



Universitetet  
i Stavanger

## DET TEKNISK VITENSKAPELIGE FAKULTET

# MASTEROPPGAVE

<b>Studieprogram/spesialisering:</b> Industriell økonomi/ Bygg og Prosjektledelse	Vårsemesteret, 2017  Åpen
<b>Forfatter:</b> Magnus Ramberg Mjøsund	..... (signatur, forfatter)
<b>Fagansvarlig:</b> Sigbjørn Tveterås <b>Veiledere:</b> Sigbjørn Tveterås, UiS Gunnar Skeie, Kruse Smith	
<b>Tittel på masteroppgaven:</b> Hvordan påvirker byggets geometriske utforming prosjektets kostnader og byggetid?	
<b>Studiepoeng:</b> 30	
<b>Emneord:</b> Bygg Geometriske utforming Kostnad Tidsbruk	Sidetall: 56 + vedlegg/annet: 14  Stavanger, 15. juni 2017



## **Forord**

Denne masteroppgaven er avsluttende arbeid på mastergraden i Industriell Økonomi. Temaet for oppgaven er valgt på bakgrunn av min bachelorgrad i Konstruksjonsteknikk og mastergrad med spesialisering i Bygg og Prosjektledelse.

Jeg vil rette en stor takk til Gunnar Skeie og Kruse Smith for god oppfølging, tilrettelegging og tilgang til ressurser og kontorplass.

Jeg vil også takke min veileder Sigbjørn Tveterås for gode tilbakemeldinger og innspill.



## Sammendrag

Dagens bygg- og anleggsnæring er preget av forsinkelser og lav produktivitet. Forskning viser at det har vært en jevn nedgang i produktiviteten sammenlignet med andre næringer i Norge. Denne oppgavens formål er å undersøkes hvilken sammenheng det er mellom byggets geometriske utforming og prosjektets varighet og lønnsomhet. Målet er å kunne redusere bruken av konstruksjoner som er kostnadsdrivende og fører til lav produktivitet.

Oppgaven bygger på en casestudie som analyserer 11 byggeprosjekter utført av Kruse Smith. Avgjørende parametere er sammenlignet med prosjektenes kostnadsrammer og varighet. Det er utviklet rater som gjenspeiler byggenes utforming og gjør det mulig å sammenligne tallfestede verdier mot hverandre. Valget av parametere og rater er gjort på grunnlag av en litteratur, egne erfaringer og samtaler med fagpersoner.

Resultatene viser klare tendenser til hva som er den beste bygningsutformingen i sammenheng med kostnaden av bygget. Samtidig viser de til hvilke bygningselementer som bør reduseres. Ratene som blir utviklet sammenfaller godt med byggekostnadene og kan dermed utvikles videre til bruk i fremtidige kostnadsestimeringer. Fra analysen fremkommer det også resultater som tyder på at bygningsstørrelsen er avgjørende for byggehastigheten.

# Innhold

Sammendrag.....	v
Innhold .....	vi
1 Innledning.....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 Problemstilling.....	2
1.3 Avgrensning.....	2
2 Bakgrunn .....	3
2.1 Byggebransjen .....	3
2.2 Kruse Smith .....	4
2.3 Byggeprosjekt.....	4
2.4 Aktørene .....	5
2.5 Forsinkelser og produktivitetsnedgang.....	6
3 Metode og fremgangsmåte .....	7
3.1 Utvalget .....	8
3.2 Studiet.....	8
3.3 Valg av parametere .....	9
3.4 Skjema til prosjektledere .....	9
3.5 Verktøy .....	10
4 Teori .....	13
4.1 Tid, kostnad og prosjektomfang .....	13
4.2 Kontroll over kostnad og tid.....	14
4.3 Prosjektets faser.....	15
4.4 Geometriske parametere .....	18
4.5 Norsk Prisbok .....	21
4.6 Prising.....	24
5 Analyse og resultat .....	25
5.1 Geometrisk data.....	25
5.1.1 Andel vindu i fasade.....	26
5.1.2 Gulvareal per meter yttervegg.....	27
5.1.3 Gulvareal per rom.....	29

5.2	Tidsbruk og kostnad .....	31
5.2.1	Tid .....	31
5.2.2	Kostnad.....	35
5.3	Resultat .....	36
5.3.1	Ratene.....	36
5.3.2	Kostnad.....	37
5.3.3	Tidsbruk .....	38
5.3.4	Størrelse, etasjer, kostnad og tid.....	39
6	Diskusjon.....	41
7	Konklusjon .....	45
8	Videre arbeid .....	47
9	Litteraturliste .....	49
10	Vedlegg .....	51

## Figurliste

<u>Figur 1</u> Strukturstatistikk bygg- og anleggsbransjen.....	3
<u>Figur 2</u> Byggeprosessen.....	4
<u>Figur 3</u> Arbeidsproduktiviteten i Norge.....	7
<u>Figur 4</u> Skjerm bilde fra prosessen i Solibri.....	11
<u>Figur 5</u> Prosjekttriangelen.....	13
<u>Figur 6</u> Earned Value Method.....	15
<u>Figur 7</u> Ulike prosjektmetoder.....	16
<u>Figur 8</u> Arealberegninger.....	18
<u>Figur 9</u> Illustrasjon arealutnyttelse.....	19
<u>Figur 10</u> Resultat for raten «Andel vindu i fasade».....	26
<u>Figur 11</u> Resultat for raten «Kvadratmeter per meter yttervegg».....	28
<u>Figur 12</u> Sammenligning raten «Gulvareal per meter yttervegg» og størrelsen på bygget.....	28
<u>Figur 13</u> Resultat for raten «Gulvareal per rom».....	30
<u>Figur 14</u> Resultat for raten «Gulvareal per rom», totalareal.....	31
<u>Figur 15</u> Varighet av byggeprosjektene, inndelt etter faser.....	32
<u>Figur 16</u> Byggehastigheten målt fra første involvering,, gitt i kvadratmeter per dag.....	33
<u>Figur 17</u> Byggehastigheten målt fra milepælen «Tett bygg», gitt i kvadratmeter per dag.....	34
<u>Figur 18</u> Byggekostnaden, gitt i kroner per kvadratmeter.....	35
<u>Figur 19</u> Sammenligning mellom ratene og kostnad- og tidsbruk.....	36
<u>Figur 20</u> Sammenligning av ratene og kostnaden.....	37
<u>Figur 21</u> Sammenligning av ratene og tidsbruken.....	38
<u>Figur 22</u> Sammenligning størrelse og antall etasjer med kostnads- og tidsbruk.....	39
<u>Figur 23</u> Oversikt over verdien på de ulike ratene.....	46

## Tabelliste

<u>Tabell 1</u> Kostnadsramme byggeprosjekt.....	21
<u>Tabell 2</u> Kostnad bygningselementer.....	22
<u>Tabell 3</u> Kostnad veggtyper.....	23
<u>Tabell 4</u> Kostnad bygningstyper.....	23
<u>Tabell 5</u> Prosjektoversikt.....	25
<u>Tabell 6</u> Gulvareal per rom, prosjekt nr. 20698.....	30



# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Bygg- og anleggsbransjen er svært konjunktursensitiv, og i likhet med lignende konjunktursensitive bransjer er man opptatt av kostnader og lønnsomhet. Produktiviteten i bransjen har hatt en jevn nedgang sammenlignet med andre bransjer, og dette selv om det stadig blir utviklet nye tekniske hjelpemidler, dataverktøy og prosjektmetoder. Tidligere var det mye fokus på effektivisering i selve produksjonsfasen, mens det i den siste tiden har blitt større fokus på effektivisering i tidligere faser som prosjekteringsprosessen.

I denne oppgaven skal problemet angripes fra et nytt ståsted og det skal undersøkes hvilke innvirkninger byggets geometriske form har på prosjektets produktivitet og effektivitet. Det skal undersøkes om det er sammenheng mellom den geometriske utforming og prosjektets kostnader og tidsbruk, slik at man kan lære seg hvilke geometriske løsninger som er kostnadsbesparende og gir en økt produktivitet. Oppgaven tar for seg 11 prosjekter i Kruse Smith som casestudie for forskningen.

Bygg- og anleggsnæringen er en av landets største næringer, så prosentendringer i effektivitet, byggekostnader og prisestimer kan bety enorme pengesummer. Eksempelvis kan små endringer i mengde yttervegg på alle bygg gi store utslag over det lange løp. Et eksempel på bygningsformens innvirkning kan illustreres ved å se på forskjellen mellom et kvadratisk og rektangulært bygg. Arealet på byggene er like, men det kvadratiske bygget har utvendig vegg lengder på 10 meter og det rektangulære har utvendig vegg lengder på 20 meter og fem meter. Endringen fra kvadratisk til rektangulær bygningsform i dette tilfellet medfører en økning på 25% i antall meter yttervegg. I denne oppgaven skal slike geometriske egenskaper sees nærmere på i lyset av kostnader og tidsbruk.

Spørsmål som blir stilt i denne oppgaven omhandler byggets utforming. Vil forholdet mellom vegg høyde og gulvareal ha noen innvirkning? Vil andel vindu i fasade ha noe å si? Hvilken rominndeling er billigst? Gjennom samarbeid med Kruse Smith er det blitt undersøkt om det finnes sammenhenger mellom byggets form og prosjektets tids- og kostnadsbruk. Hvilke utfordringer møter man når man går utover den enkle og kvadratiske bygningskroppen? Kunnskapen om dette finnes allerede, og har sådan gjort det i mange år, men svært lite er skrevet og tilrettelagt for videre læring og kunnskapsutveksling. Ved hjelp av dataverktøy har det blitt evaluert en rekke prosjekter i Kruse Smith for å kunne gi svar på denne problemstillingen.

## 1.2 Problemstilling

Kruse Smith er en representant fra byggebransjen og ønsker i likhet med andre bedrifter å forbedre sin lønnsomhet og tidsbruk. Gjennom denne analysen avdekkes prestasjoner på gjennomførte prosjekter, samtidig som kunnskap om forbedringsmuligheter blir frembrakt. Den konkrete problemstillingen er:

*Hvordan påvirker byggets geometriske utforming prosjektets kostnader og byggetid?*

## 1.3 Avgrensning

Gjennomføring av en økonomisk analyse av byggeprosjekter kan være en svært omfattende og krevende jobb. I et såpass komplekst arbeid som et byggeprosjekt er det mange faktorer som kan analyseres for å si noe om det økonomiske aspektet. For at oppgaven ikke skal bli for stor har den blitt avgrenset til de geometriske aspektene ved de forskjellige byggene. Det er kun byggets utforming som er grunnlaget i den økonomiske analysen. Selv om dette avgrenser oppgaven mye, er det fortsatt en stor jobb å analysere alle prosjektene til Kruse Smith. Som en erfaren og stor bedrift har Kruse Smith gjennomført svært mange byggeprosjekter og dermed finnes det prosjekter med begrenset informasjon. Derfor har analysen blitt gjennomført på de nyeste prosjektene, der det eksisterer gode digitale modeller, slik at man kan ta i bruk gode dataverktøy for en tidsbesparende og mer effektiv analyse.

Selv om man kun ser på den geometriske utformingen til byggene, er det fortsatt mange parametere man kan analysere. Derfor er det gjort en avgrensning der man ser kun på de parametere som har vist seg å være mest generell og som har størst påvirkning på byggeprosjektene kostnader og tidsbruk.

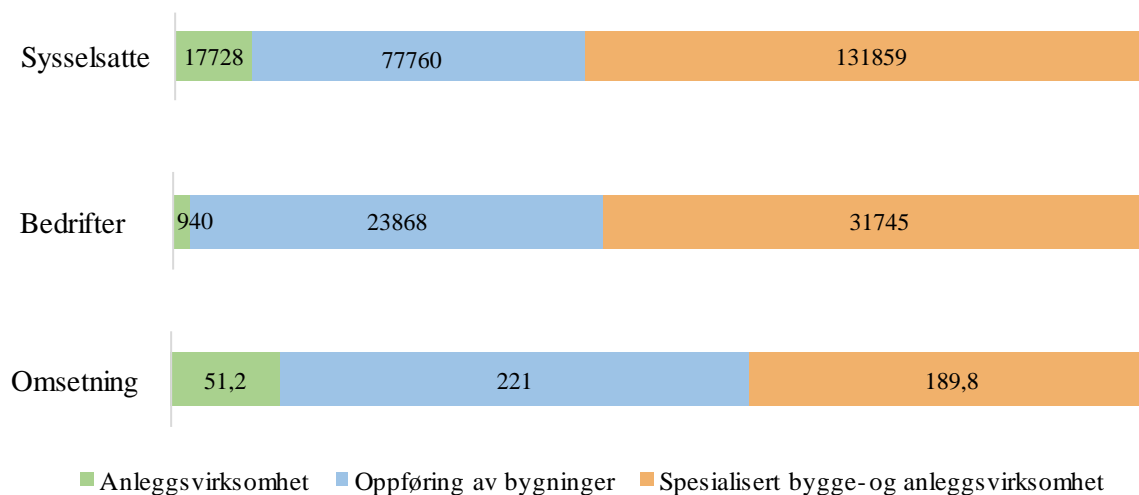
I denne oppgaven er det kun byggekostnader som er i fokus. Det er ikke vurdert hvilke innvirkninger byggets form har på livsløpskostnadene. Kostnader i sammenheng med bruk og vedlikehold er ikke tatt hensyn til. Det er store forskjeller i livsløpskostnader ut i fra bygningstype og bygningsform. Eksempelvis vil en stor lagerhall kreve mye mer strøm til oppvarming kontra en liten enebolig. Slike aspekter er ikke medtatt i denne analysen, da det kun er byggets geometriske utforming i sammenheng med byggekostnad og byggetid som blir analysert.

## 2 Bakgrunn

I dette kapittelet blir det presentert informasjon som skal bidra til å gi en grunnleggende forståelse av byggebransjen og dagens situasjon i bransjen. Dette er med for å vise at det er behov for forandring, samtidig som det skal vise at det er muligheter for forbedring. Først blir byggebransjen generelt presentert, deretter vil dagens situasjon bli presentert.

### 2.1 Byggebransjen

Bygg- og anleggsbransjen er en av de største bransjene i landet med 56 000 bedrifter og 227 000 sysselsatte personer i 2014 (Statistisk Sentralbyrå 2016). Disse hadde en samlet omsetning på 462 milliarder kroner. Av disse 227 000 sysselsatte jobbet syv prosent innen anleggsvirksomhet, 34 prosent innen oppføring av bygninger og 58 prosent innen spesialisert bygge- og anleggsvirksomhet. Omsetningen var på henholdsvis 11 prosent, 48 prosent og 41 prosent. Med spesialisert bygge- og anleggsvirksomhet menes næring som omfatter utførelse av deler av bygging og anlegg, slik som elektriker, rørlegger og malerarbeid (Statistisk Sentralbyrå 2016).



Figur 1 Strukturstatistikk bygg- og anleggsbransjen.

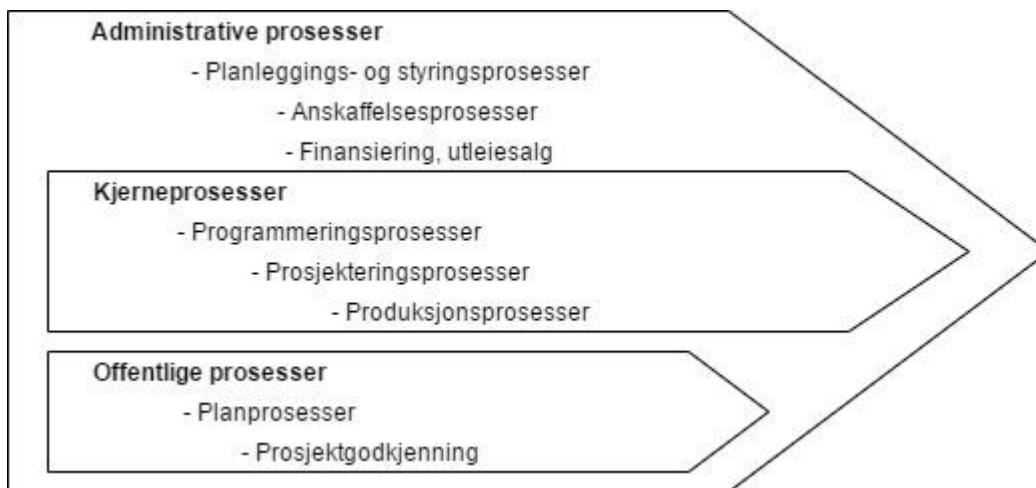
Basert på tall fra (Statistisk Sentralbyrå 2016)

## 2.2 Kruse Smith

Kruse Smith er en av Norges største entreprenører og eiendomsutviklere med 900 ansatte og en omsetning på 4,2 milliarder i 2015 (Kruse Smith AS 2015). Kruse Smith ble etablert i Kristiansand i 1935 og har i dag ti kontorer med hovedvekt på Sør-Vestlandet. Deres forretningsområde er nybygg, byggfornyelse og anlegg, samt bolig- og eiendomsutvikling. I denne oppgaven er det kun deres nybyggprosjekter som analyseres, som innebærer blant annet leiligheter, forretningsbygg, hotell og andre næringsbygg.

## 2.3 Byggeprosjekt

En byggeprosess er en kompleks operasjon med en rekke aktører involvert. «Byggeprosessen omfatter alle prosesser som fører fram til et eller er en forutsetning for det planlagt byggverk» (Eikeland 1998, s.25) Eikeland deler opp byggeprosessen i tre hovedgrupper; Administrative prosesser, kjerneprosesser og offentlige prosesser. Kjerneprosesser er selve produksjonen av byggverket, mens administrative prosesser innebærer tilrettelegging, planlegging og styring av disse kjerneprosessene. Offentlige prosesser innebærer offentlige planprosesser, slik som godkjenning av tiltak og lignende.



Figur 2 Byggeprosessen.

Basert på (Eikeland, 1998)

Innenfor byggeprosessens administrative prosesser finner man alt arbeid knyttet til administrasjon, organisering og styring. Disse prosessene løper parallelt med kjerneprosessene, og blir ofte påvirket av endringer i disse. På større byggeprosjekter ligger det mye arbeid i grunn knyttet til anskaffelser og kontrakter. Byggeprosessens kjerneprosesser beskriver Eikeland som «de prosesser som har beskrivelse eller produksjon av det planlagte byggverk som sitt resultat». Det betyr at alt arbeid som gjøres på det fysiske bygget går inn i denne kategorien, sammen med alt arbeid som blir gjort for å beskrive byggverket, ofte i form av tegninger og tekniske beskrivelser. Kjerneprosessen kan videre deles opp i programmeringsprosessen, prosjekteringsprosessen og produksjonsprosessen. I programmeringsprosessen identifiserer man kravene som bygget skal tilfredsstille. I prosjekteringsprosessen utvikles, utformes og beskrives byggets fysiske egenskaper, mens i produksjonsprosessen skjer selve oppføringen av bygget. Innenfor offentlige prosesser inngår alt arbeidet knyttet til offentlige bestemmelser og lover beskriver Eikeland. For at et byggverk skal kunne bygges, må det til en offentlig arealplanlegging og det skal godkjennes som tiltak eller prosjekt av bygningsmyndighetene. I tillegg til dette er det et stort utvalg av lover og restriksjoner som skal følges og søknader som må godkjennes.

## 2.4 Aktørene

På et byggeprosjekt er det ofte involvert en rekke forskjellige personer, bedrifter og grupper med forskjellig ansvar og oppgaver. Dette er de viktigste aktørene under et byggeprosjekt.

**Byggherre** Også kalt prosjekteier, tiltakshaver og oppdragsgiver. Aktøren som eier og finansierer prosjektet, og som ønsker å få utført det bygg- eller anleggsarbeidet som kontrakten omfatter. (Eikeland 1998)

**Prosjekterende** Ingeniører og arkitekter. Det er aktører som utfører prosjekteringsarbeidet på prosjektet. Med prosjekteringsarbeid menes produksjon av beslutningsgrunnlag i form av tegninger og beskrivelser for byggherre og myndigheter, samt legge grunnlaget for den fysiske utførelsen av byggeprosjektet. (Eikeland 1998)

**Entreprenør** En totalentreprenør er en entreprenør som står for både prosjekteringen og gjennomføringen. Totalentreprenøren har ansvar for å utdele og velge underleverandører som skal utføre arbeidsoppgavene. Byggherre har kun

kontakt med totalentreprenøren, som tar har kontroll over prosjekterende og underentreprenørene. (Lædre, 2006)

**Leverandør** Leverandører på et byggeprosjekt er de som leverer materialer, elementer og ferdige komponenter til bygget. Det oppfatter all typer leveranser fra sand og sement, til ferdige moduler med innredet bad og kjøkken. (Eikeland 1998)

## 2.5 Forsinkelser og produktivitetsnedgang

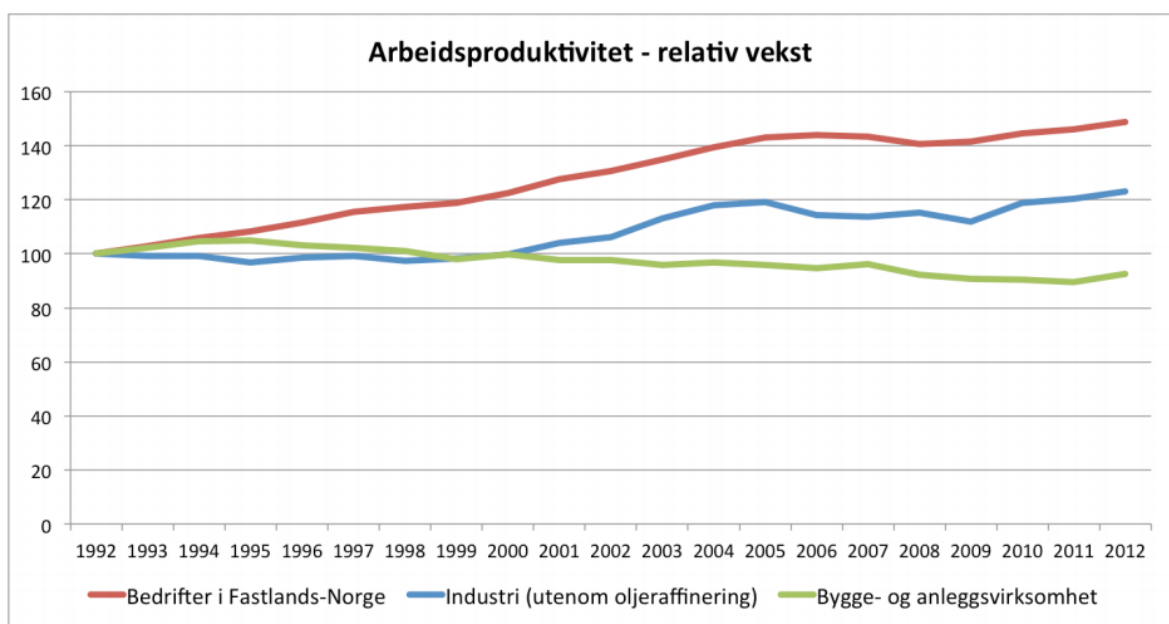
En av hensiktene med denne oppgaven er å se på mulighetene for å redusere tidsbruken i byggebransjen. Dersom man kan finne de geometriske faktorene som gjør at et bygg presterer bedre med tanke på tid og kostnad, er det mulig å bruke dette til å bygge mer effektivt.

Ofte hører man om bygg- og anleggsprosjekter som er forsinket og har store kostnadsoverskridelser. I 2015 viste KPMG sin globale undersøkelse av bygg- og anleggsbransjen at kun ett av fire byggeprosjekter ble fullført innen avtalt tid (KPMG International, 2015). Forsinkelser, uklare budsjett og mangel på gode og erfarne prosjektledere ble dratt frem som hovedårsaken til disse tids- og kostnadsoverskridelsene i rapporten. Rapporten ble gjennomført globalt med intervju av over 100 byggherrer fra private og offentlige firma. Mer enn halvparten av de spurte byggherrene skyldte på entreprenøren, og forteller om en eller flere tilfeller der dårlig leveranse har vært problemet. 69 prosent mente at entreprenørens innsats er den største årsaken til at prosjektene mislyktes. Dette viser at det er rom for forbedring når det kommer til tidsbruk og tidsestimatene på byggeprosjekter.

Samtidig viser tall fra Statistisk Sentralbyrå at utviklingen i produktiviteten i norsk bygg- og anleggsnæring er lavere enn annen næring i landet (Langlo, Bakken, Karud, Malm, & Andersen, 2013). Produktivitet er et mål på hvor mye verdier man skaper i forhold til hvor mye ressurser som brukes (Statistisk Sentralbyrå 2015). Selv om tallene fra SSB har blitt kritisert for å gi ett forenklet resultat av en kompleks bransje, viser de et tydelig mønster på hvordan bransjen presterer sammenlignet med andre bransjer. SSB måler produktiviteten både i «Arbeidsproduktivitet» og i «Total faktorproduktivitet» (Statistisk Sentralbyrå 2015).

Arbeidsproduktiviteten er den enkleste og vanligste måten å måle produktivitet, og er bruttoprodukt i faste priser per timeverk.

Med bruttoprodukt menes produksjon fratrukket verdiene av varene og tjenestene som brukes opp i produksjonsfasen. Den andre målemetoden er «Total faktorproduktivitet». Det er en restsum fra arbeidskapitalen, i tillegg til arbeidskraft og kapital. Det er forholdet mellom verdiene på total produksjon og den totale faktorinnsatsen (Statistisk Sentralbyrå, 2015). Nedenfor i Figur 3 vises utviklingen i arbeidsproduktiviteten i de ulike næringene.



Figur 3 Arbeidsproduktiviteten i Norge.

(Jan Alexander Langlo 2013)

### 3 Metode og fremgangsmåte

For å kunne svare på problemstillingen og si noe om hvilke geometriparametere som påvirker byggetiden og kostnadene på et byggeprosjekt, er det valgt en metode der en ser på et utvalg av prosjekter fra Kruse Smith og analyserer disse nærmere. Denne typen casestudie virker som en god tilnærming, da dataen er lett tilgjengelig og gir et utvalg av prosjekter med variasjon i bygningstype, fra leilighetsbygg til næringslokaler.

Analysen er gjennomført på 11 prosjekter i Kruse Smith. Det er hentet ut informasjon fra byggene og dette er sammenlignet med tidsbruken og kostnad på de representative prosjektene. Dermed vil en kunne tegne ett bilde av hvilke parametere som er avgjørende for gode prestasjoner med tanke på kostnad og tid.

### **3.1 Utvalget**

Utvalget av prosjekter i denne analysen er utelukkende fra Kruse Smith og består av noen av de nyeste prosjektene deres. Dermed er det digitale modeller på alle prosjektene. Slik er det mulig å hente ut mest mulig informasjon fra modellene, som igjen fører til et mer nøyaktig resultat. De digitale bygningsmodellene som brukes for å hente ut informasjonen er blitt bedre og mer innholdsrik i tidens løp, og er det er dermed fornuftig å velge nyere modeller. Samtidig representerer dette utvalget ulike bygningstyper, både hoteller, leiligheter, kontorer og næringsbygg, slik at man får et mangfold i prosjektutvalget. Samtlige prosjekter er lokalisert i Rogaland, det vil si Stavanger, Sola og Sandnes, og har en kontraktsverdi på over 20 millioner kroner.

### **3.2 Studiet**

1. Første del går ut på å finne prosjekter som skal studeres. Det er valgt 11 prosjekter som består av leilighetsbygg, hotell, næringsbygg og kontor.
2. Valget av de geometriske parameterne som skal analyseres i byggene er gjort på grunnlag av litteratur og samtaler med fagpersoner hos Kruse Smith.
3. Studiet av de forskjellige modellene er gjennomført ved hjelp av dataverktøyet Solibri. Ved hjelp av dette dataverktøyet er det mulig å hente ut geometrisk informasjon om bygget. Med geometrisk informasjon menes lengder, høyder og mengder av de forskjellige bygningselementene, for eksempel antall kvadratmeter yttervegg på bygget. For hver parameter av bygget, for eksempel antall vinduer, er det laget en excel-rapport for videre analyse av mengdene. Her sorteres mengdene etter etasje.

Ved hjelp av maler for filter og sorteringer i programmet, ble det etter hvert enklere å hente ut riktige mengder fra modellene.

4. Sorteringen av dataen ble gjort i dataprogrammet Excel. Alle excel-rapportene fra hver parameter av bygget ble samlet i en felles excel-rapport for de enkelte byggene. Dataen ble her sortert og ratene som brukes videre i studien ble laget. Slik som for eksempel raten som beskriver forholdet mellom gulvflate og vegg lengder. For sammenligning av



de forskjellige byggeprosjektene ble all den sorterte informasjonen fra de enkelte byggene samlet i en felles rapport. Slik kunne resultatene fremstilles grafisk og dermed sammenlignes raskt og enkelt.

5. Et skjema ble sendt ut til prosjektlederne på de aktuelle prosjektene for å hente inn nødvendig informasjon. Her ble byggetid og kostnader kartlagt, samt en enkel undersøkelse av hvilke hovedutfordringer som ble møtt på de enkelte prosjektene.

### **3.3 Valg av parametere**

Valget av parametere skjedde på bakgrunn av samtaler med erfarne fagpersoner og med grunnlag i rapporter rundt temaet og databasen Norsk Prisbok. Valgte parametere er de som ble vurdert til å ha størst innvirkning på kostnaden og tidsbruken på et byggeprosjekt. Når man skal svare på en slik problemstilling, hvilke geometriske parametere som påvirker prosjektets byggetid og kostnad, er det svært mange parametere å velge mellom. Et bygg består av mange komponenter, men her var problemet å finne hvor generelle disse parameterne skulle være. Det er mulig at valget av type dørhåndtak har noe å si, men det er usannsynlig at det har store innvirkninger på prosjektets kostnad og tidsbruk. Til slutt falt valget på noen parametere som er mer generelle, slik at analysen hadde størst mulighet for å gi noen indikasjoner. Valget falt på følgende parametere:

**Andel vindu i fasade**

**Gulvareal per meter yttervegg**

**Gulvareal per rom**

**Etasjer, over og under bakke**

**Total BTA**

### **3.4 Skjema til prosjektledere**

Dataen om byggets geometriske mengder alene er ikke nok for å si noe om utformingens betydning på tids- og kostnadsbruk. Derfor ble det sendt ut et skjema til samtlige prosjektledere på de aktuelle prosjektene for å hente inn informasjon om dette. Informasjon rundt følgende punkter ble innhentet:

**Kontraktstørrelse**                      Kontraktens verdi i kroner

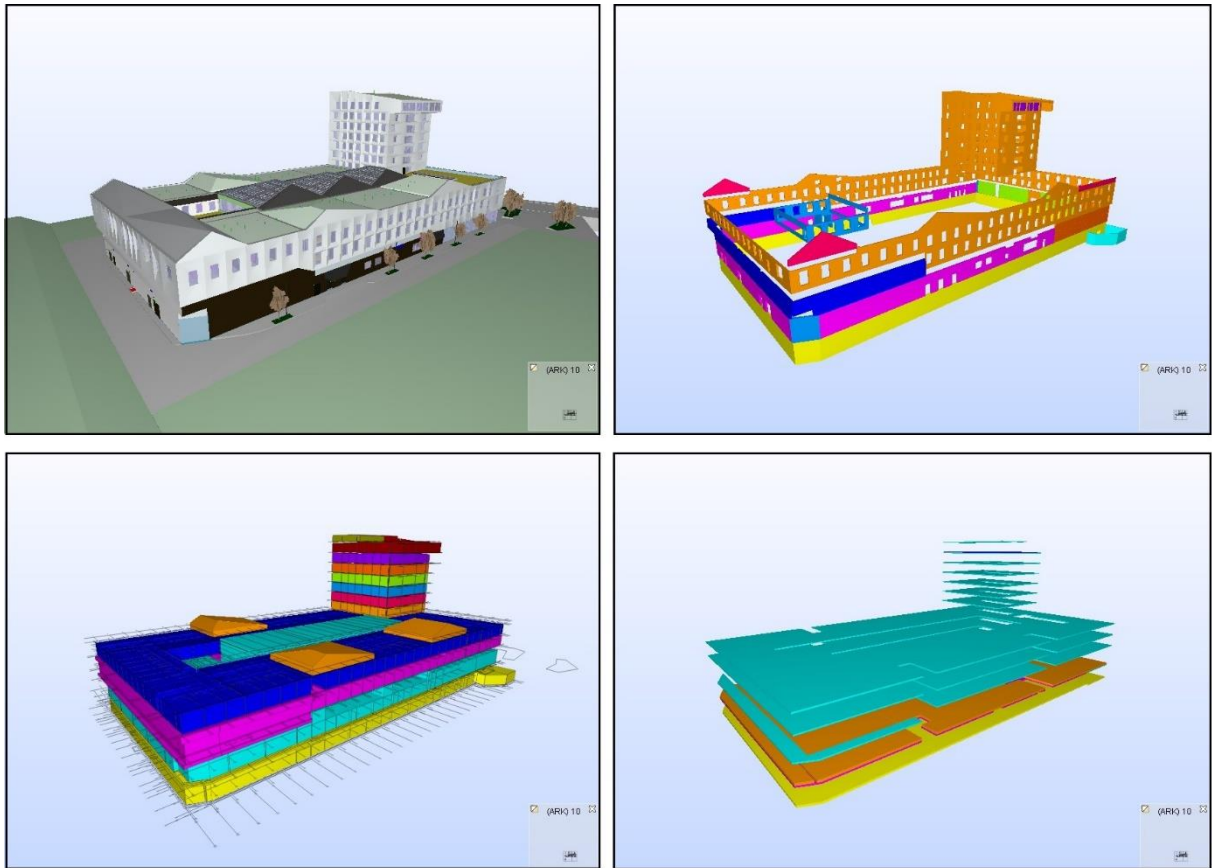
**Total m<sup>2</sup>**                                      Prosjektets størrelse i kvadratmeter. Gitt av arealet av bygget.

<b>Konktratsdato</b>	Dato for da Kruse Smith inngikk kontrakt.
<b>Start utgraving</b>	Første fase av produksjon på de fleste byggeprosjekter.
<b>Start fundamentarbeid</b>	Produksjon av plattformen bygget skal stå på.
<b>Første aktivitet over fund.</b>	Første fase som involverer bygging.
<b>Tett bygg</b>	Start på innvendig arbeid på bygget
<b>Overlevering</b>	Prosjektet er fullført

Datoene som ble etterspurt er de som ble ansett som mest aktuelle og avgjørende. De representerer viktige milepæler i et byggeprosjekt, og vil dermed gi god data for videre analyse. Ved hjelp av svarene på disse punktene skal en kunne finne tidsbruken og kostnaden på de ulike prosjektene, og bruke dette i sammenheng med den geometriske dataen til å svare på problemstillingen.

### 3.5 Verktøy

Solibri Model Checker er et dataprogram som brukes for å visualisere og kvalitetssikre problemer ved en bygning både før og under konstruksjonsprosessen. Det gir også store mengder informasjon som kan hentes ut og brukes til å finne arealstørrelser, mengder av ulike elementer og dimensjoner på selve bygget (Solibri, 2017). I denne oppgaven er det blitt brukt for å hente ut mengdedata om de ulike bygningselementene.



*Figur 4 Skjerm bilde fra prosessen i Solibri*

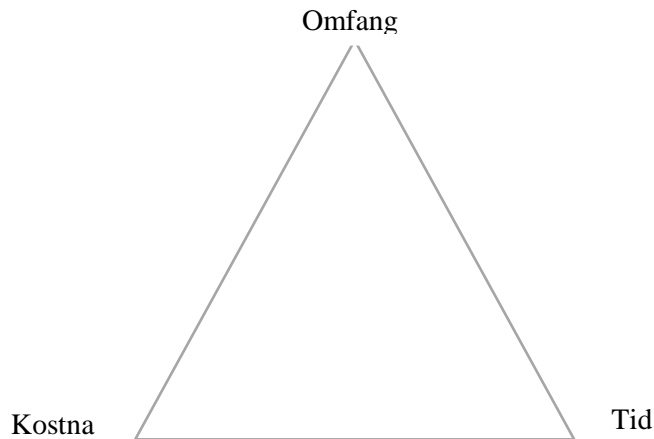
I denne figuren ser man et utdrag av prosessen i programmet. Her kan man hente ut ønskede elementer, slik som vegger i bildet opp til høyre, rominndeling nede til venstre og dekker nede til høyre.



## 4 Teori

### 4.1 Tid, kostnad og prosjektomfang

Alle prosjekter har en begrenset mengde ressurser, noe som kan illustreres gjennom en prosjektriangel. Prosjektriangelen består av tre elementer; Kostnad, tid og omfang. (Wysocki 2014) Dersom en av variablene endres, så må minst en av de andre endre seg for å opprettholde balanse i prosjektet.



*Figur 5 Prosjektriangelen. Basert på (Wysocki 2014)*

Omfanget beskriver Wysochi som prosjektets rammeverk. Det forteller ikke bare hva som skal gjøres, men også hva som ikke skal gjøres. Omfanget er ofte beskrevet i et dokument, og er grunnlaget for all jobben som skal gjennomføres på prosjektet. Detaljnivået er lavt, men det gir en oversikt over hva prosjektet skal inneholde.

Kostnaden på prosjektet er en annen variabel som definerer et prosjekt mener Wysochi. Kostnaden er en viktig betraktning gjennom hele prosjektprosessen, og styrer ofte utviklingen i et prosjekt. Helt fra startfasen er kostnaden viktig, da kostnadsestimater blir utviklet i tilbudsfasen.

Tidsbruken på et prosjekt gjenspeiler ofte størrelsen på prosjektet. Det blir ofte spesifisert en tidsramme eller frist på prosjektene, og som oftest vil endringer i dette påvirke kostnaden. Tidsbruken på et prosjekt kan reduseres, men dette medfører en økning i kostnader.

Som tidligere nevnt kjennetegnes denne triangelen ved at dersom en variabel endres så må en annen også endres. Derfor er det ofte stor sammenheng mellom kostnad og tidsbruk på prosjekter, og da spesielt på byggeprosjekter. Her koster ressursene mye, og unødig tidsbruk fører raskt til økende kostnader.

## 4.2 Kontroll over kostnad og tid

For en prosjektleder er en av de viktigste oppgavene å ha kontroll på kostnader og tidsbruk. Forandring underveis i et prosjekt er uunngåelig, og uansett hvor mye planlegging som gjennomføres er det umulig å forutse alle utfordringene man kan møte underveis. Derfor er det viktig med gode systemer og metoder for å kartlegge fremgangen og påvirkningene disse utfordringene har hatt på prestasjonene. En god måte å gjøre dette på er å bruke *Tjent Verdi Analyse*, bedre kjent som Earned Value Analysis eller EVA (Wysocki 2014).

Hovedprinsippet med EVA er at gjennomført arbeid blir sammenlignet med planlagt arbeid. Slik får man en oversikt over prosjektets fremgang til enhver tid, og dermed kan man gjøre tiltak dersom det er store avvik mellom planlagt og gjennomført jobb. Det man sammenligner i EVA er planlagt verdi, faktisk kostnad, opptjent verdi.

**EV** Opptjent verdi. Verdien eller kostnaden av arbeidet som er utført, ut i fra budsjettets verdi.

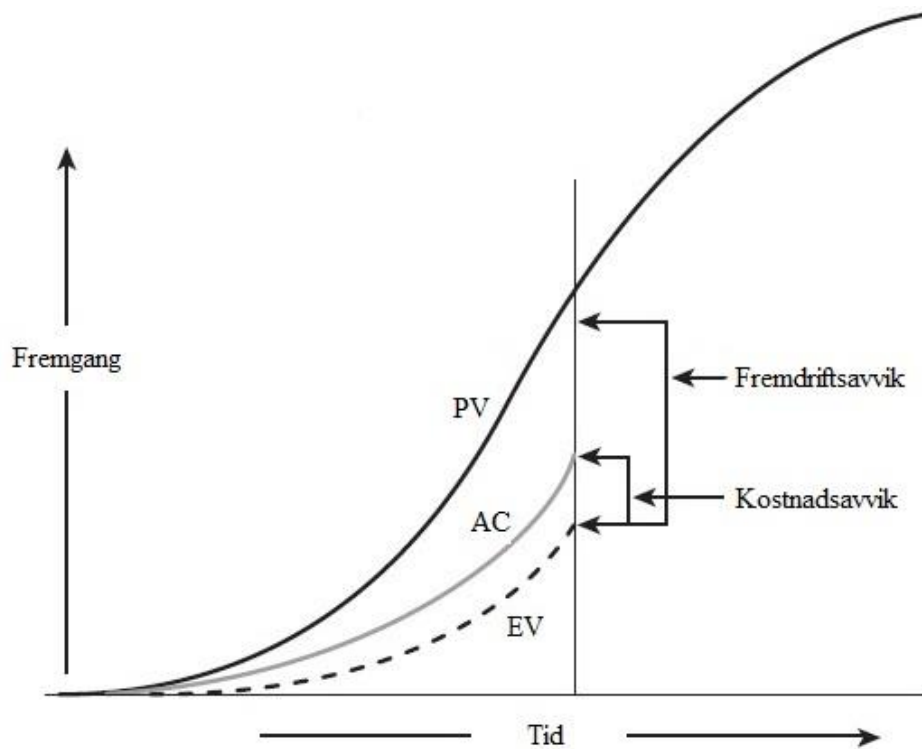
**PV** Planlagt verdi. Verdien eller kostnaden av det arbeidet som er planlagt.

**AC** Faktisk kostnad. Den faktiske verdien eller kostnaden på arbeid som er utført.

Dersom man har disse tallene er det mulig å finne ut hvordan fremgangen til prosjektet er. For å finne fremdriften og kostnadsbruken brukes følgende formler:

**SV = EV-PV** Fremdriftsavvik. Forskjellen mellom verdien på planlagt arbeid og verdi av utført arbeid. Gir en indikasjon på hvordan man ligger i forhold til fremdriftsplanen. Dersom pengeverdien er positiv, betyr det at prosjektet ligger foran skjema.

**CV=EV-AC** Kostnadsavvik. Forskjellen mellom den faktiske verdien på arbeidet og verdien av utført arbeid. Gir en indikasjon på hvordan prosjektet ligger i forhold til budsjettet. En positiv verdi betyr en lavere kostnad enn budsjettet.



Figur 6 Earned Value Method.

Basert på (Wysocki 2014)

### 4.3 Prosjektets faser

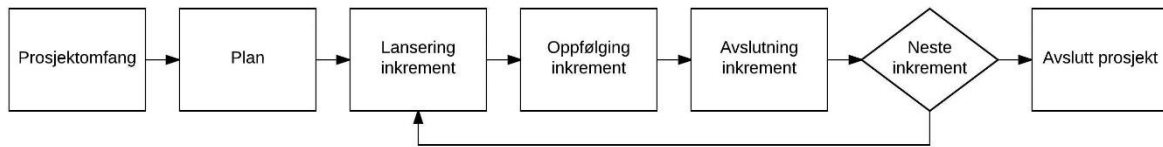
Et prosjekt er ifølge definisjon en sekvens av unike, komplekse, og sammensatte aktiviteter som har et mål eller mening og som må være ferdig innen en gitt tid, innenfor et gitt budsjett og følge spesifikasjoner. (Wysocki 2014) Det finnes mange forskjellige prosjektmetoder eller prosjektlivssykluser, og de blir ofte valgt etter prosjektets omfang og hensikt.

## Tradisjonell

### Lineær

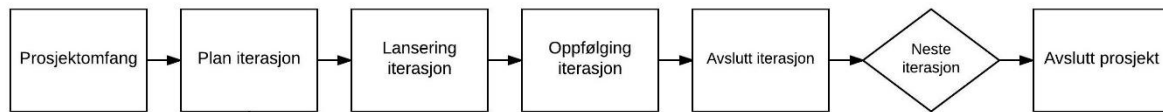


### Inkrementell

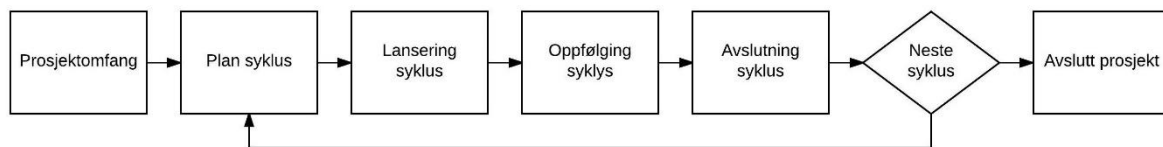


## Smidige/ agile

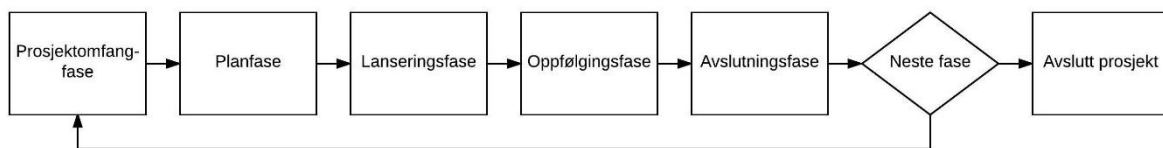
### Iterativ



### Adaptiv



### Ekstrem



Figur 7 Ulike prosjektmeter.

Basert på (Wysocki 2014)

Som man ser i Figur 7 er det fellestrekk mellom alle disse prosjektmeter. Man har en prosjektomfangsfase i starten, etterfulgt av en planleggingsfase, deretter kommer det en lanseringsfase, før det kommer en oppfølgingsfase og til slutt er avslutningsfasen. Alle disse fasene er gjensidig viktig, da et prosjekt uten en av disse blir redusert. I denne oppgaven ligger fokuset på avslutningsfasen, der man skal evaluere prosjektet og ta lærdom. I denne oppgaven ser man på hvordan byggets utforming har påvirket byggetid og kostnad, og ser på hvilke utfordringer som dukket opp. Dette er for å kunne ta lærdom av de gjennomførte prosjektene, og dermed vite hvordan man bygger raskest og billigst i fremtidige prosjekter. I følge Eric Brun i forelesning *Basic Elements of Project Management* hender det at denne delen av prosjektet blir neglisjert, og dokumentasjon av prosjektene ikke blir utført. Dette fører til dårligere effektivitet og produktivitet, da man ikke tar lærdom av feilene man gjør og ikke lærer hvordan man unngår de.



Hensikten med dokumenteringen kan beskrives av følgende grunner: (Wysocki, 2014)

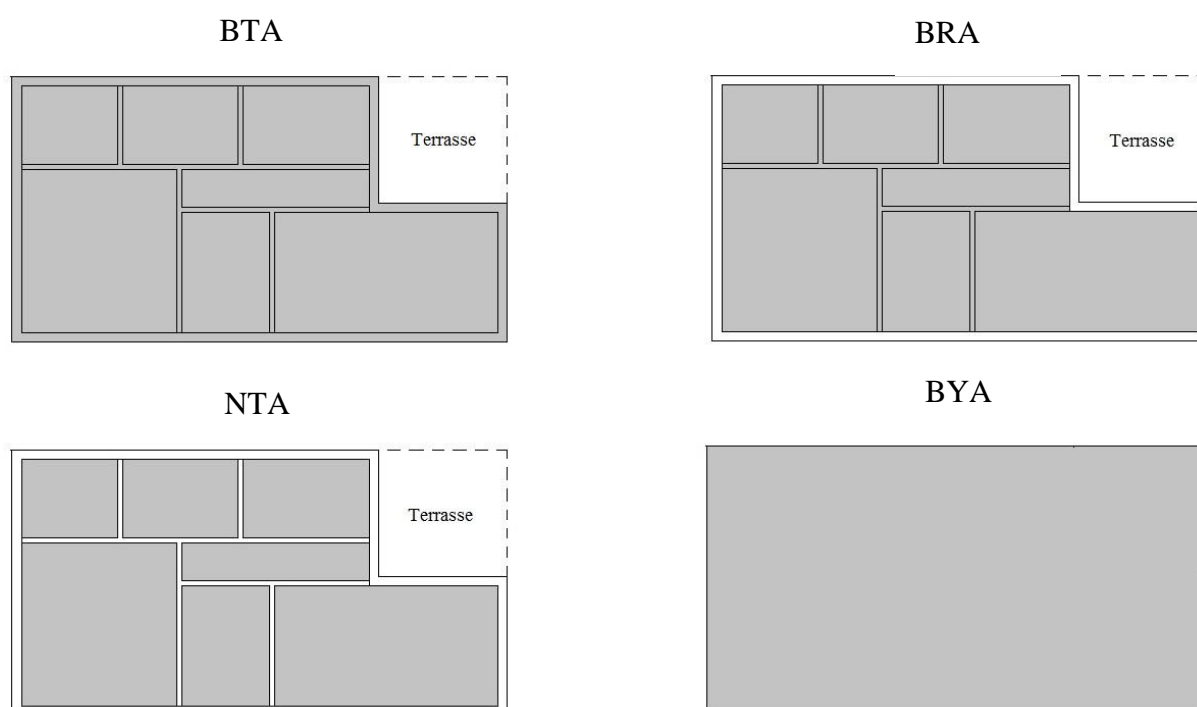
- Videre utvikling** Referanse for videre utvikling av prosjektet. Selv om prosjektet er ferdig kan det oppstå endringer og videreutviklinger av prosjektet senere. God dokumentasjon av prosjektet vil da være et solid grunnlag som prosjektet kan bygge videre på.
- Historisk data** Når man skal estimere kostnader og tidsbruk på prosjekter er det avgjørende å ha erfaring. Denne erfaringen kan hentes ut i form av konkrete tall fra historiske data fra gjennomførte prosjekter. Har man god data fra tidligere gjennomførte prosjekter vil dette hjelpe i en fremtidig estimering av like prosjekter. Dette vil bidra til å gi et mer korrekt estimat, og dermed unngå kostnads- og tidsoverskridelser.
- Treningsgrunnlag** Når en ny prosjektleder trer inn er det viktig med god opplæring, uavhengig av om vedkommende er ny på prosjekttypen eller fersk i bransjen. Veldokumenterte prosesser fra tidligere prosjekter er i den sammenheng svært behjelpelig, og kan virke som en veileder i den prosessen vedkommende skal ut i. Dette kan være alt fra hvordan fremdriftsplanen ble utarbeidet til hvordan uforutsette utfordringer ble håndtert.
- Referanse** Dersom det oppstår problemer i nye prosjekter kan det være svært behjelpelig å se på hvordan slike problemer ble håndtert i tidligere prosjekter, og utfallet av dette. Dette kan også bidra til å forutse og unngå problemer.
- Evaluerings** God evaluering av prosjekter er viktig for videre utvikling og forbedring av bedriften. Dersom man klarer å finne svakheter og styrker vil dette styrke videre utvikling, og være behjelpelig for å fjerne sine svakheter.

## 4.4 Geometriske parametere

De geometriske parameterne ved et bygg er ofte det som er enklest å endre på, samtidig som det er det som har størst innvirkning på lønnsomhet og effektivitet. Kostnader og tidsbruk øker ofte i takt med kompleksiteten på bygget.

Kostnad og tidsbruk på byggeprosjekter måles ofte i kvadratmeter, slik som arbeidstimer per kvadratmeter, eller kroner per kvadratmeter. Når en sier kvadratmeter kan det bety så mangt, da det finnes mange forskjellige definisjoner på arealet av et bygg. (Norges Taksteringsforbund, 2016)

<b>BTA – Bruttoareal</b>	Areal av bygget fra utsiden av yttervegg.
<b>BRA – Bruksareal</b>	Areal av bygget fra innsiden av ytterveggene
<b>NTA – Nettoareal</b>	Areal av bygget fra innsiden av ytterveggen uten innervegger
<b>BYA – Bebygd areal</b>	Arealet bygningen opptar av terreng, altså fotavtrykket til bygget.

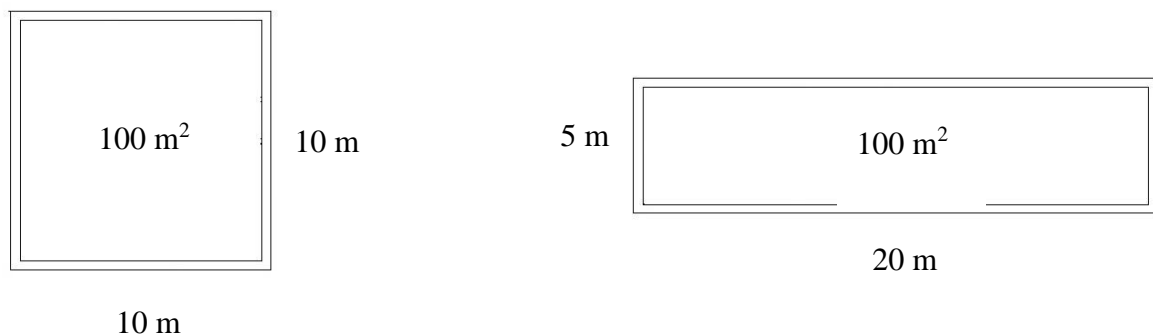


Figur 8 Arealberegninger

I denne oppgaven er det BTA som menes når det er snakk om gulvareal. Arealet av hele bygget til utsiden av veggene.

Kostnad og byggetid under et prosjekt er viktige faktorer og henger ofte sammen. Det er som oftest disse verdiene et prosjekts prestasjoner måles etter, da de er lett å tallfeste og sammenligne. Valget av utformingen på bygget har stor innvirkning på prosjektets byggekostnader. Hovedregelen er at desto mer avansert utformingen av bygningskroppen er, desto høyere er kostnadene (Belniak, Leśniak, Plebankiewicz, & Zima, 2013). Dette skyldes at byggets form har stor innvirkning på bæresystemer, fundamentering, vegger og dekker.

Den optimale bygningsformen med tanke på enkelhet og minimering av materialet er et kvadratisk bygg. Dette illustreres gjennom Figur 9.



Figur 9 Illustrasjon arealutnyttelse

Her ser man to bygg med like stort gulvareal. Som følge av byggets utforming er det ulike lengde på ytterveggene. Det ene er kvadratisk, og har dermed minste verdi, som her er 40 meter yttervegg. Det andre er derimot rektangulært og har 50 meter yttervegg. Dette tilsvarer en økning på 25% i meter yttervegg fra det kvadratiske til det rektangulære bygget. Dette vil naturligvis også føre til en økning i byggekostnader.

Bygningsformens innvirkning på kostnad og tid har fått lite oppmerksomhet, og det er gjort lite forskning på temaet. Det er utviklet noen indekser for å beskrive forholdet mellom bygningsform og kostnad og tid.

### **W/F-indeksen** (Belniak et al., 2013)

Dette er en vegg/ gulv-indeks. W/F-indeksen tar for seg forholdet mellom veggflate og gulvflate. Her antar man at desto lavere indeksen er, altså desto mindre veggflate det er i forhold til gulvflate, desto lavere blir byggekostnadene. Her er det optimale punktet et kvadratisk bygg, da oppnår man lavest mulig vegg lengder i forhold til gulvareal.

$$\frac{W}{F} = \frac{L-L_S}{L_S} \times 100\% \quad (1)$$

L er omkretsen av bygget, L<sub>s</sub> er omkretsen av et kvadrat med samme gulvareal.

### **The Cook's JC shape-effectiveness index** (Belniak et al., 2013)

JC-indeksen ser på forholdet mellom omkretsen og gulvarealet av bygningen.

$$JC = \frac{L}{4\sqrt{F}} - 1 \quad (2)$$

L er omkretsen av bygget, og F er gulvarealet.

### **The POP index** (Belniak et al., 2013)

POP-indeksen ser også på forholdet mellom omkrets og gulvarealet. Den tar utgangspunkt i en sirkel, som har den minste raten mellom omkrets og gulvareal. For en sirkel er raten 1, og desto lavere indeksen er desto mer kompleks er bygget.

$$POP = \frac{2\sqrt{\pi \times F}}{L} \quad (3)$$

L er omkretsen av bygget, og F er gulvarealet.

### **The building planning «m» index** (Belniak et al., 2013)

Denne indeksen ser også på forholdet mellom omkrets og gulvareal.

$$m = \frac{L}{\sqrt{F}} \quad (4)$$

L er omkretsen av bygget, og F er gulvarealet.

Som man ser ut i fra disse indeksene er forholdet mellom vegg lengder og gulvareal en viktig faktor når det kommer til kostnader på byggeprosjekter. Desto større avviket er fra den kvadratiske formen, desto mer kostbart blir bygget. Når bygningskroppen blir mer rektangulær øker antall løpemeter med vegg, og dette fører til en naturlig ekstrakostnad med tanke på utnyttbar bruksareal.

## 4.5 Norsk Prisbok

Norsk Prisbok er et oppslagsverk for den norske byggebransjen. Norsk Prisbok er et register over kostnadene på ulike bygg, elementer og tjenester i byggeprosjekter. Prisestimatene i Norsk Prisbok kommer fra 350-400 kalkyler/ estimater utført hvert år for entreprenører og byggherrer i Norge. (Norconsult informasjonssystemer AS, 2016)

Ut i fra tallene i Norsk Prisbok kan man få et bilde på hvilke elementer og faser av et byggeprosjekt som er kostnadsdrivende. Som vist i Tabell 1 er det selve bygningen som er den største utgiftsposten.

Tabell 1 Kostnadsramme byggeprosjekt.

Basert på tall fra (Norconsult informasjonssystemer AS 2016)

Konto	Pris	Pris/m <sup>2</sup>
Felleskostnader	22 024 554	975
Bygning	190 041 733	8 409
VVS-installasjoner	54 016 617	2 390
Elkraft	38 232 753	1 692
Tele og automatisering	19 091 816	845
Andre installasjoner	9 819 767	435
Sum huskostnader	333 227 239	14 745
Utendørs	0	0
Sum entreprisekostnad	333 227 239	14 745
Generelle kostnader	58 321 723	2 581
Sum byggekostnad	391 548 962	17 325
Spesielle kostnader	0	0
Mva	97 887 240	4 331
Sum basiskostnad	489 436 202	21 656
Forventet tillegg	34 260 534	1 516
Sum prosjektkostnad	523 696 737	23 172
Usikkerhetsavsetning	24 471 810	1 083
Sum kostnadsramme	548 168 547	24 255

I eksempelet som er brukt her, et kontorbygg med kjeller på 15 000 m<sup>2</sup>, står bygningen for 190 millioner av prosjektets 548 millioner. Kostnaden med å sette opp bygget er på 391 millioner, mens de resterende 157 millionene er merverdiavgift, og andre kostnader som innredning, uforutsette tillegg og usikkerhetsavsetning. Det vil si at bygningskroppen står for nesten halvparten av kostnaden til selve bygget. Den neste største posten er «Generelle kostnader», som er på 58 millioner. Denne inkluderer prosjektering, administrasjon, forsikring og andre lignende kostnader. Ser man på andre bygningstyper i databasen til Norsk Prisbok ser man de samme tendensene der, at bygningskostnaden står for rundt halvparten av kostnaden til bygget.

Ser man nærmere på kun bygningskostnaden får man et enda bedre bilde av hvilke elementer som er mest kostnadsdrivende.

Tabell 2 Kostnad bygningselementer.

Basert på tall fra (Norconsult informasjonssystemer AS 2016)

Konto	Pris	Pris/m <sup>2</sup>
Riving, forberedende arbeider	0	0
Grunn og fundamenter	17 718 710	784
Bæresystemer	18 921 597	837
Yttervegger	43 792 047	1 938
Innervegger	31 980 144	1 415
Dekker	46 854 623	2 073
Yttertak	11 987 596	530
Fast inventar	4 511 554	200
Trapper, balkonger, m.m.	5 981 755	265
Andre bygningsmessige deler	8 293 706	367

Her ser man at yttervegger og dekker skiller seg ut. Uansett om man ser på totalpris eller pris per kvadratmeter så er det disse kostnadene som skiller seg ut. Disse to elementene står for nesten halvparten av bygningskostnaden. Dette viser at et fokus på disse parameterne i den videre analysen er hensiktsmessig. Innervegg har ikke blitt tatt med i en egen rate, men blir gjenspeilet i raten som beskriver antall rom. Dersom antall rom øker vil også antall innervegger øke.

Ser man nærmere på fasadetype kommer det tydelig fram noen andre mønster. Glassfasade og vindu er kostbart, derfor er vindusmengde en rate som er valgt i analysen.

Tabell 3 Kostnad veggtyper.

Basert på tall fra (Norconsult informasjonssystemer AS 2016)

Type	Pris/ m2
Betongyttervegg under mark	2 066
Betongyttervegg over mark	1 936
Prefab betongyttervegg over mark	1 906
Klimavegg med GU	1 036
Glassfasade. Halve glass og halve tett felt	6 103
Curtainwall	4 433

I denne listen er det et utvalg av fasadetyper som er vanlige i dagens bygg. Her ser man at tradisjonell fasadetype som klimavegg er mindre enn en fjerdedel av prisen for *Curtain wall*. Klimavegg er vanlig trevegg, mens en *Curtain wall* er en fasade som er helkledd i glass. De mest tradisjonelle fasadetyperne som plasstøpt betong, prefabrikkert betong og klimavegg har tilnærmet lik pris per kvadratmeter.

Det er også forskjell i pris etter bruksområdet til bygget. Det er ulike behov til utforming, løsninger og byggekvalitet etter hvilken type bygg det er. Som vist i Tabell 4 nedenfor er det hotell som har den høyeste prisen per kvadratmeter.

Tabell 4 Kostnad bygningstyper

Bygningstype	Størrelse	Pris	Pris/m2
Boligblokk plasstøpt betong	BTA=3150	74 331 636	23 597
Boligblokk prefab betong	BTA=3150	73 830 336	23 438
Kontorbygg med kjeller	BTA=22600	548 168 547	24 255
Kontorbygg uten kjeller	BTA=15000	490 379 313	32 692
Hotell forstad	BTA=9180	312 843 081	34 079
Hotell bykjerne	BTA=10030	362 302 352	36 122
Kjøpesenter i 1 etasje uten kjeller	BTA=2400	49 922 906	20 801
Kjøpesenter i 2 etasjer uten kjeller	BTA=4800	93 364 512	19 451

## 4.6 Prising

Hensikten med denne analysen er å lære hvilken type bygningsutforming som er mest lønnsom og effektiv, og samtidig lære hvilke byggeelementer som er de største kostnadsdriverne. Samtidig er det en verdi i denne oppgaven i form av et hjelpemiddel i estimeringsprosessen. Dersom analysen i denne oppgaven utvides er det mulig å finne troverdige svar rundt sammenhengen mellom bygningsform og pris, slik at dette kan brukes i en estimeringsprosess. Det brukes i dag ulike metoder for prisestimering på byggeprosjekter, blant annet arealprismetoden, elementmetoden og detaljeprismetoden.

Arealprismetoden bruker erfaringstall fra tidligere prosjekter for å finne kostnaden på prosjektet. Den tar utgangspunkt i prosjekter av tilsvarende type og kvalitet, og bruker dette til å finne en pris per arealenhet. Denne metoden gir et raskt overslag og er dermed kun egnet for grove overslagskalkyler. (Fjelldal & Moe, 2009)

Elementmetoder bruker enhetsprisen på elementene som utgjør byggeprosjektet. Denne metoden er rask og brukes ofte i kalkulasjonssammenheng. Hovedutfordringen med denne metoden er at den bygger på priser og kostnader som er gitt av andre aktører gjennom databaser, og tar ikke nødvendigvis hensyn til delementer og andre kostnader knyttet til akkurat dette prosjektet. (Fjelldal & Moe, 2009)

Detaljeprismetoden bruker pristall for material og arbeidskraft. Alle arbeidsoperasjoner og alle elementer blir kalkulert for seg selv, og blir satt sammen med enhetspriser og enhetstider. Dette gir en svært detaljert kalkyle, og gir et godt grunnlag for riktig prising, materialister og ressursbehov. Denne metoden er svært tidkrevende, så den egner seg ikke i prosjekteringsfasen, men heller i produksjonsfasen, samt til etterkalkylen der man samler erfaringstall. (Fjelldal & Moe, 2009)



## 5 Analyse og resultat

I dette kapittelet blir analysen presentert og diskutert. Først vil dataen fra den geometriske analysen av byggene bli presentert, deretter vil dette bli satt i sammenheng med dataen om tidsbruk og kostnad på de tilhørende prosjektene. De ratene som er blitt utviklet blir deretter presentert og til slutt blir disse parameterne samlet i en kostnadsindeks.

### 5.1 Geometrisk data

Som beskrevet i kapittel 2 så ble det samlet data fra Solibri Model Checker, for så å prosessere og sortere all informasjonen i excel. Det er ulike parametere som blir hentet ut og analysert, de blir presentert her. Tallene som ble hentet ut fra de ulike byggeprosjektene er antall BTA, antall kvadratmeter vindu i fasade, antall meter yttervegg, antall etasjer og antall rom.

I datainnsamlingen ble det hentet ut data for hver etasje på de ulike parameterne. Dette ble brukt til å beregne et gjennomsnitt av alle etasjene i bygget og videre samlet til en rate per bygg. Her er listen med prosjekter som ble analysert:

Tabell 5 Prosjektoversikt

Prosjektnr.	Type	BTA	Yttervegg	Etasjer o grunn	Etasjer u grunn	Antall rom
Nr. 20698	Leilighet	6591	1575	7	1	470
Nr. 20740	Leilighet	2645	498	3	1	175
Nr. 20745	Leilighet	5970	1043	4	1	534
Nr. 20757	Leilighet	4485	1101	4	1	228
Nr. 20711	Kontor	16633	1454	6	0	660
Nr. 20730	Kontor	13050	1570	5	3	465
Nr. 20708	Næring	2008	476	4	0	89
Nr. 20710	Næring	4020	508	2	1	49
Nr. 20744	Næring	1651	496	4	0	53
Nr. 20706	Hotell	19178	1966	11	1	893
Nr. 20737	Hotell	2706	797	5	1	182

De fire første prosjektene på listen er leilighetsbygg, de to neste er kontorbygg, de tre neste er næringsbygg og de to siste er hotellbygg. Prosjektene vil bli presentert i denne rekkefølgen i alle grafer i denne oppgaven, slik at det er mulig å sammenligne ulikheter og likheter mellom typer bygg.

Det er variasjon i prosjektene. Det største bygget har over ti ganger så stort bruttoareal som det minste. Det høyeste bygget består av tolv etasjer, mens det laveste har tre. Et av prosjektene har

tre kjelleretasjer, mens noen har ingen. Dermed kan man undersøke om de valgte parameterne gir sammenfallende resultater på ulike bygningstyper med varierende utforming og størrelse.

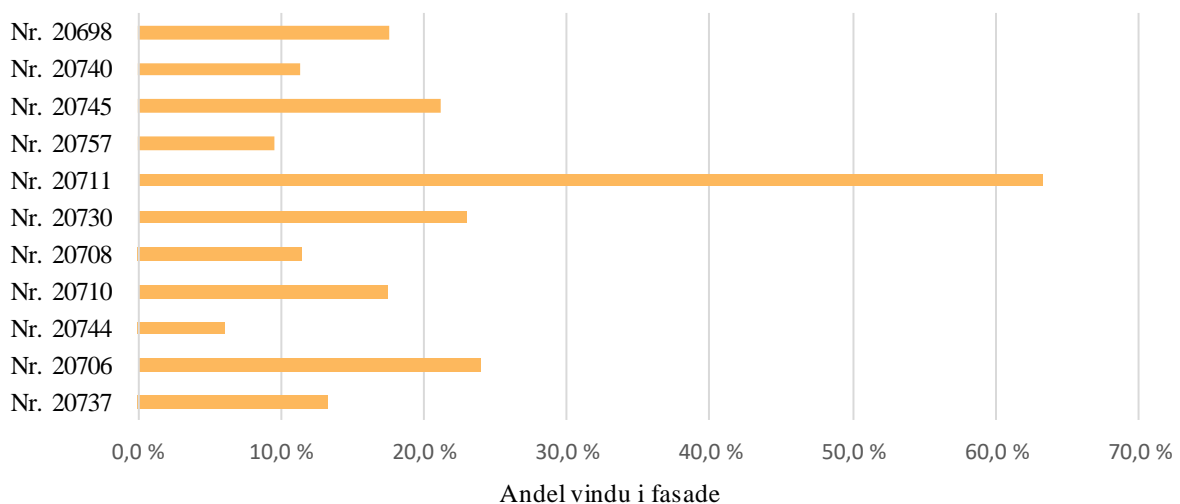
### 5.1.1 Andel vindu i fasade

Denne raten beskriver hvor stor del av byggets fasade som består av vindu. Dette gjelder både vindu og *Curtain wall*. Som vist i Tabell 3 i forrige kapittel, er det vesentlig høyere kostnad på fasade i glass sammenlignet med annen type fasadeløsninger. Dermed er det nærliggende å tro at resultatet på denne raten vil ha en sammenheng med prosjektets byggekostnad. Etter samtale med aktører fra byggebransjen tyder det på at denne raten vil ha innvirkning på byggetiden også. Dette skyldes at det er mer tidkrevende arbeid å montere glassfasade kontra andre fasadeløsninger.

Denne raten blir gitt i ett prosenttall som gjenspeiler hvor mange prosent av fasaden som er vindu. I denne raten blir antall kvadratmeter med vindu delt på antall kvadratmeter med yttervegg.

$$\text{Andel vindu} = \frac{m^2 \text{ vindu i yttervegg}}{m^2 \text{ yttervegg}} \times 100\% \quad (5)$$

Her er variasjonene store, da det er stor forskjell i bruksområdet for byggene. Kontorbygg ønsker spesielt mye lys inn i lokalene, mens en lagerhall ikke har behov for tilsvarende.



Figur 10 Resultat for raten «Andel vindu i fasade»

Figur 10 viser at prosjekt nr. 20711 har den høyeste verdien på denne raten, med en verdi på over 60 %. Det vil si at over 60 % av fasaden er kledd i glass, men dette er ikke uventet da bygget er kledd i *Curtain wall*. De andre varierer mellom 6,1 % og 23,9 %, og gjennomsnittet er 19,9 %. Variasjonene ikke er så store, og fjerner man prosjekt nr. 20711 fra utvalget blir gjennomsnittet på 16 %. Dette viser at de fleste byggene har tilnærmet lik mengde vindusareal. Det største avviket i det nedre sjiktet er prosjektet nr. 20744. Det er et tilbygg på prosjekt nr. 20708 og er et næringsbygg med lite kontorer og oppholdsrom, noe som medfører at det ikke er like stort behov for vinduer. Ut over dette er det ikke mye å fortelle ut i fra resultatene før man sammenligner med kostnad og tid.

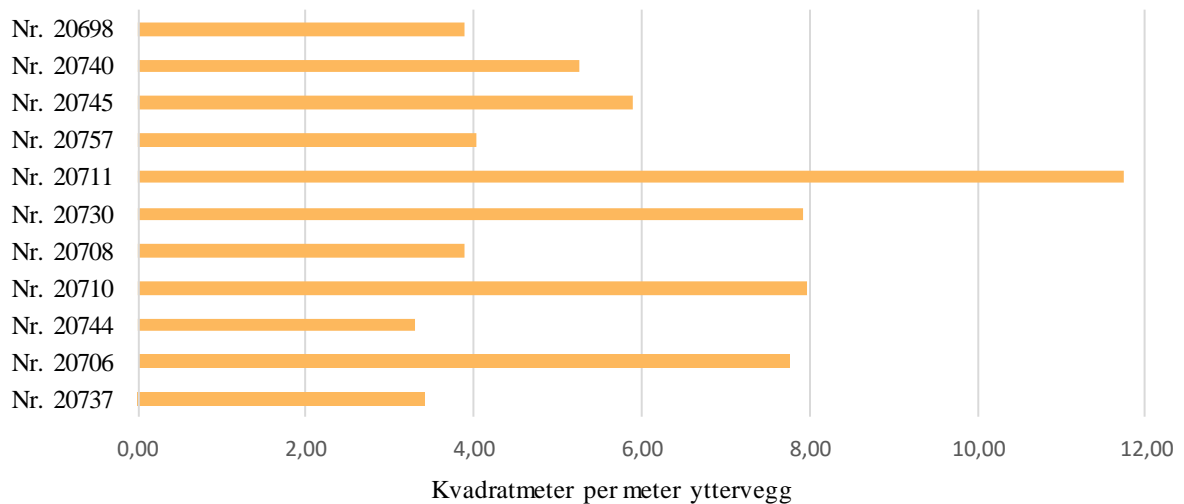
### 5.1.2 Gulvareal per meter yttervegg

Den neste raten ser på hvor mange kvadratmeter gulv bygget har per meter med yttervegg. Her er det snakk om BTA, bruttoareal, som ble beskrevet i kapittel 4. Denne raten er utviklet på bakgrunn i W/F-indeksen, JC-indeksen, POP-indeksen og m-indeksen som vist i ligning (1), (2), (3) og (4). Alle disse indeksene ser på forholdet mellom gulvareal og vegg lengder, og sier at det er fordelaktig med et størst mulig areal per meter vegg. Samtidig er det vist gjennom tallene fra Norsk Prisbok i Tabell 2 at yttervegg er et av elementene med høyeste kostnad på et byggeprosjekt, så en reduksjon av veggmengden er ønskelig for å redusere kostnaden.

En høy verdi på denne raten forteller at det er mange kvadratmeter gulv per meter yttervegg, noe det er nærliggende å tro medfører lavere kostnader per kvadratmeter. Som illustrert i Figur 9 er det fordelaktig å ha et kvadratisk bygg for å redusere veggmengder, dermed vil et kvadratisk bygg ha en høy verdi på denne raten. Formelen for denne raten er som følger:

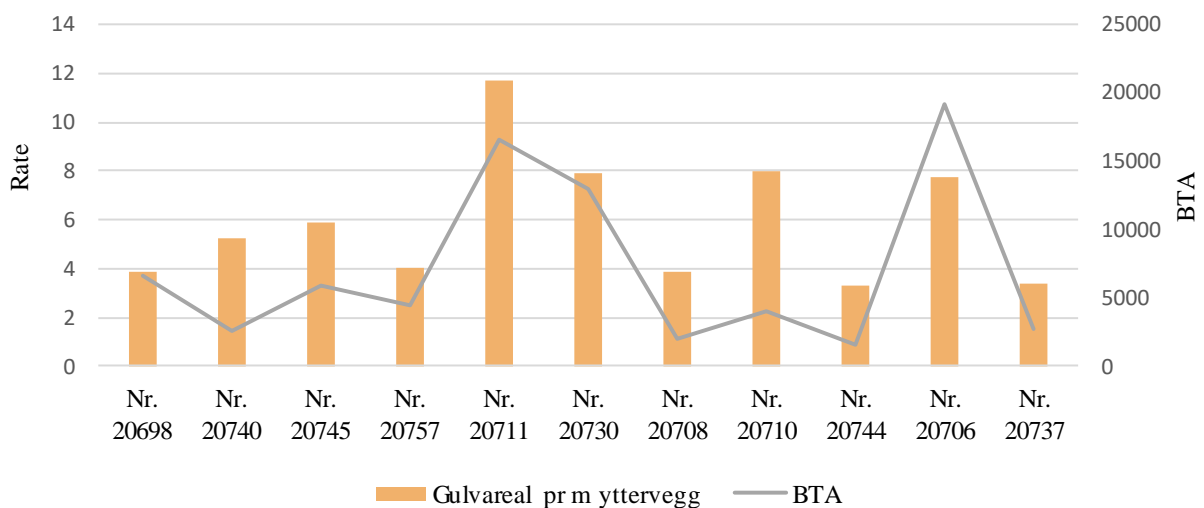
$$\text{Gulvareal pr m yttervegg} = \frac{\text{Total BTA}}{m \text{ yttervegg}} \quad (6)$$

En verdi på eksempelvis 10 forteller oss at det er gjennomsnittlig 10 kvadratmeter gulv per meter yttervegg i det aktuelle bygget.



Figur 11 Resultat for raten «Kvadratmeter per meter yttervegg»

Også her ser man at prosjekt nr. 20711 som skiller seg ut i størst grad, med en rate på nesten 12. Det er tre bygg med en rate på rundt 8, så er de resterende prosjektene fordelt med en rate på 3 til 6. Ser man nærmere på disse tallene kan man se at det er en sammenheng mellom denne raten og størrelsen av bygget. Dette er vist nedenfor i Figur 12.



Figur 12 Sammenligning raten «Gulvareal per meter yttervegg» og størrelsen på bygget

Årsaken til sammenhengen mellom denne raten og størrelsen på bygget skyldes den ulike veksten i verdiene på de ulike komponentene. Lengden av ytterveggene vokser lineær mens

arealet har en kvadratisk vekst (eksponentiell vekst) som konsekvens av veksten i ytterveggene. Veksten er som følger:

$$\frac{BTA}{\text{meter yttervegg}} = \frac{l*b}{l} = \frac{l*l}{l} = \frac{l^2}{l}$$

Dette kan illustreres gjennom et enkelt eksempel med to bygg med samme form:

Dersom et kvadratisk bygg har sidevegger på 10 meter, medfører dette et bruttoareal på 100 m<sup>2</sup> og totalt 40 meter yttervegg. Dette gir en rate på:

$$\text{Gulvareal pr m yttervegg} = \frac{\text{Total BTA}}{\text{m yttervegg}} = \frac{100 \text{ m}^2}{40 \text{ m}} = 2,5$$

Dersom et kvadratisk bygg har sidevegger på 100 meter, medfører dette et bruttoareal på 10.000 m<sup>2</sup> og totalt 400 meter yttervegg. Dette gir en rate på:

$$\text{Gulvareal pr m yttervegg} = \frac{\text{Total BTA}}{\text{m yttervegg}} = \frac{10000 \text{ m}^2}{400 \text{ m}} = 25$$

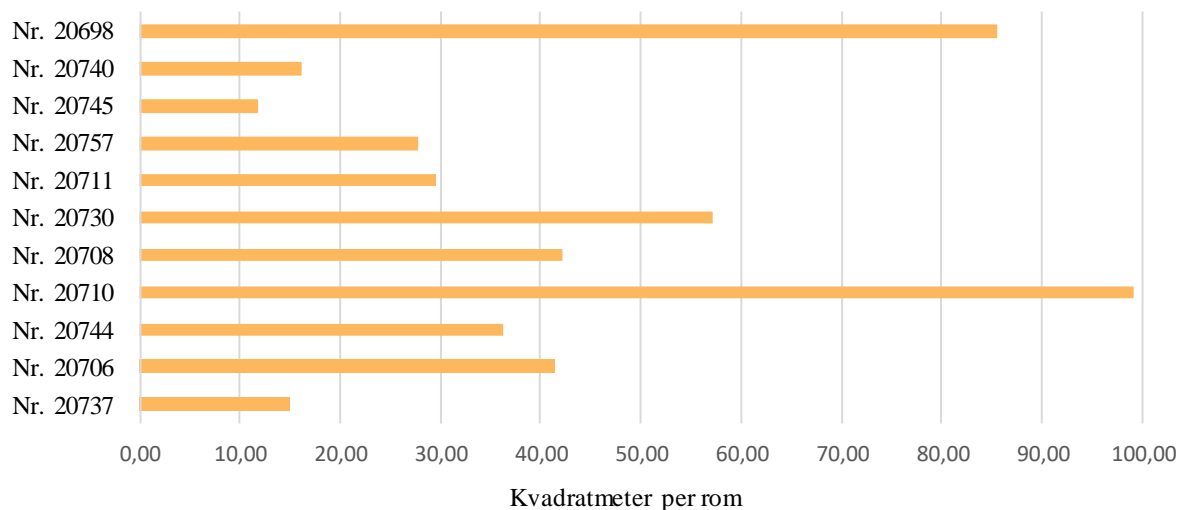
Byggets størrelse har altså noe å si, men byggets form er også avgjørende. Det er sammenfallende resultater mellom raten og størrelsen på bygget, men det er likevel forskjeller. Prosjekt nr. 20710 har lav BTA men likevel høy verdi på raten. Dette skyldes at bygget er nesten helt kvadratisk, noe som tidligere nevnt er fordelaktig.

### 5.1.3 Gulvareal per rom

Denne raten beskriver gjennomsnittsstørrelsen på rommene i byggene. Hensikten med denne raten er å gjenspeile de innvendige komponentene i bygget. Dersom bygget består av mange små rom, må det også ha tilhørende mange vegger, dører og andre elementer. Derfor er det nærliggende å tro at mindre rom fører til økte kostnader.

En høy verdi på denne raten betyr at bygget består av store rom, som igjen skal indikere en lavere kostnad. I datainnsamlingen ble det hentet ut informasjon om antall rom sammen med størrelsen på bygget. I denne raten blir antall kvadratmeter med gulv delt på antall rom.

$$\text{Gulvareal per rom} = \frac{\text{Total BTA}}{\text{Antall rom}} \quad (7)$$



Figur 13 Resultat for raten «Gulvareal per rom»

På denne raten er det store forskjeller på de ulike prosjektene. Prosjektet med den høyeste raten, prosjekt nr. 20710, har en rate på nesten 100, mens prosjektet med lavest rate, nr. 20745, har en rate på 11. De store ulikhetene skyldes ulike bruksområder for byggene, men også hvordan dataen blir analysert.

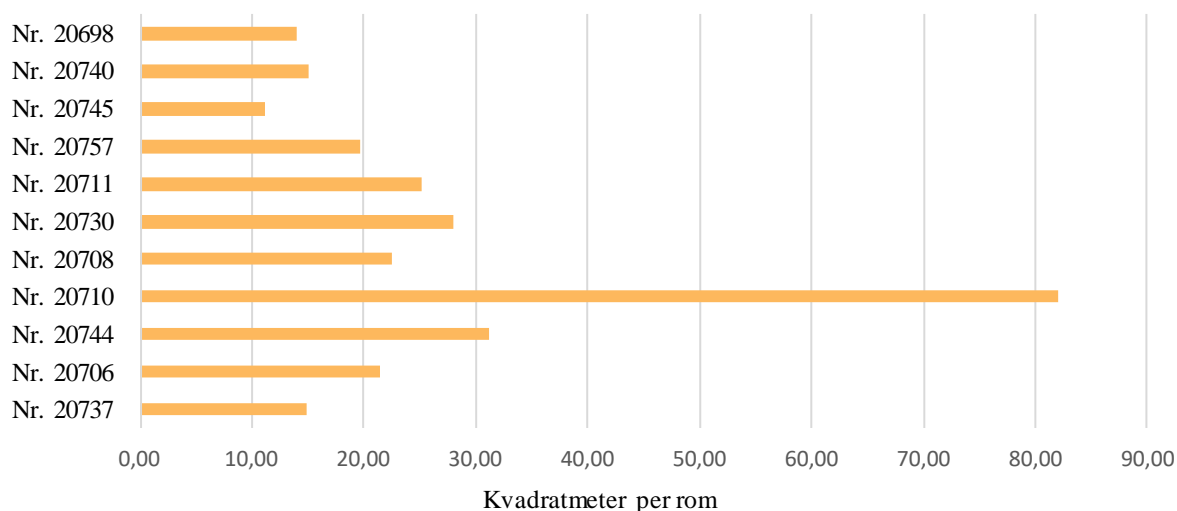
Ser man for eksempel nærmere på tallene for Prosjekt nr. 20698 ser man at dette hovedsakelig skyldes at første etasje er et åpent næringslokale, så hele etasjen består av to rom. Dette viser at for denne raten blir det feil å bruke gjennomsnitt av alle etasjene, som illustrert i Tabell 6. Utslaget av en ekstremverdi blir for stort dersom man tar gjennomsnittet av ratene for hver etasje.

Tabell 6 Gulvareal per rom, prosjekt nr. 20698

Etasje	Antall Rom	Gulvareal	Ratio gulvareal pr rom
U	66	680	10,3
01	2	1116	558,0
02	65	1188	18,3
03	117	1113	9,5
04	111	1132	10,2
05	84	811	9,7
06	24	503	21,0
07T	1	48	47,6
<b>Totalsum</b>	<b>470</b>	<b>6591</b>	<b>14,0</b>
		<b>Gjennomsnitt</b>	<b>85,6</b>

Bruker man gjennomsnittet blir raten til bygget på 85,6. Tar man i stedet en rate med totalt gulvareal for bygget delt på totalt antall rom, blir raten på 14. Her ser man at første etasje gjør

alt for stort utslag på gjennomsnittsverdien, da den er på 558 kvadratmeter per rom. Fjerner man denne etasjen hadde gjennomsnittsstørrelsen blitt redusert til 18 kvadratmeter per rom. Man velger derfor å bruke totalsum for denne raten, så verdien på dette prosjektet blir 14 i stedet for 85. Det gir følgende rater.



Figur 14 Resultat for raten «Gulvareal per rom», totalareal

Dermed får man luket bort noen av «feilkildene» som garasjeanlegg, næringslokaler og lignende gir på denne raten. Man ser at forskjellene blir mindre, men likevel endres prosjekt nr. 20710 ikke nevneverdig. Dette skyldes at bygget har få etasjer og består av enkle rom som krever stor plass. Ser man bort fra dette prosjektet ligger gjennomsnittet av alle prosjektene på rundt 21.

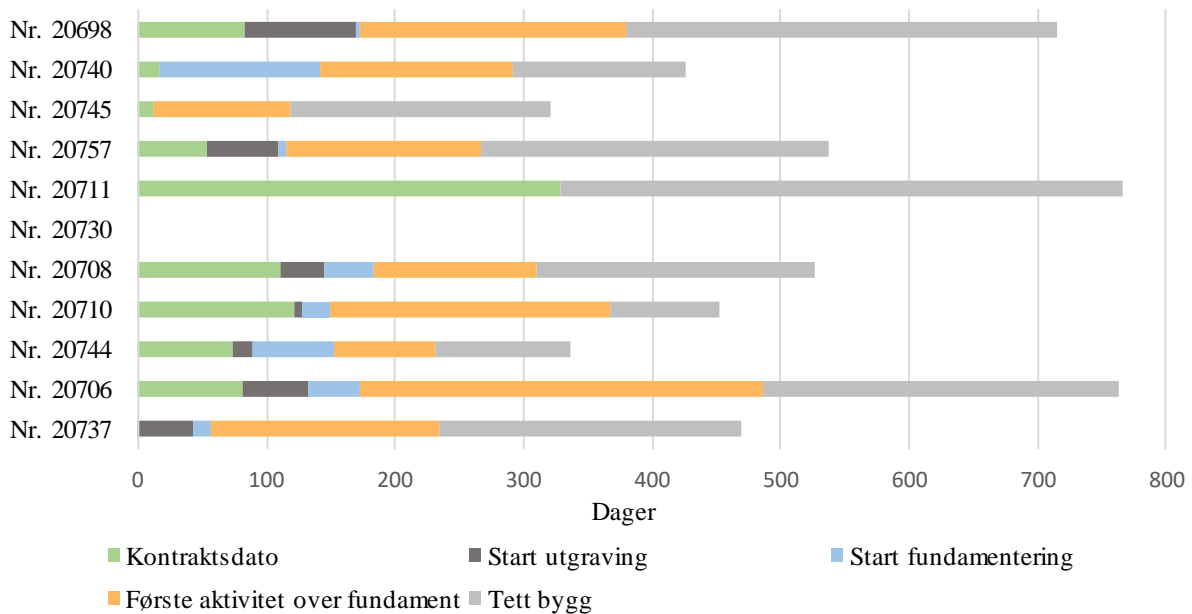
## 5.2 Tidsbruk og kostnad

De geometriske ratene gir oss lite informasjon alene. De sier noe om byggets geometriske form og om hvordan man antar de vil prestere med tanke på kostnad og tid, men gir oss ikke noen svar på om dette stemmer. I dette avsnittet blir det presentert hvordan de forskjellige prosjektene har gjort det med tanke på kostnad og tidsbruk.

### 5.2.1 Tid

Informasjon om tidsbruken på prosjektene ble hentet inn fra prosjektledere som ga datoer for aktuelle milepælene på byggeprosjektet. Milepælene som ble brukt er «Start utgraving», «Start fundamentering», «Første aktivitet over bakken», «Tett bygg» og «Overlevering». Tallene som

er brukt her er fra Kruse Smiths første involvering på prosjektet til overlevering. På noen prosjekter innebærer dette fra første spadetak i bakken, mens på andre prosjekter gjelder dette fra første aktivitet over bakken. Nedenfor er en oversikt over antall dager de ulike prosjektene varte.



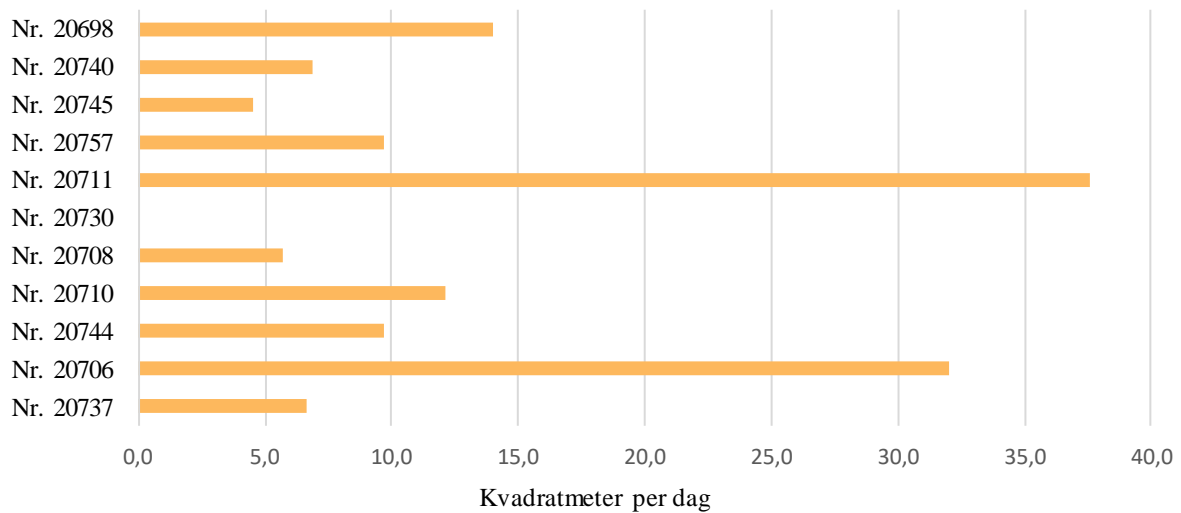
Figur 15 Varighet av byggeprosjektene, inndelt etter faser

Prosjekt nr. 20730 mangler data om de ulike datoene, dermed er det ikke noe informasjon om tidsbruken i grafene.

Tiden fra kontraktinngåelse til ferdigstilling varierer fra 309 til 764 dager, mens byggetiden varierer fra 262 dager til 683 dager. Varigheten er selvsagt avhengig av prosjektets størrelse, så det er forventet å ha store variasjonen her. Ser man nærmere på de ulike fasene i byggeprosjektene, kan man se at det er like tendenser på alle prosjektene, der det meste av tiden ligger i periodene «Første aktivitet over fundament – Tett bygg» og «Tett bygg – overlevering»

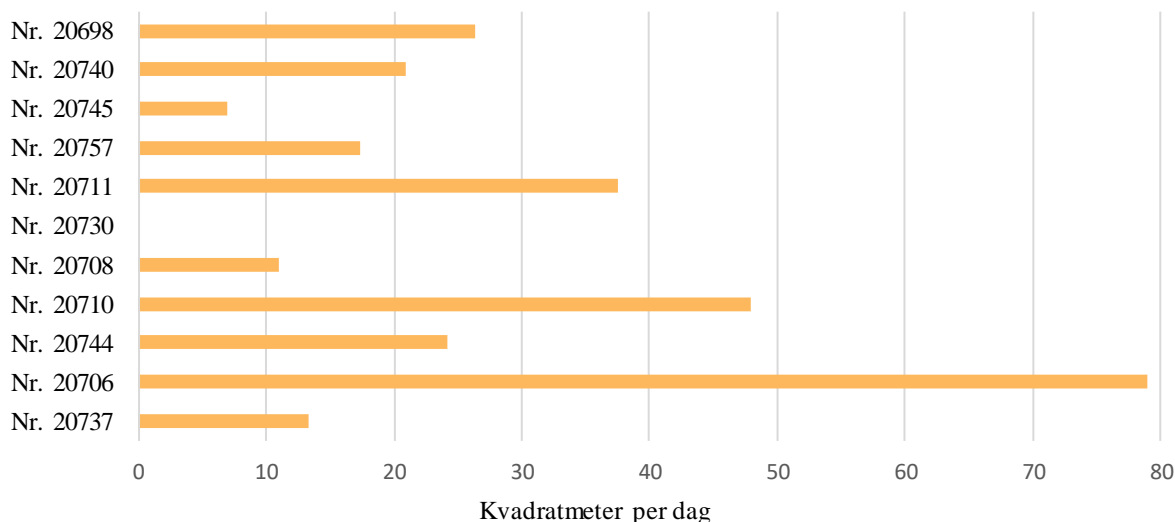
Setter man disse tallene opp mot størrelsen på prosjektene får man interessante resultater, og man kan sammenligne prosjektene opp mot hverandre. Nedenfor ser man gjennomsnittlig «byggehastighet» på prosjektene, gitt i kvadratmeter per dag.





Figur 16 Byggehastigheten målt fra første involvering,, gitt i kvadratmeter per dag.

I denne grafen ser man kraftige forskjeller. Prosjekt nr. 20711 har en byggehastighet på over 35 kvadratmeter per dag, mens prosjekt nr. 20745 har en byggehastighet på underkant av 5 kvadratmeter per dag. Disse resultatene kan være noe misvisende, da de ulike fasene i byggeprosjekter ikke er like krevende. Prosjektene der det kun er utført arbeid over bakken har nok en høyere byggehastigheten. På prosjektet med høyeste byggehastighet, prosjekt nr 20711, har Kruse Smith kun utført arbeid fra fasen *Tett bygg* som vist i Figur 15. Sammenligner man den delen av byggefasen som Kruse Smith har vært en del av i alle prosjektene, får man et annet resultat. Nedenfor i Figur 17 er det kun sammenlignet byggetiden fra milepælen *Tett bygg* til overlevering.



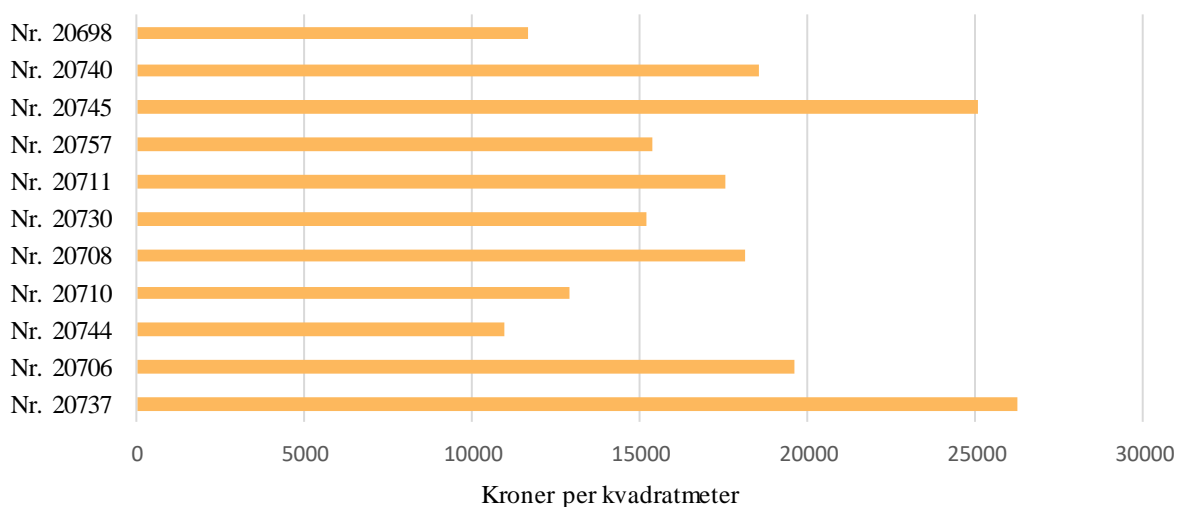
Figur 17 Byggehastigheten målt fra milepælen «Tett bygg», gitt i kvadratmeter per dag

Ut i fra disse tallene er det enda større forskjell i byggehastigheten. Prosjekt nr. 20745 har en byggehastighet på underkant av 10 kvadratmeter per dag, mens prosjekt nr. 20706 har en byggehastighet på nesten 80 kvadratmeter per dag. Disse tallene forteller likevel ikke sannheten, da det ikke bygges 80 kvadratmeter per dag i denne perioden, men er det totale arealet på bygget delt på antall dager i denne perioden. Tallene lyver, men gir et forholdstall mellom hverandre.

Et av problemene med denne måten å analysere tidsbruken på er at det blir for grovt. Det tar ikke hensyn til hvor mange arbeidere som er på byggeplassen til enhver tid, man får altså ikke arbeidstimer på prosjektet. Dersom man skulle ha gjennomført en nøyaktig analyse på tidsbruken måtte man ha samlet inn flere tall som forteller om antall arbeider og arbeidstimer. Tallene som er brukt i denne analysen forteller om varigheten på prosjektene. De gjenspeiler likevel forholdene mellom prosjektene og gir grunnlag for sammenligning.

## 5.2.2 Kostnad

Kostnaden beregnes ut fra kroner brukt fordelt på antall kvadratmeter bygget er. For å finne disse tallene ble det hentet ut kontraktsverdi på prosjektene sammen med størrelse på bygget, i form av BTA. Som vist nedenfor i Figur 18 varierer kostnadene fra 26 000 kroner per kvadratmeter til 11 000 kroner per kvadratmeter. Gjennomsnittet på disse prosjektene er 17 600 kroner, og dette er noe lavere enn hva som ble beskrevet i gjennomsnittstallene til Norsk Prisbok i Tabell 4.



Figur 18 Byggekostnaden, gitt i kroner per kvadratmeter

Kostnadsgjennomsnittet per kvadratmeter på leilighetsprosjektene er 17 679 kroner, på kontorprosjektene er den 16 384 kroner, på næringsprosjektene er den 14 005 kroner og på hotell er den 22 917 kroner.

De to prosjektene som skiller seg mest ut er prosjekt nr. 20737 og prosjekt nr. 20745. Prosjekt nr. 20737 er et hotell, mens prosjekt nr. 20745 er et leilighetsbygg. Det er stor forskjell i kompleksiteten etter hvilket bruksområde bygget har, så det er vanligvis en forskjell i kostnaden etter hvilken type bygg det er. Disse tallene blir brukt videre i analysen og legger grunnlaget for å kunne si noe om de geometriske parameterne som er valgt.

### 5.3 Resultat

Først blir de enkelte ratene sammenlignet med tidsbruk og kostnad, og deretter blir alle disse ratene satt sammen og sammenlignet. Da får man svar på om de geometriske parameterne som er blitt utviklet sammenfaller med prosjektens kostnad og tidsbruk. Dermed kan det eventuelt konkluderes med en at det er en sammenheng mellom byggets geometriske parametere og dets kostnads- og tidsbruk.

#### 5.3.1 Ratene

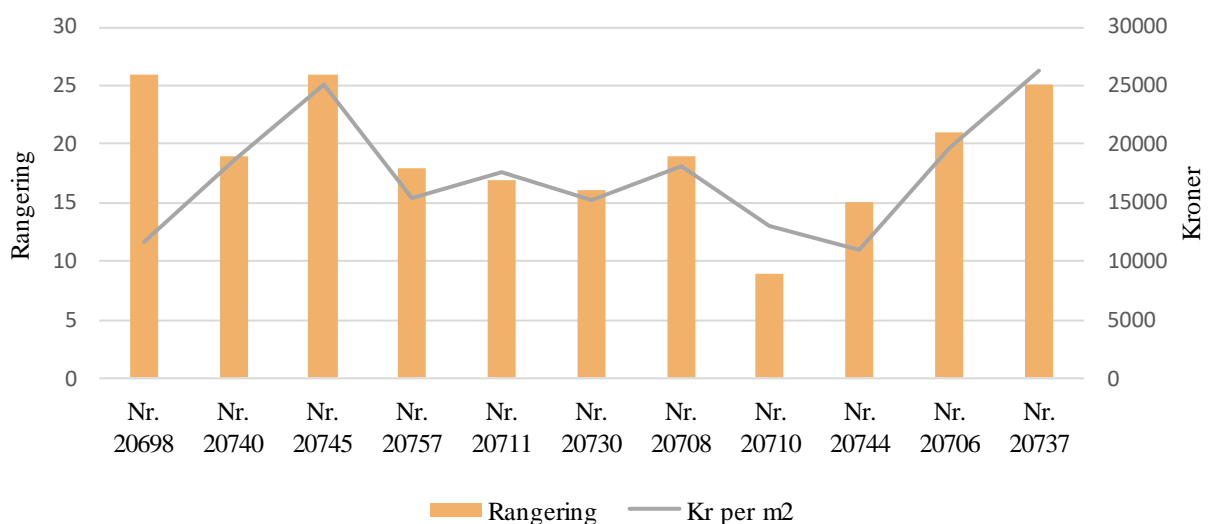


Figur 19 Sammenligning mellom ratene og kostnad- og tidsbruk

Her er de ulike ratene sammenlignet med tidsbruk og kostnad. De to øverste grafene er raten *Andel vindu av fasade* sammenlignet med kostnad og tidsbruk. Under der er raten *Gulvareal per meter yttervegg* sammenlignet med kostnad og tidsbruk. Nederst er raten *Gulvareal per rom* sammenlignet med kostnad og tidsbruk. Som man ser er det liten korrelasjon mellom ratene alene og total byggekostnad og byggetid. Dette var forventet, da disse ratene alene ikke gjør tilstrekkelig utslag til at det avgjør hva kostnaden og tidsbruken på prosjektene blir. Det er et komplekst resultat som skal bli gjenspeilet gjennom alle tre ratene, som blir vist senere i oppgaven.

Før man kan sammenligne dataen videre, må man prosessere den slik at all dataen kan sammenlignes. Her sammenligner man kroner og tid opp mot geometriske rater uten måleenheter. Ratene har ulike tallstørrelser, så de kan ikke summeres uten videre. For å kunne sammenligne ble det brukt ett rangeringssystem på de geometriske ratene, slik at verdiene i de ulike ratene blir sammenlignbare. Dette rangeringssystemet tar utgangspunkt i hvordan prosjektene har prestert på de forskjellige ratene. Prosjektet som har gjort det «best», altså som ifølge raten er mest økonomisk og raskest, vil få 1 poeng, neste vil få 2, helt opp til 11 poeng. Dette gjøres for alle ratene og deretter blir totalen av disse summert. Dermed skal prosjektet med laveste totale «poengsum» være det billigste og raskeste dersom parameterne stemmer.

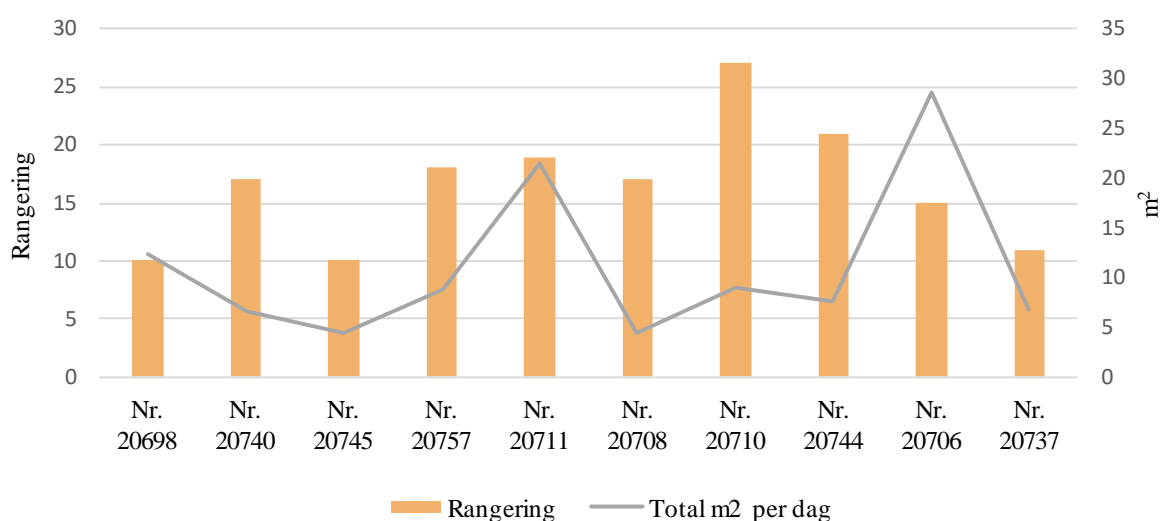
### 5.3.2 Kostnad



Figur 20 Sammenligning av ratene og kostnaden

Ut i fra grafen ser det ut til å være god korrelasjon mellom den totale poengsummen og *kroner per kvadratmeter*. Dette tyder på at de parameterne som er valgt er riktige og gjenspeiler kostnaden på bygget. Prosjekt nr. 20710 fikk en poengsum på 9, som er den laveste summen og som betyr at det skal være det billigste. Man kan se at det er avvik fra grafen med prosjekt nr. 20698. Kostnaden per kvadratmeter er rundt halvparten av hva rangeringen forutsier, og er en av de med laveste kvadratmeterpris av alle prosjektene. Ut i fra Figur 10, Figur 11 og Figur 14 ser man at bygget er gjennomsnittlig når det kommer til andel vindusareal av fasade og gulvareal per meter yttervegg, og har et av de minste gulvarealene per rom. Ut fra disse verdiene skal ikke dette bygget ha så lav kostnad. Det er klart det kan være mange grunner for dette. Man kan spekulere mye rundt dette, men med de tallene som er til rådighet er det vanskelig å kunne avgjøre noen grunn.

### 5.3.3 Tidsbruk



Figur 21 Sammenligning av ratene og tidsbruken

Det ble også forsøkt å finne sammenheng mellom tidsbruk og byggets geometriske utforming. Her ble rangeringen invertert, for å kunne sammenlignes med tidsbruken. Dette skyldes at en høy verdi på *Total m2 per dag* er fordelaktig, mens en lav verdi på den originale rangeringen er fordelaktig.

Man ser i Figur 21 at disse resultatene ikke sammenfaller like godt som for kostnaden. Det er nok flere grunner til dette, men mye av det skyldes varierende startpunkt i prosjektene. Som det har blitt nevnt tidligere i oppgaven så er det forskjell på hvilken fase av prosjektene Kruse Smith

har deltatt i, noe som mest trolig fører til store variasjoner i byggetiden per kvadratmeter. Dersom alle prosjektene hadde hatt samme startpunkt i byggeprosjektet ville nok resultatene kunne vist mer sammenfallende resultatet, i og med at det ofte er sammenheng mellom kostnad og tidsbruk, og at kostnadsestimatet viste seg å stemme godt.

### 5.3.4 Størrelse, etasjer, kostnad og tid

Det ble også analysert om det var sammenheng mellom antall etasjer, størrelse på bygget og tids- og kostnadsbruk. Nedenfor i Figur 22 vises resultatet fra denne analysen



Figur 22 Sammenligning størrelse og antall etasjer med kostnads- og tidsbruk

Som vist i grafen opp til høyre er det er sammenheng mellom størrelsen på bygget og byggehastigheten kvadratmeter per dag. Prosjektene med høyeste BTA er også prosjektene med høyeste verdi på kvadratmeter per dag. I de resterende grafene ser det ikke ut til å være store sammenhenger. Dette kan skyldes samme grunn som på ratene vist tidligere, at utslagene fra en av komponentene ikke er store nok alene til å gjøre en forskjell på total byggekostnad og byggetid.





## 6 Diskusjon

Ut i fra resultatene vist i forrige kapittel er ratene som er utviklet gode indikatorer på kostnaden på byggene. Det er sammenfallende resultater mellom de ratene som er valgt og virkelige kostnadene på de aktuelle prosjektene. En av årsakene til denne gode korrelasjonen kan være at disse ratene representerer de dyreste komponentene ved et byggeprosjekt, samtidig som de er generelle nok til å gjenspeile store deler av byggene.

### Ratene

Raten *Andel vindu i fasade* ble utviklet for å ta høyde for fasadens største kostnad; vindu. I resultatene ser man at verdiene variere svært mye, men dette skyldes hovedsakelig at noen bygg har *Curtain wall* i fasaden. Byggene som består av tradisjonelle fasade har liten variasjon i mengden vindu i ytterveggene. Likevel må man anta at de små forskjellene utgjør en forskjell på kostnaden, ettersom resultatet der alle tre ratene var samlet korrelerte så godt med kostnaden.

Raten *Gulvareal per meter yttervegg* ble utviklet for å gjenspeile byggets fasong. Som det ble illustrert i Figur 9 er det stor forskjell på kvadratisk og rektangulære bygg. Formen gir utslag på denne raten, og i tillegg gir utnyttelse av byggets potensielle gulvflater utslag på denne raten. Prosjekt nr. 20710 er nesten kvadratisk, men har fortsatt et lite gulvareal per meter yttervegg. Dette skyldes at deler av bygget er åpent gjennom flere etasjer, slik at potensiell gulvflate ikke blir utnyttet. Dersom dette bygget hadde hatt gulv over hele etasjene ville det ha vært et av prosjektene med mest gulvareal per meter yttervegg. Denne raten tar også høyde for prosjekter som består av flere bygg. Ser man på prosjekt nr. 20737 eksempelvis, dette består av nesten kvadratiske bygg, men på grunn av at det er flere enkeltstående bygg på prosjektet blir det mange meter yttervegg og dermed tilsvarende høye byggekostnader. Dermed blir denne kostnadsdriveren registrert gjennom denne raten også. Raten tar kun hensyn til antall meter yttervegg, ikke hvilket materiale bygget består av eller om fasaden er under bakken. Ut i fra resultatene ser det ut til at type fasademateriell ikke er avgjørende, med unntak av vindu som ble beregnet av forrige rate. Dette ble antatt tidligere med grunnlag i tallene fra Norsk Prisbok som viste at det ikke var så stor prisforskjell på de ulike fasadeløsningene, i Tabell 3.

Raten *Gulvareal per rom* ble utviklet for å gjenspeile de innvendige elementene i bygget. Med grunnlag i resultatet virker det som at denne raten gjenspeiler dette godt, da dette er den eneste raten som har sammenheng med det disse elementene i bygget. Fra analysen viste det seg store

forskjeller her, noe som trolig skyldes ulik bruksområder for bygningene. Et hotell vil mest trolig ha en annen gjennomsnittsstørrelse på rommene sammenlignet med ett næringslokale, da behovet for plass er svært ulikt.

Sammenhengen som ble funnet på disse prosjektene er nok ikke unike for disse prosjektene, så disse ratene er mulig å bruke videre i nye analyser. Mengden prosjekter i denne analysen legger en hindring for å kunne slå fast noe konkret, men kan likevel brukes til å vise et mønster.

## **Resultatene**

Resultatene fra analysen som har blitt utført i denne oppgaven viser at det er sammenheng mellom byggets geometriske parametere og prosjektets kostnad og byggetid. Analysen viste at en økning i vindusmengde i fasaden, en økning i antall meter yttervegg i forhold til gulvareal, og en minking i gjennomsnittlige romstørrelser fører til økte kostnader. Samtidig viste resultatene at en økning i total BTA fører til en økning i byggehastigheten.

Selv om det er stor sammenheng mellom ratene og kostnaden er det likevel noen prosjekter som avviker. Det er spesielt to prosjekter som skiller seg ut, nemlig prosjekt nr. 20698 og nr. 20710. Det er vanskelig å si noen grunn til disse avvikene ut i fra dataen som er blitt samlet inn. Det kan skyldes en av feilkildene som blir beskrevet senere.

Prosjekt nr. 20698 har en mye lavere kostnad per kvadratmeter enn hva ratene tilsier. I følge ratene skal dette prosjektet være et av de dyreste, mens i realiteten er det ett av de billigste. Ser man nærmere på tallene over hvordan prosjektet har prestert på de enkelte ratene ser man at prosjektet har en gjennomsnittlig mengde vindu i fasaden, gjennomsnittlig gulvareal per meter yttervegg, mens det har et av de minste gulvarealene per rom. Sagt på en enklere måte, så er bygget et normalt utformet bygg med vanlig mengder vindu og et høyt antall rom, men tilhørende stor mengde innmat. Det andre prosjektet som avviker, koster derimot mer enn hva som ble antydnet av ratene. Dette er et bygg med gjennomsnittlig mengde vindu i fasade, mye gulvareal per meter yttervegg og ekstremt mye gulvareal per rom. Dette er definisjonen på et effektivt og lønnsomt bygg, men gir ikke tilsvarende lav kostnad. Kostnaden per kvadratmeter er lav, men ikke tilsvarende lav som ratene antyder. Dette er ett av problemene med denne typen analyse; Ekstremverdiene passer ikke inn. Det er en naturlig begrensning på hvor billig ett bygg kan være, noe denne raten ikke tar hensyn til.

Ut i fra Tabell 4 kan man se at det er ulike kostnader etter hvilket bruksområdet bygget har. Gjennomsnittlig kvadratmeterpris på leilighetsprosjektene er 17 679 kroner, på kontorprosjektene er den 16 384 kroner, på næringsprosjektene er den 14 005 kroner og på hotell er den 22 917 kroner. Sammenligner vi dette med tallene fra Norsk Prisbok i Tabell 4 ser vi at samtlige gjennomsnittspriser hos Kruse Smith ligger under gjennomsnittsprisene fra Norsk Prisbok. Her kan det være mange faktorer som spilleren avgjørende rolle, slik som geografi, prisnivå i markedet, tilgang på arbeidskraft og lignende.

Prosjekt nr. 20706 og nr. 20711 er prosjektene som har høyeste verdi på kvadratmeter per dag, eller høyeste byggehastighet. Det er samtidig de prosjektene som har høyeste BTA, altså de største byggene. Dette tyder på at det er fordelaktig for byggehastighetene at byggene er store. Dette kan skyldes at byggets størrelse legger begrensninger på hvor mange arbeider og ulike fag som kan arbeide samtidig. Det er nærliggende å tro at dersom byggene er større, er det plass til flere arbeider samtidig, og dermed unngår man flaskehalsen der ulike prosesser i byggeprosjektet må vente på andre.

## **Feilkildene**

Selv om det er korrelasjon i resultatene er det fortsatt noe slingring i verdiene. Det er naturligvis en del feilkilder i en slik analyse, men det virker som at de fleste feilkildene bare gir mindre utslag på totalverdiene. Selv om det er feil i verdiene, virker det som at disse utgjør så små forskjeller at det ikke blir særlig merkbart på den totale verdien på ratene. Samtidig må man være åpen for at disse resultatene er tilfeldige, og at det i virkeligheten ikke er korrelasjon mellom de geometriske ratene og prosjektets kostnad.

Et problem som ble avdekket underveis i analysen er håndteringen av ekstremverdiene. Dersom et prosjekt har svært gode eller dårlige resultater på ratene, er det ikke mulig å gjenspeile dette i kostnaden og tidsbruken. Det er naturlige hindringer som gjør at et bygg ikke kan bli tilsvarende billig. Dermed kan det se ut til at disse ratene er best egnet til å gjenspeile prosjekter som holder seg rundt gjennomsnittsverdiene på disse ratene.

Andre feilkilder er at det ikke kan forutses avvik. Som vist i resultatene er det avvik i to prosjekter der prosjektets kostnad både er over hva raten tilsier, men også under hva raten tilsier. Dette er et problem, og det må eventuelt til mer analyse for å kunne avdekke slike avvik.

## Verdien

Motivasjonen bak denne oppgaven er som nevnt en byggebransje med lav produktivitet og mange forsinkelser. Fokuset ligger i dag på prosjektledelse og prosjektering, uten at forholdene har endret seg nevneverdig. Formålet med denne oppgaven var å finne hvilke sammenhenger det er mellom de geometriske parameterne og kostnads- og tidsbruken på prosjektene, slik at man eventuelt kan ta lærdom av dette og velge bort løsninger som øker tidsbruken og kostnadene på prosjekter. Gjennom litteraturstudier og analyse er det kommet frem hvilke parametere som er kostnadsdrivere, så det må sies at problemstillingen er besvart. Skal man se på bruksverdien av dette arbeidet må det ligge i ratene som er blitt utviklet her. Resultatene forteller at disse gir en indikasjon på kostnaden på bygget, og man kan dermed antyde hvilke parametere ved et bygg som er kostnadsdrivende. Ut fra denne masteroppgaven kan man antyde at det er fordelaktig med et lavt antall vinduer, et mest mulig kvadratisk bygg og minst mulig rom. Størrelsen på bygget er utslagsgivende på byggehastigheten, da det bygges raskere på bygninger som er større.

Dessverre ble det ikke mulig å si noe mer om innvirkningen på tidsbruken, men ved en eventuell videreføring av denne analysen kan det være mulig. Har man mer data som viser tiden brukt på de forskjellige prosessene, kan det være mulig å påvise sammenheng mellom disse ratene og tidsbruken også.

Verdien av denne analysen ligger mye i kunnskapen om hvilken bygningsform som er billigst. Her er det viktig å ta lærdom av denne analysen, og bruke det videre i arbeidet med nye prosjekter. Samtidig kan det være verdi i dette i form av ved prising og i samhandling med kunde. Dersom man har kunnskap og kan vise til konkrete eksempler for hvordan man bygger billigere, er det mulig å overtale kunde og dermed også bygge billigere.

## 7 Konklusjon

Denne oppgaven gir innsikt i hvilken påvirkning byggets geometriske utforming har på tilhørende kostnader og tidsbruk. Motivasjonen bak dette er en bygge- og anleggsbransje med stort forbedringspotensial når det kommer til produktivitet.

Det er utført en casestudie som analyserer 11 byggeprosjekter hos Kruse Smith. Hovedfokuset i analysen er på de geometriske parameterne som har størst innvirkning på lønnsomhet og varighet. En avgjørende del av oppgaven er å finne hvilke elementer som er kostnadsdrivende ved et byggeprosjekt, da det tidligere er gjort lite forskning på dette temaet. Etter å ha funnet disse elementene er det gjennomført en analyse der de er sammenlignet med kostnadsrammene og varigheten på prosjektene.

Resultatene i analysen viser klar sammenheng mellom byggets utforming og prosjektets kostnader og tidsbruk. Funnene kan oppsummeres i følgende:

- i. Vindusmengder er en avgjørende faktor på byggekostnaden. Fasaden er en stor utgiftspost for byggeprosjekter, og vinduene er den største kostnadsdriveren her.
- ii. For å redusere kostnaden er det fordelaktig å minske mengden av yttervegg, uten at det går på bekostning av areal. For å optimalisere dette bør man velge en kvadratisk form på bygget.
- iii. Det er fordelaktig med store rom for å redusere kostnaden. Økes størrelsen på rommene reduseres antall rom, som fører til at tilhørende elementer som vegger og dører reduseres.
- iv. Store bygg har høyest byggehastighet. Antall bygde kvadratmeter per dag øker i takt med BTA.

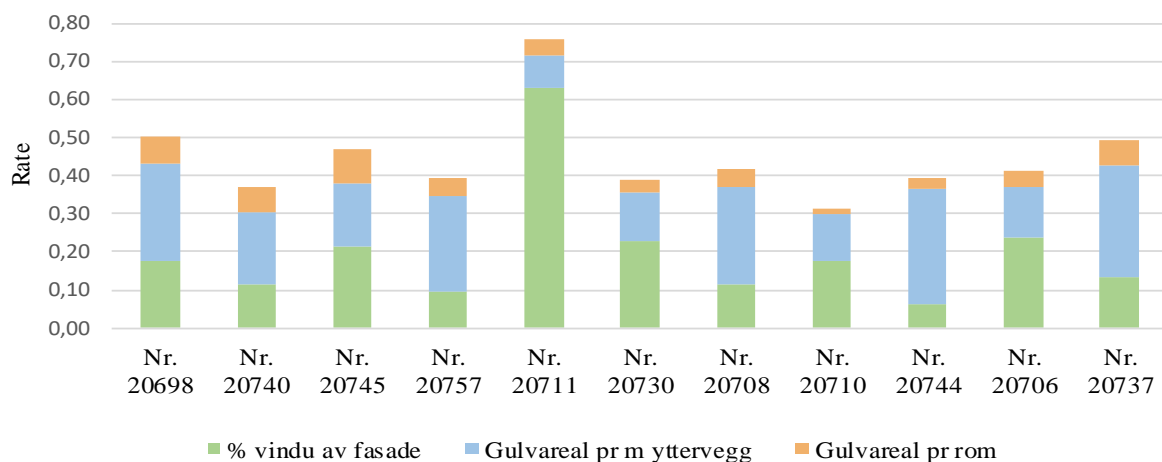
Gjennom litteratur som er studert i denne oppgaven er det antydnet at bruksområdet for bygget er avgjørende for prisen, men i analysen ble det ikke funnet noen klare sammenhenger rundt dette. Selv om det er klare tendenser til korrelasjon mellom byggets utforming og prosjektets kostnad og tidsbruk, er prosjektmengden for liten til å kunne konkludere. Datamengden begrenser troverdigheten av resultatene, men gir en god fremstilling av tydelige trender. Det gir derimot gode indikatorer på hva som bør fokuseres på, og gir samtidig motivasjon for fremtidig arbeid rundt denne problemstillingen.



## 8 Videre arbeid

Resultatet i forrige kapittel viste at de er sammenheng mellom byggets geometriske parametere og prosjektets kostnad. Samtidig viste resultatet at de parametere og ratene som er valgt, gjenspeiler kostnaden på bygget svært godt. Dermed kan dette resultatet brukes videre for å konstruere en indeks for bruk til estimering av kostnader på byggeprosjekter. Dersom man får samlet nok data fra andre prosjekter kan det være mulig å undersøke om det er troverdig sammenheng mellom disse ratene og byggekostnader. Finnes det troverdig korrelasjon er det mulig å bruke dette i en estimeringsprosess.

Her må det utvikles en indeks som kan brukes alene til å estimere kostnaden eller prisen. Ved å analysere byggets geometriske parametere som er gjort i denne analysen kan det være mulig å gi en estimert pris. For å utvikle denne indeksen på grunnlag av de ratene som er brukt, må man finne forholdstallet man skal bruke for de ulike ratene. Skal ratene samles i ett uttrykk må det til konstantledd, slik at tallverdien av de ulike ratene blir like. Slik de er i dag er det svært ulik tallstørrelse, noe som gjør at en kun en av ratene vil få en innvirkning på totalsummen. De to ratene med laveste tallstørrelser blir neglisjert, og dermed har de ingen innvirkning.



Figur 23 Oversikt over verdien på de ulike ratene

Ut i fra denne indeksen ser man at det er prosjekt nr. 20711 som skal være det dyreste, men man ser at dette skyldes hovedsakelig raten *Andel vindu i fasade*. At en rate har så stor innvirkning på hele indeksen er kategorisert som en feilkilde som tidligere beskrevet. I denne grafen er verdiene på ratene brukt rett ut, og på grunn av ulike tallstørrelser er det forskjell i hvor store utslag de ulike ratene gjør. Dermed er dette noe som må håndteres dersom en indeks skal utvikles.





## Litteraturliste

- Belniak, S., Leśniak, A., Plebankiewicz, E., & Zima, K. (2013). The influence of the building shape on the costs of its construction. *Journal of Financial Management of Property and Construction*, 18(1), 90-102.
- Eikeland, P. T. (1998). *Teoretisk analyse av byggeprosesser. Samspill i byggeprosessen*, (Prosjektnr 10602). Hentet fra <http://pte.no/pdf/TeoretiskAnalyse.pdf>
- Fjellidal, T., & Moe, H. L. (2009). Anbudsprosessen.
- Jan Alexander Langlo, S. B., Ole Jørgen Karud, Erik Malm, Bjørn Andersen (2013). *Måling av produktivitet og prestasjoner i byggenæringen*. (Prosjektnr 102004661) Hentet fra <https://dibk.no/globalassets/bygg21/problemnotat---produktivitetssmåling-i-byggenæringen.pdf>
- KPMG International (2015). *Climbing the curve 2015 Global Construction Project Owner's Survey*. Henter fra <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2015/04/global-construction-survey-2015.pdf>.
- Kruse Smith AS (2015). *Årsrapport Kruse Smith 2015*. fra <http://arsrapport.kruse-smith.no/2015/>.
- Lædre, O. (2006). *Valg av kontraksstrategi i bygg-og anleggsprosjekt*. (Doktorgradsavhandling) Henter fra <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/231308>
- Norconsult informasjonssystemer AS (2016). *Norsk Prisbok [database]*. fra <https://www.norskprisbok.no/default.aspx>.
- Norges Taksteringsforbund. (2016). *Areal*. Hentet fra <http://www.ntf.no/norsk/forbrukerhjelp/areal/>
- Solibri, I. (2017). *Solibri Model Checker*. fra <https://www.solibri.com/products/solibri-model-checker/>.
- Statistisk Sentralbyrå (2015). Produktivitetsberegninger for næringer. Hentet fra <https://www.ssb.no/nasjonaltregnskap-og-konjunkturer/statistikker/nr/tilleggsinformasjon/produktivitetsendringer-for-naringer>.
- Statistisk Sentralbyrå (2016). Bygge- og anleggsvirksomhet, strukturstatistikk, 2014. Hentet fra <https://www.ssb.no/bygg-bolig-og-eiendom/statistikker/stbygganl/aar/2016-04-19>.
- Wysocki, R. K. (2014). *Effective project management : traditional, agile, extreme*. Indianapolis, Ind, Wiley.



## **Vedlegg**

Vedlegg A – Rater på prosjektene	I - XII
Vedlegg B – Dager per fase på prosjektene	XIII
Vedlegg C – Størrelser på prosjektene	XIV



## VEDLEGG A – Rater

### Prosjekt nr. 20698

#### Rate Andel vindu av fasade

Etasje	Veggareal	Vindusareal	Ratio Vindu/ Veggareal
00U	584,27073	0	0
01	915,5132	189,3	0,206769274
02	924,03479	249,25	0,269740926
03	820,62735	212,98	0,259533149
04	779,02085	209,8	0,269312432
05	598,2217	134,05	0,224080805
06	396,61576	68,68	0,17316508
07T	69,9062	0	0
Totalsum	5088,21058	1064,06	0,209122634
		Gjennomsnitt	0,175325208

#### Rate gulv/ vegg lengde

Etasje	Gulvareal	Vegg lengder	Ratio Gulvareal/ vegg lengde
00U	680,44	212,272	3,205509912
01	1116,01	231,598	4,81873764
02	1188,45	255,3	4,655111633
03	1112,83	265,466	4,191986921
04	1132,09	251,86	4,494917811
05	810,71	202,723	3,999102223
06	503,35	130,176	3,866688176
07T	47,56	25,34	1,876874507
Totalsum	6591,44	1574,735	4,185745538
		Gjennomsnitt	3,888616103

#### Rate gulvareal/ antall rom

Etasje	Antall Rom	Gulvareal	Ratio gulvareal pr rom
00U	66	680,44	10,30969697
01	2	1116,01	558,005
02	65	1188,45	18,28384615
03	117	1112,83	9,511367521
04	111	1132,09	10,19900901
05	84	810,71	9,651309524
06	24	503,35	20,97291667
07T	1	47,56	47,56
Totalsum	470	6591,44	14,02434043
		Gjennomsnitt	85,56164323

## Prosjekt nr. 20740

### Rate Andel vindu av fasade

Etasje	Veggareal	Vindusareal	Ratio Vindu/ Veggareal
00U p-kjeller	382,32894	17,5	0,045772104
01 1.etasje	380,7611	59,73	0,156870016
02 2. etasje	397,2441	59,73	0,150360949
03 3.etasje	379,4889	39,03	0,102848858
Totalsum	1539,82304	175,99	0,114292354
		Gjennomsnitt	0,113962982

### Rate gulv/ vegglengde

Etasje	Gulvareal	Vegglengder	Ratio Gulvareal/ vegglengde
00U p-kjeller	809,99	135,032	5,998504058
01 1.etasje	752,82	132,29	5,690679568
02 2. etasje	641,75	129,59	4,952156802
03 3.etasje	440,76	100,73	4,375657699
Totalsum	2645,32	497,642	5,315708883
		Gjennomsnitt	5,254249532

### Rate gulvareal/ antall rom

Etasje	Antall Rom	Gulvareal	Ratio gulvareal pr rom
00U p-kjeller	30	809,99	26,99966667
01 1.etasje	54	752,82	13,941111111
02 2. etasje	54	641,75	11,88425926
03 3.etasje	37	440,76	11,91243243
Totalsum	175	2645,32	15,11611429
		Gjennomsnitt	16,18436737

## Prosjekt nr. 20745

### Rate Andel vindu av fasade

Etasje	Veggareal	Vindusareal	Ratio Vindu/ Veggareal
0.	445,3245	0	0
1.	664,3145	166,32	0,250363344
2.	651,2013	168,09	0,258122949
3.	564,8437	156,26	0,276642901
4.	564,0989	154,05	0,27309041
Totalsum	2889,7829	644,72	0,223103265
Gjennomsnitt			0,211643921

### Rate gulv/ vegg lengde

Etasje	Gulvareal	Vegg lengder	Ratio Gulvareal/ vegg lengde
0.	1226	151,03	8,117592531
1.	1250,08	242,36	5,157946856
2.	1085,84	237,13	4,579091637
3.	1228,71	206,23	5,95795956
4.	1179,28	206,35	5,714950327
Totalsum	5969,91	1043,1	0,174726252
Gjennomsnitt			5,905508182

### Rate gulvareal/ antall rom

Etasje	Antall Rom	Gulvareal	Ratio gulvareal pr rom
0.	64	1226	19,15625
1.	121	1250,08	10,33123967
2.	110	1085,84	9,871272727
3.	120	1228,71	10,23925
4.	119	1179,28	9,909915966
Totalsum	534	5969,91	11,17960674
Gjennomsnitt			11,90158567

## Prosjekt nr. 20757

### Rate Andel vindu av fasade

Etasje	Veggareal	Vindusareal	Ratio Vindu/ Veggareal
0.	834,695	0	0
1.	1352,827	13,18	0,009742561
2.	603,084	91,62	0,151919136
3.	603,084	91,62	0,151919136
4.	626,223	102,83	0,16420668
Totalsum	4019,913	299,25	0,07444191
		Gjennomsnitt	0,095557503

### Rate gulv/ vegg lengde

Etasje	Gulvareal	Vegg lengder	Ratio Gulvareal/ vegg lengde
0.	1241,3	227,86	5,44764329
1.	1217,97	240,79	5,058225009
2.	668,35	207,96	3,2138392
3.	668,34	207,96	3,213791114
4.	689,38	216,71	3,181117623
Totalsum	4485,34	1101,28	4,072842511
		Gjennomsnitt	4,022923247

### Rate gulvareal/ antall rom

Etasje	Antall Rom	Gulvareal	Ratio gulvareal pr rom
0.	28	1241,3	44,33214286
1.	20	1217,97	60,8985
2.	63	668,35	10,60873016
3.	63	668,34	10,60857143
4.	54	689,38	12,7662963
Totalsum	228	4485,34	19,67254386
		Gjennomsnitt	27,84284815



## Prosjekt nr. 20711

### Rate Andel vindu av fasade

Radetiketter	Veggareal	Vindusareal	Ratio Vindu/vegg
(ARK) 01	966,985	719,155395	0,743708946
(ARK) 02	902,9259	552,37929	0,611765916
(ARK) 03	936,612	556,6611417	0,594334838
(ARK) 04	956,196	561,52977	0,587253837
(ARK) 05	930,7572	561,52977	0,603304245
(ARK) 06	573,166	374,59245	0,65354967
Totalsum	5266,6421	3227,985146	0,612911431
		Gjennomsnitt	0,632319575

### Rate gulv/ vegg lengde

Radetiketter	Gulvareal	Vegg lengder	Ratio Gulvareal/ vegg lengde
(ARK) 01	2995,94	235,85	12,70273479
(ARK) 02	2622,27	260,46	10,06784151
(ARK) 03	2752,56	260,17	10,57985164
(ARK) 04	2752,55	265,61	10,36312639
(ARK) 05	2751,79	260,97	10,54446871
(ARK) 06	2758,09	170,72	16,15563496
Totalsum	16633,2	1453,78	11,44134601
		Gjennomsnitt	11,73560967

### Rate gulvareal/ antall rom

Radetiketter	Antall Rom	Gulvareal	Ratio Gulvareal per rom
(ARK) 01	100	2995,94	29,9594
(ARK) 02	118	2622,27	22,22262712
(ARK) 03	139	2752,56	19,80258993
(ARK) 04	130	2752,55	21,17346154
(ARK) 05	129	2751,79	21,33170543
(ARK) 06	44	2758,09	62,68386364
Totalsum	660	16633,2	25,20181818
		Gjennomsnitt	29,52894127

## Prosjekt nr. 20730

### Rate Andel vindu av fasade

Radetiketter	Veggareal	Vindusareal	Ration Vindu/Veggareal
U3	696,322	0	0
U2	643,23	0	0
U1	784,128	0	0
01	847,78291	350,775	0,413755687
02	761,8851	380,415	0,499307573
03	871,9736	380,635	0,436521243
04	1049,6342	508,095	0,48406864
05	245,6922	0	0
Totalsum	5900,64801	1619,92	0,274532559
		Gjennomsnitt	0,229206643

### Rate gulv/ vegg lengde

Radetiketter	Gulvareal	Vegg lengder	Ratio Gulvareal/ vegg lengde
U3	2153,36	204,2	10,5453477
U2	1909,03	204,2	9,348824682
U1	1890,5	204,2	9,258080313
01	2198,78	208,169	10,56247568
02	1355,82	206,5	6,565714286
03	1683,58	235,291	7,155309808
04	1648,91	235,141	7,012430839
05	209,72	72,63	2,887512047
Totalsum	13049,7	1570,331	8,310158814
		Gjennomsnitt	7,916961919

### Rate gulvareal/ antall rom

Radetiketter	Antall Rom	Gulvareal	Ratio Gulvareal per rom
U3	12	2153,36	179,4466667
U2	8	1909,03	238,62875
U1	23	1890,5	82,19565217
01	58	2198,78	37,91
02	109	1355,82	12,4387156
03	126	1683,58	13,36174603
04	128	1648,91	12,88210938
05	1	209,72	209,72
Totalsum	465	13049,7	28,06387097

**Prosjekt nr. 20708****Rate Andel vindu av fasade**

Radetiketter	Veggareal	Vindusareal	Ratio Vindu/ Veggareal
(ARK) 01	508,95	45,09	0,088594164
(ARK) 02	543,1785	60,53	0,111436664
(ARK) 03	530,6625	76,68	0,144498622
Totalsum	1764,3973	182,3	0,1033214
		Gjennomsnitt	0,11484315

**Rate gulv/ vegg lengde**

Radetiketter	Gulvareal	Vegg lengder	Ratio Gulvareal/ vegg lengde
(RIB) 01	907,78	135,72	6,688623637
(ARK) 02	497,64	141,51	3,516641933
(ARK) 03	497,57	141,51	3,516147269
(ARK) 04T	105,27	56,93	1,849112946
Totalsum	2008,26	475,67	4,221960603
		Gjennomsnitt	3,892631446

**Rate gulvareal/ antall rom**

Radetiketter	Antall Rom	Gulvareal	Ratio gulvareal pr rom
(ARK) 01	36	907,78	25,21611111
(ARK) 02	26	497,64	19,14
(ARK) 03	26	497,57	19,13730769
(ARK) 04T	1	105,27	105,27
Totalsum	89	2008,26	22,5647191
		Gjennomsnitt	42,1908547

## Prosjekt nr. 20710

### Rate Andel vindu av fasade

Etasje	Veggareal	Vindusareal	Ratio Vindu/ Veggareal
00U	437,589	0	0
01	532,7574	279,35	0,52434748
02	532,7574	0	0
Totalsum	1503,1038	279,35	0,185848775
		Gjennomsnitt	0,174782493

### Rate gulv/ vegg lengde

Etasje	Gulvareal	Vegg lengder	Ratio Gulvareal/ vegg lengde
00U	1695,04	162,07	10,45869069
01	1673,7	172,965	9,676524152
02	651,04	172,965	3,763998497
Totalsum	4019,78	508	7,912952756
		Gjennomsnitt	7,966404446

### Rate gulvareal/ antall rom

Etasje	Antall Rom	Gulvareal	Ratio gulvareal pr rom
00U	10	1695,04	169,504
01	17	1673,7	98,45294118
02	22	651,04	29,59272727
Totalsum	49	4019,78	82,03632653
		Gjennomsnitt	99,18322282

## Prosjekt nr. 20744

### Rate Andel vindu av fasade

Etasje	Veggareal	Vindusareal	Ratio Vindu/ Veggareal
01	494,4375	21,14	0,042755657
02	511,1147	28,87	0,056484386
03	522,0075	50,43	0,096607807
04	292,3189	13,87	0,047448181
Totalsum	1819,8786	114,31	0,062811882
		Gjennomsnitt	0,060824008

### Rate gulv/ vegg lengde

Etasje	Gulvareal	Vegg lengder	Ratio Gulvareal/ vegg lengde
01	969,78	131,85	7,355176337
02	214,15	136,67	1,566913002
03	204,35	131,85	1,549867273
04	262,76	96,12	2,733666251
Totalsum	1651,04	496,49	3,32542448
		Gjennomsnitt	3,301405716

### Rate gulvareal/ antall rom

Etasje	Antall Rom	Gulvareal	Ratio gulvareal pr rom
01	10	969,78	96,978
02	15	214,15	14,27666667
03	12	204,35	17,02916667
04	16	262,76	16,4225
Totalsum	53	1651,04	31,15169811
		Gjennomsnitt	36,17658333

## Prosjekt nr. 20706

### Rate Andel vindu av fasade

	Veggareal	Vindusareal	Ratio Vindu/Vegg
(ARK) 01	1336,07525	385,3	0,288381961
(ARK) 02	918,4644	139,11	0,151459327
(ARK) 03	1121,46	298,53	0,266197635
(ARK) 04	276,21	52,52	0,190145179
(ARK) 05	282,24	64,92	0,230017007
(ARK) 06	282,24	64,92	0,230017007
(ARK) 07	282,24	64,92	0,230017007
(ARK) 08	282,24	64,92	0,230017007
(ARK) 09	282,24	65,26	0,231221655
(ARK) 10	434,7862	150,92	0,347113133
Totalsum	6840,20545	1351,32	0,19755547
		Gjennomsnitt	0,239458692

### Rate gulv/ vegg lengde

Radetiketter	Summer Area	av Summer Length	av Ratio Gulvareal/ vegg lengde
(ARK) 00U	4519,42	301,01	15,01418558
(ARK) 01	4417,82	281,279	15,70618496
(ARK) 02	2689,35	288,22	9,330893068
(ARK) 03	3640,57	346,32	10,51215639
(ARK) 04	1016,51	89,6	11,34497768
(ARK) 05	439,61	89,6	4,906361607
(ARK) 06	439,61	89,6	4,906361607
(ARK) 07	439,61	89,6	4,906361607
(ARK) 08	439,61	89,6	4,906361607
(ARK) 09	439,61	89,6	4,906361607
(ARK) 10	439,98	136,9282161	3,213216475
(ARK) 11	256,74	74,48	3,447099893
Totalsum	19178,44	1965,837216	10,97008851
		Gjennomsnitt	7,75837684

**Rate gulvareal/ antall rom**

Radetiketter	Antall rom	Gulvareal	Ratio Gulvareal pr rom
(ARK) 00U	66	4519,42	68,47606061
(ARK) 01	94	4417,82	46,99808511
(ARK) 02	202	2689,35	13,31361386
(ARK) 03	268	3640,57	13,58421642
(ARK) 04	42	1016,51	24,20261905
(ARK) 05	39	439,61	11,27205128
(ARK) 06	39	439,61	11,27205128
(ARK) 07	39	439,61	11,27205128
(ARK) 08	39	439,61	11,27205128
(ARK) 09	37	439,61	11,88135135
(ARK) 10	27	439,98	16,29555556
(ARK) 11	1	256,74	256,74
Totalsum	893	19178,44	21,47641657
		Gjennomsnitt	41,38164226

## Prosjekt nr. 20737

### Rate Andel vindu av fasade

Etasje	Veggareal	Vindusareal	Ratio Vindu/ Veggareal
00U	206,9676	0	0
01	627,00354	61,27	0,097718747
02	495,9993	88,48	0,178387349
03	496,503	88,38	0,178004967
04	496,0788	88,46	0,178318445
05T	354,3075	58,78	0,165901089
Totalsum	2676,85974	385,37	0,143963464
		Gjennomsnitt	0,133055099

### Rate gulv/ vegglengde

Etasje	Gulvareal	Vegglengder	Ratio Gulvareal/ vegglengde
00U	185,81	53,48	3,474382947
01	577,68	158,084	3,654259761
02	518,65	157,61	3,290717594
03	518,65	157,62	3,290508819
04	518,65	157,64	3,290091347
05T	386,65	112,33	3,44209027
Totalsum	2706,09	796,764	3,396350739
		Gjennomsnitt	3,407008456

### Rate gulvareal/ antall rom

Etasje	Antall Rom	Gulvareal	Ratio gulvareal pr rom
00U	14	185,81	13,27214286
01	28	577,68	20,63142857
02	38	518,65	13,64868421
03	38	518,65	13,64868421
04	38	518,65	13,64868421
05T	26	386,65	14,87115385
Totalsum	182	2706,09	14,86862637
		Gjennomsnitt	14,95346298



## Vedlegg B - Dager per fase i prosjektene

Prosjektnr.	Kontraktsdato	Start utgraving	Start fund.	Første akt. over fund.	Tett bygg
Nr. 20698	83	86	4	207	335
Nr. 20740	17	0	124	151	134
Nr. 20745	12	0	0	107	202
Nr. 20757	54	55	7	151	271
Nr. 20711	328	0	0	0	439
Nr. 20730					
Nr. 20708	110	35	39	126	216
Nr. 20710	121	6	23	218	84
Nr. 20744	74	15	63	79	105
Nr. 20706	81	52	39	315	277
Nr. 20737	0	42	14	179	234

## Vedlegg C - Størrelser på prosjektene

Prosjektnr	Total BTA	Bokført pr 31.12.16	Kontraksverdi 31.12.16	totalt, ikke ferdigstilt
Nr. 20698	8826	-kr 4 186 809,00		-kr 103 000 000,00
Nr. 20740	2800	-kr 32 220 134,40		-kr 52 000 000,00
Nr. 20745	1395	-kr 29 390 560,40		-kr 35 000 000,00
Nr. 20757	4700			-kr 72 319 000,00
Nr. 20711	16500	-kr 289 731 109,37		kr 0,00
Nr. 20730	13049,7	-kr 156 726 246,69		-kr 198 491 281,00
Nr. 20708	2369	-kr 40 091 481,98		-kr 42 900 000,00
Nr. 20710	4022	-kr 51 981 447,15		
Nr. 20744	2541	-kr 25 983 093,90		-kr 27 910 733,00
Nr. 20706	21867	-kr 428 123 577,99		-kr 428 123 578,00
Nr. 20737	3129	-kr 12 490 833,00		-kr 82 154 759,00