



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

Studieprogram/spesialisering: Byggkonstruksjoner Spesialisering: konstruksjoner og materialer	Høstsemesteret, 2014 Åpen
Forfatter: Erling Salicath (signatur forfatter)
Fagansvarlig: J.P. Liyanage Ekstern fagansvarlig: Didrik Fladberg	
Tittel på masteroppgaven: Life Cycle Costing analyser av skolebygg i Oslo kommune – Analysere krav, metodikk og praksis; Utvikling av kvantitativ LCC-modell <i>Reversert LCC</i> Engelsk tittel: Life Cycle Costing analyses of school buildings in Oslo kommune – Analyze requirements, methodology and practice; Development of quantitative LCC-model <i>Reversed LCC</i>	
Studiepoeng: 30	
Emneord: Asset management Monte Carlo simulering Cashflow Husleiekontrakt FDVU	Sidetall: 136 + vedlegg/annet: 10 sider + CD med vedlegg Stavanger, 2015 dato/år



Universitetet
i Stavanger



UNDERSVISINGSBYGG

Life-Cycle Costing analyser av skolebygg i Oslo
kommune

-

Analysere krav, metodikk og praksis i
eiendomsforetaket Undervisningsbygg Oslo KF

Utvikling av kvantitativ LCC-modell *Reversert LCC*

Det teknisk-naturvitenskapelige fakultet
Institutt for konstruksjonsteknikk og materialteknologi

Forord

Denne masteroppgaven er skrevet i samarbeid med UiS og Oslo kommune v/ det kommunale foretaket UBF (Undervisningsbygg Oslo KF), som er Oslos største eiendomsforvalter. Foretaket utvikler, bygger, drifter og forvalter 177 skolebygg tilsvarende 1.3 millioner kvadratmeter bygningsmasse.

En stor takk rettes til min fagansvarlige veileder J.P. Liyanage og UBF v/ Didrik Fladberg og Magnar Skår, som har gitt meg mulighet til å skrive denne masteroppgaven. Det har vært en lærerik prosess med interessante faglige diskusjoner og jeg føler meg nå bedre rustet til å komme inn i næringslivet.

Takk til intervjuobjekter som stilte opp og bidro til oppgaven: Aberdeen Asset Management v/ Arve Aslaksen, DNB Næringseiendom v/ Odd Willoch og Oslo Areal v/ Gunnar Moen.

Takk til NEAS AS som har bidratt med driftspersonell som var til god hjelp under befaringer.

Jeg ønsker også å takke alle vaktmestere, driftsledere, prosjektledere, eiendomsforvaltere og seksjonsledere som har bidratt til oppgaven. Jeg ønsker også spesielt å takke Eiendomsdirektør Tore Fredriksen og Prosjektdirektør Ketil Asklien, som har vist interesse for arbeidet med denne oppgaven.

Takk til UBF som har finansiert deler av arbeidet til denne oppgaven.

Sammendrag

Utgangspunktet for denne masteroppgaven er Oslo kommune v/ eiendomsforetaket Undervisningsbygg Oslo KF (UBF) som er underlagt Oslo kommune sin investeringsmodell (bestiller-utfører rollen). Hypotesen i denne oppgaven er basert på at Forvaltning- Drift- og Vedlikeholdsinntekten (FDV-satser) i husleiekontraktene til UBF er lavere enn det reelle kostnadsbehovet for å ivareta realverdier, sett i et livsløpsperspektiv. Oppgaven stiller også spørsmål ved om UBF har tilstrekkelige midler til oppgradering i form av utviklingskostnader, som er en viktig investering i livsløpsperspektivet, for å ivareta leietakers behov på sikt. En forutsetning i oppgaven, er at et godt planlagt vedlikehold og tilgjengelig finansiering for utviklingskostnader forlenger levetiden til skolebygg. En naturlig konsekvens vil være at behovet for oppgradering forskyves frem i tid.

Kommunal sektor har store utfordringer knyttet til vedlikeholdsetterslep. Denne oppgaven tar sikte på å belyse potensialet UBF har til å ivareta realverdier overfor brukerne av skolebygg. Formålet med oppgaven er å simulere effekten av økt bevilgning til FDV-budsjettet ved å øke FDV-satsen og Utviklingskostnaden, samt synliggjøre forbedringsmuligheter i eiendomsforetaket. Dette er analysert etter å ha utviklet Life-Cycle Costing (LCC)-modellen *Reversert LCC* i denne oppgaven. LCC-modellen er basert på avskrivningsregler i henhold til kommunale regnskapsforskrifter (jf. §8) og UBF sin interne husleiekalkyle. Det tas utgangspunkt i husleiekalkylen, der den videreutvikles ved å kombinere faktormetoden (metode for estimering av levetider til bygningselementer) og sannsynlighetsteorier (Monte Carlo simulering) for å redusere usikkerhet i LCC-beregningene.

Grunnlaget for dette studiet er et teoretisk rammeverk delt inn i 4 deler:

- Levetidsplanlegging for byggverk (State of the Art, levetid for- og oppgradering av byggverk)
- Vedlikeholdsplanlegging
- Internregnskap (LCC-teorier og kostnadsstyring)
- Sannsynlighetsteorier knyttet mot *Reversert LCC*

Reversert LCC anvendes i praksis ved å beregne og sammenligne restverdien («Delta Sigma») av fire skolebygg i fire ulike scenarier for hver skole. Videre består oppgaven av en case-studie, som dekker fire skolebygg, og en intervjustudie. Intervjustudien består av tre intervjuobjekter hos ulike eiendomsselskap, der hovedmålet er å forstå deres strategiske og operasjonelle tilnærming til verdibevarende vedlikeholdstiltak.

Problemstillingen i oppgaven er besvart ved å anvende en form for konstruktiv forskningsdesign, der formålet er å løse et problem eller en utfordring i praksis. Resultatene fra case-studiet knytter teorien mot praksis, der funn fra empiriske data diskuteres for å synliggjøre forbedringsmuligheter hos UBF.

Det er utarbeidet forslag til tre tiltak som vil gjøre UBF til et mer effektivt eiendomsforetak, i hovedsak for å ivareta realverdier og redusere vedlikeholdsetterslepet.

LCC-analysene i denne oppgaven synliggjør at kommunen har potensiale til å redusere fremtidige investeringer til skoleformål gjennom økt bevilgning til FDV-budsjettet. Dette kan gi økt økonomisk handlingsrom for å dekke andre behov i kommunen (broer, veier, Vann- og Avløp etc.). LCC-analysene for de fire skolene analysert i denne oppgaven viser at Oslo kommune har potensiale til å frigjøre i snitt mellom ca. 8 og 17 millioner kroner hvert år i et 25-års perspektiv. Denne besparelsen forutsetter at UBF har tilgjengelige investeringsmidler til Utviklingskostnader for å kunne igangsette de forslagene som denne oppgaven anbefaler.

Hovedkonklusjonen er at øvre beslutningsorganer må bevilge økte midler til UBF, målt i LCC-baserte FDV-satser gjennom husleiekontraktene. UBF har et forbedringspotensial, der organisasjonsstrukturen kan utvikles slik at eiendomsforetaket vil være bedre tilpasset sitt mandat med tanke på optimal drift av FDV-budsjettet. Dette kan gi UBF en realistisk mulighet til å ivareta realverdier og brukerbehov i form av drift, vedlikehold og oppgradering av bygningsmassen, samt en mer optimal utvikling av eiendomsmassen ved å avsette investeringsmidler til utvikling.

Innhold

Forord.....	i
Sammendrag	ii
Definisjoner	x
1 Introduksjon	1
1.1 Bakgrunn for oppgaven.....	1
1.2 Problemstilling.....	2
1.3 Målsetning.....	3
1.4 Designforskning.....	3
1.4.1 Kvantitative og kvalitative metoder	8
1.4.2 Metodisk tilnærming	12
1.5 Avgrensninger.....	16
1.6 Oppgaven sin struktur	17
2 Oslo kommune v/ Undervisningsbygg Oslo KF.....	19
2.1 Bakgrunnsinformasjon for Undervisningsbygg Oslo KF	19
2.2 Undervisningsbygg Oslo KF sin organisasjonsstruktur og mandat.....	19
2.3 Interessteori	20
2.3.1 Relevante interessenter	20
2.4 Bestiller-utfører modellen i Oslo kommune.....	21
2.5 Oslo kommune sin investeringsmodell	23
2.5.1 Investeringsgrunnlag – P50 & P85.....	27
2.6 Husleiemodellen og kostnadsdekkene FDVU.....	28
3 Del 1 – Levetidsplanlegging for Byggverk.....	31
3.1 State of the Art	31
3.1.1 State of the Art – Eksisterende LCC-verktøy i Norge.....	34
3.1.2 State of the Art – Relevante standarder	35
3.1.3 Relevante forskrifter og krav for skolebygg	37
3.2 Vedlikeholdsetterslep i offentlig sektor	38
3.2.1 Bath-tub filosofi.....	39
3.3 Levetid for byggverk	40
3.3.1 Tilstandsgradsanalyse for byggverk.....	43
3.4 Oppgradering av byggverk for utviklingskostnader	43
4 Del 2 – Vedlikeholdsplanlegging.....	47
4.1 Verdibevarende vedlikehold	47
4.1.1 Krav hos brukere	48
4.1.2 Verdibevarende vedlikehold	48
4.1.3 Leietakers holdning til vedlikehold.....	48
4.2 Vedlikeholdsstrategier.....	49

4.3	Konsekvenser ved budsjettkutt og forsømt vedlikehold	50
5	Del 3 – Regnskap (Kommuneregnskap, avskrivninger, internregnskap) og Life-Cycle Costing.....	59
5.1	Kommuneregnskap	59
5.1.1	Balanseregnskap.....	59
5.1.2	Driftsregnskap	60
5.2	Avskrivning av byggverk	61
5.2.1	Lineær avskrivning.....	61
5.2.2	Saldometoden	61
5.2.3	Annuitetsmetoden	62
5.2.4	Kvalitet og funksjon i forhold til avskrivning	63
5.3	Life Cycle-Costing teorier	64
5.3.1	LCC og Value-Engineering.....	65
5.3.2	LCC-definisjoner.....	67
5.3.3	LCC-data.....	68
5.3.4	Metodikk for LCC-beregninger	69
5.3.5	Diskontert kontantstrømsanalyse	70
5.3.6	Beregningsmetoder for verdisetting av eiendom (Residualverdier/Restverdier).....	73
5.3.7	Resultater fra kvantitativ undersøkelse knyttet mot LCC (Ekstern litteraturkilde).....	76
5.4	Internregnskap – Usikkerhet i kostnadsestimering.....	77
5.4.1	Estimering av kostnader	77
5.4.2	Tradisjonelle kostnadsmetoder	78
5.4.3	Moderne kostnadsmetoder	78
5.4.4	Radikalt internregnskap	89
5.4.5	Oppsummering.....	89
6	Del 4 – <i>Reversert LCC</i> og simuleringmetodikk	91
6.1	<i>Reversert LCC</i>	91
6.1.1	Faktormetoden.....	92
6.1.2	Kvantitativ vurdering av levetider	92
6.2	Sannsynlighet og statistikk	93
6.3	Monte Carlo simulering.....	94
6.4	Sannsynlighetsfordeling	94
6.4.1	Matematisk utledning for Beta PERT-fordeling.....	96
6.5	Usikkerhetshåndtering i LCC-modeller.....	97
6.5.1	Oppsummering.....	101
6.6	Teoretisk begrensning for <i>Reversert LCC</i>	101
6.7	Oppbygning av <i>Reversert LCC</i>	102
6.7.1	«Delta Sigma».....	102
6.7.2	Forutsetninger og avgrensninger til <i>Reversert LCC</i>	103

7	Case-beskrivelse	105
7.1	Bjørnsletta skole.....	105
7.1.1	Enkel befarings Bjørnsletta skole.....	106
7.1.2	Kvantitative faktorer i faktormetoden i henhold til karaktersystem 1-10.....	107
7.2	Kuben Yrkesarena.....	109
7.2.1	Enkel befarings Kuben Yrkesarena.....	110
7.2.2	Kvantitative faktorer i faktormetoden i henhold til karaktersystem 1-10.....	111
7.3	Nordpolen skole	112
7.3.1	Enkel befarings Nordpolen skole.....	113
7.3.2	Kvantitative faktorer i faktormetoden i henhold til karaktersystem 1-10.....	114
7.4	Majorstuen skole.....	115
7.4.1	Enkel befarings Majorstuen skole.....	116
7.4.2	Kvantitative faktorer i faktormetoden i henhold til karaktersystem 1-10.....	117
8	Analyser og resultater	119
8.1	Metodikk for analysen.....	119
8.1.1	Bjørnsletta skole	120
8.1.2	Kuben Yrkesarena.....	122
8.1.3	Nordpolen skole	124
8.2	Analyse – Sammenligning av resultater for hver skole	127
8.2.1	Diskusjon fra analysen.....	129
9	Diskusjon	130
9.1	Målsetning.....	130
9.1.1	Diskusjon – Empiriske data.....	131
9.2	Utfordringer.....	132
9.2.1	Læringsutbytte	133
9.3	Konklusjon	134
9.3.1	Videre forskning	135
	Kildereferanser	137
10	Vedlegg.....	146
10.1	Resultater fra intervjustudie	146
10.1.1	Intervjustudie med DNB Næringseiendom (Tidligere Vital Eiendom):	146
10.1.2	Intervju med Aberdeen Asset Management	149
10.1.3	Intervju med Oslo areal AS.....	151
10.2	Kvantitativ datainnsamling av faktorer basert på kvalitativ vurdering	154
10.2.1	Metodikk for datainnsamling til Case-studien	154
10.2.2	Kvantitativ datainnsamling av faktorer basert på kvalitativ vurdering:.....	154

Tabell 1-1 Sammenligning mellom Aristoteles og Simon sine ideer i forhold til konstruktiv designforskning (Koskela, 2008).....	4
Tabell 1-2 Potensielle fordeler og ulemper med konstruktiv designforskning (metodix.com: Lukka, s.a.)	5
Tabell 1-3 Konstruktiv tilnærming anvendt i praksis (Kasanen et al., 1993)	7
Tabell 1-4 Kvantitative og kvalitative metoder (Creswell, 2012)	8
Tabell 1-5 tre kriterier som kan påvirke reliabilitet (Creswell, 2012).....	9
Tabell 1-6 Metoder for å øke reliabilitet.....	10
Tabell 1-7 Metoder/bevis for å øke validitet (Blaikie, 2012)	11
Tabell 1-8 Fire trianguleringsmetoder (Denzin, 1970)	11
Tabell 1-9 Forskningsstrategier (Gjerdevik et al., 2011, referert i Skumsnes, 2012).....	12
Tabell 1-10 Litteraturstudiet, case-studie og den kvalitative intervjustudien	13
Tabell 1-11 Strategisk tilnærming for datainnsamling og kvalitetssikring	14
Tabell 1-12 Kilder for kvalitative og kvantitative data.....	15
Tabell 1-13 Teoretisk rammeverk	16
Tabell 1-14 Oppgaven sin struktur.....	17
Tabell 2-1 Interessenter knyttet til UBF.....	21
Tabell 2-2 Fordeler og ulemper ved bestiller-utfører modellen (Moland et al., 2001; IKS, 2011).....	22
Tabell 2-3 Sammenligning mellom tradisjonell prosjektmodell og Oslo kommune sin prosjektmodell	25
Tabell 2-4 Fasene i UBF sin prosjektgjennomføringsmodell	25
Tabell 2-5 Kostnadsdekkene husleie (Andresen, 2007).....	29
Tabell 3-1 State of the art, litteratur knyttet mot LCC.....	31
Tabell 3-2 Forskningsprosjekter	33
Tabell 3-3 LCC-modeller i Norge	34
Tabell 3-4 Relevante standarder for levetidsplanlegging og fasilitetsstyring	35
Tabell 3-5 Økonomisk, teknisk, reell og estetisk levetid.....	40
Tabell 3-6 Levetider for bygningsrelaterte elementer (FKOK, 2012).....	41
Tabell 4-1 Vedlikeholdsstrategier.....	49
Tabell 4-2 Tilstandsgrader 5 – 1 (McDuling et al., 2011):	50
Tabell 4-3 Scenarier for case-studie (McDuling et al., 2011).....	51
Tabell 4-4 Oppgraderingskostnad etter år 1 for ulike scenarier (McDuling et al., 2011).....	56
Tabell 4-5 Kvantitativ konsekvens ved 70 % budsjettkutt (McDuling et al., 2011)	57
Tabell 4-6 Kvantitativ konsekvens ved 70 % budsjettkutt, eget regneark	57
Tabell 5-1 Regnskapsmetoder i kommunal sektor	59
Tabell 5-2 Balanseregnskap	59
Tabell 5-3 Driftsresultat og resultatregnskapet	60
Tabell 5-4 Eksempel, annuitetsmetoden (Farid, 2014).....	62
Tabell 5-5 Fordel og ulemper med annuitetsmetoden	63
Tabell 5-6 Avskrivningsregler for vedlikehold og påkostning (Lovdata, 2000).....	64
Tabell 5-7 Ti definisjoner av LCC (Gluch et al., 2004).....	67
Tabell 5-8 Relevante LCC-data i LCC-analyser (Schade, 2007)	69
Tabell 5-9 Nominell, reell og diskontert kostnad.....	70
Tabell 5-10 Eksempel, Diskonteringsrente, nominell og reell inntekt (Tilpasset fra: Forisk, 2010).....	71
Tabell 5-11 Formler for inflasjonsrater (fuller et al., 995)	72
Tabell 5-12 Eksempel, multiplikatormetoden	74
Tabell 5-13 Analogi, samlebåndsproduksjon og konstruksjoner på byggeplass (Howell et al., 1994).....	79
Tabell 5-14 Aktiviteter, ressurser og kostnadselementer	81
Tabell 5-15 Kostnadsnivåer i ABC-LCC-Rammeverket Guoqiang et al. (s.a.)	82

Tabell 5-16 Rammeverk for å identifisere aktivitetsbaserte kostnader	83
Tabell 5-17 Positive og negative sider ved ABC-metoden.....	84
Tabell 5-18 Potensielle fordeler og ulemper med TLC-metoden	88
Tabell 6-1 Sannsynlighetsfordelinger basert på figur 6-1.....	95
Tabell 6-2 Definisjoner og kilder til usikkerhet med eksempler (Goh et al., 2009)	99
Tabell 6-3 Oppbygning av <i>Reversert LCC</i>	102
Tabell 6-4 Bygningsrelaterte elementer hos UBF.....	103
Tabell 7-1 Forutsetninger for Bjørnsletta skole	106
Tabell 7-2 Befaring Bjørnsletta skole.....	106
Tabell 7-3 Kostnadsdata hentet i fra databasen Landlord for dagens FDV-satser – Bjørnsletta skole.....	108
Tabell 7-4 Kostnadsdata for kostnadsdekkene FDV-satser – Bjørnsletta skole.....	108
Tabell 7-5 Forutsetninger for Kuben Yrkesarena	110
Tabell 7-6 Befaring Kuben Yrkesarena	110
Tabell 7-7 Kostnadsdata hentet i fra databasen Landlord for dagens FDV-satser – Kuben Yrkesarena	111
Tabell 7-8 Kostnadsdata for kostnadsdekkene FDV-satser – Kuben Yrkesarena	112
Tabell 7-9 Forutsetninger for Nordpolen skole.....	113
Tabell 7-10 Enkel befaring for Nordpolen skole.....	113
Tabell 7-11 Kostnadsdata hentet i fra databasen Landlord for dagens FDV-satser – Nordpolen skole	114
Tabell 7-12 Kostnadsdata for kostnadsdekkene FDV-satser – Nordpolen skole.....	115
Tabell 7-13 Forutsetninger for Majorstuen skole	116
Tabell 7-14 Kostnadsdata hentet i fra databasen Landlord for dagens FDV-satser - Majorstuen skole.....	117
Tabell 7-15 Kostnadsdata for kostnadsdekkene FDV-satser - Majorstuen skole.....	118
Figur 1-1 Plassering av konstruktiv forskningsdesign (Tilpasset fra: Kasanen et al., 1993, s. 257).....	8
Figur 1-2 Strategi for innsamling av prosjektdata og kvalitetssikring av arbeid.....	14
Figur 2-1 Organisasjonsstruktur i UBF (UBF, 2013a).....	19
Figur 2-2 Bestiller-utfører modellen	22
Figur 2-3 Lineær prosjektmodell (Bruun, 2013).....	23
Figur 2-4 Deming-syklus, styring- og kvalitetssikringsfasen (Lustig, 2008).....	24
Figur 2-5 Oslo kommunes modell for prosjektgjennomføring (UBF, 2012)	24
Figur 2-6 Estimering av kostnader, Usikkerhetsavsetning (P50 & P85) (UBF, 2012)	27
Figur 2-7 Husleiemodellen i Oslo kommune (Hansen, 2012).....	28
Figur 3-1 Bath-tub kurve (Wilkins, 2002)	39
Figur 3-2 Palazzo Publico (bilde hentet fra: http://en.wikipedia.org/wiki/Palazzo_Publico)..	45
Figur 3-3 The Cliff House (flager, 2003).....	46
Figur 4-1 Optimalt forhold mellom grad av vedlikehold og grad av vedlikeholdskostnad (Norges Byggforskningsinstitutt, referert i Riksrevisjonen, 2004-2005).....	47
Figur 4-2 Konsekvens ved budsjettkutt (McDuling et al., 2011) (<i>Sirkler er tegnet i figuren for å gjøre det enklere å se tallene</i>).....	51
Figur 4-3 Nedbrytningshastighet ved forsømt vedlikehold (McDuling et al., 2011).....	52
Figur 4-4 Eksempel, Scenario 1, reduksjon av tilstandsgrad (McDuling et al, 2011)	53
Figur 4-5 Teoretisk eksempel, reduksjon av tilstandsgrad, analyseperiode 30 år (McDuling et al., 2011)	54
Figur 4-6 Reduksjon av tilstandsgrad i forhold til reduksjon i vedlikeholdsbudsjett (McDuling et al., 2011).....	55

Figur 4-7 Oppgraderingskostnad i forhold til kutt i vedlikeholdsbudsjett (McDuling et al., 2011).....	56
Figur 5-1 Avskrivning av bygninger (kvalitet/funksjon og tid) (Bjørberg et al., 2005, side 36)	63
Figur 5-2 Kostnadselementer i LCC-analyser.....	65
Figur 5-3 Påløpte LCC-kostnader i ulike prosjektfaser (Almberg, 2011, side 12)	66
Figur 5-4 Value-Engineering (Nicolini, 2000, side 315)	66
Figur 5-5 Typiske problemer med estimering av kostnader (Sinclair et al., 2002)	77
Figur 5-6 ABC-metoden, relasjon mellom kostnadselementer, aktiviteter og ressurser	82
Figur 5-7 Kostnadselementer («LCC-elementer») i LCC-kostnader (Hoffart et al., s.a.)	84
Figur 5-8 Target Costing i forhold til Lean Construction (Ashworth, 2004), sirkel er laget selv	86
Figur 6-1 Triangulær, Lognormal, Beta og Beta PERT fordeling	94
Figur 6-2 Usikkerhet til Universell sannhet	98
Figur 6-3 Rammeverk for håndtering av usikkerhet i kvantitative LCC-analyser (Goh et al., 2009).....	99
Figur 6-4 «Delta Sigma».....	102
Figur 7-1 Bjørnsletta skole	105
Figur 7-2 Kuben Yrkesarena.....	109
Figur 7-3 Kuben Yrkesarena (Aberdeen Asset Management AS eier dette bygget)	109
Figur 7-4 Nordpolen skole (UDE, 2013).....	112
Figur 7-5 Majorstuen skole (UBF, 2014).....	115

Definisjoner

Bærekraft	<p>I følge FN defineres begrepet «<i>bærekraftig utvikling</i>» slik:</p> <p><i>Utvikling som imøtekommer dagens behov uten å ødelegge mulighetene for at kommende generasjoner skal få dekket sine behov.</i></p>
Diskonteringsfaktor	<p><i>Rentesats som brukes for å beregne netto nåverdi av en kontantstrøm over en gitt analyseperiode.</i></p>
Driftskostnad	<p><i>Løpende kostnader som relateres til daglig drift av et bygg for at det skal tilfredsstille sin tiltenkte funksjon (kjernevirksomheten).</i></p> <p><i>Faste kontroller med frekvenser under ett år og akutte driftsoppgaver/reparasjoner defineres som driftskostnader (NS 3454).</i></p>
Faktormetoden	<p><i>Metode som analyserer levetiden til bygningselementer med utgangspunkt i referanselevetid og er beskrevet i Sintef Byggforsk 700.307 og ISO 15686-serien.</i></p> <p><i>Definisjonen etter Sintef Byggforsk 700.307, punkt 231 er: «Faktormetoden (Fm) er en metode for modifisering av angitt referanselevetid ved hjelp av faktorer som beskriver aktuelle bruksforhold.»</i></p>
Fasilitetsstyring	<p><i>Integrasjon av prosesser i en organisasjon for å opprettholde og utvikle avtalte tjenester som støtter og forbedrer effektiviteten til organisasjonens primære aktiviteter (NS-EN 15221-1) Omfatter alle aktiviteter innenfor begrepene FDVUSP (s.d.) etter NS 3454.</i></p> <p><i>Moderne eiendomsforvaltning omtales gjerne som facility management (amerikansk engelsk) eller facilities management (britisk engelsk), begge forkortes til FM. (Mørk et al., 2008).</i></p>

	<p><i>Basert på en nordisk tilnærming, kan FM deles i fem hovedområder:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Økonomi og finansiering</i> • <i>Eiendoms- og arealforvaltning</i> • <i>Drift, vedlikehold og utvikling</i> • <i>Service og tjenester</i> • <i>Helse-, miljø og sikkerhet (HMS).</i> <p><i>For denne oppgaven vektlegges spesielt Drift, vedlikehold og utvikling når begrepet «fasilitetsstyring» brukes.</i></p>
FDVU	<p><i>Forkortelse for Forvaltning- Drift – Vedlikehold- og Utviklingskostnader.</i></p> <p>Norsk Standard NS3454:2013 gir forslag til en kostnadsoppstilling/kontoplan for hvordan FDVU-kostnader skal bokføres.</p>
Inflasjon	<i>Rentesats som påvirker markedspriser ved at reell kroneverdi reduseres</i>
Kvalitet	<p>«Quality» fritt oversatt fra The Oxford English Dictionary: <i>Summen av faktorer for et bygg som gjør det mulig å tilfredsstille behov samt hvordan individuelle faktorer er relatert, balansert og integrert i forhold til byggets helhet og dets omgivelser</i></p> <p>NS-ISO-8402: <i>Kvalitet er helheten av egenskaper en enhet har og som vedrører dens evne til å tilfredsstille uttalte og underforståtte behov.</i></p>
LCC – Life-Cycle Costing/Livssyklus-kostnader	<p><i>Alle direkte og indirekte kostnader som kan spores tilbake til levetiden for et produkt.</i></p> <p>Definisjonen LCC er etter NS3454:2013 som følger: <i>Alle kostnader som genereres gjennom livsløpet</i></p>

	<p><i>til en bygningsdel/et byggverk.</i></p> <p>LCC-begrepet er meget omfattende og er i denne oppgaven avgrenset til følgende: <i>Summen av investeringskostnader, FDVU kostnader og restverdier for en analyseperiode tilsvarende antall år husleiekontrakten er gjeldende for et byggeprosjekt.</i></p>
Levetidskostnader	<i>Årskostnad basert på livssyklus kostnad ved hjelp av regnskapsteknisk metode (annuitet) for å beregne årlig avskrivning i forhold til en bestemt levetid.</i>
Netto nåverdi	<i>Kontantstrøm over en gitt analyseperiode som neddiskonteres til dagens kroneverdi tilsvarer netto nåverdi. Netto nåverdi tar utgangspunkt i at en krone i morgen er mindre verdt enn en krone i dag.</i>
Nominell rente	<i>Rentesats som benyttes for å beregne årlig vekst i nominell kroneverdi.</i>
Nominell verdi	<i>Pengeverdi som inkluderer inflasjon</i>
Realrente	<i>Rentesats som benyttes for å beregne reell kroneverdi. Differansen mellom nominell rente og realrente tilsvarer inflasjonsrente</i>
Reell verdi	<i>Pengeverdi som ikke inkluderer inflasjon (justert for inflasjon)</i>
Reversert LCC	<i>LCC-modell utviklet i denne oppgaven, som analyserer «Delta Sigma», dvs. sammenligning av restverdi i et 25-års perspektiv mellom dagens FDV-sats og kostnadsdekkende FDVU-sats.</i>
Utviklingskostnad	<i>Kostnader til utvikling av byggverk for å opprettholde dets verdi over tid i forhold til nye krav fra brukere, marked og myndigheter (Valen et al., 2011).</i>
Undervisningsbygg Oslo KF	<i>Forkortet UBF, offentlig eiendomsforetak som skal forvalte, utvikle, drifte og vedlikeholde skolebygg.</i>

Vedlikeholdskostnad	<i>Tiltak med frekvens ut over ett år. Dette inkluderer planlagt vedlikehold og utskiftings av bygningselementer som har kortere levetid enn bygget sin levetid (Valen et al., 2011).</i>
Restverdi	<i>Restverdi kan defineres som «estimert beløp et foretak vil tjene ved å selge (skrapverdi) fysisk kapital, etter fradrag for estimerte avhendingsutgifter, hvis elementet har nådd sin estimerte levetid og hvis estimert tilstand samsvarer med reell tilstand ved slutten av sin brukbare levetid».</i>
Årskostnad	<i>Annuitet av levetidskostnaden. Årskostnaden er et fast årlig beløp, og må ikke forveksles med årlige kostnader (Mørk et al., 2008).</i>

1 Introduksjon

All men seek one goal: success or happiness. The only way to achieve true success is to express yourself completely in service to society. First, have a definite, clear, practical ideal—a goal, an objective. Second, have the necessary means to achieve your ends—wisdom, money, materials and methods. Third, adjust all your means to that end.

Aristoteles
384-322 f.kr

1.1 Bakgrunn for oppgaven

Et gammelt ordtak «folk trenger hus og hus trenger folk» er et grunnleggende behov for et samfunn. BAE-næringen (Bygg- anlegg og eiendomsnæringen) er Norges nest største næring målt i verdiskapning etter olje&gass. Vi benytter oss daglig av infrastruktur som er et resultat fra BAE-næringen. Nordmenn elsker for eksempel å pusse opp sin egen bolig (Espelien et al., 2007). Dette betyr at vi alle er en del av omsetningen og verdikjeden til denne næringen.

Det påstås at kommunale grunnskoler i Norge har et vedlikeholdsetterslep på 46 milliarder kroner. Kommunale grunnskoler i Norge består av 10,9 mill. kvadratmeter av totalt 24 mill. kvadratmeter formålsbygg (KS, 2014), som gjør dette til den største sektoren i byggenæring målt i areal, når man ser vekk fra boligbygg. Kun for Oslo kommune er vedlikeholdsetterslepet estimert til å være 900 millioner kroner for å oppgradere skolene tilbake til opprinnelig standard (UBF, 2013b).

Dagens byggenæring har et paradigme-problem i forhold til å redusere vedlikeholdsetterslepet. Bygg- og anleggsbransjen i Norge forholder seg i stor grad fortsatt til et reaktivt paradigme, som skaper konflikt med det proaktive paradigme. I følge Howarth (2006) er eiendomsforvaltning blitt mer proaktivt i nyere tid, men dette synes ikke å gjelde for offentlig sektor. En mulig årsak til dette er manglende forståelse for sammenhengen mellom eiendomsstrategi og verdiskapning (Arge, 2008).

Det er flere case fra media som gir et inntrykk av hvilken tilstand skolebygg i Norge har per dags dato:

- En artikkel fra 4.12.2013 skriver om at kommunene sparer penger ved å redusere arbeidstiden til vaktmestere. Artikkelen skrev om en skole i Ålesund hvor en vaktmester jobber en halv dag i uka. Sitat fra artikkelen: «(...) Vedlikeholdet på skolene blir forsømt». Det kommer også frem at i gamle dager jobbet vaktmesteren på en skole, men i dag jobber vaktmesteren i team og reiser rundt til flere skoler på vedlikeholdsoppdrag (Reite, 2013).

- En artikkel datert 26.11.2007 skriver om en videregående skole i Oslo hvor det er mangel på oksygen og varmeanlegget ikke kan justeres manuelt. Dette fører til et dårlig innelima, hvor varmen inne er ustabil. Sitat fra artikkelen: «Kommunen verken planlegger eller setter av penger til rehabiliteringsprosjekter». Det er videre beskrevet at tusenvis av barn lever i et arbeidsmiljø som bryter norsk lov, men at loven ikke har noe å si, da det ikke har konsekvenser for de ansvarlige (Audestad, 2007).
- En artikkel fra 27.8.2012 skriver om rapporter fra Arbeidstilsynet som har kontrollert innelima på 1300 grunnskoler. Det påstås at 9 av 10 godkjente skoler består av feil. Videre i artikkelen er det beskrevet at det ikke eksisterer en sammenheng mellom tilstanden til skolebyggene og kommuneøkonomien. Det kommer også frem at det er opp til politikerne å bevilge penger til vedlikehold eller rehabilitering (Vinding, 2012).
- En artikkel datert 9.11.2014 skriver om vedlikeholdsbudsjettet i Stavanger kommune og at dette vil føre til forfall. Sitat i fra artikkelen: «(...) kommunen allerede har et etterslep på 2 milliarder kroner og at etterslepet vil øke med ytterligere 1 milliard de neste fire årene». Artikkelen skriver om en ny sammenligning mellom storbyer hvor Stavanger kommune ligger under middels nivå når det gjelder drift og vedlikehold. Det påstås at selv med strakstiltak i år (2014), er dette for lavt til å hindre at realverdien til byggemassen forfaller. Sitat fra artikkelen: «(...) tragisk å kun ha midler til strakstiltak, da dette vil få konsekvenser på sikt og i verste fall føre til at noen av skolene må stenges» (Jupskås, 2014).

Vedlikeholdsetterslepet i offentlig sektor synes å være stort. I tillegg er Norge preget av en sterk befolkningsvekst hvor det antas at befolkningen vil passere 6 millioner personer i 2029 (SSB, 2014). Dette tyder på at kapasitetsbehovet i skolebyggsektoren vil øke fremover, noe som betyr at det er viktig å ta vare på eksisterende skolebygninger for å unngå vedlikeholdsetterslep, men også dekke det økende kapasitetsbehovet ved å sette av finansielle midler til utvikling av eiendomsmassen.

1.2 Problemstilling

Undervisningsbygg Oslo KF (UBF) er interessert i å ivareta realverdier av porteføljen sin i et langsiktig perspektiv (25-års analyseperiode). Foretaket har utfordringer knyttet til allokering/bevilgning av kapital til drift og vedlikehold. Dette synes i husleiekontrakter med underdekkene FDV-satser, noe som har ført til et akkumulert vedlikeholdsetterslep i skolebyggsektoren. Problemstillingen i denne oppgaven er da basert på følgende hypotese:

Investeringer og løpende kostnader under dagens økonomiske budsjettramme er underdekkene og koster kommunen mer kapital målt i LCC-kostnader og restverdier sammenlignet med kostnadsdekkene FDV-satser og Utviklingskostnader, hvor kommunen har tilgang til tilstrekkelig

kapital, slik at nødvendige midler kan disponeres til blant annet vedlikehold og oppgradering av skolebygg.

1.3 Målsetning

Hovedmålet med oppgaven er å analysere effekten av å endre husleiekontrakter som tar utgangspunkt i indeksregulerte FDV-satser, til fordel for kostnadsdekkene FDVU-satser (LCC-satser). Dette for å synliggjøre i hvilken grad restverdien i et 25-års perspektiv påvirkes ved å endre FDV-satsene i husleiekontrakten og faktorene i faktormetoden. *Reversert LCC* utvikles i denne oppgaven og skal kunne simulere effekten av hvordan FDV- og Utviklingskostnader påvirker restverdien av skolebygg i et 25-års perspektiv. Et spesielt mål med oppgaven er å synliggjøre effekten av å disponere tilgjengelige investeringsmidler i form av vedlikeholds- og utviklingskostnader.

FDV-satser i husleiekontrakter er hentet fra databasen Landlord. Restverdiberegningen er basert på anskaffelsesverdien og oppgraderingskostnaden i et 25-års perspektiv. Dette legges til grunn for LCC-analysene. Oppgaven skal analysere i hvilken grad FDV-satsene under dagens husleiekontrakter gir UBF mulighet til å ivareta realverdier av skolebygg for Oslo kommune sammenlignet med kostnadsdekkene FDVU-satser.

Det skal gjennomføres en kortfattet kvalitativ intervjustudie med sentrale eiendomsaktører. Utgangspunktet for intervjustudien er hvordan intervjuobjektene opplever sitt mandat for investeringsbeslutninger i det daglige virke, der formålet er å forstå eiendomsselskaper sin empiriske forståelse av deres operasjonelle hverdag, basert på deres strategiske og operasjonelle tilnærming til vedlikevarende tiltak for eiendomsmassen.

Avslutningsvis skal oppgaven utarbeide forslag til tiltak for å synliggjøre UBF sitt potensiale til å bli et mer effektivt eiendomsforetak.

1.4 Designforskning

Generelt sett har byggenæringen blitt sett på som et disiplin innenfor samfunnsvitenskap. Det kan argumenteres mot denne generelle holdningen ved å påstå at analyser av samfunnsnyttene i byggenæringen alltid er relatert til fysisk utforming av bygningsmasse, arkitektur og produksjonsteknisk kontekst. Samfunnsnyttige fenomener i byggenæringen bør vurderes med tilknytning til den relevante konteksten. Dette betyr at det er uproduktivt og meningsløst å forske på disipliner innenfor byggenæringen, kun med hensyn til samfunnsvitenskapelige metoder (Koskela, 2008).

I konstruktiv designforskning defineres konstruksjon (eller artefakter) som tekniske fenomener basert på produksjon (Koskela, 2008). «Konstruksjon» er et svært abstrakt begrep med uendelig mange mulige opplysninger og relasjoner. Alle menneskeskapte konstruksjoner (for eksempel modeller, diagrammer og organisasjonsstrukturer) er konstruksjoner. Særtrekk ved alle konstruksjoner er at de ikke er oppdaget, men oppfunnet og/eller utviklet (Kasanen et al., 1993).

Koskela (2008) argumenterer for hvorfor byggenæringen bør omdefineres til en form for designvitenskap. Simon (1996) utredet systematiske og formaliserte relevante design-metoder innenfor ulike kontekster. Design-metodene er relevant i ulike disipliner som for eksempel ingeniørfag og arkitektur. Det påpekes at designforskning ikke er en disiplin, men en forskningsmetode som anvendes i relevant disiplin, med fokus på å produsere innovative konstruksjoner for å løse problemer og utfordringer i praksis gjennom anvendt forskning, som samtidig gir et teoretisk bidrag til den respektive disiplinen. Siden konstruktiv designforskning er tilknyttet designvitenskap, anvendes forskningsmetoden i denne masteroppgaven. Dette gir rom for å utvikle *Reversert LCC* basert på relevante teorier og kvalitative data (metodix, s.a.).

Det er påstander om at Simon (1996) er den første forfatteren som introduserte konseptet «konstruktiv designforskning», men disse tankene har eksistert i mer enn to tusen år tilbake til filosofen Aristoteles. Tabell 1-1 sammenligner ideene til Simon og Aristoteles i forhold til designforskning.

Tabell 1-1 Sammenligning mellom Aristoteles og Simon sine ideer i forhold til konstruktiv designforskning (Koskela, 2008)

	Aristoteles (~2300 år siden)	Simon (1996)
Vitenskapelig disiplin	Vitenskap om produksjon	Vitenskap om det kunstige
Målet med vitenskapen	Produsere praktiske eller vakre objekter	Hvordan tingenes tilstand bør være for å kunne fungere
Eksempler på forskningsområder	Husbygging, medisin, poesi	Ingeniør, arkitektur, økonomi, medisin, utdanning, jus, musikk
Kjernevirksomhet	Anvende analytiske metoder slik det er brukt i geometrien	Vitenskap om design, intellektuelt robust objekt, analytisk, delvis formaliserbar, delvis empirisk, doktriner om design-prosessen kan videreformidles/læres bort

I følge Lukka (2000) bør konstruktiv designforskning bestå av følgende faktorer:

1. Fokus på «reelle/praktiske» problemer som er relevant å løse for næringslivet
2. Produksjon av en innovativ konstruksjon som løser det opprinnelige «reelle/praktiske» problemet
3. Inkluderer et forsøk på å implementere den ferdig utviklede konstruksjonen for å vurdere praktisk anvendelse
4. Innebærer engasjerte interessenter og et godt samarbeid mellom forskeren og representanter fra praksis tilsvarende «team-arbeid», som dermed medfører at innovasjon og erfaringsoverføring kan skje
5. Eksplisitt tilknytning til teoretisk kunnskap
6. Fokus på å reflektere empiriske funn tilbake til teori

Med hensyn til disse faktorene, er det fordeler og ulemper med konstruktiv designforskning. Potensielle fordeler og ulemper er beskrevet i tabell 1-2.

Tabell 1-2 Potensielle fordeler og ulemper med konstruktiv designforskning (metodix.com: Lukka, s.a.)

Potensielle fordeler	Potensielle ulemper
Konstruktiv forskningsdesign kan åpne muligheter for å forske på nye interessante og relevante forskningsområder. I motsetning til konservative forskningsmetoder, gir konstruktiv forskningsdesign forskeren muligheten til å utvikle konstruksjoner med direkte praktiske fordeler.	Enkelte temaer som avdekkes gjennom forskningen og selve konstruksjonen kan føles som svært sensitivt og ikke ønsket publisert av forskningssubjektet (UBF). Hvis dette skjer, divergerer interessene i forskningsprosjektet.
Fra organisasjonen sin side, er potensielle fordeler koblet opp mot at forskeren setter relevante administrative problemer i fokus og gir rom for kritikk. Dette kan da analyseres og bearbeides for å løse relevante problemer i organisasjonen. Det forventes ofte at forskeren implementerer potensielle bidrag fra teoretisk kunnskap i «problemløsningsfasen».	Basert på Koskela (metodix, s.a.) sine erfaringer er et typisk problem at engasjementet ikke ivaretas kontinuerlig, blant annet fordi forskningen ikke har så stor praktisk relevans som først antatt.
Praktikere skjønner nødvendigvis ikke alltid relevansen av tyngre litteratur i forhold til problemet, men i motsetning til konsulenter, kan akademiske forskere bidra med et mer reflektert og dypere innhold av teoretisk kunnskap, som sannsynligvis ikke har samme grad av fordommer som konsulenter kan ha.	Forskningen vil sannsynligvis anses som mislykket hvis forskeren ikke opprettholder god kommunikasjon med forskningssubjektet (organisasjonen oppgaven skrives for).
Gapet mellom forskning og praksis har alltid vært en	For å unngå dette bør forskeren og forskningssubjektet diskutere praktisk relevans så tidlig som mulig, helst før prosjektet offisielt starter.
	Fra organisasjonens side, er det alltid en viss risiko for

<p>utfordring. I følge prof. Balk stoler ikke forskere og praktikere på hverandre og respekterer ikke hverandres visdom, kunnskap eller erfaringer (Murray, 2014).</p> <p>Fordelen med konstruktiv forskningsdesign er at gapet mellom forskning og praksis forsvinner på en naturlig måte, siden et viktig poeng med konstruktiv forskningsdesign er at praktikere og forskere deler kunnskap og ideer med hverandre.</p>	<p>lekkasje av driftshemmeligheter. Koskela sin erfaring tilsier at spesielt bedrifter rettet mot finans er vant til denne type risiko og vet godt hvordan de skal håndtere dette.</p>
<p>I utviklingsfasen bør forskeren og organisasjonen (UBF) være forpliktet til å delta i utviklingsfasen. Organisasjonen bør være villig til å gi forskeren de beste tilgjengelige data.</p> <p>Dette kan være en fordel i forhold til mer tradisjonelle tilnærminger til case-studier, spesielt med tanke på metoder som for eksempel kvantitative undersøkelser (Kvaliteten i data fra slike undersøkelser kan variere i svært stor grad, siden det er knyttet liten eller ingen risiko til besvarelsene fra deltakere i undersøkelsene).</p>	<p>Forskeren bør ved hver enkelt fase av prosjektet kunne innovere, utvikle og implementere konstruksjonen, men samtidig opprettholde en nøytral eller kritisk holdning til forskningen gjennom hele prosjektets levetid. Dette er svært vanskelig å gjennomføre i praksis og kan medføre en unødvendig positiv holdning til konstruksjonen. Det er derfor viktig at forskeren tydeliggjør fordeler og ulemper med den ferdig utviklede konstruksjonen.</p>
<p>Det kan argumenteres for at konstruktiv forskningsdesign innebærer en ganske krevende test av forskerens forkunnskaper. Konstruktiv forskning har høy kvalitet når selve arbeidet og gjennomførbarheten med den designede konstruksjonen er testet grundig i praksis.</p> <p>Et konstruktivt forskningsprosjekt skal kunne føre til reelle endringer i organisasjoner, som er noe helt annet enn å utforme teoretiske modeller i et laboratoriemiljø eller høre på intervjuobjekter sine synspunkter om hva de tenker og gjør.</p>	<p>Siden konstruktiv forskningsdesign fortsatt er relativt nytt, kan forskningen møtes med stor grad av skepsis i forskningsmiljøet. Forskeren bør derfor argumentere nøye for hvorfor konstruktiv forskningsdesign er valgt som forskningsmetode, men enda viktigere, bør forskeren tydeliggjøre at forskningsmetoden har medført til et relevant og troverdig bidrag til det akademiske miljøet.</p>

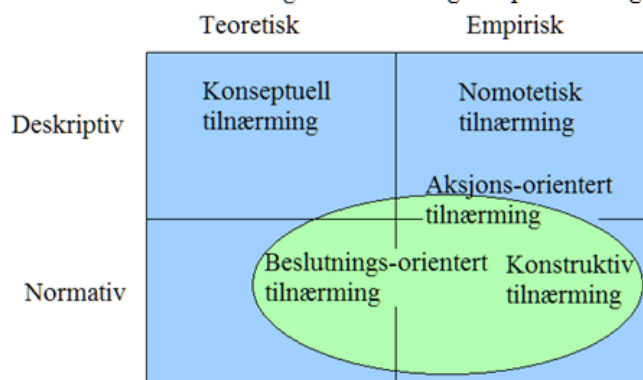
Tabell 1-2 synliggjør at konstruktiv designforskning er tilpasset praktiske tilnærminger for å løse konkrete problemer og utfordringer hos organisasjoner. Ulempen med forskningsmetoden er spesielt rettet mot kommunikasjon og forpliktelser til forskningsprosjektet. Det er utviklet et rammeverket for forskningsmetoden som anvendes i denne oppgaven. Rammeverket er beskrevet i tabell 1-3.

Tabell 1-3 Konstruktiv tilnærming anvendt i praksis (Kasanen et al., 1993)

Konstruktiv tilnærming	Anvendt i denne oppgaven
Finn en praktisk og relevant utfordring som også har forskningspotensial	Diskutere praktiske og relevante utfordringer hos UBF. Utfordring i denne oppgaven: Underdekkene FDV-satser i husleiekontrakter
Oppnå en generell og omfattende forståelse av emnet	Lese så mye teori som mulig innenfor problemstillingen for å oppnå en god faglig forståelse (LCC-teorier, internregnskap, kommuneregnskap etc.)
Innovat, dvs. konstruer en løsning til ideen	<i>Reversert LCC</i> er laget i Microsoft Excel med tilleggsprogrammet <i>Oracle</i> ® Crystalball
Demonstrer at konstruksjonen fungerer i praksis	<i>Reversert LCC</i> er anvendt i case-studien
Tydeliggjør teoretisk tilknytning til konstruksjonen og vitenskapelig bidrag fra konstruksjonens konsept	Det teoretiske rammeverket til oppgaven underbygger resultatene fra <i>Reversert LCC</i>
Vurder i hvor stor grad løsningen/konstruksjonen kan anvendes i praksis	Uformelle samtaler med Eiendomsforvaltere og Seksjonsledere hos UBF for å vurdere om modellen kan anvendes i praksis
Ta en beslutning om konstruksjonen skal anvendes i praksis	Styret hos UBF vedtar om resultatene fra masteroppgaven kan anvendes i praksis
Tilpasse konstruksjonen med forskningsobjektet (UBF) sin operasjonelle, taktiske og strategiske hverdag	Utvikle <i>Reversert LCC</i> med hensyn til FKOK (2012), bestiller-utfører rollen og husleiemodellen UBF anvender i praksis per dags dato, der investeringer er utgangspunkt for husleieberegninger.

Figur 1-1 illustrerer hvor konstruktiv designforskning («konstruktiv tilnærming») er plassert i forhold til etablerte forskningsmetoder innenfor regnskapsforskning.

Plassering av konstruktiv forskningsdesign i forhold til etablerte tilnærminger innenfor regnskapsforskning



Figur 1-1 Plassering av konstruktiv forskningsdesign (Tilpasset fra: Kasanen et al., 1993, s. 257)

Det som er relevant for denne oppgaven i figuren (1-1) er at den viser plasseringen av konstruktiv forskningsdesign (konstruktiv tilnærming) i forhold til anerkjente forskningsmetoder og er en kombinasjon av normative og empiriske metoder. Den konstruktive tilnærmingen gir derfor rom for bruk av både kvalitative og kvantitative metoder.

1.4.1 Kvantitative og kvalitative metoder

Definisjonen for kvantitative og kvalitative metoder er ikke entydige. Det er uproduktivt å bruke tid på å diskutere forskjellen mellom kvantitative og kvalitative metoder, da kvalitative metoder kan være drevet av målbare parametere i stor grad og kvantitative metoder kan være drevet av usikkerhet pga. tall som ikke er basert på et reelt grunnlag (Yin, 2003). Definisjoner for kvantitative og kvalitative metoder kan defineres som beskrevet i tabell 1-4.

Tabell 1-4 Kvantitative og kvalitative metoder (Creswell, 2012)

Kvantitative metoder	Kvalitative metoder
Definere et forskningsspørsmål gjennom en beskrivelse av trender eller behov for å forklare forholdet mellom variabler.	Utforske et problem og utvikle en utvidet/detaljert forståelse av sentrale fenomener.
Gir litteraturen rom til å ha stor innflytelse på forskningen.	Litteraturen spiller en liten rolle, men brukes for å vise til at problemet er relevant.
Utarbeide målsetning, forskningsspørsmål og hypoteser som er spesifikke, konkrete og som kan observeres i praksis.	Utarbeide et generelt mål og forskningsspørsmål i forhold til erfaringer hos forskningssubjekter.
Samle numeriske data fra et stort antall personer ved hjelp av verktøy som inneholder	Samle data fra et begrenset antall personer, for å analysere deres unike synspunkter.

forhåndsdefinerte spørsmål og svaralternativer.	
Analysere trender, sammenligne grupper, eller sammenligne variabler med hjelp av statistisk analyse, og analysere resultater ved å sammenligne dette mot tidligere forutsetninger og forskningsresultater.	Analysere data for beskrivelser ved hjelp av tekst analyse og tolke helheten basert på funn fra dataene.
Skrive forskningsrapporten gjennom en standardisert struktur, standardiserte evalueringskriterier og ha en objektiv og fordomsfri tilnærming.	Skrive forskningsrapporten ved hjelp av fleksibel, organisk struktur og bruke evalueringskriterier som inkluderer forskerens subjektive synspunkter og erfaringer.

Tabell 1-4 tydeliggjør at denne oppgaven ligger et sted mellom kvantitativ og kvalitativ metode, fordi oppgaven benytter et litteraturstudie, en case-studie og en kvalitativ intervjustudie for å samle data til case-studien.

1.4.1.1 Reliabilitet

I følge Creswell (2012) er reliabilitet stabil og konsis forskning. Det vil si at vi har høy reliabilitet når uavhengige forskere kommer frem til samme konklusjoner. Med andre ord skal en vilkårlig person kunne gjennomføre samme forskning basert på samme forskningsmetoder og komme frem til samme eller lignende resultater, for at forskningen skal ha høy reliabilitet.

Tabell 1-5 beskriver tre kriterier som kan påvirke reliabilitet og tiltak anvendt i denne oppgaven.

Tabell 1-5 tre kriterier som kan påvirke reliabilitet (Creswell, 2012)

Innflytelse på reliabilitet	Eksempler på forebyggende tiltak for økt reliabilitet i denne oppgaven
Grad av tvetydighet og uklarhet i spørsmål på/til forskningssubjektet.	Avklare hva spørsmål søker under innsamling av data, for å unngå feil grunnlag i data.
Prosedyrer er ikke standardisert i forskningsarbeidet.	Det er utarbeidet en strategi for datainnsamling til oppgaven (Figur 1-2). Det er også utarbeidet en metodikk for innsamling av data til case-studien.
Involverte personer i forskningen er utmattet, nervøse, misforstår spørsmål, eller «gjetter» på tester (Rudner 1993, referert i Creswell, 2012)	Unngå å tvinge frem svar hos forskningssubjekter vedkommende finner ubehagelig eller ikke klarer å svare på.

Det eksisterer ulike metoder for å øke reliabilitet i forskningsarbeid og er beskrevet i tabell 1-6.

Tabell 1-6 Metoder for å øke reliabilitet

Undersøkelser	Gjennomføre undersøkelser på to forskjellige tidspunkt for å analysere om resultatene samsvarer med hverandre.
«Intern konsistens»	Evnen til å produsere samme resultater ved å benytte ulike utvalg til å måle et fenomen under samme tidsperiode.
Split-half reliabilitet	To eller flere ulike grupper med uavhengige fagfolk analyserer samme fenomen/måleenheter under samme tidsperiode. Hvis de uavhengige gruppene kommer frem til samme konklusjon, anses undersøkelsen for å ha høy grad av gyldighet.

Disse tre metodene beskrevet i tabell 1-6 er kun nevnt for å illustrere ulike metoder for å øke reliabilitet. Disse metodene anvendes ikke for denne oppgaven.

1.4.1.2 Validitet

Creswell (2012) mener at validitet er knyttet til i hvilken grad analytiske vurderinger kan knyttes mot det vi faktisk ønsker å svare på. Et eksempel på hvordan validiteten kan påvirkes, er ved å gjøre et relevant laboratorieeksperiment, som potensielt kan styrke konseptet forskningen fokuserer på. Hvis eksperimentet ikke kan knyttes mot konseptet, har forskningsarbeidet lav validitet. Et annet eksempel på hvordan validitet kan påvirkes er ved å intervju personer som ikke har relevant kompetanse.

I følge Creswell (2012) er det fem metoder som bør vurderes for å øke validitet:

1. Identifisere metoder man ønsker å bruke
2. Søke etter bevis i litteraturkilder som har brukt samme/lignende metoder
3. Vurdere målet med metoden i eksterne studier (vurdere om målet med studiet kan sammenlignes med målet i eget arbeid)
4. Forstå hvordan eksterne forskere har analysert resultatene i forhold til relevant kontekst i sine studier
5. Analysere om eksterne forskere har kommet med relevante bevis som kan knyttes til egne konklusjoner

Impara (2010), referert i Blaikie (2012) beskriver hvordan man kan øke validitet ved hjelp av bevis. Bevisene er delt inn i fem kategorier og er beskrevet i tabell 1-7.

Tabell 1-7 Metoder/bevis for å øke validitet (Blaikie, 2012)

Type bevis	Eksempel
Bevis basert på innhold i tester	Kan for eksempel benytte eksperter sine meninger for å øke validitet
Bevis basert på hvordan prosesser reagerer	Kan for eksempel høre om hvordan intervjuobjekter opplevde intervjuet og deres tanker rundt prosessen
Bevis basert på intern struktur	Kan for eksempel statistisk måle korrelasjon mellom variabler og vurdere om dette samsvarer med relevante teorier
Bevis basert på relasjon mellom interne og eksterne variabler	Kan for eksempel måle korrelasjon med eksterne forskningsresultater for å vurdere om resultatene divergerer eller konvergerer
Bevis basert på konsekvenser fra testen	Kan for eksempel måle hvilke konsekvenser en type forskning har for undervisning, om dette vil øke motivasjon til å lære etc.

Med utgangspunkt i tabell 1-7, er bevis basert på innhold, prosesser og intern struktur de mest relevante tiltakene for denne oppgaven i forhold til å øke validiteten, da disse metodene kan knyttes mot *Reversert LCC* og intervjustudien.

1.4.1.3 Metodetriangulering

Metodetriangulering går ut på å benytte ulike metoder i samme undersøkelse for å trekke konklusjoner. Styrker og svakheter ved ulike metoder overlappes slik at man kan oppnå mer troverdige resultater. Denne metoden kan benyttes for å øke gyldighet og spesielt validitet (Golafshani, 2003). Fire ulike trianguleringsmetoder er beskrevet i tabell 1-8.

Tabell 1-8 Fire trianguleringsmetoder (Denzin, 1970)

Trianguleringsmetode	Eksempler
Datatriangulering	Samle relevante data ved hjelp av ulike strategier. Eksempelvis kan dette innebære at man samler data fra personer i ulike stillinger, for å samle ulike synspunkter innenfor et avgrenset tema.
Forskningstriangulering	Benyttes to eller flere forskere for å samle og analysere data.
Teoretisk triangulering	Tolke data med utgangspunkt i ulike teoretiske perspektiver.
Methodisk triangulering	Anvende ulike metoder for å samle data.

Datatriangulering og Metodisk triangulering anvendes i denne oppgaven for å underbygge validiteten og kvaliteten i dataene.

1.4.2 Metodisk tilnærming

Det eksisterer rammeverk for ulike type forskningsstrategier. I følge Blaikie (2010) er den nest viktigste faktoren ved et forskningsdesign valg av undersøkelsesstrategi, eller kombinasjon av strategier. Gjerdevik et al. (2011), referert i Skumsnes (2012) beskriver fire ulike forskningsstrategier og er beskrevet i tabell 1-9.

Tabell 1-9 Forskningsstrategier (Gjerdevik et al., 2011, referert i Skumsnes, 2012)

	Induktiv	Deduktiv	Retroduktiv	Abduktiv
Mål	Lage universelle forklaringer, mønster, regularitet	Teste teorien for å eliminere gale, og styrke overlevende teorier	Avdekke underliggende mekanismer for å forklare observert regularitet	Beskrive og forstå sosiale prosesser gjennom aktørenes motiv og forklaring
Fra	Data til teori	Teori og empiri	Påvise, modellere en regularitet	Avdekke meninger, begreper
Gjennom	Generalisering	Avdekke hypoteser	Konstruksjon av hypotetisk modell	Produsere tekniske forklaringer
Til	Bruke «lovene» til å forklare videre observasjon	Teste hypotesene gjennom møte med data	Finne «ekte» mekanismer gjennom observasjon/eksperiment	Utvikle teori og teste den gjentakende

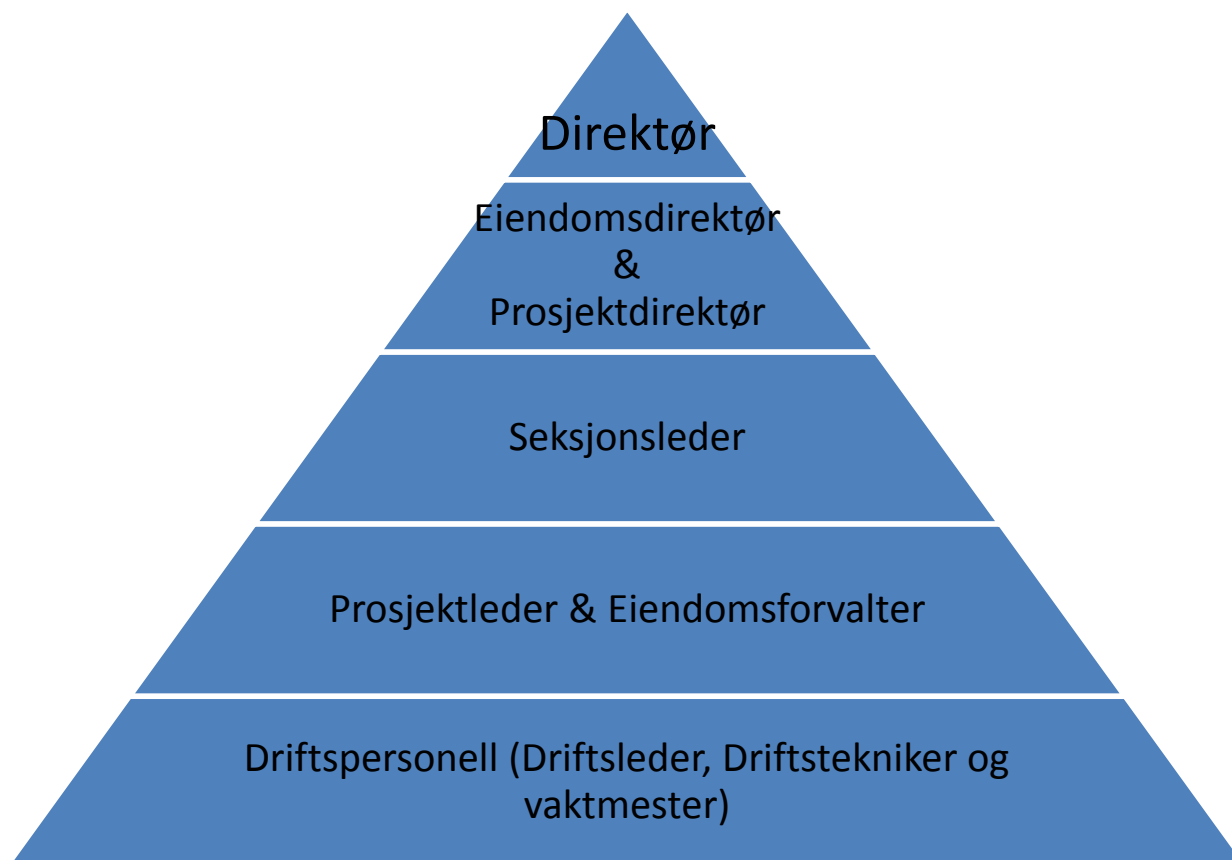
Strategien i denne oppgaven er basert på empirisk design med utgangspunkt i litteraturstudie, case-studie og intervjustudie. I forhold til beskrivelsen av ulike forskningsstrategier i tabell 1-9, er studiet i denne oppgaven delvis deduktiv og delvis retroduktiv. Dette fordi oppgaven baserer seg på en kombinasjon av teorier og empiri. I tillegg testes hypotesene i oppgaven gjennom konstruksjonen *Reversert LCC*, basert på reelle prosjektdata i case-studien og den kvalitative intervjustudien. Tabell 1-10 beskriver kort utgangspunktet for litteraturstudiet, case-studien og den kvalitative intervjustudien.

Tabell 1-10 Litteraturstudiet, case-studie og den kvalitative intervjustudien

Litteraturstudie	<p>Terminologisk søk:</p> <p>Ved søk av litteratur har jeg benyttet meg av Undervisningsbygg sitt intranett, interne rapporter, rapporter utgitt av BDO, Google sin søkemotor Google Scholar, BIBSYS og Universitetet i Stavanger sitt forskningsbibliotek. Søk etter litteratur inkluderer blant annet «Life Cycle Costing», «Asset management», «Eiendomsutvikling», «Verdiskapning», «Construction Design», «Cost Models», «Monte Carlo», «Vedlikehold», «Verdibevarende Vedlikehold», «Forfall», «Offentlig Sektor», «Diskontert Kontantstrømsanalyse», «Effektiv Forvaltning», «Skolebygg», «Usikkerhet og Risiko» og «Levetidsplanlegging».</p>
Case-studie	<p>LCC-analyse av restverdien til fire skoler under gamle husleiekontrakter, der husleiekontraktene er basert på indeksregulerte satser, sammenlignes med kostnadsdekkene FDVU-satser. LCC-beregninger gjøres for to nybygg og to rehabiliterte i <i>Reversert LCC</i>. Skolene er Bjørnsletta skole, Kuben Yrkesarena, Nordpolen skole og Majorstuen skole.</p>
Kvalitativ intervjustudie	<p>Det gjennomføres en kvalitativ intervjustudie av tre sentrale eiendomsselskap. Spørsmålene knyttes mot <i>Reversert LCC</i> og intervjuobjekter sin operasjonelle og strategiske hverdag basert på deres tilnærming til bevaring av realverdier. Intervjuene er i praksis en «samtale» og er derfor tilpasset de enkelte intervjuobjektene.</p>

1.4.2.1 Strategisk tilnærming for datainnsamling og kvalitetssikring

Figur 1-2 illustrer strategien for innsamling av prosjektdata og kvalitetssikring av arbeid.



Figur 1-2 Strategi for innsamling av prosjektdata og kvalitetssikring av arbeid

Figur 1-2 illustrerer en pyramide med stillinger på fem ulike nivåer, der laveste nivå er driftspersonell, prosjektleder & Eiendomsforvalter, Seksjonsleder, Eiendoms- og Prosjektdirektør og Direktør øverste nivå. I praksis er rammeverket for innsamling av data og kvalitetssikring gjennomført ved å snakke med driftspersonell på skolene, prosjektledere –og eiendomsforvaltere og seksjonsledere, beskrevet i tabell 1-11.

Tabell 1-11 Strategisk tilnærming for datainnsamling og kvalitetssikring

Driftspersonell	Befaringer på skolene med driftspersonell for å samle kvalitative data om skolen og kvantitativ innsamling av faktorer til faktormetoden.
Prosjektledere og eiendomsforvaltere	Kvalitetssikre kostnadsdata i case-studien, kvantitativ innsamling av faktorer til faktormetoden og kvalitetssikring av data fra husleiekontrakter (Konsumprisindeks, FDV-satser).
Seksjonsledere	Presentere <i>Reversert LCC</i> og motta innspill til oppgaven.
Direktører	Status for arbeid presenteres for direktører, som kan komme med innspill til oppgaven.

Pga. tidsavgrensning blir det gjort enkle befaringer på de enkelte skolene. Siden skolene er helt nye eller totalrehabiliterte, vil faglige vurderinger være forenklet. Observasjoner fra befaringene kan bli delvis unøyaktig, fordi det ikke er tid til å avdekke alle sentrale momenter for de enkelte skolene. Det gjøres forutsetninger for å forenkle etterarbeidet fra befaringene.

1.4.2.2 Kilder for kvantitative og kvalitative data

Tabell 1-12 beskriver kvalitative og kvantitative kilder benyttet for denne oppgaven.

Tabell 1-12 Kilder for kvalitative og kvantitative data

Kilder for kvalitative data	Kilder for kvantitative data
Intervjuobjekter	FDV-satser i husleiekontrakter
Uformelle samtaler med personer i følgende stillinger: Prosjektledere, eiendomsforvaltere, driftsingeniører, vaktmestere, prosjektutviklere, seksjonsledere og direktører	UBF sitt intranett (Websak, Landlord)
Kvalitative befaringer	Rapporter fra BDO (et av landets største kompetansesentrum innen revisjon og rådgivning) om kostnadsdekkene husleiekontrakter hos UBF
	Interne rapporter/notater

Kostnadsdata fra interne kilder forutsettes å ha høy validitet, fordi relevante data er hentet fra reelle prosjektdata, men det må tas høyde for usikkerhet i dataene, fordi kostnadene i de fleste tilfellene er estimerte kostnader med unntak av sluttkostnader.

1.4.2.3 Oppsummering

Et grunnleggende utgangspunkt for forskningsprosjekter er å danne et beslutningsgrunnlag. Dette krever at resultatene både har høy reliabilitet og validitet for å ha praktisk reell nytteverdi og kunne gi et teoretisk bidrag. Hvis forskningen har lav validitet er forskningen basert på feil datagrunnlag. Det betyr at høy reliabilitet nødvendigvis ikke sier noe om validitet, men høy validitet sier noe om graden av reliabilitet.

Metodikken for utvikling av *Reversert LCC* er beskrevet i Del 4 til det teoretiske rammeverket. Generelt sett er *Reversert LCC* utviklet og tilpasset UBF, men metoden utarbeidet for innsamling av data i faktormetoden gir rom for mange ulike kvalitative vurderinger, som betyr at uavhengige

forskere hypotetisk sett kan komme frem til ulike resultater med hjelp av de samme metodene benyttet i denne oppgaven. Det er for eksempel en utfordring innenfor forskning om man kun snakker med personer som har samme eller lignende synspunkter og forskeren trekker konklusjoner basert på dette. Med hensyn til at vedlikehold av bygninger og LCC ikke er en nøyaktig vitenskap, er det da satt størst fokus på metoder for å øke validiteten til denne oppgaven.

1.5 Avgrensninger

For å danne et godt teoretisk grunnlag som underbygger resultatene, er denne oppgaven avgrenset til følgende teorier:

Tabell 1-13 Teoretisk rammeverk

Teoretisk rammeverk	Innhold i rammeverket
Sentrale myndighetskrav	Enkelte sentrale bestemmelser i lovverket utredet i lovverket relevant for UBF og skolebygg.
Internregnskap	Rammeverk for Activity-Based Costing (ABC)- og Target-Life Costing (TLC) metodene, som danner et teoretisk grunnlag for estimering av LCC- og oppgraderingskostnader
Kommunalt regnskap	Kortfattet beskrivelse av kommunalt regnskap, som har konsekvenser for LCC-beregninger, blant annet pga. avskrivningsregler
LCC-teorier	LCC-metoden, definisjoner etc.
<i>Reversert LCC</i>	Konsept, sannsynlighetsteori og usikkerhetshåndtering
Vedlikeholdskonseptet	Optimale vedlikeholdsstrategier for eiendomsenheter
Verdivurdering av eiendom	Teoretiske metoder for verdivurdering i framtiden, estimering av residualverdi etc.
Oslo kommune sin investeringsmodell	UBF sitt mandat og relevante interesser

Diskusjonsdelen tar utgangspunkt i det teoretiske grunnlaget i oppgaven og resultatene fra LCC-analysene. Det henvises også til resultater fra ekstern litteratur som er relevant og underbygger konklusjonen til denne oppgaven.

1.6 Oppgaven sin struktur

Strukturen til oppgaven er beskrevet i tabell 1-14.

Tabell 1-14 Oppgaven sin struktur

Seksjon I	Seksjon II	Seksjon III	Seksjon IV
Innledning	Teoretisk rammeverk	Case-studien	Analyser, resultater og konklusjon
<u>Kap. 1 Introduksjon:</u> Bakgrunn (Med fokus på utfordringer/problemer i BAE-bransjen i forhold til LCC-regimet) Problemstilling Mål & scope Forskningsdesign Metode for gjennomføring av oppgaven <u>Kap. 2 Oslo kommune v/ Undervisningsbygg Oslo KF</u> Mandatet til UBF Interesseteori Bestiller-utfører-modell Husleiemodell (kostnadsdekkene FDVU)	<u>Kap. 3 Del 1 – Levetidsplanlegging for Byggverk</u> State of the art (Sentrale lovverk, LCC-status i Norge) Utviklingskostnader <u>Kap. 4 Del 2 – Vedlikeholdsstrategier</u> Vedlikeholdsstrategier Konsekvenser pga. begrenset vedlikeholdsbudsjett <u>Kap 5. Del 3 – Internregnskap</u> Avskrivning og kommunalt regnskap LCC-metodikk Verdivurdering av eiendom for beregning av restverdier Internregnskap <u>Kap. 6 Del 4 – Reversert LCC og simuleringsmetodikk</u>	<u>Kap. 7 Case-beskrivelse:</u> Beskrivelse av Case-studien Data-input for <i>Reversert LCC</i>	<u>Kap. 8 Analyser:</u> Resultater og analyser fra Case-studien <u>Kap. 9 Diskusjon:</u> Diskusjon Utfordringer Konklusjon med anbefaling av tiltak for UBF Videre arbeid/forskning

	<p>Sannsynlighet og statistikk</p> <p>Rammeverk for usikkerhetshåndtering</p> <p>Oppbygning av <i>Reversert LCC</i></p>		
--	---	--	--

Oppgaven er delt inn i fire seksjoner. Første seksjon inneholder introduksjon til oppgaven samt en beskrivelse av forskningsstrategi og metoder anvendt for datainnsamling. Relevant informasjon om UBF v/Oslo kommune er inkludert i seksjon 1. Seksjon 2 består av det teoretiske rammeverket til oppgaven og gir grunnlag for diskusjoner i siste del av oppgaven. Seksjon 3 inneholder beskrivelse av case-studiet og resultater fra *Reversert LCC* og *de kvalitative intervjustudiene*. Seksjon 4 består av diskusjon med utgangspunkt i funn til oppgaven og utarbeider tiltak relevant for UBF samt forslag til videre arbeid/forskning.

Vedlegget til oppgaven består av intervjustudien for de tre eiendomsselskapene intervjuet og metodikken for innsamling av data til case-studien.

2 Oslo kommune v/ Undervisningsbygg Oslo KF

All wealth is the product of labor

John Locke

1632-1704

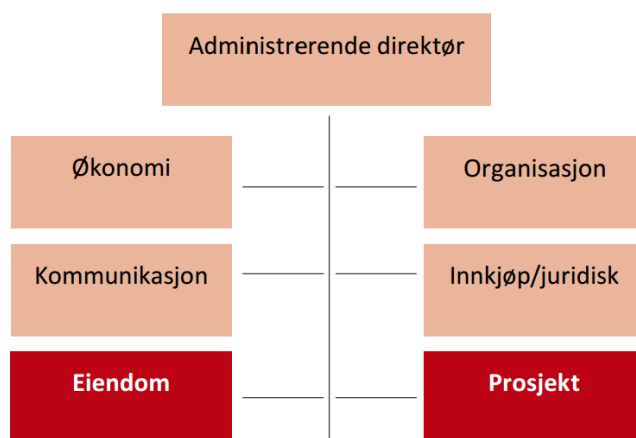
2.1 Bakgrunnsinformasjon for Undervisningsbygg Oslo KF

UBF forvalter, bygger, drifter og vedlikeholder 177 skoler fordelt på 750 bygg og har ansvaret for totalt 1,4 millioner m². Foretaket ble dannet i 2002 av Oslo kommune og har vokst til ca. 150 faste ansatte og ca. 60 innleide. I 2014 overleverte UBF 18 prosjekter til Utdanningsetaten (UDE), som er et rekordstort antall i forhold til UBF sin fartstid. Dynamiske elevtall og stadige endringer hos brukernes behov med hensyn til områder som fasiliteter og tilgjengelighet, er faktorer som bidrar til at UBF må være en dynamisk organisasjon.

UBF må hele tiden være klar til å endre prioriteringer og delmål slik at tilgjengelige ressurser i størst mulig grad kommer brukerne til gode. UBF må også forholde seg til at brukerne (elever etc.) til enhver tid har egnede lokaler og uteområder gjennom hele skoleåret. Tekniske krav og AMU (Arbeidsmiljøutvalget) er eksempler på viktige oppgaver foretaket skal tilfredsstille.

2.2 Undervisningsbygg Oslo KF sin organisasjonsstruktur og mandat

UBF følger organisasjonsstrukturen som vist i figur 2-1. Strukturen består av administrerende direktør, stabsavdelinger (Økonomi, Organisasjon, Kommunikasjon og Innkjøp/Juridisk), samt eiendomsavdelingen og prosjektavdelingen.



Figur 2-1 Organisasjonsstruktur i UBF (UBF, 2013a)

Mandatet til UBF er å drifte, forvalte, vedlikeholde og utvikle skolebygg i Oslo kommune. Formålet til UBF er følgende (Arge, 2008):

1. Utvikle skoleeiendom slik at de er tilrettelagt for en effektiv tjenesteproduksjon og overordnede pedagogiske forutsetninger.
2. Forvalte realverdien som eiendommene representerer i henhold til forretningsmessige prinsipper.
3. Ivareta kostnadseffektiv vedlikehold, drift og forvaltning, utfasing og utvikling av skoleeiendommene.

Denne oppgaven synliggjør forbedringsmuligheter innenfor punkt 2 og 3, som går ut på hvordan UBF kan bli et mer optimalt eiendomsforetak.

2.3 Interessteori

For å bedre forstå UBF sitt mandat, utredes en kortfattet introduksjon til interessteorien i forhold til UBF sin rolle som byggeier/gårdeier. Det er ofte beskrevet i litteraturen at ledelse og strategier for organisasjoner bør imøtekomme både aksjeeieres og prosjektinteressenters behov. Enkelte kilder påpeker også at organisasjoner skal etterstrebe etter å skape verdier for hele verdikjeden (eventuelt kun enkelte aksjeeiere, eksempelvis ansatte og kunder).

Interessteorien sin opprinnelige betydning er at organisasjonens strategier må være i akkord med prosjektinteressentenes interesser, ikke aksjeeiernes interesser. Denne definisjonen var ment å være en pragmatisk tilnærming, da det er logisk at verdiskapning sannsynligvis får høyere verdi ved å tilfredsstille kundens behov. I følge litteraturen har denne ideen dessverre ført til en noe mer trangsynt definisjon hvor kapitalismen og maksimere profitt for aksjeeiere står sentralt. Generelt sett kommer det frem i litteraturen at kapitalisme og maksimering av profitt som utgangspunkt er drepende for verdiskapning (Corfield, 1998).

Interessteoriene som ikke bare tar hensyn til profitt, men også verdiskapning for hele verdikjeden er positivt omtalt i litteraturen. Denne tankegangen bidrar til en mer realistisk tilnærming til økonomisk samspill mellom prosjektinteressenter og alle som bidrar til verdiskapningen vil potensielt dra nytte av dette. Noe av kritikken mot denne teorien er hvorfor noen aksjeeiere (for eksempel ansatte) ikke skal få flere andeler/goder og hvorfor de ikke skal kunne få en større andel av markedet. (Argandoña, 2011).

2.3.1 Relevante interessenter

Relevante interesser for UBF kan deles inn i tre hovedinteresser og undergrupper. Tabell 2-1 beskriver interessenter i undergruppene respektivt for hver hovedgruppe.

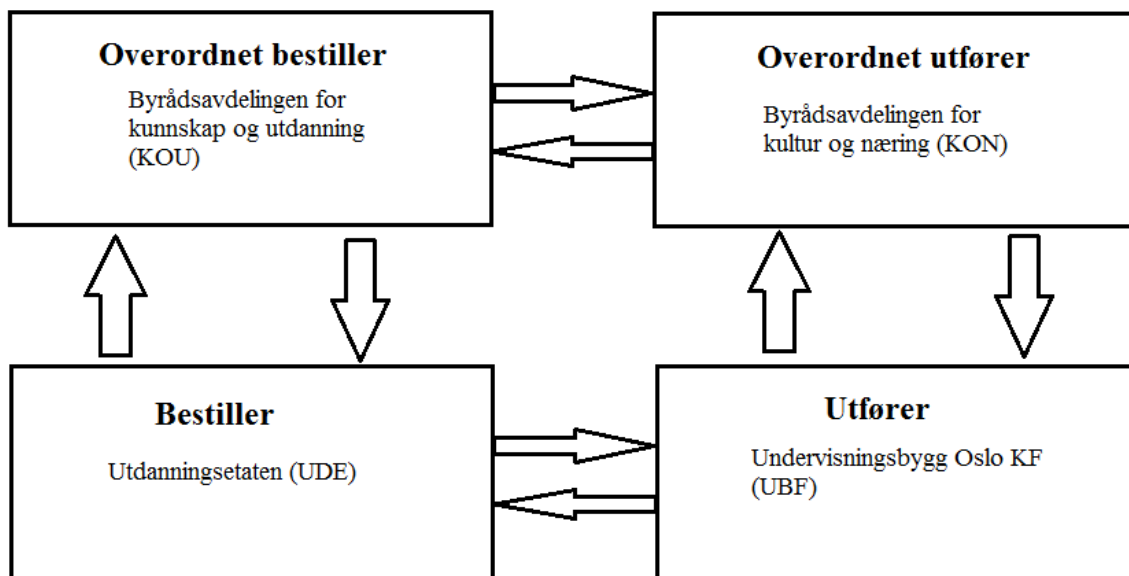
Tabell 2-1 Interessenter knyttet til UBF

Hovedgruppe (Interessenter)	Undergrupper (Interessenter)
Brukerinteressenter	Lærere, driftspersonell, elever, Utdanningsetaten (UDE), tilsynsmyndigheter (Arbeidstilsynet etc.), FAU etc.
Politiske interessenter	Politikere, Bystyret, Byrådet, Kommuneantikvar, Riksantikvar, etater i Oslo kommune etc.
Finansielle interessenter	UBF, UDE, prosjektledere, driftsingeniører, eiendomsforvaltere, entreprenører etc.

Tabell 2-1 viser at listen med interessenter kan bli relativt lang. Dette tyder på at offentlige prosjekter kan lede til svært tunge, ressurs- og tidkrevende prosesser, fordi det er mange involverte interessenter i offentlige prosjekter. Generelt sett er denne type prosesser kritisert i litteraturen hvor eneste fokus er økonomi, dvs. for eksempel minimal ressursbruk for å spare midler eller maksimalt avkastningskrav uten andre hensyn, fordi verdiskapning i prosesser som kun er basert på økonomi potensielt sett leder til alle mulige typer konflikter Argandoña (2011).

2.4 Bestiller-utfører modellen i Oslo kommune

Fordeling av eierskap i offentlig sektor er en av mange oppgaver staten har, der foretak i offentlig sektor dannes for å bevisstgjøre roller og ansvar. I Oslo kommune benyttes bestiller-utfører modellen som organisasjonsmodell. Dette er illustrert i figur 2-2.



Figur 2-2 Bestiller-utfører modellen

Figur 2-2 beskriver at UBF er underlagt Byrådsavdelingen for kultur og næring, mens UDE er underlagt Byrådsavdelingen for kunnskap og utdanning. Videre beskriver figuren at UDE har bestillerrollen. Kort beskrevet betyr dette at UDE bestiller prosjekter UBF utfører med funksjon som byggherre. I følge NOU (2004:22) har kommunal eiendomsforvaltning tre generelle roller: Eier, forvalter og bruker. Eierrollen ivaretas av kommunestyret, forvalterrollen ivaretas av bygg- og eiendomskontoret og brukerrollen ivaretas av de enkelte fagetatene som bruker bygningene.

Sett i et teoretisk perspektiv er bestiller-utfører modellen en overgang fra hierarkisk styring til kontraktsstyring. I praksis kan dette bidra til mindre styring gjennom myndighet og mer styring gjennom forhandlinger og kontrakter mellom bestiller og utfører (NOU 2005:3). Fordelene og ulempene er illustrert i tabell 2-2.

Tabell 2-2 Fordeler og ulemper ved bestiller-utfører modellen (Moland et al., 2001; IKS, 2011)

Potensielle fordeler	Potensielle ulemper
Innsparinger og bedre ressursutnyttelse (ved å fjerne tilsynelatende overflødige ledere og papirflyttere)	Ved å skille planlegging og produksjon kan kritisk kunnskap om kjernevirksomheten gå tapt
Økt organisasjonsklarhet og tydeligere ansvarsfordeling	Dele organisasjonen i mindre deler kan føre til en svakere overgripende styring, problemer med å fordele ansvar og sterkere interne konflikter.
Økt demokrati (ved desentralisering av myndighet) og økt innflytelse over eget arbeid til	Detaljerte og tungvinte spesifikasjoner kan føre til redusert innovasjon og fleksibilitet.

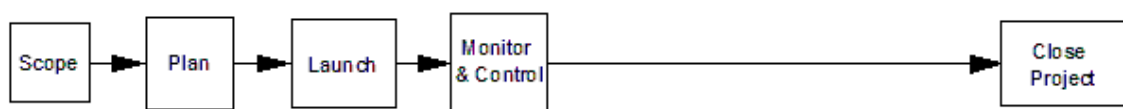
de ansatte (færre sjef/ledere)	
Økt kundeorientering (og bedre kvalitet/mer relevante tjenester fordi beslutninger tas nærmere brukeren)	Formalisering kan føre til negative relasjoner og tillitssvikt.
Økt trivsel, bedre arbeidsmiljø (mer selvstendighet, ansvar og oppfølging)	Potensiell fare for økte administrative kostnader

NOU (2005:3) påpeker at økte administrative kostnader er en potensiell fare med bestiller-utfører modellen. Årsaken til dette er at kontraktsforhandlinger kan føre til mer informasjon og større grad av spesifisering av ulike forhold. På en annen side er dette er en avgjørende faktor for at bestiller-utfører modellen skal fungere tilfredsstillende godt nok som en organisasjonsmodell. Da kan bestiller faktisk følge opp hvem som har ansvar for eventuelle feil og mangler i forhold til relevante kontrakter.

Teorien tyder på at bestiller-utfører rollen i Oslo kommune ikke er tilpasset investeringsbeslutninger basert på LCC-analyser hos UBF. Noe av grunnen til dette kan være at investeringsbudsjettet er skilt fra driftsbudsjettet (vedlikeholdsbudsjett er styrt av husleieinntekter). Hvis LCC-metoder skal benyttes for husleieberegninger, bør investerings- og driftsbudsjettet samspille med hverandre, fordi teorier knyttet mot LCC beskriver at det er et klart forhold mellom investeringer og løpende kostnader (Emblemsvåg, 2003). Siden UBF ikke har mulighet til å allokere kapital fritt i tilstrekkelig grad mellom investeringer og løpende driftskostnader (eiers kostnad og fellesutgifter), har resultater fra LCC-analyser liten betydning i praksis, fordi man må forholde seg til politisk finansielle rammer som ikke samsvarer med LCC-perspektivet.

2.5 Oslo kommune sin investeringsmodell

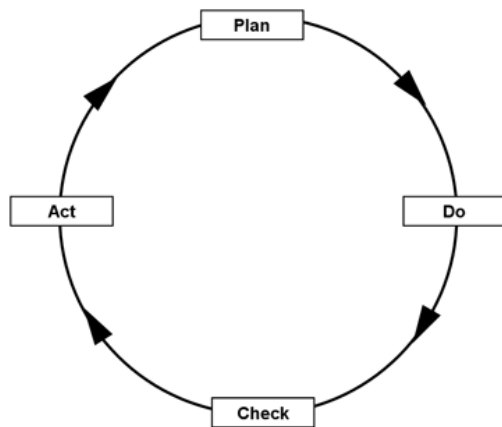
Prosjektledelse er utenfor scope til denne oppgaven, men en kortfattet beskrivelse av Oslo kommune sin prosjektmodell utredes, da dette er investeringsmodellen UBF er pålagt å følge. Tradisjonell prosjektledelse er lineært og gir hverken rom for å gå tilbake til tidligere faser eller gjennomføre prosesser flere ganger (iterere prosesser). Den tradisjonelle og lineære modellen er illustrert i figur 2-3.



Figur 2-3 Lineær prosjektmodell (Bruun, 2013)

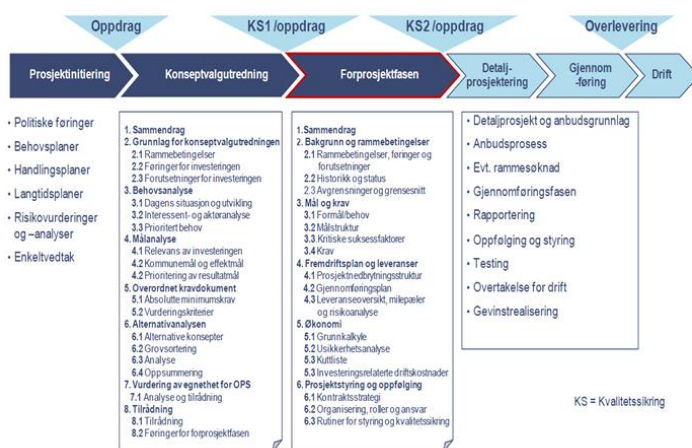
Figur 2-3 beskriver tradisjonell prosjektledelse på et overordnet nivå, som er en lineær prosjektplan. Figuren viser at tradisjonell prosjektledelse består av et scope, en plan, utførende fase, kvalitetsstyring

og avslutningsfase. Figur 2-4 illustrerer kvalitetsstyring med en syklus «planlegg – utfør – kontroller – korriger» og er en kontinuerlig prosess i prosjekter.



Figur 2-4 Deming-syklus, styring- og kvalitetssikringsfasen (Lustig, 2008)

Figur 2-4 gjelder gjennom hele prosjektgjennomføringen, fordi det er en dynamisk prosess å planlegge, utføre, kontrollere og korrigere. Figur 2-5 illustrerer Oslo kommune sin investeringsmodell, som har mange likhetstrekk med tradisjonell prosjektledelse og Deming-syklusen. Figuren (figur 2-5) beskriver de ulike fasene fra bestilling av prosjekter (Prosjektinitiering) til overlevering av prosjektet (Overlevering). Investeringsmodellen er delt inn i tre hovedfaser før KS2-prosessen (Ekstern kvalitetssikring): Prosjektinitiering, Konseptvalgutredning (KVU) og forprosjektfasen. Etter KS2-prosessen gjennomføres detaljprosjekteringsfasen og gjennomføringsfasen før bygget overleveres til eiendomsavdelingen. Siste fase illustrert i figuren (figur 2-5) er driftsfasen (bruksfasen). Det er flere underpunkter til de respektive fasene, men det er ikke relevant for denne oppgaven å diskutere disse i detalj.



Figur 2-5 Oslo kommunes modell for prosjektgjennomføring (UBF, 2012)

Oslo kommunes sin investeringsmodell illustrert i Figur 2-5 kan sammenlignes med tradisjonell prosjektledelse i tabell 2-3.

Tabell 2-3 Sammenligning mellom tradisjonell prosjektmodell og Oslo kommune sin prosjektmodell

Tradisjonell prosjektledelse	Oslo kommunes modell for prosjektgjennomføring
Scope	Prosjektinitiering
Plan	Konseptvalgutredning, forprosjektfase og detaljprosjektering etter at UBF overtar prosjektet
Gjennomføring	Gjennomføring
Kvalitetsstyring	Anvendelse av Deming-syklusen i praksis. Prosjektstyring og oppfølging relevant, mens Oppfølging og styring er relevant i gjennomføringsfasen)
Avslutte prosjektet	Overlevering, Drift

En kortfattet beskrivelse for hver fase etter figur 2-5 er beskrevet i tabell 2-4, som beskriver innholdet i hver fase.

Tabell 2-4 Fasene i UBF sin prosjektgjennomføringsmodell

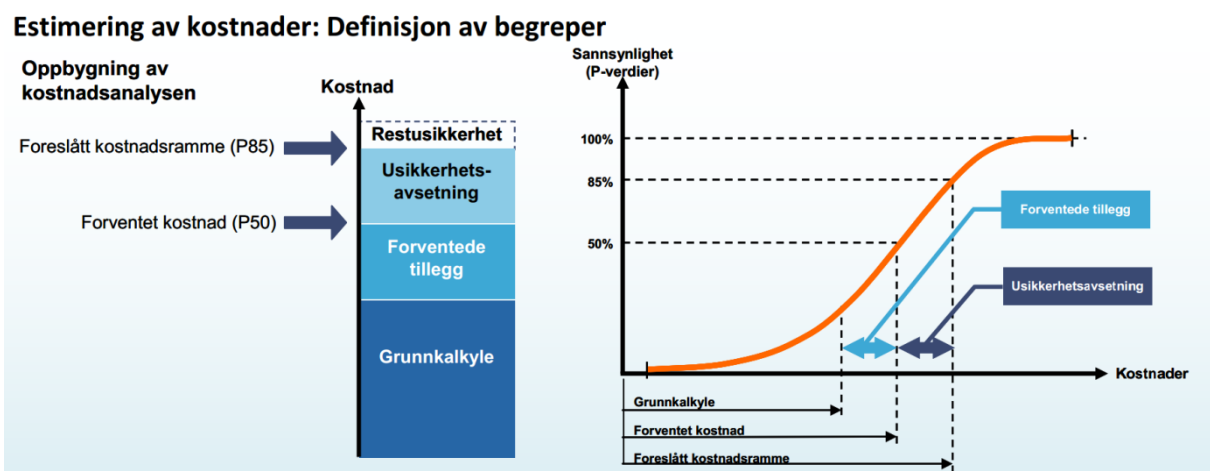
Prosjektfase	Beskrivelse av hva som inngår i prosjektfasen
Prosjektinitiering	Hovedmålet med denne fasen er å prioritere beslutninger og vurdere hvilke kriterier som skal utredes videre i en konseptvalgutredning hvor handlingsplaner, langsiktige planer, politiske føringer og behovsplaner inngår. UDE er bestiller og har ansvaret i denne fasen.
Konseptvalgutredning (KVU-fase)	Målet med denne fasen er å analysere ønsker og behov og hvordan dette kan oppnås ved bruk av ulike konsepter. Formålet er å vurdere alternativer i forhold til behov, mål og krav slik at riktig konsept blir valgt sett i en kost/nytte analyse. Hvis KVU-fasen skal initieres, skjer dette i form av formalisert bestillingsbrev fra UDE.
Ekstern kvalitetssikring 1	Målet med denne kvalitetssikringsfasen er å garantere for at konseptvalgutredningen er konsis og tilfredsstillende dokumentasjonskravene hos Oslo kommune. Byrådsavdelingen har ansvaret for kvalitetssikring 1.

<p>Forprosjekt</p>	<p>Formålet med forprosjektet er å planlegge utførelsen slik at prosjektet gjennomføres innenfor fastsatt tid, kostnad og kvalitet. Arbeidet består blant annet av forundersøkelser og utarbeidelse av forprosjekt og prosjektstyring.</p> <p>Rådhuset har mandat til å be UDE om å bestille forprosjekt uten å avvente KS1 eller ferdigstillelse av KVU. Det inngår viktige delprosesser i denne fasen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Prosjektutvikling 2. Regulering 3. Intern overføring av prosjekt 4. Forprosjektrapport 5. Arbeidsmiljøutvalg 6. Styringsdokument (Dokumentet inneholder overordnende styringsrammer for prosjektet) <p>Disse prosessene utredes ikke, da det er utenfor scope til denne oppgaven.</p>
<p>Ekstern kvalitetssikring 2 (KS2-prosess)</p>	<p>Kvalitetssikring 2 skal ha en kritisk gjennomgang av styringsdokumentet. Involverte aktører som kvalitetssikrer dokumentet skal vurdere anbefalt kostnadsramme målt i P50-verdi, dvs. 50 % sannsynlighet for at prosjektet holder seg innenfor en gitt kostnadsramme (se figur 2-6). Dette inkluderer vurdering av usikkerhetsavsetning, og en vurdering av foreslått organisering og styring i gjennomføringsfasen. Konklusjonen er om styringsdokumentet har god nok kvalitet til å kunne anbefale kostnadsrammen og budsjettbevilgningen.</p> <p>UDE vurderer resultatet og gir en anbefaling til overordnet bestiller (byrådsavdelingen for kunnskap og utdanning). Etter kvalitetssikring 2 skal det foreligge en endelig husleieberegning basert på investeringen. Når husleieavtalen signeres overleveres prosjektet til UBF, som får ansvaret for prosjektet iht. de overordnede styringsrammene som ligger til grunn.</p>

<p>Detaljprosjektering</p>	<p>Når UBF overtar eierskapet skal prosjektet beskrives i detalj. Følgende prosesser inngår i detaljprosjekteringen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Utarbeidelse av tilbudsgrunnlag 2. Anbudsprosesser og utarbeidelse av entreprisekontrakt 3. Etablering av en basis for kostnadsstyring 4. Etablering av en basis for fremdriftskontroll. <p>Prosessene utredes ikke videre her, da det er utenfor scope til oppgaven.</p>
<p>Gjennomføringsfase</p>	<p>Under denne fasen er entreprenøren utførende som bygger bygget i henhold til funksjonsbeskrivelsen og prosjekterte løsninger.</p> <p>Prosjektlederen har det overordnede ansvaret for at prosjektet holder seg innenfor fremdriften og økonomiske rammer, samt at forskrifter og krav tilfredsstilles under prosjektgjennomføringen.</p>
<p>Driftsfase</p>	<p>Når bygget er ferdigstilt overleverer entreprenøren bygget til UBF. Dette gjør UBF til gårdeier og UDE til leietaker av bygget.</p> <p>Eiendomsavdelingen i UBF tar over prosjektet som får ansvaret til å drifte og forvalte bygget.</p>

2.5.1 Investeringsgrunnlag - P50 & P85

Endelig husleiekalkyle fastsettes etter KS2-prosessen basert på endelig P50-kostnad. Oppbygning av kalkylen illustreres i figur 2-6.



Figur 2-6 Estimering av kostnader, Usikkerhetsavsetning (P50 & P85) (UBF, 2012)

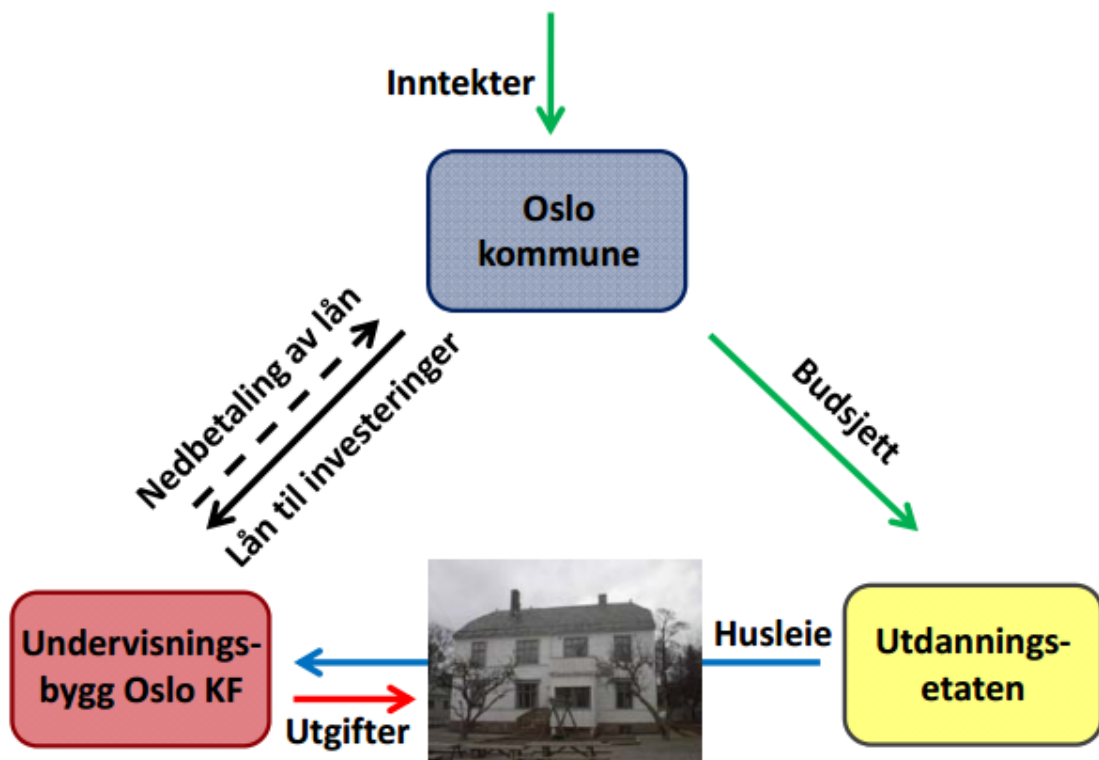
Vi ser av figuren (2-6) at P50-kostnaden tilsvarer størrelsen til grunnkalkylen og et forventet tillegg. P50-verdien betyr at det er 50 % sannsynlighet for at sluttkostnaden til prosjektet holder seg innenfor P50-verdien (Like stor sannsynlighet for at kostnaden er lavere eller høyere i forhold til P50-verdien). P85-kostnaden inkluderer en usikkerhetsavsetning og tilsvarer at det er 85 % sannsynlighet for at sluttkostnaden holder seg innenfor P85-verdien (85 % sannsynlighet for at prosjektet holder seg innenfor P85-verdien og 15 % sannsynlighet for at prosjektet overstiger P85-verdien).

Endelig grunnkalkyle fastsettes under KS2-prosessen og husleieberegningen revideres før endelig godkjenning hos styret. Husleieavtalen utarbeides parallelt med KS2-prosessen og skal godkjennes før styrebehandling av prosjektet. Når husleien er signert overføres eierskapet fra UDE til UBF. Da får UBF ansvaret for videre prosjektgjennomføring i henhold til overordnede styringsrammer samt spesifikke forventninger og myndighetskrav.

2.6 Husleiemodellen og kostnadsdekkene FDVU

Statsbygg utviklet en husleiemodell på 90-tallet for å beregne kostnadsdekkene FDVU. Husleiemodellen for UBF er illustrert i figur 2-7.

Husleiemodellen i Oslo kommune



Figur 2-7 Husleiemodellen i Oslo kommune (Hansen, 2012)

Kostnadsdekkene FDVU betyr at husleieinntektene skal dekke kostnader for å ivareta realverdier gjennom drift, vedlikehold og utvikling av bygget på sikt. Hvis driftsresultatet er positivt overføres overskuddet helt, eller delvis til bykassen, slik at Oslo kommune kan re-allokere pengene der de er mest egnet. Med andre ord er husleieinntektene en funksjon av avkastning på investert kapital. Det betyr at husleien (kapitaldelen) ikke skal forveksles med «FDVU» som kommer i tillegg til husleien.

I 2002 ble renter og lån overført til UBF etter at eiendomsporteføljen av skolebygg ble overført til foretaket. Kapitaldelen i husleiekontraktene dekker ikke fremtidige investeringer, som betyr at rehabiliteringsprosjekter må finansieres med nye lån. Dette fører da til høyere husleie for å kunne dekke nye lån og renter. Ved å ta utgangspunkt i eksisterende verdi til eiendommer, vil gamle ikke-rehabiliterede bygninger få lavere husleie, mens rehabiliterte bygg vil få høyere husleie. Dagens husleiemodell driver derfor husleiekontrakter kunstig høyt pga. mange nybygg, tilbygg og rehabiliteringsprosjekter for å ta igjen vedlikeholdsetterslepet.

Totland et al. (2011) beskriver et interessant konsept, hvor husleieberegninger tar utgangspunkt i eiendomsverdien sin opprinnelige anskaffelsesverdi for eldre bygg, som på sikt gir en jevn og høy husleie. Hensikten er å øke husleien til eldre bygninger, for å unngå forskjell i husleiekontrakter mellom eldre og nyere bygg for fastsettelse av husleie. Relevante faktorer (Avtale, Utleier, Kostnadsart, Beregningsgrunnlag) som er inkludert i husleiekontrakter er beskrevet i tabell 2-5. Faktorene som er relevant for denne oppgaven og viktig å skille mellom er husleien (Kapitaldel + FV-del, dvs. gårdeiers kostnad) og Felleskostnader (Drift og brukerinitierte kostnader av leietaker).

Tabell 2-5 Kostnadsdekkene husleie (Andresen, 2007)

Leietaker	Avtale	Utleier	Kostnadsart	Beregningsgrunnlag
Husleie	Avtalt pris iht. leiekontrakt	Risiko Egenkapitalbetjening (Overskuddsdeling mellom kunde og selskap, jf. NOU 2001:24) Renter Avskrivninger Avsetninger Eierkostnader	Kapitaldel	Eiers avkastningskrav, eiendomsmassens verdi og vurdert risiko iht. varighet av leiekontrakt og markedspotensialet for utleie.
			FDV	

Felleskostnader	Avregnes iht. kontrakt	Felleskostnader		Regnskapstall/normtall
Brukerinitiert FDV (Renhold, energi, indre vedlikehold)	Kan tas inn i samme kontrakt	Brukerinitiert FDV		Faktisk forbruk
Tilleggstjenester	Kan tas inn i samme kontrakt		Utvikling og service	Avtales særskilt

Tabell 2-5 tydeliggjør at FDV-satsen dekker husleie, felleskostnader og brukeriniterte kostnader. Husleiekontrakter er omfattende, men andre typer kostnader regnes ikke for å være relevant i denne oppgaven.

3 Del 1 – Levetidsplanlegging for Byggverk

We shape our buildings, and afterwards buildings shapes us.

Winston Churchill

3.1 State of the Art

Det eksisterer lite eksplisitt forskning om LCC-analyser i skolebyggsektoren, men det er skrevet flere masteroppgaver i Norge om LCC og eiendomsutvikling (Bratsberg et al., 2011; Hoel, 2011). Det er også skrevet mye litteratur om inflasjon og hvordan vi bør diskontere kontantstrømmer, da dette er viktige temaer i forhold til investeringsbeslutninger for lange analyseperioder (Yard, 2005; Auran, 2013).

NOU (2004:22) er et viktig bidrag til kommunal sektor i forhold til vedlikeholdsetterslep og eiendomsforvaltning. Utredningen inkluderer blant annet en LCC-analyse som beregner om det er mest hensiktsmessig å rehabilitere en skole eller rive bygget og bygge en ny skole (I følge analysen viste det seg at et nybygg var det økonomisk mest riktige valget i LCC-analysen, selv om prosjektkostnadene var ca. 20. millioner kroner høyere for et nybygg).

Stm. 28 (2012) er anerkjent i byggebransjen i Norge og er blant annet omtalt i en rekke artikler i Byggeindustrien (Norsk avis for byggsektoren). Stortingsmeldingen diskuterer blant annet levetidsplanlegging i offentlige prosjekter og bærekraftig utvikling, samt at den igangsatte «Bygg21-strategien», der formålet blant annet er å videreutvikle byggenæringen til å bli en mer innovativ bransje som satser på en bærekraftig utvikling (DIBK, 2014). Det eksisterer også en god del litteratur og fullførte FoU-prosjekter knyttet mot LCC. Noen kilder som har skrevet om LCC i nyere tid er beskrevet i tabell 3-1.

Tabell 3-1 State of the art, litteratur knyttet mot LCC

Det er skrevet en masteroppgave som beregner livssyklus kostnaden til en fasade ved hjelp av Monte Carlo simulering (Listerud, 2009).
Det er skrevet en doktoravhandling om hvordan energieffektive bygg ivaretas i tidlig prosjekteringsfase ved å identifisere og undersøke utfordringer i denne fasen (Jutta Schade, 2009).
Det er skrevet en masteroppgave om LCC-analyse av en svømmehall, som var i svært dårlig forfatning. Målet var å sammenligne konsekvensen ved å bevare en 32 år gammel bassengkonstruksjon eller å oppgradere svømmehallen med en ny spennarmert betongkonstruksjon med forutsatt levetid på 80 år (Kroll, 2012).

Det er skrevet en oppgave om effektiv sykehusdrift og diskuterer blant annet strategiske utfordringer i forhold til vedlikehold og økonomiske rammer (Larssen, 2011).
Det er skrevet en publikasjon om anskaffelser basert på LCC-analyser, hvor hovedargumentasjonen er at anskaffelsen som har lavest LCC-kostnad skal velges alltid, selv om investeringen er høyere for det alternativet som gir lavest LCC-kostnad (Tyssealand, 2007).
Det er gjort en LCC-analyse av et betongdekke i et metrosystem, hvor optimal vedlikeholdsplan er analysert i forhold til om dekket bør repareres eller erstattes basert på den byggetekniske tilstanden til dekket (Farran et al., 2009).
Det er utviklet et rammeverk for hvordan man kan estimere usikkerhet i kvantitative LCC-analyser. Rammeverket skal kunne brukes for å øke validiteten til resultatene i LCC-analysen (Goh et al., 2009).
Det er skrevet en masteroppgave om variasjoner i LCC-kalkyler for skolebygg. Det er eksplisitt nevnt i denne oppgaven at Utviklingskostnaden ikke er tatt med, fordi den er vanskelig å kvantifisere. (Malik et al., 2012).
Det er skrevet en masteroppgave om LCC-kostnader i metallurgiindustrien blant annet ved å kartlegge metoder innen internregnskap. Deretter vurderes om alle LCC-relaterte kostnader er inkludert i investeringsbeslutningene til FoU-prosjekter innenfor metallurgisk industri (Odendaal, 2009).

Tabell 3-1 viser at det eksisterer konkret informasjon om ulike problemstillinger i forhold til LCC-analyser. Pga. begrenset tilgang til kilder i vitenskapelige databaser, er det funnet svært lite eksplisitt litteratur med kvantitative levetidsdata for skolebyggsektoren i Norge (utenom FKOK, 2012). Generelt sett eksisterer det fortsatt få reelle levetidsdata, hvor noe av årsaken kan være konfidensielle grunner hos underleverandører (Barringer et al., 1996).

Det er gjennomført en rekke FoU-prosjekter i nyere tid relatert til eiendomsforvaltning og LCC-analyser. To slike prosjekter som er avsluttet og relevant for oppgaven er beskrevet i tabell 3-2.

Tabell 3-2 Forskningsprosjekter

<p>InPro Project Kilde: http://www.inpro-project.eu/main.asp</p>	<p>Dette er et forskningsprosjekt initiert av EU som startet i 2006 og ble formelt avsluttet i 2010. Målet var å utvikle et rammeverk for modellbasert (BIM) arbeid under design-fasen ved å ta hensyn til totale livsløpskostnader (Whole life-cycle costing).</p>
<p>Salvo project Kilde: http://www.salvoproject.org/</p>	<p>Målet med dette samarbeidsprosjektet var å kartlegge ulike metoder innenfor reliabilitet og risikostyring som benyttes for inspeksjons- og vedlikeholdsmetoder, livssyklus kostnader og kost/nytte analyser.</p> <p>En av utfordringene Salvo Project har analysert er hvordan man kan oppnå høyest mulig realverdi av fysisk kapital gjennom hele livssyklusen til et produkt. Salvo project har utviklet prosesser som kan anvendes i mange ulike industrier og har spesielt fokus på aldrende konstruksjoner (for eksempel bygningsdeler som har hatt en levetid på over 30 år).</p> <p>Dette forskningsprosjektet har utviklet et lisensiert beslutningsverktøy som skal være et verdensledende beslutningsverktøy.</p>

I tillegg til disse forskningsprosjektene ble organisasjonen LCCforum dannet i 2011 og har som formål å være et aktivt forum for LCC i Norge. Organisasjonen fokuserer blant annet på levetider av bygningskomponenter.

3.1.1 State of the Art – Eksisterende LCC-verktøy i Norge

Det eksisterer en rekke verktøy spesifikt for LCC-analyser. I Norge eksisterer det flere LCC-verktøy og er beskrevet i tabell 3-3.

Tabell 3-3 LCC-modeller i Norge

Dynamisk LCC utviklet av Multiconsult Kilde: Multiconsult, 2012	Dette verktøyet videreutviklet LCC-konseptet ved å dele opp analyseperioden i flere avskrivningsprofiler. Modellen analyserer annuitet/årskostnader som grunnlag for kostnadsdekkene husleie og beregner restverdi og behov for teknisk reinvestering etter analyseperioden.
TidligLCC utviklet av Difi (Direktoratet for forvaltning og IKT) Kilde: http://tidliglcc.difi.no/	Beslutningsverktøy som gjør en forenklet LCC-beregning av de vanligste offentlige bygg under tidlig fase før skisseprosjektet. Verktøyet beregner annuitet/årskostnader for ulike type bygningskategorier. Målet med verktøyet er å sammenligne LCC-kostnadene til forskjellige alternative løsninger. Alle standardvalg i denne modellen tar utgangspunkt i et standardbygg som tilfredsstillt krav i TEK10.
LCC-kalkyle utviklet av UBF Kilde: Intern kilde hos UBF	Denne kalkylemalen er et beslutningsverktøy for å analysere nåverdien av UBF sine investeringer og FDV-kostnader over en analyseperiode på inntil 25 år med utgangspunkt i kontantstrømmetoden og regnskapstekniske prinsipper i kommunen. Et ubegrenset antall alternative investeringer kan sammenlignes i samme kalkylemal. Dette verktøyet kan benyttes i flere faser (for eksempel tidlig i utviklingsfasen eller i detaljprosjekteringsfasen)

LCCweb utviklet av Statsbygg og Forsvarsbygg Kilde: http://www.lccweb.no/	Beslutningsverktøy som kan gjøre LCC-analyser på ulike detaljnivåer for alle typer prosjekter og i alle faser av vedlikeholds- og driftsplanlegging av bygg. Beregningene utføres etter metodikken gitt i NS 3454:2000 «Livssyklus kostnader for byggverk – prinsipper og struktur».
AS Bygganalyse har lansert ISY Calcus med deres egenutviklede LCC-modulen Kilde: http://www.bygganalyse.no/lansering-isy-calcus-7-med-lcc/	LCC-modellen synliggjør konsekvenser ved å ha lagt til levetider, utskiftningskostnader og vedlikeholdsintervall på prislinjer for se hvilke investeringsbeslutninger som er best i et langsiktig perspektiv.

Den største ulempen med de eksisterende LCC-modellene, utenom UBF sin interne LCC-kalkyle, er at disse ikke er direkte tilpasset UBF sin investeringsmodell. Dette gjelder spesielt for analyseperioden på 60 år, som ikke samsvarer med UBF sin analyseperiode på maksimalt 40 år. Det er da vanskelig å tilpasse interne kostnadsdata til UBF med kontoplanen som benyttes i disse eksterne LCC-modellene.

3.1.2 State of the Art – Relevante standarder

Dagens mest sentrale og gyldige standarder i forhold til levetidsplanlegging inkludert LCC-metoder og fasilitetsstyring er beskrevet i tabell 3-4.

Tabell 3-4 Relevante standarder for levetidsplanlegging og fasilitetsstyring

NS 3424:2012 Tilstandsanalyse av byggverk – Innhold og gjennomføring	Denne standarden gir veiledning for hvordan man skal gjøre tilstandsanalyser av bygninger. Metoden i denne standarden er anerkjent i Norge og benyttes i stor grad i praksis.
NS 3451:2009 Bygningsdelstabell	Standardisert bygningsdelstabell som blant annet deler inn bygningsdeler og tekniske installasjoner i ulike nivåer.
NS 3454:2013 Livssyklus kostnader for byggverk – Prinsipper og klassifisering	Standarden beskriver kontoplan for LCC-kalkyler og henviser til anerkjente metoder for nåverdiberegninger.
NS-EN 15221 for fasilitetsstyring/eiendomsledelse	God eiendomsledelse er en viktig forutsetning for effektiv og lønnsom drift, optimalt vedlikehold, fornøyde brukere og funksjonelle løsninger, som

	<p>dekker faktiske behov og tilfredsstillende kvalitet i støttefunksjoner for byggverk.</p> <p>Denne serien gir veiledning for fasilitetsstyring, eiendomsforvaltning og eiendomsledelse rettet mot profesjonelle aktører.</p>
ISO 15686 Bygninger og konstruksjoner - Levetidsplanlegging	Denne serien fokuserer på levetidsplanlegging, men det eksisterer per dags dato ikke en standardisert metode for å estimere levetid for ulike bygningsrelaterte komponenter.
ISO 55000:2014 Forvaltning av anlegg og verdier – Oversikt, prinsipper og terminologi	<p>Denne standarden diskuterer overordnet eiendomsforvaltning, prinsipper & terminologi og fordeler ved å anvende god eiendomsforvaltning i praksis.</p> <p>Et strategisk mål er å forvalte fysisk kapital slik at verdien i porteføljen øker, men at man samtidig unngår tap. LCC-verktøy er viktig i denne sammenhengen, da LCC-kostnader tydeliggjør hvilke investeringsalternativer som potensielt gir størst verdi til eiere og brukere på lang sikt.</p>
FKOK (Felles kravspesifikasjon for Oslo kommune) for Skoleanlegg	<p>Det stilles tekniske krav for prosjektering av skolebygg gjennom ulike typer kravspesifikasjoner. UBF sin kravspesifikasjon er fortsatt under kontinuerlig utvikling, men gyldig kravspesifikasjon når prosjekter starter skal benyttes. Noen prosjekter har for eksempel måtte tilfredsstillende Kravspesifikasjon 2009, mens nyere prosjekter er underlagt Kravspesifikasjon 2012.</p>
FKOK Miljø og livsløpskostnader 2012	Denne kravspesifikasjonen inneholder retningslinjer for hvilke LCC-data som skal benyttes for skolebygg og definerer brukstid for ulike bygningsrelaterte komponenter. Dessuten gir standarden retningslinjer for sensitivitetsanalyser til LCC-data. Denne kravspesifikasjonen er per dagsdato definert som «foreløpig utkast».

3.1.3 Relevante forskrifter og krav for skolebygg

De mest sentrale kravene for skolebygg er:

1. Plan- og bygningsloven med teknisk forskrift (TEK10) og henvisninger til andre relevante forskrifter
2. FKOK-serien for Skoleanlegg og FKOK Miljø og livsløpskostnader 2012
3. Andre relevante standarder for spesielle bygningstyper (passivhus, plusshus).

Den mest generelle loven i forhold til krav for skolebygg er plan- og bygningsloven med teknisk forskrift (TEK 10). Plan- og bygningsloven (1985) §89 er den sentrale bestemmelsen for eksisterende byggverk og lyder slik: «Eier skal sørge for at byggverk og installasjoner som omfattes av denne loven holdes i slik stand at fare eller vesentlige ulemper ikke oppstår for personer eller eiendom, og slik at det ikke virker skjemmende i seg selv eller i forhold til omgivelsene (...)». Kriteriene er ikke entydige og paragrafen brukes sjeldent i praksis (NOU 2004:22, 4.2.2). Viser til plan- og bygningsloven (2008) §31-3 som i hovedsak viderefører §89 første ledd og §31-4, som er en videreføring av §89 andre ledd.

I følge NOU (2004:22) er ordlyden i §89 i Plan- og bygningsloven utformet slik at kommunen har en rett, men ikke plikt til å gi pålegg om utbedring etter kriteriene som er nevnt i paragrafen. En mulig årsak til at plan- og bygningsloven ikke brukes mer aktivt er fordi kommunal- og moderniseringsdepartementet har vært tilbakeholden med å utgi en forskrift for §89. Dette har ført til at verken §92 (Kontroll av eksisterende bygningsareal) eller §106 (Bygningstekniske installasjoner) har vært brukt i praksis.

Generelt sett tyder litteraturen på at plan- og bygningsloven kan brukes mer aktivt for offentlige bygninger uten at dette skal få konsekvenser for private boligbygg. En mulig årsak til at kommunen ikke bruker plan- og bygningsloven mer aktivt er at de selv fører tilsyn av sine egne offentlige bygg og må derfor selv betale for sine pålegg. Viser til §29-6 som delvis viderefører og delvis fornyer §92 og viderefører §106 i tredje ledd, samt §31-4 (videreføring av §89) som gir departementet hjemmel til å gi forskrift om kommunen sin adgang til å gi pålegg om utbedring av eksisterende bebyggelse (DIBK, s.a.). Oslo kommune har unike krav til skolebygg, der FKOK-serien for Skoleanlegg er utarbeidet som et særskilt teknisk krav for skolebygg og skal legges til grunn i investeringsprosjekter i Oslo kommune.

3.1.3.1 Oppsummering

Basert på State of the Art bidrar denne masteroppgaven til å utvikle det teoretiske rammeverket innenfor levetidsplanlegging av skolebygg. Modellen *Reversert LCC* utviklet i denne oppgaven er det viktigste bidraget til teorien, fordi den er tilpasset UBF og kombinerer faktormetoden med

sannsynlighetsmetodikken Monte Carlo simulering. I praksis gir modellen en retningslinje på hvor store besparelser kommunen kan oppnå ved å benytte reelle FDVU-satser og drifte budsjetter mer optimalt i forhold til å ivareta realverdier på sikt.

3.2 Vedlikeholdsetterslep i offentlig sektor

Undersøkelser (ECON og Multiconsult) referert i NOU (2004:22), antyder at den viktigste årsaken til mangel på vedlikehold er mangel på ressurser. Rapportene har utelatt mangel på ressurser som en årsak, som har ført til en konklusjonen for de tre viktigste årsakene til vedlikeholdsetterslep i offentlig sektor:

- Manglende fokusering på bygningsmessig vedlikehold i kommunens økonomiplan
- Manglende krav til avsetning for vedlikehold i regnskapet
- Manglende langsiktige mål og planer for eiendomsforvaltningen i kommunen

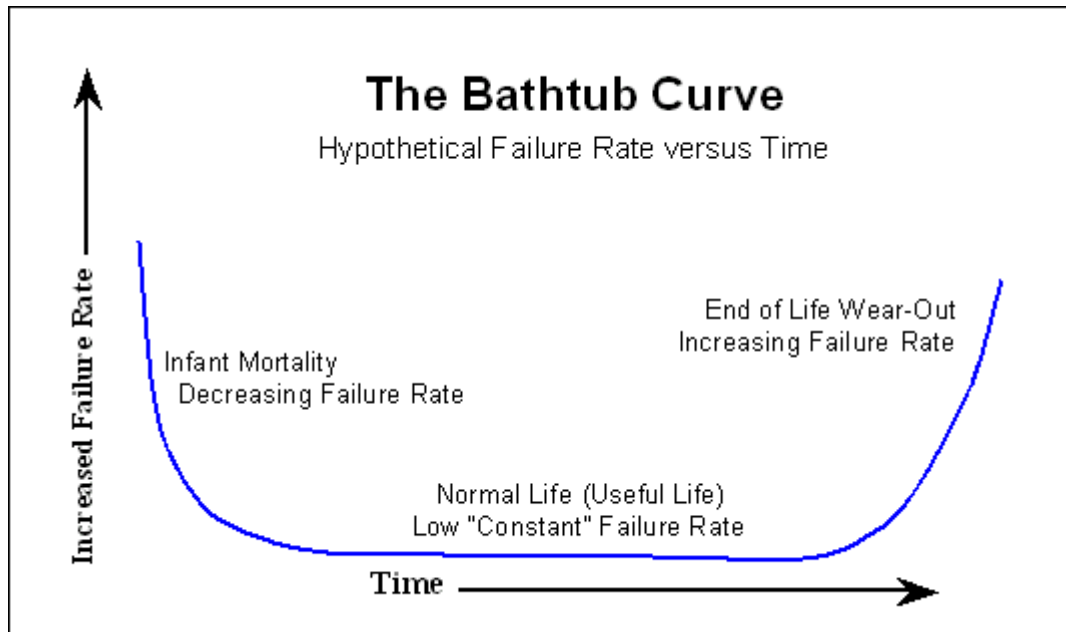
Med hensyn til manglende prioritering av ressurser til vedlikehold, er en underliggende årsak til vedlikeholdsetterslep i offentlig sektor at tilgjengelige midler ikke forvaltes optimalt. NOU (2004:22) antyder at et ensidig fokus på å øke budsjetter ikke vil føre til et målrettet fokus på forvaltning av midlene, men at det er et behov for systemer med større fokus på planlagt vedlikehold. På sikt vil dette potensielt føre til en mer optimal prioritering av vedlikehold og et målrettet fokus på ressursallokering for å oppnå bedre utnyttelse av ressurser til vedlikehold.

For å underbygge denne diskusjonen, må relevante forutsetninger ligge til grunn for god eiendomsforvaltning. Det bør blant annet foreligge overordnede politisk bestemte mål, et rasjonelt system for planlegging og styring, samt at lovpålagte krav overfor eiere og brukere blir ivaretatt. Noen konkrete forutsetninger som er relevante for denne oppgaven, er verdibevarende vedlikehold, målrettet utvikling av funksjoner/kvaliteter for eiendomsmassen, hensiktsmessig organisering for eiendomsforvaltningen, riktig økonomiske rammebetingelser (LCC-satser) og riktig prioritering av ytelser overfor brukerne (NOU, 2004:22).

Fra et teoretisk perspektiv tyder disse kriteriene på at verdibevarende vedlikehold og økt forståelse for brukernes behov er viktige faktorer for å ivareta realverdier på sikt. Skadeomfanget kan bli omfattende over lengre tid ved forsømt vedlikehold. En av de største konsekvensene er når dårlig inneklime påvirker den fysiske helsen til brukere/leietaker. Et dårlig inneklime fører til tap av mellom 16 000 og 70 000 årsverk (Wahlsted, 2012). Et spesielt eksempel er rengjøring av ventilasjonsanlegg. Det må foreligge en rutinert plan for at dette skal bli gjort, ellers kan det for eksempel utvikle seg sopp i ventilasjonskanalene og dette medfører en betydelig stor kostnad å utbedre.

3.2.1 Bath-tub filosofi

Figur 3-1 illustrerer en «bath-tub» kurve og illustrerer hypotetisk sannsynligheten for at feil oppstår over tid. Vi ser at ved startfasen er det høy sannsynlighet for at feil skjer, men at sannsynligheten for feil reduseres relativt raskt (bygget innreguleres tilpasset brukerens behov). Feil ved starten av levetiden til et bygg omtales ofte som «barnesykdommer». Ved slutten av bygget sin reelle levetid «akselerer» sannsynligheten betydelig for at feil oppstår.



Figur 3-1 Bath-tub kurve (Wilkins, 2002)

Denne kurven ligner på et badekar, derav navnet «Bath-tub». Tankegangen reflekterer virkeligheten i relativt stor grad, hvor vi har «barnesykdommer» ved starten av levetiden og vedlikeholdsetterslepet eskalerer mot slutten av levetiden. Bath-tub kurver er brukt mye for å beskrive befolkningsrater, men er anerkjent som et ingeniørverktøy hvor man som regel beregner «sannsynligheten for at feil skjer» og «sannsynligheten for hvor ofte feilen skjer innenfor et bestemt tidsintervall».

Prosessen for å løse en teknisk feil består av to metoder, en metode for å identifisere feilen og en annen for å gjennomføre nødvendige tiltak for å løse feilen. I følge Juran et al. (1999) kan god fasilitetsstyring betydelig redusere sannsynligheten for at driftsfeil oppstår under bruksfasen, hvor årsaken til feil oppstår pga. dårlig vedlikehold og/eller mekaniske påkjenninger fra brukerne. På en annen side mener Ebeling (1997), omtalt i Cheng (s.a.) at funksjoner eller sikkerhetsbarrierer som hindrer at driften stanser hvis en feil oppstår, vil bidra til en betydelig reduksjon av driftsfeil under bruksfasen. Noe av nøkkelen til effektiv drift og vedlikehold av skolebygg er å kombinere disse to metodene og forankre det i et strategisk vedlikeholdsprogram (rammeverk for å ivareta

realverdier/kvalitet over tid). Ulempen med «Bath-tub» kurven er at modellen kan være for enkel til å realistisk kunne reflektere hvor ofte tekniske feil oppstår.

Et strategisk mål i henhold til Bath-tub kurven er å kontinuerlig ivareta nødvendige ytelser/funksjoner (ventilasjon, varme, kjøling, lys, brannsikkerhet, sanitæranlegg og akustikk). For at dette skal lykkes må det ses i sammenheng med prioritering av brukerens reelle behov, kostnader knyttet til aktiviteter, fundamentalt design av fasiliteter og den operasjonelle siden hos under-leverandører i forhold til service-avtaler. Strakstiltak er en kostnadsdrivende faktor for skolebygg og kan føre til et akselererende vedlikeholdsbehov, hvis dette pågår over lang tid. Sett i fra et praktisk perspektiv kan problemer som ikke avdekkes over lang tid skyldes mangel på ressurser og kommunikasjonssvikt. I henhold til figur 3-1 er det med andre ord ikke optimalt å avdekke «Infant Mortality» feil ved slutten av bruksfasen «End of Life Wear Out».

3.3 Levetid for byggverk

I praksis er det typisk å skille mellom økonomisk levetid, teknisk levetid, fysisk levetid og funksjonell levetid. Disse ulike definisjonene på levetid er beskrevet i tabell 3-5.

Tabell 3-5 Økonomisk, teknisk, reell og estetisk levetid

Økonomisk levetid	Økonomisk levetid er et estimat på over hvor lang tid et bygg genererer inntekter. Hos UBF er husleieavtalene et mål på økonomisk levetid i porteføljen deres.
Teknisk levetid	Antatt levetid teknisk utstyr før bygget anses som å være foreldet. Dette er en type levetid som gjelder frem til bygningskomponenter ikke lenger dekker et funksjonelt behov hos brukeren. Det kan for eksempel være pga. endring i bruk av bygget eller nye forskrifter som stiller strengere funksjonskrav. Konteksten «Teknisk levetid» er utfordrende for UBF hvor skoler for eksempel benyttes som overnattingslokaler (Norway-cup etc.). Da er det blant annet viktig at brannsikkerhet og ventilasjonsanlegget yter sine funksjoner.
Fysisk levetid	Antatt levetid bygget fysisk kan tas i bruk uten fare for at bygget kollapser eller at det er farlig og/eller helseskadelig å oppholde seg i bygget.
Estetisk levetid	Dette er tiden det tar før en bygningsdel skiftes ut fordi den ikke lenger er estetisk tilfredsstillende.

Det er gitt føringer for hvilke levetider som skal ligge til grunn for LCC-beregninger til UBF.

Levetider for ulike bygningslementer er beskrevet i tabell 3-6.

Tabell 3-6 Levetider for bygningsrelaterte elementer (FKOK, 2012)

Bygnings- element	Material type	Bygningsdel	Teknisk levetid (1)	Økonomisk levetid (2)	Funksjon ell levetid (3)	Estetis k levetid (4)	Brukstid , laveste av 1-4
Bygnings- messige arb.							
- Grunn, drenering		21	40 år	40 år			40 år
- Fundament er		21	80 år	40 år	40 år		40 år
- Bæresyste m		21	80 år	40 år	40 år		40 år
- Klimaskjer m, fasader		22					
	Tegl/steinfas ade	23	80 år	40 år			40 år
	Pussede fasader	23	60 år	30 år			30 år
	Platekledde og panelte	23	40 år	20 år			20 år
	Vinduer og ytterdører	23	25 år	20 år			20 år
	Trapper og balkonger	28	25 år	20 år			20 år
- Klimaskjer m, tak		26					
	Skrått tak med stein		40 år	40 år			40 år
	Skrått tak		30 år	30 år			30 år

	med metallplater						
	Flatt tak med papp eller folietekking		20 år	20 år			20 år
- Innvendige arbeider	Alle forhold	24, 25, 27		15 år	10-30 år	5-10 år	5-10 år
VVS	Rør i grunnen (delutskiftning)	31	40 år	20 (15) år			20 (15) år
	Alle andre anlegg (delutskiftning)	31-39	15 år	20 (15) år			20 (15) år
El-anlegg	Alle anlegg (delutskiftning)	41-49	20 år	20 (15) år	20 (15) år		
Tele	Alle anlegg (delutskiftning)	51-59	20 år	20 (15) år	5-15 år	5-15 år	
Andre anlegg	Heis		40 år	20 år			20 år
	Alle andre anlegg		20 år	20 år			20 år
Utomhus	Alle anlegg	71-79	40 år	15 år	10-30 år	5-10 år	5-10 år

Med utgangspunkt i denne levetidstabellen (figur 3-6) og UBF sin inndeling av bygningsrelaterte elementer (nivå 1) har vi følgende levetider på et overordnet nivå:

Utvendig bygningskropp: 60 år

Innvendig bygningskropp: 20 (15) år

Tekniske installasjoner: 20 (15) år

Levetid på 15 år kan være relevant for totalrehabiliterede bygninger. I rehabiliteringsprosjekter hvor ett eller få elementer skiftes ut er det nødvendig å gjøre en totalvurdering av levetiden til bygget. Denne problemstillingen er ikke relevant i denne oppgaven, da totalrehabiliterede bygg og nybygg analyseres. Følgende metode benyttes for beregning av gjennomsnittlig levetid:

$$\begin{aligned} & (60 \text{ år}) * (\text{Kostnad utvendig bygningskropp}/\text{total prosjektkostnad}) + (20 \text{ år}) \\ & \quad * (\text{Kostnad innvendig bygningskropp}/\text{total prosjektkostnad}) + (20 \text{ år}) \\ & \quad * (\text{Kostnad tekniske installasjoner}/\text{total prosjektkostnad}) \\ & = \text{«Vektet snitt» (Gjennomsnittlig levetid)} \end{aligned}$$

Som nevnt innledningsvis skal gjennomsnittlig levetid ikke skal være større enn 40 år for skolebygg etter Lovdata (2000, jf. § 8).

3.3.1 Tilstandsgradsanalyse for byggverk

Beste praksis for tilstandsvurdering av byggverk er gjennom karaktersettingssystem. I Norge er karaktersystemet fra 0 til 3 hvor 0 er «best» og 3 er «verst». Tilstandsgradsvurderinger av byggverk er viktig i forhold til vedlikeholdsplanlegging, fordi metoden gir rom for kvantitativ vurdering av kostnader som må til for å oppgradere bygget tilbake til tilstandsgrad 0-1. Tilstandsgradene kan defineres slik:

Tilstandsgrad 0 – Ingen konsekvenser

Tilstandsgrad 1 – Små og middels store konsekvenser

Tilstandsgrad 2 – Vesentlig store konsekvenser

Tilstandsgrad 3 – Store og alvorlige konsekvenser

3.4 Oppgradering av byggverk for utviklingskostnader

Det er skrevet ideer av Aristoteles om utviklingskostnader som fortsatt brukes i praksis i dag. Aristoteles skilte mellom «oikonomia» og «chrematistics». Chrematistics kan defineres som å «påvirke tomteverdi og byggets realverdi for å maksimere avkastning til eiere av bygget på kort sikt». Oikonomia kan defineres som «ledelse av brukerne i bygget». I dag skilles det fortsatt mellom markedsverdi og brukerverdi av bygninger. Dette kan illustreres med ytterpunktene, hvor det ene ytterpunktet er standardiserte bygg attraktivt for personer som kjøper eiendom, mens det andre ytterpunktet er tilpasningsdyktige bygninger tilpasset brukerne av bygget (Dierksmeier et al., 2009).

Samfunnet har hatt en enorm utvikling de siste 30 årene og har påvirket brukerens behov. Eksempler på behov brukeren ofte har, er effektiv arealutnyttelse, høy brannsikkerhet, tilfredsstillende

ventilasjon, sikker skallsikring (alarmsystemer), enkle dørlåssystemer og mulighet til manuell styring av energitilførsel til bygget. Det eksisterer allerede interessante konsepter for framtidige bygninger (eksempelvis plusshus, som produserer like mye eller mer energi enn forbruket), som tyder på at vi i innen nærmeste framtid sannsynligvis vil oppleve en økende grad av behov som ikke har eksistert tidligere. Vi hadde for eksempel ikke rulletrapper før i tiden, men per dags dato er det attraktivt og nærmest en selvfølge at større kjøpesentre har rulletrapper.

Utviklingskostnader kan defineres som å opprettholde verdien til et bygg i forhold til nye krav fra brukere, marked og myndigheter. Utviklingskostnader kan etter NS 3454:2013 fordeles i følgende kategorier:

4. Utskifting og utviklingskostnader

41. Utskifting

42. Utvikling

Første siffer er kostnadsnivå 1, og andre siffer er kostnadsnivå 2. Dette er en kostnadsoppstilling som benyttes i NS3454:2013 for å standardisere kostnadsdata.

Utvikling av skolebygg vil alltid være til stede så lenge brukerens behov og byggets funksjon ikke samsvarer med hverandre. Dette ser vi spesielt i sammenheng med undervisningsformer som kan kreve andre typer arealprogram og nytt teknisk utstyr. I et LCC-perspektiv er det derfor viktig å forstå konsekvensen av å oppgradere en bygning. Nybygg og rehabiliterte skolebygg har blitt mer avansert i nyere tid når det gjelder styringssystemer (SD-anlegg, toppsystem) og teknisk utstyr. En viktig konsekvens ved å gjøre bygninger mer avanserte er at det stilles høyere krav til økt kompetanse hos driftspersonell som kan håndtere integrerte, automatiserte og teknisk avanserte systemer. Dette tyder for eksempel på at manglende rengjøring vil føre til konsekvenser som er kostnadsdrivende.

Palazzo Publico (figur 3-2) er et godt eksempel om hvordan bygninger utvikles over tid.



Figur 3-2 Palazzo Pubblico (bilde hentet fra: http://en.wikipedia.org/wiki/Palazzo_Pubblico)

Bygget har eksistert i over 500 år og har blitt oppgradert opptil flere ganger for å tilpasse seg dagens krav og behov. Slik bygningen ser ut i dag ble designet og bygget mellom 1884 og 1894. I nyere tid har det vist seg at bygget ikke tilfredsstillende dagens krav, så man satte i gang et omfattende rehabiliteringsprosjekt. Det betyr at byggverket har blitt utviklet over tid for å tilpasse nye krav og brukeres behov.

Et annet godt eksempel på utviklingskostnader og oppgraderingsbehov er The Cliff House (figur 3-3).



1863 - The first Cliff House was built to take commercial advantage of the site's spectacular view of Seal Rocks and Pacific sunsets.



1878 - The original owner tripled the Cliff House in size with the addition of a successful gambling casino.



1900 - President McKinley and Roosevelt dined at Adolph Sutro's eight story Cliff House complete with art galleries and ballrooms.



1910 - After a fire in 1907 the Cliff House was reconstructed of fireproof concrete and steel.



1954 - In 1950 the Whitney brothers drastically remodeled the building with redwood siding and extended it to the left



1991 - In 1977 the National Park Service took over the Cliff House as park of the Golden State recreational area

Figur 3-3 The Cliff House (flager, 2003)

Opprinnelig fra 1863, var bygget sin funksjon å være en turistattraksjon for publikum å se den fine utsikten. I 1878 ble bygget utvidet med et Casino. År 1900 var bygget utvidet til åtte etasjer med kunstgalleri og opptil flere ballsaler. I 1907 brant bygningen og et nytt bygg av stål- og betongmaterialer med brannsikre materialegenskaper ble ferdigstilt i 1910. På 1950-tallet ble bygget utviklet og tilpasset en kaffe. I 1977 ble bygget tatt over av «Nasjonalt parksetaten» for å verne eiendomsmassen og i 1991 er arkitekturen til bygget endret sammenlignet med bildet fra 1954.

4 Del 2 – Vedlikeholdsplanlegging

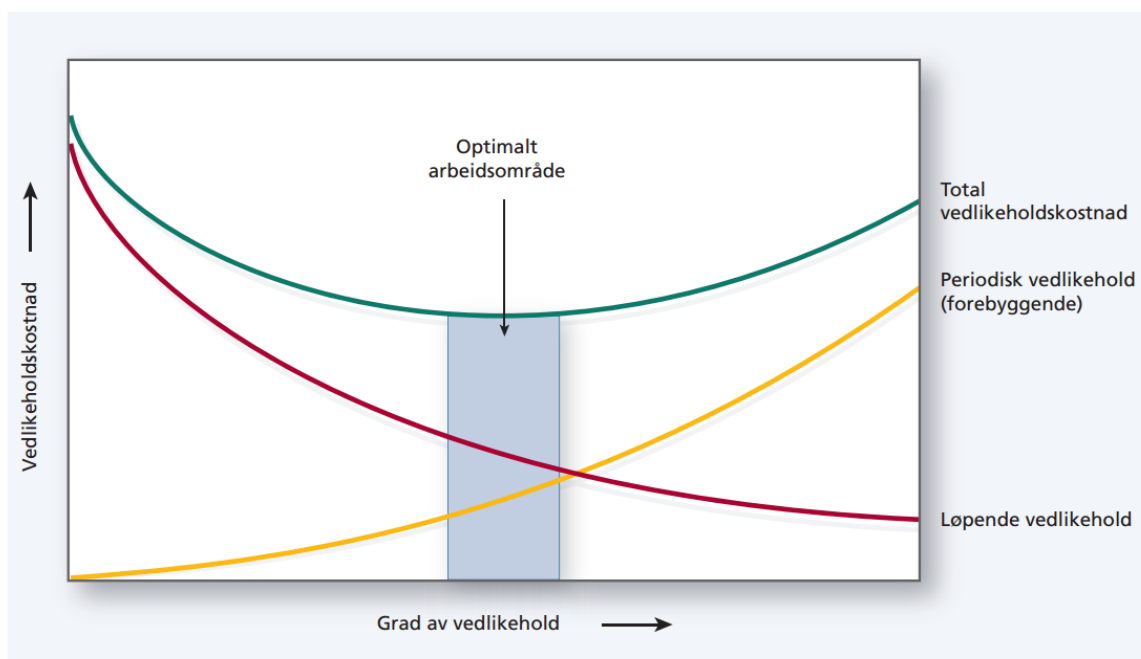
Which of you, intending to build a tower, sitteth not down first, and counteth the cost?

Jesus

Luke 14:28

4.1 Verdibevarende vedlikehold

Godt vedlikehold over et byggverk sitt livsløp fører til lavere avskrivningskostnader pga. høyere reell økonomisk levetid. Optimal vedlikeholdsplanlegging er illustrert i figur 4-1:



Figur 4-1 Optimalt forhold mellom grad av vedlikehold og grad av vedlikeholdskostnad (Norges Byggeforskningsinstitutt, referert i Riksrevisjonen, 2004-2005)

Figur 4-1 synligjør at det er et optimalt forhold mellom periodisk vedlikehold og løpende vedlikehold. Hvis man har et klart grep om dette forholdet og klarer å planlegge vedlikehold av byggverk på en god måte, vil dette på sikt ivareta realverdier av fysisk kapital på en god måte. Dette skjer ved at levetiden forlenges og de totale LCC-kostnadene vil reduseres, fordi forholdet mellom drift og vedlikehold er optimalt. I følge Alner et al. (1990), omtalt i Al-Khatam (2003), er det blant annet viktig å holde fasilitetstjenester ved et tilfredsstillende nivå og sørge for at drifts –og vedlikeholdsrelaterte aktiviteter opprettholder en viss kvalitet i utførelse av arbeidet. I følge et case-studie gjennomført i Malaysia, er de tre viktigste årsakene til mangel på vedlikehold (Rahman et al., 2013):

1. Mangel på finansiering pga. kompliserte byggesaker (saker hvor det er krevende å bevise at vedlikeholdsmidler er nødvendig for å dekke vedlikeholdsbehovet).
2. For mange designfeil fører potensielt til et økt vedlikeholdsbudsjett (ellers vil vedlikeholdsetterslepet øke raskere).
3. utfordringer knyttet til vedlikeholdspolitik og planlegging av vedlikehold.

Alle disse tre punktene er relevante for UBF, spesielt punkt 3. om vedlikeholdspolitik, da det ikke er politisk forankring om at generelt vedlikehold skal prioriteres. Punkt 2. er også spesielt relevant for UBF, men det er utenfor scope til denne oppgaven å skrive om hvilke konsekvenser design-feil har på levetiden til en bygning.

4.1.1 Krav hos brukere

Brukeres behov er sentralt når man skal planlegge hvilke tiltak som skal gjennomføres for å ivareta realverdier. Det er viktig at bygget har en god nok klimaskjerm som tåler værhardt klima (vind, snø etc.). Det er for eksempel svært ubehagelig for brukere om det er gjennomtrekk i bygget ved sterk vind pga. byggefeil. Det er også viktig å ivareta innvendige elementer i bygget. Som nevnt tidligere er ventilasjon, lys, etc. viktige funksjoner som må ivaretas for å gi brukerne en behagelig opplevelse av bygget.

4.1.2 Verdibevarende vedlikehold

Tankegangen «verdibevarende vedlikehold» er viktig for å ivareta realverdier til bygningsmassen (fysisk kapital). Fundamentalt sett er tankegangen enkel: hvis det ikke er behov for tjenesten eller driftsaktiviteten, er det ikke en verdiskapende aktivitet. Siden et bygg er sammensatt av mange elementer, må vedlikeholdsutgifter ses i sammenheng med driftskostnader og driftsinntekter. En god måte å vurdere verdiskapning på er ved å måle forholdet mellom tilstandsgraden til bygget og brukernes aktivitetsnivå. Det er da viktig å forstå hvor store indirekte kostnader (fremtidige kostnader pga. forsømt vedlikehold) kan bli når man ikke gjennomfører verdibevarende vedlikehold i forhold til brukernes aktivitetsnivå.

4.1.3 Leietakers holdning til vedlikehold

Det er typisk at brukere enten ikke forstår eller interesser seg for viktigheten av verdibevarende vedlikehold. Da kan det hende at brukeren blir overrasket når en feil oppstår fordi nødvendig vedlikehold ikke er gjort. I Norge er FDV-dokumentasjon et virkemiddel mot slike tilfeller ved å ha en komplett beskrivelse av nødvendige vedlikeholdstiltak for bygget. En typisk utfordring for skolebygninger er at brukerne/leietaker bruker bygget «feil», dvs. hærverk etc. Et eksempel på feil

bruk av bygg er dører som utsettes for tøff bruk. En annen utfordring er når brukerne misbruker funksjoner i bygget, som eksempelvis går ut på feil håndtering av elektriske anlegg, hvor man skrur av hovedbryteren mange ganger, der dette potensielt sett kan føre til et større skadeomfang. På sikt kan feil bruk av bygg bli kostnadsdrivende og begrenser muligheter til finansiering for andre formål.

4.2 Vedlikeholdsstrategier

Det eksisterer tre vedlikeholdsstrategier som er relevant for byggverk og er beskrevet i tabell 4-1.

Tabell 4-1 Vedlikeholdsstrategier

<p>Reaktivt vedlikehold</p>	<p>I Norge omtales dette også som «brannslukningsstrategi». Strategien går ut på å vedlikeholde bygningsdeler når deres funksjon slutter å virke.</p> <p>Denne strategien er ikke en hensiktsmessig strategi å anvende i praksis, fordi nødvendig vedlikehold ikke gjennomføres før bygningsrelaterte elementer sin tiltenkte funksjon slutter å virke. Et konkret eksempel på dette er vannskader som kan medføre store konsekvenser for bygningsmassen pga. forsømt vedlikehold.</p>
<p>Proaktivt vedlikehold</p>	<p>Strategien går ut på å vedlikeholde bygningsdeler før funksjonen slutter å virke.</p> <p>Fordeler med denne metoden er at det skaper forutsigbarhet for brukerne og sannsynligheten for at driftsfeil oppstår er lavere.</p> <p>Noen viktige ulemper med denne strategien er at det er ressurskrevende å planlegge et godt proaktivt vedlikehold og vedlikeholdsaktiviteter kan føre til uventede feil pga. utførelse (menneskelig svikt)</p>
<p>Tilstandsbasert vedlikehold</p>	<p>Strategien går ut på å vedlikeholde bygningsdeler når spesifikke parametere/symptomer oppstår.</p> <p>Denne strategien er utenfor scope til oppgaven, men relevant for vedlikehold av byggverk. Et eksempel på hvordan strategien kan anvendes i praksis er å måle om symptomer om tak lekker og eventuelt gjennomføre relevante vedlikeholdstiltak før store konsekvenser oppstår.</p> <p>En ulempe med denne tilnærmingen er når symptomer ikke avdekkes i tide fordi gode nok handlingsplaner ikke er tilstede for å avdekke symptomer før konsekvensene oppstår.</p>

Oppsummering av tabell 4-1 viser at god vedlikeholdsplanlegging kombinerer alle disse tre strategiene reaktivt, proaktivt og tilstandsbasert vedlikehold. Alle disse tre metodene har svakheter, men en uheldig strategi er når allokering av vedlikeholdsmidler ikke styres av vedlikeholdsbehovet, men av vedlikeholdsbudsjettet. Det økonomisk mest hensiktsmessige tiltaket i forhold til å ivareta realverdier optimalt er å sette av vedlikeholdsbudsjetter basert på vedlikeholdsbehovet (aktivitetsbasert budsjettering). I praksis er vedlikeholdsbudsjetter ofte basert på fjorårets vedlikeholdsbudsjett, som nødvendigvis ikke er en optimal vedlikeholdsstrategi da vedlikeholdsbehovet kan avvike i stor grad i forhold til fjoråret.

4.3 Konsekvenser ved budsjettkutt og forsømt vedlikehold

McDuling et al. (2011) har kvantitativt analysert konsekvenser ved å kutte vedlikeholdsbudsjetter med sykehus i Afrika som et case-studie. Selve case-studiet er ikke relevant for denne oppgaven, men resultatene er relevant for å kunne svare på deler av problemstillingen i denne oppgaven. I motsetning til tilstandsanalyser som gjøres i Norge med tilstandsgrad fra 0-3, benyttes en tilstandsgrad fra 1-5, da dette gir rom for en mer fleksibel tilstandsgradsanalyse. Tilstandsgradene er beskrevet i tabell 4-2.

Tabell 4-2 Tilstandsgrader 5 – 1 (McDuling et al., 2011):

Tilstandsgrad (5 til 1)	Karakteristiske særtrekk ved respektiv tilstandsgrad
Tilstandsgrad 5: «Som ny»	Ingen symptomer, enten nytt produkt eller nylig vedlikeholdt
Tilstandsgrad 4: «Vedlikehold»	Vanlig slitasje, neglisjerbare feil, ubetydelige skader som krever service/vedlikehold.
Tilstandsgrad 3: Større reparasjoner	Større omfang som krever vedlikehold eller reparasjoner. Elementet har vært utsatt for tøff bruk og tilstanden til elementet påvirker omgivelsene.
Tilstandsgrad 2: Rehabilitering	Betydelig stort omfang med skader, skader i bæresystem og krever større rehabilitering. Stor fare for helse og sikkerhet. Tilstandsgraden påvirker omgivelsene i stor grad.
Tilstandsgrad 1: Utskiftning	Elementet sin funksjon har sviktet og bør utskiftes pga. tilstanden. Tilstanden til elementet skader omgivelsene i svært stor grad, eller medfører meget stor fare for helse og sikkerhet.

McDuling et al. (2011) har analysert tilstandsbasert konsekvens for sykehusbygninger ved år 1 når vedlikeholdsbudsjettet kuttes med 70 % i år 0. Utgangspunktet er hvordan tilgjengelige begrensede vedlikeholdsmidler kan allokere optimalt for å ivareta realverdier på en best mulig måte. Fire ulike scenarier for allokering av vedlikeholdsmidler er definert i tabell 4-3.

Tabell 4-3 Scenarier for case-studie (McDuling et al., 2011)

Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
«Bottom up» tilnærming hvor byggningsrelaterte elementer i tilstandsgrad 1 prioriteres først, deretter tilstandsgrad 2 osv.	«Top down» tilnærming hvor byggningsrelaterte elementer i tilstandsgrad 5 prioriteres først, deretter tilstandsgrad 4 osv.	«Balansert» tilnærming hvor allokering av vedlikeholdsmidler fordeles likt mellom byggningsrelaterte elementer i de ulike tilstandsgradene (vedlikeholdsmidler allokeres likt mellom tilstandsgrad 1, 2, 3, 4 og 5).	«Ad hoc» tilnærming som er den mest realistiske tilnærmingen hvor brukere som har det største behovet for vedlikehold prioriteres. Med denne tilnærmingen er det uvanlig at vedlikeholdsbudsjettet brukes opp. Dette scenariet er det mest realistiske og er svært lukt scenario 1.

Utfordringen med «Bottom up» tilnærmingen er at det er kostbart å skifte ut komponenter.

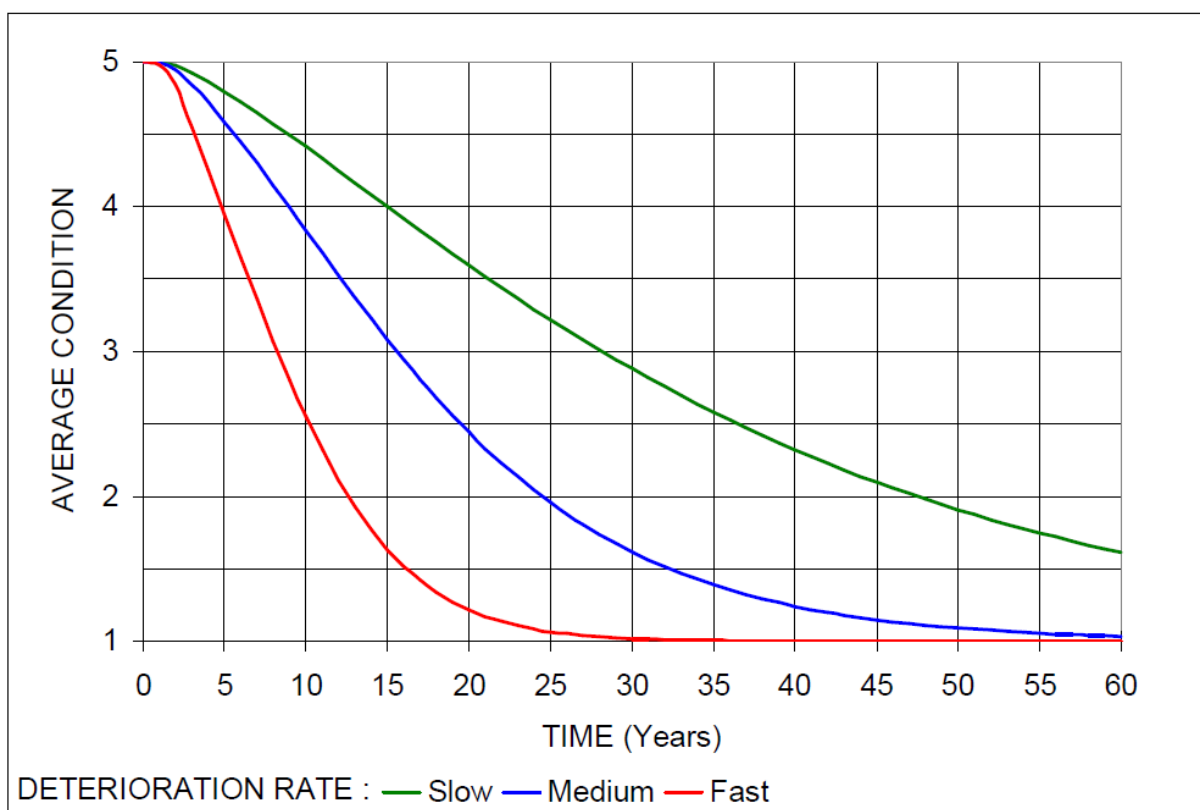
Utfordringen med «Top down» tilnærmingen er at bygningsdeler med lav tilstandsgrad ikke prioriteres. «Balansert tilnærming» synes å være den beste tilnærmingen, da både tilstandsgrader med høy og lav tilstandsgrad prioriteres likt. Konsekvensene ved scenario 1, 2 og 3 er illustrert i figur 4-2.

CONDITION RATING	AS NEW	MAINTENANCE	REPAIRS	REHABILITATION	REPLACEMENT	AVERAGE CONDITION
	5	4	3	2	1	3.77
% of FACILITIES	13%	60%	19%	5%	3%	100%
BUDGET REQUIRED	R 5,000,000	R 60,000,000	R 125,000,000	R 100,000,000	R 210,000,000	R 500,000,000
% of BUDGET	1%	12%	25%	20%	42%	100%
BUDGET AVAILABLE						R 150,000,000
AVAILABLE/REQUIRED						30%
BUDGET ALLOCATION OPTIONS						
OPTION 1 : FOCUS ON REHABILITATION & REPLACEMENT BUILDINGS NOT IN A DESIRABLE CONDITION : "BOTTOM-UP APPROACH"						
BUDGET ALLOCATION	R 0	R 0	R 0	R 0	R 150,000,000	R 150,000,000
% of REQ'D BUDGET	0%	0%	0%	0%	71%	30%
% of FACILITIES	0%	0%	0%	0%	2%	2%
OPTION 2 : FOCUS ON MAINTENANCE OF BUILDINGS IN A DESIRABLE CONDITION : "TOP DOWN APPROACH"						
BUDGET ALLOCATION	R 5,000,000	R 60,000,000	R 85,000,000	R 0	R 0	R 150,000,000
% of REQ'D BUDGET	100%	100%	68%	0%	0%	30%
% of FACILITIES	13%	60%	13%	0%	0%	86%
OPTION 3 : EQUAL DISTRIBUTION OF AVAILABLE MAINTENANCE BUDGET : "BALANCED APPROACH"						
BUDGET ALLOCATION	R 1,500,000	R 18,000,000	R 37,500,000	R 30,000,000	R 63,000,000	R 150,000,000
% of REQ'D BUDGET	30%	30%	30%	30%	30%	30%
% of FACILITIES	4%	18%	6%	1%	1%	30%

Figur 4-2 Konsekvens ved budsjettkutt (McDuling et al., 2011) (Sirkler er tegnet i figuren for å gjøre det enklere å se tallene)

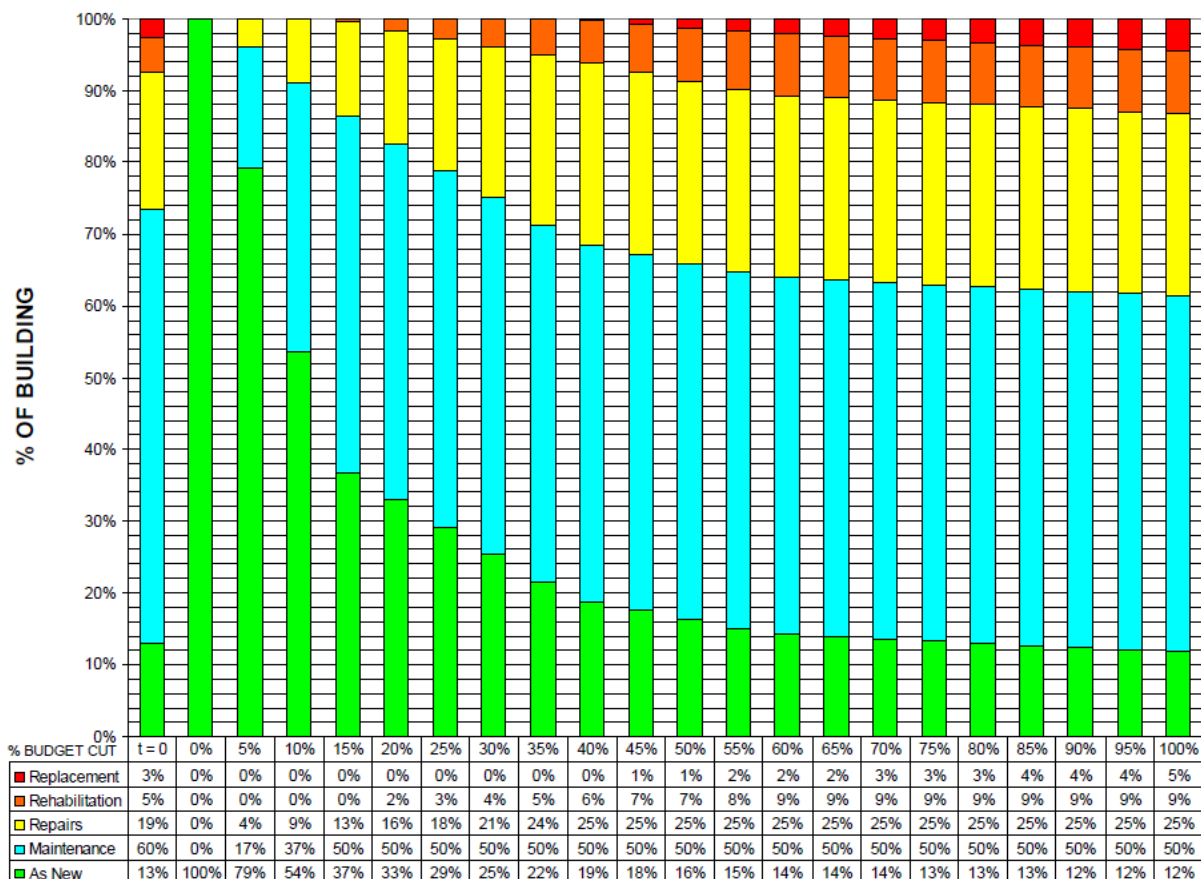
Figur 4-2 (se blå sirkel) viser at 42 % av 100 % vedlikeholdsbudsjett er nødvendig for å skifte ut komponenter i tilstandsgrad 1. Med utgangspunkt i et budsjettkutt på 70 % har man svært begrensede midler til å allokere fysisk kapital.

Figur 4-3 illustrerer grafisk resultatene fra en metode som estimerer nedbrytningshastighet for fysisk kapital målt i tilstandsgrad for bygningselementer. Selve beregningsmetodikken er utenfor scope til denne oppgaven (Fuzzy-logikk systemer) og utledes ikke videre. Ved hjelp av et slikt verktøy, som illustrert i figur 4-3, er det mulig å beregne kvantitativt hvor raskt tilstandsgraden til fysisk kapital reduseres.



Figur 4-3 Nedbrytningshastighet ved forsømt vedlikehold (McDuling et al., 2011)

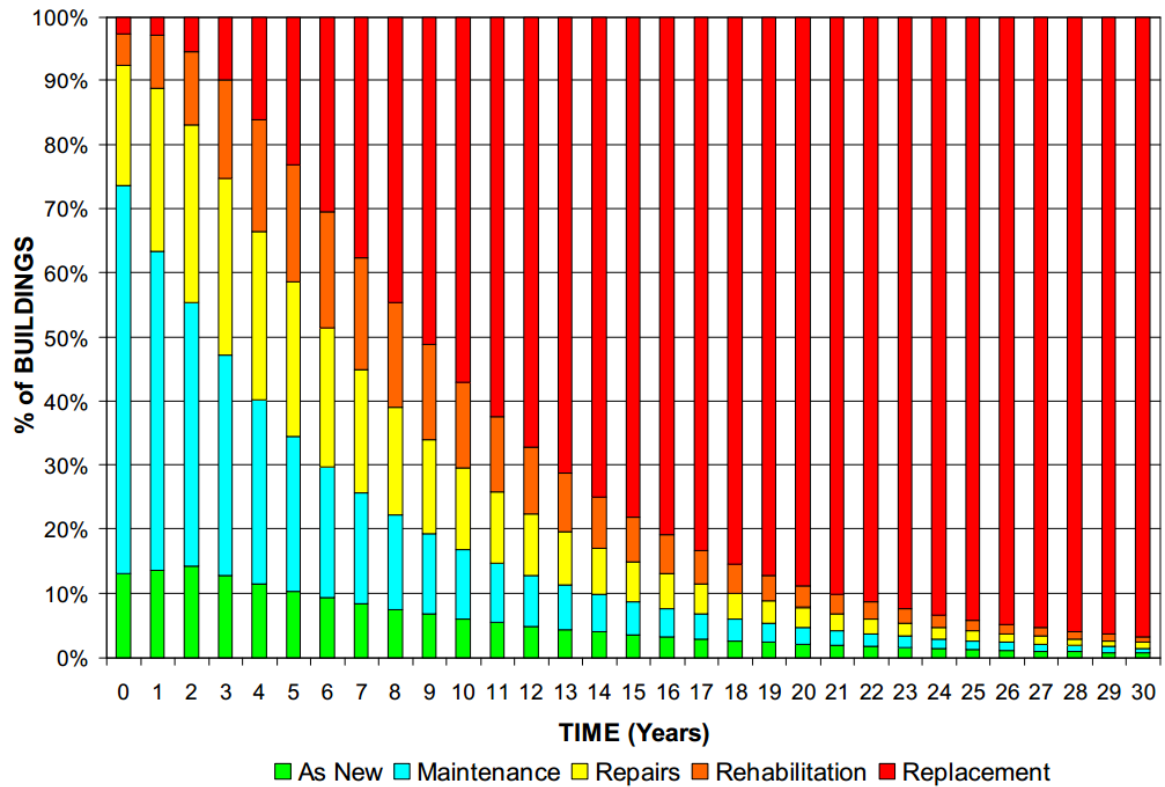
Figur 4-4 illustrerer hvordan tilstandsgrad 5 – 1 kan kvantifiseres ved år 1 i forhold til budsjettkutt ved år 0. Figuren (figur 4-4) tar utgangspunkt i scenario 1 hvor fysisk kapital i tilstandsgrad 1 prioriteres. Fargekoder er benyttet for å illustrere tilstandsgradene. Vi ser at ved 0 % budsjettkutt er realverdien til fysisk kapital ivaretatt, pga. en teoretisk forutsetning om at 100 % vedlikehold fører fasiliteter til tilstandsgrad 5.



Figur 4-4 Eksempel, Scenario 1, reduksjon av tilstandsgrad (McDuling et al, 2011)

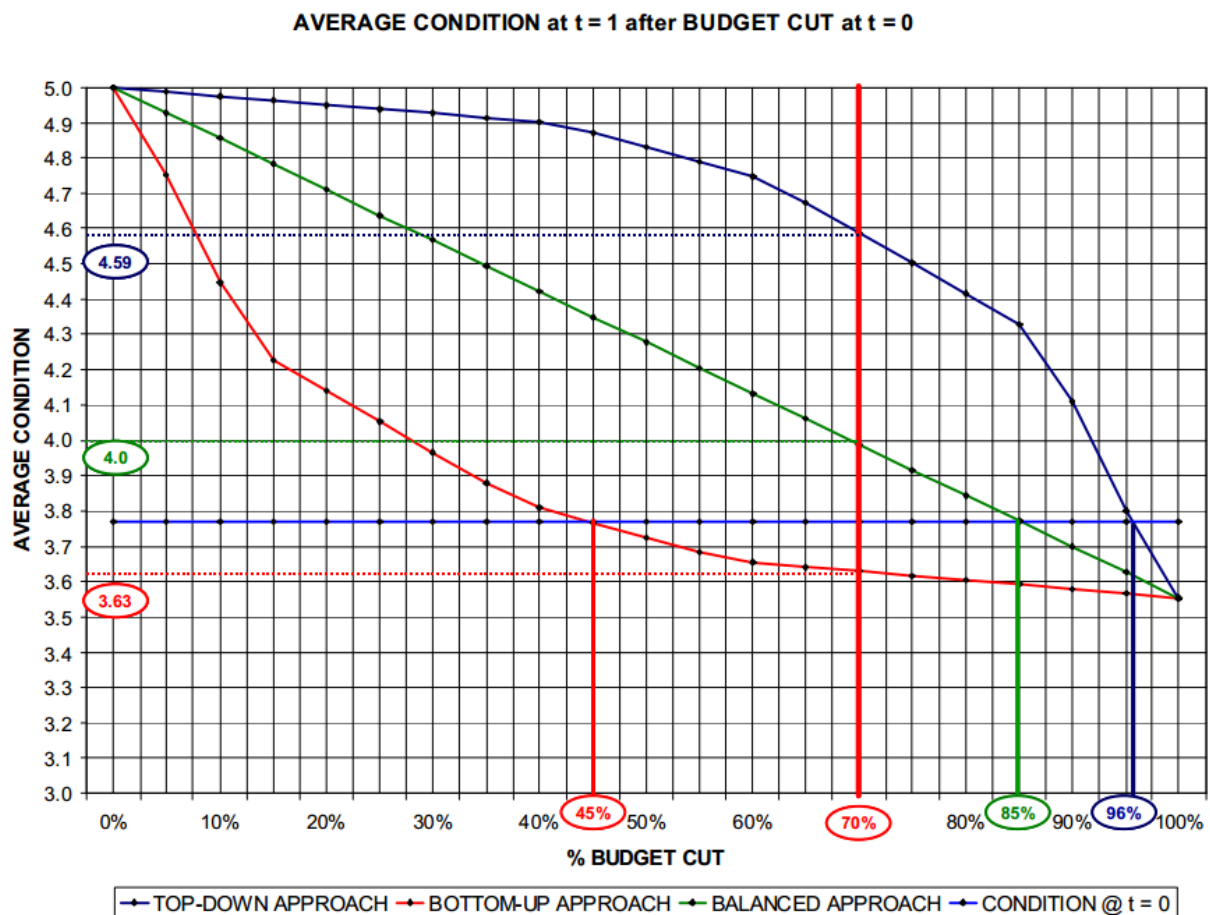
Vi ser i denne figuren (4-4) at desto større kuttet i vedlikeholdsbudsjettet er, desto større andel av fasilitetene vil reduseres til tilstandsgrad 4, 3, 2 og 1. Et spesielt tilfelle figuren illustrerer er at vedlikeholdsetterslepet eskalerer allerede etter 10 % budsjettkutt. Etter 40 % budsjettkutt starter fasiliteter å reduseres til tilstandsgrad 1 allerede etter 1 år.

Figur 4-5 illustrer en mulig teoretisk konsekvens over en analyseperiode på 30 år ved å ha en konstant reduksjon i vedlikeholdsbudsjettet på 70 % basert på «bottom up» tilnærming. Figur 4-5 tydeliggjør konsekvensene ved å prioritere fasiliteter i tilstandsgrad 1. Det som skjer over tid ved budsjettkutt er at bygningsmassen til eiendomsforvaltere får et økende vedlikeholdsbehov, som på sikt vil føre til et økt vedlikeholdsetterslep. Årsaken til dette er fordi fasiliteter som opprinnelig har høy tilstandsgrad vil reduseres relativt raskt til tilstandsgrad 1, fordi vedlikeholdsmidlene til fasiliteter i tilstandsgrad 1 prioriteres. En spesiell detalj ved grafen i figur 4-5 er at fysisk kapital i tilstandsgrad 5 øker de første 2 årene, før tilstandsgraden reduseres pga. akselererende vedlikeholdsetterslep.



Figur 4-5 Teoretisk eksempel, reduksjon av tilstandsgrad, analyseperiode 30 år (McDuling et al., 2011)

Figur 4-6 illustrerer hvor raskt tilstandsgraden for fasiliteter reduseres i forhold til scenario 1, 2 og 3. Figuren (figur 4-6) tydeliggjør konsekvensene ved budsjettkutt målt i gjennomsnittlig tilstandsgrad. Tilsynelatende synes det som at scenario 2 «Top Down» tilnærming er den beste strategien, fordi gjennomsnittlig tilstandsgrad holdes ved et høyt nivå, selv ved et stort kutt i vedlikeholdsbudsjettet.



Figur 4-6 Reduksjon av tilstandsgrad i forhold til reduksjon i vedlikeholdsbudsjett (McDuling et al., 2011)

Ved 70 % budsjettkutt gir dette følgende konsekvenser for gjennomsnittlig tilstandsgrad til de ulike scenarioene:

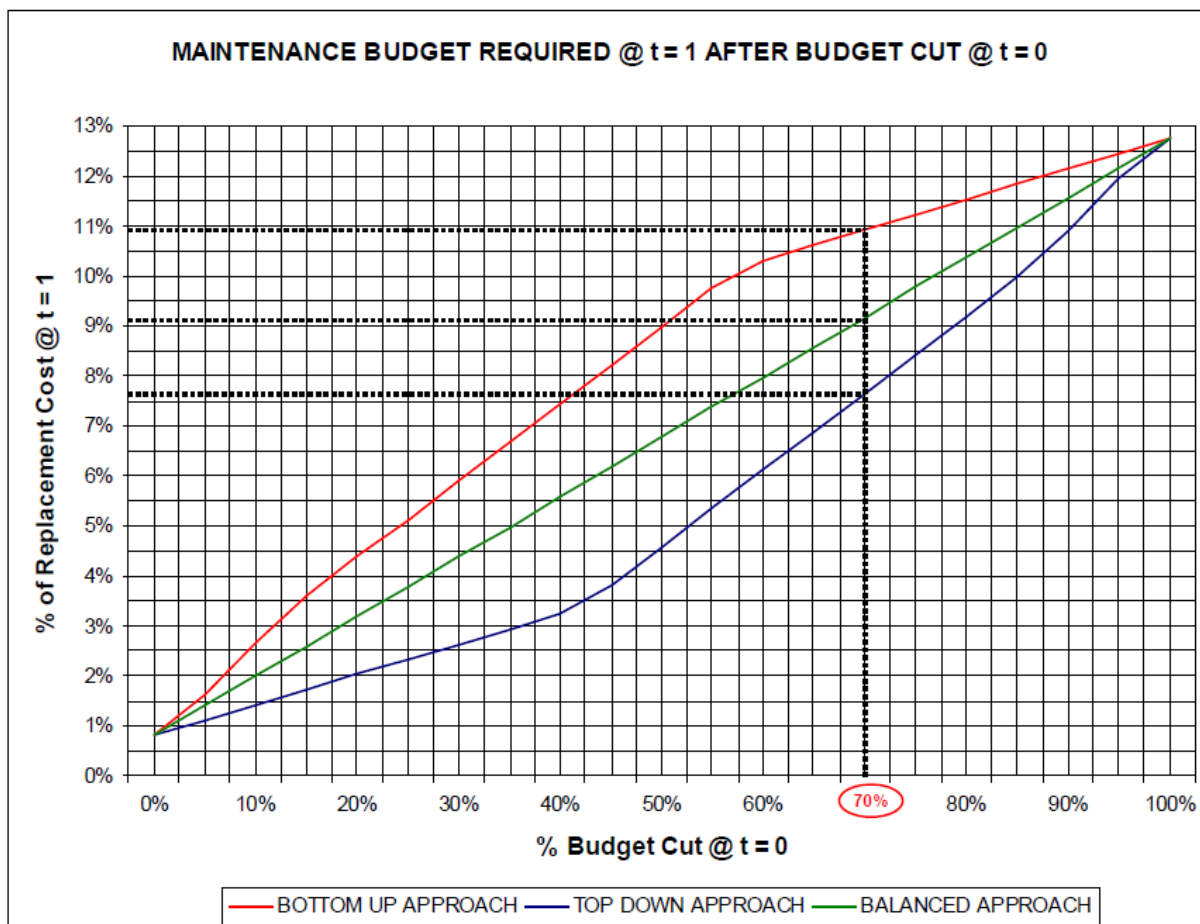
Tilstandsgrad 3.63 for scenario 1 «Bottom up» tilnærming

Tilstandsgrad 4.59 for scenario 2 «Top down» tilnærming

Tilstandsgrad 4.0 for scenario 3 «Balanced» tilnærming

Vi ser at «Top down» tilnærming gir høyest gjennomsnittlig tilstandsgrad. For skolebygg er denne strategien ikke bra sett i fra politikere sitt synspunkt, da det synes negativt for andre interessenter hvis strakstiltak ikke får prioritet. Dette er derfor en årsak til at denne strategien sannsynligvis ikke anvendes i praksis.

Figur 4-7 illustrerer hvor mye vedlikeholdsbudsjettet må øke pga. forsømt vedlikehold.



Figur 4-7 Oppgraderingskostnad i forhold til kutt i vedlikeholdsbudsjett (McDuling et al., 2011)

Figur 4-7 beskriver Y-aksen prosentatsen av total estimert utskiftningskostnad, dvs. hvor mye vedlikeholdsbudsjettet må øke for å dekke vedlikeholdsetterslepet. X-aksen tilsvarende budsjettkutt i % ved år 0. Grafen (Figur 4-7) synliggjør at desto mer vedlikeholdsbudsjettet reduseres, desto høyere blir utskiftningskostnaden. Ved 70 % kutt av vedlikeholdsbudsjettet beskriver tabell 4-4 relative kostnader målt i prosent for de ulike scenarioene. Tabellen (4-4) tyder på at forsømt vedlikehold medfører store konsekvenser fordi oppgraderingskostnader må gjennomføres ved en tidligere fase.

Tabell 4-4 Oppgraderingskostnad etter år 1 for ulike scenarier (McDuling et al., 2011)

Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Prosentats på ca. 10.9 % av totale utskiftningskostnader ved år 1	Prosentats på ca. 7.5 % av totale utskiftningskostnader ved år 1	Prosentats på ca. 9.1 % av totale utskiftningskostnader ved år 1

Figur 4-8 illustrerer kvantitativt økonomiske konsekvenser ved å redusere vedlikeholdsbudsjettet ved år 0.

Tabell 4-5 Kvantitativ konsekvens ved 70 % budsjettkutt (McDuling et al., 2011)

Approach	0% Budget Cut			70% Budget Cut			Cost of Budget Cut
	t = 0	t = 1	Total	t = 0	t = 1	Total	
Bottom up	R570m	R75m	R645m	R170m	R982m	R1,152bn	R507m
Balanced				R170m	R825m	R995m	R350m
Top down				R170m	R680.5m	R850.5m	R205.5m

Med utgangspunkt i figur 4-8 er det laget et eget regneark vist i figur 4-9, som illustrerer det samme prinsippet, men regnet i norske kroner. Et teoretisk case med forenklete forutsetninger er benyttet for denne illustrasjonen. Resultatet er vist i tabell 4-6. Forutsetningene er som følger:

Vedlikeholdsbehov er på 3 800 000,- ved år 0.

Vedlikeholdsbehov er på 5 000 000,- ved år 1.

Estimert oppgraderingskostnad tilsvarer 60 000 000,-.

Prosentatsene 10,9 %, 9,1 % og 7,5 % ved 70 % budsjettkutt benyttes for de respektive scenarioene som multipliseres med total estimert oppgraderingskostnad for bygget.

Tabell 4-6 Kvantitativ konsekvens ved 70 % budsjettkutt, eget regneark

Tilnærming	0 % Reduksjon i vedlikeholdsbudsjett			70 % Reduksjon i vedlikeholdsbudsjett			Økonomisk konsekvens pga. reduksjon i vedlikeholdsbudsjett ved år 0
	t = 0 år	t = 1 år	Totalt	t = 0 år	t = 1 år	Totalt	
Bottom Up	3 800 000,00	500 000,00	4 300 000,00	1 140 000,00	6 540 000,00	7 680 000,00	3 380 000,00
Balanced				1 140 000,00	5 460 000,00	6 600 000,00	2 300 000,00
Top Down				1 140 000,00	4 500 000,00	5 640 000,00	1 340 000,00

Mc Duling et al. (2011) sine resultater viser at reduksjon av tilstandsgrader kan estimeres matematisk, gitt at endringer i tilstandsgrader kan defineres kvantitativt. Dette kan gjøres med Neuro-Fuzzy systemer hvis man har lite konkret informasjon, eventuelt basert på mer konservative statistiske metoder, hvis man har tilgang til representative statistiske data. Disse metodene er utenfor scope til oppgaven, men kan være et godt utgangspunkt for videre forskning.

McDuling et al. (2011) sine resultatene og tabell 4-6 tyder på at er viktig å fordele vedlikeholdsmidler til fysisk kapital i alle tilstandsgradene for eksempel ved hjelp av spesifikke vedlikeholdsprogrammer for de respektive tilstandsgradene (verdibevarende –rehabiliterings –og oppgraderingsorientert vedlikeholdsprogrammer). Potensielle fordeler ved denne tilnærmingen til å forvalte vedlikeholdsmidler på, er at vedlikeholdskostnadene kan reduseres, det kan bli mindre kostbart å

oppgradere bygningsdeler til tilstandsgrad 5 og i beste fall forsvinner utfordringen knyttet til vedlikeholdsetterslep.

Det er henvist til forfatteren Mc Duling et al. (2011) som har utarbeidet resultatene gitt her. Disse resultatene er kun ment som et teoretisk bidrag til denne oppgaven og har ikke andre formål enn å underbygge resultatene.

5 Del 3 – Regnskap (Kommuneregnskap, avskrivninger, internregnskap) og Life-Cycle Costing

The ways by which you may get money almost without exception lead downward.

Thoreau, Henry David

1863

5.1 Kommuneregnskap

Når vi snakker om regnskap, skiller vi mellom finansregnskap (rettet mot eksterne brukere) og internregnskap (internt bruk, andre benevninger: kostnadsregnskap, driftsregnskap o.l.). Kommunal sektor benytter balanseregnskap, driftsregnskap og investeringsregnskap og er definert i tabell 5-1.

Tabell 5-1 Regnskapsmetoder i kommunal sektor

Balanseregnskap	Varige driftsmidler aktiveres i balansen og avskrives i forhold til en fornuftig avskrivningsplan (avskrives etter estimert levetid for driftsmiddelet, eventuelt nedskrives hvis realverdien mister verdi pga. uventede hendelser)
Driftsregnskap	Beskriver inntekter og utgifter i et selskap over en periode på et år, hvor resultatet enten er overskudd eller underskudd
Investeringsregnskap	Investeringsregnskapet inneholder alle kostnader definert som investeringskostnader. Dette inkluderer blant annet midler til generell rehabilitering, lån fra lånefondet, salgsinntekter, tilskudd, refusjon og overføring fra drift. Investeringer kan defineres som følger: «Som investering anses anskaffelser av eiendeler av vesentlig verdi (minst 100 000 kroner) som er bestemt til eget, varig eie eller bruk (minst tre år)». Alle investeringer skal utgiftsføres i investeringsregnskapet og aktiveres i balanseregnskapet.

5.1.1 Balanseregnskap

Balanseregnskap beskriver balansen mellom eiendeler sammenlignet med egenkapital og gjeld. En enkel illustrasjon av balanseregnskap er gitt i tabell 5-2.

Tabell 5-2 Balanseregnskap

Driftsmidler	Egenkapital
Finansmidler	Kortsiktig gjeld

	Langsiktig gjeld
	+/- Resultat etter skatt
Sum=Eierandel	Sum=Egenkapital + Gjeld
Balanse: Eierandel = Egenkapital + Gjeld	

Noen svakheter ved balanseregnskap er nevnt her (Boundless, 2014):

1. Balanseregnskapet reflekterer ikke dagens markedsverdi fordi regnskapet baserer seg på historiske data.
2. Fysisk kapital er basert på budsjetter (estimerte kostnader) og beskriver derfor nødvendigvis ikke realistisk realverdier.
3. Balanseregnskapet kan ikke måle kvalitative verdier som for eksempel grad av lojalitet hos ansatte, grad av kunnskap i bedriften, troverdighet hos de ansatte etc.

5.1.2 Driftsregnskap

En enkel illustrasjon av driftsresultatet og resultatregnskapet er gitt i tabell 5-3:

Tabell 5-3 Driftsresultat og resultatregnskapet

Resultatregnskapet	
Driftsinntekter (+)	Dette er inntekter av driftsaktiviteten (inntekt fra husleie, kjøp og salg av varer, etc.)
Driftskostnader (-)	Kostnader som vedrører driftsaktiviteten (administrative kostnader, forsikring etc.)
Sum Driftsmidler	Summen av driftskostnader og driftsinntekter pga. driftsrelatert virksomhet i kjernevirksomheten
Driftsresultat (+/-)	Netto driftsresultat (Inntekter – utgifter)
Finansinntekter	Avkastning på kapitalplassering, dvs. renteinntekter, utbytte mv.
Finansutgifter	Kostnader for fremmedkapital, dvs. rentekostnader mv.
Årsresultat	Resultat etter skatt

Det er en viktig sammenheng mellom balanseregnskapet og driftsregnskapet. Med hensyn til LCC-metoden bør driftsbudsjettet tilpasses nødvendige vedlikeholdsoppgaver i forhold til vedlikeholdsbehovet, ikke andre forhold som for eksempel fjorårets budsjett. Hvis vedlikeholdsutgifter fører til varig forbedring eller standardheving i forhold til anskaffelsestidspunktet kan dette aktiveres i balansen. Generelt sett er det viktig å vurdere om kravene er tilfredsstillende for å balanseføre immaterielle eiendeler.

Departementet minner for øvrig om at løpende vedlikeholdsutgifter fortsatt skal utgiftsføres i driftsregnskapet. Påkostninger skal utgiftsføres i investeringsregnskapet og aktiveres i balanseregnskapet. Som vedlikehold av bygninger regnes tiltak for å holde en bygning i stand, med en standard tilsvarende da bygningen stod ferdig som nybygg. Tiltak som fører bygningen til en annen stand eller bedre standard enn den har vært i tidligere, regnes som påkostning (dvs. investering) (Lovdata, 2000).

5.2 Avskrivning av byggverk

Avskrivningsregler er viktig i sammenheng med LCC-beregninger, da dette er en økonomisk beskrivelse på realverdien til fysisk kapital. En av utfordringene i LCC-perspektivet er komponenter som har betydelig kortere eller lengre levetid i forhold til avskrivningstiden kommunen må forholde seg til. Dette gir ikke rom for en optimal vedlikeholdsstrategi. Det eksisterer ulike type avskrivningsmetoder og tre kjente metoder utredes her: saldoavskrivning, lineær avskrivning og annuitetsmetoden.

5.2.1 Lineær avskrivning

Lineær avskrivning er en lineær avskrivningssats for anskaffelsen basert på forutsatt økonomisk levetid. Et kort eksempel som beskriver lineær avskrivning er ved kjøp av en anleggspark på 100 millioner kroner med forutsatt økonomisk levetid på 10 år. Dette gir en årlig avskrivning på 10 millioner kroner hvert år, fordi $100/10=10$. Denne metoden brukes vanligvis i regnskapsmessig sammenheng.

5.2.2 Saldometoden

Saldometoden betyr at avskrivningssatsen beregnes på nytt hvert år basert på saldo (størrelsen til balanseregnskapet). Hvis vi bruker eksempelet over med anleggsparken og 20 % saldo, får vi følgende avskrivningssats for de neste fem årene:

- 1 året 20 mill. (20 % av 100 mill.)
- 2 året 16 mil. (20 % av 80 mill.)
- 3 året 12.8 mill. (20 % av 64 mill.)
- 4 året 10,2 mill. (20 % av 51.2 mill.)
- 5 året 8.2 mill. (20 % av 41.0 mill.)

Det er vist til metodikken for saldometoden, men utenfor scope til denne oppgaven (aktuell i skattemessig sammenheng) og utredes derfor ikke videre.

5.2.3 Annuitetsmetoden

Annuitetsmetoden betyr at man beregner en fast avskrivningssats som er lik hvert år. Metoden er beskrevet med et eksempel: Anta anskaffelsesverdi på 100 mill. kroner til en anleggspark. Levetiden er på fem år og kalkulasjonsrenten er på 5 % (Inflasjon + risikojustering + avkastningskrav). Først må annuitetsfaktoren beregnes i henhold til NS 3454 punkt 4.6 (3):

$$a = \frac{r}{1 - (1 + r)^{-T}} = \frac{0.05}{1 - (1 + 0.05)^{-5}} = 0.23097$$

Da får vi årskostnaden etter NS3454 4.6 (4):

$$100 * 0.23097 = 23.1 \text{ mill.}$$

Dette gir oss følgende regnskapsoppstilling, vist i tabell 5-4.

Tabell 5-4 Eksempel, annuitetsmetoden (Farid, 2014)

Debet			Kreditkasse	
1. Året (1. januar)	Bankinnskudd	100	Avskrivningssats	23.1
1. Året (31. desember)	Renteinntekt	5	Balanseføring	100-23.1+5=81.9
	Sum	105	Sum	105
2 året (1. januar)	Balanseføring	81.9	Avskrivningssats	23.1
2 året (31. desember)	Renteinntekt	4.1	Balanseføring	81.9-23.1+4.1=62.9
	Sum	86	Sum	86
3 året (1. januar)	Balanseføring	62.9	Avskrivningssats	23.1
3 året (31. desember)	Renteinntekt	3.15	Balanseføring	62.9-23.1+3.15=42.95
	Sum	66.1	Sum	66.1
4 året (1. januar)	Balanseføring	42.95	Avskrivningssats	23.1
4 året (31. desember)	Renteinntekt	2.15	Balanseføring	42.95-23.1+2.15=22
	Sum	45.1	Sum	45.1
5 året (1. januar)	Balanseføring	22	Avskrivningssats	23.1
5 året (31. desember)	Renteinntekt	1.1	Balanseføring	22-23.1+1.1=0
	Sum	23.1	Sum	23.1

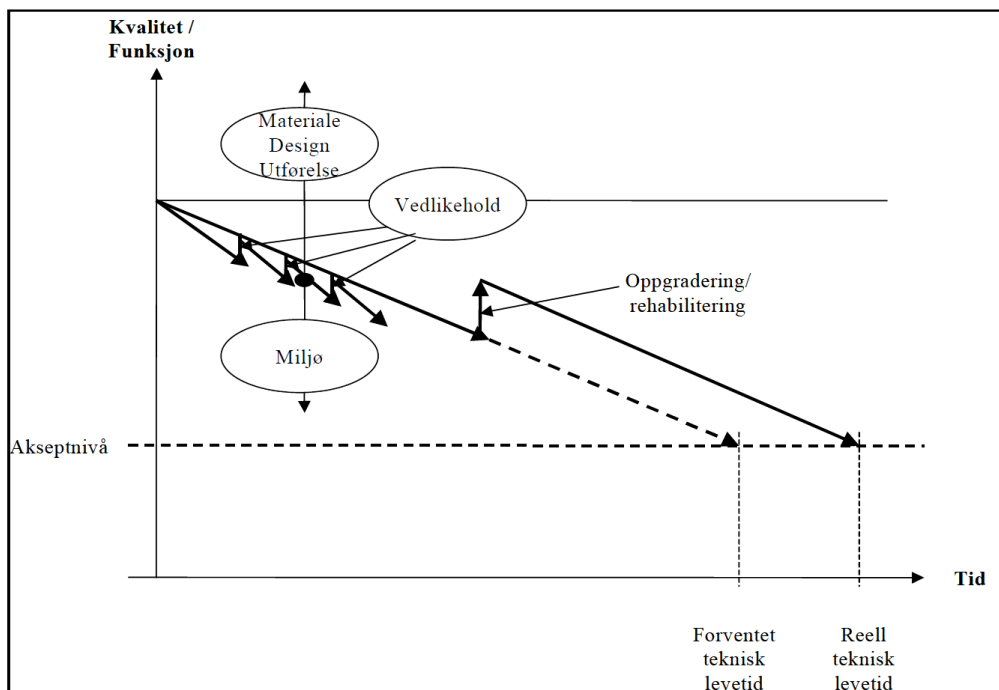
Denne metoden er anerkjent i litteraturen og er mest nøyaktig av disse tre metodene. Metoden er basert på empiriske data, som gjør dette til en vitenskapelig metode. En fordel og ulemper med denne metoden er beskrevet i tabell

Tabell 5-5 Fordel og ulemper med annuitetsmetoden

Fordel	Ulemper
Annuitetsmetoden inkluderer finansielle inntekter i form av renter og avskriver fysisk kapital mer nøyaktig, i forhold til de to andre avskrivningsmetodene.	Balansen reduseres gradvis hvert år fordi avskrivningssatsen er konstant, men renteinntekten reduseres årlig. Dette betyr at hvis rentesatsen settes til 0 % får vi en avskrivningsprofil tilsvarende lineær avskrivning. Metoden er komplisert, og er nødvendigvis ikke enkelt å anvende i praksis.

5.2.4 Kvalitet og funksjon i forhold til avskrivning

Figur 5-1 illustrerer avskrivningsprinsippet i forhold til realverdier, drift og aktivering ved å analysere forholdet mellom kvalitet/funksjon og tid:



Figur 5-1 Avskrivning av bygninger (kvalitet/funksjon og tid) (Bjørberg et al-, 2005, side 36)

Vi ser at værhardt klima reduserer levetiden, mens materialvalg, design og utførelse øker levetiden. Grafen illustrerer at verdibevarende driftsaktiviteter (vedlikehold, rengjøring) forlenger levetiden for byggverket, fordi bedre forvaltning av midler bidrar til at realverdier ivaretas på lang sikt. Vi ser også at utvikling (oppgradering/rehabilitering) forlenger levetiden, fordi vedlikeholdsaktiviteter, definert som påkostninger, skal kostnadsføres i investeringsregnskapet og aktiveres i balanseregnskapet. Dette gir oss en høyere teknisk realverdi pga. økt levetid i forhold til opprinnelig levetid. Føringer for vedlikehold som kan aktiveres og avskrives i balanseregnskapet er beskrevet i tabell 5-6.

Tabell 5-6 Avskrivningsregler for vedlikehold og påkostning (Lovdata, 2000)

Vedlikehold	Påkostning
<ul style="list-style-type: none"> - Bygninger males/beises - Ytterkledninger blir skiftet til tilsvarende kledning - Vinduer blir skiftet ut - Taktekking blir skiftet ut - Komponenter i ventilasjonsanlegget blir skiftet ut. 	<ul style="list-style-type: none"> - Det blir foretatt ombygging eller påbygging - Det blir byttet til bygningsdeler med en vesentlig høyere standard - Det blir etterisolert i forbindelse med skifte av ytterkledning eller taktekking - Det blir installert ventilasjonsanlegg i en bygning som fra før har naturlig ventilasjon

5.3 Life Cycle-Costing teorier

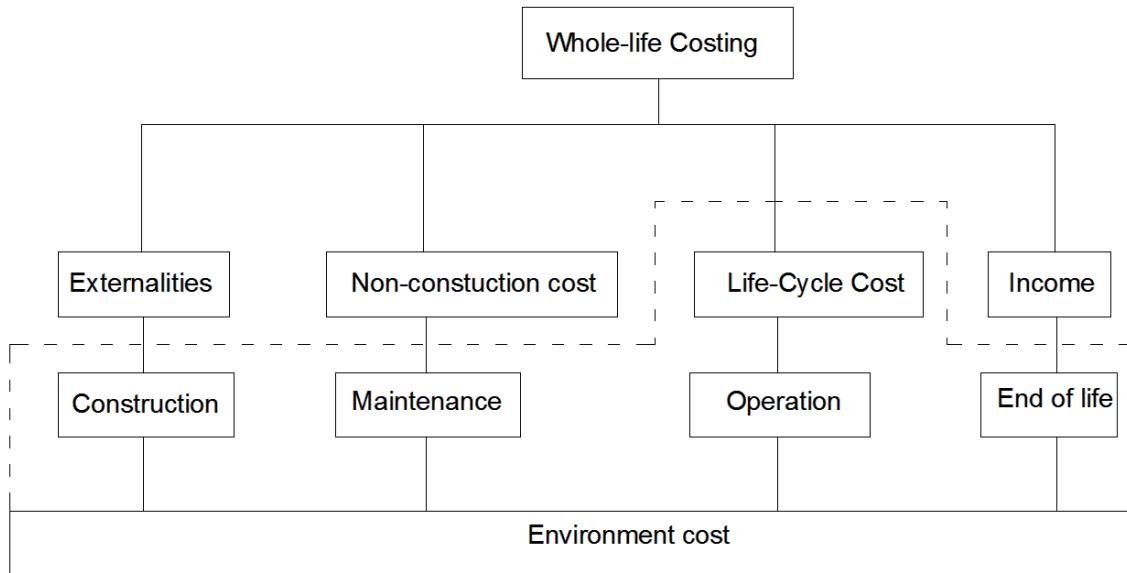
Life-Cycle Costing (LCC) er et begrep som kan spores tilbake til andre verdenskrig. Begrepet ble opprinnelig brukt innen militær logistikk da masseproduksjon av våpen tvang frem nytenkning for å redusere totaløkonomisk kostnad eller livssyklus kostnader. Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF) introduserte begrepet LCC i Norge i 1978. I Norge har vi per dags dato blant annet publisert bøkene Bjørberg et al. (2003) og Bjørberg et al. (2005).

LCC-metoden er basert på nyklassisk økonomi (Gluch et al., 2004). LCC-begrepet baserer seg i stor grad på hypotesen om at større investeringer gir lavere kostnader på lang sikt. Det kan for eksempel skje at dyrere løsning er mer lønnsomt på sikt i forhold til en billigere løsning, eller at en dyr løsning har et større vedlikeholdsbehov og fører til økte driftsutgifter sammenlignet med alternative løsninger (Ashworth, 2004). Dette tyder på at man bør ha en pragmatisk holdning til valg av byggematerialer, da det dyreste materialet nødvendigvis ikke alltid er det beste valget i forhold til materialets tiltenkte funksjon. Generelt sett tyder litteraturen på at høyere investeringer kan føre til færre feil på sikt.

Begrepet Whole-Life Costing er dekkende for hele kostnadsspekteret i byggeprosjekter. Life-Cycle Costing fokuserer kun på LCC-kostnader (byggekostnader, vedlikeholdskostnader, operasjonelle

kostnader og skrapverdi til bygget). Alle disse punktene genererer kostnader og har miljømessige konsekvenser. Tradisjonelle LCC-metoder fokuserer på livsløpskostnader som kan spores tilbake til byggeaktivitet, mens LCC-metoder med fokus på miljø (Life-Cycle Assessment) ofte har fokus på miljøkonsekvenser ved alternative design-valg.

Figur 5-2 illustrerer hvilke kostnadskategorier LCC-metoden dekker i forhold til Whole-Life Costing.



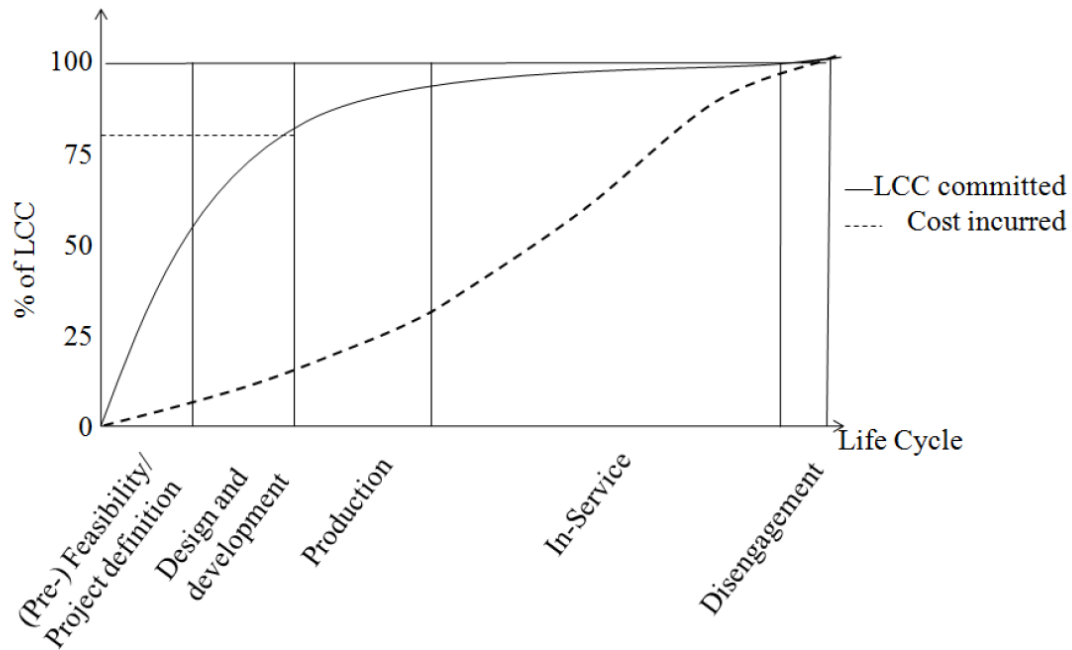
Figur 5-2 Kostnadselementer i LCC-analyser

5.3.1 LCC og Value-Engineering

I følge Emblemsvåg (2003) har LCC tre hovedfunksjoner:

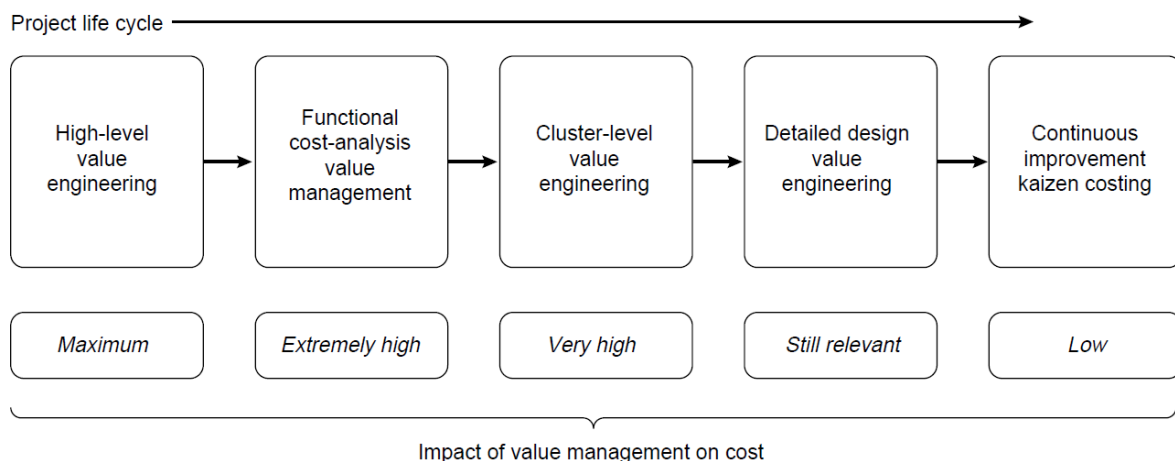
1. Være et effektivt Engineering-verktøy, spesielt med hensyn til design og anskaffelser (Dette var den originale hensikten med LCC)
2. Proaktiv forankring av LCC i internregnskap/kostnadsregnskap og forvaltning
3. Design & Engineering-verktøy for miljøpåkjenninger (LCA)

Figur 5-3 illustrerer hvor stor del av LCC-kostnaden som er bundet til et prosjekt i de respektive prosjektfasene.



Figur 5-3 Påløpte LCC-kostnader i ulike prosjektfaser (Almberg, 2011, side 12)

Figur 5-3 beskriver at ca. 80 % av LCC-kostnaden er bundet ved starten av byggeprosessen, som betyr at anskaffelser har betydning for LCC-perspektivet. Dette samsvarer med UBF sin prosjektmodell hvor KVU og forprosjektfasen gir størst rom for kostnadsreducerende tiltak i et totaløkonomisk perspektiv. Value-Engineering går ut på å ivareta kvalitet og redusere kostnader. Ved å sammenligne dette konseptet med Figur 5-3, gir det rom for en interessant diskusjon om LCC-analyser. Value-Engineering er illustrert i figur 5-4.



Figur 5-4 Value-Engineering (Nicolini, 2000, side 315)

Figur 5-4 beskriver verdiskapende innovasjon/Value-Engineering og tar utgangspunkt i at verdiskaping er mest relevant ved de tidligste fasene av prosjektet til og med detaljprosjekteringen. Kaizen Costing er også nevnt i figuren (5-4) og går ut på kontinuerlig reduksjon av kostnader til

produkter som er under produksjonsfasen. I Kaizen Costing kan kostnader for eksempel reduseres ved å fjerne slakk under produksjon. Det viktigste poenget figuren illustrerer er at Value-Engineering har størst innflytelse ved de tidligste prosjektfasene, hvor innflytelsen på realverdier gradvis reduseres frem til siste prosjektfase. Dette gjelder også for styring av LCC-kostnader, hvor innflytelse på LCC-kostnader er størst ved starten av prosjektet og minimalt ved slutten av prosjektet når de fleste LCC-kostnadene allerede har påløpt.

5.3.2 LCC-definisjoner

ISO 15686 har definert begrepet LCC som «a technique which enables comparative cost assessments to be made over a specified period of time, taking into account all relevant economic factors both in terms of initial costs and in terms of future operational costs. ». Tabell 5-7 beskriver ti delvis ulike definisjoner på LCC.

Tabell 5-7 Ti definisjoner av LCC (Gluch et al., 2004)

Full Cost Accounting (FCA)	Identifiserer og kvantifiserer alle kostnadene som kan spores tilbake til et bestemt produkt, en produktlinje, en prosess, service eller aktivitet.	Identifiserer: direkte, indirekte og «intangible» (kostnader som ikke kan spores tilbake til noe konkret) kostnader
Full Cost Environmental Accounting (FCEA)	Det samme som FCA, men tydeliggjør miljøkonsekvenser	Varyerer avhengig av ambisjonsnivået og hvilke miljøkonsekvenser man ønsker å måle
Total Cost Assessment (TCA)	Langsiktig økonomisk analyse som tar for seg alle relevante interne kostnader og kostnader spart som kan spores tilbake til en bestemt investering	Identifiserer interne kostnader og penger spart.
Total Cost Accounting (TCA)	Synonym til FCA eller TCA	Typiske kostnader (volumbasert), skjulte kostnader, kostnader i forhold til ansvarsfordeling, «less tangible costs».
Life Cycle Assessment (LCA)	Analysere produktspesifikke kostnader innenfor et Life-cycle rammeverk	Typiske kostnader, skjulte kostnader, kostnader i forhold til ansvarsfordeling, «less

		tangible costs».
Life Cycle Cost Assessment (LCCA)	Systematisk metode for å kvantifisere livssyklus kostnader til et produkt eller service ved å måle miljøkonsekvenser og tildele tiltak i form av penger til de respektive miljøkonsekvensene	Data her legges inn som input i LCA
Life Cycle Costing (LCC)	Summen av kostnader som kan spores tilbake til et produkt, prosess eller aktivitet hvor kostnadene diskonteres for å beregne netto nåverdien	Varieser avhengig av hva slags investeringsbeslutning man analyserer og omfanget av investeringen
Life Cycle Costing (2) (LCC (2))	Etter ISO 15686, går dette mer ut på å vurdere alternative investeringer for å sammenligne relevante kostnader og vurdere hvilke investeringer som er mest lønnsomme på lang sikt	Varieser avhengig av hva slags investeringsbeslutning man analyserer og omfanget av investeringen
Full Cost Pricing (LCP)	Synonym til LCC eller FCA	
Whole Life Costing (WLC)	Synonym til LCC eller TCA. Spesifikt definert som systematisk analyse av alle relevante kostnader og inntekter som kan spores tilbake til anskaffelsen og eierskapet av aktiva	Kapitalkostnad («initiert kostnad/prosjektkostnad»), driftskostnader

Disse ti LCC-metodene beskrevet i tabellen (5-7) tyder på at det kan skapes forvirring blant mange i forhold til forståelse av begrepet LCC. Dette kan bli spesielt problematisk i kommunikasjon, da man i prinsippet tar utgangspunkt i ulike definisjoner, men benytter samme forkortelser. Det skal ikke mye til før definisjonene kommer i konflikt med hverandre. I verste fall forbindes interne prosesser med LCC-metoden, når dette ikke er en del av LCC-metoden og ulike definisjoner av LCC brukes om hverandre, noe som kan føre til tvetydig informasjon og tvetydige data.

5.3.3 LCC-data

Tabell 5-8 beskriver hvilke LCC-data som bør inngå i en fullverdig LCC-analyse.

Tabell 5-8 Relevante LCC-data i LCC-analyser (Schade, 2007)

Investeringskostnadsdata	Drifts- og vedlikeholds data	Spesifikke data for prosjektet
Bygningskostnader	Administrasjon (Kompetanse hos vaktmester etc.)	Hva slags type bygg (Råbygg, elementbygg, modul)
Rigg og drifts-kostnader	Energi (Standard, passivhus, plusshus)	Hvordan er design (Vedlikeholdsvennlighet, grad av komplekst design etc.)
Arkitekt-kostnader (Kostnader for å utforme bygget)	Vann	
Restverdi	Spillvann	
Rivekostnad	Materialer	Lokal plassering
Andre kostnader	Renhold	
	Vedlikehold	Forutsatte levetider (Antall år med leieinntekter, levetider for produkter etc.)
	Forsikring	
	Renter	
	Skatt	
	Andre drifts- og vedlikeholdsrelaterte kostnader	Andre prosjektspesifikke data

Gråvann er en typisk parameter i byggebransjen og er en kostnad for kommunen. De vanligste parameterne som inngår i en LCC-analyse er renter, investeringer, restverdier, energi samt vedlikehold (Eliasson et al., 2012, side 14). I denne oppgaven er de relevante LCC-dataene restverdi, FDVU-kostnader, felleskostnader (energi, kommunale avgifter) og investeringskostnaden.

5.3.4 Metodikk for LCC-beregninger

LCC-metodikk tar utgangspunkt i den grunnleggende formelen:

$$LCC = \sum_0^N \frac{C_t}{(1+d)^t}$$

LCC – Totale livssyklus kostnader diskontert til nåverdi for et bestemt investeringsalternativ

C_t – Summen av alle relevante kostnader som inkluderer initierte investeringskostnader og fremtidige kostnader som oppstår i år t

N – Antall år

d – Diskonteringsfaktor som justerer kontantstrømmer til nåverdi

Bromoliw et al. (1998), referert i Langdon (2007) har utviklet en spesifikk regnskapsmodell/LCC-modell for universitetsbygninger:

$$NPV = C + R + A + M + E - S$$

C – Opprinnelig investeringsverdi

R – Dagens kroneverdi for å erstatte fysisk kapital

A – Dagens kroneverdi for årlige drifts- operasjonelle og reparasjonskostnader (ekskludert energi)

M – Dagens kroneverdi for driftskostnader, operasjonelle kostnader og reparasjonskostnader som kun oppstår en gang eller svært sjeldent i løpet av levetiden til bygningen

E – Dagens energikostnad

S – Dagens realverdi til bygningen (Inntekt hvis bygningen hadde blitt solgt i forhold til dagens marked)

Langdon (2007) viser også til Fuzzy-logikk LCC-modeller som gir rom for fleksibel håndtering av usikkerhet i data, ved å definere tre ulike dataintervaller i henhold til Fuzzy-logikk teorier. Fuzzy logikk LCC-modeller kan definere ulike alternativer i Fuzzy-sets for å kvantitativt sammenligne ulike scenarier i nåverdier. Dette temaet er utenfor scope til denne oppgaven og utredes ikke videre, men kan være grunnlag for videre forskning.

5.3.5 Diskontert kontantstrømsanalyse

Diskontert kontantstrømsanalyse (diskontering av fremtidige inntekter og utgifter til nettonåverdi) benyttes ofte i LCC-analyser. Metoden sammenligner fremtidige inn- og utbetalinger basert på konsumprisindeksen til dagens kroneverdi. Det er ulik praksis i forhold til hvordan netto nåverdi beregnes avhengig av hvilken LCC-metode man bruker og om man ønsker å måle miljøkonsekvenser eller økonomiske konsekvenser ved alternativanalyser. Det er viktig å skille mellom «nominelle», «reelle» og «diskonterte» kostnader og er beskrevet i tabell 5-9.

Tabell 5-9 Nominell, reell og diskontert kostnad

Nominell kostnad	Reell kostnad	Diskontert kostnad
Det er kostnaden som betales i fremtiden, hvor både inflasjon	Reell framtidig kostnad, hvor prisvekst er tatt med i	Enten er den reelle kostnaden diskontert med reell rente, eller

og prisvekst er inkludert i kontantstrømsanalysen.	beregningen justert for inflasjon (Inflasjon er ekskludert i kontantstrømsanalysen).	så er den nominelle kostnaden diskontert med den nominelle renten. Hvis man ikke skiller mellom disse definisjonene, risikerer man at LCC-analyser beregnes på feil grunnlag.
--	--	---

Diskonteringsfaktoren er basert på, langsiktig rente bestemt av banken, risikofri rente og inflasjonsrente som påvirker kjøpekraft (En krone i dag er mer verdt enn en krone i morgen). Ved å blande nominelle og reelle diskonteringsfaktorer, gir dette konsekvenser for resultatene. Dette illustreres med et beregningseksempel i tabell 5-10 Tabellen synliggjør at det er korrekt å benytte inntekter, utgifter og diskonteringsrente i reelle kroner og reelle renter, eller benytte inntekt, utgift og diskonteringsrente i nominelle kroner og nominelle renter. Følgende forutsetninger ligger til grunn for eksempelet i tabellen (5-10):

Inntekt: 1 100 000,-

Utgift: 1 000 000,-

Inflasjon: 2 %

Reell prisvekst: 3 %

Nominell prisveksts: 5,06 %

Reell diskonteringsrente: 6 %

Nominell diskonteringsrente: 8,12 %

Tabell 5-10 Eksempel, Diskonteringsrente, nominell og reell inntekt (Tilpasset fra: Forisk, 2010)

Netto inntekt	Diskonteringsrente	
	<i>Reell</i>	<i>Nominell</i>
<i>Inntekt – Kostnad</i>		
Reell inntekt - Reell utgift	86 627,70 kr	78 461,38 kr
Reell inntekt - Nominell kostnad	-3 535,11 kr	-3 201,85 kr
Nominell inntekt - Nominell kostnad	95 643,98 kr	86 627,70 kr
Nominell inntekt - Reell kostnad	185 806,79 kr	168 290,94 kr

Riktig diskontering i dette tilfellet (tabell 5-6) gir da svaret **86 627,70 kr.**

Emblemsvåg (2003) beskriver at den enkleste metoden for er å gjøre LCC-analyser målt i reell kroneverdi, fordi da slipper man å ta høyde for inflasjonsrenter. Dette gjøres ved å indeksregulere kostnadene for hvert år med en reell prisvekst som ekskluderer inflasjon. Deretter diskonteres kostnader med en reell diskonteringsfaktor, som tar hensyn til tidsverdi av penger. I praksis er det akseptert å addere eller subtrahere inflasjonsraten, som gir et relativt nøyaktig svar. I teorien skal

diskontert reell kroneverdi og diskontert nominell kroneverdi gi det samme resultatet. Da må formlene beskrevet i tabell 5-11 benyttes, for å få et korrekt sammenligningsgrunnlag mellom nominell og reell verdi. Tabellen (5-11) beskriver formler for å beregne nominell og reell diskonteringsrente –og prisvekst.

Tabell 5-11 Formler for inflasjonsrater (Fuller et al., 1995)

Nominell diskonteringsfaktor	$D = (1 + d) * (1 + I) - 1$
Reell diskonteringsfaktor	$d = \frac{1 + D}{1 + I} - 1$
Nominell prisvekst	$E = (1 + e) * (1 + I) - 1$
Reell prisvekst	$e = \frac{1 + E}{1 + I} - 1$

I – Generell inflasjonsrate (Inflasjonsrente på 2.5 % er et inflasjonsmål som styres av Norges bank)

D – Nominell diskonteringsrente

d – Reell diskonteringsrente

E – Nominell prisvekst (Reell prisvekst + Inflasjonsrate)

e – Reell prisvekst

Den generelle inflasjonsraten er nødvendigvis ikke konstant hvert år. Det betyr at den nominelle prisveksten nødvendigvis ikke er konstant heller. Dette er illustrert i likningen som følger:

$$C_T = C_0 * (1 + E_1)(1 + E_2)(1 + E_3)(1 + E_t)$$

E1 – Nominell prisvekst for år 1

E_t – Nominell prisvekst for år t

Dette viser at nominell prisvekst kan være forskjellig fra den generelle inflasjonsrenten. I praksis er det vanlig å anta konstant risikofri rente og konstant risikopremie når prosjekter med løpende kontantstrømmer verdsettes ved hjelp av et avkastningskrav. Beregningene er basert på en kapitalverdimodell med utgangspunkt i markedsdata. Begge disse antakelsene kan være tvilsomme for offentlige prosjekter med lang investeringshorisont (Auran et al., 2013).

5.3.5.1 Avkastningskrav i kommunen

Kommunen har et avkastningskrav tilsvarende lånefondets langsiktige lånerente. Lånefondet fungerer som kommunens ”interne” bank. Midlene i Lånefondet blir hovedsakelig tatt opp som obligasjonslån. Det nevnes at kommunen sin produksjon av fellestjenester i hovedsak finansieres via skatter og avgifter. De opplånte midlene lånes videre ut til bykassen og kommunale foretak. Dette gjelder både langsiktige lån til investeringsvirksomhet og kortsiktige likviditetslån. Lån som er tatt opp inntektsføres ved opplåningstidspunktet og utgiftsføres ved videre utlån (Kvartalsrapport, 2014).

Oslo kommunes investeringer finansieres i hovedsak gjennom lånefondet. Lånefondet er underlagt egne budsjett- og regnskapsforskrifter. Det innebærer at det vedtas et eget budsjett for lånefondet, og at det føres særskilt bevilgnings- og balanseregnskap. Lånefondets regnskap avlegges samtidig med bykassens. Med hensyn til Norges inflasjonsmål forutsettes gjennomsnittlig prisvekst til å være 2.5 % over en analyseperiode på 25 år. UBF skal benytte lånefondets lånerente som marginalt avkastningskrav. Siden dette tilsvarer risikofri avkastning, benyttes nominell diskonteringsrente på 4.15 %, vedtatt av bystyret for 2014.

5.3.6 Beregningsmetoder for verdisetting av eiendom (Residualverdier/Restverdier)

Når vi diskonterer fremtidige kontantstrømmer, er det tre ulike metoder som er relevant for verdivurdering av fysisk kapital: Multiplikatormodellen, Residualmetoden og DRC-metoden (Depreciated Replacement Component).

5.3.6.1 Multiplikatormetoden

Formelen for multiplikatormodellen kan beskrives som følger:

$$P = \frac{d}{r}$$

d- Dette er netto kontantstrøm over et år

r- Dette er realavkastningskravet

Dette er en enkel metode som enkelt beregner verdien til en eiendom. Desto lavere realavkastningskravet er desto «bedre tider» er det i markedet, pga. lavere risiko knyttet til eiendommen. Multiplikatormetoden illustreres med et enkelt eksempel illustrert i tabell 5-12.

Tabell 5-12 Eksempel, multiplikatormetoden

	Økonomisk lav risiko	Økonomisk høy risiko
Yield (Realavkastningskrav)	5 %	10 %
Netto Husleie 2013	500 000,-	500 000,-
Verdi	500 000/0,05 =10 000 000,-	500 000/0,1=5 000 000,-

Tabellen (5-12) viser at lav risiko med lav yield (5 %) gir høy verdiutvikling, fordi man er villig til å betale mer for husleien. Høy risiko med høy yield (10 %) gir lavere verdiutvikling, fordi risikoen er for høy til at man er villig til å betale høy husleie. Beregningsmetoden er enkel å bruke og sier noe om hvor villig markedet er til å betale husleie. Desto høyere avkastningskravet er, desto mindre er investorer villig til å betale for netto leie. Resultatet («Verdi» i tabell 5-12) beskriver eiendomsverdien.

5.3.6.2 Residualmetoden

Generelt sett beskriver litteraturen ulike metoder for å estimere restverdien til en bygningsmasse. Per dags dato er lineær avskrivning en typisk metode for å beregne restverdien etter en gitt analyseperiode hvor avskrivningstid for fysisk kapital fortsatt er aktivert i balansen. Hvis anskaffelsesverdien til et bygg er på 100 millioner kroner og vi forutsetter at hele bygget avskrives over 40 år, er restverdien etter 25 år som følger:

$$100 * \left(1 - \frac{25}{40}\right) = 37.5 \text{ millioner}$$

Dette gir en resterende levetid på 15 år. Denne beregningsmetoden benyttes for restverdi-beregning av investeringskostnaden i *Reversert LCC*. Denne metoden kan kombineres med multiplikatormetoden (yield). Ved å forutsetter netto husleieinntekt på 50 000 000,- hvert år og en yield på 10 %, gir dette følgende eiendomsverdi:

$$\text{Eiendomsverdi} = \frac{50\,000\,000}{10\%} = 500\,000\,000$$

Ved å forutsette byggekostnad på 25 000 000,- får gir dette følgende restverdi ved år 0:

$$\begin{aligned} \text{Restverdi} &= 500\,000\,000 - 25\,000\,000 \\ \text{Restverdi (Ved år 0)} &= 475\,000\,000, - \end{aligned}$$

5.3.6.3 DRC-metoden (Depreciated Replacement Method)

DRC-metoden illustreres med et konkret eksempel for en bygningsdel. I følge FKOK (2012) er økonomisk levetid for bygningselementet *heis* på 20 år. Vi forutsetter en byggekostnad på 500 000,-. Hvis heisen har en alder på 15 år gir en lineær avskrivning følgende:

$$\text{Avskrivning}(15 \text{ år}) = 500\,000 * \frac{15}{20}$$

$$\text{Avskrivning} (15 \text{ år}) = 375\,000, -$$

Basert på byggekostnaden og avskrevet verdi får vi følgende restverdi:

$$\text{Restverdi} = 500\,000 - 375\,000$$

$$\text{Restverdi} = 125\,000, -$$

Vi antar at det koster 350 000,- å oppgradere heisen tilbake til opprinnelig tilstand ved en alder på 20 år. Det betyr at realverdien til heisen etter oppgradering er på 500 000,-. Som følge av dette forlenges levetiden med 20 år. I praksis bør det tas høyde for slit og elde, for å vurdere om det er økonomisk hensiktsmessig å oppgradere heisen eller skifte ut heisen med en ny heis, men med utgangspunkt i en analyseperiode på 25 år blir beregningen i dette tilfellet som følger:

$$\text{levetid}_{totalheis} = 20 + 20$$

$$\text{levetid}_{totalheis} = 40 \text{ år}$$

$$\text{Restverdi} = \frac{40 - 25}{40} * 500\,000$$

$$\text{Restverdi} = 187\,500, -$$

Likningen som benyttes for utviklingskostnaden i *Reversert LCC* er:

$$\text{Restverdi} = \frac{\sum_1^n Y_n - X}{\sum_1^n Y_n} * Z$$

Y_1 - Estimert levetid for opprinnelig bygningsrelatert element

$Y_2 + (...) + (Y_n) - \text{Estimert levetid for bygningsrelatert element etter oppgradering eller utskiftning.}$

$Z - \text{Realverdi for bygningsrelatert element per dags dato (En forenklet forutsetning er å anta at realverdien/anskaffelsesverdien tilsvarer oppgraderingskostnaden)}$

DRC-metoden forutsetter at bygningsrelaterte elementer sin realverdi er lik 0 ved slutten av sin forutsatte levetid. Hvis komponenter fortsatt har lang levetid etter at respektive komponenter er fullstendig avskrevet, gir ikke denne beregningsmetoden en realistisk beregning av realverdier. Denne metoden bør kun benyttes når det forventes at bygningsmassen fortsatt skal tas i bruk etter endt analyseperiode. Det betyr at denne metodikken egner seg godt for UBF, da det forventes at skolebygg skal ha en lang levetid (Næringsbygg er ikke like forutsigbart, da andre eksempelvis et hotellbygg kan ha relativt kort levetid). Beregningsmetodikken til DRC-metoden er basert på The Treasury et al. (2007) og Ashworth (2004).

5.3.7 Resultater fra kvantitativ undersøkelse knyttet mot LCC (Ekstern litteraturkilde)

En kvantitativ spørreundersøkelse er utført av Chiurugwi et al. (2010) hvor intervjuobjekter ble bedt om å vurdere i hvilken grad 11 ulike faktorer påvirker anvendelse av LCC i praksis. Disse faktorene er ifølge den kvantitative undersøkelsen som følger:

- Mangel på insentiver for å benytte LCC-analyser
- Mangel på kvantitative parametere som motiverer bruk av LCC hos kunden
- Mangel på en standardisert LCC-metodikk
- Mangel på LCC-kompetanse
- Vanskelig å forstå resultatene og har ikke direkte relevans i praksis
- Vanskelig å hente konkret, relevant data som har høy kvalitet (validitet)
- Fremdriftsplan, som gjør at det ikke er tid til å gjennomføre LCC-analyser
- Anskaffelses/investeringskostnader og løpende utgifter er skilt fra hverandre (Dette er også nevnt i oppgaven)
- Kunden har ikke bedt om LCC-analyser
- LCC-metodikken er inkompatibel med kundens indirekte kostnader og mål som ikke er finansielle (samfunnsnyttige mål etc.)

Over halvparten av intervjuobjektene svarte at alle disse faktorene er medvirkende årsaker til at LCC ikke anvendes i praksis. Disse faktorene er også relevant for UBF. Dette resultatet kan tyde på at disse faktorene er viktige underliggende årsaker til at LCC-beregninger ikke anvendes i større grad. På en annen side synes det som at LCC-metoder har fått større fokus de siste årene, men en av de store utfordringene er å hente LCC-data av høy kvalitet.

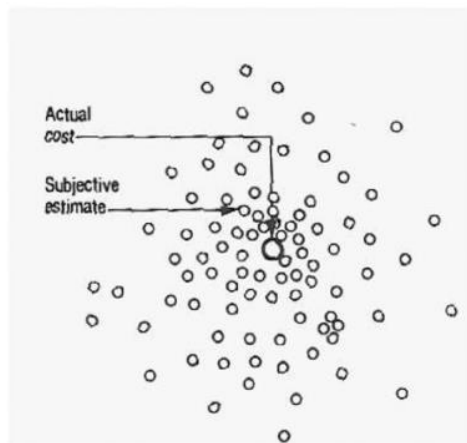
5.4 Internregnskap – Usikkerhet i kostnadsestimering

Anerkjente kostnadsestimeringsmetoder i litteraturen tar utgangspunkt i at byggekostnader er volum-basert, mens ingeniør-kostnader er relatert til prosesser. Byggekostnader er i teorien enkelt å forstå, fordi kostnaden er direkte knyttet til en byggeaktivitet. Ingeniør-kostnader er som regel ikke relevant så lenge man ikke kjenner til hvilken prosess ingeniør-kostnaden er knyttet til (Ashworth, 2004). Med hensyn til kostnader bør prosjekter med urimelig høye LCC-kostnader ikke gjennomføres. Det henvises til et case hvor budsjettet til et kraftverk sprakk med ca. 3 milliarder dollar og tok flere år før man valgte å skrote prosjektet før det ble ferdigstilt (Odendaal, 2009, side 2). Dette tydeliggjør at et godt rammeverk for kostnadsmodeller og estimering av kostnader er viktig for å styre kostnader mer optimalt i prosjekter.

5.4.1 Estimering av kostnader

En prosjektleder eller prosjektingeniør sin oppgave er å forstå målene i et prosjekt og oppnå dette i forhold til rammebetingelsene som er satt. Når vi gjør LCC-analyser er det nødvendig å estimere relevante livsløpskostnader knyttet til bygninger sin levetid. Kostnadsdriveren kan enten være tid, kostnad eller teknisk kompetanse. Praktiske tilfeller tyder på at kostnad og tid er styrende for prosjekter selv om kunder sannsynligvis mener at kvalitet er den viktigste faktoren i prosjekter (Bowen et al., 2002). Tekniske aspekter må uansett forankres sammen med kostnad og tid for å oppnå trygge omgivelser under operasjonelle prosesser. I et eiendomspektiv er det også viktig at bæresystemet til konstruksjonen er tilpasningsdyktig og dekker brukerne sine behov.

Et typisk problem ved kostnadsestimering er at man overestimerer kostnader for de to neste årene i et byggeprosjekt, men at man underestimerer kostnadene ti år frem i tid (Ashworth, 2004). Viser til figur 5-5 som illustrerer en typisk problemstilling under estimering av kostnader.



Figur 5-5 Typiske problemer med estimering av kostnader (Sinclair et al., 2002)

Figuren (5-5) illustrerer et klassisk problem når kostnader estimeres. Sirkelen i midten er den reelle kostnaden og sirklene spredt rundt er subjektive estimater. Det er uvanlig å treffe nøyaktig reell kostnad når man estimerer kostnader, men desto bedre man er til å styre usikkerhet, desto lettere er det å holde kontroll på kostnadene. Totale kostnader i tilbud avviker vanligvis ikke med mer enn +/- 10%, men spesifikke kostnader i de ulike tilbudene kan avvike med opptil 50%, som tyder på at det er knyttet stor usikkerhet i estimater (Sinclair et al., 2002).

Estimering av kostnader vil alltid være nødvendig i byggeprosjekter, da kunden blant annet bør vite hvor store kostnadene knyttet til prosjektet blir. Dessuten er kostnadsestimering nødvendig for entreprenører i et konkurranseutsatt og kapitalintensivt marked, hvor pris ofte er kriteriet som har størst betydning for tildeling av oppdrag. Estimering av kostnader er eksempelvis et viktig styringsverktøy for toppledelsen, som allokere tilgjengelige midler slik at prosjekter kan fullføres med en tilstrekkelig grad av ressurser. Hvis det er knyttet svært høy usikkerhet og risiko til kostnadsestimeringen, bør investeringen ikke gjennomføres. En spesiell utfordring knyttet til kostnadsestimering er underestimering av prosjekter i tidlig fase. Welde et al. (2014b) diskuterer blant annet hvorfor kostnader underestimeres i jernbaneprosjekter, hvor det blant annet påpekes at ikke eksisterer klare retningslinjer for hvilke insentiver som ligger til grunn. Unntaket er åpenbare insentiver om at det er mer attraktivt å gjennomføre store prestisjeprosjekter fremfor vedlikehold og andre rutiner arbeidsoppgaver som bidrar til å ivareta realverdier.

5.4.2 Tradisjonelle kostnadsmetoder

Tradisjonell kostnadsestimering er basert på faste enhetspriser (priser reguleres basert på volum) og kan være relativt unøyaktig når kostnadene blir store. En mulig årsak til dette er at tradisjonelle kostnadsmetoder ikke synliggjør hvor mye prosesser og aktiviteter faktisk koster. Med andre ord reguleres priser basert på endring i volum. På en annen side kan tradisjonelle kostnadsmetoder være mest hensiktsmessig å bruke hvis mer sofistikerte metoder ikke har nytteverdi for prosjekter.

5.4.3 Moderne kostnadsmetoder

Det som menes med moderne metoder er metoder som på generelt grunnlag er positivt omtalt i litteraturen innenfor kostnadsestimering av konstruksjoner. Litteraturen tyder på at moderne kostnadsmetoder tar hensyn til kvalitet. Et spesielt problem er i hvor stor grad operasjonelle kostnader påvirkes av kvalitet. Et mindre kjent problem som er nevnt i litteraturen er at et overdrevet stort fokus på kvalitet kan føre til økonomiske problemer. På en annen side er en påstand i litteraturen at det er potensiale til å spare ca. 25 % av operasjonelle kostnader ved å forbedre kvaliteten i interne prosesser (Emblemsvåg, 2003, side 45).

Samlebåndsindustrien og byggenæringen er sammenlignbare, dvs. at konstruksjoner av bygninger er en analogi til samlebåndsproduksjon av produkter. I forhold til UBF sin kjernevirksomhet kan det påstås at FDV-kostnader sammenlignes med operasjonelle kostnader i samlebåndsindustrien, hvor det kan være potensiale til å spare opptil 25 % av FDV-kostnader for skolebygg ved å forbedre kvaliteten i prosesser internt. Tabell 5-13 tydeliggjør konteksten for større konstruksjoner (skolebygg, forretningsbygg osv.) og samlebåndsproduksjon i forhold til forskningsspørsmålene «hva», «hvordan», «hovedmål for produksjon» og «strategi for forbedringer».

Tabell 5-13 Analogi, samlebåndsproduksjon og konstruksjoner på byggeplass (Howell et al., 1994)

Forskningsspørsmål	Samlebåndsproduksjon	Konstruksjoner på byggeplass
Hva	Forutsigbart	Byggeprosessen utvikles over tid ved at ressurser påvirker sluttresultatet
Hvordan	<p>Prosesser er planlagt ned til minste detalj. Primære grunnleggende prosesser er ikke fleksible for endringer.</p> <p>Avhengighetsforhold er analysert. Jobbstillingen er konkret og sier noe om hvilken kompetanse man har i produksjonsprosesser.</p>	<p>Delvis definert. Konkrete detaljer er i større grad ikke analysert. UBF bruker for eksempel funksjonsbeskrivelser for å beskrive hvilke funksjoner bygget skal bestå av, men beskriver ikke konkret utførelse på en byggeplass.</p> <p>Omfattende planlegging er avhengig av hvor mye data man har tilgjengelig og ambisjonsnivået for prosjektet.</p> <p>Viktige faser i byggeprosessen er i stor grad basert på logikk, men prosessene kan endres over tid pga. uforutsigbare forhold. Avhengighetsforhold pga. motstridende målinger, delte ressurser og mellomledd i verdikjeden er omfattende og det kan være vanskelig å ha en korrekt forståelse av helheten.</p> <p>Et byggeprosjekt krever mange ulike ferdigheter, som betyr at generelle ferdigheter, som for eksempel «grunnarbeider» eller «elektriker», involveres i byggeprosjekter.</p>
Hovedmål for	Produsere et bestemt antall av et	Produktet til et byggeprosjekt er et ferdig

produksjon	produkt hvor «Hva» og «Hvordan» er konkret og kjent fra begynnelsen av produksjonsfasen.	bygg som fungerer tilfredsstillende for det tiltenkte formålet. «Hva» og «Hvordan» er tvetydig ved starten av prosjektet. Det er ikke uvanlig at det oppstår uønskede hendelser i byggeprosjekter som har konsekvenser for sluttproduktet.
Strategi for forbedringer	Rask læringskurve ved starten av produksjon for nye produkter når man tester produksjon av de første produktene. Her forbereder man optimal produksjon av produktet.	Rask læringskurve under planlegging av prosjektet og under starten av selve byggefasen. Det kan medføre større konsekvenser for prosjektet ved å gjøre endringer mot slutfasen.

Tre metoder innenfor kostnadsstyring/internregnskap, samt konseptet Economic Profit kan knyttes mot problemstillingen til denne oppgaven:

1. Strategic Cost Management
2. ABC (Activity-Based Costing)
3. Target Costing (TC) (Utvides til å omfatte Target Life Costing (TLC) i denne oppgaven)
4. I denne sammenheng nevnes også Economic Profit (EP)-konseptet (Kan potensielt anvendes i ABC- og TLC-metoden)

De mest relevante internregnskapsmetodene som sannsynligvis egner seg best for UBF i LCC-analyser er ABC-metoden og Target Costing metoden. Strategic Cost Management er i større grad rettet mot strategiske prosesser for å redusere slakk og optimalisere operasjonelle prosesser på et overordnet nivå. Disse metodene er i hovedsak rettet mot samlebåndsindustrien, men metodene kan forankres i byggenæring, også spesifikt for organisasjoner som følger gårdeier/byggherre-funksjon. Dette er underbygget i tabellen over (tabell 5-8).

5.4.3.1 Strategic Cost Management

Emblemsvåg (2003) beskriver et enkelt rammeverk innenfor den strategiske kostnadsmodellen:

1. Identifiser verdikjeden for deretter å plassere kostnader, inntekter og kapital i relevante verdiaktiviteter.
2. Analyser kostnadsdrivere ved å regulere verdiaktivitetene.
3. Utvikle konkurransedyktighet ved å oppnå bedre/best kontroll over kostnadsdrivere eller ved å endre verdikjeden i forhold til konkurrentene.

En potensiell fordel med denne modellen er at den fokuserer på strategiske prosesser og kan tydeliggjøre hvilke kostnadsdrivere man bør fokusere på i mer spesifikke kostnadsmodeller. En ulempe er at modellen ikke tar hensyn til verken usikkerhet eller risiko, noe som kan føre til at modellen blir overflødig når den anvendes i praksis. Denne kostnadsmodellen utredes ikke videre, men kan være relevant i praksis for å vurdere på et overordnet nivå hvilke LCC-data som er relevant i en mer spesifikk LCC-analyse.

5.4.3.2 ABC (Activity-Based Costing)

Litteraturen tyder på at Activity-Based Costing (ABC)-metoden er beste praksis innenfor internregnskap. Metoden har vært populær siden 80-tallet (Kim et al., 2001). ABC-metoden har tatt et oppgjør med tradisjonell kostnadsstyring, hvor tradisjonelle systemer ikke skiller mellom aktiviteter og prosesser. Emblemsvåg (2003) beskriver hvordan rammeverket til ABC-metoden kan forankres med LCC-metoden spesifikt for samlebandsindustrien. Viser til tabell 5-8 over som argumenterer for at byggenæringen kan sammenlignes med samlebandsindustrien.

Rammeverket til ABC-metoden er basert på følgende faktorer: Aktiviteter, Ressurser og Kostnadselementer. I teorien er ABC-metoden et rammeverk som synliggjør forholdet mellom disse tre variablene i form av kostnadsdrivende, ressursdrivende og aktivitetsdrivende faktorer. Et viktig poeng for ABC-metoden er at den er prosessorientert og håndterer kostnader indirekte ved å forstå aktiviteter som påvirker relevante kostnader (Emblemsvåg, 2003). Tabell 5-14 definerer aktiviteter, ressurser og kostnadselementer, som er viktig i ABC-metoden.

Tabell 5-14 Aktiviteter, ressurser og kostnadselementer

Aktiviteter	Det som blir gjort i praksis i en organisasjon (prosesser, avdelinger etc.).
Ressurser	Alt organisasjonen benytter for å fungere, hvor ressurser måles kvantitativt i form av kostnader.
Kostnadselementer	Blant annet produkter og kunder (kostnadselementer bør derfor tydelig defineres for å synliggjøre hvor kostnader og inntekter kommer fra).

Ulike produkter er avhengig av ulike typer aktiviteter, dvs. at ulike type produkter krever ulik grad av aktivitetskonsumering i markedet for at produktene skal være lønnsomme. Som et sammenligningsgrunnlag ser vi at volumbasert kostnadsstyring har en teoretisk forutsetning om at kostnadselementer konsumerer ressurser i motsetning til ABC-metoden som baserer seg på et nytt paradigme hvor kostnadselementer påvirker ressurser indirekte via aktivitetskonsumering (Emblemsvåg 2003). Dette er illustrert i figur 5-6.



Figur 5-6 ABC-metoden, relasjon mellom kostnadselementer, aktiviteter og ressurser

Figuren (5-6) illustrerer at aktivitetskonsum påvirker direkte både kostnadsforbruk og ressursforbruk, mens kostnadselementer påvirker ressurser indirekte gjennom aktivitetsforbruk og motsatt. Et rammeverk for ABC-metoden kombinert med LCC-metoden som kan anvendes i byggprosjekter utledes her, da dette rammeverket potensielt kan forankres i *Reversert LCC*. Guoqiang et al. (s.a.) har utviklet et rammeverk med en kombinasjon av ABC-metoden og LCC-metoden i byggebransjen. Rammeverket er som følger:

1. Velg hvilken prosjektfase analysen skal gjennomføres i.
2. Definer aktiviteter og estimer byggekostnader i byggprosjektet.
3. Definerer aktiviteter for løpende drift, forvaltning og vedlikehold og estimer kostnader til disse aktivitetene.
4. Definer spesielle aktiviteter (aktiviteter som kun må gjennomføres en gang) og estimer kostnader knyttet til de respektive aktivitetene.
5. Definer aktiviteter for riving av bygget og estimer restverdi og/eller rivekostnad.
6. Analyser usikkerhet i LCC-data.
7. Estimer LCC-kostnader for byggprosjektet.
8. Ta en endelig investeringsbeslutning basert på analysen (eksempelvis kan man velge mellom å rive og bygge nytt, eller totalrehabiliterer).

Kostnadskatalogen til rammeverket er delt inn i fem nivåer. Dette er illustrert i tabell

Tabell 5-15 Kostnadsnivåer i ABC-LCC-Rammeverket Guoqiang et al. (s.a.)

Kostnadsnivå (1 til 5)	Beskrivelse for kostnadsnivå
Nivå 1: Definer kostnadskategorier for hver enkel prosjektfase	LCC-metoden kan anvendes i alle faser i et prosjekt, men ulike prosjektfaser krever ulike aktiviteter og har ulik grad av ressursforbruk for respektive aktiviteter. Derfor er det viktig å definere hvilken fase man analyserer.
Nivå 2: Definer kostnadselementer for hver kostnadskategori	Viser til kontoplan i NS3454:2000 som standardiserer kostnadskategorier og kostnadselementer for hver kostnadskategori for byggprosjekter
Nivå 3: Definer oppgaver for hvert kostnadselement (en oppgave kan bestå av flere aktiviteter)	Eksempelvis kan vedlikeholdsoppgaver dekomponeres til gulv, vegger, vinduer, elektrisk anlegg etc.

Nivå 4: Definer aktiviteter for hver oppgave	Siden en oppgave kan bestå av flere aktiviteter, kan vi for eksempel dekomponere dører i «anskaffelseskostnaden» og alle serviceavtaler knyttet til dørene for et spesifikt skolebygg.
Nivå 5: Definer kostnader i ressurser for hver enkelt aktivitet	Kostnadene knyttet til alle ressursene som konsumeres av en aktivitet summeres. Summen er den totale kostnaden for den respektive aktiviteten.

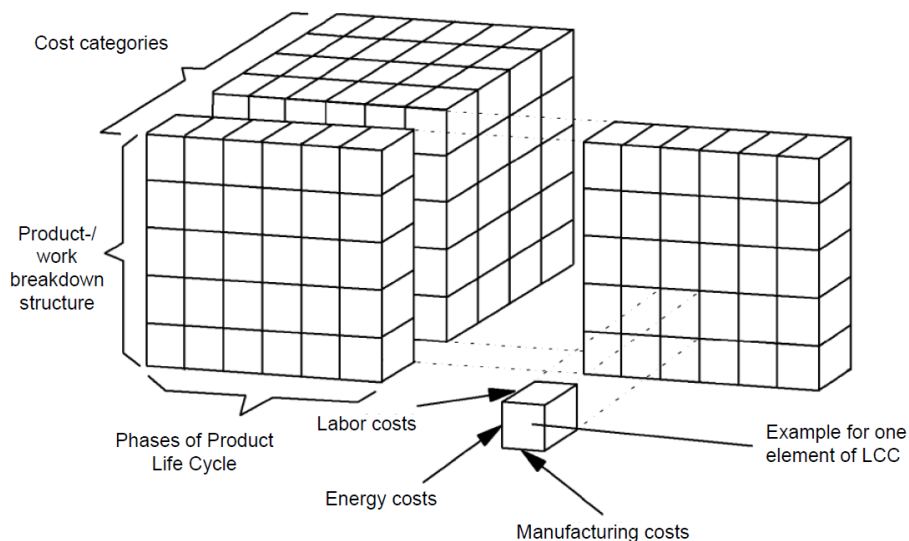
Tabell 5-16 illustrerer rammeverket for å identifisere aktivitetsbaserte kostnader.

Tabell 5-16 Rammeverk for å identifisere aktivitetsbaserte kostnader

1. Definer kostnadselementer	Eksempler på kostnadselementer er: Bærestruktur, vinduer, ventilasjonsanlegg, dører, takledning etc.
2. Klassifiser aktivitet i nivå etter ønsket detaljnivå.	Det viktig å ikke være for generell, men heller ikke for spesifikk. Faren med detaljerte kostnadsnivåer er at det blir vanskelig å definere ressurser i relevante aktiviteter. Hovedmålet i denne prosessen er å synliggjøre hvilke produkter som konsumerer relevante aktiviteter, konsumeringsintensiteten for respektive aktiviteter. Dette tydeliggjør hvilke investeringsbeslutninger man bør fokusere på.
3. Definer aktiviteter kan vi hente inn relevant informasjon ved å identifisere og kvantifisere ressurser	En katalog med ressurser inneholder i hovedsak av følgende: <ul style="list-style-type: none"> - Kategori og kvantitet av ressurser - Kvalitet og identitet av ressurser - Aktiviteter som konsumerer ressurser - Knappe ressurser som påvirker aktiviteter - Sammenlignbar informasjon (benchmark-data) fra ferdigstilte prosjekter - Tilgjengelighet og pris av ulike type ressurser
4. En katalog med ressurser utarbeides i forhold til byggeaktiviteter, informasjonen for å identifisere byggeaktiviteter og de byggetekniske metodene	Katalogen med ressurser utarbeides ved å analysere målet med prosjektet, omfanget av prosjektet og gjennomføringsmetoden (valg av entrepris etc.) i prosjektet. Det gjør det mulig å identifisere type metode, kvantitet og kvalitet av aktiviteter som konsumerer ressurser, samt identifisere kvantitet, kvalitet og tid av knappe ressurser. Dette betyr at for hver aktivitet som defineres kan vi utarbeide en katalog med relevante ressurser for

til byggeaktivitetene	hver aktivitet.
5. Vurder validitet og reliabilitet i resultatene	Det anbefales å analysere funksjonen (funksjonsbeskrivelse) og kostnadene til prosjektet for å vurdere om man bør reitere prosessen for å justere beregningene i ABC-LCC-modellen.

Denne prosessen (tabell 5-16) viser at ABC-LCC-metodikken kan bli omfattende, men på en annen side kan man få god styring over kostnader ved å ha tydelig definert de ulike kostnadene for spesifikke aktiviteter som knyttes mot relevante aktiviteter. Med andre ord kan man ved hjelp av den generelle ABC-metoden «bryte ned» vedlikeholdsaktiviteter og utskiftningsaktiviteter til ønsket detaljnivå, for å redusere usikkerheten i forhold til hvilke type aktiviteter som må gjøres. Metoden analyserer også mer realistisk hvor stort budsjettet bør være for å dekke riktig aktivitetsnivå. Denne beskrivelsen er illustrert i figur 5-7, som viser en god illustrasjon av LCC-konseptet og synliggjør at det er fordelaktig å ha god kontroll over kostnader, da man kan finne et spesifikt element og vite hva LCC-kostnaden er til det elementet.



Figur 5-7 Kostnadselementer («LCC-elementer») i LCC-kostnader (Hoffart et al., s.a.)

ABC-metoden oppsummeres med noen positive og noen negative sider, beskrevet i tabell 5-17.

Tabell 5-17 Positive og negative sider ved ABC-metoden

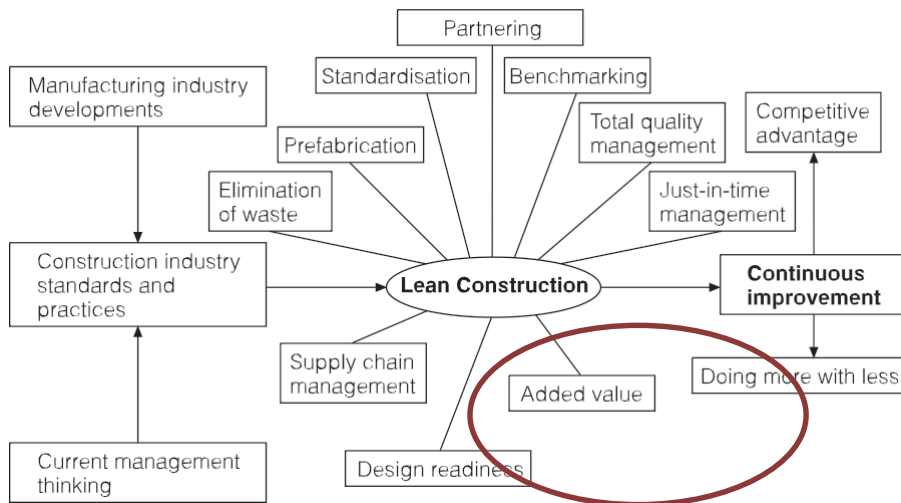
Positive sider ved ABC-metoden	Negative sider ved ABC-metoden
Modellen har potensial til å allokere indirekte kostnader i forhold til ressursdrivere eller faktorer som skaper kostnader på en realistisk måte. Dette synliggjør hvilke prosesser som er verdiskapende, og hvilke prosesser som	Det kan være stor usikkerhet knyttet til dataene. Det kan være krevende å finne riktig

<p>ikke er verdiskapende.</p> <p>ABC-metoden synliggjør hvilke produkter som er mest lønnsomme og hvilke som er minst lønnsomme. Dette kan også ses i et større perspektiv, hvor bygninger defineres som et produkt.</p> <p>I motsetning til tradisjonelle LCC-metoder, tar ABC-metoden hensyn til indirekte kostnader på en realistisk måte (Tradisjonell LCC klarer ikke å håndtere analyse av to ulike produkter på en gang).</p>	<p>balanse mellom nytten og detaljnivået.</p> <p>Begrenset informasjon fra resultater i forhold til arbeidet som er lagt til grunn kan fort bli en utfordring.</p> <p>ABC-metoden kan føre til høyere priser for kunden. På en annen side er det en forskjell mellom kundefokus og salgsfokus, som gjør dette til et ugyldig argument (Kaplan, 1992).</p>
--	---

5.4.3.3 Target Life Costing (TLC)

Konseptet Target Costing (TC) ble opprinnelig introdusert i Japan i 1960-årene, men ble ikke populær før på 80-tallet. Originalt var TC under navnet *Genka Kikaku* og har blitt mye brukt i samlebåndsindustrier, som for eksempel hos store aktører; Kodak, Boeing, Chrysler etc. TC-metoden er en strategisk metode som styrker konkurranseposisjonen i markedet og er derfor anvendt i praksis av tilnærmet alle samlebåndsprodusenter. Empiriske studier påpeker at metoden brukes i liten grad i kapitalintensive sektorer (Nicolini et al., 2000). I praksis betraktes TC-metoden som en metode for å redusere livsløpskostnadene til produkter. «Target Costing» er et vidt begrep, så denne oppgaven er begrenset til å utlede Target Life Costing (TLC) i byggenæringen (kombinasjon av TC og LCC).

For å sette TC i et større perspektiv er Target-Costing sin plassering i forhold til Lean Construction (metode for å redusere slakk i prosesser) illustrert i figur 5-8, som illustrerer at TC i praksis er Value Engineering og går enten ut på å øke kvaliteten uten å endre kostnaden, eller redusere kostnaden uten å endre kvaliteten.



Figur 5-8 Target Costing i forhold til Lean Construction (Ashworth, 2004), sirkel er laget selv

I utgangspunktet går TC ut på å fastsette en endelig målpris, for deretter å kutte kostnader i kostnadsdrivende prosesser og eventuelt kutte kostnader i mer detaljerte arbeidspakker (arbeidspakker som er en del av en prosess). Ved å kombinere LCC-metoden med TC-metoden, inkluderes også livsløpskostnadene i målprisen. TLC (Target Life-Costing) tar utgangspunkt i en målpris, optimalisere arbeidspakker, prosesser og innovasjon. Det betyr at TLC-metoden gir rom for å fastsette målkostnader for detaljerte arbeidspakker, i tilfelle det er hensiktsmessig i prosjektet.

For en ingeniør er det viktig å designe konstruksjoner som er enkle og økonomiske å bygge samt at byggene er funksjonelle. Det langsiktige perspektivet i bygninger gjør TLC-metoden komplisert, da reliabilitet og kvalitet ikke er de eneste utfordringene, men om reell levetid er kompatibelt med analyseperioden organisasjoner benytter (levetid på verdipapirer kan være mye kortere enn reelle levetider til fysisk kapital) og kundeforholdet. En av de største utfordringene synes å være hvordan forholdet mellom funksjonelt design og vedlikeholdskostnader i et langsiktig perspektiv basert på kundens ønsker, forventninger og behov analyseres (Nicolini et al., 2000).

Nicolini et al. (2000) gjennomførte et aksjonsforskningsprosjekt med utgangspunkt i TLC-metoden og utarbeidet et rammeverk for denne metoden som skulle benyttes i pilotprosjekter spesifikt for forskningen. To reelle byggeprosjekter ble benyttet som Case og følgende rammeverk ble utarbeidet for å anvendes i praksis:

1. Utvikle et alternativstudie og en forretningsplan
2. Identifisere historiske referansekostnader som et benchmark-verktøy
3. Forstå krav hos kunden og definer produktrelaterte funksjoner og egenskaper
4. Estimere kostnader i tidlig prosjektfase før produksjon
5. Samle data og vurdere kvaliteten til TLC-data

6. Input av TLC-data i en passende kostnadsmodell (for eksempel diskontert kontantstrømsanalyse)
7. Vurdere kostnadsforskjellen mellom reell kostnad og målkostnad på prosjektnivå og kostnadsforskjellen på delsystem-nivå (kostnadsnivåer for bygningsrelaterte elementer)
8. Ferdigstille forhandlinger med utførende aktører
9. Kontinuerlig arbeid med tiltak som reduserer kostnaden og øker verdien til aktiviteter (Kaizen Costing).

Dette rammeverket leder til en enkel likning, og er som følger:

$$\langle \text{Målpris} - \text{Krav til profitt} = \text{Kostnadsramme} \rangle.$$

Kostnadsrammen er budsjettet utførende aktører må forholde seg til for å oppnå ønsket profitt. Litteraturen påstår at utgangspunktet for denne tankegangen er hard konkurranse hvor kvalitetsprodukter avgjør hvem som får tildelt kontrakten (Granja et al., 2005). En suksessfaktor i TLC-metoden er å forbedre design for å fjerne kostnadsdrivende faktorer før de oppstår. Hvis estimert total kostnad er høyere enn målprisen, kan man reitere design-prosessen. Da søker man etter kostnadsreducerende tiltak uten å redusere kvaliteten (Value-Added Engineering). Antall reiterasjoner skjer i prinsippet frem til man har kommet frem til en kostnad som tilsvarer målprisen. Hvis estimerte kostnader blir høyere enn målprisen bør man revurdere design, konstruksjonstekniske/operasjonelle metoder, materialvalg og materialflyt.

En viktig del av prosessen i TLC-metoden er å samle levetidsdata (LCC-data) for relevante elementer som benyttes under design-fasen. Dette for å optimalisere LCC-kostnader i fremtidige prosjekter ved å benytte relevante historiske data under design-fasen og for å kunne estimere vedlikeholdskostnader mer nøyaktig. Hvis det langsiktige økonomiske rammeverket ikke dekker LCC-kostnadene, for eksempel på grunn av at vedlikeholdsbehovet medfører høye driftsutgifter på lang sikt, bør man vurdere å utarbeide andre løsninger til en billigere pris, uten å påvirke funksjonen eller kvaliteten. Offentlig Privat Samarbeid (OPS)-prosjekter nevnes her som et konkret eksempel, hvor denne problemstillingen ikke eksisterer, fordi aktøren som bygger bygget har ansvar for blant annet vedlikeholdet over en bestemt tidsperiode, vanligvis i et 25-års perspektiv (Nicolini et al., 2000).

TLC-metoden synes i utgangspunktet å være fordelaktig i byggeprosjekter, men en av utfordringene til denne metoden er usikkerhet i data pga. «Top-Down» estimering som har høyere usikkerhet i kostnadsdata sammenlignet med «Bottom Up» estimering. Generelt baserer TC-metoden seg også i stor grad på markedspriser, noe som kan være vanskelig å analysere i byggebransjen, siden bygninger

vanligvis defineres som unike produkter (Ashworth, 2004). Dette tydeliggjør at TLC-metoden har begrensninger. Noen potensielle fordeler og ulemper i TLC-metoden er beskrevet i tabell 5-18.

Tabell 5-18 Potensielle fordeler og ulemper med TLC-metoden

Potensielle fordeler med TLC:	Potensielle ulemper med TLC:
<p>Fokus på kundeforhold og markedskrefter</p> <p>Involverer hele verdikjeden for å redusere kostnader</p> <p>Fokus på å redusere kostnader uten å redusere kvalitet (Value-Added Engineering)</p>	<p>Synliggjøre overflødige prosesser, som ikke er mulig å avdekke ved hjelp av tradisjonelle metoder (dette kan være en potensiell fordel, avhengig av hvordan man ser på det).</p> <p>TLC-metoden synes ikke å fungere tilstrekkelig godt nok i byggebransjen per dags dato spesielt pga. for lite forskning innenfor levetider og reliabilitet av bygningsrelaterte elementer (Nicolini et al., 2000).</p> <p>Kontantstrømsanalyser kan være en betydelig svakhet i LCC-beregninger, pga. høy sensitivitet i dataene. Små endring i driftstimer eller diskonteringsrenter kan føre til store endringer i kontantstrømsanalysene som har lange analyseperioder.</p>

5.4.3.4 Economic Profit (EP)

EP (Economic Profit) er et gammelt konsept og kan defineres som «innsatsen for å sikre avkastning i form av penger, arbeid og kunnskap». EP måler verdien på innsats og gir dermed datagrunnlag for beregning av lønnsomhet. Emblemsvåg (2003) utleder hvordan EP kan beregnes matematisk og er vist som følger:

$$\begin{aligned}
 & \text{Inntekter} - \text{driftskostnader} \\
 & = \text{Netto driftsinntekter før skatt} - \text{skatt} \\
 & = \text{Netto driftsinntekter etter skatt} - \text{kapitalkostnader} \\
 & = \text{EP (Økonomisk profitt)}
 \end{aligned}$$

Beskrevet med andre, er konseptet EP basert på at kostnadselementer må produsere nok inntekter for å dekke avskrivninger og vedlikeholdskostnader, ellers må kostnadselementet finansieres med ekstra kapital. Når netto driftsinntekter er høyere enn driftsutgifter for et kostnadselement, er dette økonomisk profitt. Netto driftsinntekter kan da allokere til for eksempel aldrende konstruksjoner, som generelt sett har høyere driftsutgifter sammenlignet med nye konstruksjoner. Basert på dette vil en

kontinuerlig positiv økonomisk profitt på sikt øke bokført verdi til et selskap. Siden UBF er et kommunalt foretak, henvises det på et generelt grunnlag til kommunale forskrifter, hvor fysisk kapital skal tjene andre formål enn inntjening, men EP-konseptet er allikevel interessant, da dette kan knyttes mot konseptet kostnadsdekkene FDVU.

EP har potensiale til å anvendes i ABC-metoden, men da må kapitaldrivere (analogt med kostnadsdrivere og aktivitetsdrivere) identifiseres og kapitalkostnadene må synliggjøres. Kapitaldrivere som benyttes for beregning av kostnadskapital i offentlig sektor er langsiktige statsobligasjoner, alternativkostnaden (alternativ risikofri investering) og sosial diskonteringsrente. Disse kapitaldriverne er ikke en god måte å reflektere prosjektspesifikke kapitalkostnader på. En annen utfordring knyttet til anvendelse av EP-konseptet i praksis er at offentlig sektor ikke tar hensyn til tidsverdi av penger på samme måte som privat sektor (Emblemsvåg, 2003).

5.4.4 Radikalt internregnskap

I litteraturen eksisterer det radikale metoder som sjeldent har blitt omtalt i litteraturen. Noe av årsaken til dette kan være negativ omtale om metoden eller at metoden avviker sterkt fra anerkjente metoder. Quality Function Deployment (QFD) nevnes i denne sammenheng og er et eksempel på en radikal metode. Det er et interessant konsept som ble utviklet for første gang i Japan i 1966, spesifikt for å prosjektere industrifasiliteter i stor skala (Flager, 2003). I praksis går metoden ut på å vurdere hvilke kvaliteter kunden anser som verdier, det vil si hvilke funksjoner som skaper verdier og deretter anvende tiltak for å gi kunden ønsket kvalitet. Metoden kan anvendes i byggenæringen, men er utenfor scope til oppgaven og utredes ikke videre her.

5.4.5 Oppsummering

Man skal være forsiktig med å bruke "motstandskultur" i byggebransjen som årsak til alle mangler i bransjen (Holti & Standing, 1998, referert i Nicolini et al., 2000), men samtidig er det mange konkrete bevis i litteraturen som peker på at organiseringen av dagens anskaffelser i byggsektoren fører til at svært lave realverdier overleveres til kunden. Incentiver kan føre til at noen tjener mer enn andre, men når byggesaker blir vanskelige fører dette i praksis ofte heller mot tvistesaker enn et godt samarbeid for å løse problemer. På en annen side er det høy grad av motivasjon i byggebransjen for å innføre endringer, selv om det er en sterk kultur mot endringer i bransjen (Nicolini et al., 2000). Noe av årsaken til dette kan være at byggenæringen tidligere ikke vært moden for nye kostnadsmodeller, men i forhold til Norge synes byggenæringen å erfare et paradigmeskifte, hvor LCC-analyser forankres i

bransjen. I så måte kan det være riktig for byggenæringen å forske videre på anvendelse av ABC –og TLC-metoden, samt anvendelse av EP-metoden i disse respektive metodene.

6 Del 4 – Reversert LCC og simuleringsmetodikk

As complexity rises, precise statements lose meaning and meaningful statements lose precision.

Lotfi A. Zadeh

6.1 Reversert LCC

LCC-analyser er originalt ment å være et beslutningsverktøy om et alternativt valg om et prosjekt er mer lønnsomt sett i et total-økonomisk perspektiv. Konseptet *Reversert LCC* tar utgangspunkt i skolebygg som nylig er bygget eller rehabilitert. I stedet for å fokusere på LCC-kostnader i prosjekterings- og byggefasen, analyseres verdiforringelse over tid fra og med året bygget tas i bruk av leietaker.

Konseptet «Reversert LCC» tar utgangspunkt i hypotesen om at mangel på finansiering til vedlikehold og oppgradering har negativ påvirkning på bygninger. Dette tilsvarer at utviklingskostnaden må skje på et tidligere tidspunkt for å istandsette byggverket til opprinnelig anskaffelsesverdi og heve standarden over opprinnelig anskaffelsesverdi. En viktig forutsetning for å øke validiteten til faktormetoden er at finansiering til vedlikehold har stor betydning for oppgradering (utviklingskostnad) og restverdien av bygget.

Konseptet gir grunnlag for følgende type informasjon:

1. Basert på kvalitative vurderinger, synliggjøre om husleien er kostnadsdekkende, dvs. analysere om UBF har tilstrekkelige midler til å gjennomføre nødvendige driftstiltak.
2. Vurdere om det er billigere å rehabilitere et bygg eller rive bygget og heller investere i et nytt og moderne skolebygg i et LCC-perspektiv.
3. Synliggjøre oppgraderingsbehovet for skolebygg.
4. Konseptet kan underbygge strategiske vedlikeholdstiltak hos UBF.

Reversert LCC benytter sannsynlighetsfordelingen Beta PERT kombinert med Monte Carlo simulering for å redusere usikkerheten. Denne kombinasjonen gir rom for å simulere usikkerhet i to eller flere variabler samtidig. Dette gjør det mulig å simulere usikre kostnadsposter samtidig, men en ulempe er hvis selve kostnadsmodellen er basert på feil grunnlag. Nøyaktigheten i modellen er avhengig av antall numeriske steg i Monte Carlo simuleringen. I stedet for å gjøre en klassisk sensitivitetsanalyse hvor man analyserer sensitivitet til en parameter ved å gjøre parameteren variabel og alle andre parametere konstante, kan Monte Carlo metoden simulere korrelasjon mellom flere variabler samtidig. Monte Carlo-metoden kan derfor benyttes ved å forutsette en normalfordeling for alle usikre kostnadsparametere i modellen.

6.1.1 Faktormetoden

Faktormetoden er en anerkjent metode for å estimere funksjonell brukstid. Det vil si at metoden beregner en levetid med hensyn til ulike faktorer som kan gi en levetid som enten er høyere eller lavere i forhold til referanselevetiden. Selve beregningsmetodikken til faktormetoden slik den er beskrevet i Byggforsk (700.307) er anvendt i *Reversert LCC*, men faktorene er estimert etter bygningsdelstabellen i NS3431:2009 UBF følger. Likningen i faktormetoden er som følger:

$$ELT = RLT * A * B * C * D * E * F$$

A: Materialkvalitet

B: Designkvalitet

C: Utførelseskvalitet

D: Innvendige påkjenninger

E: Utvendige påkjenninger

F: Vedlikeholdskvalitet

ELT: Estimert Levetid

RLT: Referanselevetid

6.1.2 Kvantitativ vurdering av levetider

Viser til litteraturen om at faktorene i faktormetoden velges basert på estimering eller «kvalifisert gjetting». Det er sjelden at man bruker måleinstrumenter eller gjør konkrete matematiske beregninger for å velge disse faktorene. Estimering og forutsatt dataintervall for faktorene er en svakhet ved modellen. Et konkret eksempel på dette er at man fritt velger en faktor mellom 0,8 og 1,2 og setter alle faktorene til samme tall. Man kan for eksempel sette alle faktorene lik ytterpunktet 0,8 i et alternativ, men dette er svært usannsynlig i praksis, da det forventes at design-valg i forhold til referansevalg har positiv eller negativ effekt på bygget. Det betyr at man enten velger en faktor mellom 0.8 og 1.0 (negativ effekt), eller en faktor mellom 1.0 og 1.2 (positiv effekt). Alternativt kan faktorer mellom 0.9 og 1.1 benyttes (Marteinsson, 2005).

Marteinsson (2005) diskuterer temaet om hvor høy vedlikeholdsintensitet som er nødvendig for å oppnå estimert brukslevetid. Dette er et viktig spørsmål i denne oppgaven for å vurdere realverdien til skolebygg i et 25 års-perspektiv. Det eksisterer ikke en entydig metodikk i ISO 15686-1:2000 som estimerer effekten av å vedlikeholde bygninger. Metodikken gir heller ikke konkrete forslag til hvordan man kvantitativt kan beregne vedlikeholdsbehovet. Basert på hovedmålet til denne oppgaven, må det da gjøres kvalitative vurderinger i forhold til konsekvensen av underdekkene husleie (FDV-satser) og vedlikeholdsbehovet spesifikt for de enkelte prosjektene i case-studien til denne oppgaven.

Med hensyn til vedlikeholdsbehovet er det i et strategiske perspektivet viktig å skille mellom hvilke forhold som er lokale og hvilke forhold som er globale for kjernevirksomheten. To viktige globale forhold for UBF kan da sies å være brannkonsept og inneklimate. Et lokalt forhold kan være vilkårlig inventar, eksempelvis et dørskap som har gått i stykker, men som ikke har direkte konsekvenser for den daglige driften på skolen. Det er mer alvorlig å fortsette bruk av skolen, dersom det er økt brannfare og lav brannsikkerhet.

6.2 Sannsynlighet og statistikk

Det er viktig å forstå forventningsverdi, middelvei og standardavvik når man jobber med statistikk. Noen fundamentale formler utledes her.

Forventningsverdi: $\mu = E(x)$

Forventningsverdien er et mål på hvilken verdi vi forventer å få. Det er viktig å forstå forventningsverdien når man jobber med statistikk, siden denne middelveien er utgangspunktet for å måle kvantitativ spredning i data.

Varians er et mål for variasjon. Variansen er basert på forventningsverdien.

$$\begin{aligned}\sigma^2 &= E(x - E(x))^2 \\ &= E(x^2) - E(x)^2 \\ &= E(x^2 - 2x * E(x) + E(x)^2) \\ &= E(x^2) - E(2x * E(x)) + E(x)^2\end{aligned}$$

$E(x)$ er et ekte tall som gir oss generelt $E(ax) = a * E(x)$, hvor a er en konstant. Dette gir oss videre:

$$\begin{aligned}E(x^2) - 2 * E(x * E(x)) + E(x)^2 \\ E(x^2) - 2 * E(x)^2 + E(x)^2 \\ E(x^2) - E(x)^2 \\ \mathbf{VAR(x)} = E(x^2) - E(x)^2\end{aligned}$$

Standardavvik er et mål for spredning i et datasett eller i en stokastisk variabel. Standardavvik er roten av variansen opphøyd i annen:

$$\sqrt{VAR(x)^2} = std(x)$$

Middelverdi, standardavvik og spredning i data kan hentes i fra simuleringene i *Reversert LCC*. Disse dataene kan være informative og forklare statistiske usikkerheter i dataene til denne oppgaven.

6.3 Monte Carlo simulering

Monte Carlo simuleringer kan anvendes i ulike deler av byggebransjen. Noen viktige faktorer i byggenæringen som kan simuleres i byggenæringen er (Ashworth, 2004):

1. Prosjektering, pga. risiko og usikkerheter knyttet til prosjekt-teamet.
2. Estimere kostnader for byggeprosjekter, spesielt i anbudsfasen og prognoser om kostnadsutvikling som ikke kan estimeres helt nøyaktig i praksis.
3. LCC-analyser, spesielt med tanke på variabel levetid av ulike materialer, vedlikeholdsfrekvenser og bygningens totale levetid.

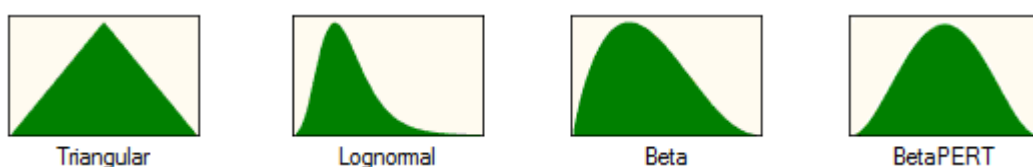
Reversert LCC bruker Monte Carlo simulering for å kunne simulere endring i levetiden for bygningskomponenter basert på følgende faktorer:

1. Vedlikeholdsbehov
2. Dagens FDV-sats i forhold til kostnadsdekkene FDVU
3. Dagens bygningsmessige tilstand (Tilstandsanalyse)
4. Design-kvalitet/Brukervennlighet
5. Mekaniske påkjenninger (Klimapåkjenninger, daglig bruk, slitasje)
6. Grad av teknisk kompleksitet (Desto større den tekniske kompleksiteten til et bygg er, desto høyere verdi har verdibevarende vedlikehold)
7. Kvalitet på utførelse

Simuleringen i *Reversert LCC* tar ikke høyde for design-utførelse eller kvalitet i utførelse av driftsaktiviteter.

6.4 Sannsynlighetsfordeling

Noen av de mest vanlige sannsynlighetsfordelingene i byggeprosjekter er: triangulær, lognormal, beta og beta PERT-fordeling. Beta PERT-fordelingen er videreutviklet basert på beta-fordelingen. Figur 6-1 illustrerer disse respektive sannsynlighetsfordelingene.



Figur 6-1 Triangulær, Lognormal, Beta og Beta PERT fordeling

Generelt sett er det ønskelig å benytte sannsynlighetsfordelinger som tillater input av subjektive data. I praksis er dette temaet en begrensning, fordi i noen tilfeller benyttes subjektive erfaringer om korrelasjon mellom kostnadselementer og/eller bygningsdeler, mens i andre tilfeller tas det kun utgangspunkt i historiske data (Hollauf, s.a.; Taylor, s.a.). En beskrivelse av disse sannsynlighetsfordelingene er gitt i tabell 6-1.

Tabell 6-1 Sannsynlighetsfordelinger basert på figur 6-1

<p>Triangulær sannsynlighetsfordeling</p>	<p>I følge figur 6-1 er dette en enkel sannsynlighetsfordeling og er basert på tre verdier: Laveste verdi, middelvei og høyeste verdi (trepunktsestimat). Denne sannsynlighetsfordelingen er en forenkling av beta-fordelingen og er enkel å bruke. En svakhet ved denne fordelingen er at den systematisk overestimerer sannsynligheten for at prosjektkostnadene overstiger forventet middelvei.</p>
<p>Lognormal sannsynlighetsfordeling</p>	<p>Viser til figur 6-1 og flere studier (Ince et al., 1991; Touran et al., 1992; Wall 1997; Touran et al., 1997; Ranasinghe, 2000; Yan, 2006, referert i Bakhshi et al., 2012). Resultatene tyder på at lognormal-fordelingen beskriver den mest realistiske fordelingen av kostnadsdata i byggeprosjekter. I denne type sannsynlighetsfordeling er det logaritmen til variabler som normalfordeles.</p>
<p>Beta sannsynlighetsfordeling</p>	<p>Denne sannsynlighetsfordelingen har vært positivt omtalt i litteraturen, spesielt i forhold til kostnadsestimering. I forhold til lognormal fordelingen er dette en meget fleksibel sannsynlighetsfordeling (Flanagan et al., 1993, referert i Hollauf, s.a.).</p>
<p>Beta PERT sannsynlighetsfordeling</p>	<p>Viser til figur 6-1 hvor Beta PERT er en videreutvikling av beta-fordelingen. Det er skrevet en artikkel i Broadleaf (2014) om beta PERT-fordelingen. Denne fordelingen ble utviklet som en pragmatisk tilnærming pga. større tilgang til mer datakraft. Fordelingen er ikke spesielt interessant pga. sin matematiske sannsynlighetsfordeling, men pga. måten den håndterer middelvei og varians.</p>

Beta PERT fordelingen er mye brukt pga. sin fleksibilitet til å håndtere kurven til sannsynlighetsfordelingen. I motsetning til triangulær sannsynlighetsfordeling har beta PERT-fordelingen en mer dynamisk tilnærming. Estimering av prosjektkostnader og planlegging av fremdrift er spesielt relevant for Beta PERT-fordelingen. Beta PERT-fordelingen er en mindre konservativ metode, men benyttes i faktormetoden i *Reversert LCC*.

6.4.1 Matematisk utledning for Beta PERT-fordeling

Beta PERT-fordelingen utledes matematisk og tar utgangspunkt i beta-fordelingen:

$$f(x, \alpha, \beta) = \text{Konstant} * \frac{x^{\alpha-1}(1-x)^{\beta-1}}{\text{Beta}(\alpha, \beta)}$$

Hvor funksjonen Beta(a,b) er:

$$\text{Beta}(\alpha, \beta) = \int_0^1 t^{\alpha-1}(1-t)^{\beta-1} dt$$

Middelverdien, altså gjennomsnittet for funksjonen over et bestemt intervall [a,b] er gitt ved:

$$\mu = a + (b - a) * \left(\frac{\alpha}{\alpha + \beta}\right)$$

Variansen, altså målet for spredning av data, er kvadratet av standardavviket. Variansen i en beta-fordeling er gitt slik:

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= \left(\frac{\alpha}{\alpha + \beta}\right) * \left(\frac{\beta}{\alpha + \beta}\right) * \left(\frac{(b-a)^2}{\alpha + \beta + 1}\right) \\ \left(\frac{\alpha}{\alpha + \beta}\right) &= \left(\frac{\mu - a}{b - a}\right) \\ \left(\frac{\beta}{\alpha + \beta}\right) &= \left(\frac{b - \mu}{b - a}\right) \end{aligned}$$

Dette gir oss følgende likninger respektivt for α og β :

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\mu - a}{b - a} * (\alpha + \beta) \\ a &= \frac{\mu - a}{b - a} \left[\frac{(\mu - a) * (b - \mu)}{\sigma^2} - 1 \right] \\ \beta &= \frac{b - \mu}{b - a} * (\alpha + \beta) \\ \beta &= \frac{b - \mu}{b - a} * \left[\frac{(\mu - a) * (b - \mu)}{\sigma^2} - 1 \right] \end{aligned}$$

For Berta-PERT distribusjon bestemmer vi et intervall [a,m,b] som gir oss Pert-middelverdien:

$$\mu = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Pert-variansen er som følger:

$$\sigma^2 = \frac{(b - a)^2}{36}$$

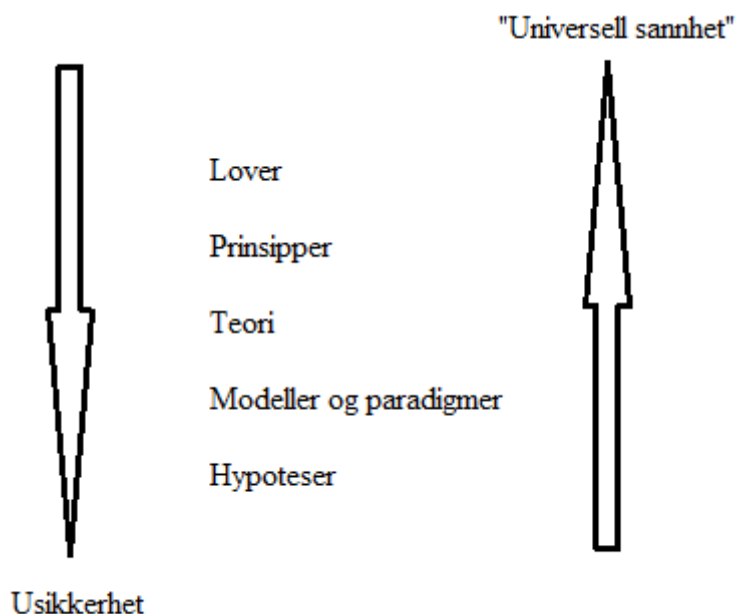
Ved å skrive Beta-fordelingen på nytt med intervallet [a,m,b] får vi følgende beregning for β :

$$\begin{aligned} (\alpha + \beta) &= 4 + 16 * \left(\frac{(m - a) * (b - m)}{(b - a)^2} \right) \\ \alpha &= \left(\frac{(b + 4m - 5a)}{6 * (b - a)} \right) * (\alpha + \beta) \\ \alpha &= \left(\frac{2 * b + 4m - 5a}{3 * (b - a)} \right) * \left[1 + 4 * \left(\frac{(m - a) * (b - m)}{(b - a)^2} \right) \right] \\ \beta &= \left(\frac{5b - 4m - a}{6 * (b - a)} \right) * (\alpha + \beta) \\ \beta &= (\alpha + \beta) - \alpha \\ \beta (PERT) &= \left(\frac{2 * (5b - 4m - a)}{3 * (b - a)} \right) * \left[1 + 4 * \left(\frac{(m - a) * (b - m)}{(b - a)^2} \right) \right] \end{aligned}$$

Vi ser at en algebraisk regnemetode gir Beta-PERT fordelingen. Denne beta-faktoren brukes i Beta-fordelingen, som gir en mer realistisk fordeling i levetidshorisonten.

6.5 Usikkerhetshåndtering i LCC-modeller

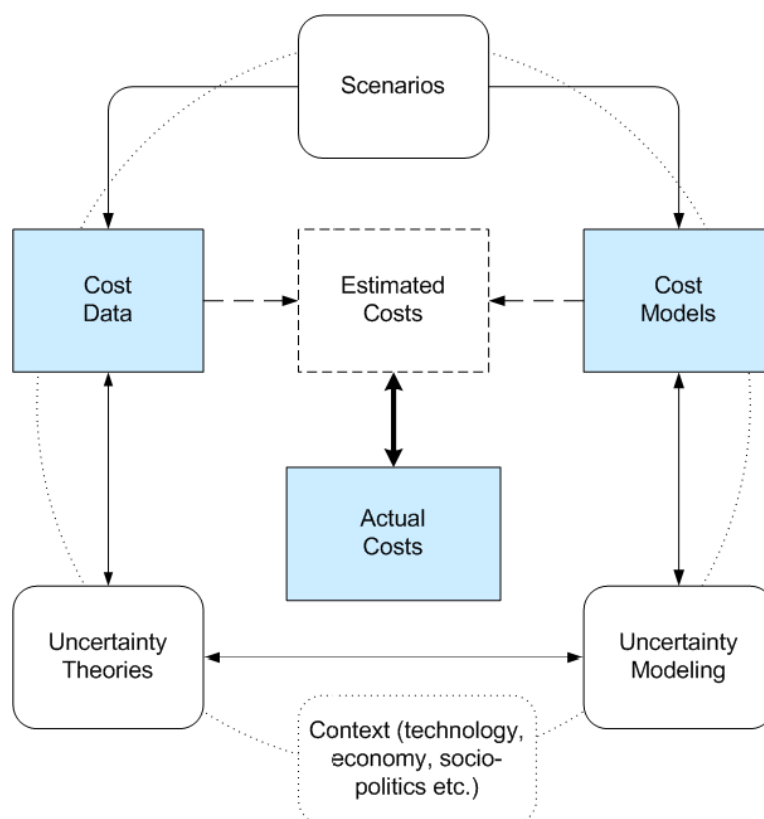
LCC-beregninger har lange analyseperioder og medfører derfor stor usikkerhet. Det er viktig å anvende metoder relevant i LCC-analysene. Denne oppgaven er i stor grad basert på hypoteser, som øker usikkerheten i *Reversert LCC*. Figur 6-2 illustrerer hvordan usikkerheten øker i ulike kontekster:



Figur 6-2 Usikkerhet til Universell sannhet

Vi ser av figur 6-2 at lover, prinsipper og teorier gjelder foran modeller, paradigmer og hypoteser. Desto lenger vekk fra Lover og Prinsipper vi kommer, desto større er usikkerheten i data. Det betyr at usikkerheten til dataene i denne oppgaven er relativt stor, fordi *Reversert LCC* tar utgangspunkt i hypoteser. Dette må tas hensyn til i resultatene, da LCC ikke er en nøyaktig vitenskap og gir rom for mange ulike tolkninger av samme data. Ashworth (2004) påstår at det tok 70 år for byggebransjen å akseptere usikkerhet. Howell et al. (1994) påstår at trenden i byggenæringen fortsatt er utsatt for en holdning hvor man enten nekter for at usikkerhet er gyldig i byggeprosjekter eller at det oppstår et etisk paradoks hvor involverte aktører er uenige med hverandre og skylder på eksterne forhold pga. konflikter som skjer i interne prosesser.

Det er flere ulike faktorer, blant annet politiske miljøer (lovpålagte krav), teknologi, bevilgninger til prosjekter og netto nåverdi (NNV) av inntekter og kostnader langt frem i tid, som påvirker usikkerheten i LCC-analyser (Greenberg et al., 2004, referert i Goh et al., 2009). Dette er faktorer som er vanskelig å kontrollere og har en sterk innflytelse på LCC-kostnader, som kan føre til betydelige usikkerheter i LCC-analyser. Derfor er blant annet viktig å sammenligne estimerte LCC-kostnader med konteksten i forhold til tidsaspektet/analyseperioden. Med andre ord vil det si at LCC-kostnader endrer karakteristiske egenskaper over tid pga. forhold som påvirker priser (teknologisk utvikling, politiske faktorer og markedskrefter). Det er utarbeidet en metodikk for å analysere usikkerhet i kvantitative LCC-data, illustrert i figur 6-3.



Figur 6-3 Rammeverk for håndtering av usikkerhet i kvantitative LCC-analyser (Goh et al., 2009)

LCC-analyser kan beskrives som scenarioanalyser, hvor man sammenligner ulike alternativer.

Rammeverket gir rom for å analysere både kostnadsdata og kostnadsmodeller. Analysen fokuserer på usikkerhet i teorier og usikkerheter i kostnadsmodellene. En viktig del av rammeverket er konteksten i usikkerhetsanalyse, dvs. om konteksten er innenfor teknologi, økonomi, politikk, miljø etc. Det eksisterer anerkjente modeller for å estimere usikkerhet. Dette kan kategoriseres som beskrevet i tabell 6-2.

Tabell 6-2 Definisjoner og kilder til usikkerhet med eksempler (Goh et al., 2009)

	Definisjon	Kilde	Type	Eksempler
Usikkerhet i data	Variabel	Iboende tilfeldighet	Aleatorisk	Reparasjonsintervall, gjennomsnittlig tid før feil oppstår
	Statistisk feil	Mangel på data	Epistemisk & Aleatorisk	Data som beskriver reliabilitet
	Uklarhet	Språklig uklarhet	Epistemisk & Aleatorisk	Konkret eksempel: Skifte komponent hver 2. eller 3. måned

	Tvetydighet	Flere ulike datakilder	Epistemisk	To uavhengige eksperter setter inn ulike verdier for kostnader ved slutten av levetiden
	Subjektiv vurdering	Optimisme som fører til subjektive vurderinger	Epistemisk	Overoptimistisk når det gjelder tiden arbeidsoppgaver krever
	Unøyaktighet	Fremtidig beslutning	Epistemisk	Valg av leverandør
Usikkerhet i modell	Parametrisk	Kostnadsdrivere/parametere Valg av Cost Estimating Relationship (CER) Regresjon Usikkerhet i historiske data Ekstrapolasjon	Epistemisk og aleatorisk	Beregne kostnader basert på kostnadsdrivende faktor
	Analytisk	Scope Detaljnivå Tilgjengelig data	Epistemisk og aleatorisk	Estimere kostnadselementer etter elementpriser og summere kostnadene

Epistemisk usikkerhet er definert som mangel på kunnskap. Aleatorisk usikkerhet er preget av tilfeldigheter som ikke kan styres med dagens teorier og modeller. I bygninger kan aleatorisk usikkerhet styres ved å endre fysisk design til bygget (endre dimensjoner til tekniske installasjoner etc.) (Goh et al., 2009). Basert på dette er dataintervall bedre å bruke i tidligere prosjektfaser når det generelt sett mangler objektive data og informasjon, fordi disse metodene krever færre forutsetninger. Når prosjektet er bedre definert og mer objektive data er tilgjengelig, er det mer fornuftig å bruke metoder innenfor sannsynlighetsteori, for eksempel sannsynlighetsmetodene beskrevet i denne oppgaven.

Kishk (2004) har benyttet *Oracle*[®] Crystalball for å analysere usikkerhet i diskonterte kontantstrømsanalyser, og har kommet frem til følgende konklusjoner:

1. Valg av type normalfordeling har ikke stor betydning for sluttresultatet.
2. Estimering av standardavviket i standard normalfordelinger påvirker kun usikkerheten i en normalfordeling (Ikke relevant for denne oppgaven, da *Reversert LCC* benytter Beta PERT-fordeling).

3. Valg av «mean value» eller mest sannsynlige verdi har en betydelig påvirkning på resultatene.
4. Feil i estimater fører til unøyaktige svar, fordi input-data er basert på feil forutsetninger eller estimerte kostnader avviker fra virkeligheten. Det er viktig å øke sikkerheten i valg av forventet verdi, for å øke sikkerheten i investeringsbeslutningen.

6.5.1 Oppsummering

Kishk (2004) sine resultater er relevant for denne oppgaven og synliggjør at usikkerheten i estimering av faktorene til faktormetoden påvirker usikkerheten i *Reversert LCC* i stor grad. Vi ser at sannsynlighetsfordelingen ikke har størst betydning for resultatene pga. lang analyseperiode. Det er datainput som har størst betydning, som underbygger at feil forutsetninger, eller feil grunnlag i estimat av kostnader kan føre til betydelig store avvik i forhold til virkeligheten. Dette tydeliggjør at valg av diskonteringsfaktoren og prisindeksen også styrer usikkerheten til *Reversert LCC* i stor grad. Under Monte Carlo simuleringen i case-studien er det viktig at begge alternativene (dagens FDV-sats og kostnadsdekkene FDVU-sats) er basert på samme grunnlag. For å øke validiteten i *Reversert LCC* er det da nødvendig å gjøre flere simuleringer i ulike scenarier og til slutt beregne gjennomsnittet fra resultatene for å håndtere usikkerheten i dataene.

6.6 Teoretisk begrensning for *Reversert LCC*

Det er skrevet et omfattende «paper» om hvorfor Excel sin interne Monte Carlo funksjon ikke er «tilfeldig nok» for å gi en mer nøyaktig simulering (McCullough, et al., 2008). Dette er en teoretisk begrensning i Excel som et beregningsverktøy. En annen viktig begrensning er mangel på data om levetider av produkter som eksisterer på markedet per dags dato. Testing av produkter i kontrollerte omgivelser for å estimere den teoretiske levetiden, stemmer nødvendigvis ikke med praksis. Oppgaven forutsetter at levetidstabellene gitt i FKOK (2012) er basert på empiriske data, selv om levetidene kan avvike sterkt fra levetider i praksis. Det er vanskelig å estimere reell levetid pga. mange unike forhold, eksempelvis hærverk eller innbrudd.

Faktorene i henhold til faktormetoden i denne oppgaven baserer seg på empiriske funn fra case-studiet. Det eksisterer ikke matematiske bevis om Monte Carlo simuleringer fungerer optimalt i forhold til LCC-analyser. Det eksisterer heller ikke nok bevis om faktormetoden er god nok å bruke for estimering av levetider, men dette forutsettes å være et godt alternativ å bruke når mer detaljerte metoder ikke kan benyttes pga. mangel på informasjon.

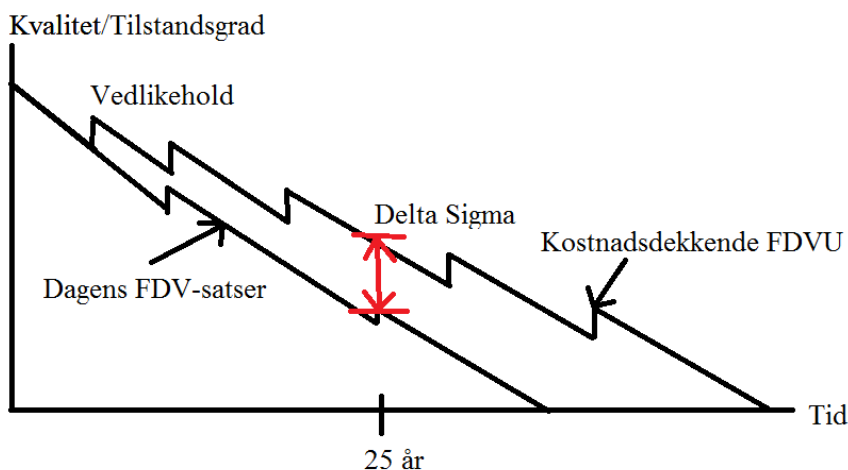
6.7 Oppbygning av Reversert LCC

Reversert LCC er laget i Microsoft Excel 2010 med tilleggsprogrammet *Oracle® Crystal ball*, som gir muligheten til å gjennomføre Monte Carlo simuleringer. Excel-modellen består av seks regneark:

Tabell 6-3 Oppbygning av Reversert LCC

Regneark 1: Introduksjon	Tittelen for modellen med stikkord.
Regneark 2: Dagens FDV-satser	Input av kostnadsdata fra dagens husleiekontrakt. Faktorer i faktormodell velges basert på dagens tilstand.
Regneark 3: Kostnadsdekkende FDVU-sats	Input av kostnadsdata for kostnadsdekkene FDVU etter BDO-rapport og interne notater hos UBF. Faktorer i faktormodellen velges etter forutsetninger.
Regneark 4: Levetidsvurdering	Simulering av levetider som påvirker restverdien til bygget, både i forhold til anskaffelsesverdien og påkostning (kostnadsføring i balanseregnskapet) som hever kvaliteten til bygget i forhold til opprinnelig anskaffelsesverdi.
Regneark 5: CashFlow Eksisterende FDV-satser	Diskontert kontantstrømsanalyse for husleieinntekter under dagens husleiekontrakt.
Regneark 6: CashFlow Nye FDVU-satser	Diskontert kontantstrømsanalyse for husleieinntekter under kostnadsdekkene husleiekontrakt.
Regneark 7: Kalkylemal	Inneholder reelle prosjektdata i de respektive kostnadskategoriene samt estimering av oppgraderingskostnader. Dette regnearket kan videreutvikles ved å for eksempel anvende ABC-metoden i prosjekter for fastsettelse av LCC-satser i husleiekontraktene.

6.7.1 «Delta Sigma»



Figur 6-4 «Delta Sigma»

Figur 6-4 illustrerer to linjer, en linje under dagens underdekkene FDV-satser (nærmest 25 år) og en linje med kostnadsdekkene FDVU-satser (lengst unna 25 år). Figuren (6-4) er en illustrasjon for teorien bak simuleringsmetoden i *Reversert LCC*. «Delta Sigma» er endring i restverdi for de ulike scenariene og beskriver i hvilken grad kommunen ivaretar realverdier på sikt. Figuren er en tilsvarende, men forenklet figur sammenlignet med figuren i Bjørberg et al. (2005, side 36).

6.7.2 Forutsetninger og avgrensninger til *Reversert LCC*

Det er gjort en forenklet fordeling av bygningsdeler for å konferere med hovedmålet til oppgaven. Skolebyggene er delt inn i tre hovedelementer som videre er delt inn i underelementer for å samsvare med UBF sin interne kalkylemal. Bygningselementene er beskrevet i tabell 6-4.

Tabell 6-4 Bygningsrelaterte elementer hos UBF

Utvendig bygningskropp	Utvendig kledning
	Grunnmur og fundament
	Bæresystem
Innvendig bygningskropp	Innvendige overflater
	Fast inventar
Tekniske installasjoner	VVS
	Elektro
	Tele/automasjon

Relevante forutsetninger for *Reversert LCC* er:

1. Høyere brukeraktivitet krever høyere vedlikeholdsintensitet.
2. Prosentsats for reinvestering/utviklingskostnaden er basert på kvalitative vurderinger om i hvor stor grad FDV-satsen er underdekkene.
3. Skolebyggene som analyseres har tilstandsgrad 0-1 per dags dato.
4. Utviklingskostnaden forutsettes å variere i størrelse og tid.
5. Vedlikeholdskostnader varierer med +/- 10 %.
6. 2.5 % Prisvekst (Inflasjonsmål, viser til kapittel 5.3.5)
7. 4.15 % diskonteringsrente (Vedtatt for 2014, viser til kapittel 5.3.5)

Kvantitative analyser om miljøkonsekvenser ved ulike design- og materialvalg er ikke inkludert i denne oppgaven. Netto Nåverdi regnes tilbake til investeringsåret. Siden skolebyggene i dette case-studiet ble ferdigstilt i 2012, 2013 eller 2014, forutsettes dette ikke å ha stor betydning for sammenligning av sluttresultatet i denne oppgaven. Med hensyn til omfanget av oppgaven, er det ikke hensiktsmessig å estimere kostnader i detaljerte kostnadsnivåer. Oppgraderingskostnadene beregnes basert på estimerte kostnader på to-sifret nivå i interne husleiekalkulatorer.

Usikkerhetshåndtering er avgrenset til å bruke Monte Carlo metoden for å simulere flere variabler på samme tid. Det eksisterer anerkjente metoder som for eksempel suksessiv kalkulasjon hvor iterative prosesser reduserer usikkerhet, men dette er utenfor scope til denne oppgaven.

Det tas hensyn til følgende kostnader i LCC-analysen:

1. Forvaltningskostnader (Inntekt til UBF)
2. Vedlikeholdskostnader (Inntekt til UBF)
3. Energikostnader (Felleskostnad)
4. Driftskostnad (Felleskostnad)
5. Kommunale avgifter (Felleskostnad)
6. Utviklingskostnader (Oppgraderingskostnader)

I denne oppgaven er dekomponering i UBF sin interne husleiekalkulator for respektive skoler benyttet for å estimere oppgraderingskostnadene.

6.7.2.1 Metodisk tilnærming for utvikling av Reversert LCC

Reversert LCC utvikles med utgangspunkt i UBF sin interne husleiekalkyle. LCC-modellen til UBF videreutvikles ved å innføre Monte Carlo simulering ved hjelp av tilleggsprogrammet *Oracle*[®] Crystalball og faktormetoden. Dette gjør det mulig å simulere effekten av endringer i FDVU-satsene som beskrevet i UBF sine eksisterende husleiekontrakter. *Reversert LCC* er utviklet fra bunnen av i Excel, men benytter diskontert kontantstrømsmetode og inndeling av bygningselementer, slik det er gjort i UBF sin interne husleiekalkyle. Faktorer i faktormetoden for hvert case velges kvantitativt basert på empiri, der modellen er tilpasset relevante forutsetninger i praksis. Subjektive erfaringer fra erfarne medarbeidere vektlegges for å kvantifisere faktorer for LCC-analysene i denne oppgaven. Det legges spesielt fokus på deres oppfatning om hvor lang levetid bygningsrelaterte elementer har, forutsatt en underdekkene finansiering i FDV-budsjettet. Modelleringsmetodikken i oppgaven er basert på følgende rammeverk:

Kombinasjon av kvalitative og kvantitative metoder → Empirisk studie → Datasamling & modelleringsteknikk (programmering i Excel)

Oppsummert simulerer *Reversert LCC* i praksis kvantitativt effekten av forsømt vedlikehold pga. underdekkene FDV-satser i husleiekontrakter.

7 Case-beskrivelse

7.1 Bjørnsletta skole



Figur 7-1 Bjørnsletta skole

Bjørnsletta skole er en ny skole for 1-10 klasse med en flerbrukshall. Skolen er underlagt passivhusstandard og skal være et forbildeprosjekt i FutureBuilt programmet, hvor målet er å utvikle klimanøytrale byggverk. Det opprinnelige bygget ble bygget i 1981 og ble revet i 2012 for å bygge ny skole i passivhusstandard.

Oppsummering av nybyggprosjektet:

Byggstart: 2012

Ferdigstilt: 2014

Totalkapasitet på ca. 790 elever

Areal: ca. 10 100 m²

Miljøvennlige materialvalg er benyttet i prosjektet.

Tekniske styringssystemer er nøye planlagt.

Energitilførsel for vannbåren varme og varmtvann til bygget kommer i hovedsak fra geobrønner som går ned til inntil 200 meter under bakken.

Det er blant annet benyttet bobledekk (betong) for å redusere mengden betong.

Bygget skal oppnå minst 50 prosent CO₂ utslipp i forhold til tilsvarende referansebygg.

Følgende forutsetninger er gjort for Bjørnsletta skole:

Tabell 7-1 Forutsetninger for Bjørnsletta skole

Vedlikeholdsbehov (nødvendig vedlikeholdsintensitet)	Lav
Bygningskompleksitet	Grad 2 (Energibrønn, tekniske installasjoner, ikke tungt brukerutstyr)
Tilstandsgrad	0 til 1
Kvalitativ vurdering av husleien	Husleien synes å være lav/underdekkene basert på regnskapstall for 2013, BDO-rapport 2013, markedspriser og interne notater, selv om vedlikeholdsbehovet er forutsatt å være <i>lavt</i> .

7.1.1 Enkel befaring Bjørnsletta skole.

Befaringstidspunkt: **14.10.2014**

Tabell 7-2 Befaring Bjørnsletta skole

Bjørnsletta skole har tatt i bruk en energieffektiv løsning (skolen tar i bruk energibrønner), som fører til lavere driftsutgifter.
Det tekniske anlegget er moderne og nytt.
Bygget er tilfredsstillende jordet, noe som betyr at det elektriske anlegget fungerer bra.
Det er viktig at varmerørene har kontinuerlig sirkulasjon. Hvis vann blir liggende i rør lenge, vil rust dannes. Denne prosessen er ikke reversibel, så store kostnader kan påløpe hvis man ikke klarer å håndtere tekniske installasjoner korrekt. Sannsynligvis vil det tekniske anlegget på Bjørnsletta skole vare i mange år. En viktig utfordring er at driften av bygget må samsvare med årshjulet. Nødvendige tiltak må gjøres ved riktig tid av året. <i>Etterskrift: Dette var diskusjonstema under befaringsen, fordi det ble registrert at ulike legeringer var i kontakt med hverandre.</i>
Bygget er tilrettelagt rengjøring (vedlikehold). Det er mange rette overflater som er tilrettelagt effektiv og rask rengjøring. Det er bred enighet om at det viktigste vedlikeholdstiltaket er å rengjøre bygget kontinuerlig. Et eksempel er hvis det samler seg støv over lang tid, vil dette blant annet samles i ventilasjonskanaler og kan ødelegge sensorer, fordi støv eksempelvis kan samle seg på sensorer som registrerer feil verdier.

<p>Utomhusanlegget har de største utfordringene per dags dato. Utvendig drenering fungerer ikke optimalt under befaringstidspunkt, da det samler seg vann enkelte steder i nærheten av drenskummer. Dette har noe med at store deler av utomhusområdet ble gravd opp under byggeprosessen.</p> <p>Det er en påstand om at betongoverflater vil kreve større vedlikehold for å opprettholde sin kvalitet over 25 år. Årsaken til dette er usikkerhet knyttet til ujevnheter i grunnmassene. Det er ikke kjent hva slags masse som ligger i grunn, om det er mye leire eller fjell. Lekestativ kan bli en stor kostnad, gummidekket skal utbedres, dette må tas om ca. 10 år.</p> <p><i>Etterskrift: Dette skal fikses, anført på mangelprotokoll.</i></p>
<p>Bygget er et råbygg, som stort sett består av betongoverflater og linoleumsbelegg. Bygget består også av sveiste stålkonstruksjoner og er ansett som positivt i forhold til bæresystemet.</p>
<p>Det er utfordringer knyttet til dørmiljøet.</p>
<p>Serviceavtale ventilasjon, varmepumper og medfølgende teknisk utstyr er viktige kostnadselementer for bygget.</p>

7.1.2 Kvantitative faktorer i faktormetoden i henhold til karaktersystem 1-10

Bygningselement (Nivå 1)	Bygningselement (Nivå 2)	Karakter	Faktormetode
Utvendig bygningskropp	Utvendig kledning	10	1,0
	Grunnmur og fundament	10	1,1
	Bæresystem	10	1,1
Innvendig bygningskropp	Innvendige overflater	10	1,0
	Fast inventar	10	1,0
Tekniske installasjoner	VVS	10	1,0
	Tele/automasjon	10	1,0
	Elektro	10	1,0

7.1.2.1 Input kostnadsdata

Areal berørt av husleiekontrakten: **8816 m²**

Faktureringsgrunnlag: faktureringsgrunnlag 1.7.2014 benyttes.

Kostnadsdata hentet i fra databasen Landlord for dagens husleie:

Tabell 7-3 Kostnadsdata hentet i fra databasen Landlord for dagens FDV-satser – Bjørnsletta skole

Type kostnad		Inntekt per m²	Inntekt per år
FV-inntekt	F (100 % KPI)	53 kr/m ²	467 248,-
	V (100 % KPI)	98 kr/m ²	863 968,-
Felleskostnader (utgifter som faktureres av UBF til leietaker)	D (100 % KPI)	44 kr/m ²	387 904,-
	Energi (0 % KPI)	114 kr/m ²	1 005 024,-
	Kommunale avgifter (0 % KPI)	25 kr/m ²	220 400,-
	Indre vedlikehold (100 % KPI)	25 kr/m ²	220 400,-
	Sum	359 kr/m²	3 164 944,-

Kostnadsdekkene husleie:

Tabell 7-4 Kostnadsdata for kostnadsdekkene FDV-satser – Bjørnsletta skole

Kostnadselement		Inntekt per m²	Inntekt per år
FV-inntekt	F (100 % KPI)	53 kr/m ²	467 248,-
	V (100 % KPI)	155 kr/m ²	1 366 480,-
Felleskostnader (kostnader som er leietaker sitt ansvar faktureres av UBF)	D (100 % KPI)	50 kr/m ²	440 800,-
	Energi (0 % KPI)	114 kr/m ²	1 005 024,-
	Kommunale avgifter (0 % KPI)	25 kr/m ²	220 400,-
	Indre vedlikehold (100 % KPI)	50 kr/m ²	440 800,-
	Sum	447 kr/m²	3 940 752,-

7.2 Kuben Yrkesarena



Figur 7-2 Kuben Yrkesarena



Figur 7-3 Kuben Yrkesarena (Aberdeen Asset Management AS eier dette bygget)

Kuben Yrkesarena er en videregående skole og ble bestilt blant annet på grunn av satsing på yrkesfag. Sogn Videregående skole har vært tidligere vært en dominerende skole innenfor yrkesfag, men skolebyggene har ikke tilfredsstilt tekniske minimumskrav. Dette er en medvirkende årsak til at man ønsket å flytte yrkesfag til Kuben Yrkesarena. Kuben Yrkesarena vant arkitekturprisen 2014.

Oppsummering av nybyggprosjektet:

Byggestart: 2011

Ferdigstillelse: 2013

Totalkapasitet: ca. 2000 elever

Areal: ca. 43000 m² (Fordelt på 7 etasjer).

Bygget er oppvarmet med fjernvarme og består av doble glassfasader.

Bæresystemet er av stålsøyler og betong-dekker. Strukturen er utformet slik at endret bruk (betydelig endring i lastfordeling) i framtiden enkelt lar seg gjøre, dvs. at bygget har et relativt høyt utviklingspotensial.

Skolen har et ambisiøst miljøkrav på 105 kwh/m²/år i forhold til miljøkravet på 120 kwh/m²/år.

Følgende forutsetninger er gjort for Kuben Yrkesarena:

Tabell 7-5 Forutsetninger for Kuben Yrkesarena

Vedlikeholdsbehov (nødvendig vedlikeholdsintensitet)	Lav/Middels
Bygningskompleksitet	Grad 3 (Tekniske installasjoner, brukertungt utstyr)
Tilstandsgrad	0 til 1
Kvalitativ vurdering av husleien	Husleien synes å være lav i forhold til vedlikeholdsbehovet og den tekniske kompleksiteten i bygget.

7.2.1 Enkel befaring Kuben Yrkesarena.

Befaringstidspunkt: **29.10.2014**

Tabell 7-6 Befaring Kuben Yrkesarena

Det er store utfordringer knyttet til dørmiljøet. Dørmiljøet er ikke tilfredsstillende per dags dato, blant annet pga. tøft bruk. Automatikken til dørene er for eksempel sterkt utsatt og krever tilsyn.
Utfordringer knyttet til ventilasjonsanlegget hvor styring og automatikk ikke fungerer optimalt.
Det er større utfordringer knyttet til brukerutstyret på skolen pga. utviklingsbehovet (Stadig nye undervisningsformer som stiller nye krav til utforming av bygget).
Tilrettelagt vedlikehold, blant annet pga. belegg (membran) over betongoverflater, som gjør det enkelt å rengjøre bygget.
Skolen har en god arkitektonisk utforming, noe som blant annet skaper et trivelig miljø for brukerne.

7.2.2 Kvantitative faktorer i faktormetoden i henhold til karaktersystem 1-10

Bygningselement (Nivå 1)	Bygningselement (Nivå 2)	Karakter	Faktormetode
Utvendig bygningskropp	Utvendig kledning	7	0,88
	Grunnmur og fundament	10	1,1
	Bæresystem	10	1,1
Innvendig bygningskropp	Innvendige overflater	8	0,92
	Fast inventar	5	0,8
Tekniske installasjoner	VVS	6	0,84
	Tele/automasjon	5	0,8
	Elektro	6	0,84

7.2.2.1 Input kostnadsdata

Netto areal berørt av husleiekontrakten for kompetansesenteret: **32 971 m²**

Totalt bruttoareal i leiekontrakten er 32 971 m² og inkluderer tekniske rom, men ekskluderer baskethall og parkeringsareal i kjeller

Arealet som benyttes i denne oppgaven er: **32 280 m²**.

For å være konsistent, benyttes data slik det er beskrevet i Landlord.

Faktureringsgrunnlag: 1.7.2013 & 1.1.2014 pga. faktureringsgrunnlag for kommunale avgifter og energi.

Tabell 7-7 Kostnadsdata hentet i fra databasen Landlord for dagens FDV-satser – Kuben Yrkesarena

Type kostnad		Inntekt per m ²	Inntekt per år
FV-inntekt	F (100 % KPI)	67 kr/m ²	2 162 760,-
	V (100 % KPI)	84 kr/m ²	2 711 520,-
Felleskostnader (kostnader som er leietaker sitt ansvar faktureres av UBF)	D (100 % KPI)	44 kr/m ²	1 420 320,-
	Energi (0 % KPI)	123 kr/m ²	3 970 440,-
	Kommunale avgifter (0 % KPI)	37 kr/m ²	1 194 360,-
	Indre vedlikehold (100 % KPI)	25 kr/m ²	807 000,-
	Sum	380 kr/m²	12 266 400,-

Tabell 7-8 Kostnadsdata for kostnadsdekkene FDV-satser – Kuben Yrkesarena

Type kostnad		Inntekt per m ²	Inntekt per år
FV-inntekt	F (100 % KPI)	67 kr/m ²	2 162 760,-
	V (100 % KPI)	179 kr/m ²	5 778 120,-
Felleskostnader (kostnader som er leietaker sitt ansvar faktureres av UBF)	D (100 % KPI)	75 kr/m ²	2 421 000,-
	Energi (0 % KPI)	123 kr/m ²	3 970 440,-
	Kommunale avgifter (0 % KPI)	37 kr/m ²	1 119 360,-
	Indre vedlikehold (100 % KPI)	50 kr/m ²	1 614 000,-
	Sum	531 kr/m ²	18 044 520,-

7.3 Nordpolen skole



Figur 7-4 Nordpolen skole (UDE, 2013)

Nordpolen skole (Tidligere Sandaker skole) er en barne- og ungdomsskole for 1-10 klasse. Skolen er på Byantikvaren sin gule liste.

Oppsummering av totalrehabiliteringsprosjektet:

Byggestart: 2010

Ferdigstillelse: 2012

Totalkapasitet: ca. 840 elever.

Totalrehabilitering/utvidelse av areal: ca. 13 000 m².

Oppsummering av totalrehabilitering av eksisterende skole rehabiliteringsprosjektet:

Nytt utomhusområde, som gir rom for blant annet klatring og ballspill.

Nesten alle vinduene er skiftet ut.

Ventilasjonsanlegget er skiftet ut og den tekniske standarden er hevet, hvor det blant annet er installert fjernvarme på skolen. Totalrehabilitering med klimaskjerm, nytt tak osv.

Tabell 7-9 Forutsetninger for Nordpolen skole

Vedlikeholdsbehov (nødvendig vedlikeholdsintensitet)	Middels/Høy (Belastet område, «nærmiljø skole», flere leietakere, barnehage)
Bygningskompleksitet	Grad 2 (Tekniske installasjoner, ikke brukertungt utstyr)
Tilstandsgrad	0 til 1
Kvalitativ vurdering av husleien	Husleien synes å være lav i forhold til vedlikeholdsbehovet og den tekniske kompleksiteten i bygget.

7.3.1 Enkel befarings Nordpolen skole.

Befaringstidspunkt: **09.10.2014**

Tabell 7-10 Enkel befarings Nordpolen skole

Det er utfordringer knyttet til dørene. Dørlåser og rammen til dører vil være kostnadsdrivende når tiltenkt funksjon slutter å fungere.
Teknisk utstyr fungerer bra og vil sannsynligvis fungere godt fremover. Det ble dog observert sirkulasjonspumper på varmeanlegget som har sluttet å fungere, noe som generelt sett kan gi store konsekvenser pga. luftbobler i rør.
Utfordringer knyttet til utforming av utomhusanlegget. Eksempelvis er levetiden til støtbelegg av gummi betydelig redusert pga. tøff bruk. Sannsynligvis må dette belegget utskiftes i løpet av relativt kort tid.
Materialvalg tyder på at utvendig bygningskropp har en svært lang levetid (dette gjelder spesielt teglstein, som er motstandsdyktig mot værhardt klima).

7.3.2 Kvantitative faktorer i faktormetoden i henhold til karaktersystem 1-10

Bygningselement (Nivå 1)	Bygningselement (Nivå 2)	Karakter	Faktormetode
Utvendig bygningskropp	Utvendig kledning	7	0,88
	Grunnmur og fundament	10	1,1
	Bæresystem	10	1,1
Innvendig bygningskropp	Innvendige overflater	6	0,84
	Fast inventar	6	0,84
Tekniske installasjoner	VVS	6	0,84
	Tele/automasjon	7	0,88
	Elektro	8	0,92

7.3.2.1 Input kostnadsdata

Areal berørt av husleiekontrakten: **11 115 m²**

Faktureringsgrunnlag: 1.1.2013

Kostnadsdata hentet i fra databasen Landlord for dagens husleie:

Tabell 7-11 Kostnadsdata hentet i fra databasen Landlord for dagens FDV-satser – Nordpolen skole

Type kostnad		Inntekt per m2	Inntekt per år
FV-inntekt	F (100 % KPI)	67 kr/m ²	744 705,-
	V (100 % KPI)	84 kr/m ²	933 660,-
Felleskostnader (kostnader som er leietaker sitt ansvar faktureres av UBF)	D (100 % KPI)	44 kr/m ²	489 060,-
	Energi (0 % KPI)	93 kr/m ²	1 033 695,-
	Kommunale avgifter (0% KPI)	25 kr/m ²	277 875,-
	Indre vedlikehold (100 % KPI)	25 kr/m ²	277 875,-
	Sum	338 kr/m ²	3 756 870,-

Kostnadsdekkene husleie:

Tabell 7-12 Kostnadsdata for kostnadsdekkene FDV-satser – Nordpolen skole

Type kostnad		Inntekt per m2	Inntekt per år
FV-inntekt	F (100 % KPI)	67 kr/m2	744 705,-
	V (100 % KPI)	226,5 kr/m2	2 517 547,-
Felleskostnader (kostnader som er leietaker sitt ansvar faktureres av UBF)	D (100 % KPI)	125 kr/m2	1 687 700,-
	Energi (0% KPI)	93 kr/m2	1 389 375,-
	Kommunale avgifter (0 % KPI)	25 kr/m2	277 875,-
	Indre vedlikehold (100 % KPI)	50 kr/m2	555 750,-
	Sum	586,5 kr/m2	7 172 952,-

7.4 Majorstuen skole



Figur 7-5 Majorstuen skole (UBF, 2014)

Majorstuen skole ble bygget i 1908, påbygget i 1924 og rehabilitert i 1987 og 2002. Skolen består av 5. etasjer hvor alle etasjene benyttes til daglig bruk. Befolkningsprognoser har vist at Majorstuen skole må utvides for å tilfredsstille kapasitetsbehovet. UDE bestilte i 2010 kapasitetsutvidelse og modernisering av Majorstuen skole som inkluderte strakstiltak for gjennomføring av et klimaskjermprosjekt for skolen. Klimaskjermprosjektet ble ferdig i 2012 og totalrehabiliteringsprosjektet ble ferdigstilt i 2014. Skolen er på byantikvaren sin gule liste.

Oppsummering av totalrehabiliteringsprosjektet:

Byggestart: 2012

Ferdigstilt: 2014

Bruttoareal: Ca. 11 145 m²

Totalkapasitet: ca. 960 elever

Rehabilitering av fasade og nytt tak.

Alle himlinger, lettvegger, overflatekonstruksjoner og tekniske installasjoner er byttet ut med nye innvendige lette byggkonstruksjoner og et nytt teknisk anlegg.

Ventilasjonsanlegget er oppgradert, mens elektrisk infrastruktur er byttet ut med en bedre løsning for elektrisk infrastruktur.

Bygget er universelt utformet slik at det er enkel tilgang til alle soner og bygninger.

Følgende forutsetninger er gjort for Majorstuen skole:

Tabell 7-13 Forutsetninger for Majorstuen skole

Vedlikeholdsbehov (nødvendig vedlikeholdsintensitet)	Middels/Høy
Bygningskompleksitet	Grad 2 (Tekniske installasjoner, ikke tungt brukerstyr)
Tilstandsgrad	0 til 1
Kvalitativ vurdering av husleien	Husleien synes å være lav i forhold til vedlikeholdsbehovet, da dette er antydning til å være en skole med et høyt aktivitetsnivå

7.4.1 Enkel befaring Majorstuen skole.

Befaringstidspunkt: **08.10.2014**

Det er utfordringer knyttet til dørmiljøet. Automatikken og rammen rundt selve døren er utsatt mot rask slitasje pga. tøft bruk.
Brannkonseptet på skolen er av høy kvalitet.
Ventilasjonen er ikke ferdigstilt på befaringstidspunkt.
Gamle vinduer er bevart av vernehensyn.
Innvendige gulvoverflater består av parkett og linoleumsbelegg, som har slitesterke egenskaper.
Styring av varme på skolen er avansert og krever bedre kunnskap for å opprettholde riktig romtemperatur.
Driftstjenesten «rengjøring» har ikke kapasitet til å gjennomføre alle nødvendige oppgaver i løpet av en dag. Rengjøring er skolens ansvar og kan betydelig redusere levetiden til bygget, hvis dette ikke

gjennomføres tilstrekkelig godt nok.

Etterskrift: Dette er et subjektivt synspunkt. Det er ikke god nok kjennskap til bygget for å underbygge denne type utfordringer.

7.4.2 Kvantitative faktorer i faktormetoden i henhold til karaktersystem 1-10

Bygningselement (Nivå 1)	Bygningselement (Nivå 2)	Karakter	Faktormetode
Utvendig bygningskropp	Utvendig kledning	10	1,0
	Grunnmur og fundament	10	1,1
	Bæresystem	10	1,1
Innvendig bygningskropp	Innvendige overflater	5	0,8
	Fast inventar	6	0,84
Tekniske installasjoner	VVS	7	0,88
	Tele/automasjon	6	0,86
	Elektro	10	1,0

7.4.2.1 Input kostnadsdata

Areal berørt av husleiekontrakten: **11 687 m²**

Faktureringsgrunnlag: Skolen ble ferdigstilt i 2014, faktureringsgrunnlag 1.7.2014 benyttes.

Kostnadsdata hentet i fra databasen Landlord for dagens husleie:

Tabell 7-14 Kostnadsdata hentet i fra databasen Landlord for dagens FDV-satser - Majorstuen skole

Type kostnad		Inntekt per m2	Inntekt per år
FV-inntekt	F (80 % KPI)	67 k/m2	783 029,-
	V (80 % KPI)	88 kr/m2	1 028 456,-
Felleskostnader (kostnader som er leietaker sitt ansvar faktureres av UBF)	D (80 % KPI)	45 kr/m2	525 915,-
	Energi (0 % KPI)	114 kr/m2	1 332 318,-
	Kommunale avgifter (0 % KPI)	25 kr/m2	292 175,-
	Indre vedlikehold (80 % KPI)	25 kr/m2	292 175,-
	Sum		364 kr/m2

Kostandsdekkene husleie:

Tabell 7-15 Kostnadsdata for kostnadsdekkene FDV-satser - Majorstuen skole

Type kostnad		Inntekt per m2	Inntekt per år
FV-inntekt	F (80 % KPI)	67 kr/m2	783 023,-
	V (80 % KPI)	226,5 kr/m2	2 647 105,5,-
Felleskostnader (kostnader som er leietaker sitt ansvar faktureres av UBF)	D (80 % KPI)	125 kr/m2	1 460 875,-
	Energi (0 % KPI)	114 kr/m2	1 332 318,-
	Kommunale avgifter (0 % KPI)	25 kr/m2	292 175,-
	Indre vedlikehold (80 % KPI)	50 kr/m2	584 350,-
	Sum	607,5 kr/m2	7 099 846,5,-

8 Analyser og resultater

8.1 Metodikk for analysen

Resultatene består av to simuleringer for hvert scenario til hver skole. Faktorene under dagens FDV-satser settes etter karakterene, satt respektivt for de respektive skolene i case-studien. Disse er nærmere beskrevet for hvert enkelt case i kapittel 7. Monte Carlo simuleringen består av 50 000 steg for alle simuleringene. Scenariene er beskrevet under:

Scenario 1.

Faktorene under kostnadsdekkene FDVU settes til følgende:

Utvendig bygningskropp	Utvendig kledning	1,0
	Grunnmur og fundament	1,1
	Bæresystem	1,1
Innvendig bygningskropp	Innvendige overflater	1,0
	Fast inventar	1,0
Tekniske installasjoner	VVS	1,0
	Elektro	1,0

Resultat 1: *Oppgraderingskostnaden for kostnadsdekkene FDVU-satser er 30 % lavere i forhold til dagens FDV-satser.*

Resultat 2: *Oppgraderingskostnad for kostnadsdekkene FDVU-satser er 0 % lavere i forhold til dagens FDV-satser.*

Scenario 2.

Bygningsrelaterte elementer som antas å ha positiv effekt for bygget til hvert enkelt Case økes fra 1,0 til 1,05 under kostnadsdekkene FDVU.

Resultat 3: *Oppgraderingskostnad for kostnadsdekkene FDVU-satser er 30 % lavere i forhold til dagens FDV-satser.*

Resultat 4: *Oppgraderingskostnad for kostnadsdekkene FDVU-satser er 0 % lavere i forhold til dagens FDV-satser.*

Prosentatsen for reinvestering under kostnadsdekkene FDVU i *Reversert LCC* settes respektivt til 40 % og 70 % for å simulere forskjell i oppgraderingskostnad på 30 % og 0 %. Dette betyr at prosentatsen under dagens FDV-sats i *Reversert LCC* settes til 70 % for alle simuleringene. Dette er en forutsetning for alle skolene. Det må derfor tas forbehold om at prosentatsene kan avvike fra det reelle oppgraderingsbehovet for de enkelte skolene.

P50 og P85 verdiene er automatisk hentet fra *Oracle® Crystalball*. Verdiene må leses slik i denne oppgaven:

Høyere verdi tilsvare høyere besparelse for kommunen på sikt. Lavere verdi tilsvare tap for kommunen på sikt. Potensialet for å spare penger på sikt i et 25-års perspektiv er analysert her. Resultatene er illustrert med en «S-kurve» og en «frekvenskurve/normalfordelt kurve»

8.1.1 Bjørnsletta skole

Følgende kilder ligger til grunn for prosjektdata:

Bjørnsletta skole – Sluttkostnader (*Sluttkostnaden er ikke endelig*)

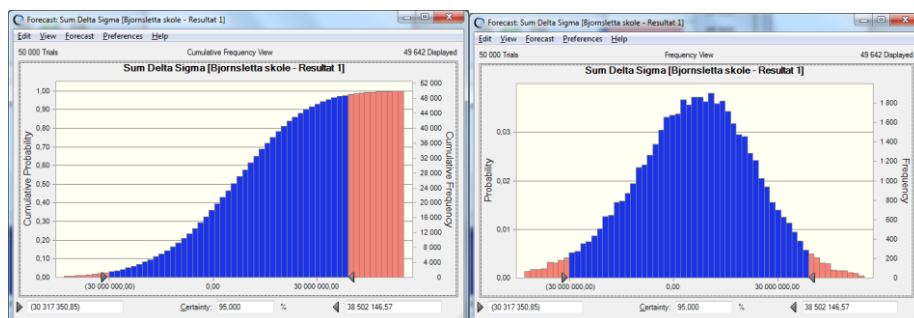
Bjørnsletta skole justert kalkylemal 10.02.2011

Husleiekalkulator, Bjørnsletta skole – KS2 - Endret 21.02.2011

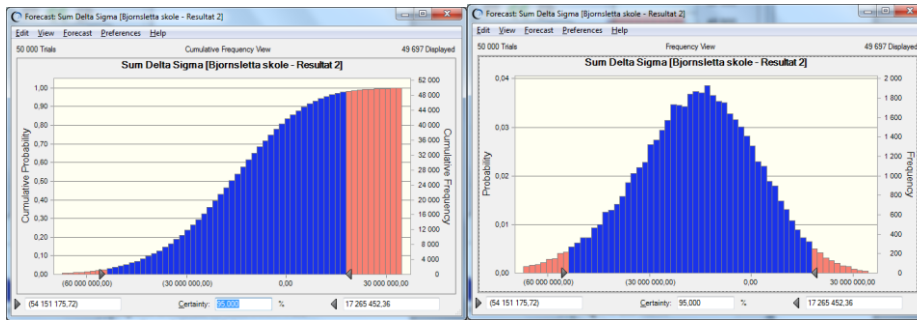
Dekomponering for «Bygningskropp» og «Innvendige bygningselementer» er hentet fra husleiekalkulatoren. Dekomponering for tekniske installasjoner er basert på sluttkostnader, som avviker i noe grad i fra husleiekalkulatoren.

Simuleringen er basert på P50-prosjektkostnaden: **396 622 462,-**.

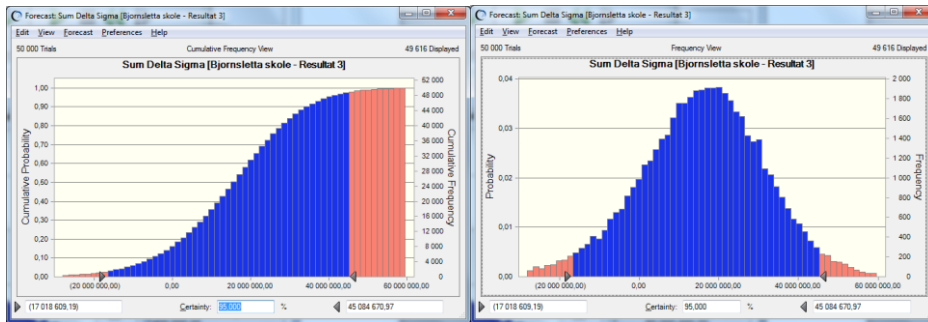
Resultat 1



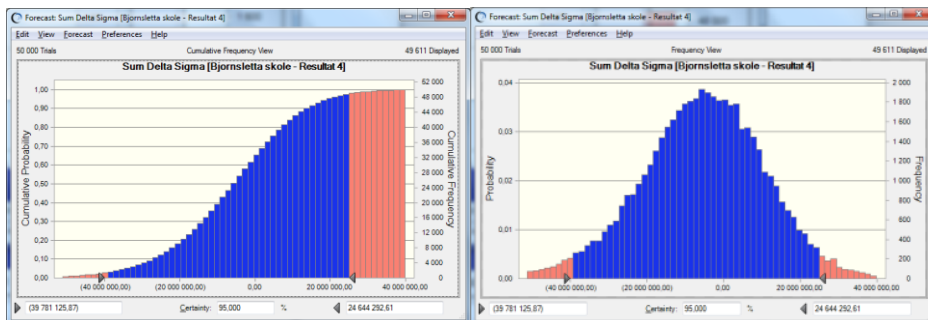
Resultat 2



Resultat 3



Resultat 4



Bjørnsletta skole – Resultat P50 & P85

Resultat	P50	P85	P50 (Annuitet)	P85 (Annuitet)
Resultat 1	6 646 872	23 656 598	432 251	1 538 409
Resultat 2	-15 652 244	2 272 662	-1 017 879	147 793
Resultat 3	16 301 736	31 372 120	1 060 116	2 040 156
Resultat 4	-5 071 329	10 658 770	-329 793	693 149
Gjennomsnitt	556 258	16 990 037	36 174	1 104 877

8.1.2 Kuben Yrkesarena

Følgende kilder ligger til grunn for prosjektdata:

Risløkka – kostnader til husleieberegning 23.2.2012

Husleiekalkyle Risløkka basert på KS2 minus areal for baskethall 160909

Kalkyle Risløkka 16.04.09 for husleie – mal ver. 4.2 spes. Kjeller ver2

Kopi av nøkkeltallsskjema 7.1.2015

Kommentar til oppgraderingskostnaden for Kuben yrkesarena: Kostnadspost Yttertak er inkludert i 22 Bæresystem og er ikke dekomponert som en egen kostnad. Det gjøres da en forenklet forutsetning om at 50 % av kostnaden for 22 Bæresystem må reinvesteres om 20 år.

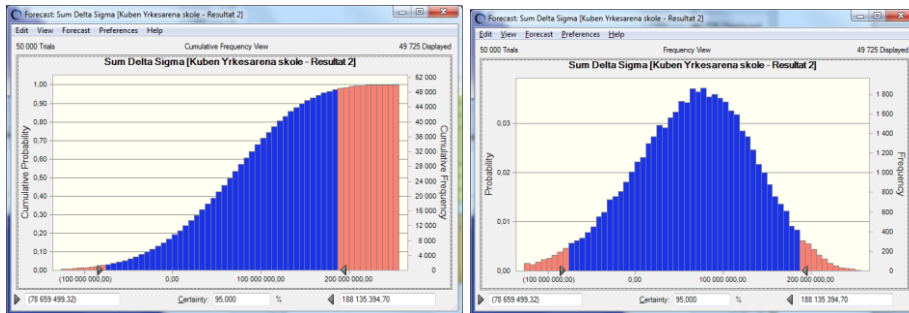
Simuleringen er basert på sluttkostnaden for 32 280 m² bygningsareal: **722 972 049,-**.

Levetiden for bygningskropp settes til 58 år for å ligge under vektet snitt på 40 år.

Resultat 1



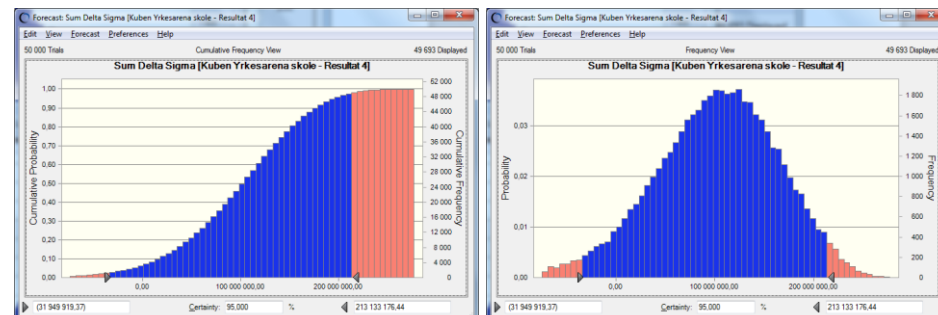
Resultat 2



Resultat 3



Resultat 4



Kuben Yrkesarena – Resultat P50 & P85

Resultat	P50	P85	P50 (Annuitet)	P85 (Annuitet)
Resultat 1	146 385 116	212 116 459	9 519 548	13 794 113
Resultat 2	68 573 551	135 452 653	4 459 396	8 808 601
Resultat 3	179 963 876	239 534 877	11 703 203	15 557 156
Resultat 4	104 743 198	166 143 527	6 811 539	10 804 454
Gjennomsnitt	<i>129 916 435</i>	<i>188 311 879</i>	<i>8 123 422</i>	<i>12 241 081</i>

8.1.3 Nordpolen skole

Følgende kilder ligger til grunn for prosjektdata:

Husleiekalkulator Sandaker 20.10.2010 – P50

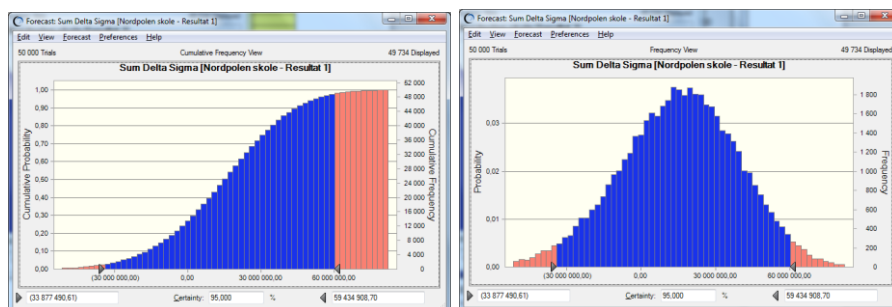
Sandaker signert kalkyle 18.03.2010

Kostnadsdekkene FDVU for Nordpolen settes ved å ta gjennomsnittet mellom «medium» og «høy» i forhold til kostnadsdekkene FDVU for «Totalrehabiliterert bygg TEK10». Dette gir følgende:

Simuleringen er basert på P50-prosjektkostnaden.

Finansieringen er fremdiskontert og gir en P50-kostnad på: ca. **405 878 668,-** ved å indeksregulere finansieringen fra 2010 og 2011 med prisveksten (NS3454:2013, C.7).

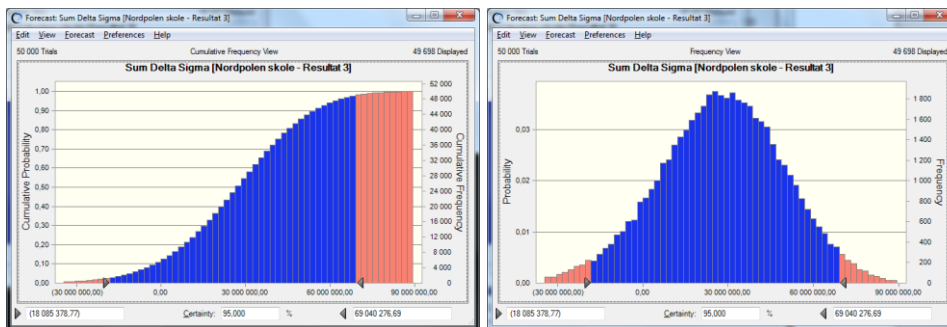
Resultat 1



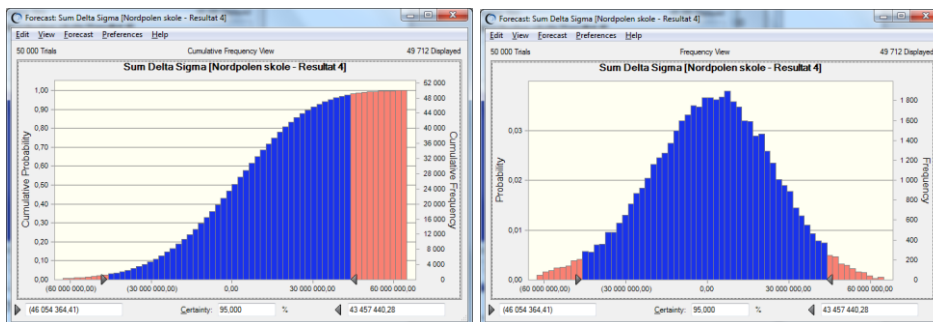
Resultat 2



Resultat 3



Resultat 4



Nordpolen skole – Resultat P50 & P85

Resultat	P50	P85	P50 (Annuitet)	P85 (Annuitet)
Resultat 1	16 006 070	39 855 959	1 041 004	2 591 867
Resultat 2	-10 911 199	13 906 738	-709 565	904 367
Resultat 3	27 960 386	50 223 061	1 818 287	3 266 048
Resultat 4	1 852 117	24 456 586	120 445	1 590 432
Gjennomsnitt	8 726 843	32 110 586	567 543	2 105 410

8.1.3.1 Majorstuen skole

Følgende kilder ligger til grunn for prosjektdata:

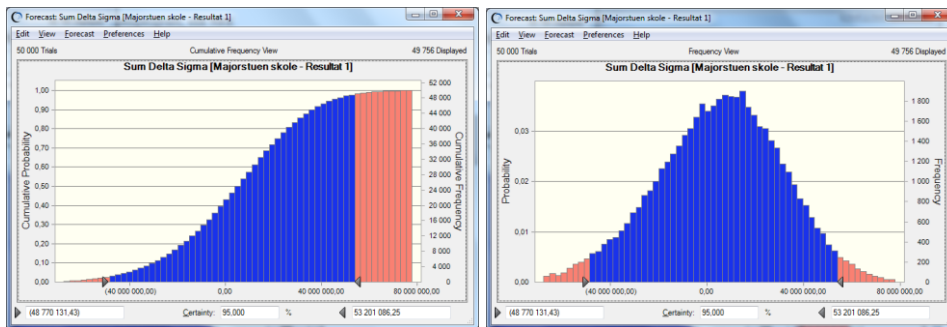
Majorstuen skole Styringsdokument 2 13. september 2011

Husleiekalkulator 21.03.2011

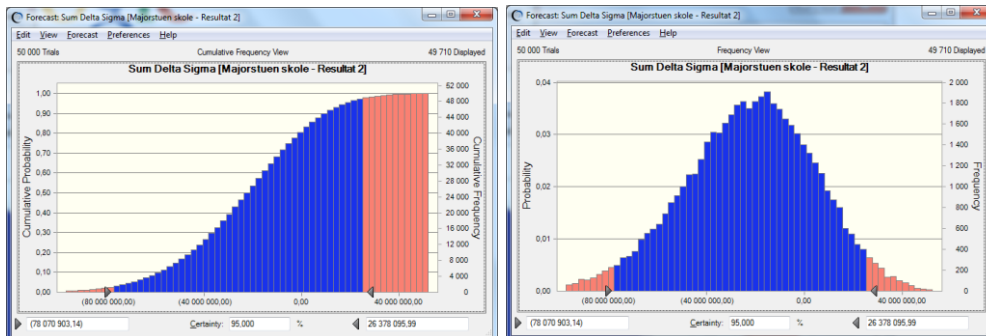
Kostnadsdekkene FDV for Majorstuen skole settes ved å ta gjennomsnittet mellom «medium» og «høy» i forhold til kostnadsdekkene FDVU for «Totalrehabiliterert bygg TEK10». Dette gir følgende:

Simuleringen er basert på P50-prosjektkostnaden: **480 520 541,-**

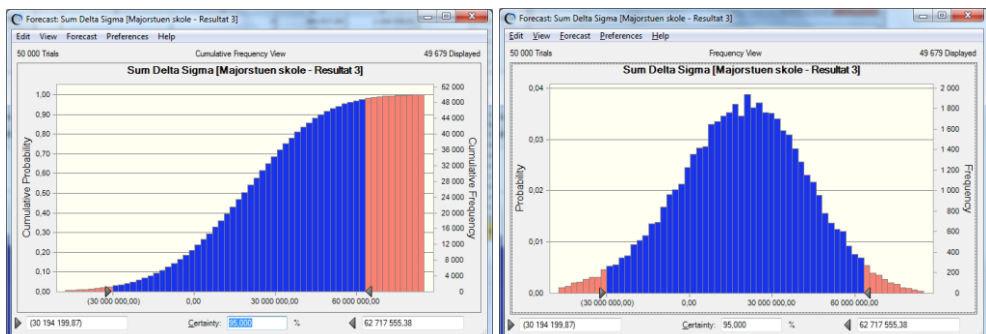
Resultat 1



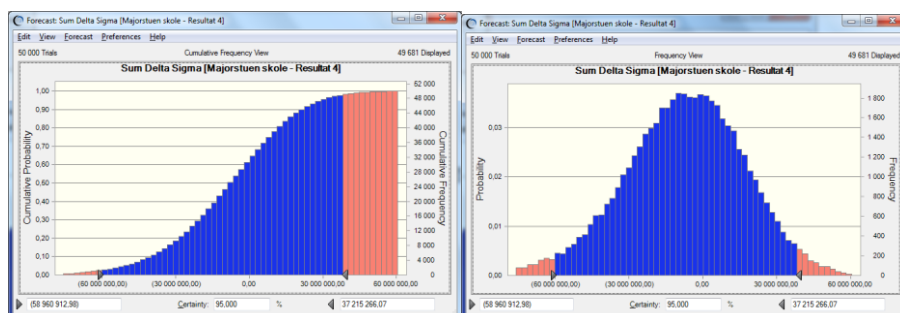
Resultat 2



Resultat 3



Resultat 4



Majorstuen skole – Resultat P50 & P85

Resultat	P50	P85	P50 (Annuitet)	P85 (Annuitet)
Resultat 1	6 193 164	31 765 858	402 747	2 065 761
Resultat 2	-21 271 658	4 920 315	-1 383 314	319 972
Resultat 3	19 650 610	42 871 988	1 277 896	2 788 002
Resultat 4	-6 693 092	17 116 523	-435 257	1 113 102
Gjennomsnitt	<i>-530 244</i>	<i>24 168 671</i>	<i>-34 482</i>	<i>1 571 709</i>

8.2 Analyse – Sammenligning av resultater for hver skole

Bjørnsletta skole

Resultat	P50	P85	P50 (Annuitet)	P85 (Annuitet)
Gjennomsnitt	<i>556 258</i>	<i>16 990 037</i>	<i>36 174</i>	<i>1 104 877</i>

Usikkerhet: P85-P50 = **16 433 779,-**

Usikkerhet (Annuitet): P85-P50 = **1 068 703,-**

Kuben Yrkesarena

Resultat	P50	P85	P50 (Annuitet)	P85 (Annuitet)
Gjennomsnitt	<i>129 916 435</i>	<i>188 311 879</i>	<i>8 123 422</i>	<i>12 241 081</i>

Usikkerhet	P85-P50	P85-P50 (Annuitet)
Sum	58 395 444,-	4 117 659,-

Nordpolen skole

Resultat	P50	P85	P50 (Annuitet)	P85 (Annuitet)
Gjennomsnitt	8 726 843	32 110 586	567 543	2 105 410

Usikkerhet	P85-P50	P85-P50 (Annuitet)
Sum	23 383 743,-	1 537 867,-

Majorstuen skole

Resultat	P50	P85	P50 (Annuitet)	P85 (Annuitet)
Gjennomsnitt	-530 244	24 168 671	-34 482	1 571 709

Usikkerhet	P85-P50	P85-P50 (Annuitet)
Sum	24 698 915,-	1 606 191,-

Total sum

Resultat	P50	P85	P50 (Annuitet)	P85 (Annuitet)
Sum (Alle skoler)	138 669 292	261 581 173	8 692 657	17 023 077

Usikkerhet (Alle skoler)	P85-P50	P85-P50 (Annuitet)
Sum	122 911 881,-	8 330 420,-

Resultat (Alle skoler ekskludert Kuben Yrkesarena)	P50	P85	P50 (Annuitet)	P85 (Annuitet)
Sum	8 752 857	73 269 294	569 235	4 781 996

Usikkerhet (Alle skoler ekskludert)	P85-P50	P85-P50 (Annuitet)
-------------------------------------	---------	--------------------

Kuben Yrkesarena)		
Sum	64 516 437,-	4 212 761,-

8.2.1 Diskusjon fra analysen

Vi ser at Majorstuen og Nordpolen har ca. samme usikkerhet (P85-P50). Dette har noe med at begge skolene er totalrehabiliterte og har ca. prosjektkostnad basert på tilgjengelige data. Empiriske data gir inntrykk av at både Nordpolen og Majorstuen skole er utsatt for tøff bruk av bygget. I forhold til Bath-tub kurven, har mange bygningsdeler til disse to skolene trolig vært ved slutten av sin levetid før totalrehabilitering. Disse byggene har nå blitt oppgradert og fått en forlenget levetid.

Bjørnsletta skole er et spesielt prosjekt, fordi bygget skal tilfredsstillende passivhusstandard. Noe av målet med prosjektet har hele tiden vært å oppnå så lave driftskostnader som mulig under bruksfasen. Skolen fikk høy karakter for alle bygningselementene, hvor blant annet service-avtaler og garantitid på 5 år ble brukt som argument for hvorfor denne skolen ville holde en god tilstandsgrad på sikt.

Ulempene vil være at når handlingsplaner ikke blir fulgt i praksis, spesielt med tanke på drift i forhold til årshjulet, kan eksempelvis energikostnadene øke. Dersom det viser seg at Bjørnsletta skole har en tilfredsstillende tilstandsgrad på sikt (grad 0-1), kan det være aktuelt å benytte skolen som et referanseprosjekt, for å sammenligne prosesser og aktiviteter mot andre skolebygninger. Med hensyn til Bath-tub kurven, vil denne skolen sannsynligvis ligge ved «normalisert levetid» for bruksfasen hvor antall feil som oppstår er mer stabilt etter «Infant Mortality» fasen.

Resultatene for Kuben Yrkesarena kan tyde på at verdibevarende vedlikehold har positiv effekt på skolebygget. Dette gjelder spesielt i sammenheng med at bygget har mye brukertungt utstyr med nytteverdi for undervisningsformål. Da Kuben har fått installert avanserte styringssystemer, vil rutinemessig vedlikehold ha høy verdi for bygget. Anskaffelsesverdien er relativt høy for dette bygget, noe som innebærer at potensialet til å ivareta realverdier på dette bygget vil være betydelig. Det kan nevnes at denne skolen er et unikt prosjekt, da det er Norges største videregående skole. I henhold til Bath-tub kurven og befaring på stedet, kan det se ut som at denne skolen fortsatt er i «Infant Mortality» fasen. På en annen side synes det som at denne skolen er på vei mot «normalisert brukslevetid».

9 Diskusjon

9.1 Målsetning

Målsetningen til denne oppgaven var å kvantitativt analysere UBF sine muligheter til å ivareta realverdier på sikt i et 25-års perspektiv. Oppgaven har synliggjort noen problemstillinger knyttet til målsetningen.

Problemstilling 1.

Det er utfordrende å simulere den kvantitative effekten av å øke vedlikeholdsintensitet for bygninger, blant annet på grunn av mangel på informasjon og mangel på spesifikk relevant kunnskap om ulike bygningstyper.

Løsningsforslag 1.

Teoridelen i denne oppgaven inneholder blant annet sannsynlighetsteori som kan benyttes for å tydeliggjøre usikkerhet i data. Monte Carlo simulering er en god måte å håndtere usikkerhet på, da denne simuleringsteknikken kan simulere flere parametere samtidig. Analyser (kvantitative og kvalitative vurderinger) av usikkerhet i kostnadsdata og usikkerhet i kostnadsmodeller er et godt rammeverk for å håndtere usikkerhet. Realistiske input av data og usikkerhetsanalyser kan gi eiendomsforvaltere informative data, for eksempel i forhold til vedlikeholds- og oppgraderingsbehov for skolebygg.

Faktormetoden er en moderne og relativt dynamisk metode innenfor fasilitetsstyring. Estimering av levetider er også spesielt nyttig for å kunne planlegge optimal vedlikeholdsstrategi for ulike bygningstyper. Det vil eksempelvis være unødvendig å oppgradere deler av et skolebygg, når hele bygget må rives i løpet av få år. Det kan da vise seg at kostnadsdata i et prosjekt vil få for høy usikkerhet til at det er hensiktsmessig å benytte sannsynlighetsteori. Da vil det være bedre å anvende metoder som krever færre forutsetninger i kostnadsmodellen.

Problemstilling 2.

Usikkerhet (mangel på konkret informasjon, kostnadsdata etc.) er den største svakheten med LCC-analyser. Usikkerhet og risiko er et utfordrende tema i forhold til kunder, da kunden kan gi lite rom for diskusjon om usikkerhet i data. Dette er også en relevant utfordring for UBF hvor husleiekontrakter

fastsettes etter KS2-prosessen, men før detaljprosjekteringen. Dette kan tyde på at er vanskelig å fastsette korrekt FDV-sats for husleiekontrakten uten å ha driftet bygget i noen år først.

Løsningsforslag 2.

Estimering av kostnader etter ABC-metoden eller TLC-metoden har potensiale til å anvendes i husleieberegninger. Det anbefales for nybyggprosjekter å gjennomføre et pilotprosjekt hvor man allerede fra anskaffelsesprosessen (eventuelt KVVU-fasen) legger opp til en langsiktig plan for å redusere LCC-kostnadene på sikt. Da UBF har utfordringer knyttet til å allokere kapital fritt mellom investerings- og FDV-budsjetter, kan det være aktuelt å anvende forskning basert på hvordan UBF kan allokere midler mer optimalt med begrenset tilgang til finansielle midler.

Problemstilling 3.

Relevansen til årskostnader (annuitetsberegning) bør belyses innenfor LCC-beregninger. Annuitetsberegninger synes å være utbredt praksis i Norge. Under arbeidet med denne oppgaven, har det vist seg at beregning av årskostnader nødvendigvis ikke har høy relevans overfor kunder. Dette fordi reelle kostnader kan avvike sterkt fra år til år. Beregningsmetodikken kan også føre til at høye årskostnader vil drive husleiekontrakter opp til et kunstig høyt nivå. Annuiteten gir derfor ikke nødvendigvis et realistisk bilde av når kostnadene faktisk oppstår. Disse vil kun være retningsgivende med hensyn til hvor mye et byggverk vil koste å drifte hvert år målt i annuitet (konstant verdi hvert år). Årskostnaden kan bli relativt lik for ulike investeringsalternativer, og er derfor i hovedsak kun retningsgivende for å vurdere hvilket investeringsalternativ som har lavest LCC-kostnad.

Løsningsforslag 3.

Det er mer informativt å analysere kostnadsdrivere i ulike alternativer i LCC-perspektivet og usikkerheten i relevante kostnadsdata. En slik analyse synliggjør hvilke aktiviteter som må prioriteres for å unngå store uventede drifts -og vedlikeholdsutgifter i framtiden (økte energikostnader etc.). Dette gir kunden økt forståelse for driftskostnadene til bygget, noe som potensielt kan øke forståelsen av hvorfor verdibevarende vedlikehold er viktig. Beslutningsgrunnlaget vil få høyere kvalitet, fordi usikkerheten i ulike kostnadselementer synliggjøres.

9.1.1 Diskusjon – Empiriske data

Funn fra empiriske data i dette studiet kan anses å ha relativt høy validitet, med naturlige begrensninger, da intervjuene kun varte i ca. 1 time. Dette begrunnes med at intervjuobjektene har relevant erfaring

og kompetanse innenfor eiendomsforvaltning. Alle intervjuene underbygger utfordringene denne oppgaven søker svar på i forhold til UBF sitt forbedringspotensial. Intervjuene beskriver at ekstern kommunikasjon med leietaker er en fundamental faktor for å lykkes som eiendomsselskap. Det er viktig at UBF internt i hele verdikjeden kommuniserer med hverandre. Dette for å sikre gode løsninger for brukervennlig og kostnadseffektiv drift av bygget. Alle intervjuobjektene var enige i at en langsiktig vedlikeholdsplan er viktig, da rutinemessig vedlikehold er en klar fordel gjennomføre kostnadsdrivende strakstiltak. Eksempelvis er strakstiltak av vinduer dyrere og medfører ulemper for leietaker, fremfor at vinduene vedlikeholdes over tid i henhold til plan, drift av skole etc.

UBF, som kommunalt eiendomsselskap, skiller seg fra privat sektor. Foretaket er underlagt mer rigide rammefaktorer knyttet til politiske organer, og har UDE som leietaker. Dette fordi UBF i stor grad er styrt av øvre beslutningsorganer og leietaker. Dette tyder videre på at mandatet til UBF ikke er fullstendig gjennomførbart i henhold til vedlikeholdspolitikken og finansiering i form av utviklingskostnader (U), der dette ikke er optimalt for et eiendomsselskap. Det ble blant annet nevnt under et av intervjuene at det er viktig å synliggjøre vedlikeholdsbehovet og finansiere vedlikeholdet for kommunen. I 2013 ble vedlikeholdsetterslep til skolebyggsektoren i Oslo kommune estimert til ca. 900 millioner kroner for å tilbakeføre skolebyggene tilbake til sin opprinnelige standard (dette er ikke estimerte kostnader for reell oppgradering, kun vedlikehold for å redusere vedlikeholdsetterslepet). I tillegg til dette er det således et stort behov for å finansiere oppgraderinger av byggene til dagens tekniske standard, for eksempel med tanke på krav til innemiljø.

Verken Kuben, Bjørnsletta, Nordpolen eller Majorstua har i sine husleiekontrakter kostnadsdekkene FDV, noe som tyder på at dette er en årsak til vedlikeholdsetterslep. Problemet er at vedlikeholdsetterslepet øker raskere enn tilgjengelige midler i Vedlikeholds og rehabiliteringsbudsjettet, sammenlignet med hvor raskt kommunen reduserer vedlikeholdsetterslepet. Sagt på en annen måte, dekker ikke kommunens budsjetter det økende behovet for å redusere vedlikeholdsetterslepet. Dette kan løses ved kostnadsdekkene FDVU, der potensielle besparelser for disse fire respektive skolene er analysert i denne oppgaven.

9.2 utfordringer

Etter at siste eksamen var fullført hadde jeg interne diskusjoner med UBF om relevante temaer for en masteroppgave. Vi diskuterte blant annet hvilke resultater masteroppgaven kunne bidra med for å synliggjøre forbedringsmuligheter hos UBF. Vi kom frem til at jeg skulle analysere UBF sine muligheter til å ivareta realverdier ved å utvikle en kvantitativ LCC-modell tilpasset UBF og synliggjøre forbedringsmuligheter innenfor foretaket sitt mandat. Det var enighet om at prosjektbeskrivelsen i oppgaven måtte tilpasses underveis, noe som viste seg å være nødvendig av

hensyn til tidsbegrensning. Jeg bestemte meg for å anvende konstruktiv forskningsdesign, fordi denne forskningsmetoden passet bra med målsetningen og problemstillingen til oppgaven.

Etiske utfordringer knyttet til forskning og innsamling av data var en av de største utfordringene som oppstod under arbeid med oppgaven. Det var spesielt utfordrende å samle kvantitative data om hvordan tilstanden til skolebyggene vil være om 25 år basert på dagens økonomiske rammefaktorer. I denne konteksten kan det hende at flere personer «gjøttet» under prosessen for innsamling av data (kvantifisering av faktorer til faktormetoden). Det har hele tiden vært viktig å påvirke personer minst mulig, men andres oppfatning av hva spørsmålet søker kan ha hatt innflytelse på dataene. Det har derfor vært viktig å beskrive tydelig hva forskningsspørsmålene søker, og forstå hvordan vedkommende tenker. Dette for å analysere dataene mer korrekt, da det i flere tilfeller var vanskelig å tenke etter faktormetoden sitt rammeverk.

Det var viktig å følge metodikken i oppgaven for å øke validiteten til resultatene. Det var utfordrende å samle data fra personer uten relevant kunnskap eller erfaring i forhold til oppgavens problemstilling. LCC-begrepet var kjent for de fleste hos UBF, men de færreste hadde hørt om faktormetoden på forhånd. Disse faktorene har hatt innflytelse på validiteten til dataene. Hvis en part har misforstått noe, kan kvaliteten i dataene være redusert og i verste fall basert på feil grunnlag.

For fastsettelse av faktorer i faktormetoden til de ulike case-studiene var det nødvendig å følge et karaktersystem (1: Verst – 10: Best). Karaktersetning til de ulike bygningsrelaterte elementene, ble benyttet for å estimere de enkelte faktorene kvantitativt for de respektive case-studiene. Det var utfordrende å velge realistiske faktorer basert på kvantitative og kvalitative måleparametre gitt i denne oppgaven. Hovedårsaken til dette er at 25 år er en lang periode, noe som gjør det vanskelig å diskutere hvilken tilstand et skolebygg vi ha etter år 25, samt estimere hvor stort oppgraderingsbehovet vil være.

Det har vært forsøkt å basere oppgavens resultater på oppfatninger fra ulike personer i relevante stillinger i så stor grad som mulig. Det har vært nødvendig å gjøre skjønsmessige vurderinger underveis, med hensyn til kvantitative vurderinger av faktorer i faktormetoden. Slike problemstillinger vil alltid være en utfordring når man jobber med usikkerhet - spesielt over lange analyseperioder. Det er søkt å være så objektiv og realistisk som mulig i LCC-analysene.

9.2.1 Læringsutbytte

Jeg har hatt en god læringskurve ved å utvikle en parametrisk modell. Dette har blant annet gitt meg en bedre forståelse for LCC-analyser, men det har også vært nyttig erfaring i forhold til å utvikle en «konstruksjon». Teoriene jeg har skrevet for denne oppgaven har gitt meg en bedre faglig forståelse

innenfor LCC, utfordringer knyttet til kommunen og eiendomsforvaltning generelt (oppbygning av husleiekontrakter, vedlikeholdsstrategier etc.). Det har gitt meg god erfaring å samle inn empiriske data, da det er mange utfordringer i praksis som skal tas hensyn til. Generelt sett har jeg fått et innblikk i hvordan eiendomsforvaltning fungerer i praksis, og jeg har lært en god del om konsekvenser ved forsømt vedlikehold og utviklingsbehovet i eiendomsmassen.

9.3 Konklusjon

Basert på resultatene i denne oppgaven er FDV-inntektene til UBF for skolene; Kuben Yrkesarena, Majorstua skole, Bjørnsletta skole og Nordpolen skole lavere enn det reelle behovet for drifts- og vedlikeholdsrelaterte aktiviteter. Det kan se ut som at Bjørnsletta i utgangspunktet har lave driftsutgifter, men manglende finansiering til vedlikehold på denne skolen vil også medføre konsekvenser på sikt i forhold til økte FDV -og utviklingskostnader. Dette tydeliggjør at Oslo kommune har potensiale til å optimalisere den offentlige eiendomsforvaltningen for skolebyggsektoren. Økt finansiering via vedlikehold og oppgradering av eiendomsmassen kan gi rom for en optimal gjennomføring av eiendomsstrategien for å ivareta realverdier og brukernes behov.

Reversert LCC og empiriske data underbygger at Utviklingskostnader varierer i størrelse og tid avhengig av vedlikeholdsintensiteten. På sikt vil et kontinuerlig godt vedlikehold forlenge levetiden for skolebygg, som på sikt reduserer Utviklingskostnaden. Sammenlignet med dagens situasjon, der etterslep/strakstiltak må prioriteres, vil en besparelse på ca. 8-17 millioner kroner i snitt hvert år kunne realiseres forutsatt at et optimalt og kostnadsdekkende FDVU-budsjett tilrettelegges UBF.

I henhold til oppgavens målsetning og resultater er det utarbeidet forslag til 3 tiltak for UBF:

- **UBF bør i større grad benytte aktivitets- og LCC basert estimering av kostnader for fastsettelse av FDVU-satser, samt etablere erfaringsdatabaser knyttet mot reelle drift -og vedlikeholdskostnader i henhold til FKOK-serien.**
 - o På sikt fører dette til bedre styring av kostnader og reelt vedlikeholdsbehov for de enkelte prosjektene. Dette vil gi en mer korrekt og fullstendig vurdering av kostnadsdekkene FDVU. Det er nødvendig å utvikle et system/handlingsplan som avdekker de faktiske behov på den enkelte skole for at dette skal lykkes. Her henvises det til aktivitetsbasert budsjettstyring i det teoretiske rammeverket som underbygger dette tiltaket.
- **FDV-satsen i husleiekontraktene signert før 2014 bør økes til kostnadsdekkende FDVU-satser (LCC-nivå).**

- Dette tiltaket forutsetter at det i en optimal driftssituasjon, budsjetteres FDV-kostnader etter aktivitetsbehovet for den enkelte skole. Et alternativ er å budsjettere og avregne FDV-kostnader etter a-konto prinsippet for alle drifts- og vedlikeholdsrelaterte oppgaver. Fordelen her er at a-konto beløpet synliggjør om FDV-satsene er høyere eller lavere enn det reelle behovet for de respektive skolene.
- **UBF bør videreutvikle sin organisasjonsstruktur for å optimalisere driften av FDV-budsjettet, der det forutsettes at eiendomsforetaket får større ansvar som eiendomsforvalter i bestiller-utfører modellen.**
 - Dette tiltaket innebærer at UBF får et større budsjettansvar og tydeligere mandat i bestiller-utfører modellen. Formålet med tiltaket er å gi rom for en mer effektiv og relevant informasjonsflyt mellom de ulike avdelingsenhetene. Det kan her være fornuftig at eiendomsavdelingen får et konkret mandat til å budsjettere bevilgninger realistisk (kostnadsdekkene finansiering til FDVU) i henhold til aktivitetsstyrt budsjettbehov mellom de ulike avdelingene i foretaket.

9.3.1 Videre forskning

Følgende forslag til videre forskning basert på oppgaven:

- Byggenæringen er preget av usikkerhet i kostnadsdata. Forskning på ulike usikkerhetsmetoder kan være interessant for å sikre bedre kostnadsstyring i prosjekter. Disse metodene kan også sannsynligvis anvendes i driftsfasen for å beregne kostnadsoptimale vedlikeholdsstrategier.
- Videre arbeid kan basere seg på metoder for å estimere oppgraderingskostnader.
- Videre forskning på ulike parametere i byggeprosjekter kan være interessant ved å videreutvikle faktormetoden til å kunne beregne mer nøyaktige levetidsestimater.
- Videre forskning på anvendelse av kostnadsmodeller, der formålet er å budsjettere vedlikeholdsutgifter etter aktivitetsbehovet.
- Forskning innenfor organisasjon og ledelse om hvorvidt bestiller-utfører rollen er optimal for et eiendomsforetak sitt mandat.
- Videre forskning på Fuzzy-logikk systemer i LCC-beregninger, da dette kan være et godt verktøy for å redusere usikkerhet i byggeprosjekter

Forskning om bestiller utfører-modellen og hvilke begrensninger modellen medfører for UBF, som eiendomsselskap, bør igangsettes. Formålet med forskningen vil være å utvikle en ny

organisasjonsmodell som er rettet mot UBF sitt mandat som eiendomsselskap. Det vil alltid være utfordringer i praksis. Derfor er det viktig å forstå at teori og praksis ikke nødvendigvis samsvarer med hverandre.

Kildereferanser

- Al-Khatam, J. A. (2003). Buildings Maintenance Cost. Master of Engineering Report. Dhahran: King Fahd University of Petroleum & Minerals, 2003. Lokalisert på http://www3.kfupm.edu.sa/cem/research/MS_thesis/Jalal_Khatam.doc
- Almberg, J. (2011). Användning av LCC: Vad krävs för att utforma en LCC-modell? (Kandidatuppsats, Linneuniversitetet – Ekonomihögskolan). Lokalisert på <http://lnu.diva-portal.org/smash/get/diva2:424538/FULLTEXT01.pdf>
- Andresen, M. (2007). NTNU kursdagene (Januar 2007). Lokalisert på http://www.nbef.no/fileadmin/Kursprogrammer/2007/750000/Marius_Totale_arealkostnader.pdf
- Argandoña, A. (Mai, 2011). Stakeholder Theory and Value Creation. Working paper No. 922, Barcelona: University of Navarra (2011). Lokalisert på <http://www.iese.edu/research/pdfs/di-0922-e.pdf>
- Arge, K. (2008). Strategisk porteføljevaltning av kommunal eiendom (Prosjektrapport 11, 2008). Lokalisert <http://www.sintef.no/globalassets/upload/byggforsk/publikasjoner/sb-prapp-11.pdf>
- Ashworth, A. (2004). Cost Studies of Buildings. Utg. 4. Harlow: Pearson Education Limited (2004)
- Auran, H. Johannessen, O. K., Mikaelson, Rune., Eriksen, I., Støen, P.T., Jacobsen, P., Tårup, A.. (2013). Basalerapporten, 1. Halvår 2013. Trondheim: Basale AS. Lokalisert på http://www.basale.no/images/docs/basalerapporten_1_2013.pdf
- Bakhshi, P., Touran, A. (2012). A Method for Calculating Cost Correlation among Construction Projects in a Portfolio. International journal of Architecture, Engineering and Construction. Vol. 1, No. 3 (September, 2012), 134-141. Lokalisert på <http://www.iasdm.org/journals/index.php/jjaec/article/viewFile/74/38>
- Barringer, H. P., Weber, D. P. (1996). Life Cycle Cost Tutorial. Fifth International Conference on Process Plant Reliability, Gulf Publishing Company, Houston, Texas. Lokalisert på <http://www.barringer1.com/pdf/lcctutorial.pdf>
- Bjørberg, S., Kristiansen, B. F., Larsen, A. (2005). Avskrivning av bygninger – Prinsipper og konsekvenser. Oslo & RIF & Norges Bygg- og Eiendomsforening. Lokalisert på http://www.nbef.no/fileadmin/Litteratur/avskrivning-bygninger_NBEF_2.pdf
- Bjørberg, S., Larsen, A., Øiseth, H. (2003). Livssyklus kostnader for bygninger: innføring og prinsipper, beslutningsprosessen, kalkyleanvisning, eksempler. Lokalisert på <http://www.dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/livssyklus kostnader-for-bygninger.pdf>
- Blaikie, N., (2010). Designing social research: the logic of anticipation. Cambridge: Policy Press
- Boundless (2014, 14. November). Limitations of the Balance Sheet.” Boundless Accounting. Lesedato: 06 Jan. 2015. Lokalisert på <https://www.boundless.com/accounting/textbooks/boundless-accounting-textbook/financial-statements-overview-3/the-balance-sheet-25/limitations-of-the-balance-sheet-168-3875/>
- Bowen, P. A., Hall, K. A., Edwards, P. J., Pearl, R. G. & Cattell, K. S. (2002). Perceptions of Time, Cost and Quality Management on Building Projects. The Australian Journal of Construction Economics and Building. 2(2): 48-56.

Bratsberg, A., Olaisen, L. (2011). Verdssettelse av næringseiendom: Vurdering og anvendelse av ulike modeller. Lokalisert på <http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/188314/MASTEROPPGAVE%20HENRIK%20HALSETH.pdf?sequence=1>

Broadleaf Capital Internation Pty Ltd (2014, June). Discussion Paper: Beta Pert Origins. Version 1. Lokalisert på <http://broadleaf.com.au/wp-content/uploads/2014/07/Beta-PERT-origins-2014-v2.pdf>

Cheng, T. (s.a.). A Critical Discussion on Bath-tub Curve. Association for Technical Supervision Information (CATSI). Lokalisert på <http://bm.nsysu.edu.tw/tutorial/iylu/conferance%20paper/B035.pdf>

Chiurugwi, T., Udejaja, C., Hogg, K. Nel, W. (2010.). Exploration of drivers and barriers to life cycle costing (LCC) in construction projects: professional quantity surveyors assessment. Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering. UK: Nottingham University Press.

Corfield, A. (1998) "The stakeholder Theory and its Future in Australian Corporate Governance: A preliminary Analysis," *Bond Law Review*, vol. 10: iss. 2, Article 5. Lokalisert på <http://epublications.bond.edu.au/blr/vol10/iss2/5>

Creswell, J. W. (2012). Educational Research: Planning, Conducting, and evaluating Quantitative and Quailitative Research. 4 utg. Boston: Pearson.

Denzin N. K. (1970). The research act: a theoretical introduction to sociological methods. Chicago: Aldine

DIBK (s.a.). Direktoratet for Byggkvalitet. Lokalisert på <http://dyp.dibk.no/dyp/content/rundskriv/17/>

DIBK (2014). Direktoratet for Byggkvalitet. Lokalisert på http://www.dibk.no/no/Om_oss/Arkiv/Nyhetsarkiv/bygg21-byggenaringen-skal-bli-bedre/

Dierksmeier, C., Pirson. M. (2009). Oikonomia Versus Chrematistike. Learning from Aristotle about the Future Orientation and Business Management. *Journal of Business ethics*, 88 (2009). Tilgjengelig på SSRN: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1556857

Eliasson, E., Virro, H. (2012). LCC-kalkyler i byggbranchen – förutsättningar och tolkning av resultat. (Kandidatnivå, Linneuniversitetet – Ekonomihögskolan). Lokalisert på <http://lnu.diva-portal.org/smash/get/diva2:532892/FULLTEXT01.pdf>

Emblemsvåg, J. (2003). Life-Cycle Costing: Using Activity-Based Costing and Monte Carlo Methods to manage Future Costs and Risks. Hoboken, N.J.: Wiley.

Espelien, A., Reve T., (2007). *Hva skal vi leve av i framtiden? Forskningsrapport, Handelshøyskolen BI: Oslo*. Hentet fra: <https://www.bi.no/OsloFiles/Byggsenteret/2007-05-Espelien%20og%20Reve.pdf> [Lesedato 5.1.2015]

Farid, S. (2014, 25. mars). Annuity Method of Depreciation. Lesedato: 6.1.2014. Lokalisert på http://www.accounting4management.com/annuity_method_of_depreciation.htm

Farran, M., Zayed, T. (2009). Comparative Analysis fo Life-Cycle Costing for Rehabilitating Infrastructure Systems. *J. Perform. Constr. Facil.*, 23(5), 320-326. DOI: 10.1061/(ASCE)CF.1943-5509.0000038

Flager, F. L. (2003). The Design of Building Structures for Improved Life-Cycle Performance. Submitted to the Department of Civil and Environmental engineering, Massachusetts Institute of Technology. Lokalisert på <http://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/29552/52723360.pdf?sequence=1>

Forisk (2010, 14. juni). Real vs Nominal Discount Rates for Timberland: More than a Rounding Error. Lokalisert på <https://forisk.wordpress.com/2010/06/14/real-vs-nominal-discount-rates-for-timberland-more-than-a-rounding-error/> [Lesedato: 6.1.2015]

Fuller, S., Petersen, S. R. (1995). Life-Cycle Costing Manual for the Federal Energy Management Program. NIST Handbook 135. National Institute of Standards and Technology (1995). Lokalisert på http://wbdg.org/ccb/NIST/hdbk_135.pdf

FKOK (2012). Miljø og livsløpskostnader. Foreløpig utkast (2012). Lokalisert på <http://www.kravspesifikasjon.oslo.kommune.no/getfile.php/Felles%20Kravspesifikasjon%20Oslo%20Kommune%20%28FKOK%29/Internett%20%28FKOK%29/Dokumenter/Milj%C3%B8%20og%20LCC/2%20FKOK%20Milj%C3%B8%20og%20Livssyklus%20kostnader%20v09.pdf>

Gluch, P., Baumann, H. (2004). The life cycle costing (LCC) Approach: a Conceptual Discussion of its usefulness for environmental decision-making, *Building and Environment* 39 (2004) 571-580. Doi: 10.1016/j.buildenv.2003.10.008

Goh, Y. M., Newnews, L., McMahan, C., Mileham, A., Paredis, J. J. (2009) A Framework for Considering Uncertainty in Quantitative Life Cycle Cost Estimation. Proceedings of the ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference (2009). San Diego: ASME. Lokalisert på <http://srl2.gatech.edu/btw/files/DETC2009-86385.pdf>

Goh, Y.M., Newness, L. B., Mileham, A. R., McMahan, C. A., Saravi, M. E. (2010). Uncertainty in through-life costing-review and perspectives. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 57 (4), pp. 689-701. DOI: [10.1109/TEM.2010.2040745](https://doi.org/10.1109/TEM.2010.2040745)

Golafshani, N. (2003). Understanding reliability and validity in qualitative research. *The Qualitative Report*, 8(4), 597-606. Retrieved [Insert date]. Lokalisert på <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR8-4/golafshani.pdf>

Granja, A.D., Picchi, F.A. & Robert, G.T. (2005). Target and Kaizen Costing in Construction. *13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*. Sydney, Australia, 1-. pp 227-233

Guoqiang, R., Hongyan, Z. (s.a.). *Study on Activity-based Life Cycle Costing of Construction Project*. School of Management. P.R.China: Tianjin University of Technology. Lokalisert på <http://www.seiofbluemountain.com/upload/product/201001/1264397867v1a904u.pdf>

Hansen, A. S. (2012). Presentasjon: Kompetanse for bedre eiendomsforvaltning. Lokalisert på http://www.nbef.no/fileadmin/Kursprogrammer/2012/1201315_Kompetanse_for_bedre_eiendomsforvaltning/Hansen_Vedlikehold_av_osloskolene_-_Undervisningsbygg_-_Atle_Sverre_Hansen.pdf

Hoffart, C., Kamps, K. (s.a.) Life Cycle Costing as a Strategy - Sustainable Operations of Signaling Systems In The Railway Infrastructure. Pontdriech: RWTH Aachen University. Lokalisert på http://www.iness.eu/IMG/pdf/IMS_Summer_school_2010_LCC_Full_Paper_final.pdf

Hollauf, T. (s.a.) A simulation based approach to cost estimation of construction costs using the Monte Carlo simulation technique. Lokalisert på

http://www.academia.edu/2405754/A_simulation_based_approach_to_cost_estimation_of_construction_costs_using_the_Monte_Carlo_simulation_technique [Lesedato: 6.1.2014]

Howarth, A. (2006). Improving Asset Management in Government Departments. A report on improving the capability and capacity of managing property assets in central civil government. National School of Government (Mars, 2006). Lokalisert på <http://www.slideshare.net/Jacknickelson/improving-asset-management-in-government-departments>

Howell, G., Ballard, G. (1994). Lean Production theory: Moving Beyond “Can Do”. *Presented at the 2nd Annual Conference of the International Group for Lean Constructon, Santiago: Catolica Universidad de Chile (1994)*. Lokalisert på <http://leanconstruction.org.uk/media/docs/beyond-can-do.pdf>

Juran, J. M., Godfrey, A. B. (1999). *Juran’s Quality Handbook*. Utg. 5, London: McGraw-Hill. Lokalisert på <http://www.pqm-online.com/assets/files/lib/juran.pdf>

Kaplan, R. S., (1992). In defence of activity-based cost management, *Management Accounting* (November), 58–63. Lokalisert på <http://maaw.info/ArticleSummaries/ArtSumkaplan92.htm>

Kasanen, E., K. Lukka and A. Siitonen. 1993. The constructive approach in management accounting. *Journal of Management Accounting Research* (5): 243-264 (Summary by Anita Reed, University of South Florida, Spring 2002). Lokalisert på <http://maaw.info/ArticleSummaries/ArtSumKasanenetal93.htm>

Kim, Y.W., Ballard, G. (2001). Activity-Based Costing and its applicaton to lean construction. *Accepted for inclusion in the proceedings of the 9th annual conference of the Int’l. Group for Lean Construction, National University of Singapore, August, 2001*. Lokalisert på <http://cic.vtt.fi/lean/singapore/kim&ballardfinal.pdf>

Koskela, L. (2008). Which kind of science is Construction management? *Proceedings for the 16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 16-18th july 2008*. Manchester, UK: The University of Salford

Kroll, S. (2012). Extended life of swimming pools through LCC. Stockholm: KTH – Royal Institute of Technology, Building Technology. Lokalisert på <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:531394/FULLTEXT01.pdf>

KS (2014). *Kommunale bygg: Høye investeringer og lite til vedlikehold*. Nøkkeltallsrapport (2014). Kommunesektorens Organisasjon. Lokalisert på <http://www.ks.no/PageFiles/64988/Eiendomsforvaltning%20-%20N%C3%B8kkeltallrapport2014.pdf?epslanguage=no>

Kvartalsrapport (2014). Byrådets kvartalsrapport: Nærmere redegjørelse om resultatene i virksomhetene og andre sentrale kapitler (31 mars, 2014). Lokalisert på <http://www.byradsavdeling-finans.oslo.kommune.no/getfile.php/Budsjett%20%20%28BUDSJETT%29/Internett%20%28BUDSJETT%29/Dokumenter%202014/Kvartalsrapport-1kv-2014-byr%C3%A5dssak%2091-14-vedlegg.pdf>

Langdon, D. Management Consulting (2007). Life Cycle Costing (LCC) as a Contribution to Sustainable Construction: a common methodology. *Final report (may, 2007)*. Lokalisert på <http://ec.europa.eu/DocsRoom/documents/5054/attachments/1/translations/en/renditions/native>

Larssen, A. K. (2011). Bygg og eiendoms betydning for effektiv sykehusdrift: Buildings’ Impact on Hospital Effectiveness. (Doktoravhandling, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet [NTNU]).

- Trondheim: NTNU. Lokalisert på <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:456341/FULLTEXT01.pdf>
- Listerud, C. A., (2009). Levetid og livsløpskostnader for bygninger. Lokalisert på [http://ibim.no/student/2009 NTNU Christian Andre Listerud/2009 NTNU Christian Andre Listerud.pdf](http://ibim.no/student/2009%20NTNU%20Christian%20Andre%20Listerud/2009%20NTNU%20Christian%20Andre%20Listerud.pdf)
- Lukka K. (s.a.). The Constructive Research Approach. Lokalisert på http://www.metodix.com/en/sisallys/01_menetelmat/02_metodiartikkelit/lukka_const_research_app/?tree:D=&tree:selres=168562&hrpDelimChar=%3B&parentCount=1
- Lustig, P. (2008). Organisational Change –Keep it simple. The Lasa Team. Lokalisert på http://www.lasadev.com/newsletters/newsletter_07.htm
- Malik, S. S., Perveez, Q. A. (2012). Variasjon i investerings- og LCC-kostnader for skolebygg. Lokalisert på <http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/id/89899/oppgave%20Perveez,%20Qasim%20Amjid%20Malik,%20Sahdat%20Saleem.pdf>
- Marteinsson, B. (2005). Service life estimation in the design of buildings. A development of the factor method. (Doktoravhandling, department of Technology and Built Environment, university of Gävle).
- McCullough, B.D., Heiser, D.A (2007). On the accuracy of statistical procedures in Microsoft Excel 2007. Lokalisert på <http://www.pages.drexel.edu/~bdm25/excel2007.pdf>
- Mc Duling, J. J., (2006). Towards the Development of Transition Probability Matrices in the Markovian Model for the Predicted Service Life of Buildings, Doktoravhandling, Department of Civil and Biosystems Engineering, Sør-Afrika: Universitetet i Pretoria. Lokalisert på <http://repository.up.ac.za/bitstream/handle/2263/27669/Complete.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Moland, L. E., Bogen, Hanne (2001). Konkurransetsetting og nye organisasjonsformer i norske kommuner: muligheter og begrensninger. Oslo: Forskningsstiftelsen Fafo.
- Multiconsult (2012). Bruk av dynamisk LCC-modell. Frokostmøte (9. August, 2012). Lokalisert på http://www.nbef.no/fileadmin/Kursprogrammer/2012/1250100_LCCprNS3454/210912NBEF-moete_LCC_dynamisk_modell_Atle-Sverre-Hansen.pdf
- Murray, R. (2014). Bridging the gap between research and practice. *Ehospice*. Lokalisert på <http://www.ehospice.com/australia/Default/tabid/10688/ArticleId/9718/>
- Mørk, M.I., Bjørberg, S., Sæbøe, O.E., Weisæth, O. (2008). Ord og uttrykk innen Eiendomsforvaltning – Fasilitetsstyring, August 2008. Lokalisert på <http://www.dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/orduttrykkef.pdf>
- Nicolini, D., Tomkins, C., Holti, R., Oldman, A., Smalley, M. (2000). Can Target Costing and Whole Life Costing be Applied in the Construction Industry? Evidence from Two Case Studies. *British Journal of Management*, 11, 303-324 (2000).
- NOU (2004:22) Velholdte bygninger gir mer til alle. Kommunal- og regionaldepartementet. Oslo
- NOU (2005). Fra stykkevis til helt – en sammenhengende helsetjeneste. Helse- og omsorgsdepartementet. Oslo.

Odendaal, M. M. (2009). The Estimation and Management of Cost Over the Life Cycle of Metallurgical Research Projects. Lokalisert på <http://upetd.up.ac.za/thesis/available/etd-10262009-134111/unrestricted/dissertation.pdf>

Olberg, M. (2012). LCC-konseptet for bærekraftige løsninger innen utleieboligvirksomheten. Lokalisert på http://www.metamorfose.ntnu.no/Masteroppgaver/Masteroppgaver2009/Masteroppgave_MortenOlberg.pdf

Pr Eng Mc Duling, J., Pr Eng Prof Horak, E., Prof Cloete, Chris (sist oppdatert 3. mars, 2011) Quantifying the Consequences of Maintenance Budget Cuts. *International Cost Management Journal*. Lokalisert på <http://www.icoste.org/ICMJ%20Papers/>

Kishk, M., Pollock, R., Okhuaehesogie, E. (2004). Sensitivity of simulated Whole-Life Costs to input probability distributions. In: Khosrowshahi, F (Ed.), *20th Annual ARCOM Conference*, 1-3 September 2004, Heriot Watt University. Association of Researchers in Construction Management, Vol. 1, 115-24. Lokalisert på http://www.arcom.ac.uk/-docs/proceedings/ar2004-0115-0124_Kishk_Pollock_and_Okhuahesogie.pdf

Rahman, S. B. A., Salim, S. N. A. A. (2013). A study on design defects affecting maintenance. The 5th Undergraduate Maintenance and Facilities Maintenance Conference 2013. 5th Undergraduate Maintenance AND Facilities Maintenance Conference 2013. Perak: University Technology MARA. Lokalisert på http://www.academia.edu/5525497/A_STUDY_ON_DESIGN_DEFECTS_AFFECTING_MAINTENANCE

Revisjons Midt-Norge IKS (2011). Evaluering av bestiller-utførermodellen i Klæbu kommune. Orkdal: Revisjon Midt-Norge IKS. Lokalisert på http://www.revisjonmidt norge.no/rapporter/Endeligrapport_bestiller-utforerKlabu.pdf

Rohn, H. (s.a.). Rapport om eierskap og organisering av eiendomsforvaltning i kommunesektoren. Lokalisert på http://dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/publikasjoner/rohn_eierskap_og_organisering.pdf

Ron Davis, (2008) Teaching Note—Teaching Project Simulation in Excel Using PERT-Beta Distributions. *INFORMS Transactions on Education* 8(3):139-148. <http://dx.doi.org/10.1287/ited.1080.0013>

Samset, K. F., Volden, G. H., Welde, M., Bull-Berg, H. (2014a). Mot sin hensikt. Perverse insentiver – om offentlige investeringsprosjekter som ikke forplikter. *Concept rapport*. Volum 40

Schade, J. (2007). Life Cycle Cost Calculation Models for Buildings. Publikasjon, Luleå: Luleå University of Technology. Lokalisert på http://www.inpro-project.eu/media/lcc_juttaschade.pdf

Schade, J. (2009). Energy simulation and life cycle costs: estimation of building's performance in the early design phase. Luleå: Luleå tekniska universitet. Lokalisert på http://pure.ltu.se/portal/files/2785427/Jutta_Schade_webb.pdf

Simon, H.A. (1996) The Sciences of the artificial 3rd edition. Cambridge, MA: The M.I.T. Press. Lokalisert på http://courses.washington.edu/thesisd/documents/Kun_Herbert%20Simon_Sciences_of_the_Artificial.pdf

Sinclair, N., Artin, P., Mulford, S. (2002). Construction Cost Data Workbook. *Conference on the International Comparison Program, Washington, D.C., march 11-14.*

Skumsnes, P. Á (2012). Split Location Prosjektgjennomføring: Evaluering og Forbedringstiltak. Lokalisert på <http://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/182878/Skumsnes,%20Peter%20Andr%C3%A9.pdf?sequence=1>

St.meld. nr. 28 2011-2012.(2012) Gode bygg for eit betre samfunn av 15. juni 2012, godkjent i statsråden samme dagen. Lokalisert på <https://www.regjeringen.no/nb/dokumenter/meld-st-28-20112012/id685179/>

Statistisk sentralbyrå, (2014). Folkemengde, framskrevet – Befolkningsframskrivninger 2014-2100: Hovedresultater. Lokalisert på <http://www.ssb.no/befolkning/artikler-og-publikasjoner/befolkningsframskrivninger-2014-2100-hovedresultater>

Taylor, M. D. (s.a.). Modelling the Value of Construction Mecharonics Investment Opportunities. Edinburgh: Napier University, School of the Built Environment. Lokalisert på <http://www.reading.ac.uk/AcaDepts/kc/ARCOM/workshops/04-Edinburgh/03-Taylor.pdf>

The Treasury, Cameron, W. & Co Ltd, Bucknall, R. L. (2007). Valuation Guidance for Property, Plant and Equipment, Including Specialised Items in the Health and Education Sectors. Lokalisert på <http://www.treasury.govt.nz/publications/guidance/reporting/accounting/property/val-guidance-property.pdf>

Thoreau, H. D. (1863). Life Without Principle. Lokalisert på <http://xroads.virginia.edu/~Hyper2/thoreau/life.html>.

Totland, B., Horjen, F., Espnes, T., Aasen, M. S., Røland, P., Gimle, C., Johanssen., m.fl. (2011). Kommunal eiendomsforvaltning - En veileder/verktøykasse for folkevalgte og administrasjon. Utgiver: Kongsberg kommunale eiendom KF, Kongsberg. Lokalisert på <http://www.dibk.no/globalassets/eksisterende-bygg/veiledningsstoff/kommunal-eiendomsforvaltning-en-veileder.pdf>

TysseLand BE, Life cycle cost based procurement decisions, Int J Project Manage (2007), doi:10.1016/j.ijproman.2007.09.005

UDE (2013). Figur 7-4. Lokalisert på <http://www.utdanningsetaten.oslo.kommune.no/article233198-62569.html>

UBF (2012). Retningslinjer: Gjennomføring av investeringsprosjekter. Lokalisert på se.mercell.com/m/file/getfile.ashx?id=3320299

UBF (2013a). Årsrapport (2013). Lokalisert på http://www.undervisningsbygg.oslo.kommune.no/getfile.php/undervisningsbygg%20oslo%20kf%20%28UBF%29/Intranett%20%28UBF%29/Dokumenter/OK%20Undervisningsbygg_14103_%C3%85rsrapport_2013_Web.pdf

UBF (2013b). Årsberetning 2013. Lokalisert på http://www.undervisningsbygg.oslo.kommune.no/getfile.php/undervisningsbygg%20oslo%20kf%20%28UBF%29/Internett%20%28UBF%29/Dokumenter/%C3%85rsberetning%202013_endelig_05032014_EtterOmpost.pdf

UBF (2014). Figur 7-5. Lokalisert på http://www.undervisningsbygg.oslo.kommune.no/ferdige_skoler/article283073-25139.html

WAHLSTEDT, m., Kristoffersen, J. (2012, 23. oktober). Dårlig vedlikehold er dyrt. Vedlikeholdsetterslepet i offentlig bygningsmasse gir negative konsekvenser for både økonomien og folkehelsen. Lokalisert på http://www.fagbladet.no/eneo/eneo.dll?tem=fo_open_archive&id=171340

Valen, M. S., Olsson, N. Bjørberg, S. Gissing, H. K. (2011). Bygningsvedlikehold: Bedre planlegging – en nøkkel til bedre vedlikehold. NTNU, Senter for eiendomsutvikling og – forvaltning (mai, 2011).

Welde, M., Samset, K. F., Andersen, B., Austeng, Kjell. (2014b) Lav prising – store valg. En studie av underestimert av kostnader i prosjekters tidlige fase. *Concept rapport*. Volum 39.

Wilkins, D. J. (2002). The Bathtub Curve and Product Failure Behaviour: Part One – The Bathtub Curve, Infant Mortality and Burn-in. ReliaSoft Corporation. Issue 21 (November, 2002). Lokalisert på <http://www.weibull.com/hotwire/issue21/hottopics21.htm>

Yard, S. (2005). Beräkningar av kapitalkostnader inom teknisk infrastruktur i Sverige – effekter av att tillämpa olika reala annuitetsmetoder. Samarbeidsprosjekt ved Lunds universitet, rapport 152. Lokalisert på <http://www.teknikprogrammet.se/Files/Rapport%20152%20Annuitetsmetoder.pdf>

Yin, R. K. (2003). Case study research: Design and methods. 3 utg. Thousand Oaks, CA: Sage.

Avisartikler

Reite, T. (2013, 4. desember). Kommunene sparer på vaktmestertjenester og lar skolene forfalle. Nrkr. Lokalisert på nrkr.no

Vinding, A. (2012, 8. august). Feil på ni av ti godkjente skoler. Nrkr. Lokalisert på nrkr.no

Audestad, L. (2007, 26. november). De kjemper mot åndenød og forfall. Hentet fra: <http://www.aftenposten.no/nyheter/iriks/De-kjemper-mot-andenod-og-forfall-6496611.html> [Lesedato: 5.1.2015]

Jupskås, S. H. (2004, 9. november). Et vedlikeholdsbudsjett for økt forfall. Hentet fra: <http://www.aftenbladet.no/nyheter/lokalt/stavanger/Et-vedlikeholdsbudsjett-for-okt-forfall-3555983.html> [Lesedato: 5.1.2015]

Relevante standarder

Standard Norge NS 3424:2012. Tilstandsanalyse av byggverk – Innhold og gjennomføring

Standard Norge NS3451:2009. Bygningsdelstabell.

Standard Norge NS3454:2013 Livssyklus kostnader for byggverk – Prinsipper og klassifikasjon

NS-EN 15221 for fasilitetsstyring/eiendomsledelse

ISO 15686 – Bygninger og konstruksjoner

ISO 55000:2014 Forvaltning av anlegg og verdier – Oversikt, prinsipper og terminologi

FKOK (2012) Felles Kravspesifikasjon for Oslo kommune - Miljø og livsløpskostnader 2012

Lover og krav

Plan og bygningsloven (2008). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*. Lokalisert på <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71?q=plan+og+bygningsloven>

Riksrevisjonen (2004 – 2005): Riksrevisjonens undersøkelse av kommunenes ansvar for skolebygninger. Dokument. Nr. 3:13 (2004-2005). Oslo: Akademika AS. Lokalisert på https://www.stortinget.no/Global/pdf/Dokumentserien/2004-2005/Dok_3_13_2004_2005.pdf

Lovdata (2000). Forskrift om årsregnskap og årsberetning (for kommuner og fylkeskommuner). Lokalisert på <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2000-12-15-1424>

Internettsteder:

http://en.wikipedia.org/wiki/Palazzo_Pubblico [Lesedato 7.1.2015]

<http://www.salvoproject.org/>

<http://www.inpro-project.eu/main.asp>

<http://www.bygganalyse.no/lansering-isy-calcus-7-med-lcc/>

<http://tidliglcc.difi.no/>

<http://www.lccweb.no/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Palazzo_Pubblico [Lesedato 7.1.2015]

10 Vedlegg

10.1 Resultater fra intervjustudie

Intervjustudiene er gjennomført mer som en samtale, og spørsmålene for de ulike intervjuobjektene kan avvike i noe grad, tilpasset deres operasjonelle hverdag.

10.1.1 Intervjustudie med DNB Næringseiendom (Tidligere Vital Eiendom):

Det kvalitative intervjuet ble gjennomført 6.1.2014 med Odd Willoch, Senior Vice President hos DNB Næringseiendom.

Hvilke vedlikeholdsstrategier anvender dere i praksis?

Vi skal bevare eiernes/våre forsikringskunders verdier. Våre aktivaklasser (Viser til kontorbygg, hotell-og kjøpesentere innenfor næringseiendom) innebærer at vi må ha et prevantivt og verdibevarende vedlikehold for bygg, da dette på sikt tiltrekker attraktive leietakere.

Vi skiller mellom årlig løpende avkastning og verdjustert totalavkastning. Markedsutviklingen viser at enkelte områder har stor verdistigning, da det er en sammenheng mellom lave avkastningskrav (løpende avkastning) og verdiutvikling (yielding).

Hvilke tanker har dere om å ivareta realverdier ved å øke levetiden til bygninger?

Eksempelvis er det feil at automatisering- og styringsanlegg skal ha en avskrivningstid på 20-25 år. Dette har vi erfart blant annet med mye teknisk utstyr, slik som SD-anlegg og sikkerhetssystemer i kontorbygg. Et annet godt eksempel er forsømt vedlikehold på CO2-målere for ventilasjonsanlegg som styrer avtrekksluften. Hvis det ikke er tilsyn på disse komponentene og disse ikke rengjøres rutinemessig, kan dette bli kostnadsdrivende på sikt, fordi energikostnader øker kraftig og medfører ofte at oppgraderingsbehovet oppstår mye tidligere.

På et generelt grunnlag oppstår oppgraderingsbehovet for tekniske installasjoner om 10-15 år, som er en betydelig forskjell sammenlignet med levetid på 20-25 år.

Oppsummert har teknisk infrastruktur fått en betydelig større andel av investeringen til bygninger, og installasjonene er mye dyrere i dag. Dette tyder på at dagens bygninger har blitt et stort maskineri, eller «supertankere på land». Husk at vedlikehold begynner første dag etter man har overtatt et bygg!

Etterskrift: Denne diskusjonen underbygger hvorfor konkrete vedlikeholdsplaner er viktig for å unngå at dyrt utstyr like etter innflyttingsdato forfaller raskt pga. forsømt vedlikehold (Dette gjelder ikke for vanlig slit og elde).

Hvilket grunnlag tar dere utgangspunkt i for «kostnadsdekkene FDVU»?

Vi skiller mellom løpende driftskostnader (leietakers kostnad) og husleien, som er styrt av markedet (andel av gårdeiers kost). Hvis utfordringer med holdninger hos kunder oppstår, må særskilte forhold avklares med leietaker. Et tiltak for å hindre denne problemstillingen er tett oppfølging av driftsansvarlig hos leietaker av våre eiendomssjefer.

I forhold til markedspriser er det viktig å måle leien mot privat og offentlig sektor for å sette riktig husleie.

Etterskrift: Gårdeiers kost er kostnader som er urimelig at skal dekkes av leietaker. Leietakers kostnad er et prinsipp som benyttes for å fordele driftsrelaterede kostnader riktig mellom gårdeier og leietaker. Viser til at det eksisterer standard husleieavtaler for næringslokaler med enkelte tilpasninger. Et konkret eksempel på en tilpassning er å endre §13 «Leietakers vedlikeholdsplikt», som kan endres til §13 «Utleiers plikter» etter forhandlinger av kontrakten.

Hva er dine tanker om Reversert LCC?

Vi tenker på samme måte vedrørende verdibevarende vedlikehold, der oppgraderingen skjer på et senere tidspunkt når en bygning er godt vedlikeholdt. Hvis kommunen klarer å utsette oppgraderingsbehovet med 5 år, vil dette gi kommunen et betydelig potensiale til å spare midler på sikt.

Etterskrift: Dette synspunktet underbygger en grunnleggende forutsetning for modellen om at oppgraderingskostnaden kan varieres i størrelse og tid, avhengig av hvor godt en bygning vedlikeholdes via kostnadsdekkene FDV og tilgjengelige midler for U.

Hvordan håndterer dere usikkerhet i investeringsbeslutninger?

Det er flere måter å behandle dette på:

Vi har egne modeller for å håndtere usikkerhet.

Vi benytter AS Bygganalyse sine kostnadsmodeller og har utviklet egne investeringsmodeller.

Vi ser på de store usikkerhetspostene i modellene. Spesifikt for en tomt er det mange faktorer som kan «slå ut». Eksempler på dette er lokalisering av tomten/beliggenhet, prisnivå, entrepriseformer, bygningsdeler, design av bygning, type råbygg etc.

Etterskrift: DNB Næringseiendom sine usikkerhetsanalyser er untatt offentlighet og kunne derfor ikke diskuteres i detalj under intervjuet.

10.1.2 Intervju med Aberdeen Asset Management

Det kvalitative intervjuet ble gjennomført 5.12.2014 med Arve Aslaksen, prosjektsjef hos Aberdeen Asset management.

Under dette intervjuet ble Kabelgaten 22/24 (Kuben Yrkesarena) benyttet som et diskusjonstema, fordi Aberdeen Asset Management eier Kabelgaten 22/24. Oslo kommune /v Utdanningsetaten leier Kabelgaten 22/24 pga. ekstra kapasitetsbehov på Kuben Yrkesarena. Bygget er per dags dato et moderne skolebygg som tilbyr videregående studiespesialisering. Bygget er det første skolebygget i Norge som har fått BREEAM-sertifisering (metode for klassifisering av bærekraftige bygg).

Hvilket grunnlag tar dere utgangspunkt i for «kostnadsdekkene FDVU»?

Vi tar utgangspunkt i gårdeiers kostnad, leietakers vedlikeholdsplikt og felleskostnader. Gårdeiers kost er kostnader som er urimelig at skal dekkes av leietaker (Forsikring, skatt etc., jf. §14). Fellekostnader er et prinsipp som benyttes for å fordele kostnader så riktig som mulig mellom gårdeier og leietaker. Da er det for eksempel en god løsning å ha egne målere på vann, fjernvarme og strøm for å oppnå en mer korrekt fordeling av kostnader.

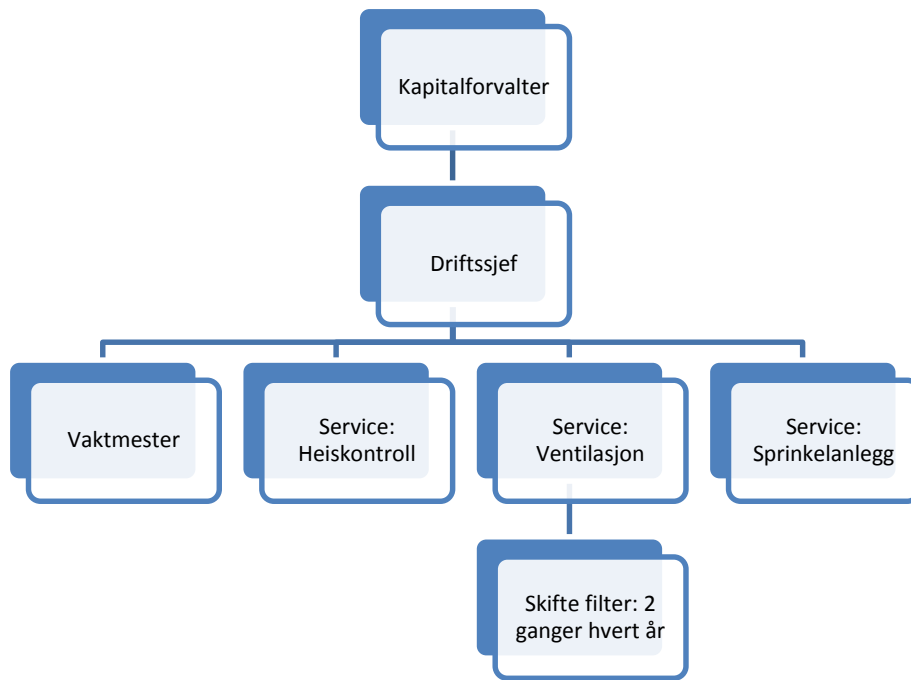
En typisk problemstilling er når kun en strømmåler benyttes for to ulike virksomheter i samme bygg. Hvis den ene virksomheten for eksempel benytter betydelig mer strøm enn den andre virksomheten, vil fordelingen av energikostnadene bli feil fordelt.

§ 13 i husleiekontrakten regulerer utleiers vedlikeholdskostnader. Utleier skal besørge og bekoste ytre vedlikehold av bygningen. Videre skal utleier besørge og bekoste utskiftning av tekniske innretninger anbrakt av leietaker, slik som heiser, ventilasjonsanlegg, fyringsanlegg etc. når disse ikke lenger lar seg vedlikeholde på regningssvarende måte.

Det budsjetteres år for år forventede kostnader, med en 3-års rullerende handlingsplan.

Det settes av et budsjett hvert år for felleskostnaden med et påslag for driftsrelaterte kostnader vi (gårdeier) jf. §16. Med andre ord er dette gårdeiers ansvar, men leietakers kostnad. Den totale felleskostnaden avregnes hvert år og budsjettet for ulike driftsrelaterte oppgaver justeres sammenlignet med fjoråret.

Under intervjuet ble det tegnet en struktur for å illustrere hvordan felleskostnader håndteres. Figuren er vist under:



Alle aktivitetene som er under Driftssjefen er felleskostnader (Figuren inkluderer kun noen utvalgte driftsaktiviteter). Denne strukturen gir rom for at konkrete drifts- og vedlikeholdsoppgaver attesteres og kvalitetssikres. Dette skal sørge for at realverdier ivaretas i praksis i henhold til husleieavtalen. Det er for eksempel fordelaktig for oss at vi tar ansvaret for å følge opp drift av ventilasjonsanlegg.

Hvilke metoder innenfor kostnadsstyring bruker dere?

Kostnadsstyring av driftsrelaterte oppgaver baserer seg på aktivitetene som må utføres. Budsjettet for hver aktivitet endres i forhold til avvik for de ulike aktivitetene året etter.

Hvordan håndterer dere usikkerhet i kontantstrømsanalyser?

Usikkerhet analyseres kvalitativt. Usikkerhet i investeringer håndteres ved å tilpasse avkastningskravet i forhold til usikkerhet og risiko i investeringen.

Eksempelvis er offentlig sektor en trygg og forutsigbar kunde, fordi staten ikke kan gå konkurs. Da kan vi sette lavere avkastningskrav, fordi vi har en sikker inntektskilde.

Påvirker LCC-metodikken deres operasjonelle hverdag?

Det har en effekt på hverdagen og kan ha innflytelse på investeringsbeslutninger. Hvis en investering ikke er lønnsom på lang sikt (25 år) pga. høye driftsutgifter, bør dette kunne ha innflytelse på investeringsbeslutninger.

Hva er deres tanker om Reversert LCC?

Det synes som et interessant konsept. Det som er spesielt interessant er å tydeliggjøre kostnadsdrivende aktiviteter og konsekvensen av å ikke gjennomføre drifts- og vedlikeholdsoppgaver.

10.1.3 Intervju med Oslo areal AS

Intervjustudie med Oslo Areal AS:

Det kvalitative intervjuet ble gjennomført 9.1.2014 med Gunnar Moen, Prosjekt- og Driftsdirektør hos Oslo Areal AS.

Hvilke vedlikeholdsstrategier anvender dere i praksis?

Vi benytter eiendomsforvalter, vaktmester og driftssjef for oppfølging av eiendom.

Kunnskap om bygget er et viktig utgangspunkt for en god vedlikeholdsstrategi.

I gang i året er det viktig at gårdeiers representant, vaktmesteren og forvalteren møtes for å kartlegge status til bygget.

Det er viktig å synliggjøre hva strakstiltak er og synliggjøre kostnadene. Vi har tilstandsrapport på bygningsrelaterte komponenter som må utbedres og dette gjennomføres umiddelbart fordi vi har satt av budsjetter til strakstiltak. Dette er spesielt viktig for å ivareta brukernes behov.

Etterskrift: Dette underbygger at konkrete handlingsplaner er en viktig forutsetning for god eiendomsforvaltning.

Hvilke tanker har dere om å ivareta realverdier ved å øke levetiden til bygninger?

Verdien ligger hos leietakeren. Vi skal tilrettelegge bygningen slik at leietaker kan yte sin tiltenkte funksjon.

Vedrørende oppgraderingsbehov viser vi blant annet til offentlige pålegg, hvor vi må sette av midler til nødvendige tiltak. Eksempelvis skal brannsikkerheten ivaretas og kostnaden må tas uansett. Bygningen sine fem fasader skal ivaretas (Femte fasade er taket).

Oppgraderer dere bygningsmassen?

Kommunikasjon med leietakerne i forhold til deres forventninger og leveringsbeskrivelsen ligger til grunn for oppgraderingsbehovet.

Tekniske anlegg har levetid på 20-25 år. Vi utskifter komponenter med kort levetid, som er en del av større teknisk infrastruktur. Det er viktig å ikke ha nedetid (eksempelvis er det ikke optimalt om et ventilasjonsanlegg har nedetid på 4 uker). Heiskontroll er et eksempel på en aktivitet vi må gjennomføre til riktig tid, da det er viktig å kontinuerlig kartlegge tilstanden til våre fasiliteter.

Etterskrift: Teknisk levetid på 20-25 år underbygger at levetid for tekniske installasjoner på 20 år er et realistisk estimat, men det er fortsatt nødvendig å vedlikeholde tekniske systemer riktig for å unngå unødvendige oppgraderingskostnader og/eller lang nedetid.

Hva er dine tanker om Reversert LCC?

Det er bra å synliggjøre med en masteroppgave Oslo kommune sitt potensiale til å spare penger i forhold til verdibevarende vedlikehold. Det verste scenarioet er at folk blir syke pga. forsømt vedlikehold. Det er viktig å holde bygninger vedlike, da dette har noe å gjøre med psykisk velvære hos brukere av bygget.

Etterskrift: Dette synliggjør hvorfor vedlikehold av bygninger er viktig. Det er bedre å være fremsynt, fremfor etterpåklokskap hvor strakstiltak må gjennomføres og brukere av bygningen i verste fall får helseplager pga. forsømt vedlikehold.

Hvordan håndterer dere risiko i forhold til bevaring av realverdier?

Vi ser 1 til 3 år frem i tid for vedlikehold, som betyr at risikostyring er en viktig del av hverdagen. Når midler ikke er tilgjengelig, er det vanskeligere å være motivert for å ivareta realverdier, fordi «man ikke har nok midler uansett». Det er viktig at vi prioriterer og faktisk setter av nok midler til ulike formål for å ivareta leietakers behov.

Omdømmerisiko er et viktig tema i forhold til kunden, som betyr at våre holdninger skal reflektere Gjensidige Forsikring ASA sine verdier.

Etterskrift: Det er viktig å ha nok midler til å gjennomføre risikoreducerende tiltak. Risikoreducerende tiltak kan være vedlikeholdstiltak for å forhindre alvorlige konsekvenser i framtiden.

Hvordan styrer dere kostnader?

Vi benytter våre egne erfaringstall og budsjetterer etter reelt vedlikeholdsbehov hvor vi setter av budsjetter til vedlikeholdsaktiviteter. Hvis vinduer eksempelvis begynner å få ulike symptomer

(avflassing av innvendig vinduskarmer etc.), budsjetter vi vedlikeholdsmidler i henhold til hvor mange vinduer som faktisk skal vedlikeholdes.

Etterskrift: Denne argumentasjonen tyder på at LCC-beregninger nødvendigvis ikke har høy nytteverdi. Det kan være bedre å analysere kostnader på et operasjonelt og taktisk nivå for å utarbeide konkrete handlingsplaner i et mer kortsiktig perspektiv. I motsetning til private aktører risikerer ikke UBF å miste kunder som betyr at foretaket ikke har det samme grunnlaget for å tenke kortsiktig overfor brukerne (Offentlig eiendomsforvaltning søker minst mulig ressursbruk for å ivareta realverdier).

10.2 Kvantitativ datainnsamling av faktorer basert på kvalitativ vurdering

10.2.1 Metodikk for datainnsamling til Case-studien

For å rette fokuset mot oppgaven, og samle kvantitative data til faktormetoden stilles det først noen spørsmål relatert til levetider av bygningsselementer.

Innledende bruker jeg vinduer på en rehabilitert skole kontra nytt bygg som sammenligning til det generelle vedlikeholds- og oppgraderingsbehovet. Hva er oppgraderingsbehovet for et rehabilitert vindu som har brukt opp levetid på 20 år i forhold til et nytt vindu? Gitt at det rehabiliterte vinduet har kontinuerlig tilstrekkelig vedlikehold og det nye vinduet har underdekket vedlikehold, vil det nye vinduet forfalle raskere enn det gamle vinduet?

Gitt at du har ubegrenset tilgang til vedlikehold, hvordan vil dette eventuelt påvirke din gjennomføringsevne til å ivareta kvaliteten på bygget over tid?

Hvilke komponenter vil forfalle raskest forutsatt underdekket vedlikeholdsbudsjett?

- Tekniske deler
- Innvendige deler
- Utvendige deler

Med ditt vedlikeholdsbudsjett (forutsatt underdekket vedlikeholdsbudsjett), hvilke prioriteringer gjør du i forhold til vedlikeholdstiltak for å dekke vedlikeholdsbehovet?

Hvordan eskalerer vedlikeholdskostnadene over tid (lineær økning av kostnader, eskalerer kostnadene i løpet av kort tid)?

Når antar du at bygget må totalrehabiliteres forutsatt underdekket vedlikehold?

Hva er det viktigste tiltaket for å vedlikeholde bygget? Er det rengjøring? Er det viktigste tiltaket tilstrekkelig per dags dato? Vil det fortsatt være slik i framtiden?

10.2.2 Kvantitativ datainnsamling av faktorer basert på kvalitativ vurdering:

1 er helseskadelig, tiltenkt funksjon fungerer ikke eller at vedlikeholdsbehovet ikke dekkes av vedlikeholdsbudsjettet.

10 er at elementet er tilfredsstillende, er utført iht. forskriftene og vedlikeholdes i samsvar med vedlikeholdsbehovet.

Bygningsdel		Skala 1 – 10	Kommentar
Utvendig bygningskropp	Utvendig kledning		
	Grunnmur og fundament		
	Bæresystem		
Innvendig bygningskropp	Innvendige overflater		
	Fast inventar		
Tekniske installasjoner	VVS		
	Elektro		
	Tele/automasjon		

Følgende faktorer bør inkluderes i vurderingen av faktorer i faktormetoden for å oppnå høy validitet i dataene:

1. Vedlikeholdsbehov
2. Dagens FDV-sats i forhold til kostnadsdekkene FDVU
3. Dagens bygningsmessige tilstand (Tilstandsanalyse)
4. Design-kvalitet/Brukervennlighet
5. Mekaniske påkjenninger (Klimapåkjenninger, daglig bruk, slitasje)
6. Grad av teknisk kompleksitet (Desto større den tekniske kompleksiteten til et bygg er, desto høyere verdi har verdibevarende vedlikehold)
7. Kvalitet på utførelse