intervjuer og samtaler. Intervjuene betegnes som strukturerte fordi det på forhånd var skrevet konkrete spørsmål som det var ønskelig å få svar på. (Isaksen, 2010) Gjennomføringen av intervjuene var dog mer ustrukturert da disse spørsmålene var integrert i en diskusjon om produksjonssituasjonen, og spørsmålene ble derfor ikke stilt direkte. Hensikten med diskusjon fremfor utspørring var at intervjuobjektet skulle ha et best mulig utgangspunkt for å beskrive sin tolkning av produksjonssituasjonen. Samtidig var det ønskelig å få innspill fra håndverkerne på hva dem selv mente kunne forbedres ved prosjektet.

Det ble avholdt jevnlig møter mellom aktørene i forskningsprosjektet, både i forbindelse med IGLC - artikkelen, og denne masteroppgaven. Møtene har vært preget av refleksjon som ble dokumentert og benyttet som en del av oppgaveløsningen.

## Møter på byggeplass

Det ble avholdt møter mellom produksjonsledelsen ved Østenbulia og involverte aktører i dette forskningsprosjektet. Første møte ble avholdt i forkant av første måleperiode, der det ble orientert om oppgavens intensjoner, og hvordan målingene skulle utføres. Etter første måleperiode holdt vi en intervjujurunde med håndverkerne på byggeplassen, der resultater fra aktivitetsstudiet også ble presentert for de aktuelle håndverkerne.

I et annet møte ble det utprøvd bakoverplanlegging inspirert av Last Planner System, der produksjonsledelsen fra Skanska og underentreprenører var involvert. Dette møtet omtales i detalj i kapittel 5.4.

## Pålitelighet av forskningen

I kvalitativ forskning omtales troverdighet av forskningen som pålitelighet. Ved aktivitetsstudier vil derfor påliteligheten av innsamlet data diskuteres ved å stille kritiske spørsmål om hvorvidt datainnsamlingen reflekterer det faktiske produksjonsarbeidet som foregår på byggeplassen. Da vil det også være nødvendig med en vurdering av vårt eget bidrag til innsamlingen av data, samt troverdigheten til informantene. Forskningen deler aktivitetsstudiene inn i to måleperioder, der individuelle hensyn til påliteligheten i hver måling beskrives i de empiriske analysene av resultatene.

Fire arbeidslag ble observert og karakteriseres som et representativt utvalg av tømmerlagene på prosjektet, både når det gjelder alder, erfaring og kompetanse. Lagene arbeidet på ulike stadier i byggeprosessen, og representerer derfor et bredere utvalg av hvilke aktiviteter som foregår i produksjonen. Håndverkerne var delt inn i arbeidslag, der hvert lag arbeidet internt om oppføringen av en eller flere eneboliger av gangen. I måleperiodene ble det bygget flere typer like boliger, som bidrar til at resultatene er ytterligere representative for produksjonen generelt i denne perioden.

Hvert lag var påvirket av involveringer fra personer utenfor laget. To av lagene som ble målt, hadde delvis ansvar for hver deres lærling, som ikke tilhørte laget, og derfor ikke ble målt. Lærlingene har behov for veiledning underveis i arbeidet, og kan derfor ha påført endringer på lagenes aktivitetsmønstre. Det var også to erfarne håndverkere i aktiv sykemelding på prosjektet, som hadde begrensede muligheter for fysisk kroppsarbeid. En av dem påtok seg noe bas - relatert arbeid i produksjonen, og begge bidro ellers ved å tilrettelegge for

produksjon med for eksempel leveransehåndtering, rydding og snøhåndtering. Disse personene arbeidet fulle arbeidsdager, og antas å ha like stort bidrag til alle 5 lag som arbeidet på byggeplassen, noe dem selv var enig i. Resultatene ble derfor korrigert for denne involveringen, ved at aktivitetene til disse felles personressursene også ble registrert, når dem var involvert i arbeidet til målte arbeidslag. Resultatene tydeliggjør derfor et større behov for indirekte arbeid i arbeidstiden, enn det arbeidslaget ville vist uten disse korrigeringsene. Disse justeringene er derfor lagt til de opprinnelige resultater i egne kolonner slik at resultatene presenteres med og uten påvirkning fra eksterne personer. Empiriske analyser baseres seg dog på korrigererte resultater.

Det var utfordringer forbundet med ferieavvikling og sykdom, da dette medførte endringer i bemanningen av et arbeidslag. Det var derfor tilfeller der målinger representerer ulike personer internt i laget. Av hensyn til kvaliteten av datainnsamlingen begrenset vi oss til kun å følge to personer av gangen under målingene. Et av lagene bestod av tre personer, og de to målte håndverkerne i laget ble valgt ut ifra at dem i større grad arbeidet sammen, mens tredje personen i laget arbeidet mer på egenhånd. Ved eventuelle påvirkninger fra tredje personen, har disse aktivitetene blitt korrigert for på lik linje med korrigeringer for felles personressurser. Individuelle tilfeller som påvirker påliteligheten av resultatene omtales ytterligere i de empiriske analysene.

En annen viktig faktor for at resultatene av studiene skal være representative for hva slags aktiviteter som pågår i produksjonen, var nødvendigheten av å minimere påvirkningen vi påførte produksjonen ved at vi studerte håndverkerne i arbeidet. Det kan være tilfeller der adferden til forskningsobjektene kan påvirkes fordi dem vet at dem forskes på. Vi var derfor bevisste på ikke å være et hinder eller forstyrrelseselement for produksjonen, og benyttet derfor i stor grad spisepausene for informasjonsutveksling. Under registreringsperiodene oppstod det også flere situasjoner, som kan være utsatt for skjønnsmessig vurdering i forhold til hva slags type arbeid dette skulle karakteriseres som. Slike tilfeller ble diskutert med veiledere, for å styrke påliteligheten av resultatene. Disse diskusjonene ble dokumentert i oppgavens empiriske analyser, og beskrives i detalj i påliteligheten av resultatene av hver måleperiode. Vi mener også at det kan være utfordringer forbundet med å spore synlig sløsing i form av feilretting i produksjonen. Mer omfattende tilfeller ble oppdaget, men under direkte arbeid vil det trolig være mindre tidkrevende tilfeller av feilretting som kan være vanskelig å oppfatte for observatøren.

Intervjuene er beskrevet som strukturerte, mens gjennomføringen kan betegnes som mer ustrukturert. Vi intervjuet 9 håndverkere på prosjektet, for å kryss-sjekke informasjonen vi fikk av intervjuobjektene, samt skaffe et representativt mangfold av meninger om produksjonen.

### **Gyldigheten av forskningen**

Gyldigheten peker på relevansen av forskningen som utføres. (Isaksen, 2010) Det må derfor foretas en kritisk vurdering av de metoder vi benytter for å utføre aktivitetsstudier, og hvorvidt resultatene av studiene er egnet for å svare på problemstillingen. Ved kvalitativ forskning må også generaliserbarheten av resultatene drøftes. Det vil si hvorvidt resultatene av denne forskningen kan overføres og sammenlignes med andre aktivitetsstudier.

Målemetoden har vært utprøvd i flere tidligere aktivitetsstudier av andre byggeprosjekter. Se for eksempel Kalsaas & Bølviken (2011). Målemetoden har derfor vært kontinuerlig utviklet og forbedret av tidligere erfaringer. Måleperiodene i vår forskning tydeliggjorde behov for å legge til/fjerne aktiviteter fra registreringsskjemaet. Det ble kun besluttet å legge til en aktivitet i registreringsskjemaet, for å synliggjøre arbeid med snøhåndtering. Denne aktiviteten ble definert som rigging - værrelatert, og ble lagt til skjemaet før starten på andre måleperiode. Andre aktiviteter som det ikke ble besluttet å tilføye/fjerne fra skjemaet, men som kan være aktuelle for å forbedre målemetoden, er omtalt i gyldigheten av de empiriske analysene. Det styrker gyldigheten av forskningen at registreringene av aktivitetene er supplert med meninger fra informantene, samt at observasjoner som kan bidra til å forklare årsaker til resultatene er notert i dagbøkene.

Resultatene av aktivitetsstudiene forklarer tidsbruk på aktiviteter i produksjonen. Resultatene gir ingen forklaring på hvordan arbeidet utføres, det vil si at man ikke kan gi et presist svar på hvor høy produktivitet eller effektivitet er i arbeidet til lagene. Noen oppfatninger rundt disse emnene er derimot notert i vedlagte dagbøker, og blir diskutert i de empiriske analysene.

Hvorvidt resultatene fra disse studiene kan sammenlignes med andre aktivitetsstudier avhenger av flere faktorer. Aktivitetsstudier som ikke benytter målemetoden som er utviklet gjennom forskningsprosjektet ”Involverende planlegging”, kan benytte seg av andre måleparametre som ikke er identiske med denne oppgavens benyttede registreringsskjema.

Dette ble blant annet bekreftet ved søk etter tidligere aktivitetsstudier, se for eksempel Thune-Holm (2006) og (2008).

Som tidligere beskrevet kan aktivitetsstudier også være utsatt for skjønnsmessige vurderinger, der situasjoner og tvist - tilfeller kan tolkes ulikt av ulike observatører. Ved sammenligning av aktivitetsstudier bør man også ta hensyn til at hvert byggeprosjekt er unikt og at produksjonssituasjonen derfor vil være ulik fra prosjekt til prosjekt. Variasjonen vil avhenge av blant annet kompleksitet i utførelsen, topografi og logistikkplan.

Målemetoden som benyttes i denne oppgaven fremstår som et godt verktøy for å svare på vår problemstilling. Resultater som gis av målemetoden gir tydelige indikasjoner på hvorvidt logistikk løsninger medfører reduksjon av tid til indirekte arbeid og sløsing i produksjonen. For å vurdere produksjonssituasjonene, og effekter av logistikktiltak er det trolig et nødvendig supplement å notere ned mulige årsaker til hvorfor resultatene av registreringene blir som dem blir, der også samtaler med forskningsobjektene vil være et viktig element.

Informasjonen som vi mottok gjennom intervjuer av håndverkerne, anses som et godt supplement for å svare på oppgavens problemstilling. Intervjuene ble avholdt etter første måleperiode. Vi hadde da større innsikt i produksjonshverdagen til intervjuobjektene, og kunne derfor diskutere produksjonsutfordringene mer presist med håndverkerne. Resultatene av intervjuene er vedlagt, og diskuteres ellers i oppgavens empiriske analyser.





## 4 Konsepter og teorier

Dette kapittelet tar for seg ulike konsepter og teorier innen lean thinking og bygglogistikk. Kapittelet omhandler først lean som en filosofi, før det beskrives ulike konsepter, teorier og verktøy innen lean construction som er aktuelle for å analysere produksjonssituasjonen ved byggeprosjekter.

### 4.1 Lean Production og Lean Construction

Produksjonsfilosofien lean production har sitt utspring fra Toyota Production System (TPS), som er utviklet av Taiichi Ohno. (Kalsaas, 2009) Hans visjon var å lage biler på bestilling fra kunden, med hurtig levering og uten bruk av lager, såkalt *pull-manufacturing*. Lean production fokuserer på reduksjon av sløsing (waste) for å effektivisere og forbedre produksjonsprosessen og samtidig imøtekomme kundens ønsker og forventninger. Det underliggende målet ved lean production er å forbedre den bedriftsøkonomiske lønnsomheten. Produksjonen blir sett på som en tidslinje der man har gode stadier (eks. direkte arbeid) og dårlige stadier (eks. venting og feilretting) underveis. Kjernen i lean sier at de dårlige stadiene skal elimineres, før man forbedrer de gode stadiene. (Koskela, 2008) Lean production kan oppsummeres i fem prinsipper (Kalsaas, 2009):

- Presise spesifikasjoner av verdier for produkter og tjenester
- Identifiseringen av verdistrømmen for produkter og tjenester
- Flyt av verdier uten forstyrrelser
- Kundens etterspørsler trekker verdiene ut av produksjon (*pull-manufacturing*)
- Kontinuerlig arbeid for å perfeksjonere produksjonen

Lean Production har altså sitt utspring i bilproduksjon, og ved å videreføre denne tankegangen til byggenæringen ønskes det å skape varige konkurransefortrinn slik Toyota har fått til i sin bilproduksjon. Lean Construction er en utvikling av lean production filosofien, rettet mot byggenæringen.

Filosofien bak lean construction er optimalisering av produksjonen i en virksomhet ved å fjerne sløsing, gjennom å forstå og forbedre den prosjektbaserte produksjonen i byggenæringen. (FAFO, 2010) Aktiviteter som for eksempel venting, lagring, transport,

overproduksjon og feilretting skal forsøkes å elimineres, for så å tilstrebe forbedringer i de gode prosessene. Spørsmålet er hvorvidt det er mulig å implementere lean fra bilproduksjon til byggproduksjon. *The Construction Task Force* (1998), ledet av Sir John Egan, så på mulighetene for å forbedre kvaliteten og effektiviteten i den engelske byggenæringen. Deres funn argumenterte for at det ikke var store hindringer for å kunne overføre metoder og praksis fra bilproduksjon til byggproduksjonen. Videre peker dem på at ved en klar definisjon av hva som er verdi for et produkt eller en tjeneste sett fra kundens perspektiv, kan man lettere identifisere hva slags arbeid som ikke skaper verdi, og stegvis eliminere disse aktivitetene. IGLC (2008) og dens medlemmer argumenterer for at byggeproduksjon er fundamentalt ulik bilproduksjon og arbeider derfor for å utvikle nye teorier, prinsipper og metoder for lean, skreddersydd for byggebransjen. Lauri Koskela (2008) er en sentral skikkelse i utviklingen av lean construction, og forklarer at byggproduksjon er ulik bilproduksjon ved at den kjennetegnes av unike byggeprosjekter på ulike lokasjoner, samt at prosjektene har ulike tidsrammer. Han forklarer videre at byggeprosjekter avhenger av mange aktører, og sløsing bør derfor spores gjennom hele verdikjeden slik at varer og tjenester kan flyte uten hindringer. Kalsaas & Bølviken (2010) argumenter også for denne tilnærmingen ved å forklare at produktet som produseres i byggenæringen må flyttes til ulike lokasjoner, (byggeplasser), mens i bilproduksjonen flyttes produktet (bilen) til der produksjonen foregår. Dette skaper andre utfordringer i verdikjedestyringen, siden byggeproduksjonen mangler den standardiseringen man ser i tradisjonell fabrikkproduksjon. (Morledge, Knight, & Grada, 2009) I tilknytning til vår artikkel skrevet parallellt med denne oppgaven, deler vi også synet til IGLC, og oppgaven vil følge tilnærmingen om et behov for en egen lean tankegang skreddersydd for byggenæringen.

Byggeprosjekter er utsatt for usikkerhet og kompleksitet. Lean construction anerkjenner denne problemstillingen og sier at byggeprosjekter ikke kan bli styrt etter enkle og sekvensielle aktiviteter i kjeder. Transformasjon-, flyt- og verdiskapningsteorien (TFV – teorien) er en teoretisk tilnærming til byggeprosjekter, som integrerer produkter med prosesser, og har høyt fokus på samkjøring av prosjektfasene. Denne teorien har åpnet for nye muligheter for å analysere og forbedre byggeprosjekter. (Elfving, 2003)

## 4.2 Transformasjon – flyt – verdiskapning (TFV)

Koskela (2002) argumenterer for å konseptualisere produksjonen på tre komplementære måter; transformasjon (T), flyt (F) og verdiskapning (V). Transformasjon er betegnelsen på det direkte arbeidet som utføres, flyt er strømmen av materialer, utstyr og arbeid, mens verdiskapning er det som skaper verdi for kunden eller sluttbruker. Disse tre ulike vinklingene mot produksjonen fokuserer på ulike faktorer i prosjekter.

Transformasjon betegner prosessene der innsatsfaktorer (inputs) bearbeides og skaper verdi og resulterer i et produkt (output). Transformasjonene tilstrebes så effektive som mulig. Flyt fokuserer på overgangene mellom aktiviteter, der materialer og utstyr skal strømme mellom prosessene uten hindringer, og prosesser som ikke skaper verdi spores og elimineres. Verdiskapning er prosessen der aktiviteter sammenlignes med kundens krav og ønsker, og de aktiviteter som ikke etterkommer disse kravene, har det ingen hensikt å fortsette med. Teorien om de tre aspektene av produksjon settes sammen i tabell 1.

Tabell 2. TFV – teorien (Bertelsen & Koskela, 2002)

	Transformasjon	Flyt	Verdiskapning
<b>Konseptualisering av produksjon</b>	Transformasjon av input til output	Flyt av materialer bestående av transformasjon, inspeksjon, bevegelse og venting	Verdi for kunden skapes gjennom å imøtekomme kundens krav
<b>Hovedprinsipp</b>	Effektivisering av produksjonen	Eliminering av ikke verdiskapende arbeid	Eliminering av verditap (oppnådd verdi i forhold til optimal verdi)
<b>Metoder og praksis</b>	Work Breakdown Structure (WBS), MPR, ansvarsdiagrammer	Kontinuerlig flyt, produksjon basert på <i>pull</i> , kontinuerlige produksjonsforbedringer	Quality Function Deployment (QFD), requirement capture
<b>Praktisk bidrag</b>	Tar hånd om det som må gjøres	Sørge for at unødvendigheter som for eksempel synlig sløsing elimineres	Imøtekomme kunders krav og ønsker på en best mulig måte

### 4.2.1 Prinsipper for flyt

Gjennom forskningsprosjektet ”Involverende planlegging”, foretas det en rekke studier av flyt i byggproduksjonen for å øke forståelsen av hva som foregår i transformerings- og foredlingsprosessen. Dette kan være et av grunnlagene for å forklare produksjonsutfordringer i byggeprosjekter. Kalsaas & Bølviken (2010) tilnærmer seg en definisjon av begrepet flyt, og viser til at flyt assosieres med en kjede av aktiviteter, i kontinuerlig og fri bevegelse, og verdiskapning. De legger også til at flyt bør assosieres med ingen forstyrrelser eller avbrudd. Flyt er altså et begrep som forteller noe om overgangene mellom aktivitetene, og kan ikke beskrive hva som produseres. Flyt kan derimot gi indikasjoner på hvordan arbeidet utføres. Koskela (2000) gir seks prinsipper for flyt:

#### **Redusere andelen ikke - verdiskapende arbeid**

Prinsippet omhandler eliminering av sløsing, og reduksjonen av indirekte arbeid. Eliminering av sløsing er beskrevet i detalj i kapittel 4.4. Ved å tilrettelegge logistikken ved Østenbulia, skal det tilstrebes en høyere andel verdiskapende arbeid i produksjonen, ved at medgått tid til nødvendig arbeid som ikke skaper verdi, som for eksempel rigging, henting av materialer, og leveransmottak reduseres for å frigjøre tid til verdiskapende arbeid.

#### **Redusere ledetid**

For å relatere teorien til byggproduksjon sammenlignes ledetid med byggetid. Reduksjon i byggetid har sammenheng med eliminering av ikke - verdiskapende arbeid, som for eksempel feilretting, ventetid og bevegelse. Et viktig forhold mellom ledetid og varer i arbeid ble utviklet av John Little, i den følgende formelen, kalt Little’s lov (Koskela, 2000)

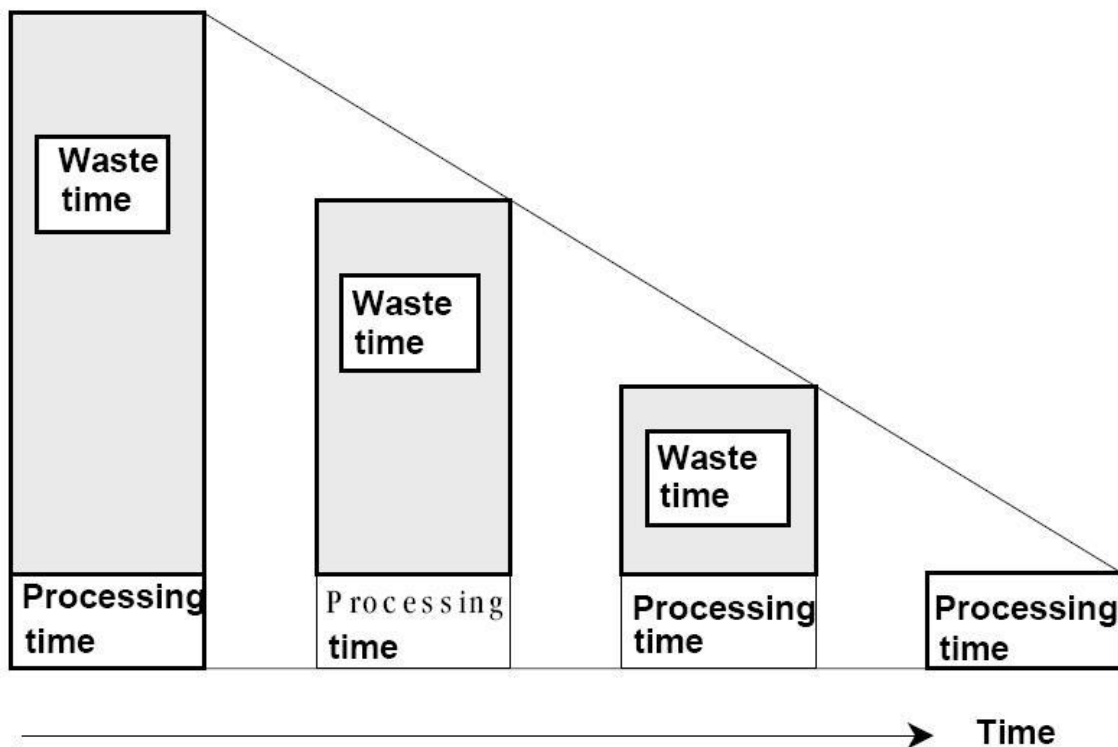
**Formel 1. Littles lov**

$$\text{ledetid} = \frac{\text{varer i arbeid}}{\text{output}}$$

Dette viser at ved å redusere varer i arbeid kan man også redusere byggetiden, mens verdiskapningen (output) er konstant. Reduksjon av ledetid beskrives i detalj i kapittel 4.3.

### Redusere variabiliteten

I produksjonen eksisterer variabilitet i selve arbeidsprosessen og i flyten mellom transformasjonene. (Koskela, 2000) Variabilitet i prosessene referer til kravet til tid for å utføre et spesifikt arbeid på en arbeidsstasjon. Dette er spesielt gjeldende for mennesker, da man ofte registrerer at samme type arbeid ikke nødvendigvis krever like mye tid, avhengig av for eksempel intensitet i arbeidet eller tilgjengelighet av materialer og utstyr. Variabilitet mellom arbeidsprosessene relateres til variasjonen i tid som medgår før en arbeidsstasjon får nye oppgaver. Et tenkt eksempel på slik variasjon i byggproduksjon kan være ventetid på tilgang til kran. Oppgavens studieobjekt Østenbulia boligfelt har flere eksempler på redusert variabilitet. Blant annet fordi det produseres flere tilnærmet like boligtyper i samme utbyggingsfase. Involverte aktører vil ha kjennskap til boligtypen når man påbegynner en ny bolig, og det er trolig at dem vil ha en læringskurve som vil føre til at byggetiden på nye boliger av samme type vil reduseres. Koskela (2000) viser også ved hjelp av kø - teori at variabilitet øker ledetiden, og at variabilitet er mer forstyrrende ved tidligere stadier enn ved senere stadier i verdikjeden. Vi har derfor to funn som påvirker byggetiden; reduksjon av sløsing og variabilitet.



Figur 4-1. Ledetid kan reduseres ved eliminering av sløsing og reduksjon av variabilitet. (Koskela, 2000)

### **Forenkle aktiviteter**

Kompleksiteten i produkter og tjenester i byggenæringen kan føre til høyere kostnader, utover summen av kostnadene for varene eller stegene i arbeidet. Mennesker som skal håndtere produksjonssystemene har også begrensede evner i forhold til å håndtere kompleksitet. Det er derfor tydelig at kompleksitet øker sjansene for feil, både i form av overskridelse i budsjetter samt feil i produkter levert til kunde. Kompleksitet i produksjonen er i utgangspunktet ikke spesielt faretruende ved Østenbulia, som består av boliger med flere standardiserte og velkjente detaljløsninger.

### **Øke fleksibiliteten**

Man har ulike typer fleksibilitet i produksjon: produktmiks, hyppighet av tilførsel av nye produkter, variasjon i produksjonsvolum, samt fleksibilitet i leveringspresisjon. (Koskela, 2000) Ved å øke fleksibiliteten kan man i økende grad tilpasse seg kundens ønsker og markeders etterspørsel. Praktiske tilnærminger for å øke fleksibiliteten i byggproduksjonen kan være skreddersøm på senest mulig tidspunkt, øke kompetansen til håndverkerne på andre fag enn deres opprinnelige fagfelt, eller øke kompetansen til håndverkerne på bruk av nye metoder og verktøy. Håndverkerne ved Østenbulia viser tegn til forbedret fleksibilitet i form av at flere av tømmerne har kompetanse utenfor sitt eget fagfelt og kan ved blant annet utføre betongarbeider. Slik kan man unngå venting eller utsettelse av aktiviteter fordi det er mangel på håndverkere i andre fag.

### **Øke gjennomsiktigheten**

Ved å gjøre det mulig å observere produksjonen, kan hver enkelt få bedre oversikt over arbeidsplassen som frigjør nyttig informasjon. Dette kan bidra til økte forbedringer i det daglige arbeidet, skape motivasjon og større engasjement fordi arbeiderne involverer seg mer. Økt gjennomsiktighet gjør det også lettere å kontrollere for og redusere feil, samt at arbeidet kan fremstå med mindre kompleksitet som følge av økt informasjon. Dette kan oppnås blant annet ved bruk av bygningsinformasjonsmodeller (BIM), se for eksempel (Statsbygg, 2011) og Last Planner System som beskrives i kapittel 4.7.

### 4.3 Redusert ledetid i byggeprosjekter

Reduksjon i ledetid har lenge blitt ansett som et grunnleggende mål på forretningsforbedringer, og er et viktig prinsipp i lean construction. (Elfving, 2003) Ledetid kan sammenlignes med byggetid og kan forstås som forventet tid for å gjennomføre en prosess. Koskela (2000) viser en definisjon av ledetid, ulik Little's lov:

**Formel 2. Definisjon av ledetid.**

$$\text{ledetid} = \text{prosesseringstid} + \text{inspeksjonstid} + \text{ventetid} + \text{tid til bevegelse}$$

Fordelene av redusert ledetid er mange, og Koskela (2000) argumenterer for følgende:

1. Tvunget fjerning av sløsing
2. Raskere levering til kunde
3. Mindre behov for å forutse fremtidig etterspørsel
4. Færre avbrytelser i produksjonen på grunn av endringer i ordrer
5. Enklere ledelse på grunn av færre ordrer i arbeid

Ved å redusere ledetiden tvinger man frem reduisering av inspeksjonstid, ventetid og tid til bevegelse. Med erfaringer fra blant Ciampa (1991) viser Koskela (2000) at slike ikke - verdiskapende aktiviteter ofte dominerer i produksjonen, og det er liten grunn til å tro at byggeprosjekter er et unntak. Aktivitetsstudier av byggproduksjon gjennom forskningsprosjektet Involverende planlegging, viser at ikke - verdiskapende aktiviteter opptar 40 -70 % av arbeidstiden til fagarbeiderne. Se for eksempel Gundersrud med flere (2010), eller Forsberg (2010). Ikke - verdiskapende arbeid som for eksempel feilretting, ventetid, rigging, og tid til bevegelse er derfor trolig også en signifikant del av total ledetid ved Østenbulia.

For å kunne eliminere feilretting må man eliminere feil i produksjon og defekter i varer. Et slikt mål kan nås gjennom kvalitetstiltak og tilrettelegging for flyt i arbeidet. Ventetid på byggeplasser oppstår gjerne når en prosess er en flaskehals i produksjonen. Man har parti forsinkelser (*lot delays* - (Elfving, 2003, s. 45)) der et produkt må vente på at et annet parti skal fullføres, og så har man prosess forsinkelser som oppstår på grunn av dårlig synkronisering av aktivitetene. Denne typen forsinkelser er mest aktuelt for byggproduksjonen, og studier utført ved et byggeprosjekt i regi av Skanska kalt *SiA - bygget* i

Kristiansand, viste at kran fremstod som en tydelig flaskehals. (Grepperud, Jensrud, & Rønhovde, 2010) Variabilitet er en pådriver for venting, og forenklete prosesser er en nøkkel til både flyt og eliminering av ventetid. Vi ser derfor at prinsipper for flyt i arbeidet har flere sammenhenger med redusert ledetid.

Eliminering av tid til bevegelse kan kreve en produksjonsbasert lay - out på byggeplass, slik at transportdistansene blir minimale. Det bør være muligheter for å unngå mye tid til bevegelse på Østenbulia, da prosjektet er delt opp i flere boliger med god plass rundt arbeidsstedet. Materialer og utstyr kan dermed plasseres nærme arbeidsstedene. Med tanke på slike forenklings- og rasjonaliseringstiltak av bygglogistikken på Østenbulia, skal det sees på muligheter for å redusere den totale ledetiden.

#### **4.4 Waste – sløsing**

Waste er betegnelsen på det som kan kalles sløsing i produksjonen, og kan sammenfattes til de operasjoner som ikke er verdiskapende eller nødvendig for å skape verdi for kunde eller prosjekt. En kan her se sammenhenger med flyt – begrepet da eliminering av sløsing, bidrar til høyere flyt i produksjonen.

##### **4.4.1 Toyotas syv kilder til sløsing i produksjonen**

Shingo (1989) viser at Toyota production system (TPS) identifiserer syv kilder til sløsing i produksjonen. De fem første kildene henviser til flyt av materialer, mens de to siste henviser til arbeidskraft eller maskiner. (Ohno, 1988) Lean Construction litteraturen argumenterer også for disse kildene i byggproduksjonen, men foreslår også flere kilder (Bertelsen, 2004), som omhandles i kapittel 4.4.2.

#### **Overproduksjon**

Det bør ikke produseres mer enn nødvendig, ut over produksjonsplanen. Dette kan føre til sløsing med bemanning, materialer og andre ressurser. Produksjon uten etterspørsel (*push-manufacturing*) kan føre til unødvendige lagre, som kan medføre redusert fremkommelighet, og skjulte kostnader.



## **Venting**

Blant annet forsinkede/uklare tegninger, dårlig informasjonsflyt eller flaskehalsen i produksjonen, kan medføre unødvendig venting, som ellers kunne vært benyttet til verdiskapende arbeid. Logistikkplanlegging er et element som kan være med på å bidra til å redusere slike buffere eller slakk mellom produksjonsstegene.

## **Unødvendig transport**

Materialer og verktøy som er nødvendig for verdiskapning må legges til rette for håndverkerne, slik at man unngår overflødig transport av materialer, som reduserer strømmen av verdiskapning. Unødvendig transport i byggproduksjonen oppstår ofte ved at byggevarer flyttes på i flere omganger. Skanska har i denne forbindelse pilotprosjekter med terminalløsninger, for vareleveringer en gang i uken på enkelte byggeplasser, blant annet for å unngå unødvendig forflytning og lager av materialer. (Grepperud, Jensrud, & Rønhovde, 2010)

## **Overprosessering**

Å produsere bedre kvalitet enn det som er nødvendig, er en betegnelse på overprosessering. Det er ikke nødvendig å produsere bedre kvalitet enn det byggherren eller kunden forventer eller betaler for. Det vil for eksempel ha mindre hensikt for entreprenøren og sette opp ett hus i energiklasse A, hvis det står i kontrakten at huset skal tilhøre energiklasse C. Skjer dette kan det ansees som sløsing med tid og ressurser, siden man ikke vil få betalt for det ekstra arbeidet som påføres av denne belastningen. Overprosessering kan også betegnes som unødvendig eller feil bearbeiding/foredling, ved for eksempel bruk av dårlig verktøy eller produktdesign.

## **Unødvendig inventar**

Gjelder både råvarer, ferdigvarer og varer i arbeid. Varer som samler seg opp på byggeplassen som ikke er nødvendig for produksjonen, kan føre til dårlig fremkommelighet, mindre tilgjengelige materialer, dårligere flyt og påføring av ekstra arbeid for å få tilgang til arbeidsstedet. Mellomlagring av materialer fører også til at disse materialene er mer utsatt for skader fra slitasje og fukt, som kan føre til større innkjøpsvolumer på grunn av høyere materialsvinn. Bleikli med flere (2010) viser i sine studier av byggproduksjonen at rot i form av unødvendige materiallagre også kan hindre andres arbeid, og redusere oversikten over materialbeholdningen.

### **Unødvendig bevegelse**

Denne formen for sløsing skiller seg fra unødvendig transport ved at denne typen sløsing styres av praktiske hensyn som tas av håndverkerne i produksjonen. Ved å holde seg til produksjonsplanen, og gjøre seg ferdig på ett sted om gangen, hindrer man unødvendig bevegelse mellom arbeidssteder. Planlegging og tilrettelegging for hvert produksjonssteg vil derfor være en nøkkel for å unngå denne formen for sløsing. Den kan også reduseres ved at håndverkerne samarbeider om produksjonen der en person henter nødvendige materialer og verktøy, mens andre utfører et transformasjonsarbeide.

### **Defekter/Feilretting**

Å gå tilbake og rette opp tidligere feil, enten av eget eller annet fag, betegnes som sløsing med tid og ressurser som kunne vært benyttet til verdiskapning. Dette omtales som utbedring av tabber i den benyttede målemetoden av aktivitetsstudiet. Ved produksjonstabber påføres dette også ofte inspeksjonstid som medregnes i feilrettingen. Den foregående aktiviteten som førte til feilrettingen betegnes da også som sløsing.

#### **4.4.2 Andre kilder til sløsing i byggproduksjon**

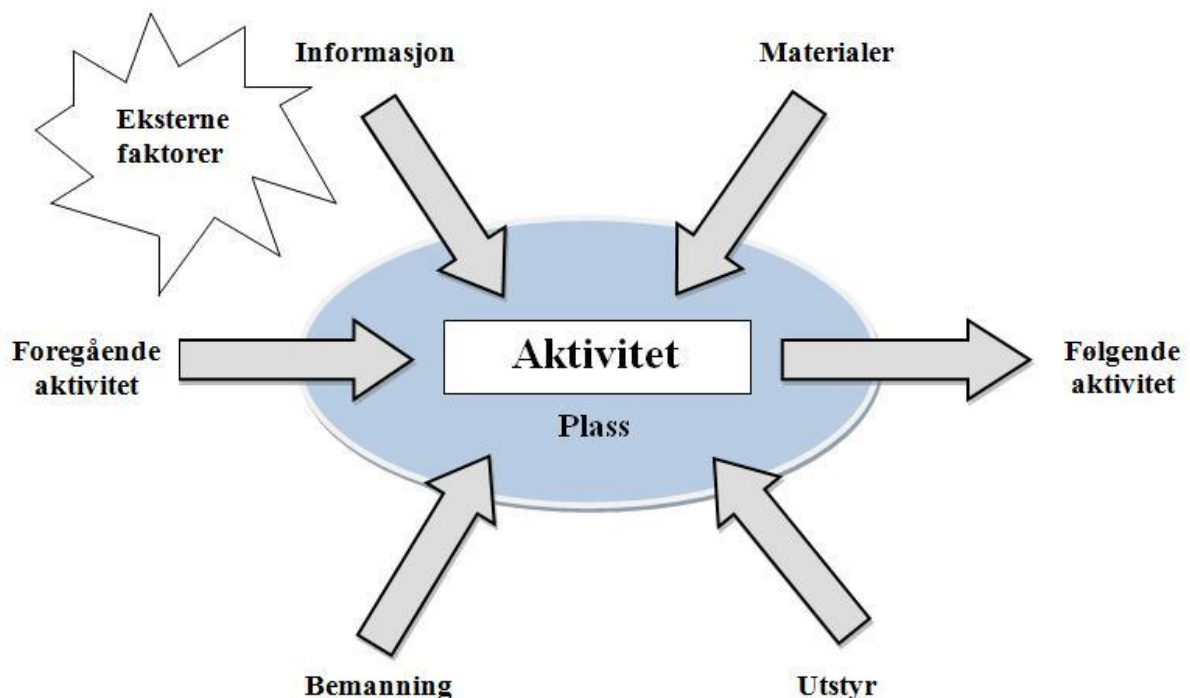
Macomber & Howell (2004) argumenterer for to andre kilder til sløsing i byggproduksjonen. *Ikke høre (Not listening)* henviser til egenrådige ledertyper, som ikke behersker egenskapen å høre på hva medarbeiderne ønsker å få frem. *Ikke si ifra (Not speaking)* refererer til at man ikke tør å ytre sin mening når noe er galt. Sløsing i denne form skjer hovedsakelig i den daglige kommunikasjonen og koordineringen på byggeplassen. Mennesker er skapt med disse egenskapene, derfor ligger problemet heller i vanene av å høre på andre, og ytre egne meninger.

Nødvendige innsatsfaktorer må være tilstede for å opprettholde god flyt og minimere sløsing i arbeidet. Koskela (2004) gir syv forutsetninger for sunne aktiviteter og reduksjon av sløsing i form av making - do. I mangel av en norsk beskrivelse av ordet vil det benyttes den engelske betegnelsen. Making - do som en kilde til sløsing referer til situasjoner der en aktivitet er påbegynt uten at nødvendige forutsetninger er tilstede. Disse forutsetningene omhandles i kapittel 4.5. Salthaug & Sørensen (2010) gjengir også ulykker, vandalisme, uvær eller innbrudd som defekter og derfor kilder til sløsing.

Sløsing bør man hele tiden tilstrebe å eliminere, fordi det er bortkastet ressursbruk, hindrer flyt i arbeidet, og øker ledetiden. Eliminering av sløsing kan være en lang og krevende prosess, der alle ledd på byggeplassen må samarbeide og dra lærdom av hverandre. Målingene ved Østenbulia vil tydeliggjøre hvor mye av arbeidsdagen som er synlig sløsing av tid. En utfordring ligger i eksistensen av skjult sløsing i transformasjonsarbeid og annet nødvendig arbeid, som kan være vanskeligere å oppdage ved observasjon av produksjonen.

#### 4.5 Seven flows – syv forutsetninger for sunne aktiviteter

Koskela argumenterer for seven flows, eller syv forutsetninger som bør ligge til rette før en tar fatt på en arbeidsoppgave, for å unngå sløsing i form av making - do, samt å opprettholde flyten arbeidet. (Koskela, Bertelsen, Henrich, & Rooke, 2007)



Figur 4-2. Seven flows, eller syv forutsetninger for sunne aktiviteter (Koskela, Bertelsen, Henrich, & Rooke, 2007)

Koskela definerer en aktivitet som ”sunn” når forutsetningene gitt i figur 4-2, er til stede. Foregående aktivitet må være avsluttet før en ny kan påbegynnes. Dette fordi det kan forårsake forsinkelser og unødvendig arbeid, om en må tilbake på et senere tidspunkt for å gjøre ferdig en tidligere påbegynt oppgave. Ekstra opp og nedrigging, samt ekstra koordinering må ofte påberegnes, som kan unngås ved å fullføre oppgavene sekvensielt. Materialer må være lett tilgjengelig, både riktig type og mengde, som blant annet setter krav til leveringspresisjon. Nødvendig og korrekt utstyr må være tilgjengelig, slik at det ikke

medgår tid til venting eller leting etter verktøyet før oppgaven kan påbegynnes. Rett bemanning er også en forutsetning som krever rett mengde og kompetanse. Når det gjelder forutsetningen om informasjon, betyr dette at det er tilstrekkelig informasjonsflyt mellom alle aktører på byggeplassen, samt at det foreligger fremdriftsplaner, gode tegninger og annen informasjon som er nødvendig for å produsere etter kvalitetskravene. Videre må det være ryddig der den nye aktiviteten skal finne sted, slik at arbeiderne kan jobbe med full tilgang til arbeidsplassen og opprettholde flyten i arbeidet.

Som et tillegg peker Koskela på eksterne forhold. Dette kan være topografi, vær eller offentlige tillatelser. Vinterforhold kan ha påvirkning på produksjonen til håndverkerne ved Østenbulia, da det kan være forekomster av snø på feltet.

#### 4.6 Arbeidsflyt

Som vist i teorien om transformasjon, flyt og verdiskapning, argumenterer Koskela for at tid er et naturlig mål for flyt, og at tid er et bedre mål enn kostnader og kvalitet. Dette fordi reduksjon i ledetid også sannsynligvis vil føre til kostnadsreduksjon og kvalitetsforbedringer. Gjennom forskningsarbeidet i prosjektet ”Involverende planlegging”, har Kalsaas & Bølviken (2011) utarbeidet en metode for å beregne arbeidsflyt i byggproduksjon. Arbeidsflyt defineres som det verdiskapende arbeidet, samt det ikke - verdiskapende arbeid som er nødvendig for å kunne skape verdi, fordelt på total medgått arbeidstid.

Formel 3. Vekting av aktiviteter for kalkulering av arbeidsflyt.

$$\text{Arbeidsflyt} = 100\% \left( \frac{\text{Dir. arb.} + (\beta * \text{indir. arb.}) + (\alpha * \text{Koordinering og HMS})}{\sum \text{arbeidstimer}} \right)$$

$$\beta = \text{effektivitets koeffisient indirekte arbeid} = 0,5$$

$$\alpha = \text{effektivitetskoeffisient koordinering og HMS} = 0,9$$

Ved bruk av denne beregningsmetoden vil det være viktig med en klar definisjon av de ulike komponentene i formelen. Registreringsopplegget som blir brukt ved boligprosjektet Østenbulia deler alle aktivitetene inn i 6 hovedkategorier, der alle kategorier bortsett fra motproduktiv tid (synlig sløsing) bidrar positivt til arbeidsflyten:

- Direkte arbeid – verdiskapning
- Indirekte arbeid – rigg og rydd
- Indirekte arbeid – materiallogistikk
- Koordinering og HMS
- Motproduktiv tid
- Personlig tid og spisepauser

Denne konseptualiseringen av kategoriene skaper et tydeligere skille mellom hva som er verdiskapning, nødvendig arbeid og synlig sløsing i produksjonen. Det blir samtidig lettere og få oversikt over hvor det ligger logistikkutfordringer. Det vil trolig også ligge skjult sløsing i det verdiskapende og nødvendige ikke - verdiskapende arbeid. Det kan for eksempel være forekomster av feilretting, unødvendig transport eller bevegelse.

Det vil være hensiktsmessig å kartlegge aktiviteter for et arbeidslag bestående av to håndverkere fremfor en enkeltperson. Ved beregning av arbeidsflyt kan enkeltpersoner ha for god/dårlig flyt i forhold til verdiskapning hvis denne personen enten har en håndlanger som tilrettelegger for produksjonen, eller motsatt, at personen selv tilrettelegger for andre. Ved å måle et arbeidslag får man derfor et mål på operasjonsflyten fremfor personflyten.

#### **4.7 Last Planner System (LPS)**

The Last Planner System (LPS) er en praktisk metode av Lean Construction, hvor planlegging står sentralt. LPS er et verktøy som brukes til å inkludere alle fag involvert på byggeplass i diskusjoner om hvordan fremdriften på prosjektet bør foregå. Denne metoden er utviklet av blant annet Herman Glenn Ballard (2000) og har vekket interesse hos flere av de større byggentreprenørene i Norge. Skanska benytter seg av en LPS - inspirert planleggingsmetode i noen av deres prosjekter, kalt bakoverplanlegging.

LPS er bygget opp slik at prosjektledelsen lager en hovedfremdriftsplan, som igjen deles opp i en faseplan av prosjektleder. Denne faseplanen inneholder en detaljert beskrivelse av hva som må være gjort i hvilke faser av prosjektet. Dette kan for eksempel være milepæler som ferdig grunnmur, tett bygg eller lignende. Det neste nivået vil være en utkikksplan hvor alle fagene på byggeplassen vil være involvert. Denne planen skal vise planlagt arbeid 5 – 6 uker frem i tid, og det skal bestemmes hvilke aktiviteter som skal utføres de neste ukene. Dette kan sees på som et Last planner filter. Figur 4-3 viser hvordan LPS metoden er bygget opp.

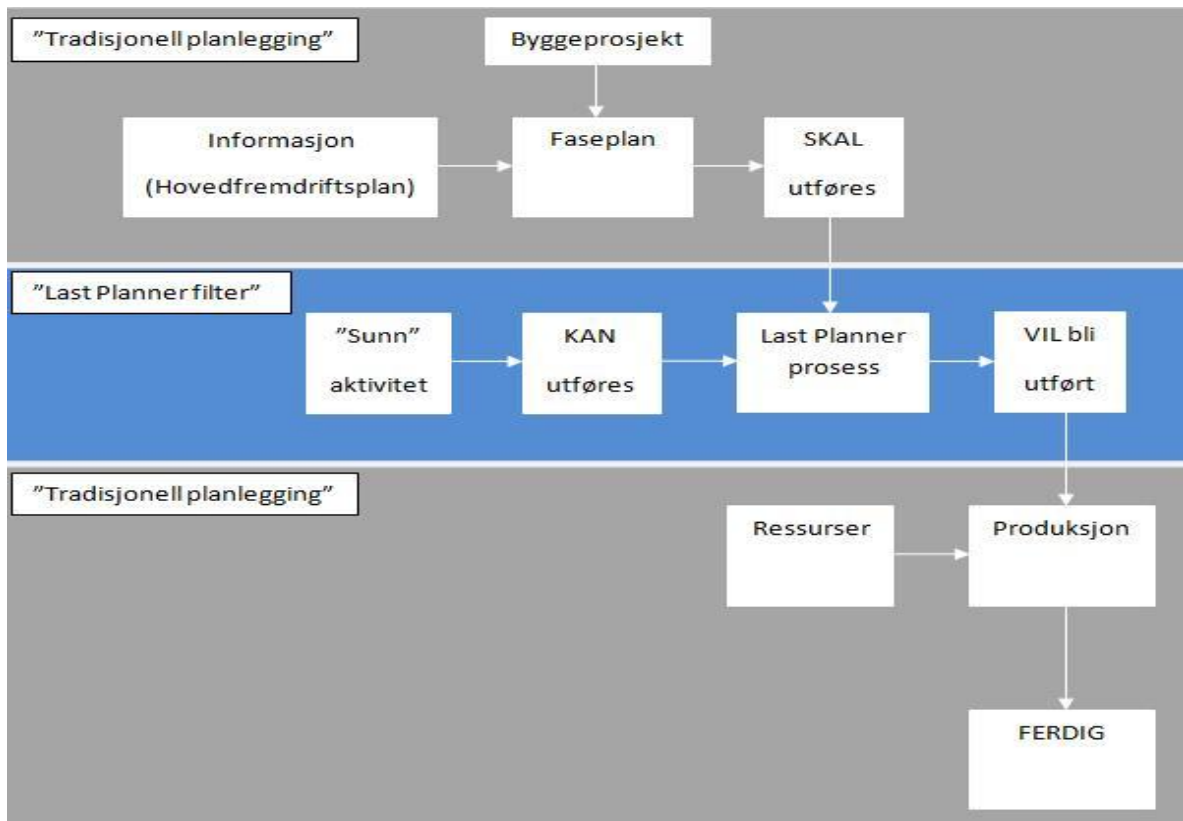


Fig. 4-3. Last Planner System (Ballard, 2000)

Hvis aktivitetene som skal utføres blir definert som sunne, flyttes disse videre til en oppgavebuffer for aktiviteter som kan påbegynnes og utføres. Dette fører til en produksjonsplan. I denne fasen bestemmer formann og/eller bas hvordan produksjonen legges opp for den kommende uken.

Målsetningen med LPS er å bidra til redusert sløsing i produksjons- og anskaffelsesprosesser og øke verdiskapningen i byggeprosjektene. (Kalsaas, Skaar, & Thorstensen, 2010) Det fokuseres på utvikling av forutsigbare, pålitelige og tilstrekkelige fleksible planprosesser som ivaretar alle involverte entreprenørers produksjon og tilhørende verdikjede. Slike planleggingsmetoder kan være et godt verktøy for å utvikle langvarige samarbeidsrelasjoner blant de utførende i byggeprosjekter, som er viktig for styring av egen verdikjede. (Morledge, Knight, & Grada, 2009) Rimmer (2009) viser også at LPS har bidratt til reduksjon av tapt tid til venting på materialer.

LPS har tidligere blitt utprøvd av Skanska ved blant annet Havlimyra oppvekstsenter i Kristiansand kommune. Erfaringer fra prosjektet viste at det synes å være et betydelig potensial i å inkludere de utførende tettere i planleggingsprosessen. Metoden fremmet større kontroll over produksjonsprosessen ved at den ble mer forutsigbar, og derfor mindre behov for brannslukking. Når involverte aktører i planleggingen tilegner seg kunnskap om disse prosessene, kan forutsigbarheten senke kostnadene, og gi utslag i lavere pris for alle involverte. Skanska Finland erfarer at underentreprenører gir lavere pris for prosjekter som organiseres etter lean construction prinsipper. (Kalsaas, Skaar, & Thorstensen, 2010)





## **5 Empiriske analyser**

Dette kapitlet tar for seg aktivitetsstudiene ved Østenbulia. Bruken av registrerings skjemaet vil først beskrives, før resultatene fra første måleperiode presenteres og analyseres. Analysen vil redegjøre for aktuelle tiltak for forbedret bygglogistikk, før det undersøkes hvorvidt implementerte logistikk-løsninger har medført produksjonseffekter, i form av høyere verdiskapning, redusert indirekte arbeid og høyere arbeidsflyt.

Kommentarer og innspill til forbedringer er gitt med bakgrunn i undertegnedes synsvinkel og bør kun anses som innspill og inspirasjon for videre utvikling av bygglogistikken ved Skanskas prosjekter.

### **5.1 Bruk av registrerings skjema**

Vi har fulgt 2 håndverkere hver, gjennom hele arbeidsdager i totalt 3 uker, hvor alle ukedagene har vært representert. Målemetoden fra ”Involverende planlegging” benyttes for å studere hva slags aktiviteter som utføres i produksjonen. Metoden baserer seg på detaljregistrering av tidsbruk på aktivitetene til håndverkerne hvert 5. minutt, gjennom arbeidsdagen. Hver registrerte fem - minutter omtales som ett tellepunkt. Ved endt arbeidsdag kan antall tellepunkter summeres opp, og en prosentandel for hver aktivitet av total arbeidstid kalkuleres. Som et supplement til registreringene ble det skrevet dagbøker om observasjonene som gjøres i produksjonen, for å bedre kunne redegjøre for årsaker til resultatene, samt analysere skjulte kilder til sløsing i produksjonen. Eventuelle korrigeringer for felles personressurser gjøres ved å legge til antall tellepunkter for hver aktivitet ressursen er involvert i laget. Tabell 3 viser hvilke aktiviteter som registreres i skjemaet, og hvilket arbeid som inngår i de ulike aktivitetene.

Tabell 3 Beskrivelse av aktivitetene som registreres (Kalsaas, Thorstensen, Grepperud, Hinlo, Jensen, &amp; Skaar, 2011)

Direkte arbeid – verdiskapning	Beskrivelse av aktivitet
Direkte arbeid	Transformasjonsarbeid som skaper verdi for kunden.
Krankjøring og lignende	Kran som brukes som del av det direkte arbeid i forbindelse med støping, montering og lignende.
Inspeksjon/Kontroll	Kvalitetssikring og klargjøring av utført arbeid.
Henting av materialer innen ca 12 m	Henting av materialer innen 12 meter anses som verdiskapende arbeid i følge gjeldende akkordsystem.
Indirekte arbeid – rigg og rydd	
Rigging – værrelatert	Snøhåndtering og annet nødvendig arbeid forårsaket av værforhold
Rigge opp og ned	Nødvendig arbeid for rigging av arbeidsstasjonen i forkant og etterkant av arbeidet. Eksempelvis å skaffe utstyr, montere stillas og koble seg opp til strømkilde. Forekomst av making do vil kunne føre til at riggetiden vil øke i et prosjekt.
Rydding for å få tilgang til arbeidsplassen	Rydding som må utføres før et arbeid kan påbegynnes.
Opprydding etter arbeidet	Opprydding etter endt arbeidsdag/arbeidsoppgave.
Generell rydding	Rydding på arbeidsplassen uavhengig av arbeidsoppgave.
Indirekte arbeid – materiallogistikk	
Mottak av materialer og prosedyrer rundt dette	Mottak av vareleveranser, koordinering og plassering av kolli.
Pakke ut materialer	Fjerning av emballasje på materialer.
Henting av materialer til arbeidsstedet med tralle eller lignende	Større mengder materialer som blir hentet med trillebår eller traktor. Skanska benytter en traktor ved Østenbulia.
Henting av materialer lenger unna en ca 12 m	Henting av materialer lenger unna enn 12 m, anses som indirekte arbeid i følge gjeldende akkordsystem.
Forflytting mellom arbeidssteder	Bevegelse mellom arbeidsstasjoner. Kilde til making - do og kan medføre ekstra riggetid.
Flytte og hente verktøy	Innebærer henting av verktøy, forflytte verktøyet mellom arbeidssteder, samt bevegelse til/fra verktøykonteiner.
Bevege seg fra/til gjerdesag og lignende	Bevegelse til/fra større verktøy som ikke kan monteres ved arbeidsstedet. Dette vil ved Østenbulia begrense seg til gjerdesag.

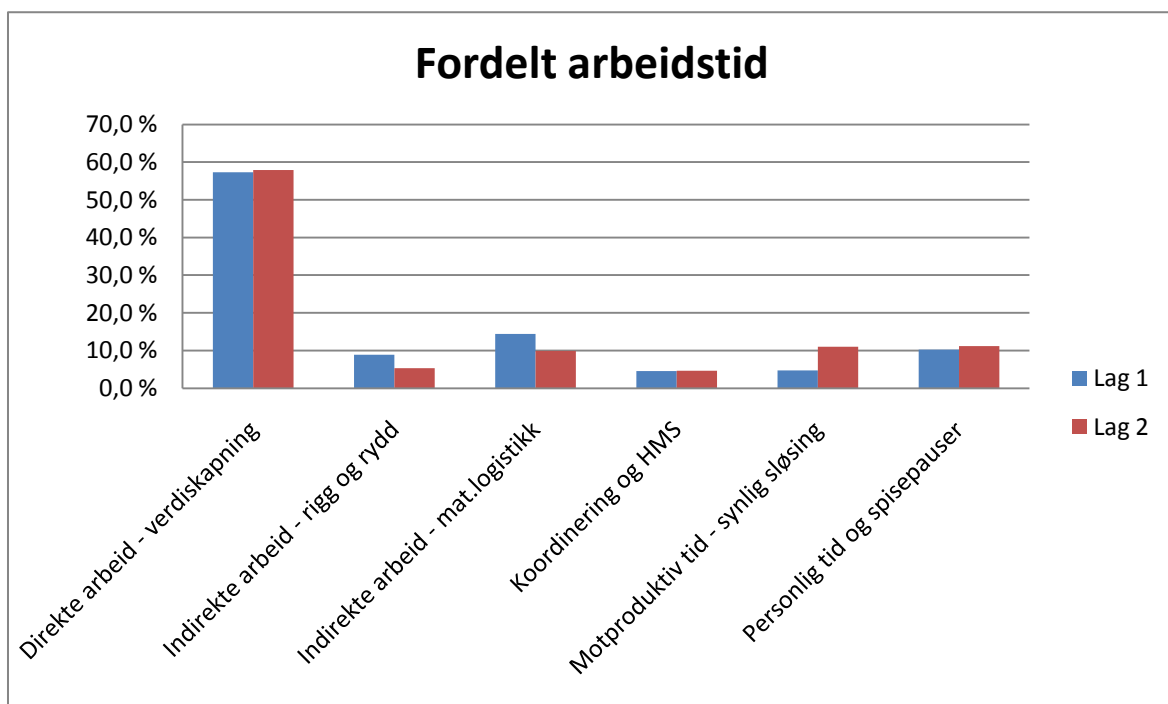
<b>Koordinering og HMS</b>	
Sikringsarbeid (HMS)	Arbeid for å ivareta HMS på byggeplassen, for eksempel montering av personlig verne- og sikkerhetsutstyr.
Planleggingsmøter	Møter mellom bas, formenn og underentreprenører.
HMS – møter	Vernerunder eller møter for å ivareta HMS på byggeplassen.
Koordinering på bygget	Innebærer tegningsforståelse, faglige diskusjoner blant håndverkere, samt instruksjoner fra arbeidsledere.
<b>Motproduktiv tid – synlig sløsing</b>	
Venting / Nedetid	Avbrudd i produksjonen på grunn av venting på materiell, personer, eller nedetid som følge av for eksempel strømbrudd.
Direkte arbeid: Utbedring av tabbe	Synlig sløsing i form av feilretting.
Direkte arbeid: Utbedring av tabbe fra annet lag/fag	Feilretting som følger fra andre lag eller fag.
Annen personlig tid	Unødvendige pauser og annen ubenyttet tid. For eksempel for lange spisepauser.
<b>Personlig tid og spisepauser</b>	
Kaffe - og spisepauser	Fastsatte spisepauser. Det er to spisepauser daglig; kl. 09.00 – 09.15 og kl. 12.00 – 12.25.
Nødvendig personlig tid	5-10 minutters pauser per time for restitusjon eller andre nødvendige årsaker.

## 5.2 Første måleperiode

I perioden 24. januar – 4. februar ble det første aktivitetsstudiet ved Østenbulia utført. Resultatene av dette studiet var et utgangspunkt for å vurdere ulike tiltak som kan forbedre produksjonen ved prosjektet i form av økt tid til verdiskapning.

### 5.2.1 Resultater

Resultatene fra aktivitetsstudie presenteres først i de seks målekategoriene som aktivitetene tilhører. Deretter vil resultatene analyseres ytterligere.



Figur 5-1. Resultater første måleperiode.

Diagrammet i figur 5-1 viser at det verdiskapende arbeidet på byggeplassen utgjorde en høy prosentandel, sammenlignet med andre prosjekter som har benyttet samme målemetode (Kalsaas & Bølviken, 2011), henholdsvis 57,3 % og 57,9 %. Prosjektet består av mindre enheter, som i praksis kan sees på som flere små prosjekter. Hvert arbeidslag hadde ansvar for en eller flere boliger, som medførte at håndverkerne i hovedsak hadde oversikt over nødvendig fremdrift på hver enkelt bolig. Håndverkerne gav uttrykk for at de var fornøyde med dagens ordning, da de mottok høy grad av tillit i produksjonen. Det var gode arbeidsforhold med tanke på topografi, med flat og lett fremkommelig arbeidsplass, og samholdet innad og mellom lagene. Samtaler med håndverkerne på byggeplass gav også signaler på vennlig konkurranse mellom lagene om kortest ledetid på den enkelte bolig.

Formannen på prosjektet hadde også delvis ansvaret for det arbeidet som ofte karakteriseres som administrasjonstid til bas. I aktivitetsstudier av andre prosjekter er denne tiden medregnet i resultatene av aktivitetsstudiene. Dette kan være en av faktorene for høyere andel verdiskapende arbeid ved dette prosjektet.

Andelen rigg og rydd utgjorde 8,9 % for lag 1 og 5,3 % for lag 2. En utfordring som ligger i denne posten er snøhåndtering, som tidvis opptok mye tid for håndverkerne. Lagene på arbeidsplassen benyttet seg av en felles ressursperson som ryddet fellesarealer for snø med traktor. Snøhåndteringen ved det enkelte arbeidssted måtte håndverkerne derimot selv ta ansvar for. Denne snøhåndteringen skilles ut som en egen post i registreringsskjemaet, kalt rigging - værrelatert. Til opprydding på arbeidsplassen ble også felles ressurspersoner benyttet. Traktoren var et nyttig hjelpemiddel som effektiviserte snø- og ryddeprosessene.

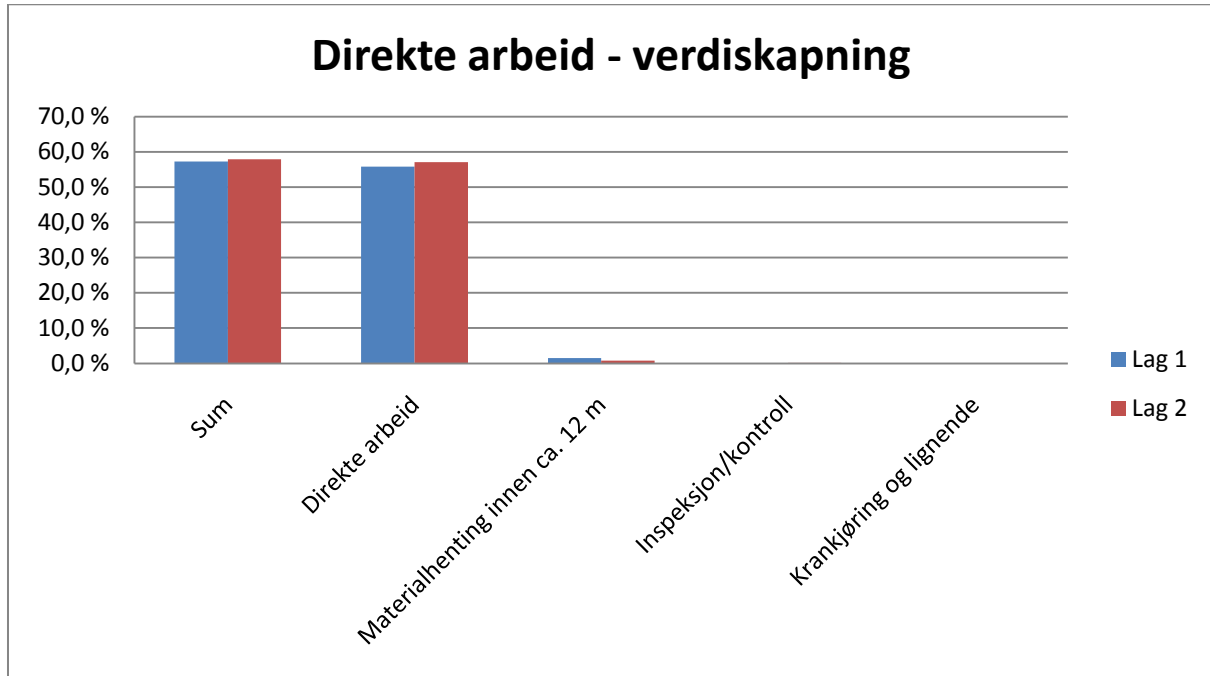
Materiallogistikken utgjorde 14,4 % for lag 1 og 9,9 % for lag 2. Differansen mellom lagene skyldes i hovedsak at lagene opererte på ulike stadier i byggeprosessen, hvor det var ulike behov for materialer, som ikke alltid var plassert i nærheten av arbeidsstedene.

Kategorien koordinering og HMS består hovedsakelig av koordinering på bygget som oppstod i forbindelse faglige diskusjoner mellom håndverkere av ulike fag. Denne tiden utgjorde ca. 5 % av arbeidstiden for begge lag, og vil ikke splittes videre opp i underaktiviteter. Personlig tid og spisepauser anses som mindre relevant for oppgaveløsningen, og vil derfor ikke analyseres. Andelen av kategorien er henholdsvis ca. 10 % for begge lag.

Motproduktiv tid ansees som synlig sløsing i produksjonen og er ikke ønskelig på en arbeidsplass. I denne perioden bestod kategorien av ventetid, feilretting og unødvendige pauser i løpet av arbeidsdagen. Andelen av denne kategorien var henholdsvis ca. 5 % for lag 1, og 11 % for lag 2. Det er viktig å påpeke at det sannsynligvis også eksisterer motproduktiv tid i form av små tilfeller av feilretting i det direkte arbeidet, som kan være vanskelig å spore for oss som observerer.

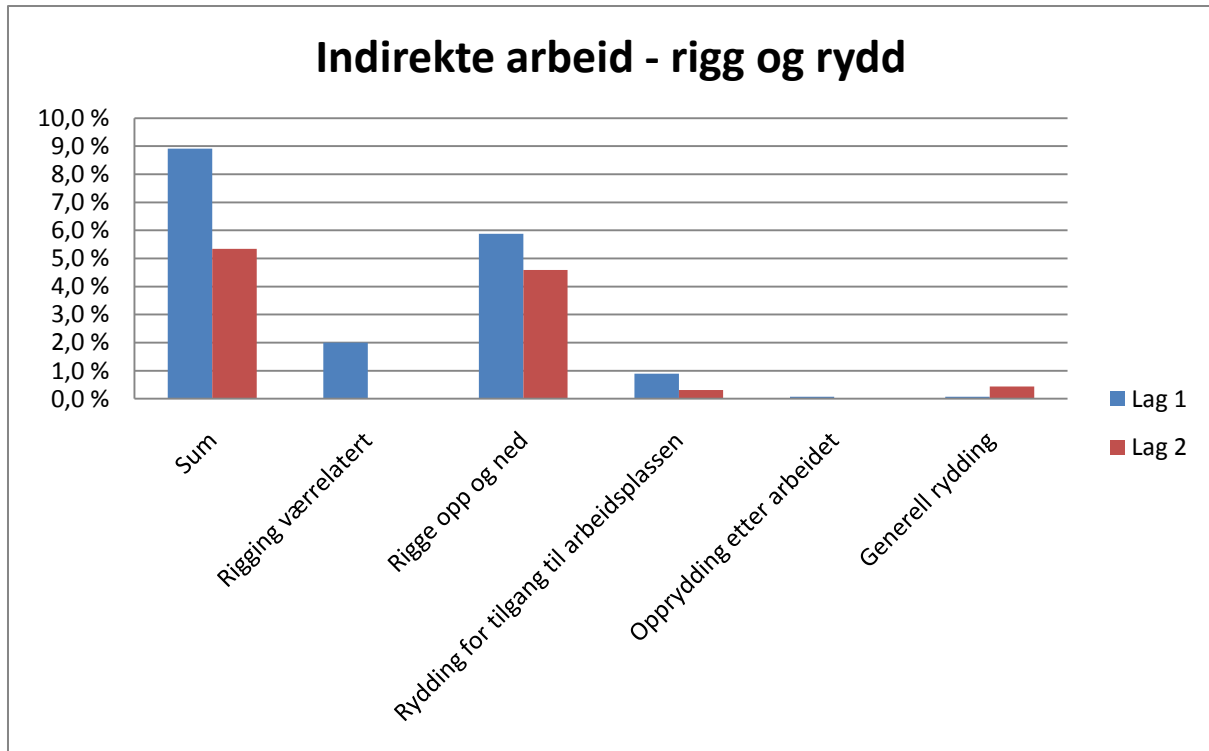
### 5.2.2 Analyse av resultater

For å undersøke logistikkforholdene vil det studeres hvilke aktiviteter som skaper utfordringer i produksjonen. Det foretas derfor en oppdeling av målekategoriene for å analysere hvilke aktiviteter og forbedringspotensialer som logistikk-løsningene bør fokusere på.



Figur 5-2. Grafisk fremstilling av det verdiskapende arbeidet i første måleperiode.

Figur 5-2 viser liten skilnad mellom lag 1 og 2 i andelen verdiskapende arbeid, som hovedsakelig bestod av det direkte arbeidet som ble utført. Inspeksjon/kontroll utgjorde en lav andel av arbeidstiden. Dette kan være fordi byggeledelsen utøvde liten detaljstyring, og arbeidslagene mottok høy grad av tillit for utførelsen. Inspeksjonen som ble foretatt hos lag 2, var i forbindelse med måling av fukt i veggen før montering av diffusjonssperre. Dette ansees som verdiskapning, siden det er en kvalitetssikring av ferdig produkt. Det er bemerkelsesverdig at det var en lav andel henting av materialer innenfor distansen for verdiskapning på 12 meter. Dette tydeliggjør forbedringsmuligheter for plassering av materialer nærmere arbeidsstedene.



Figur 5-3. Grafisk fremstilling av andelen rigg og rydd i første måleperiode.

Den totale tiden som gikk med til rigg og rydd var 8,9 % for lag 1, og 5,3 % for lag 2. Hovedårsaken til denne differansen var værrelatert rigging for lag 1. De måtte ved en anledning fjerne større mengder med snø i 1.etg på et bygg som skulle klargjøres for tetting. Foruten disse vinterforholdene, ville den totale summen av indirekte arbeid – rigg og rydd vært tilnærmet lik, med en differanse på 1,6 %.

Rigge opp og ned utgjorde 5,9 % av arbeidstiden for lag 1 og 4,6 % for lag 2. Det er hovedsakelig registrert slikt arbeid ved oppstart og avslutning av arbeidsdagen. Forekommer det rigging i løpet av dagen, kan dette være en kilde til making – do. Vi har i dagbøkene registrert forekomster av flere kortere arbeidsperioder for underentreprenørene, fremfor et lengre kontinuerlig arbeid. Det ble ikke utført målinger av underleverandører, og det eksisterer derfor ikke et empirisk grunnlag for å dokumentere denne mistanken. Denne observasjonen ble derimot bekreftet i samtaler med Skanskas håndverkere som fortalte at arbeidssituasjonen til underentreprenører tidligere har påført dem usunne aktiviteter i form av duplisering av arbeidsoppgaver. Årsaker var at håndverkerne på ulike måter har blitt hindret i å fullføre arbeidet på grunn av blant annet manglende ferdigstilling fra underentreprenører.

Oppstår det rydding for å få tilgang til arbeidsplassen kan dette være et uro moment for håndverkerne, og det kan virke demotiverende om dette oppleves jevnlig. Det var derimot få

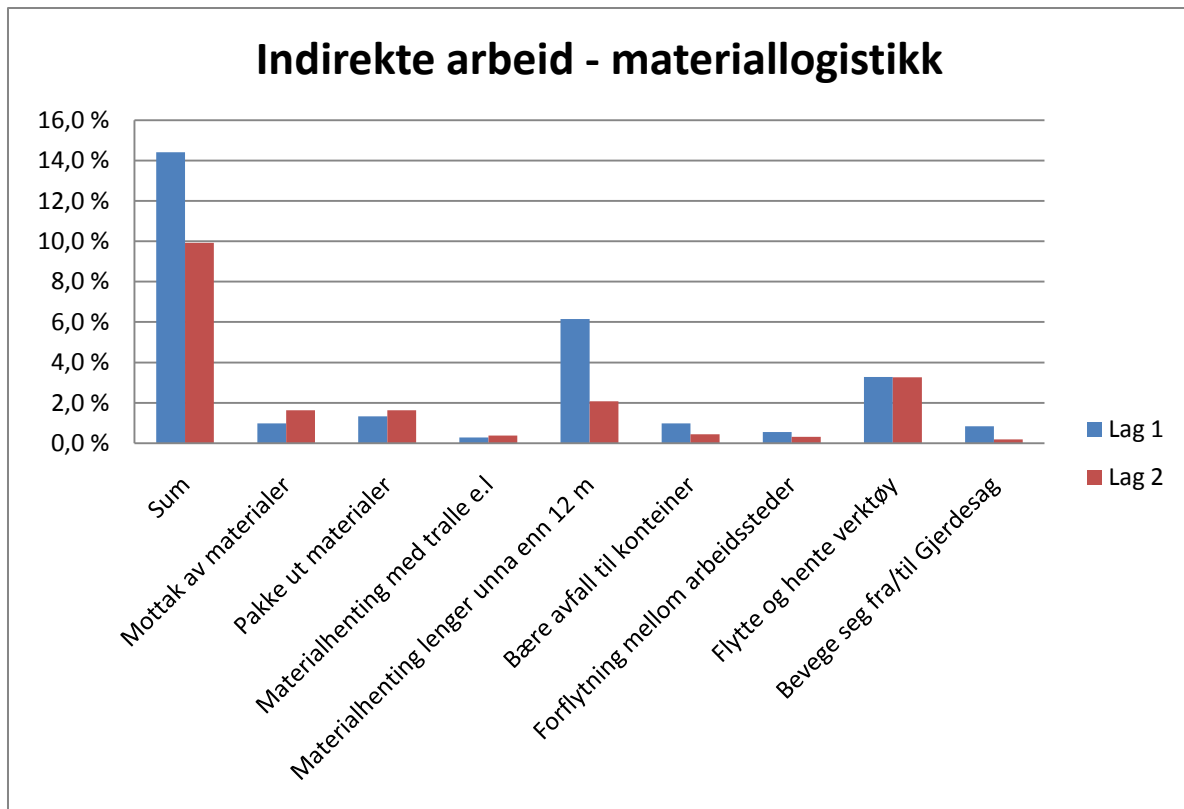
forekomster av tidsbruk på denne typen rydding. (0,9 % for lag 1 og 0,3 % for lag 2). Dette kan tyde på en ryddig arbeidsplass, som er en av forutsetningene i Seven flows. Det var derfor interessant at opprydding etter arbeidet også var lavt Dette kan forklares ved at materialkapp og rester ble liggende igjen ved gjerdesagene etter bearbeiding, som senere ble deponert av felles personressurser, og registrert som generell rydding.



Figur 5-4. Felles personressurser bistod lagene med rydding av arbeidsplassen.

En underliggende grunn til lav andel rydding kan være at avstanden til avfallskontainerne medførte tidkrevende transportdistanser. Dette medførte ekstra tid til avfallshåndtering når dette først ble utført. Et av lagene valgte en løsning der dem bruker en større andel av fredags ettermiddag på å rydde opp etter ukens arbeider. En felles personressurs bidro ellers med generell rydding på byggeplassen. Målte håndverkere brukte derfor mindre tid på ryddeaktiviteter, som frigjorde mer tid til verdiskapning.





Figur 5-5. Grafisk fremstilling av andelen materiallogistikk i første måleperiode

Andelen materiallogistikk fordelte seg med 14,4 % for lag 1, og 9,9 % for lag 2. Mottak av materialer bestod av 1 % av arbeidstiden for lag 1 og 1,6 % for lag 2. Det ble i målingen ikke skilt ut tidsbruk til koordinering for å kartlegge hvilke kolli som skulle til hvilke hus. Dette blir derimot notert i dagbøkene, samt samtaler med fagarbeiderne og sjåføren på stedet som også var en viktig informasjonskilde. Koordinering forekommer hvis kolliene ikke er merket med hvilke bolignummer leveransen skal til.

Flere kolli ble levert som felles leveranser, og ble sentralt plassert i felles deponier. Håndverkerne måtte derfor bruke tid til å frakte materialer fra disse deponiene til arbeidsstedene. Dette kan anses som unødvendig transport, da materialene ble fraktet i flere omganger. Stort behov for intern materialtransport var hovedårsaken til at det ble benyttet traktor til å frakte materialer.

Den største differansen mellom lagene, synliggjøres på henting av materialer lenger unna enn 12 meter. Dette resultatet skyldes hovedsakelig at lagene arbeidet i forskjellige stadier av byggeprosessen, og i ulike etasjer. Lagene hadde ulikt behov for ulike typer materialer, og dette var kun tidvis plassert nærme arbeidsstedet. Dette gav spesielt utslag for lag 1, fordi dem hovedsakelig arbeidet i overliggende etasjer. Dette medførte krevende manuell vertikal

transport av materialer via blant annet stillas - rigger. Med bedre plassering av byggevarer kunne deler av denne transporten vært unngått. Dette er en tydelig indikasjon på skjult sløsing i form av unødvendig transport i produksjonen. Større andeler henting av materialer utenfor distansen for verdiskapning, indikerer mulige tidsbesparelser ved lagring av materialer nærmere arbeidsstedet. Dette vil trolig kunne frigjøre mer tid til direkte arbeid.



**Figur 5-6. Arbeid i høyden medførte ekstra manuell transport av materialer.**

Det er i dagbøkene registrert forekomster av at lagene låner materialer av hverandre. Dette kan være uheldig, da dette kan gi ringvirkninger i form av at laget som har bestilt materialene, står uten nødvendige varer når det er behov for dem. Aktiviteten som pågår kan da ikke karakteriseres som sunn, og forekomster av making – do kan oppstå, da laget ikke kan fullføre påbegynt arbeid. Lån av materialer forekom i følge håndverkerne oftest ved større avstander til det felles deponiet, eller at materialene var skjult under snø. Da var det ofte enklere å låne materialer av laget som arbeidet på bygget ved siden av. Flere av håndverkerne gav uttrykk for misnøye med denne situasjonen.

Henting av festemateriell fremstod i intervjuer som et problem, da det tidligere hadde vært problemer med feilbestillinger og manglende festemateriell. En av håndverkerne ønsket å ta ansvaret for bestilling av denne typen varer, men fikk ikke myndighet til dette. Lagene ønsket denne ordningen fordi de mente at dem selv hadde bedre oversikt over fremtidig nødvendig

festemateriell. Forekom det at lagene manglet nødvendig festemateriell, måtte de bruke alternative festemidler, eller finne annet arbeid, som kan ha medført making - do i produksjonen.

En annen utfordring var transportavstander for avfallsdeponering. Konteinerne var ikke plassert rundt arbeidsstedene til håndverkerne og synliggjorde unødvendig transport i forbindelse med frakt av avfall til konteiner. Traktoren reduserte noe av tiden til avfallshåndteringen, men transportavstandene var trolig en medvirkende årsak til en tidvis uryddig arbeidsplass.



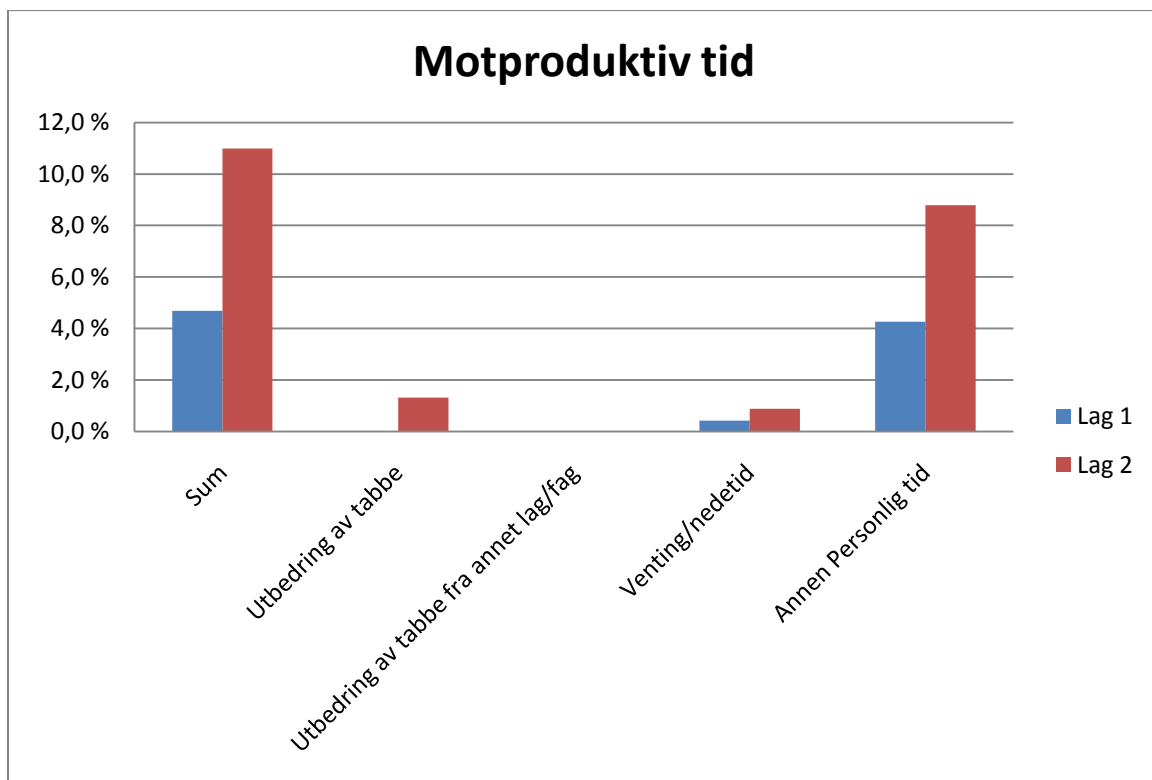
**Figur 5-7. Traktoren var et godt hjelpemiddel i produksjonen ved Østenbulia.**

Forflytting mellom arbeidssteder kan være en kilde til usunne aktiviteter og kan føre til tilfeller av sløsing i form making – do og unødvendig bevegelse. Denne posten vil også trolig føre til ekstra opp – og nedrigging. Tidsbruk på denne aktiviteten var omtrentlig 0,5 % for begge lag. Lag 2 ble hindret i et arbeid da de skulle innrede ett kott i 2. etasje. Ventilasjonsmontørene hadde påbegynt arbeidet tidligere enn forutsett, slik at monterte ventilasjonsrør var til hinder for montering av diffusjonssperre og gips. Dette førte til at målte håndverkere måtte finne et annet sted å arbeide, noe de oppfattet etter at de hadde rigget seg opp på arbeidsstedet. Ventilasjonsmontørene måtte demontere tidligere utført arbeid, for så og re - montere rørene etter at Skanskas håndverkere hadde avsluttet sitt arbeid. Dette er et tydelig tegn på making – do, både for målte håndverkere og underentreprenøren. Tilstrekkelig

informasjon om fremdrift burde vært tilgjengelig for underentreprenøren, slik at håndverkerne hadde fått utført sitt arbeid før ventilasjonen ble montert.

Om lag 3,3 % av total tid gikk med til flytting og henting av verktøy for begge lag. Dette kan blant annet forklares med at verktøykonteinerne ikke var plassert i nærheten av arbeidsplassen, og medførte tidkrevende bevegelse for å skaffe seg det nødvendige verktøyet. Flere lag benyttet også samme verktøykonteiner, og førte til at det gikk med tid til å søke opp verktøy som hadde vært benyttet av andre lag, som ikke hadde blitt returnert til den respektive konteiner. Med bakgrunn i disse observasjonene viser også verktøylogistikken tegn på sløsing i form av unødvendig transport og bevegelse.

Hvert lag var tildelt sin egen gjerdesag. Dette begrenset bevegelsen mellom arbeidsstedene og sagene, fordi dem kunne plasseres nærme arbeidsstedet. Begge lag opererte ellers mye med en håndholdt sirkelsag der dette var mulig. Dette fremstod effektivt fremfor kapping på gjerdesag, som krevde bevegelse til og fra arbeidsstedet. Lag 2 fikk utdelt en kappliste når det skulle monteres et bindingsverk på deres arbeidssted. Dette fremstod effektivt og er et godt eksempel på forenklede aktiviteter, da materialene kunne kappes opp i en omgang, uten behov for måling og regning på antall nødvendige stendere.



Figur 5-8. Grafisk fremstilling av andelen motproduktiv tid i første måleperiode

Den totale registrerte tidsbruken på motproduktiv tid var 4,7 % for lag 1, og 11,2 % for lag 2. Vindtettingen på en bolig måtte monteres ved to anledninger for lag 2 siden denne ikke var festet godt nok, og viser at sløsing i form av feilretting var tilstedeværende i produksjonen. Det vil også trolig være forekomster av mindre tidkrevende feilretting i det direkte arbeidet som vanskelig kan spores av observatører. Nedetid som følge av strømbrudd var forårsaket av kapasitetsbrudd i strømskapene. Denne tiden utgjør til sammen ca 1,5 %.

Annen personlig tid stammer fra forlengede pauser, og annen ubenyttet tid gjennom arbeidsdagen. Den medgåtte tiden var 4,4 % for lag 1, og 8,8 % for lag 2. Ved nærmere utregning utgjør denne tiden til sammen ca 16,5 timer, fordelt på 10 dager. Håndverkerne ved Østenbulia lønnes etter akkord<sup>2</sup>, slik at håndverkerne delvis styrer sin egen arbeidstid. Til tross for høy andel av ubenyttet tid, benyttet håndverkerne nærmere 60 % av tiden til verdiskapning. På en annen side kan den høye andelen ubenyttet tid for lag 2 medføre økt ledetid på bygget. Vi ønsker ikke i denne oppgaven å gå i dybden på denne problemstillingen annet enn å påpeke at dette kan være et problem.

### 5.2.3 Arbeidsflyt i første måleperiode

Oppgavens litteratursøk ga forklaringer på flere aspekter av byggproduksjonen. Litteraturen viste at høy verdiskapning og redusert ledetid i byggeprosjekter kan ha flere sammenhenger med god flyt i arbeidet. Arbeidsflyten for begge lag skal kalkuleres i henhold til arbeidsflytformelen gitt av kapittel 4.6. Arbeidsflyten er kalkulert som et gjennomsnitt av perioden, og individuelt for hver dag.

Formel 4. Vekting av aktiviteter for kalkulering av arbeidsflyt (Kalsaas & Bølviken, 2011)

$$\text{Arbeidsflyt} = 100\% \left( \frac{\text{Dir. arb.} + (\beta * \text{indir. arb.}) + (\alpha * \text{Koordinering og HMS})}{\sum \text{arbeidstimer}} \right)$$

$$\beta = \text{effektivitets koeffisient indirekte arbeid} = 0,5$$

$$\alpha = \text{effektivitetskoeffisient koordinering og HMS} = 0,9$$

<sup>2</sup> Akkord er fastsatt lønn avhengig av arbeidsoppgave. Hver prosess i produksjonen har en tariffestet pris, som utbetales til utførende håndverkere, såkalt prestasjonslønn. (Forsberg, 2010)



Anleggsområdet på Østenbulia har et godt utgangspunkt for å tilrettelegge for god flyt i arbeidet. Terrenget er flatt, feltet har brede adkomstveger, og hver enebolig har større arealer disponibelt for å tilrettelegge produksjonsforholdene. Arbeidslagene nøt godt av felles personressurser som utførte indirekte arbeid for lagene, som for eksempel ryddeaktiviteter. Dette frigjorde mer tid til mer verdiskapning for håndverkerne, og bidrar positivt til lagets arbeidsflyt. Produksjonen var i perioden eneboliger i kjede, som medførte enklere oversikt og en mer transparent produksjon. På den andre siden viste analysene at ikke - verdiskapende aktiviteter utgjorde en betydelig del av arbeidstiden, som gir negative bidrag til arbeidsflyten.

Flyten kalkuleres ut ifra antall tellepunkter per aktivitet per dag. Kalkulert flyt for alle dager kan studeres i vedlegg 1 og 2. Beregnet flyt var 78,1 % for lag 1 og 74,9 % for lag 2. Andelen verdiskapende arbeid var for begge lag i perioden tilnærmet lik, mens den kalkulererte arbeidsflyten viser en differanse mellom lagene på 3,2 %. Lag 1 hadde en større andel indirekte arbeid enn lag 2. Andelen synlig sløsing ved lag 2 var dobbelt så høy som for lag 1, og gir et tydeligere negativt bidrag til arbeidsflyten. Den tiden lag 2 ikke bruker på indirekte arbeid faller bort i motproduktiv tid, fremfor direkte arbeid.

### Arbeidsflyt for lag 1

Arbeidsflyten til hvert lag skal analyseres nærmere. Det tas derfor utgangspunkt i de to dagene der arbeidsflyten var høyest og lavest, for å undersøke årsaker og forklaringer til ulik arbeidsflyt disse dagene.

Tabell 4. Kalkulert arbeidsflyt for lag 1

Lag 1 – Arbeidsflyt = 78,1 %						
Dag	Verdiskapning	Indirekte arbeid	Koordinering og HMS	Motproduktiv tid	∑ Arbeidstid	Arbeidsflyt
24.01	112	61	16	7	196	80,1 %
02.02	99	82	4	11	196	73,3 %

Tabell 4 viser at mandag 24. januar var en dag med høy arbeidsflyt for lag 1. Denne dagen bestod av montering av taksperrer, stenderverk og avstiving av takstoler. Arbeidet foregikk hovedsakelig i høyden, og til tross for dette viser beregningene at flyten var god. Dette kan forklares med at andelen motproduktiv tid var relativt lav, og derfor færre avbrudd i produksjonen. Observasjonene på byggeplass viser tydelig at levering av materialer i den etasjen varene skal benyttes kan bidra til en høyere flyt, og samtidig høyere verdiskapning,

fordi materialene da er plassert nærmere arbeidsstedet. Håndverkerne ytret flere ganger ønsker om bedre tilrettelegging for arbeid i øvre etasjer.

Onsdag 2. februar var påvirket av større andeler indirekte arbeid, og lavere arbeidsflyt. Værrelatert rigging preget dagen og medførte lavere verdiskapning enn ellers i perioden. Den motproduktive tiden er forholdsvis lav, som viser at det omfattende riggarbeidet er hovedårsaken til lavere arbeidsflyt.

### Arbeidsflyt for lag 2

Tabell 5 viser at arbeidsflyten var i overkant av 80 % tirsdag 1. februar. Dagen ble brukt til montering av lekter og kledning. Den høye flyten kommer av høy verdiskapning, og lavere andeler indirekte arbeid og motproduktiv tid. Materialene var godt tilrettelagt ved siden av arbeidsstedet, og var det største bidraget til redusert indirekte arbeid denne dagen

Tabell 5. Kalkulert arbeidsflyt for lag 2

Lag 2 – Arbeidsflyt = 74,9 %						
Dag	Verdiskapning	Indirekte arbeid	Koordinering og HMS	Motproduktiv tid	Sum Arbeidstid	Arbeidsflyt
01.02	124	43	15	14	196	81,1 %
04.02	84	70	8	34	196	64,4 %

Fredag 4. februar fremstår som en mindre verdiskapende dag, der også flyten i arbeidet er lavere. Det direkte arbeidet denne dagen bestod av montering av diffusjonssperre og innvendig gips i øvre etasje i en av boligene. Lang avstand til gipsplatene samt høye tidsandeler til rydding inne i boligen, medførte større andeler indirekte arbeid denne dagen. Dagen bestod også av større andeler ubenyttet tid, som er det største bidraget til lavere flyt. Observasjonene denne dagen tilsier at selv om flyten var lav, var det direkte arbeidet preget av høy effektivitet.

### 5.3 Mulige logistikktiltak

Resultatene fra første måling har gitt indikasjoner på hvor det kan ligge logistikkrelaterte forbedringspotensialer i boligproduksjonen ved Østenbulia. Med bakgrunn i disse analysene vil det foreslås ulike logistikktiltak som kan være aktuelle for utprøving, som et ledd av å svare problemstillingen.

#### Boligspesifikke leveranser

Det ble ved flere anledninger registrert tilfeller av leveranser som ikke var merket med bolignummer. Materialene ble i slike tilfeller ofte plassert på steder der håndverkerne antydte at dem tilhørte. Materialene måtte derfor ofte flyttes til korrekt sted i ettertid. I slike situasjoner kan det oppstå mellomlagring, som fører til at det går med mye tid til sortering og henting av de rette materialene til sine oppgaver. Mellomlagring bør i følge lean litteraturen unngås. Det kan være hensiktsmessig at hvert kolli merkes tydelig med bolignummer, slik at leveransen blir plassert på rett sted ved første løft så nærme arbeidsstedet som mulig for å unngå unødvendig materialhåndtering. Dette vil medføre en forbedret produksjons lay - out på byggeplassen.



Figur 5-9. Boligspesifikk leveranse ved Østenbulia.



Enkelte materialer ble også levert som felles kolli, samlet for flere husstander. Dette dannet flere sentrale deponier på byggeplassen. Dette var spesielt registrert ved leveranser av panel, lekter og listverk. Hvert lag måtte da bruke tid på å fordele materialene seg i mellom, før dem ble fraktet til egne arbeidssteder. Traktor var til hjelp i slike situasjoner, men denne operasjonen kunne i utgangspunktet vært unngått, med bedre bestillingsrutiner. Når det bestilles varer bør bolignummer derfor spesifiseres, slik at materialene blir pakket i flere mindre kolli fremfor større felles kolli. Dette vil trolig medføre at pakkene kan losses av ved rett arbeidssted ved første løft.

Det vil være en fordel å ha den samme sjåføren, som kjenner til området og som vet hvilke nummer de ulike husene har. Om sjåføren er kjent på området, vil dette forenkle arbeidet med å plassere kolloene i rett rekkefølge på lastepaletten, som vil gi bedre flyt og kortere lossetid. Grepperud m. flere (2010) viser at dette virker positivt på flyten i en losseprosess.

### **Kranløft av byggevarer direkte inn i etasjer dem skal benyttes**

Observasjoner fra første måleperiode, viste tidkrevende materialtransport av blant annet gips, undertak og stenderverk til øvre etasjer i boligene. Disse aktivitetene kunne vært redusert om materialene hadde blitt løftet inn i etasjen med kran etter at sponplategulvet ble lagt, mens gavlveggen enda var åpen. I samtaler med håndverkerne mener også dem at dette er en mulig operasjon å utføre. Det er en innarbeidet rutine at sponplategulv blir løftet direkte inn i øvre etasjer, som beviser at løft av andre materialer også er mulig å gjennomføre. Forskjellen er at gulvet blir løftet inn samme dag som det skal monteres, i motsetning til hva som vil gjelde for de nevnte materialene, som vil bli montert ved en senere anledning etter levering.

Konsekvenser av et slikt tiltak vil være at materialene blir lagret lengre på arbeidsplassen, som utsetter materialene for fukt og slitasje og kan medføre økt svinn. Planlegging av hvor lagrene skal plasseres i etasjen bør også tas i betraktning før forslaget blir innført. Dette tiltaket vil trolig redusere manuell vertikal transport av materialer betraktelig, som vil kunne medføre en tydelig reduksjon av kategorien materiallogistikk.

## **Bakoverplanlegging**

Bakoverplanlegging gir muligheter for å samle formenn, baser, underentreprenører og leverandører til et møte hvor en detaljert planlegger hva som skal skje av produksjon den neste måneden. Det tas her utgangspunkt i målet, for deretter å legge en plan bakover i tid, inspirert av Last Planner System (LPS).

Det ble registrert tilfeller i første måleperiode der underentreprenører har blitt involvert i arbeidet for tidlig, som fører til at håndverkere må finne andre arbeidsoppgaver mens de venter på at andre fag skal bli ferdige. Dette er tydelige tegn på tilfeller av making - do og usunne aktiviteter. Ved bakoverplanlegging vil det også være muligheter for å planlegge hvilke materialer som må bestilles i hvilke mengder og til hvilken tid. Det er observert at håndverkerne låner materialer fra hverandre, noe som fører til at det fort blir mangel på materialer. Ved en slik planlegging kan en legge til rette for sunne aktiviteter, jamfør de syv forutsetningene i Seven flows. Disse aktivitetene vil være klare for utførelse, med retningslinjer for hvilke fag som skal påbegynne sitt arbeid på hvilke steder.

## **Verktøy – og avfalls konteinere**

Det var lengre avstand fra arbeidsstedene til verktøy- og avfallskonteinere, som førte til mye bevegelse på feltet. Unødvendig bevegelse er en form for sløsing, og kan unngås med plassering av konteinere nærmere arbeidsstedene. Ved behov for verktøy førte dette til brudd i produksjonen, og dermed dårligere flyt i forhold til kontinuerlig strøm av verdiskapning. I intervjuer av håndverkerne på Østenbulia, viste det seg at det tidligere har vært benyttet lagspesifikke verktøykonteinere, som de selv hadde ansvar for. Disse konteinere er en mindre type enn dem benytter per dags dato, og medfører at man kan plassere konteinere nærmere arbeidsstedet. Lagspesifikke konteinere kan gi bedre oversikt over egen verktøybeholdning. Et slikt tiltak vil forbedre byggeplassens lay - out. Denne typen konteiner lar seg flytte ved hjelp av traktoren som er tilgjengelig ved Østenbulia.

Ved å skaffe et eller to sett ekstra avfallskonteinere, vil trolig arbeidsplassen fremstå mer ryddig, samt at bevegelse til/fra konteiner kan reduseres. Ved dagens situasjon kan det virke for tidkrevende for håndverkerne å bære avfallet til konteinere på grunn av avstanden mellom konteiner og arbeidssted. Intervjuene med håndverkerne bekreftet at de fornøyde med å ha en traktor tilgjengelig, og forteller også at kravene til sorteringsgrad og avstand til konteinere gjør det vanskeligere å beholde en ryddig arbeidsplass.

### **Tidligere tilkobling av strøm i hver bolig**

Det oppstår synlig sløsing i form av nedetid på grunn av strømbrudd, som medfører stopp i produksjonen. Strømbruddene forårsakes av at flere lag benytter seg av de samme strømskapene og fører til kapasitetsbrudd. Ved å få strøm inn i husene på et tidligere stadium vil det trolig bli færre tilfeller av strømbrudd. Det vil også bli mindre arbeid med å strekke ledninger og lete etter skjøteledninger. Arbeidsplassen kan derfor også fremstå mer ryddig fordi det er færre ledninger som ligger i veien. Dette kan gi positivt utslag i arbeidsflyten, og eliminering av nedetid som følge av strømbrudd.

### **VMI<sup>3</sup>**

I fremtiden er det et mål for Skanska at flere byggeplasser skal ta i bruk en VMI ordning på forbruksmaterialer som for eksempel festemateriell. Dette er et prosjekt som krever tid til planlegging med tanke på blant annet leverandører, avtaler og økonomi, slik at en innføring vil være vanskelig i denne forskningsperioden. Det har ved flere anledninger vært forekomster av feilbestilte varer til byggeplassen. Med en VMI løsning ville ikke dette lenger være et like aktuelt tema, siden det da ville være leverandøren som står for oppfølging og påfylling av varer. Dette kan også medføre redusert kapitalbinding for Skanska.

### **Benytte pre - kuttete materialer**

Med bestilling av pre - kuttete materialer, vil materialene være ferdig kuttet på mål og klare til bruk i produksjonen. Skal dette være aktuelt må en se på om prisen på disse materialene kan forsvares til fordel for brukt tid til oppmåling, kapping og sortering av materialene. Dette er for undertegnede vanskelig å se, siden kapping har blitt sett på som en del av det direkte arbeidet, og kan derfor vanskelig skilles ut i målingene. Ut i fra dagbøkene ser vi at det medgikk mye tid til kutting i forbindelse med oppsett av reisverk til boligene. Når dette ble utført av lag 2 under målingene, opptar kapping av stendere til 1. etasje ca. to timer. Håndverkeren som kappet materialene benyttet en kappeliste med oppgitt materialtype og lengde, noe som virket effektivt og raskt i forhold til å måtte ta alle målene selv før kapping.

---

<sup>3</sup> Vendored Managed Inventory (VMI) er en form for leverandørstyrt lagerbeholdning. Leverandøren eier lageret, og kunden betaltes ikke før det tas ut varer av lageret. Leverandøren har ansvar for etterfylling av varer etter gitte maks - og minimum beholdninger som avtales med de involverte parter. (Kalsaas, 2009)

## Forventede effekter av logistikktiltakene

Det vil være mulig å si noe om forventede effekter av foreslåtte logistikktiltak. Aktivitetene i registreringskjemaet, og deres forventede individuelle effekter av tiltakene er samlet i tabell 6.

Tabell 6. Forventede produksjonseffekter av foreslåtte forbedringstiltak

Direkte arbeid – verdiskapning	Forventede produksjonseffekter
Direkte arbeid	En større andel av arbeidsdagen kan benyttes til direkte arbeid, ved tilrettelagt bygglogistikk
Krankjøring og lignende	Ingen forventede effekter ved Østenbulia, effekt avhenger av ønske om økt eller redusert bruk av kran
Henting av materialer innen 12 meter	Et av målene med forbedret bygglogistikk er å plassere materialer nærmere arbeidsstedet, for å redusere tid til materiallogistikk. Dette kan føre til økt forekomst av denne aktiviteten.
Inspeksjon/kontroll	Ingen forventede endringer.
Indirekte arbeid – rigg og rydd	
Rigging – værrelatert	Reduserte materiallagre kan redusere tidsbruk, på grunn av mindre bearbeiding for tilgang til materialer
Rigge opp og ned	Reduksjon av usunne aktiviteter kan forventes, og dermed også reduksjon av denne aktiviteten.
Rydding for å få tilgang til arbeidsplassen	Redusert tidsbruk kan forventes på grunn av bedre fremkommelighet av færre materiallagre og samkjøring med andre fag.
Opprydding etter arbeidet	Ingen store endringer, men kan erstatte andeler generell rydding på grunn av en bedre lay – out i form av fler avfallskonteinere på byggeplass.
Generell rydding	Reduserte materiallagre kan redusere ryddebehovet, samt større andeler opprydding etter arbeid kan medføre mindre behov for generell rydding.
Indirekte arbeid – materiallogistikk	
Mottak av materialer og prosedyrer rundt dette	Redusert tidsbruk kan forventes som et resultat av forbedret leveringspresisjon, dog vil trolig total leveransetid øke, som en konsekvens av flere kolli.
Pakke ut materialer	Lagspesifikke leveranser kan redusere tidsbruk.
Henting av materialer med tralle eller lignende	Bedre tilrettelegging av materialer vil redusere bruken av tralle eller lignende.
Henting av materialer lenger unna enn 12 meter	Betydelig reduksjon kan forventes av lagspesifikke leveranser og tilrettelegging i øvre etasjer
Bære avfall til konteiner	Reduserte materiallagre kan føre til mindre skader og redusert kapp av materialer. Redusert tidsbruk kan også forventes av kortere transportdistanser.
Forflytning mellom arbeidssteder	Reduksjon av usunne aktiviteter kan forventes, og dermed også reduksjon av denne aktiviteten.
Flytte og hente verktøy	Reduksjon av usunne aktiviteter og forbedret lay – out som følge av lagspesifikke konteinerer, kan forvente å redusere denne aktiviteten.
Bevegelse til/fra gjerdesag og lignende	Forbedringer i byggeplass lay - out kan gi redusert tidsbruk på denne aktiviteten, samt større grad av pre-kuttete materialer kan føre til mindre bevegelse til/fra sag.
Koordinering og HMS	
Sikringsarbeid (HMS)	Ingen forventede endringer, men færre mellomlagre kan ha positive effekter på sikkerhet og trivsel

Planleggingsmøter	Integrering av logistikk-løsninger i produksjonen kan kreve mer tid til møter (som f.eks bakoverplanlegging) og koordinering
HMS-møter	Ingen forventede endringer.
Koordinering på bygget	Koordineringen kan forenkles på grunn av større forutsigbarhet ved leveringer, og færre tilfeller av usunne aktiviteter
<b>Motproduktiv tid</b>	
Utbedring av tabbe	Ingen forventede endringer.
Utbedring av tabbe fra annet lag/fag	Ingen forventede endringer.
Venting/nedetid	Større forutsigbarhet i leveringspresisjon, forbedret lay-out og tilrettelegging for arbeidet, samt færre strømbrydd kan redusere tidsbruken,
Annen personlig tid	Ingen forventede endringer, men forutsigbare logistikk-løsninger kan ha en motiverende effekt på håndverkerne.
<b>Personlig tid og spisepauser</b>	
Kaffe- og spisepauser	Ikke relatert til logistikk
Nødvendig personlig tid	Ikke relatert til logistikk

## 5.4 Innførte logistikktiltak

I samsvar med produksjonsledelsen ved Østenbulia ble det bestemt å innføre følgende logistikktiltak; boligspesifikke leveranser, kranløft av byggevarer direkte til de etasjer de skal benyttes, og bakoverplanlegging. Forslaget om merking av leveranser med bolignummer har tidligere blitt utført i varierende grad. Produksjonsledelsen har samtykket til at fremtidige leveringer skal merkes konsekvent. Det vil også bli lagt til rette for å løfte materialer til den etasjen dem skal benyttes. Gjennomføringen av bakoverplanleggingen beskrives i detalj.

Tirsdag 8. mars var det innkalt til møte ved Østenbulia for å gjennomføre en bakoverplanlegging i regi John Skaar som er veileder for denne oppgaven. Bakoverplanleggingen ble gjennomført som et ledd i forskningen, i håp om å forbedre koordineringen mellom fagene på byggeplass. Alle underentreprenører ble bedt inn til møtet, og de deltagende fagene var:

- Ventilasjon (ikke deltagende på hele møtet)
- Leverandør av byggevarer
- Elektro
- Maling og flislegging
- Produksjonsledelsen ved Østenbulia
- John Skaar
- Sigmund Jensen

Rørlegger hadde ikke mulighet til å delta, siden tidspresset ute på byggeplassen var stort. Produksjonsledelsen ved Østenbulia hadde ikke tidligere vært med på å utføre en Last Planner inspirert fremdriftsplan. Det ble derfor holdt en kort presentasjon, for å gi alle et innblikk i planleggingsmetodikken, og hvilke fordeler en slik planlegging kan gi. Det viste seg at enkelte av underentreprenørene hadde benyttet denne formen for planlegging før, i regi av Skanska og hadde positive erfaringer med denne formen for planlegging.

Hensikten med møtet var blant annet å oppnå økt informasjonsflyt, bedre forståelse for arbeidsomfang og fremdrift, samt tilrettelegging av arbeidsforholdene til Skanska og underentreprenørene. På denne måten kan det bli tydeligere for underentreprenørene når deres arbeid burde påbegynnes og ferdigstilles. Under møtet var kommunikasjonen god, og det kom

opp sentrale datoer for ferdigstillelse av arbeider, samt at aktørene fikk et bedre innblikk i hvor lang tid de forskjellige fagene trengte på de respektive oppgavene.



**Figur 5-10. Bakoverplanlegging ved Østenbulia.**

Muligheter for å installere husstrøm på et tidligere stadium ble også diskutert på bakoverplanleggingsmøtet, mellom elektro og produksjonsledelsen i Skanska. Det viste seg at dette er mulig, men at kostnadene forbundet med dette ikke vil være i samsvar med nytten av tiltaket. For å innføre et slikt tiltak kreves det strømmålere i hver bolig. Konsekvensen av dette ville vært nettleie for hver bolig, og det kan ikke forsvares i forhold til nedetiden som er registrert på byggeplassen som følge av strømprudd. Det kom derimot frem under møtet at materialleverandøren stilte seg positive til å bidra med å løfte materialer opp i høyden under vareleveranser. De sier seg også villige til å løfte opp kolli fra andre leverandører, hvis dem allikevel er på byggeplassen og er rigget for lossing.

Det kunne fremstå som at bakoverplanleggingen ikke gav mersmak hos produksjonsledelsen. Problemet kan være at produksjonsledelsen mente å ha god kontroll på fremdriften, fordi produksjonen er transparent. Det ble også kommentert at fremdriftsplanen ofte krever

omgjøringer, da fremdriften er avhengig av hvilke hus som blir solgt til hvilken tid. Produksjonsledelsen ytret at de hadde kontroll på fremdriften, og at de ikke hadde opplevd problemer i forhold til at en underleverandør uteblir, siden de har vært flinke til å møte opp på kort varsel. Dette kan være en medvirkende faktor til at ledelsen ikke ønsker å bruke ressurser på å gjøre seg selv forutsigbar for underentreprenørene.

Det opereres i dag med en grov fremdriftsplan, som viser når boligene skal være ferdig, klare for overtagelse. Det blir gitt høy grad av tillit til håndverkerne med tanke på at de styrer store deler av arbeidstiden selv. Produksjonen til håndverkerne foregår over en tre ukers plan gitt av produksjonsledelsen. Håndverkerne lager en plan for arbeidet, ut i fra ledelsens instruksjoner og tidsfrister.

Det er mulig at produksjonsledelsen hadde manglende kunnskap om denne måten å planlegge på. Det er trolig mindre forståelse for hvilke potensialer som kan ligge i en slik planlegging som ble forsøkt gjennomført. Produksjonsledelsen ga tydelig uttrykk for at de er fornøyd med dagens måte å planlegge på og mener den er velfungerende, men gir samtidig uttrykk for at det ønskes mer kunnskap om fremdriftsverktøy som Microsoft Project. Interessen og aktivitetsnivået hos produksjonsledelsen ble ansett som lav gjennom seansen. Dette kom godt frem ved at det på slutten av møtet ble nevnt to hus som skulle ferdigstilles i den aktuelle planleggingsperioden, som ble unnlatt å ta med ved starten av planleggingen. Disse ble ikke nevnt innledningsvis fordi formannen mente han hadde kontroll på disse husene, noe som poengterer mistanken om mangel på kjennskap og motivasjon for en slik type planlegging.

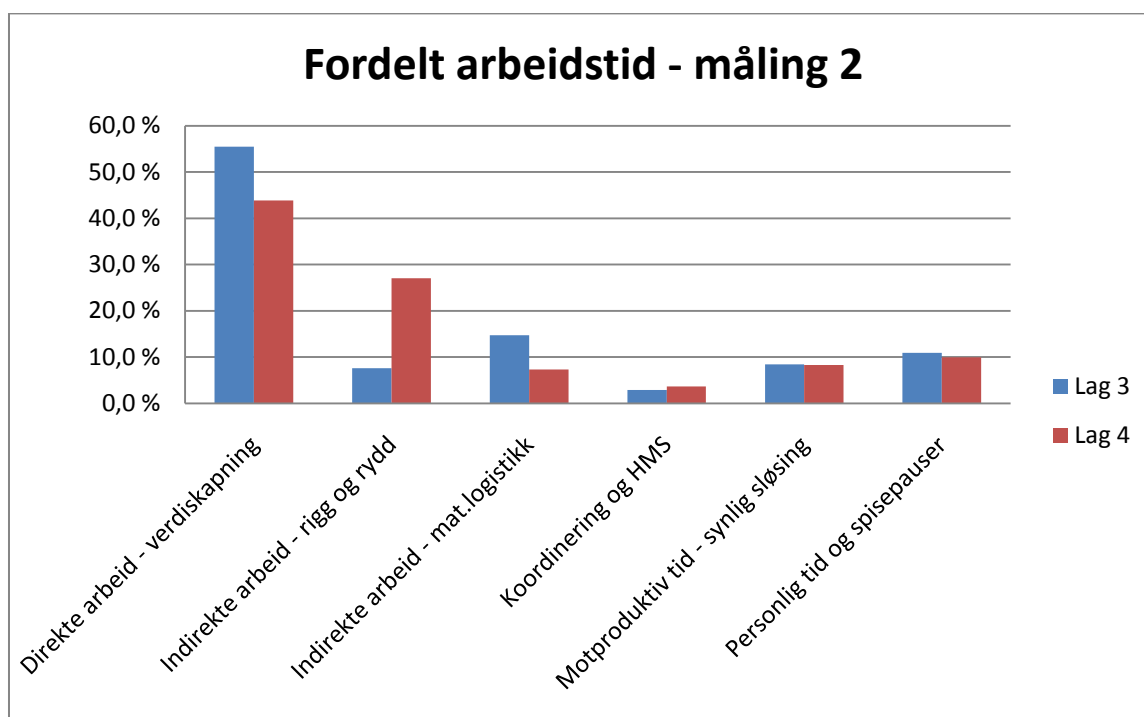


## 5.5 Andre måleperiode

Andre måleperiode ble utført i tidsrommet mellom 16. – 22. mars. Aktivitetene ble kartlagt over 5 fulle arbeidsdager der alle ukedagene var representert. Hensikten med denne måleperioden var å undersøke om de innførte logistikktiltakene gav produksjonseffekter i form av reduksjon av indirekte arbeid og synlig sløsing. Det ble foretatt målinger av to nye arbeidslag, da det ikke lot seg gjøre å måle de samme lagene fra forrige periode. Begge lag ble påvirket av personer utenfor laget, noe det har blitt korrigert for når resultatene fremlegges. For å skille målte arbeidslag betegnes lagene i denne perioden som lag 3 og 4. Måleperioden vil først analyseres separat fra første måling, før måleperiodene sammenlignes for å spore effekter av logistikktiltakene.

### 5.5.1 Resultater

Resultatene fra registreringene i andre måleperiode er delt inn i de 6 målekategoriene som aktivitetene tilhører.



Figur 5-11. Resultater andre måleperiode.

Figur 5-11 viser variasjoner i flere av målekategoriene mellom lagene. Lag 3 har gjennomsnittlig brukt ca. 56 % av tiden på verdiskapning, mens lag 4 har brukt ca. 44 %. Lag 4 har brukt vesentlig mer tid på riggarbeid i forbindelse med å sette opp stillas, samt snøhåndtering.

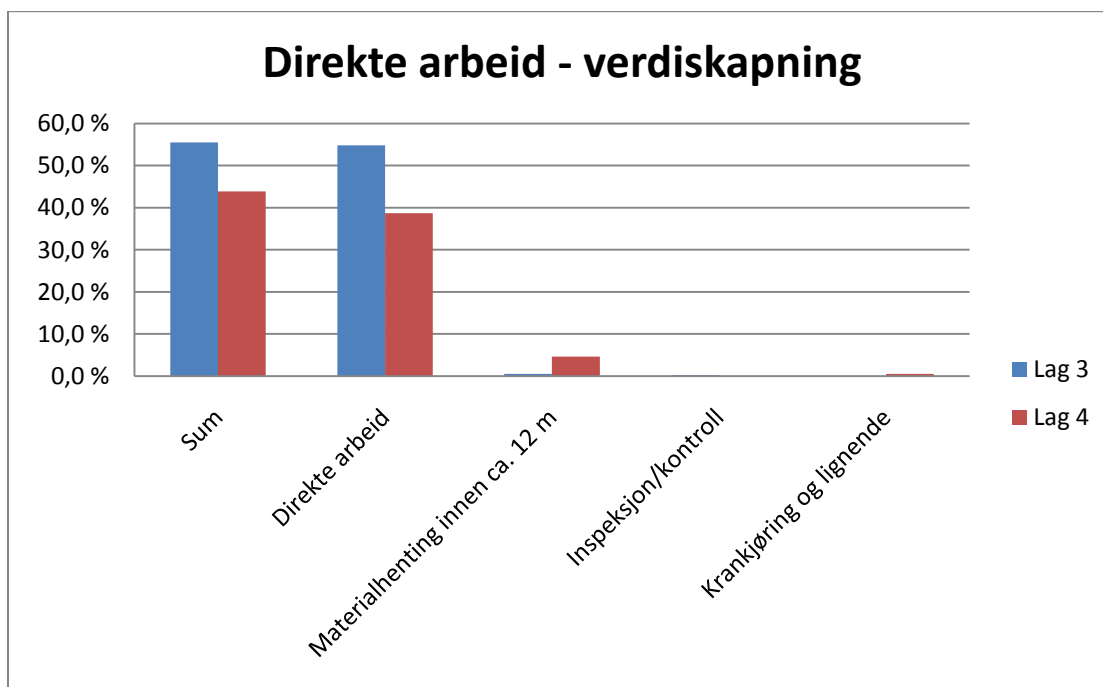
Som i første måleperiode, viser også andre måleperiode tidkrevende materiallogistikk. Det er større forskjeller mellom lagene i denne perioden, henholdsvis ca. 15 % for lag 3 og ca. 7 % for lag 4.

Medgått tid til *Koordinering og HMS* er henholdsvis ca. 3 % og 4 % for lag 3 og 4. Denne kategorien omhandler i hovedsak aktiviteten *koordinering på bygget*, som har blitt registrert ved faglige diskusjoner og studier av tegningsgrunnet.

Ca. 8 % av tiden for lag 3 og 4 er synlig motproduktiv i produksjonen, i form av feilretting, nedetid og annen ubenyttet tid. Resultatene viser at spisepauser og andre pauser i arbeidet som bidrar til å opprettholde det verdiskapende arbeidet er ca. 11 % for lag 3 og 10 % for lag 4. Denne kategorien vil ikke studeres nærmere. Resultater for alle lag alle dager, finnes i vedlegg 1,2,5 og 6.

### 5.5.2 Analyse av resultater

Analysen vil belyse prosentvis andel av arbeidstiden for hver enkelt aktivitet innen hver kategori. Analysen er bygget opp på samme måte som analysen av første måleperiode.



Figur 5-12. Grafisk fremstilling av det verdiskapende arbeidet i andre måleperiode.

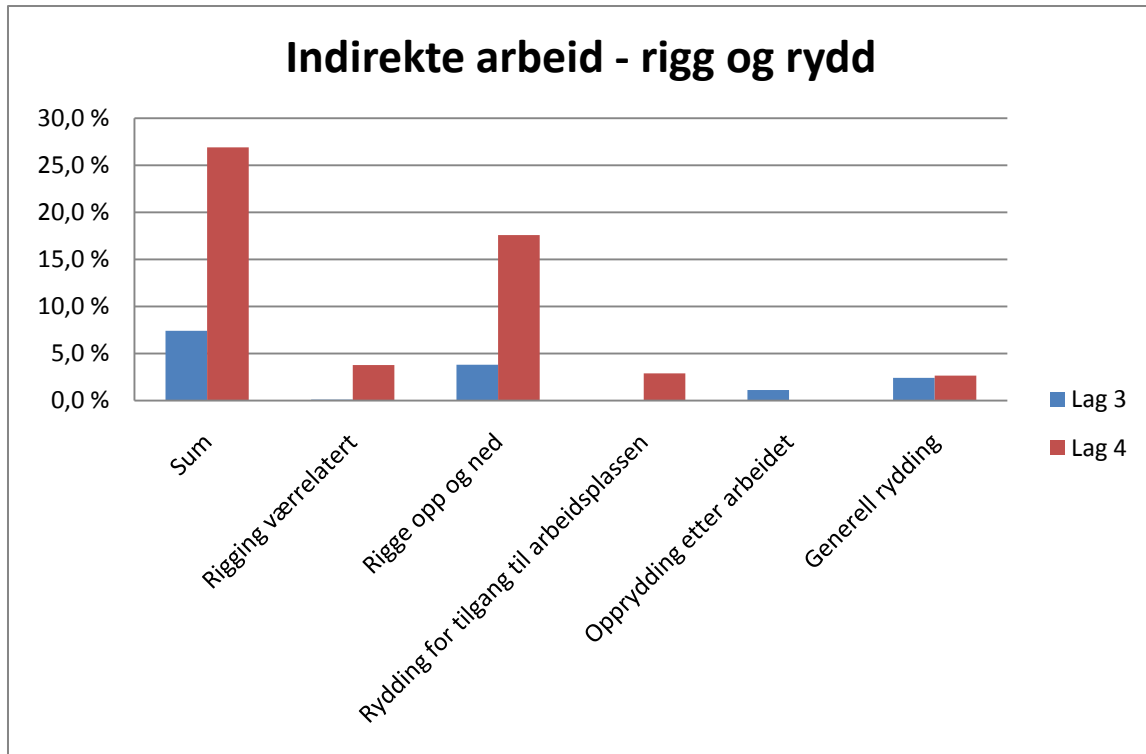
Figur 5-12, viser at andelen direkte arbeid for lag 3 var omtrent 55 % og ca. 39 % for lag 4. Denne differansen skyldtes nødvendig tid til å montere stillas for lag 4, som er definert som riggarbeid. Utvendige arbeider i 1. etasje ble ferdigstilt, og det skulle påbegynnes arbeid i 2. etasje. Arbeidet med å sette opp stillas foregikk over ca. halvannen dag. Ved aggregering av resultatene viser det seg at om tidsbruken på dette ekstraordinære riggarbeidet kunne vært brukt på direkte arbeid, ville dette utgjort omlag 52 %. Legges tiden for andre verdiskapende aktiviteter til, ville andelen verdiskapning for begge lag vært tilnærmet likt, ca. 56 %.

Det ble registrert ca 5 % henting av materialer innen 12 meter for lag 4, men kun 0,5 % for lag 3. Dette er en tydelig indikasjon på at materialene var bedre tilrettelagt for lag 4. Det ble registrert 10 minutter *inspeksjon/kontroll* ved lag 3, der en erfaren håndverker kontrollere arbeidet til en lærling.



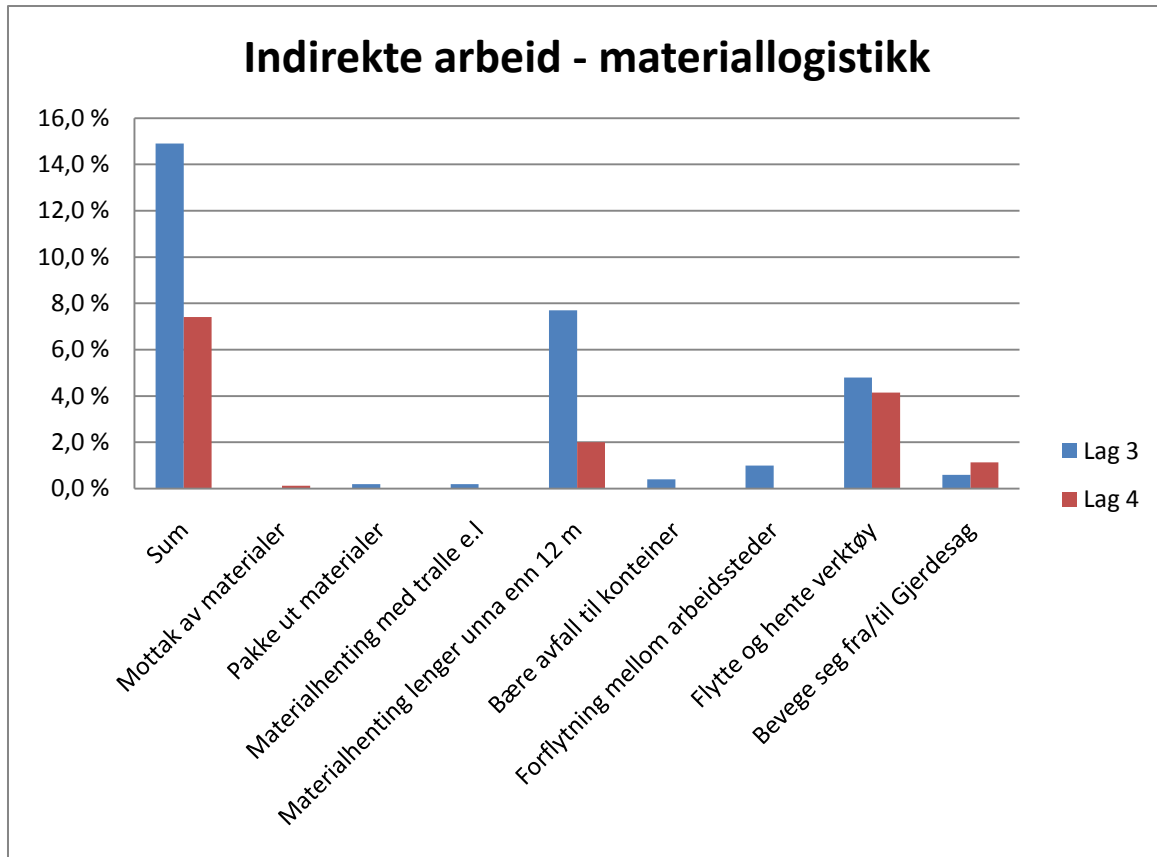
Figur 5-13. Direkte arbeid i andre måleperiode (lag 3 til venstre og lag 4 til høyre).

Lag 4 monterte takstoler ved hjelp fra kranbil siste dag i måleperioden, og det ble derfor registrert til sammen 20 minutter krankjøring, der håndverkerne bistod kranføreren i krankjøringen. I den forbindelse oppstod det også litt ventetid, som en del av det direkte arbeidet. Mye vind medførte utfordringer for kranfører, og førte til en mer tidskrevende losseprosess. Ellers bestod det direkte arbeidet av reisverk og utvendige fasadearbeider for begge lag, som for eksempel montering av vindtetting, lekter og panel.



**Figur 5-14. Grafisk fremstilling av rigg- og ryddearbeidet i andre måleperiode.**

Andelen rigging er høyere for lag 4, på grunn av ekstraordinær rigging i form av stillasmontering. Dette arbeidet var nødvendig for å utføre direkte arbeid i tiden fremover. Hvis den sammenhengende perioden med stillasmontering skilles ut, ville tidsbruken til opp- og nedrigging vært redusert fra ca. 27 % til ca. 4 % som er forholdsvis likt med lag 3. Værrelatert rigging oppstod også i forbindelse med montering av stillas, da stillaset må ha kontakt med bar bakke, siden det medfører fare for velt om stillaset står på snø og denne smelter. På aktivitetene som omhandler rydding hadde felles personressurser større innvirkning for begge lag. Dette frigjorde mer tid til verdiskapning for håndverkerne. Måleperioden har ikke vist noen nye funn på ryddeaktivitetene, utover det som ble redegjort for i første måleperiode.



Figur 5-15. Grafisk fremstilling av materiallogistikk i andre måleperiode.

En større del av tidsbruken var tilegnet materiallogistikken for lag 3, men var betraktelig lavere for lag 4. Det ble registrert lite tidsbruk på leveranser, siden lagene mottok lite varer i perioden. Leveranser til prosjektet angikk i stor grad andre arbeidslag enn dem som ble målt. Det var levert materialer kort tid i forkant av andre måleperiode, og det var tydelig at disse leveransene var plassert i kortere avstander fra arbeidsstedet enn i første måleperiode. Derfor var vi optimistiske i forhold til forventede endringer på aktivitetene rundt henting av materialer. Håndverkerne gav også uttrykk for at det hadde blitt bedring på dette området. Figur 5-16 viser en situasjon med godt tilrettelagte materialer for lag 4.



Figur 5-16. Materialer levert nærme arbeidsstedet for lag 4.

Henting av materialer lenger unna enn 12 meter var 7,7 % for lag 3, og 2 % for lag 4. Lag 3 arbeidet mye i høyden, og materialene var plassert på bakkenivå. Selv om materialene var plassert nærme boligen, var ikke materialer som gips og undertak løftet opp i høyden når kran var tilgjengelig. Konsekvensen av dette var at håndverkerne måtte benytte mye tid til manuell transport av materialer mellom etasjer, og observasjoner viste tegn til sløsing i form av unødvendig transport også i denne perioden. Dette kan indikere at ønskede logistikktiltak ikke har blitt tilstrekkelig gjennomført i forkant av denne måleperioden.

Det viste seg underveis at nødvendige materialer for arbeidet ikke var like godt lokalisert rundt arbeidsstedene, som først antatt. Bevegelse over store områder for å hente de nødvendige materialer ble derfor en tidkrevende faktor i materiallogistikken, både på grunn av mangel på materialer, samt sentrale lagre. Bruk av traktor kompenserte for noe av denne bevegelsen, men traktoren ble benyttet av alle lagene på byggeplassen og var derfor ikke alltid tilgjengelig ved behov.



Årsaken til mindre tidsbruk på henting av materialer lenger unna enn 12 meter for lag 4 har i stor grad sammenheng med at arbeidet foregikk på bakkenivå, gjennom store deler av perioden. Materialer som lå nærme boligen var derfor lett tilgjengelig.

En annen faktor som har hatt påvirkning for høy andel av materialhenting er at det i likhet med første måleperiode oppdages flere tilfeller av at lagene låner materialer av hverandre. Lagene mistet derfor oversikt over egen lagerbeholdning, som medførte tid til leting etter nødvendige materialer. Dette var beviser på forekomster av unødvendig bevegelse også i denne perioden.

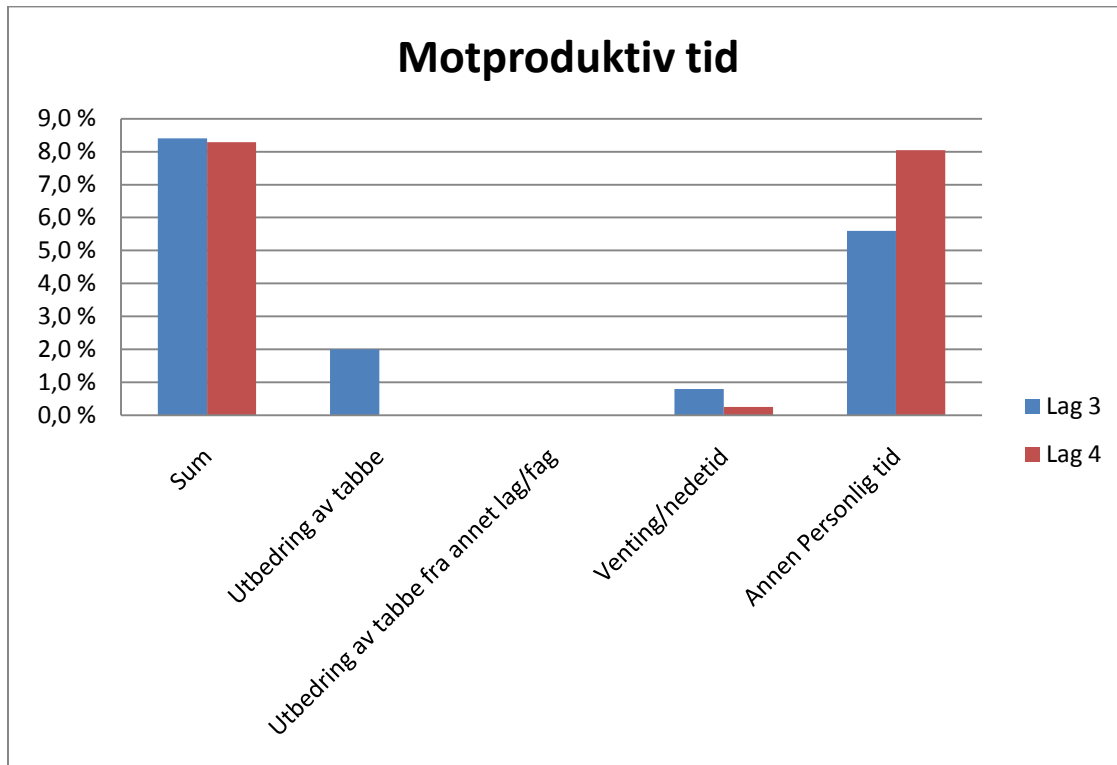
Det var tydelige tegn til felles og sentrale lagre av for eksempel kledning. Dette medførte mer bevegelse for lag 3, og indikerte igjen at tiltak for å forbedre bygglogistikken ikke har vært like godt gjennomført fra produksjonsledelsens side.



**Figur 5-17.** Mellomlager av kledning for flere av boligene.

Avstand til verktøykonteiner fører til mye tidsbruk på henting og flytting av verktøy. Andelen av denne aktiviteten var 4,8 % for lag 3 og 4,1 % for lag 4. Dette resultatet var forårsaket av to faktorer; lang avstand til verktøykonteinerne, og redusert oversikt over egen verktøybeholdning, som medførte at håndverkerne må bruke tid på å lete etter utstyr.

Som i første periode ble det notert lite arbeid med avfallshåndtering, som kan ha sammenheng med lang avstand til avfallskonteiner. Arbeidet med å frakte avfall til konteiner kan mulig sees på som for tidkrevende da konteiner er plassert om lag 150 meter fra nærmeste hus. Bevegelse til/fra gjerdessag var 0,6 % av tiden for lag 3 og 1,1 % for lag 4. Det kunne trolig vært mulig å ta i bruk sirkelsag i større grad, for å unngå denne bevegelsen, slik det ble gjort i første måleperiode.



Figur 5-18. Grafisk fremstilling av motproduktiv tid i andre måleperiode.

Andelen motproduktiv tid var ca. 8,5 % og var tilnærmet lik for begge lagene. I forbindelse med lekting på tak av lag 3, ble det registrert ca. to timers arbeid for en håndverker med å rive og montere nye lekter som var montert med feil lekteavstand dagen i forveien. Det ble ikke registrert noen tilfeller der håndverkerne måtte rette opp feil fra andre lag eller fag. Det ble registrert noe nedetid som i likhet med første periode var relatert til strømbrudd på grunn av overbelastning i strømskapene. Resterende andel av den motproduktive tiden er ubenyttet tid i form av annen personlig tid.



### 5.5.3 Arbeidsflyt i andre måleperiode

Arbeidsflyten er kalkulert som et gjennomsnitt av perioden, og individuelt for hver dag. Flyten vil her analyseres, og vil senere sammenlignes med flyten i måling 1, for å se om tilrettelegging for styrt bygglogistikk har gitt forbedringer i beregningene.

#### Arbeidsflyt for lag 3

Arbeidsflyten for lag 3 hadde ett gjennomsnitt på 74,6 %. Arbeidet var som beskrevet preget av en høy andel material – og verktøylogistikk. Tilfellene av motproduktiv tid på grunn av strømbrydd og annen ubenyttet tid, har reduserte flyten ytterligere.

For å undersøke sammenhenger mellom tilrettelagt logistikk og god arbeidsflyt ble tre dager i perioden med ulik arbeidsflyt analysert nærmere. Se Tabell 7 for tellepunkter på aktuelle dager.

Tabell 7. Kalkulert arbeidsflyt for lag 3

Lag 3 – Arbeidsflyt = 74,6 %						
Dag	Verdiskapning	Indirekte arbeid	Koordinering og HMS	Motproduktiv tid	∑ Arbeidstid	Arbeidsflyt
16.mar	126	57	9	13	205	79,3 %
21.mar	111	75	4	11	201	75,2 %
22.mar	95	67	3	19	184	66,6 %

16. mars var dagen med høyest registrert arbeidsflyt måleperioden, med 79,3 %. Andelen verdiskapning var også høyest denne dagen med ca. 63 %, samt at andelen motproduktiv tid var lav. Det direkte arbeidet bestod av montering av reisverk, vindtetting og lekter på gavlvegger i øvre etasjer. Utfordringen var at materialene som ble benyttet var lokalisert på bakken, som førte til tidkrevende vertikal transport mellom etasjene. Gips, lekter og andre nødvendige materialer var plassert nærme bolig og førte derfor ikke til mye horisontal transport. Håndverkerne ga uttrykk for at flyten i slik type arbeid var god, fordi dem samarbeidet godt, og hjalp hverandre med å løfte materialene til øvre etasjer.

21. mars var en dag med tilnærmet gjennomsnittlig arbeidsflyt og verdiskapning. Det direkte arbeidet denne dagen bestod av montering av kledning i gavlvegger og lekter på tak. Dette medførte et større material behov, som sammen med vertikal transport gjennom 3 etasjer gjorde at materiallogistikken ble ekstra tidkrevende denne dagen. Dette er hovedårsaken til

lavere arbeidsflyt enn det som var tilfellet 16. mars. Laget mottok hjelp av en felles personressurs som håndterte avfallet av det direkte arbeidet, som for eksempel materialkapp. Håndverkerne ga uttrykk for at dette frigjorde mer tid til direkte arbeid, slik at strømmen av verdiskapning ble opprettholdt.

22. mars var dagen med lavest kalkulert arbeidsflyt i den målte perioden. Andelen verdiskapning var også lavere denne dagen, både på grunn av tidkrevende materiallogistikk og en lengre periode med utbedring av tabbe. Det direkte arbeidet foregikk også denne dagen på boligens tak, som førte til mye vertikal transport både av materialer og verktøy. Studier av arbeidsflyten gjenspeiler derfor også logistikkutfordringene ved Østenbulia.

### Arbeidsflyt for lag 4

Gjennomsnittlig arbeidsflyt for lag 4 ble kalkulert til 69,2 %. Laget hadde ikke påbegynt arbeid i overliggende etasjer ved starten av måleperioden. De unngikk derfor vertikal transport, som var tilfelle for lag 3, noe som burde tilsi høyere flyt for laget. Lavere arbeidsflyt for lag 4 var hovedsaklig forårsaket av den tidkrevende stillasmontasjen. Foruten dette nødvendige riggarbeidet, ville andelen indirekte arbeid for lag 4 vært lavere enn for lag 3, som kunne bidratt til å øke lagets flyt.

Tabell 8. Kalkulert arbeidsflyt for lag 4

Lag 4 – Arbeidsflyt = 69,2 %						
Dag	Verdiskapning	Indirekte arbeid	Koordinering og HMS	Motproduktiv tid	∑ Arbeidstid	Arbeidsflyt
16.mar	96	29	4	10	139	82,1 %
18.mar	32	123	2	16	173	55,1 %
22.mar	105	61	16	22	204	73,5 %

16. mars var dagen med høyest kalkulert arbeidsflyt. Verdiskapningen var høy denne dagen, og mye av materialene var tilgjengelig innen 12 meter. Dette er positive bidrag til arbeidsflyten, samt at andelen motproduktivt arbeid var lav. Den kalkulerte arbeidsflyten samsvarer med det som ble observert på byggeplassen.

18. mars var dagen med den lavest kalkulerte arbeidsflyten, hvor det ekstraordinære riggarbeidet med montering av stillas påvirket flyten i stor grad. Observasjonene på byggeplass indikerte derimot at arbeidsflyten var høy også denne dagen, noe også

håndverkerne gav uttrykk for ved endt arbeidsdag. Selv om laget fikk utført lite direkte arbeid, var riggarbeidet helt nødvendig for senere verdiskapning. Hvis montering av stillas hadde vært definert som direkte arbeid ville arbeidsflyten vært radikalt høyere denne dagen. Plattformen, rekkverk og de andre komponentene til stillaset var plassert nærme arbeidsstedet på paller. Det gikk mindre tid til materiallogistikk, og montering av stillaset fremstod effektivt.

22. mars ble det registrert en tilnærmet gjennomsnittlig arbeidsflyt for lag 4, mens verdiskapningen var høyere enn gjennomsnittet, ca. 51 %. Første halvdel av denne dagen utførte laget en større andel rydde- og snøhåndteringsaktiviteter, fordi dem ventet på leveranse av takstoler. Siste halvdel av dagen omhandlet i stor grad montering av takstoler som medførte en jevn strøm av verdiskapning og høy arbeidsflyt.

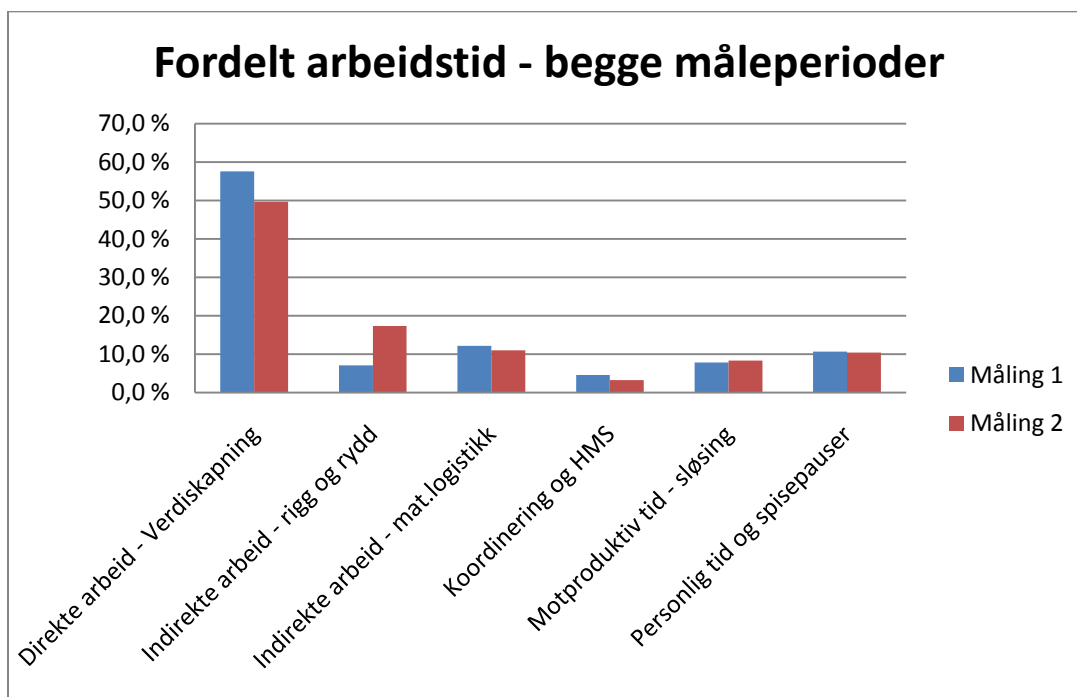
Kalkulert arbeidsflyt har vist mange sammenhenger med den observerte flyten av arbeidet på byggeplass. Observasjoner på byggeplass viser også at flyten kan tolkes til å være høy, uten at det utføres verdiskapende arbeid. Den utprøvde formelen for arbeidsflyt viser at det må utføres en høyere andel verdiskapende arbeid eller koordinerings- og HMS - relaterte aktiviteter for å oppnå høy arbeidsflyt. Det er lite trolig at høye andeler koordineringsaktiviteter som for eksempel planleggingsmøter fører til høy arbeidsflyt, men det kan derimot medføre høyere flyt i senere arbeid.

## 5.6 Sammenligning av måleperiodene

For å skape et best mulig bilde av forbedringene var det hensiktsmessig å måle samme arbeidslagene før og etter implementering av logistikktiltak, siden ulike arbeidslag trolig har ulike måter å arbeide på. Dette ble derimot ikke mulig, da lagene fra første periode måtte flyttes over til andre prosjekter. Dette gjorde at sammenligningsgrunnlaget ble svakere, fordi man ikke vet hva slags aktivitetsmønster lagene hadde før det ble innført forbedringstiltak.

### 5.6.2 Resultater

Det ble studert sammenhenger der det var mulig å se effekter av logistikk-løsningene. For å forenkle sammenligningene er det regnet et gjennomsnitt av lag 1 og 2, kalt måling 1, og et gjennomsnitt av lag 3 og 4, kalt måling 2.



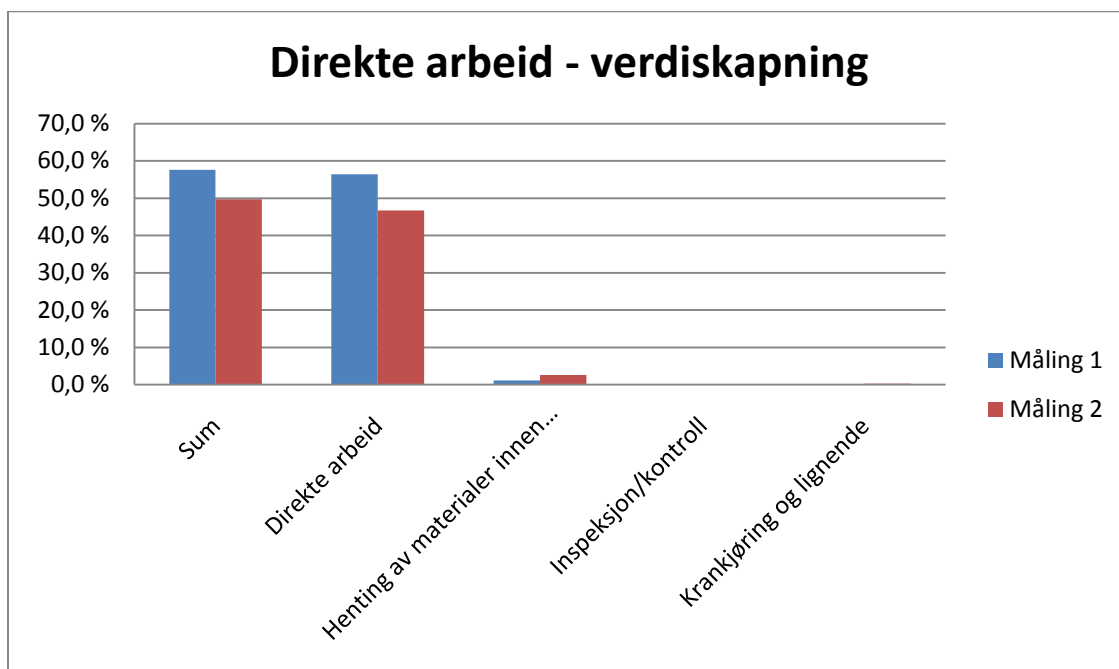
Figur 5-19. Sammenligning av resultatene i begge måleperioder.

Andelen verdiskapende arbeid i måling 2 ble lavere enn normalt på grunn av den ekstraordinære monteringen av stillas. Dette medfører at også kategorien rigg og rydd er betydelig høyere i denne perioden. Det er kun tilfeldigheter som gjør at dette arbeidet ble nødvendig i denne måleperioden, og det vurderes derfor slik at andelen verdiskapning ikke falt i tidsrommet mellom målingene. Andelen verdiskapende arbeid hadde vært tilnærmet lik hvis medgått tid til montering av stillas hadde vært brukt på verdiskapning. Andelen

materiallogistikk har som forventet blitt noe redusert, men kun i overkant av 1 %. Ellers er det registrert en mindre andel tidsbruk på *Koordinering og HMS*, som betyr at det har vært et redusert behov for koordinering mellom aktørene på byggeplassen. Personlig tid og spisepauser har også hatt en liten nedgang, uten at dette analyseres nærmere.

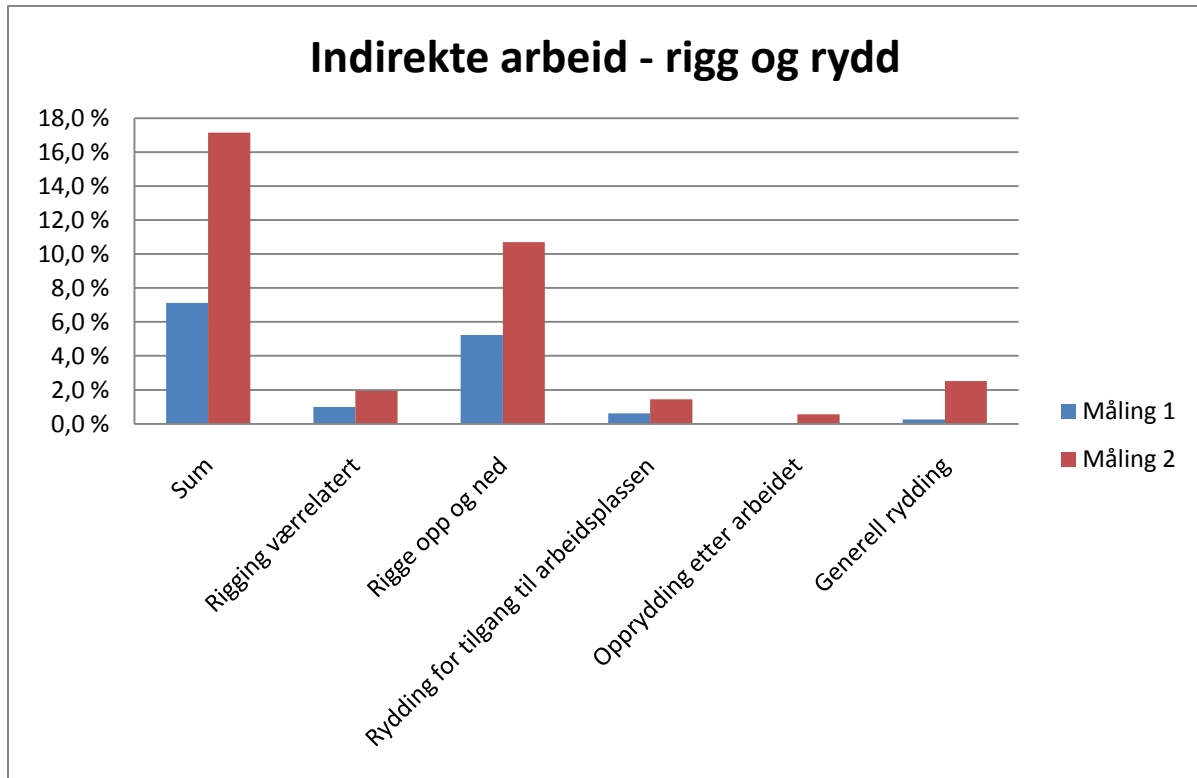
### 5.6.3 Analyse av resultater

Jamfør oppgavens fokus på lean - relatert logistikk, krever kategoriene av verdiskapning, indirekte arbeid, og motproduktivitet mer oppmerksomhet, og det er i disse kategoriene det kan være muligheter for å spore eventuelle effekter av forbedringstiltakene.



Figur 5-20. Grafisk fremstilling av verdiskapende arbeid, sammenligning av måling 1 og 2

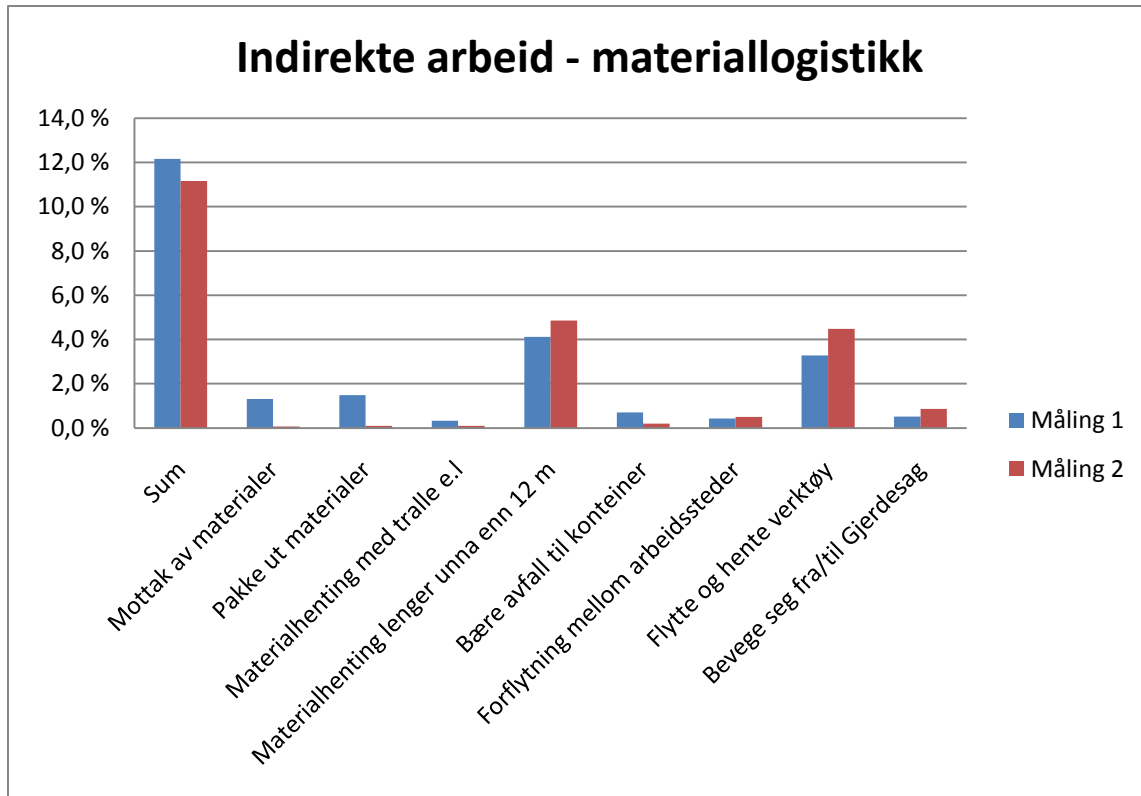
Det direkte arbeidet falt på grunn av det beskrevne ekstraordinære riggarbeidet. Det er registrert en positiv økning av andelen henting av materialer innen 12 meter. Andelen er mer enn doblet fra 1,1 % til 2,6 %. Denne forbedringen kan ha en sammenheng med at flere leveranser ble merket med bolignummer, slik at materialer ble plassert nærmere arbeidsstedene. Medgått tid til materialhåndtering som inngår i det verdiskapende arbeidet, kan delvis ha erstattet det indirekte arbeidet med å hente materialer fra sentrale lager. Andelen inspeksjon/kontroll og krankjøring var svært lav i begge perioder, og det var heller ikke forventet endringer ut i fra innførte logistikktiltak.



Figur 5-21. Grafisk fremstilling av rigg- og ryddarbeid, sammenligning av måling 1 og 2

Trekker man ut dette ekstraordinære riggarbeidet, ville opp- og nedrigging vært omtrent 1 % mindre i måling 2. På grunn av omstendighetene og usikkerheten av å trekke ut tall av målingene er vi usikre på hvorvidt det kan spores reduksjon av indirekte arbeid i form av opp- og nedrigging. Det er registrert mer tid til værrelatert rigging i måling 2, som i hovedsak dreier seg om snøhåndtering. Dette har også sammenheng med stillas - monteringen, da snø måtte fjernes for at stillas kunne stå på stabil grunn.

Rydde - aktivitetene har generelt økt i måling 2. Det var i utgangspunktet forventet at disse aktivitetene skulle forbli nøytrale, siden ingen av de foreslåtte tiltakene for reduksjon av disse aktivitetene ble implementert. Det oppstod en situasjon der håndverkere måtte vente på leveranse av takstoler, og brukte ventetiden til rydding. Slike situasjoner bekrefter tilstedeværelsen av making - do i produksjonen også i måling 2. Dette var en hendelse som opprinnelig stammer fra dårlig kommunikasjon mellom produksjonsledelsen og håndverkerne, som vi har valgt å drøfte nærmere i kapittel 5.8.1.



Figur 5-22. Grafisk fremstilling av materiallogistikk, sammenligning av måling 1 og 2

Det ble registrert færre tilfeller av aktivitetene rundt leveransehåndtering i måling 2 enn forventet. Det var på forhånd forventet en reduksjon av tidsbruken på disse aktivitetene, men det ble kun registrert et tilfelle der et av lagene var involvert i en leveranse. Det er derfor et for svakt empirisk grunnlag for å kunne si noe om effektene av tiltakene på leveranseaktivitetene. En positiv observasjon ved leveransene var at det var samme sjåfør som leverte varene fra byggevareleverandøren. Dette reduserer trolig lossetiden på sikt fordi sjåføren vil få mulighet til å bli kjent på prosjektet og kan plassere kolli i riktig rekkefølge på lasteplan, samt at sjåføren vet hvor kolli skal losses av.

Total medgått tid til henting av materialer lenger unna enn 12 meter har økt med 0,6 %, noe som ikke var forventet. Dette kan ha sammenheng med at det var et større materialforbruk i denne perioden, da mye av det direkte arbeidet var montering av kledning, vindspærre etc. Disse materialene var lokalisert ved bakkenivå mens mye arbeid ble utført i overliggende etasjer, slik at manuell transport mellom etasjer ble tidkrevende. Materialene lå i større grad nærmere boligene, men måtte fortsatt transporteres manuelt opp i høyden. Det er registrert redusert tidsbruk på henting av materialer med traktor i måling 2, noe som forsterker indikasjonene med nærmere lokasjon av materialene til arbeidsstedet.

Forklaringen om økt materialbehov som årsak til den økende andelen materialhåndtering forsterkes av at henting av materialer innen 12 meter som en del av det verdiskapende arbeid også har økt. Begge måleperioder viser større forskjeller mellom lagene i tidsbruk på henting av materialer. Endringer i tidsbruk til disse aktivitetene har i utgangspunktet vært delvis forventet, da det er registrert høyere total tidsbruk på henting av materialer innen 12 meter, som sannsynligvis har erstattet noe av det indirekte arbeidet med å hente materialer.

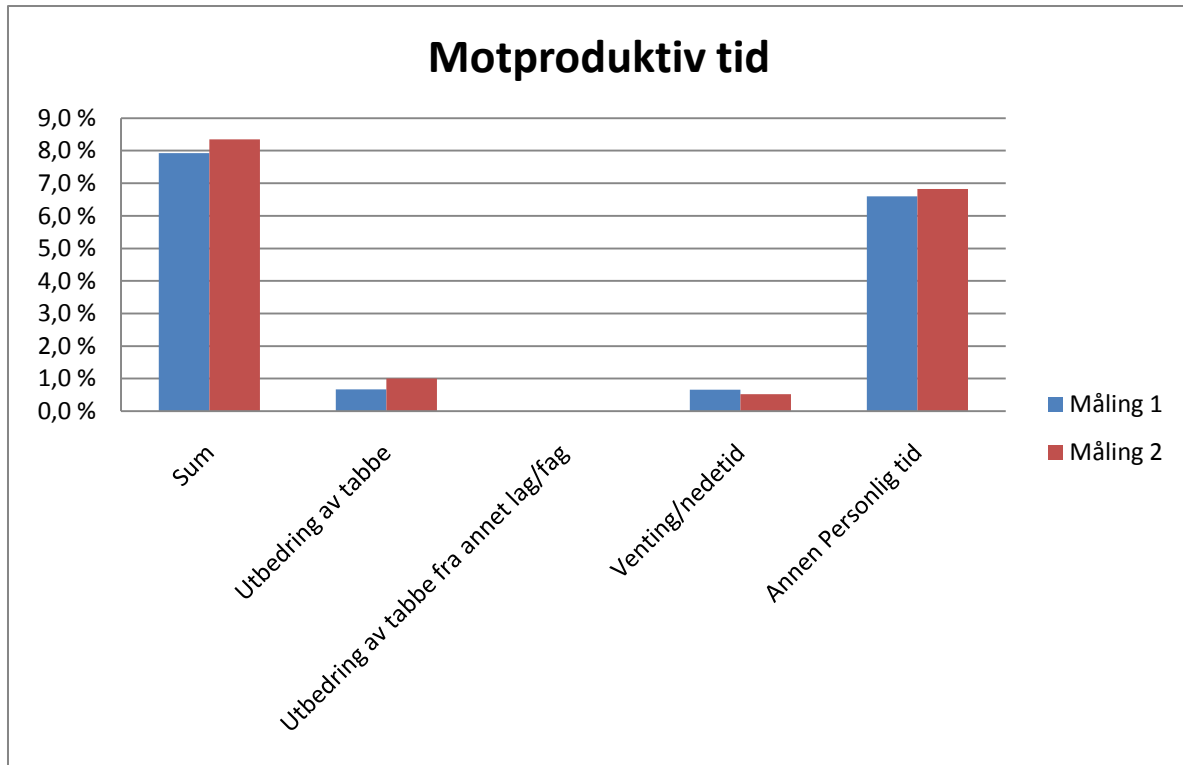
Det er registrert en reduksjon på aktiviteten å bære avfall til konteiner. Logistikktiltaket om å merke leveranser med husnummer kan trolig føre til færre skader på materialer, fordi man reduserer materialtransporten fra sentrale deponier. Færre skader kan også ha medført mindre behov for å bære avfall til konteiner, men grunnlaget for å vurdere denne effekten har vært vanskelig å spore fordi andelen av denne aktiviteten har vært lav i begge perioder, samt at det har vært vanskelig å observere om det var endringer i skadeomfanget på materialer.

Det var ikke forventet store endringer på forflytning mellom arbeidssteder siden tidsbruk på denne aktiviteten i utgangspunktet var lav, men det ble notert en liten nedgang. Dette kan ha sammenheng med forbedret informasjonsflyt mellom Skanska og underentreprenører med bakgrunn i bakoverplanleggingsmøtet. Denne aktiviteten har i utgangspunktet krevd lite tid fra håndverkerne, slik at det empiriske grunnlaget for å konkludere noen effekter på denne aktiviteten av bakoverplanleggingen er svak. Det var allikevel en generell opplevelse ved denne måleperioden at underentreprenører benyttet større sammenhengende produksjonsperioder på feltet sammenlignet med første periode. Dette kan ha ført til man har unngått tilfeller der ulike fag må arbeide på samme stedet samtidig.

Andre forskjeller av betydning på materiallogistikken var en økning av tidsbruk på henting av verktøy. Resultatene i måling 2 forsterker derfor argumentasjonen for å tildele lagspesifikke verktøykonteinere, både på grunn av avstand til konteiner, og den manglende oversikt over beholdning som oppstår når flere lag deler på verktøy og utstyr.

I måling 2 gikk det mer tid til bevegelse mellom arbeidssted og gjerdesag som kan forklares med et større behov for kutting og bearbeiding av materialer i den perioden. Samtidig var det et inntrykk at lagene i første periode benyttet sirkelsagen mer flittig enn lagene i andre periode. Dette medførte et mindre behov for bevegelse til/fra gjerdesag fordi kuttingen kan foregå ved arbeidsstedet. Denne observasjonen fanges ikke opp i resultatene fra målingene.





Figur 5-23. Grafisk fremstilling av motproduktiv tid, sammenligning av måling 1 og 2

Diagrammet viser en liten økning av motproduktiv tid i måling 2. Dette kan delvis forklares med høyere andel utbedring av tabber. Andelen *venting/nedetid* er forholdsvis lik for begge målinger. Registreringene på denne aktiviteten har i stor grad sammenheng med strømbrudd, grunnet overbelastning i strømskapene på grunn av lange strekk på ledninger. Ellers ble det notert en liten økning av annen personlig tid.

#### 5.6.4 Sammenligning av arbeidsflyt i måleperiodene

Kalkulert gjennomsnittlig arbeidsflyt i måling 1 var 76,5 %, mens arbeidsflyten i måling 2 var 71,9 %. Beregningene viser altså at tilrettelegging av logistikk ikke har medført økt flyt i arbeidet. Kalkulert arbeidsflyt samsvarer ikke nødvendigvis med flyten som ble observert på byggeplass. Dette er spesielt tiltenkt situasjonen der ekstraordinær rigging ble nødvendig. Våre observasjoner på byggeplass tilsier at lag 4 hadde en vesentlig bedre arbeidsflyt enn det beregningen viser. Dette kan være et tegn på at det kan spores forbedringer i arbeidsflyten i måling 2 som følge av bedre tilrettelagt bygglogistikk, som beregningen fanger opp. En bør i slike tilfeller vurdere å benytte en annen beta - verdi, for å fremheve slikt nødvendig riggearbeid.

Det var et lag i hver måleperiode som arbeidet i øvre etasjer, samt et lag i hver periode som arbeidet på bakkenivå. Det var tydelig at arbeid i øvre etasjer førte til flere avbrudd i produksjonen og lavere flyt på grunn av vertikal transport av materialer og utstyr som ble båret manuelt i stillasene. Det er enda et signal på at behovet for tilrettelagt logistikk øker ved arbeid i etasjer over bakkenivå.



**Figur 5-24. Arbeid i overliggende etasjer medfører økt tid til materialtransport**

Ved studering av flytberegningene ser en at lagene som arbeider i øvre etasjer har en høyere arbeidsflyt enn resterende lag. Årsaken til dette er i hovedsak at lagene på bakkenivå hadde en høyere andel motproduktiv tid, som har et sterkere bidrag til lavere arbeidsflyt enn indirekte arbeid.

Metoden for å beregne arbeidsflyt inneholder flere ”personavhengige” aktiviteter, der tidsbruken på aktivitetene kan være individuelle uavhengig av hvordan logistikken er tilrettelagt. Jamfør oppgavens fokus på bygglogistikk kan det være hensiktsmessig å få et mål på materialflyten, fremfor arbeidsflyten. Et slik måltall vil formodentlig bidra til å forklare hvorvidt materialer og utstyr er tilrettelagt ved byggeplassen. Ved undersøkelser av

aktivitetsstudiene, og hvorvidt disse kan benyttes til å finne et mål for materialflyten, har vi et forslag om at personavhengige aktiviteter, som ikke knyttes direkte eller indirekte opp mot logistikk, ekskluderes fra flytformelen. Disse aktivitetene vil da være kaffe og spisepauser, nødvendig personlig tid, samt annen personlig tid.

En slik beregning viser at materialflyten er 86,2 % i måling 1, og 80,6 % i måling 2. Denne beregningen viser at andelen ekstraordinært riggarbeid fortsatt påvirker flytberegningene mer negativt enn den flyten som ble observert på byggeplassen. Mer interessant er det muligens å sammenligne lagene som hadde tilnærmet lik arbeidssituasjon. Materialflyten for lag 1 og 3 var gjennomsnittlig 84,2 %, og lag 2 og 4 hadde en materialflyt på 82,6 %. En slik sammenligning viser at differansen i flyten reduseres, men beregningene viser fortsatt at materialflyten var høyere for lagene som arbeidet i høyden, enn for dem som arbeidet på bakkenivå. Observasjonene på byggeplassen tilsier det motsatte. Forslaget om en metode for å kalkulere et mål for materialflyten ved hjelp av resultatene fra aktivitetsstudiene kan trolig bidra til å forklare hvorvidt logistikken er tilrettelagt på byggeplassen.

Den høye andelen av riggarbeid i perioden blir utslagsgivende også på materialflyten. Derfor blir påliteligheten av en slik beregning trolig høyere ved aktivitetsstudier som foregår over en lengre måleperiode. Slike spesielle situasjoner som oppstod i andre måleperiode i form av store andeler indirekte arbeid viser at formelen for materialflyt har sine begrensninger. Hvis montering av stillas hadde vært ansett som direkte arbeid, ville resultatene vist at materialflyten for lagene som arbeidet på bakkenivå ville vært høyere, enn for lagene som arbeidet i overliggende etasjer.

## 5.7 Pålitelighet og gyldighet av målingene

Ulike faktorer i produksjonen har medført at påliteligheten av forskningen har blitt svakere enn på forhånd antatt, og må derfor drøftes nærmere. For det første ble det tydelig at de logistikktiltakene som var ønsket implementert ved prosjektet, ikke hadde blitt tilstrekkelig gjennomført. Dette illustrerer viktigheten av støtte fra produksjonsledelsen ved denne typen forskningsarbeid. Bemanningssituasjonen medførte også et svakt grunnlag for å vurdere produksjonseffekter av implementerte logistikktiltak, fordi det ikke ble mulig å måle samme arbeidslag før og etter implementering.

Arbeidslagene som ble målt i hver periode betraktes som et representativt utvalg av tømmerne på prosjektet, både når det gjelder alder, erfaring og kompetanse. Håndverkerne gav også gjennom intervjuer uttrykk for at Østenbulia var et godt studieobjekt i forhold til å studere boligproduksjonen i Skanska Agder. De var tydelige på at produksjonssituasjonen ved Østenbulia var gjeldende for flere boligprosjekter i regi av Skanska. Dette tyder på at forskningen i denne oppgaven kan være et godt bidrag til logistikkforbedringer også ved andre boligprosjekter.

Resultatene av første måleperiode viser stabile tall fra dag til dag, som gir signaler på at resultatene er troverdige og representative for arbeidet i produksjonen. Det var større variasjon i resultatene i andre periode. Dette skyldes i hovedsak rigg - situasjonen til lag 4. Lag 3 viste også større variasjon fra dag til dag. Det er derfor tydelig at påliteligheten hadde vært forsterket i måling 2, hvis det hadde vært utført målinger over en lengre periode. Som metodekapittelet har beskrevet, ble resultatene korrigert for den innvirkning personer utenfor laget påvirket arbeidet. Lagene i andre måleperiode var utsatt for en større påvirkning sammenlignet med første måleperiode. Når vi observerte opplevde vi også noen utfordringer i forhold til å oppdage tilfeller av feilretting. Mindre tidkrevende tilfeller kan lettere skjules for en observatør, og det er derfor muligheter for at synlig sløsing i form av feilretting kan prege arbeidssituasjonen til arbeidslagene i større grad enn resultatene av dette aktivitetsstudiet avdekker.

Både i måleperiodene og analysene av resultatene viste målemetoden seg som velegnet for å svare på oppgavens problemstilling. Gyldigheten styrkes av at resultatene gitt av målemetoden er supplert med observasjoner og forklaringer av årsaker til resultatene. Flere av

håndverkerne viste engasjement for forbedringer i produksjonen og bidro med nyttig informasjon til analysen av produksjonssituasjonen ved Østenbulia.

Måleperiodene viste behov for å legge til aktiviteter i registreringsskjemaet. Som beskrevet tidligere ble det lagt til en post for værrelatert rigging, for å fange opp snøhåndtering i produksjonen. Begge måleperiodene viste også tegn til flytting av overflødige byggevarer, altså varer som ikke var nødvendig ved det gitte tidspunkt i produksjonen. Dette er en aktivitet som det trolig vil være hensiktsmessig og skille ut i en egen post ved senere aktivitetsstudier. I andre måleperiode oppstod det en situasjon der håndverkerne monterte takstoler ved hjelp av kran. I forbindelse med hivene av takstolene oppstår det venting i forbindelse med krankjøringen. Denne formen for venting anses ikke av oss som motproduktiv, og det kan derfor argumenteres for å registrere venting som en del av krankjøringen som en egen aktivitet. Venting i det gjeldende registreringsskjemaet er definert som motproduktiv tid.

Ellers oppstod det også ulike situasjoner som var utsatt for skjønnsmessige vurderinger i forbindelse med aktivitetsstudiene. Slike situasjoner og tvist-tilfeller ble diskutert av ressursgruppen i denne forskningsoppgaven og styrker gyldigheten av resultatene. Utfordringene som oppstod i forbindelse med gjennomføringen av logistikktiltakene, samt vurdering av eventuelle produksjonseffekter medfører at det er et svakere grunnlag for å svare på oppgavens problemstilling. Målemetoden anses allikevel som et godt verktøy for å kunne svare på problemstillingen hvis forutsetningene for studier av produksjonen hadde vært bedre. Målemetoden kartlegger de aktiviteter som vi oppfatter som et fullstendig utvalg av aktivitetene som foregår i produksjon, hvis en inkluderer de nye behovene for aktiviteter som denne drøftingen foreslår.

## 5.8 Videre drøfting av empirien

Denne forskningens studieobjekt Østenbulia boligfelt, vil i dette delkapittelet vurderes utover de resultater som ble registrert ved hjelp av måleskjemaene. Delkapittelet tar for seg hvilke utfordringer som oppstod på byggeplassen, som ikke direkte relateres til logistikk, men som kan være underliggende utfordringer for å kunne gjennomføre de tiltak som oppgaven foreslår.

### 5.8.2 Planlegging og tilrettelegging

Det kom tydelig frem at fremdriftsplanen som benyttes i dag, i stor grad ble brukt som en veiledning fremfor et styringsverktøy. Produksjonsledelsen hadde god kontroll på fremdriften og kvaliteten i prosjektet, slik at denne bruken av en fremdriftsplan sannsynligvis ikke vil få særlige konsekvenser ved mindre komplekse prosjekter som Østenbulia. Med mer kompliserte utførelser i større næringsbygg eller lignende, der flere fag er involvert over større perioder, antas det å være behov for tydeligere bruk av en fremdriftsplan som et styringsverktøy i planleggingen.

Hvis Skanska skal lykkes i sine strategier for utvikling, kan trolig kommunikasjon og langvarige samarbeidsrelasjoner med alle utførende fag en nøkkel. En observasjon som gjentok seg i måleperiodene var kommunikasjonsbrudd mellom produksjonsledelsen og håndverkerne. Slike tilfeller var aldri bevisst fra noen parters side, fordi man ikke var klar over at den andre parten hadde behov for informasjon.

Et eksempel på kommunikasjonsbrudd oppstod i måling 2. Lag 4 ventet på leveranse av takstoler til sin bolig, og laget ikke visste når de kunne forvente at takstolene skulle ankomme. Ledelsen var derimot klar over når disse var forventet levert. Håndverkerne måtte derfor finne annet arbeide i mellomtiden. Håndverkerne ønsket ikke å starte på nye tidkrevende oppgaver siden de ikke visste når takstolene ville ankomme. Håndverkerne utførte derfor flere aktiviteter som kan betraktes som usunne fordi det var mangelfull informasjon, og lite kjennskap til den påfølgende aktiviteten. Det er derfor et tydelig tegn på forekomster av *making-do* i byggproduksjonen. Dette arbeidet kan muligens også sees i sammenheng med *not speaking* som en kilde til sløsing i produksjonen. Ut i fra registreringskjemaet ble det ikke ansett som noen form for sløsing da dette i hovedsak var ulike rigge- og ryddeaktiviteter. Skjult sløsing vises ikke i resultatene av målingene, og det er derfor et tydelig argument for å benytte dagbøker som en viktig informasjonskilde og supplement til målingene, da mange

aktiviteter kan observeres som usunne og derfor kan være en potensiell kilde til sløsing. Slike tilfeller av usunne aktiviteter kan være et signal på at håndverkere i større grad bør involveres i fremdriftsplanleggingen, der bakoverplanlegging kan være en god metode, spesielt for å øke informasjonsflyten mellom nivåene i hierarkiet på byggeplassen. Ved Østenbulia er det ikke en person som er formelt ansatt som bas, så det kan muligens være en idé å involvere en representant fra hvert lag i planleggingen. Høyere informasjonsflyt gir bedre forståelse av prosjektgjennomføringen for alle nivåer og kan skape større ansvarsfølelse både ovenfor Skanskas håndverkere, og underentreprenører. Større ansvarsfølelse vil trolig også virke motiverende på håndverkerne og kan bidra til høyere verdiskapning. En positiv observasjon var at håndverkerne hadde tydelige meninger om hvordan arbeidet burde planlegges og tilrettelegges.

### **5.8.3 Nytenkning**

Gjennom intervjuer og samtaler med aktørene på byggeplassen kan det også spores et behov for nytenkning i fremtiden. Et eksempel er oppgavens foreslåtte tiltak om å tildele hvert lag sin egen verktøykonteiner av mindre størrelse. Det vil medføre kostnader ved å erstatte dagens konteinere med nye typer, men kostnaden ved å ha håndverkere som ikke arbeidet optimalt bør også evalueres. Håndverkere som for eksempel bruker 60 % av tiden til verdiskapning fremfor 55 % vil trolig ha effekter på bunnlinjen, på grunn av for eksempel kortere ledetid. Dette forutsetter at tiden til verdiskapning tilstrebes så effektiv som mulig. Et annet eksempel er bruk av pre-kutt som i utgangspunktet ikke var ønskelig fra produksjonsledelsens side, på grunn av dyrere materialpriser samt at man er mindre fleksibel i forhold til endringer i prosjekteringen. Pre-kutt vil i de situasjoner der det sjelden oppstår endringer i for eksempel tegningsgrunnlaget trolig gi positive produksjonseffekter. Håndverkerne slipper da å måle, kappe, sortere, rydde og bevege seg mellom sag og arbeidssted for å kunne montere materialet. Her kan man også regne med ekstra medgått tid til å bære rester av materialene til avfallskonteiner, samt merkostnader til deponering og transport av mer avfall. Økt verdiskapning vurderes derfor kanskje ikke som en ”spart kostnad”, i tillegg til andre positive effekter som ikke direkte knyttes opp mot økonomi, som for eksempel responstid mot kunde eller redusert fysisk belastning for håndverkerne. Kanskje det derfor kan vurderes om det er noen tilfeller der pre-kutt kan være en god løsning, for eksempel der endringer i prosjekteringen sjelden forekommer, som for eksempel i bindingsverket.





## 6 Konklusjon

De empiriske analysene som er foretatt i denne forskningsoppgaven, er grunnlaget for å svare på problemstillingen. Aktivitetsstudier og beregninger av arbeidsflyt har gitt oss indikasjoner på logistikkrelaterte forbedringer som bør innføres i produksjonen

### Logistikktiltak som kan gi høyere verdiskapning og redusert ledetid

Første måleperiode tydeliggjorde flere logistikkutfordringer i produksjonen. Manglende rutiner for bestilling og mottak ved leveranser, førte til felles deponier som gav redusert fremkommelighet, redusert tilgjengelighet av materialer og tydeliggjorde sløsing i form av unødvendig inventar. Aktivitetsstudiene tydeliggjorde større andeler materialer plassert lenger unna enn 12 meter fra arbeidsstedet. Dette gav tydelige signaler på unødvendig transport i materiallogistikken på byggeplassen. Studiene viste at arbeid i høyden krevde manuell transport av materialer. Dette tydeliggjør et større behov for tilrettelagt bygglogistikk ved slike arbeidsforhold. Uoversiktlig verktøybeholdning og lengre avstander til verktøy- og avfallskonteinere medførte forekomster av unødvendig bevegelse og transport. Observasjoner på byggeplass indikerte viktigheten av kommunikasjonslinjene mellom ledelsen og fagarbeiderne på byggeplassen. Manglende informasjonsflyt viste seg å være en årsak til making - do i produksjonen.

Med bakgrunn i aktivitetsstudiene og observasjonene gjort på byggeplass, viser tabell 9 hvilke logistikktiltak som foreslås ved Østenbulia, og hvorfor disse kan være aktuelle. Tiltakene foreslås på bakgrunn av empiriske diskusjoner og analyser, for å forbedre logistikkplanene ved Østenbulia. Det har vært lagt vekt på eliminering av forekomstene av skjult sløsing som er oppdaget i produksjonen. Foreslåtte logistikkløsninger har spesielt fokusert på å forbedre rutinene for hvordan byggevarer skal leveres, lagres, forflyttes, og deponeres, mest mulig effektivt, for å minimere det indirekte arbeidet.

**Tabell 9. Mulige tiltak for forbedret logistikk**

Nr.	Tiltak for forbedret logistikk	Begrunnelse
1.	Merking og levering av leveranser til korrekt bolig	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Levering av materialer nærmere arbeidssted</li> <li>- Reduksjon av sentrale deponi og lager</li> <li>- logistikkeffektiv lay-out på byggeplassen</li> <li>- Redusert lossetid på leveranser</li> </ul>
2.	Kranløft av byggevarer direkte inn i etasjer de skal benyttes (før bygget lukkes)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimere vertikal manuell transport av materialer</li> <li>- Trolig noe økt forekomst av lager</li> </ul>

3.	Introduksjon av bakoverplanlegging (LPS-inspirert planlegging)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tilrettelegging for sunne aktiviteter</li> <li>- Økt forutsigbarhet i produksjonen</li> <li>- Redusert behov for koordinering på bygget</li> <li>- Redusert ventetid</li> <li>- Redusere forekomster av making – do</li> </ul>
4.	Lagspesifikke verktøykonteinere	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimere transportavstander av verktøy</li> <li>- Økt oversikt over egen verktøybeholdning</li> <li>- logistikkeffektiv lay-out på byggeplassen</li> </ul>
5.	Flere og mer tilgjengelige avfallskonteinere	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimere transportavstander for avfallshåndtering</li> <li>- Ryddigere arbeidsplass</li> </ul>
6.	Tidligere tilkobling av strøm i hver bolig	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redusert nedetid i form av strømbrudd</li> <li>- Økt fremkommelighet pga færre strømledninger</li> <li>- Redusert riggetid</li> </ul>
7.	Introduksjon av VMI (Vendored Managed Inventory)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forbedret leveringspresisjon</li> <li>- Bedre oversikt over lagerbeholdning</li> </ul>
8.	Benytte pre-kuttete materialer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mer effektiv verdiskapning</li> <li>- Reduserte materiallagre</li> <li>- Mindre avfall</li> </ul>

Foreslåtte logistikktiltak er hovedsaklig bidrag til reduksjon av indirekte arbeid, og spesielt materiallogistikk. For at tiltakene skal føre til høyere verdiskapning og redusert ledetid, forutsetter dette at den frigjorte tiden blir benyttet til direkte arbeid for økt fremdrift og verdiskapning i prosjektet.

### **Produksjonseffekter som kan identifiseres av logistikktiltakene**

Det ble bestemt å prøve ut følgende tiltak; Merking og levering av leveranser til korrekt bolig, Kranløft av byggevarer direkte inn i etasjer de skal benyttes, og Introduksjon av bakoverplanlegging. Det er et svakt grunnlag for å konkludere produksjonseffekter av logistikktiltakene. Dette skyldes hovedsakelig at logistikktiltakene ikke var godt nok implementert fra produksjonsledelsen side, samt at bemanningssituasjonen medførte at det ikke var mulig å måle samme arbeidslag før og etter tiltak.

Det eksisterer allikevel noen dokumenterte produksjonseffekter, både generelt og for lagene isolert sett. Det er registrert mindre koordinering på bygget i andre måleperiode. Dette var et av våre mål med introduksjon av bakoverplanlegging. Siden dette planleggingsmøtet viste seg å være mindre vellykket, er det vanskelig å dokumentere hvorvidt dette funnet er en konsekvens av dette tiltaket.

Logistikktiltakene førte til reduksjon av tid til materiallogistikk. Dette mener vi skyldes at flere leveranser var merket med bolignummer, som medførte plassering av byggevarer

nærmere arbeidsstedet, og reduserte transportdistansene. Materialbehovet var større i andre måleperiode, og gav spesielt konsekvenser i form av økt tid til manuell transport til øvre etasjer. Samtidig var det en økt andel av henting av materialer innen 12 meter, som er en bekreftelse på bedre plassering av materialer. En betraktelig vekst av medgått tid til materialtransport lokalt på det enkelte bygg, kan tyde på at henting av materialer som en del av det verdiskapende arbeidet, delvis har erstattet det indirekte arbeidet med å hente materialer fra sentrale deponi.

Litteratursøket viste flere sammenhenger mellom redusert ledetid og flyt i arbeidet. Flytberegningene viste at redusert verdiskapning, resulterte i lavere arbeidsflyt. Observasjonene på byggeplass tilsier derimot at arbeidsflyten fremsto høyere for lagene som arbeidet på bakkenivå, med bakgrunn i at materialer var plassert nærmere arbeidsstedene. Høyere andeler ubenyttet tid for lagene som arbeidet på bakkenivå, førte til at kalkulert arbeidsflyt var lavere enn for lagene som arbeidet i overliggende etasjer. Observasjonene på byggeplass tilsier derimot at flyten var lavere ved arbeid i overliggende etasjer, fordi det var flere tilfeller av brudd i produksjonen på grunn av forekomstene av unødvendig transport. I motsetning til hva beregningene viser mener vi at forbedrede logistikk-løsninger har ført til forbedret arbeidsflyt. Bedre tilrettelegging for arbeid i overliggende etasjer vil trolig gi større effekter enn det som kan dokumenteres i denne forskningen. Det kan altså ikke dokumenteres et svar på hvorvidt tilrettelegging for flyt i arbeidet reduserer ledetiden, fordi lagene som hadde de beste forutsetningene for god flyt, hadde høyere andeler ubenyttet tid. Observasjonene på byggeplass tilsier at disse lagene hadde mulighet for å oppnå enn høyere verdiskapning enn lagene som arbeidet i høyden, slik at tilrettelegging for flyt også viser sammenhenger med tilrettelegging for verdiskapning.

Gjennom samtaler med aktørene på byggeplassen ble det tydeliggjort at logistikkutfordringene ved Østenbulia også var gjeldene ved andre boligprosjekter i regi av Skanska. Derfor vil trolig foreslåtte logistikktiltak være relevante for andre byggeprosjekter. På grunnlag av svakere empirisk grunnlag for å undersøke hvorvidt logistikktiltakene har medført produksjonseffekter, har vi bare delvis lyktes å svare på oppgavens problemstilling. Andre måleperiode viste noen logistikkrelaterte produksjonsforbedringer, men indikerer fortsatt flere utfordringer som foreslåtte tiltak kan bidra til å løse. I kapittel 5.3. har vi drøftet forventede produksjonseffekter, som kan forventes ved implementering av foreslåtte logistikktiltak.

Målemetoden som ble benyttet i denne oppgaven fremstod som et godt verktøy for å svare på vår problemstilling. Ved bedre forutsetninger for forskning på byggeplassen burde målemetoden gi et godt svar på hvorvidt logistikk-løsninger medfører reduksjon av tid til indirekte arbeid og synlig sløsing i produksjonen. Det har vært samlet mye nyttig informasjon om byggproduksjonen, som bør anses som et bidrag til et kontinuerlig forbedringsarbeid i byggenæringen. Oppgavebesvarelsen viser en detaljert oversikt av fordelt arbeidstid for flere arbeidslag i boligproduksjonen, der logistikkrelaterte forbedringspotensialer er diskutert. Materiellet som denne oppgaven presenterer, kan benyttes som inspirasjon for reduksjon av sløsing, og økt verdiskapning i fremtidige byggeprosjekter.

## 8 Etterord

Søken etter svar på forskerspørsmålene som beskrevet kun delvis lykkes i dette arbeidet. Ulike faktorer i kontinuerlig forandring internt i Skanska Agder som for eksempel bemanningssituasjon, var av viktigere betydning enn oppgavens målsetning, slik at påliteligheten av forskningen har blitt svakere enn på forhånd antatt. Utfallet av slike situasjoner illustrerer utfordringene ved forskningsarbeid på byggeplasser i stadig endring. For å forbedre senere aktivitetsstudier ved byggeplasser er det identifisert ulike faktorer som kan forbedre påliteligheten av forskningen:

- Utfør målinger av samme arbeidslag før og etter forbedringstiltak
- Hvis mulig, utfør målinger av produksjonsaktiviteter som er tilnærmet identiske
- Korrigér målinger for eksterne faktorer som påvirker arbeidslagets arbeid
- Lengre måleperioder øker påliteligheten, og reduserer påvirkningseffekten av spesielle arbeidssituasjoner

Oppgaven bør allikevel tilføre ny kunnskap om tidsbruken på ulike produksjonsaktiviteter ved byggeprosjekter, samt informasjon om noen av områdene med potensielle forbedringsmuligheter. Grunnlaget i dette arbeidet kan benyttes til senere studier av samme prosjekt, eller som et sammenligningsgrunnlag mot andre sammenlignbare byggeprosjekter. Ved andre lignende forskningsprosjekter i fremtiden kan det være en fordel å velge et studieobjekt der rutiner for logistikkhåndtering ikke er innarbeidet over lengre tid av aktørene på byggeplassen. Det vil da trolig være enklere å gjennomføre slike logistikktiltak som vi foreslår, fordi man da i mindre grad bryter med innarbeidete rutiner, som derfor kan være vanskeligere å forbedre.



## 9 Bibliografi

- Arendal Kommune. (2010, November 3). *Vedtatt plan - Østenbulia Nord*. Hentet fra <https://www.arendal.kommune.no/Kommunale-planer/Reguleringsplaner/Vedtatte-reguleringsplaner-2007-2010/Vedtatte-reguleringsplaner-2006/Ostensbulia-nord---vedtatt-30032006/>
- Ballard, H. G. (2000). *The Last Planner System of production control*. Birmingham, UK: University of Birmingham.
- Bertelsen, S. (2004). *Where are we and how to proceed?* Skrevet for IGLC 12 Helsingør.
- Bertelsen, S., & Koskela, L. (2002). *Managing the three aspects of production in construction*. Skrevet for IGLC 10 Gramado.
- Bleikli, O.-H., Tønnessen, K., & Vegerstøl, A. (2010). *Lean construction - Sammenligning av logistiske løsninger*. Grimstad: Bacheloroppgave ved Universitetet i Agder.
- Ciampa, D. (1991). The CEO's Role in Time-Based Competition. I *Time-Based Competition*. Blackburn: Business One Irwin.
- Construction Task Force. (1998). *Rethinking Construction*. Hentet fra <http://www.architecture.com/Files/RIBAHoldings/PolicyAndInternationalRelations/Policy/PublicAffairs/RethinkingConstruction.pdf>
- Elfving, J. A. (2003). *Exploration of opportunities to reduce lead times for engineered-to-order products*. University of California, Berkeley.
- FAFO. (2010). *Hva er lean construction*. Hentet fra <http://develop.fafo.no/lean/lean/article/819.html>
- Forsberg, P. (2010). *Detaljert aktivitetsstudie relatert til flytorientert byggproduksjon*. Grimstad: Masteroppgave ved Universitetet i Agder.
- Grepperud, A., Jensrud, V., & Rønhovde, F. (2010). *Pilotprosjekt - terminalløsning*. Grimstad: Prosjektoppgave i faget IND-501 Styring av verdikjeder ved Universitetet i Agder.
- Gundersrud, S., Haugebo, H., & Kaur Bajwa, A. (2010). *Kartlegging av byggaktiviteter for måling av flyt*. Grimstad: Prosjektoppgave i faget IND-501 Styring av verdikjeder ved Universitetet i Agder.
- IGLC. (2008). *International Group for Lean Construction*. Hentet fra <http://www.iglc.net/>
- Isaksen, A. (2010). Forelesning om Kvalitativ metode ved Universitetet i Agder. Grimstad.
- Isaksen, A. (2009). *Kompendium i Verdikjeder og Logistikk*. Grimstad: Universitetet i Agder.
- Jensen, S. (2010). Samtale om Skanskas utviklingsstrategi mot 2015. (A. Grepperud, Intervjuer)

- Johannessen, A., Tufte, P. A., & Kristoffersen, L. (2006). *Introduksjon til samfunnsvitenskaplig metode*. Abstrakt Forlag.
- Kalsaas, B. T. (2009). Forelesning om lean strategier ved Universitetet i Agder. Grimstad.
- Kalsaas, B. T. (2009). *Ledelse av verdikjeder*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Kalsaas, B. T. (2010). *Visiting work flow, productivity and waste in lean construction*. Skrevet for IGLC 18 Haifa.
- Kalsaas, B. T., & Bølviken, T. (2011). *How to measure work flow efficiency in construction?* Utkast sendt IGLC 19 Lima.
- Kalsaas, B. T., & Bølviken, T. (2011). *How to measure work flow efficiency in construction?* Utkast sendt til IGLC 19 Lima.
- Kalsaas, B. T., & Bølviken, T. (2010). *The flow of work in construction - a conceptual discussion*. Skrevet for IGLC 18 Haifa.
- Kalsaas, B. T., Skaar, J., & Thorstensen, R. T. (2010, januar 19). System og resultater fra utprøving av planleggingsmetoden "Last Planner" (Lean Construction) på Havlimyra oppvekstsenter i Kristiansand kommune. Grimstad.
- Kalsaas, B. T., Thorstensen, R. T., Grepperud, A., Hinlo, H., Jensen, S., & Skaar, J. (2011). *Integrated inward logistics and construction work and its impact on efficiency in production*. Utkast sendt til IGLC 19 Lima.
- Koskela, L. (2000). *An exploration towards a production theory and its application to construction*. Helsinki: Helsinki University of Technology.
- Koskela, L. (2008). *Lean Construction*. Hentet fra <http://www.scri.dev.salford.ac.uk/resources/uploads/File/LeanConstruction.pdf>
- Koskela, L. (2004). *Making-do - the eight category of waste*. Skrevet for IGLC 12 Helsingør.
- Koskela, L., Bertelsen, S., Henrich, G., & Rooke, J. (2007). *Construction physics*. Skrevet for IGLC 15 Michigan.
- Koskela, L., Rooke, J., Bertelsen, S., & Henrich, G. (2007). *The TFV Theory of Production: New Developments*. Skrevet for IGLC 15 Michigan.
- Macomber, H., & Howell, G. (2004). *Two great wastes in organizations*. Skrevet for IGLC 12 Helsingør.
- Morledge, R., Knight, A., & Grada, M. (2009). The concept and development of supply chain management in the UK construction industry. I S. Pryke, *Construction supply chain management*. Chichester: Blackwell Publishing Ltd.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System*. Cambridge: Productivity Press.



Pryke, S. (2009). Conclusion. I S. Pryke, *Construction supply chain management*. Chichester: Blackwell Publishing Ltd.

Rimmer, B. (2009). Slough Estates in the 1990s - Client driven SCM. I S. Pryke, *Construction supply chain management*. Chichester: Blackwell Publishing Ltd.

Salthaug, M., & Sørensen, M. (2010). *Arbeidsflyt i byggproduksjonen - Analyse av målemuligheter*. Grimstad: Masteroppgave ved Universitetet i Agder.

Shingo, S. (1989). *A study of the Toyota production system*. New York: Production Press.

Skanska i Norge. (2011). *Resultat for Skanska i Norge per 4. kvartal*. Hentet fra <http://www.skanska.no/no/Presse/Visa-pressemeldinger/?nid=b3yPgTti>

Skanska. (2010). Østenbulia boligfelt. Arendal: Skanska Norge - salgsoppgave Østenbulia.

SSB. (2010). *Bygge- og anleggsvirksomhet*. Hentet fra <http://www.ssb.no/bygganloms/>

SSB. (2011, mars). *Byggekostnadsindeks for bustader, mars 2011*. Hentet fra Aukje i byggekostnadene: <http://www.ssb.no/emner/08/02/30/bkibol/>

Statsbygg. (2011). *BIM - bygningsinformasjonsmodell*. Hentet fra En kortfattet innføring: <http://www.statsbygg.no/FoUprosjekter/BIM-Bygningsinformasjonsmodell/BIM-En-kortfattet-innforing/>

Thune-Holm, E. (2008). *Fordeling arbeidsstid*. Arendal: Skanska AS, Region Sør.

Thune-Holm, E. (2006). *Produktivitetmåling på 6 prosjekter*. Arendal: Skanska AS, Region Agder.

Veiseth, M., Røstad, C. C., Andersen, B., Austeng, K., & Torp, O. (2004). *Produktivitet og logistikk i bygg- og anleggsbransjen*. Trondheim: SINTEF Teknologiledelse.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2008). *Lean Thinking - Banish waste and create wealth in your corporation*. Hentet fra <http://2ndbn5thmar.com/lean/Notes%20on%20Lean%20Thinking.pdf>



## 10 Vedlegg

10.1	VEDLEGG 1 – Resultater måling 1, Lag 1 .....	i
10.2	VEDLEGG 2 – Resultater måling 1 – Lag 2 .....	ii
10.3	VEDLEGG 3 – Dagbok, Lag 1 .....	iii
10.4	VEDLEGG 4 – Dagbok Lag 2 .....	v
10.5	VEDLEGG 5 – Resultater måling 2, Lag 3 .....	<b>Feil! Bokmerke er ikke definert.</b> vi
10.6	VEDLEGG 6 – Resultater måling 2, Lag 4 .....	vii
10.7	VEDLEGG 7 - Arbeidsflyt måling 2, Lag 3 .....	viii
10.8	VEDLEGG 8 - Arbeidsflyt måling 2, Lag 4 .....	ix
10.9	VEDLEGG 9 – Dagbok måling 2, Lag 3 .....	x
10.10	VEDLEGG 10 – Dagbok måling 2, Lag 4.....	xi
10.11	VEDLEGG 11 – Intervjuer.....	xii

## 10.1 VEDLEGG 1 – Resultater måling 1, Lag 1

OPPSUMMERING MÅLINGER VED ØSTENBULIA BOLIGPROSJEKT, ARB. 1 - HH															
Nr	Aktivitet	24.jan	25.jan	26.jan	27.jan	28.jan	*31.jan	01.feb	02.feb	totalt	% andel	lærling	akt.sykemeld.	totalt m/fel.pers	% andel m/fel.pers
1.1	Direkte arbeid	106	108	116	113	113	33	110	99	798	55,8%	0		798	55,8%
1.2	Direkte arbeid: Utbedring av tabbe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	0		0	0,0%
1.3	Direkte arbeid: Utbedring av tabbe fra annet lag/fag									0	0,0%	0		0	0,0%
2.1	Inspeksjon/kontroll	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	0		0	0,0%
3.1	Krankjøring og lignende	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	0		0	0,0%
3.2	Sikringsarbeid (HMS)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	0		0	0,0%
3.3	Rigge opp og ned	10	14	10	9	17	4	11	9	84	5,9%	0		84	5,9%
3.4	Rydding for å få tilgang til arbeidsplassen	0	8	0	4	0	0	1	28	41	2,9%	0		41	2,9%
3.5	Opprydding etter arbeidet	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,1%	0		1	0,1%
3.6	Generell rydding	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,1%	0		1	0,1%
4.1	Mottak av materialer og prosedyrer rundt dette.	0	0	9	0	3	0	1	1	14	1,0%	0		14	1,0%
4.2	Pakke ut materialer	0	4	2	1	2	0	9	1	19	1,3%	0		19	1,3%
4.3	Henting av materialer til arbeidsstedet med tralle e.l	0	4	0	0	0	0	0	0	4	0,3%	0		4	0,3%
4.4	Henting av materialer innen ca 12 m	6	2	2	3	6	1	1	0	21	1,5%	0		21	1,5%
4.5	Henting av materialer lenger unna enn 12 m	19	7	9	14	10	1	16	12	88	6,2%	0		88	6,2%
4.6	Bære avfall til konteiner	1	0	9	3	0	0	0	1	14	1,0%	0		14	1,0%
4.7	Forflytning mellom arbeidssteder	2	3	0	1	2	0	0	0	8	0,6%	0		8	0,6%
4.8	Flytte og hente verktøy	7	8	3	11	5	4	4	5	47	3,3%	0		47	3,3%
4.9	Bevege seg fra/til Gjerdesag og lignende	2	0	3	2	2	2	0	1	12	0,8%	0		12	0,8%
5.1	Venting/nedetid	2	1	0	0	3	0	0	0	6	0,4%	0		6	0,4%
6.1	Planleggingsmøter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	0		0	0,0%
6.2	Koordinering på bygget	16	10	4	10	8	0	13	4	65	4,5%	0		65	4,5%
6.3	HMS-møter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0%	0		0	0,0%
7.1	Kaffe og spisepause	16	16	16	16	16	6	16	16	118	8,3%	0		118	8,3%
7.2	Nødvendig Personlig tid	4	2	4	2	2	1	5	8	28	2,0%	0		28	2,0%
7.3	Annen Personlig tid	5	8	9	7	6	6	9	11	61	4,3%	0		61	4,3%
		196	196	196	196	196	58	196	196	1430	1	0	0	1430	
	Flyt	80,1%	77,8%	78,6%	79,8%	79,7%	74,1%	78,7%	73,3%	78,1%					
	materialflyten	85,9%	84,4%	86,3%	86,3%	85,6%	87,8%	86,6%	81,7%	85,4%					
	<b>Type arbeid</b>	<b>ant. tellepkt.</b>	<b>total %</b>												
	direkte arbeid - verdiskapning	798	55,8%												
	Indirekte arbeid - rigg og rydd	127	8,9%												
	Indirekte arbeid - mat.logistikk	227	15,9%												
	Planlegging og HMS	65	4,5%												
	Motproduktiv tid - waste	67	4,7%												
	personlig tid og spisepauser	146	10,2%												

## 10.2 VEDLEGG 2 – Resultater måling 1 – Lag 2

OPPSUMMERING MÅLINGER VED ØSTENBULIA BOLIGPROSJEKT, ARB. 2 - AG															
Nr	Aktivitet	24.jan	25.jan	26.jan	31.jan	01.feb	02.feb	03.feb	04.feb	SUM	% Andel	Lærling	Akt.sykemeld	Sum korr	% Andel korr
1.1	Direkte arbeid	120	116	109	102	124	112	117	84	884	56,4 %	24		908	57,0 %
1.2	Direkte arbeid: Utbedring av tabbe	12	0	0	5	0	0	0	4	21	1,3 %			21	1,3 %
1.3	Direkte arbeid: Utbedring av tabbe fra annet lag/fag									0	0,0 %			0	0,0 %
2.1	Inspeksjon/kontroll	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0,1 %			2	0,1 %
3.1	Krankjøring og lignende	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
3.2	Sikringsarbeid (HMS)	0	0	0	0	7	0	0	0	7	0,4 %			7	0,4 %
3.3	Rigge opp og ned	16	11	4	18	0	10	9	5	73	4,7 %			73	4,6 %
3.6	Rydding for å få tilgang til arbeidsplassen	0	1	4	0	0	0	0	0	5	0,3 %			5	0,3 %
3.7	Opprydding etter arbeidet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
3.8	Generell rydding	3	1	0	3	0	0	0	0	7	0,4 %			7	0,4 %
4.1	Mottak av materialer og prosedyrer rundt dette.	0	2	12	0	12	0	0	0	26	1,7 %			26	1,6 %
4.2	Pakke ut materialer	4	1	0	3	0	0	1	17	26	1,7 %			26	1,6 %
4.3	Henting av materialer til arbeidsstedet med tralle e.l	0	0	0	0	0	6	0	0	6	0,4 %			6	0,4 %
4.4	Henting av materialer innen ca 12 m	1	3	0	0	0	0	8	0	12	0,8 %			12	0,8 %
4.5	Henting av materialer lenger unna enn 12 m	0	2	0	0	1	6	6	18	33	2,1 %			33	2,1 %
4.6	Bære avfall til konteiner	1	1	2	1	0	0	0	2	7	0,4 %			7	0,4 %
4.7	Forflytning mellom arbeidssteder	2	1	2	0	0	0	0	0	5	0,3 %			5	0,3 %
4.8	Flytte og hente verktøy	3	9	13	4	3	6	9	5	52	3,3 %			52	3,3 %
4.9	Bewege seg fra/til Gjerdesag og lignende	0	0	0	0	2	1	0	0	3	0,2 %			3	0,2 %
5.1	Venting/nødetid	2	0	6	0	0	0	0	6	14	0,9 %			14	0,9 %
6.1	Planleggingsmøter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
6.2	Koordinering på bygget	4	13	5	14	8	8	7	8	67	4,3 %			67	4,2 %
6.3	HMS-møter	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
7.1	Kaffe og spisepause	16	16	16	16	16	16	16	16	128	8,2 %			128	8,0 %
7.2	Nødvendig Personlig tid	6	9	4	5	9	6	4	7	50	3,2 %			50	3,1 %
7.3	Annen Personlig tid	6	10	19	25	14	23	19	24	140	8,9 %			140	8,8 %
	SUM	196	196	196	196	196	196	196	196	1568	100,0 %			1592	100,0 %
	Flyt	76,6 %	80,5 %	72,4 %	71,2 %	81,1 %	74,8 %	78,5 %	64,4 %	74,9 %					
	materialflyten	82,8 %	90,2 %	84,1 %	86,1 %	93,3 %	89,9 %	91,6 %	77,0 %	86,9 %					
	Type arbeid														
	Direkte arbeid - Verdiskapning	56,5 %													
	Indirekte arbeid - rigg og rydd	5,4 %													
	Indirekte arbeid - mat.logistikk	10,8 %													
	Planlegging og HMS	4,7 %													
	Motproduktiv tid - waste	11,2 %													
	Personlig tid og spisepauser	12,1 %													

**10.3 VEDLEGG 3 – Dagbok, Lag 1**

<b>Dag og dato</b>	<b>Kommentarer</b>
Mandag 24. jan	Montering av taksperrer og stenderverk i gavler, avstivning og forsterkning Ingen spesielle hendelser Direkte arbeid i henhold til produksjonsplan
Tirsdag 25. jan	Montering av stenderverk i gavler, vindsperre (gips) og sponplategulv Leveranse av ulike byggevarer Leveranser ikke merket husnummer, går ekstra tid til koordinering Sponplater losses inn i 2.etg, fornuftig sidene platene skal brukes der Lekter, sløyfer og undertak tas ikke i bruk før fredag og leveres derfor for tidlig Undertak burde vært levert i 2. etg Total lossetid 1t og 50 min Direkte arbeid i henhold til produksjonsplan
Onsdag 26. jan	Montering av sponplategulv, stenderverk i gavler og vindsperre (gips) Skanskas strenge krav til sortering av avfall fører til ekstra medgått tid til avfallshåndtering Stor avstand fra arbeidsplass til avfallskontainer fører også til mer tidsbruk på avfallshåndtering Stor avstand fra arbeidsplass til verktøykontainer øker tidsbruken på henting av verktøy Håndverker i aktiv sykemelding tar seg av forefallende ikke-verdiskapende arbeid Direkte arbeid i henhold til produksjonsplan
Torsdag 27. jan	Montering av vindsperre, veggpapp og gesims Vinduer som blir levert tas i bruk samme dag (angår ikke målte håndverkere) Vinduer til målte håndverkere levert minst en uke for tidlig Håndverkere fremstod mindre orientert om levering av vinduene Mye tid medgått til diskusjon og koordinering Leverte vinduer viste seg også å være levert til feil hus i ettertid Kunne også vært levert nærmere hus, hvis muligheter for kranbruk eller lignende Direkte arbeid i henhold til produksjonsplan
Fredag 28. jan	Montering av veggpapp, undertak og sløyfer på tak Traktor tas i bruk for å frakte avfall, fornuftig pga lengre avstand til kontainer Traktor brukes også til mindre leveranser Sløyfer til tak levert av formann torsdag, tatt i bruk fredag, men ikke nok mengde, må derfor låne fra annet hus Direkte arbeid i henhold til produksjonsplan
Mandag 31. jan	Taping av tyvec, montering av lekter på vegg Dagen ble spesiell, håndverkere brukte deler av dagen på et annet prosjekt Direkte arbeid i henhold til produksjonsplan
Tirsdag 1. febr	Montering av lekter og kledning på vegg Mindre gips leveranse (angår ikke målte håndverkere) bæres for hånd fra verktøykontainer til aktuelle hus Annen større gipsleveranse (angår ikke målte håndverkere) er merket husnummer og leveres til hvert enkelt hus Håndverkere er underrettet på forhånd Leveransen betydelig mer effektiv en tidligere målte leveranser Tidsbesparelser ved å bruke gaffel istedenfor stropper, men muligens mindre HMS-vennlig? Total lossetid 1t og 15 min Direkte arbeid i henhold til produksjonsplan
Onsdag 2. febr	Montering av lekter og kledning på vegg Pipeelementer levert til feil hus, fraktes med traktor til korrekt hus i etterkant Arbeidskraft i aktiv sykemelding gjør at det ikke påvirker målingen Mye tidsbruk på snømåking, gjør større utslag i målingen Direkte arbeid i henhold til produksjonsplan, men mindre produksjon pga snømåking
Generelt	Leveranser merket husnummer generelt mer effektive Bruk av gaffel istedenfor stropper sparer tid til lossing Krav til sorteringsgrad krever ekstra tid fra håndverkerne

	<p>Arbeidskraft til forefallende ikke-verdiskapende arbeid gjør at målte håndverkere har mer tid til produksjon</p> <p>Over 100 meter fra arbeidsplass til avfallskonteiner</p> <p>Over 50 meter fra arbeidsplass til verktøykonteiner</p> <p>Noen varer leveres for tidlig, andre i feil mengder</p> <p>Arbeidsplassen til det aktuelle arbeidslag fremsto generelt mer ryddig enn arbeidsplassen til andre lag</p>
God flyt	<p>Flatt terreng</p> <p>God plass</p> <p>Frittstående eneboliger</p> <p>Traktor tilgjengelig ved behov</p> <p>Håndverker i aktiv sykemelding tar seg av mye forefallende arbeid</p> <p>Annen arbeidskraft til snømåking og diverse</p> <p>Materialer tilgjengelig når de trengs</p> <p>Materialer tidvis levert nærme arbeidssted</p> <p>Større sammenhengende produksjonsperioder, etterfulgt av mindre sammenhengende rigg- og ryddeperioder</p> <p>Flinke håndverkere?</p>
Dårlig Flyt	<p>For store avstander til materialer, utstyr og konteinere</p> <p>Strengt krav til sortering</p> <p>Materialer levert for tidlig</p> <p>Materialer tidvis levert for langt fra arbeidssted</p> <p>For lite informasjon og koordinering mellom formann og håndverkere, samt HE og UE</p>
Mulige forbedringstiltak	<p>Flere avfallskonteiner</p> <p>Verktøykonteiner nærmere hus</p> <p>1-2 hjelpearbeidere som kan forsyne håndverkerne</p> <p>Last Planner System - bakoverplanlegging</p> <p>Produsere etter tetthetskrav – noen målinger viser høyere tetthet enn nødvendig?</p>

**10.4 VEDLEGG 4 – Dagbok Lag 2**

<b>Dag og dato</b>	<b>Kommentarer</b>
Mandag 24. jan	Isolering og montering av reisverk Materialer ligger til rette for produksjon Tildelt kapp-liste, lærling tar seg av mye kapping i ca. 2 timer Strømvavbrudd – litt nedetid Direkte arbeid etter produksjonsplan
Tirsdag 25. jan	Montering av reisverk Ingen spesielle hendelser Mye lodding og vatrung av reisverk, viktig jobb men viser lite resultater Direkte arbeid etter produksjonsplan
Onsdag 26. jan	Montering av GU (gips) og Tyvec Noteres at det benyttes dobbel vindtetting på hele bygget Ingen spesielle hendelser
Mandag 31. jan	Laget begynner på nytt hus (H5) – forskaling Knoter med armering i forskalingsselementene Forbedrer seg når laget dagen etterpå utfører samme arbeid på H6 - læringskurve Forskalingselementer lett tilgjengelig for håndverkerne Tekking over materialer har ikke vært god nok, medgått tid til å fjerne snø og is
Tirsdag 1. febr	Forskaling – H6, listing av vinduer Lister ligger i lang avstand til bygget, kunne vært plassert mer gunstig ved levering Mottak av betong og støyping – pågår fra 12.30 til 14.15, etterarbeid resten av dagen, arbeider under tidspress – derfor blir direkte arbeid høyt denne dagen
Onsdag 2. febr	Listing H7, lekting for panel H8 Materialer ligger i lang avstand fra bygget – mye vandring Panel til bruk dagen etter hentes med traktor – 1 av håndverkerne involvert (30min)
Torsdag 3. febr	Montering av panel Effektiv fordi materialer ble tilrettelagt dagen før Montering av plast og lekter i boden på H7 – tilrettelegger for ventilatør Ingen spesielle hendelser
Fredag 4. febr	Montering av gips Gips i lang avstand fra bygget – mye bæring som kunne vært unngått

Generelt	<p>Laget er generelt dårligere på rydding – dog ingen noterte hindringer for arbeidet</p> <p>Alle lag nytter godt av ekstra arbeidskraft (håndverker i aktiv sykemelding), antar at alternativ kostnaden ved at en snekker rydder er høyere enn ved at en ufaglært tar seg av denne jobben</p> <p>Ser ingen hindringer for at gipsen ikke kan komme inn på et tidligere stadiet og losses inn i 2.etg ved behov når gavlen fortsatt er åpen, vil spare tid på bæring og materialhåndtering</p> <p>Bemerket høy kvalitet på bygget, nødvendig når kunde betaler for et standard TEK 07 hus?</p> <p>Trykktest av to hus viser seg å være godt innenfor kravene, vært interessant å se en varmetapsramme på husene</p> <p>Mye tid medgår til teiping – muligheter for å bruke mindre teip siden husene allerede er godt innenfor kravene?</p> <p>Nødvendig med dobbel vindtetting på husene?</p> <p>Lagene er generelt dårlig på å overholde tildelte spisepauser – mye <i>annen personlig tid</i></p> <p>Laget måtte ved to anledninger tilbake å feste vindspærre på H8 – kunne vært unngått ved å feste ordentlig første gangen</p> <p>Laget hadde ansvar for en lærling – lærling ikke tatt med i målinger (inngår ikke i laget), jobbet mye alene</p> <p>Mye bruk av sirkelsag, effektiviserer arbeidet og sparer tid på bevegelse til og fra gjerdesag</p> <p>Laget er involvert på flere hus i løpet av måleperioden</p>
----------	--



10.5 VEDLEGG 5 – Resultater måling 2, Lag 3

OPPSUMMERING MÅLINGER VED ØSTENBULIA BOLIGPROSJEKT, Lag 3 - HH												
Nr	Aktivitet	16.mar	17.mar	18.mar	21.mar	22.mar	totalt	% andel	Lærling	Andre	totalt m/fel.pers	% andel m/fel.pers
1.1	Direkte arbeid	121	111	110	109	94	545	55,6 %	1	2	548	54,8 %
1.2	Direkte arbeid: Utbedring av tabbe	0	0	0	1	19	20	2,0 %	0	0	20	2,0 %
1.3	Direkte arbeid: Utbedring av tabbe fra annet lag/fag	0	0	0	0	0	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %
2.1	Inspeksjon/kontroll	0	0	0	1	1	2	0,2 %	0	0	2	0,2 %
2.2	Krankjøring og lignende	0	0	0	0	0	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %
3.2	Sikringsarbeid (HMS)	0	0	0	0	0	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %
	Rigging værrelatert	0	0	1	0	0	1	0,1 %	0	0	1	0,1 %
3.3	Rigge opp og ned	9	5	7	11	6	38	3,9 %	0	0	38	3,8 %
3.4	Rydding for å få tilgang til arbeidsplassen	0	0	0	0	0	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %
3.5	Opprydding etter arbeidet	0	1	3	0	7	11	1,1 %	0	0	11	1,1 %
3.6	Generell rydding	0	17	2	1	1	21	2,1 %	0	3	24	2,4 %
4.1	Mottak av materialer og prosedyrer rundt dette.	0	0	0	0	0	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %
4.2	Pakke ut materialer	0	0	0	2	0	2	0,2 %	0	0	2	0,2 %
4.3	Henting av materialer til arbeidsstedet med tralle e.l	0	0	0	1	0	1	0,1 %	0	1	2	0,2 %
4.4	Henting av materialer innen ca 12 m	2	2	0	1	0	5	0,5 %	0	0	5	0,5 %
4.5	Henting av materialer lenger unna enn 12 m	14	7	15	17	12	65	6,6 %	3	9	77	7,7 %
4.6	Bære avfall til konteiner	0	2	1	0	0	3	0,3 %	0	1	4	0,4 %
4.7	Forflytning mellom arbeidssteder	0	4	3	2	1	10	1,0 %	0	0	10	1,0 %
4.8	Flytte og hente verktøy	8	4	12	10	14	48	4,9 %	0	0	48	4,8 %
4.9	Bevege søg fra/til Gjerdesag og lignende	0	0	3	3	0	6	0,6 %	0	0	6	0,6 %
5.1	Venting/nedetid	2	3	1	2	0	8	0,8 %	0	0	8	0,8 %
6.1	Planleggingsmøter	0	0	0	0	0	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %
6.2	Koordinering på bygget	9	7	6	4	3	29	3,0 %	0	0	29	2,9 %
6.3	HMS-møter	0	0	0	0	0	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %
7.1	Kaffe og spisepause	16	16	16	16	16	80	8,2 %	0	0	80	8,0 %
7.2	Nødvendig Personlig tid	4	5	4	7	9	29	3,0 %	0	0	29	2,9 %
7.3	Annen Personlig tid	11	12	12	8	13	56	5,7 %	0	0	56	5,6 %
	Sum uten påvirkning	196	196	196	196	196	980					
	Sum med påvirkning	205	201	196	201	197	980		1	4	16	1000
	Arbeidsflyt	79,3 %	75,8 %	76,0 %	75,2 %	66,6 %	74,6 %					
	<b>Type arbeid</b>	<b>ant. tellepkt.</b>	<b>total %</b>									
	direkte arbeid - verdiskapning	550	55,0 %									
	Indirekte arbeid - rigg og rydd	76	7,6 %									
	Indirekte arbeid - mat.logistikk	152	15,2 %									
	Planlegging og HMS	29	2,9 %									
	Motproduktiv tid - waste	84	8,4 %									
	personlig tid og spisepauser	109	10,9 %									

## 10.6 VEDLEGG 6 – Resultater måling 2, Lag 4

OPPSUMMERING MÅLINGER VED ØSTENBULIA BOLIGPROSJEKT, Lag 4 AG												
Nr	Aktivitet	16.mar	17.mar	18.mar	21.mar	22.mar	totalt	% andel	Lærling	Andre	totalt m/fel.pers	% andel m/fel.pers
1.1	Direkte arbeid	84	48	28	53	91	304	38,6 %	4		308	38,7 %
1.2	Direkte arbeid: Utbedring av tabbe	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
1.3	Direkte arbeid: Utbedring av tabbe fra annet lag/fag	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
2.1	Inspeksjon/kontroll	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
2.2	Krankjøring og lignende	0	0	0	0	4	4	0,5 %			4	0,5 %
3.2	Sikringsarbeid (HMS)	0	0	0	0	11	11	1,4 %			11	1,4 %
	Rigging værrelatert	0	0	24	0	6	30	3,8 %			30	3,8 %
3.3	Rigge opp og ned	6	4	51	66	13	140	17,8 %			140	17,6 %
3.4	Rydding for å få tilgang til arbeidsplassen	0	0	17	6	0	23	2,9 %			23	2,9 %
3.5	Opprydding etter arbeidet	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
3.6	Generell rydding	3	6	0	0	12	21	2,7 %			21	2,6 %
4.1	Mottak av materialer og prosedyrer rundt dette.	0	1	0	0	0	1	0,1 %			1	0,1 %
4.2	Pakke ut materialer	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
4.3	Henting av materialer til arbeidsstedet med tralle e.l	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
4.4	Henting av materialer innen ca 12 m	12	3	4	12	4	35	4,4 %	2		37	4,6 %
4.5	Henting av materialer lenger unna enn 12 m	1	4	5	4	2	16	2,0 %			16	2,0 %
4.6	Bære avfall til konteiner	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
4.7	Forflytning mellom arbeidssteder	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
4.8	Flytte og hente verktøy	3	1	8	15	4	31	3,9 %	2		33	4,1 %
4.9	Bevege seg fra/til Gjerdesag og lignende	3	4	0	1	1	9	1,1 %			9	1,1 %
5.1	Venting/nedetid	2	0	0	0	0	2	0,3 %			2	0,3 %
6.1	Planleggingsmøter	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
6.2	Koordinering på bygget	4	0	2	7	5	18	2,3 %			18	2,3 %
6.3	HMS-møter	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
7.1	Kaffe og spisepause	11	8	16	16	16	67	8,5 %			67	8,4 %
7.2	Nødvendig Personlig tid	2	1	2	2	5	12	1,5 %			12	1,5 %
7.3	Annen Personlig tid	8	6	16	12	22	64	8,1 %			64	8,0 %
	Sum uten påvirkning	139	86	173	194	196	788	1	8	0	796	
	sum med påvirkning											
	Arbeidsflyt											
	<b>Type arbeid</b>	<b>ant. tellepkt.</b>	<b>total %</b>									
	direkte arbeid - verdiskapning	312	39,2 %									
	Indirekte arbeid - rigg og rydd	215	27,0 %									
	Indirekte arbeid - mat.logistikk	95	11,9 %									
	Planlegging og HMS	29	3,6 %									
	Motproduktiv tid - waste	66	8,3 %									
	personlig tid og spisepauser	79	9,9 %									

## 10.7 VEDLEGG 7 - Arbeidsflyt måling 2, Lag 3

OPPSUMMERING MÅLINGER VED ØSTENBULIA BOLIGPROSJEKT, Lag 3 - HH														
Nr	Aktivitet	16.mar	% andel	17.mar	18.mar	21.mar	% andel	22.mar	totalt	% andel	Lærling	Andre	totalt m/fel.pers	% andel m/fel.pers
1.1	Direkte arbeid	121	61,7 %	111	110	109	55,6 %	94	545	55,6 %	1	2	548	54,8 %
1.2	Direkte arbeid: Utbedring av tabbe	0	0,0 %	0	0	1	0,5 %	19	20	2,0 %	0	0	20	2,0 %
1.3	Direkte arbeid: Utbedring av tabbe fra annet lag/fag	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %
2.1	Inspeksjon/kontroll	0	0,0 %	0	0	1	0,5 %	1	2	0,2 %	0	0	2	0,2 %
2.2	Krankjøring og lignende	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %
3.2	Sikringsarbeid (HMS)	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %
	Rigging værrelatert	0	0,0 %	0	1	0	0,0 %	0	1	0,1 %	0	0	1	0,1 %
3.3	Rigge opp og ned	9	4,6 %	5	7	11	5,6 %	6	38	3,9 %	0	0	38	3,8 %
3.4	Rydding for å få tilgang til arbeidsplassen	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %
3.5	Opprydding etter arbeidet	0	0,0 %	1	3	0	0,0 %	7	11	1,1 %	0	0	11	1,1 %
3.6	Generell rydding	0	0,0 %	17	2	1	0,5 %	1	21	2,1 %	0	3	24	2,4 %
4.1	Mottak av materialer og prosedyrer rundt dette.	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %
4.2	Pakke ut materialer	0	0,0 %	0	0	2	1,0 %	0	2	0,2 %	0	0	2	0,2 %
4.3	Henting av materialer til arbeidsstedet med tralle e.l	0	0,0 %	0	0	1	0,5 %	0	1	0,1 %	0	1	2	0,2 %
4.4	Henting av materialer innen ca 12 m	2	1,0 %	2	0	1	0,5 %	0	5	0,5 %	0	0	5	0,5 %
4.5	Henting av materialer lenger unna enn 12 m	14	7,1 %	7	15	17	8,7 %	12	65	6,6 %	3	9	77	7,7 %
4.6	Bære avfall til konteiner	0	0,0 %	2	1	0	0,0 %	0	3	0,3 %	0	1	4	0,4 %
4.7	Forflytning mellom arbeidssteder	0	0,0 %	4	3	2	1,0 %	1	10	1,0 %	0	0	10	1,0 %
4.8	Flytte og hente verktøy	8	4,1 %	4	12	10	5,1 %	14	48	4,9 %	0	0	48	4,8 %
4.9	Bevege seg fra/til Gjerdesag og lignende	0	0,0 %	0	3	3	1,5 %	0	6	0,6 %	0	0	6	0,6 %
5.1	Venting/innetid	2	1,0 %	3	1	2	1,0 %	0	8	0,8 %	0	0	8	0,8 %
6.1	Planleggingsmøter	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %
6.2	Koordinering på bygget	9	4,6 %	7	6	4	2,0 %	3	29	3,0 %	0	0	29	2,9 %
6.3	HMS-møter	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %	0	0	0,0 %	0	0	0	0,0 %
7.1	Kaffe og spisepause	16	8,2 %	16	16	16	8,2 %	16	80	8,2 %	0	0	80	8,0 %
7.2	Nødvendig Personlig tid	4	2,0 %	5	4	7	3,6 %	9	29	3,0 %	0	0	29	2,9 %
7.3	Annen Personlig tid	11	5,6 %	12	12	8	4,1 %	13	56	5,7 %	0	0	56	5,6 %
	Sum uten påvirkning	196		196	196	196		196	980					
	Sum med påvirkning	205		201	196	201		197	980		1	4	16	1000
	Arbeidsflyt	79,3 %		75,8 %	76,0 %	75,2 %		66,6 %	74,6 %					
	materialflyten	88,8 %		85,5 %	84,7 %	83,7 %		74,8 %	83,6 %				82,9 %	
	<b>Type arbeid</b>	<b>ant. tellepkt.</b>		<b>totalt %</b>										
	direkte arbeid - verdiskapning	550		55,0 %										
	Indirekte arbeid - rigg og rydd	76		7,6 %										
	Indirekte arbeid - mat.logistikk	152		15,2 %										
	Planlegging og HMS	29		2,9 %										
	Motproduktiv tid - waste	84		8,4 %										
	personlig tid og spisepauser	109		10,9 %										

## 10.8 VEDLEGG 8 - Arbeidsflyt måling 2, Lag 4

OPPSUMMERING MÅLINGER VED ØSTENBULIA BOLIGPROSJEKT, Lag 4 AG												
Nr	Aktivitet	16.mar	17.mar	18.mar	21.mar	22.mar	totalt	% andel	Lærling	Andre	totalt m/fel.pers	% andel m/fel.pers
1.1	Direkte arbeid	84	48	28	53	95	308	38,7 %			308	38,7 %
1.2	Direkte arbeid: Utbedring av tabbe	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
1.3	Direkte arbeid: Utbedring av tabbe fra annet lag/fag	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
2.1	Inspeksjon/kontroll	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
2.2	Krankjøring og lignende	0	0	0	0	4	4	0,5 %			4	0,5 %
3.2	Sikringsarbeid (HMS)	0	0	0	0	11	11	1,4 %			11	1,4 %
	Rigging værrelatert	0	0	24	0	6	30	3,8 %			30	3,8 %
3.3	Rigge opp og ned	6	4	51	66	13	140	17,6 %			140	17,6 %
3.4	Rydding for å få tilgang til arbeidsplassen	0	0	17	6	0	23	2,9 %			23	2,9 %
3.5	Opprydding etter arbeidet	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
3.6	Generell rydding	3	6	0	0	12	21	2,6 %			21	2,6 %
4.1	Mottak av materialer og prosedyrer rundt dette.	0	1	0	0	0	1	0,1 %			1	0,1 %
4.2	Pakke ut materialer	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
4.3	Henting av materialer til arbeidsstedet med tralle e.l	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
4.4	Henting av materialer innen ca 12 m	12	3	4	12	6	37	4,6 %			37	4,6 %
4.5	Henting av materialer lenger unna enn 12 m	1	4	5	4	2	16	2,0 %			16	2,0 %
4.6	Bære avfall til konteiner	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
4.7	Forflytning mellom arbeidssteder	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
4.8	Flytte og hente verktøy	3	1	8	15	6	33	4,1 %			33	4,1 %
4.9	Bevege seg fra/til Gjerdesag og lignende	3	4	0	1	1	9	1,1 %			9	1,1 %
5.1	Venting/nedetid	2	0	0	0	0	2	0,3 %			2	0,3 %
6.1	Planleggingsmøter	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
6.2	Koordinering på bygget	4	0	2	7	5	18	2,3 %			18	2,3 %
6.3	HMS-møter	0	0	0	0	0	0	0,0 %			0	0,0 %
7.1	Kaffe og spisepause	11	8	16	16	16	67	8,4 %			67	8,4 %
7.2	Nødvendig Personlig tid	2	1	2	2	5	12	1,5 %			12	1,5 %
7.3	Annen Personlig tid	8	6	16	12	22	64	8,0 %			64	8,0 %
	Sum med påvirkning	139	86	173	194	204	796		1	0	796	
	Arbeidsflyt	82,1 %	76,2 %	55,1 %	65,1 %	73,5 %	69,2 %					
	materialflyten										78,3 %	
	<b>Type arbeid</b>	<b>ant. tellepkt.</b>	<b>total %</b>									
	direkte arbeid - verdiskapning	312	39,2 %									
	Indirekte arbeid - rigg og rydd	215	27,0 %									
	Indirekte arbeid - mat.logistikk	95	11,9 %									
	Planlegging og HMS	29	3,6 %									
	Motproduktiv tid - waste	66	8,3 %									
	personlig tid og spisepauser	79	9,9 %									

**10.9 VEDLEGG 9 – Dagbok måling 2, Lag 3**

<b>Dag og dato</b>	<b>Kommentarer</b>
Onsdag 16.3	Montering av reisverk og vindtetting i gavl Gips er plassert på bakken, mye tid til henting av materialer Leveranse av lekter er merket husnummer og plassert nærme hus Kledning er ikke delt inn til hvert enkelt hus UE'er fortsatt mye frem og tilbake på feltet (men inntrykk av lengre produksjonsperioder) Direkte arbeid i henhold til produksjonsplan
Torsdag 17.3	Vindtetting i gavlvegg, samt montering av undertak Flere strøbrudd men påvirker ikke målte håndverkere direkte Lagene låner materialer av hverandre Leveranse fra Neumann, varighet under 1 time, noen kolli merket husnummer UE'er mye frem og tilbake Direkte arbeid i henhold til produksjonsplan
Fredag 18.3	Montering av lekter og teip i gavlvegg, vinduer og kledning Vinduer plassert i en felles leveranse i større avstand fra arbeidsstedet og må i tillegg bæres til 2.etg Vinduer ble levert før onsdag 16.3 Nye strøbrudd men liten påvirkning på målte håndverkere Direkte arbeid i henhold til produksjonsplan
Mandag 21.3	Montering av kledning på vegg og lekter på tak Mye henting av materialer over større avstander, dette skyldes mye pga at arbeidet utføres i overliggende etasjer mens materialer ligger på bakken Annen arbeider på feltet rydder rundt huset til målte håndverkere, målinger korrigert Direkte arbeid i henhold til produksjonsplan
Tirsdag 22.3	Montering av kledning på vegg og lekter på tak Neumann leveranse under 1 time, ingen leveranser til målte håndverkere Ingen spesielle hendelser Direkte arbeid inneholder også utbedring av tidligere tabbe, ellers i henhold til produksjonsplan
Generelt	Lite spor av <i>rydding for å få tilgang til arbeidsplassen</i> , kan skyldes at materialer plasseres i trygge avstander fra arbeidsstedet for å unngå tid til å flytte på materialer Fortsatt forbedringspotensialer i merking av leveranser med husnummer Annen arbeidskraft utenfor laget bidrar i produksjonen ved at de rydder, henter materialer og lign. Svært stor avstand til avfallskonteinere, tar i bruk traktor til avfallshåndtering Forbedringspotensialer i leveringsposisjon
God flyt	Flatt terreng God plass Frittstående eneboliger Traktor tilgjengelig ved behov
Dårlig Flyt	For store avstander til utstyr, konteinere og tidvis materialer Materialer levert for tidlig

**10.10 VEDLEGG 10 – Dagbok måling 2 – Lag 4**

<b>Dag og dato</b>	<b>Kommentarer</b>
Onsdag 16.3	Legging av panel og liming av vindtetting på H5. En del vandring for han som limer, da dette utstyret lå i lang avstand fra arbeidsplassen. Enkelte av materialene lå også i større avstand til arbeidsstedet enn andre.
Torsdag 17.3	Har bare målt en snekker, da han andre reiste til Danmark. Dagen gikk med til å legge panel. Ser at snekkeren bruker lenger tid, da han ikke bruker sirkelsagen like aktivt som ved 1. måling. Dette fanges ikke opp i målingene, da vi bare måler verdiskapende arbeid. Ser for øvrig at det gir utslag på vandring til og fra gjerdesag.
Fredag 18.3	Resten av panelen blir lagt, samt montering av stillas. Det gikk med mye tid til rydding for å få tilgang til arbeidsplassen. Mye måking av snø måtte også gjøres, da stillasen må stå på fast grunn.
Mandag 21.3	Montering av stillas samt klargjøring av toppsviller for montering av takstoler. Ikke noe spesielt ved denne arbeidsdagen.
Tirsdag 22.3	Det tar litt tid før takstolene kommer, disse var bestilt til klokken 10, men dukket opp 09.30, ikke noe problem da alt allerede var klart. Håndverkerne visste ikke når på dagen takstolene skulle komme, dette hadde ikke formannen informert om, kun at de skulle komme i dag. Dagen frem til montering gikk med til generell rydding på plassen, samt litt måking av snø. Plaget av mye vind under lossing av takstoler
Generelt	Ikke noen store funn gjort i denne perioden.
God flyt	Materialer nærme plassen
Dårlig Flyt	Måking av snø, mye vind under montering av takstoler

**10.11 VEDLEGG 11 – Intervjuer**

Yrke	2 x Tømrer – aktiv sykemelding
Eventuell kommentar til målinger	Ikke målt ved intervju

Spørsmål	Svar
Med hensyn på produktivitet, hvordan er det tilrettelagt for produksjon på Østenbulia, sammenlignet med andre boligprosjekter?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Østenbulia er representantivt for boligprosjekter generelt i Skanska Arendal</li> <li>- Tar for lite hensyn til snøen</li> <li>- Noen leveranser merket husnummer, ønsker at alle leveranser skal merkes</li> <li>- For mange tilfeller av mellomlagring av materialer</li> <li>- Festematerialer (Motek) alltid tilgjengelig, bruker en tilnærmet VMI ordning på prosjektet</li> </ul>
Eventuelt hva mener du kunne vært bedre tilrettelagt, for at du kunne bruke mer tid på å produsere?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alle leveranser merket husnummer</li> <li>- Kortere avstander til verktøy og utstyr, ønske om å ta i bruk mindre verktøykonteinere som kan fraktes med traktor, hvert lag har egen konteiner, slik at verktøy og utstyr alltid er tilgjengelig for hvert lag, da kan man også plassere konteinerne nærmere hvert hus</li> </ul>
Hva betyr god flyt i arbeidet for deg?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materialer og utstyr lett tilgjengelig</li> <li>- Samkjørt med andre aktører (UE'er)</li> <li>- Færre stopp/avbrudd i produksjonen</li> </ul>
Er materialene du behøver i arbeidet lett tilgjengelig?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Store virkninger av å merke leveranser med husnummer</li> </ul>
Hvordan syns du samarbeidet/kommunikasjonen med administrasjon og UE fungerer?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utfordring i forholdt til UE'er men dette har forbedret seg i det siste</li> <li>- Har tro på bakoverplanlegging</li> </ul>

Yrke	3 x Tømrer
Eventuell kommentar til målinger	Ikke målt ved intervju

Spørsmål	Svar
Med hensyn på produktivitet, hvordan er det tilrettelagt for produksjon på Østenbulia, sammenlignet med andre boligprosjekter?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bra at traktor er tilgjengelig, det hjelper mye</li> <li>- Prosjektet er representativt for boligprosjekter i Skanska Arendal</li> <li>- Bra at ”bas” koordinerer opp mellom lag og formann, bidrar til mer informasjon og for eksempel forbedret leveringspresisjon</li> </ul>
Eventuelt hva mener du kunne vært bedre tilrettelagt, for at du kunne bruke mer tid på å produsere?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Må ta mer hensyn til snø</li> <li>- Håndverkere må få materialer og utstyr som skal brukes over bakkenivå opp i høyden spesielt før helgen, ellers blir materiellet nedgravd under snøen og lagene mister oversikt over hva som er tilgjengelig og begynner å stjele av andre lag istedenfor</li> <li>- Bli bedre på å legge utstyr tilbake i konteinere, gjerne en av de mindre konteinerne på hvert lag, verktøy blir tatt bedre vare på og det blir mindre bevegelse på feltet</li> <li>- Ønske om at alle leveranser er merket husnummer, men ser behov for en ”buffer” av materialer som brukes ofte (eks. 48 x 98mm)</li> <li>- Lurt å få gipsen inn på sponplategulvet før gavlen tettes, alle materialer som skal opp i høyden kan med fordel løftes inn mens kran er tilgjengelig</li> </ul>
Hva betyr god flyt i arbeidet for deg?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kunne planlegge egen arbeidsdag</li> <li>- Tilgjengelige materialer og utstyr</li> </ul>
Er materialene du behøver i arbeidet lett tilgjengelig?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Når leveranser er merket husnummer og det er gode adkomstveger til hvert hus er materialene lett tilgjengelige, og man slipper å bevege seg over store avstander for å få tak i materialer</li> <li>- Materialer mangler noen ganger, tilløp til ”making-do” fordi man derfor må begynne å arbeide andre steder, eller så stjeler man fra andre lag, slik at lagene mister oversikt over en lagerbeholdning</li> </ul>
Hvordan syns du samarbeidet/kommunikasjonen med administrasjon og UE fungerer?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tilfeller der UE’er begynner for tidlig</li> <li>- Merker forbedringer nå i forhold til i måleperioden</li> <li>- Positive til bakoverplanlegging</li> </ul>



Yrke	2 x Tømrer
Eventuell kommentar til målinger	Resultater vist, ingen spesielle kommentarer

Spørsmål	Svar
Med hensyn på produktivitet, hvordan er det tilrettelagt for produksjon på Østenbulia, sammenlignet med andre boligprosjekter?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prosjektet representativt for boligprosjekter generelt i Skanska Arendal</li> <li>- Opplever at tilretteleggingen er omtrent lik</li> <li>- Store fordeler av å ha traktor tilgjengelig, spesielt fordi det er store avstander på byggeplassen</li> <li>- Leveranser merket husnummer er positivt</li> </ul>
Eventuelt hva mener du kunne vært bedre tilrettelagt, for at du kunne bruke mer tid på å produsere?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hvert hus bør ha eget strømskap</li> <li>- Gips og andre materialer som skal brukes i høyden må gjerne inn tidlig, men dette fører også til problemer med fukt og skader på materialer hvis materialene blir liggende en stund</li> </ul>
Hva betyr god flyt i arbeidet for deg?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- For lite og manglende materialer ødelegger for flyten</li> <li>- Store avstander, avbrudd i produksjonen (eks. strømvavbrudd) og snø på byggeplassen ødelegger for flyten</li> </ul>
Er materialene du behøver i arbeidet lett tilgjengelig?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opplever at lag låner materialer av dem uten at dem selv vet om dette, slik at de ikke klarer å holde oversikten over egen lagerbeholdning</li> <li>- Fordel med buffer av storforbruksmaterialer</li> <li>- Bedre tilgjengelig når leveranser er merket husnummer</li> </ul>
Hvordan syns du samarbeidet/kommunikasjonen med administrasjon og UE fungerer?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generelt god kommunikasjon</li> <li>- Ser forbedringer i kommunikasjonen blant håndverkerne, blant annet på materialer</li> </ul>

Yrke	2 x Tømrer
Eventuell kommentar til målinger	Resultater vist, ingen spesielle kommentarer

Spørsmål	Svar
Med hensyn på produktivitet, hvordan er det tilrettelagt for produksjon på Østenbulia, sammenlignet med andre boligprosjekter?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Østenbulia representativt for boligprosjekter generelt i Skanska Arendal</li> <li>- Bra at traktor er tilgjengelig, den har forenklet arbeidet betraktelig, leveranser, rydding, snømåking etc.</li> </ul>
Eventuelt hva mener du kunne vært bedre tilrettelagt, for at du kunne bruke mer tid på å produsere?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hvert hus burde hatt eget strømskap, har opplevd flere strømvbrudd</li> <li>- Forbedringer i forholdt til planlegging av levering, opplever at man må finne andre arbeidsoppgaver enn det man hadde tenkt fordi materialer ikke er tilgjengelig</li> <li>- Bør ta mer hensyn til vinteren, dette var man bedre på tidligere</li> <li>- Gips og andre materialer som skal brukes i høyden bør inn før gavlen tettes</li> </ul>
Hva betyr god flyt i arbeidet for deg?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lite avbrudd i produksjonen (ingen strømvbrudd eller lignende)</li> <li>- Riktige mengder av materialer tilgjengelig</li> </ul>
Er materialene du behøver i arbeidet lett tilgjengelig?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opplever at materialer ikke alltid er tilgjengelig</li> <li>- Ønskelig med en lager "buffer" av de mest brukte materialene som alle lag kan ta av istedenfor at man låner av hverandre</li> </ul>
Hvordan syns du samarbeidet/kommunikasjonen med administrasjon og UE fungerer?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opplever at UE'er starter sitt arbeid for tidlig, slik at dem selv ikke får gjort ferdig det dem har begynt på</li> <li>- Ellers fungerer samspeillet bra opp mot UE'er</li> <li>- Kan bli bedre informasjonsflyt opp mot formann</li> </ul>