

# Oppgradering av kontorbygg til plusshus

- Caseanalyse av Kjørbo

**Cecilie Schmidt Overøye**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: Juni 2012

Hovedveileder: Jan Vincent Thue, BAT

Medveileder: Anders-Johan Almås, Multiconsult

Noregs teknisk-naturvitskaplege universitet  
Institutt for bygg, anlegg og transport





Oppgavens tittel: Oppgradering av kontorbygg til plusshus – Caseanalyse av Kjørbo	Dato: 07.06.2012		
	Antall sider (inkl. bilag): 194		
	Masteroppgave	x	Prosjektoppgave
Navn: Stud.techn. Cecilie Schmidt Overøye			
Faglærer/veileder: Jan Vincent Thue			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Anders-Johan Almås (Multiconsult AS)			

### Ekstrakt:

Drift av bygg bidrar til ca. 40 % av det totale energiforbruket i Noreg. Det ligg eit stort energisparingspotensiale i å energieffektivisere bygg, særleg eksisterande bygningar. Plusshus er det mest ambisiøse konseptet for energieffektive bygg, det produserer meir energi enn det brukar.

Denne masteroppgåva har tatt sikte på å greie ut om plusshus og utfordringar med å oppgradere kontorbygg til plusshus. I oppgåva er det tatt utgangspunkt i eit case, Kjørbo-parken 1, blokk 5. Bygget er oppført i 1980 i Sandvika, og har per i dag eit energiforbruk på om lag 250 kWh/m<sup>2</sup> per år. Bygget har dårleg isolerte vindauger, store infiltrasjonstap og kuldebruer, samt lite energieffektivt ventilasjonsanlegg.

For casebygget er det laga to ulike plusshuskonsept, der plusshus er definert ut ifrå eit livstidsperspektiv. Energiforbruk til teknisk utstyr er ikkje med i energibudsjettet. Konsept 1 har litt færre tiltak på bygningskroppen enn konsept 2, og vil ikkje oppnå alle minstekrav for bygningskomponentar i pr NS 3701, slik som konsept 2. Etter samanlikning av konsept 1 og 2, vart eit tredje konsept anbefalt. Hovudtiltaka i konsept 3 er å etterisolere tak og yttervegg, utskifting av vindauger, belysning og ventilasjonsanlegg, samt installasjon av varmepumpe, persienner og solceller. Konseptet vil ikkje oppfylle minstekrav i pr NS 3701 for golv på grunn og vegg (grunna vegg under terreng). Konseptet får eit totalt netto energibehov på 63,2 kWh/m<sup>2</sup> per år og eit behov for levert energi på 45,9 kWh/m<sup>2</sup> per år. Overskot av produsert energi vert om lag 13 170 kWh per år, når både drift og bunden energi (anslått til 10 kWh/m<sup>2</sup>) er kalkulert med. Bygget blir eit 37 +hus. Talet 37 står for eit overskot av produsert energi på 37 000 kWh per år når drift av bygget er dekt. Investeringskostnadene for konsept 3 er 12 040 000 kr.

Caset som har vore studert i oppgåva kan seiast å vere representativt for andre kontorbygg som er modne for oppgradering. Kontorbygg har ofte store varmetapstal for vindauger, ventilasjon, infiltrasjon og kuldebruer. Nokon av hovudutfordringane med oppgradering til plusshus kan vere å tilfredsstille minstekrav i passivhusstandarden, viss dette er eit tilleggskriterium. Dette kan skuldast tekniske eller økonomiske årsaker. Når dette er tilfelle, anbefalast det å fokusere på kompenserande tiltak som sørger for eit lågt behov for levert energi. Ei anna utfordring med å oppgradere til plusshus er å ha tilstrekkeleg areal til å installere solcellepanel. For å oppnå lågt energibehov er det viktig med tiltak som minimerer oppvarmings- og kjølebehovet, og energieffektivt ventilasjonsanlegg og belysning. For å kontrollere energiforbruket bør det installerast energioppfølgingsystem og energiforbruket bør synleggjerast for brukarane av bygget.

Masteroppgåva anbefalar at forskriftskrav og andre samanlikningsverktøy baserer seg på primær energi. Det er primær energi som gir "rett bilete" av totalt energiforbruk. Dette vil også forhindre at nokre energikjelder blir favorisert på feil grunnlag i forhold til andre energikjelder, t.d. varmepumpe og fjernvarme.

### Stikkord:

1. Eksisterande kontorbygg
2. Kjørbo-parken 1, blokk 5
3. Energieffektivisering
4. Plusshus

(sign.)



## Forord

Denne masteroppgåva er utarbeida våren 2012, ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU, ved institutt for bygg, anlegg og transport. Masteroppgåva er ei fordjuping innan emnet TBA 4905 Bygnings- og materialteknikk og arbeidet har utgjort 30 studiepoeng. Formålet med oppgåva har vore å greie ut om berekraftig oppgradering av kontorbygg til plusshus. Rapporten ser spesifikt på eit case og legg fram anbefalte tiltak for å oppnå plusshus, samt utfordringar i samband med dette.

Det er i tillegg to andre avgangselevar ved institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU som har nytta same case i masterarbeidet. Oda Wood, med oppgåvetittel *Livssyklusbetragtninger for levedyktig oppgradering av kontorbygg* og Håvar Opsjøn, *SURE- Sustainable Refurbishment. Utvikling av en norsk versjon av veileder for berekraftig oppgradering av bygninger*. Wood har rekna ut investeringskostnader for dei ulike oppgraderingskonseptane eg har kome fram til.

Eg ønskjer å takke veiledarane mine Jan Vincent Thue og Anders-Johan Almås, for god veiledning og innspel til arbeidet med masteroppgåva.

Vidare vil eg takke Entra Eiendom, som har stilt ein av sine eigedommar til disposisjon for eit casestudium, og særleg driftsteknikar Per Iversen som har vore særskild hjelpsam med informasjon om bygget.

Eg rettar også ein stor takk til tilsette i Multiconsult AS som har vore hjelpsame ved faglege utfordringar.

Trondheim 7. juni 2012

---

Cecilie Schmidt Overøye



## Samandrag

Berekraftig utvikling er ei utvikling som imøtekjem dagens behov og samtidig legg til rette for komande generasjonar. Eit viktig satsingsområde for å oppnå dette er å redusere energiforbruket. Bygg står for om lag 40 % av det totale energiforbruket i Noreg og har eit stort potensial for å bli meir energieffektive. Kommunal-og regionaldepartementet (2009) har uttalt at omlag 80 % av dagens bygg vil framleis stå i 2050. Det er her det verkelege potensialet for energisparing ligg.

Eit konsept for energieffektive bygg er passivbygg, som har eit lågt energibehov oppnådd gjennom passive tiltak som eksempelvis ein godt isolert bygningskropp og gjenvinning av varme frå ventilasjonslufta. Det mest ambisiøse energinivået for bygg er plusshus. Nett som passivbygg, har plusshus eit lågt energibehov, men produserer i tillegg meir energi enn det brukar. Plusshus kan definerast ut ifrå driftsfasa eller heile levetida til bygget, då eigenprodusert energi skal dekkje både energibehov for drift og bunden energi. Det er òg ulike meiningar om eigenprodusert energi skal dekkje energiforbruk relatert til teknisk utstyr, som heis, IT og kjøkken.

Denne masteroppgåva greier ut om plusshus og utfordringar ein står overfor ved berekraftig oppgradering av eit kontorbygg til plusshus. I oppgåva er det tatt utgangspunkt i Kjørbo-parken 1, blokk 5, som er eit kontorbygg i Sandvika oppført i 1980. For å finne aktuelle tiltak for oppgradering er det gjennomført vurdering av tilstanden til bygget og energisimulering.

Bygningen har per i dag eit energiforbruk på om lag 250 kWh/m<sup>2</sup> per år. Varmetapstala for vindauge, ventilasjon, infiltrasjon og kuldebruar er høge. Energiforsyning til bygget består av fjernvarme, fjernkjøling og elektrisitet. Det er utarbeida to plusshuskonsept for bygget, der plusshus er definert ut ifrå eit levetidsperspektiv og følgeleg er energi til både drift og bunden energi tatt omsyn til. Energiforbruk til drift av teknisk utstyr er ikkje medrekna.

Hovudtiltaka i konsept 1 er etterisolering av tak og yttervegg, utskifting av vindauge, ventilasjonsanlegg og belysning, samt installasjon av varmepumpe, persiennar og solcellepanel. Tiltak i samband med tekniske installasjonar og energiforsyning er likt for begge konseptane. Hovudtiltaka for konsept 2 er etterisolering av tak (100 mm meir enn konsept 1), golv på grunn og vegg under terreng, ny yttervegg, utskifting av vindauge og installasjon av persiennar og solcellepanel på tak. Solcellepanela for dei to konseptane er ulike.

Konsept 1 tilfredsstillar ikkje alle minstekrav i pr NS 3701 for bygningskomponentar, men vil bli plusshus ved installasjon av solcellepanel på taket til både bygningen og felles parkeringshus for Kjørbo-parken 1 og 2. Dette konseptet «brukar opp» takarealet på parkeringshuset og øydelegg moglegheitene for dei andre blokkene på Kjørbo til å bli plusshus ved gjennomføring av tilsvarande tiltak. Konsept 2 har solcellepanel installert på eige tak, og er eit 38 + hus. Talet 38 står for eit overskot av produsert energi på 38 000 kWh per år når drift av bygget er dekt. Konsept 2 oppfyller alle minstekrava i pr NS 3701, både for bygningskomponentar og energibehov.

Energieffektiv energikjelde har stor innverknad på behovet for levert energi, som vart skildra ved å samanlikne konsept 1 og 2. Ut frå dette, samt økonomiske betraktningar, vart det anbefalt eit tredje konsept. Konseptet er stort sett basert på tiltak frå konsept 1, men nyttar vindauge og solcellepanel som i konsept 2. Konsept 3 er eit 37 + hus, sjølv om ikkje alle minstekrav for bygningskomponentar i pr NS 3701 er tilfredsstilt. Sjå tabell under for informasjon om dei tre konsept. For samanlikning av nødvendig installert solcelleareal er det tatt utgangspunkt i solcellepanela for konsept 2 og 3.

	Konsept 1	Konsept 2	Konsept 3
Netto spesifikt energibehov [kWh/(m <sup>2</sup> år)]	64,3	61,3	63,2
Levert spesifikk energi [kWh/(m <sup>2</sup> år)]	46,2	45,4	45,9
Investeringskostnad[kr]	11 610 000	13 880 000	12 040 000
Nødvendig installert solcelleareal for å få dekt energibehov til drift [m <sup>2</sup> ]	379	368	375

Konsept 1 har størst energibehov av dei tre konsept, men lågast investeringskostnad. Skilnaden mellom netto spesifikt energibehov for konsept 2 og 3 er 1,9 kWh/m<sup>2</sup> per år, medan skilnaden mellom behovet for levert energi er berre 0,5 kWh/m<sup>2</sup> per år. Investeringskostnaden for konsept 3 er 12 040 000 kr, som er 1 840 000 kr mindre enn for konsept 2.

Nokon av hovudutfordringane med oppgradering til plusshus kan vere å tilfredsstille minstekrav i passivhusstandarden, viss dette er eit tilleggskriterium som skal vere oppfylt. For nokre bygningar kan det vere teknisk vanskeleg å oppfylle minstekrav, for eksempel U-verdi for vegg grunna verneomsyn og/eller plassrestriksjonar. I andre tilfelle kan det vere teknisk mogleg, men ikkje økonomisk forsvarleg. Ei anna utfordring ved oppgradering til plusshus er å ha tilstrekkeleg areal til å installere solceller.

Det anbefalast å ikkje ha einseitig fokus på å oppnå alle minstekrava i passivhusstandarden. Det bør heller fokuserast på kompensierende tiltak som sørgjer for eit lågt behov for levert energi. Tiltak som minimerer oppvarmings- og kjølebehovet, og energieffektivt ventilasjonsanlegg og belysning er viktig. Energioppfølgingssystem og synleggjering av energiforbruket for brukarane av bygget kan òg bidra mykje til å redusere energiforbruket.

Vidare anbefalast det at forskriftskrav og andre samanlikningsverky skal basere seg på primærenergi. Det er primærenergi som gir «rett bilete» av totalt energiforbruk. Dette vil også forhindre at nokre energikjelder blir favorisert på feil grunnlag i forhold til andre energikjelder, t.d. varmepumpe og fjernvarme.



## Abstract

Sustainable development is a development that meets present needs and needs for generations to come. An important area of focus for achieving this is to reduce the energy consumption. Buildings account for about 40% of total energy consumption in Norway and have a great potential to become more energy efficient. Kommunal-og regionaldepartementet (2009) has stated that approximately 80% of the current buildings will remain in 2050. This is where the real energy saving potential is located.

A well-known concept for energy efficient buildings is passive house. Passive house has a low energy demand achieved through passive measures such as a well-insulated building body and heat recovery from ventilation air. The most ambitious energy level of buildings is plus house. Just like passive house, plus house has a low energy demand but in addition to that produce more energy than the building uses. Plus house can be defined from the operational phase or from the whole lifetime of the building, then both the energy requirements for operation and embodied energy shall be covered up with self-produced energy. There exist different opinions about whether or not produced energy should cover energy-related technical equipment such as lifts, IT and kitchen.

This master thesis explains the terms of plus house and challenges faced by a sustainable upgrade of an office building to plus house. The thesis is based on Kjørbo parken 1, Block 5, which is an office building in Sandvika built in 1980. In order to find appropriate upgrade measures it is carried out an assessment of the condition of the building and energy simulation.

The building currently has an energy consumption of about 250 kWh/m<sup>2</sup> per year. Heat losses for windows, ventilation, infiltration and thermal bridges are high. Energy supply to the building consists of electricity and district heating and cooling. It has been developed two plus house concepts for the building, which use the lifetime definition of a plus house, and consequently the energy of both the operating and embodied energy are taken into account. Energy consumption for the operation of technical equipment is not included.

The main measures in Concept 1 are insulation of roofs and exterior walls, replacement of windows, ventilation and lighting, and installation of heat pump, blinds and solar panels. Measures of technical installations and energy supply are the same for both concepts. Main measures for Concept 2 are insulation of the roof (100 mm more than Concept 1), floor and wall under the ground, new exterior walls, replacement of windows and installation of blinds and solar panels on the roof. There are different solar panels for the two concepts.

Concept 1 will not satisfy all the minimum requirements for building components in pr NS 3701, but will become plus house with the installation of solar panels on the roof of both the building and public parking garages for Kjørbo parken 1 and 2. The concept will «use» up the ceiling area of the parking garage and destroy the possibilities for the other blocks on Kjørbo to be plus house with implementation of equivalent measures. Concept 2 has solar panels installed on roof, and is

a 38 + house. The number 38 stands for a surplus of produced energy of 38 000 kWh per year when the operation of the building are covered. Concept 2 meets all the minimum requirements of pr NS 3701, both for building components and energy requirements.

Energy efficient energy supply has a major influence on the demand for delivered energy, which was pointed out when comparing concept 1 and 2. Based on this, as well as economic considerations, it was recommended a third concept. The concept is largely based on measures from Concept 1, but uses windows and solar panels as in Concept 2. Concept 3 is a 37 + house, although not all of the minimum criteria of building components in pr NS 3701 are satisfied. See table below for information about the three concepts. Comparison of required area of installed solar panels is based on solar panels for Concept 2 and 3.

	Concept 1	Concept 2	Concept 3
The net specific energy demand[kWh/(m <sup>2</sup> year)]	64,3	61,3	63,2
Delivered specific energy [kWh/(m <sup>2</sup> year)]	46,2	45,4	45,9
Investment cost [NOK]	11 610 000	13 880 000	12 040 000
Required installed area of solar panels to cover the energy for the operation [m <sup>2</sup> ]	379	368	375

Concept 1 has the highest energy demand of the three concepts but the lowest investment cost. The difference between the net specific energy demand for Concept 2 and 3 is 1.9 kWh/m<sup>2</sup> per year, while the difference between the need for delivered energy is only 0,5 kWh/m<sup>2</sup> per year. Investment cost for Concept 3 is 12 040 000 NOK, which is 1 840 000 NOK less compared with Concept 2

Some of the main challenges of upgrading to plus house may be meeting the minimum requirements in the Standard of passive house, if this is an additional criterion that must be met. For some buildings it may be technically difficult to meet the minimum requirements, such as U-value for wall because of conservation considerations and/or restrictions in place. In other cases it may be technically possible but not economically viable. Another challenge when upgrading to plus house is to have sufficient space to install solar panels.

It is recommended not to have solely focus on achieving all the minimum requirements in the Standard of passive house. The focus should rather be put on compensation measures which provide a low demand for delivered energy. Measures to minimize the heating and cooling demand, and energy efficient ventilation and lighting are important. It is also recommended to have energy monitoring systems and make the energy consumption visible to the users of the building.

Furthermore, it is recommended that the regulatory requirements and other comparison tools should be based on primary energy. It is the primary energy that gives the «correct picture» of the total energy consumption. This will also prevent some energy source being favored on the wrong basis in relation to other energy sources, e.g. heat pump and district heating.

## Innholdsliste

Forord.....	III
Samandrag.....	V
Abstract.....	VII
Innholdsliste.....	IX
Vedleggliste.....	XII
Figurliste.....	XIII
Tabelliste.....	XV
Formelliste.....	XVI
1. Innleiing.....	1
1.1 Bakgrunn.....	1
1.2 Formål.....	1
1.3 Omfang.....	2
1.4 Avgrensing av oppgåva.....	2
1.5 Strukturering av oppgåva.....	3
1.6 Ordliste.....	3
2. Metode.....	5
2.1 Informasjon og val av metode.....	5
2.1.1 To hovudtypar informasjon.....	5
2.1.2 Kvalitetssikring av informasjon.....	5
2.1.3 Val av metode.....	5
2.2 Litteraturstudium.....	5
2.3 Casestudium.....	6
2.3.1 Befaring.....	7
2.3.2 Energisimulering i SIMIEN.....	7
2.3.3 Tilstandsvurdering.....	8
2.3.4 Simulering av energiproduksjon i PVSYST.....	8
2.3.5 Workshop.....	8
2.3.6 Kostnadsoverslag.....	9
2.4 Datakjelde og uvisse.....	11
3. Teori.....	13
3.1 Berekraft.....	13
3.1.1 Kva inngår i omgrepet berekraft.....	13

3.1.2 Politiske føringar .....	13
3.1.3 Berekraftkonsept innanfor bygg .....	14
3.2 Plusshus.....	15
3.2.1 Rehabilitering til plusshus.....	16
3.2.2 Strategi for plusshus.....	17
3.2.3 Oppførte plusshus .....	18
3.2.4 Barrierar for plusshus i Noreg .....	21
3.3 Energieffektiv bygningskropp og tekniske installasjonar .....	24
3.3.1 Fasade .....	24
3.3.2 Vindauge og dører .....	26
3.3.3 Infiltrasjonstap.....	26
3.3.4 Isolasjon .....	27
3.3.5 Ventilasjon .....	28
3.3.6 Oppvarmingssystem.....	30
3.3.7 Kjølesystem.....	31
3.3.8 Lys og belysning.....	32
3.3.9 El-utstyr.....	35
3.4 Energiforsyning .....	35
3.4.1 Varmepumpe .....	35
3.4.2 Fjernvarme .....	37
3.4.3 Solvarmeanlegg .....	37
3.5 Produksjon av straum.....	41
3.5.1 Solstraumanlegg .....	41
3.5.2 Vindkraft .....	45
3.5.3 Vasskraft .....	49
3.6 Utrekning av energibehov .....	49
4 Casestudie av Kjørbo .....	51
4.1 Val av case .....	51
4.2 Powerhouse .....	51
4.2.1 Organisasjon og arbeidsform.....	51
4.2.2 Powerhouse definisjon på plusshus .....	52
4.2.3 Powerhouse One Brattørkaia.....	53
4.2.4 Powerhouse Kjørbo.....	53

4.3 Kjørbo .....	54
4.3.1 Bygningskroppen.....	55
4.3.2 Tekniske system og energiforsyning.....	58
4.3.3 Samanlikning av dagens situasjon mot minstekrav i pr NS 3701.....	59
4.3.4 Historikk.....	60
4.3.5 Teknisk tilstand.....	60
4.3.6 Målt energiforbruk for Kjørbo.....	64
4.3.7 Energisimulering .....	65
4.4 Grunnlag for konsept .....	73
4.6 Konsept 1: Plusshus, men ikkje passivbygg.....	74
4.6.1 Tiltak.....	74
4.6.2 Energisimulering .....	79
4.6.3 Produksjon av energi.....	83
4.6.4 Kostnader og sparingspotensial .....	87
4.7 Konsept 2 Plusshus og passivbygg .....	89
4.7.1 Tiltak.....	89
4.7.2 Energisimulering .....	92
4.7.3 Produksjon av energi.....	96
4.7.4 Kostnader og sparingspotensial .....	99
5. Diskusjon.....	101
5.1 Samanlikning av konsept .....	101
5.1.1 Generell samanlikning av konsept .....	101
5.1.2 Energibehov .....	102
5.1.3 Produsert energi.....	104
5.1.4 Lønsemd.....	105
5.2 Konsept 3: Anbefalt konsept .....	107
5.3 Alternative løysingar.....	110
5.3.1 Bygningskropp og tekniske installasjonar.....	110
5.3.2 Produksjon av energi.....	111
5.4 Bruk og drift av bygningen .....	113
5.5 Diskusjon av systemgrenser .....	114
5.6 utfordringar for Kjørbo og generelt for kontorbygg, samt retningslinjer .....	116
5.6.1 Kjørbo .....	117

5.6.2 Kjørbo representativt for andre kontorbygg som er modne for oppgrading .....	117
5.6.3 Retningslinjer for kontorbygg med lågt energibehov .....	118
6. Konklusjon og anbefaling .....	119
7. Vidare arbeid .....	121
7.1 Vidare arbeid i høve caset .....	121
7.2 Vidare arbeid generelt for oppgradering av kontorbygg til plusshus.....	122
Referanseliste .....	123

## **Vedleggliste**

Vedlegg 1: Oppgåvetekst

Vedlegg 2: Teikningar

Situasjonsplan

Planteikning: 3. etasje og kjellar

Vertikal- og horisontalsnitt

Vedlegg 3: Inndata SIMIEN

Dagens situasjon

Konsept 1

Konsept 2

Vedlegg 4: PVSYST

Konsept 1

Konsept 2 og 3

Vedlegg 5: Investeringskostnad

Konsept 1

Konsept 2

Konsept 3

Vedlegg 6: Noverdi og innteningstid

## Figurliste

Figur 1 Definisjonar og omgrep sett i system (Bjørberg, 2010, referert i Evjenth et al., 2011).....	14
Figur 2 Energibalanse for plussbus, null-energi bygg og tradisjonelt bygg.....	16
Figur 3 Kyoto-pyramiden (passiv.no, 2011b) .....	17
Figur 4 Wicona testsenter i Bellenberg (Strande, 2010) .....	18
Figur 5 National renewable Energy Laboratory i Golden Colorado i USA (Glover, 2011) .....	19
Figur 6 Termisk labyrint (Glover, 2011).....	19
Figur 7 Løysingar for å spreie dagslyset lenger inn i bygget (Glover, 2011).....	20
Figur 8 Plusshus i Freiburg i Tyskland (Brunvoll, 2008).....	20
Figur 9 Plusshus i Stavanger (Byggaktuelt, 2011) .....	21
Figur 10 Skisse av løysingar av enkeltfasade og dobbelfasade (Jager, 2010).....	25
Figur 11 Hydro fasadeløysing TEMotion, intelligent fasade (Wicona, 2012).....	26
Figur 12 Vakuumpanel (International Starch Institute, 2012) og aerogelmattel (TCnano Norge, 2012) ...	27
Figur 13 Vifteplassering i ventilasjonsanlegg (Novakovic et al., 2007) .....	29
Figur 14 Kjølebuffel med tilluft (Byggdetaljblad 552.350, 2010).....	32
Figur 15 Dagslysfaktor i rom (Christoffersen, 2005) .....	33
Figur 16 Ulik utforming for å utnytte dagslyset best mogleg (Thue, 2011).....	33
Figur 17 Prinsippskisse for varmepumpe (Byggdetaljblad 552.403, 2009).....	36
Figur 18 Varmepumpe med indirekte oppvarmingssystem (Byggdetaljblad 552.403, 2009).....	37
Figur 19 Solinnstråling i Noreg i januar og juli mot horisontal flate (Norsk Solenergiforening, 2012a) ...	38
Figur 20 Gjennomsnittleg solinnstråling i Oslo (W/m <sup>2</sup> ) per døgn på sørvendt flate med varierende vinkling i forhold til horisontalplanet (NS 3031 (1987) henta frå SINTEF og KanEnergi, 2011).....	39
Figur 21 Prinsippskisse solfangaranlegg, indirekte system (Byggdetaljblad 552.455, 2011).....	40
Figur 22 Oppbygging av ein plan solfangarmodul (Byggdetaljblad 552.455, 2011) .....	40
Figur 23 Snitt gjennom ein vakuumsolfangar (Byggdetaljblad 552.455, 2011) .....	41
Figur 24 Integrrert vakuumsolfangar i glasfasade (Jager, 2010).....	41
Figur 25 Prinsippskisse over korleis ei solcelle fungerer (Fornybar.no, 2012a) .....	42
Figur 26 Monokrystallinsk (Schüco, 2012b) og multikrystallinsk solcellepanel(TekniskUkeblad, 2006) .	43
Figur 27 Tynnfilm solceller integrert i fasadesystem (Schüco, 2012a) og montert på tak(Schüco, 2011) .	45
Figur 28 Prinsippskisse av vindturbin (Fornybar.no, 2012h).....	46
Figur 29 Horisontalakslande vindturbinar på tak og ein vertikalaksla vindturbin (ZERO, 2010b).....	47
Figur 30 Bygningsintegrrert vinkraft, Pearl River Tower i Kina (ecogeek.org, 2012) .....	47
Figur 31 Produsert energi for ulike årsgjennomsnittlege vindstyrkar for vindturbinane Whisper 200 og Wishper 100 (SouthWest Windpower, 2012).....	48
Figur 32 Ulike måtar å rekne ut energibehov til ei bygning (Killingland, 2009) .....	50
Figur 33 Påverknadsmoglegheit og kostnadsakkumulasjon (Møystad, 2010) .....	52
Figur 34 Tomta(Borchsenius, 2012) og foreløpig skisse av Powerhouse Brattørkaia (Powerhouse, 2012)	53
Figur 35 Kjørbo .....	54
Figur 36 Kjørboveien. Blokk 4 og 5 skal rehabiliterast til plusshus (Google maps, 2012).....	54
Figur 37 Vertikalsnitt av Kjørbo, tak og etasjar .....	55
Figur 38 Vertikalsnitt av ein kjellar i Kjørboiparken 1. Det er ikkje vindaug i kjellarvegg i blokk 5 .....	56
Figur 39 Horisontalsnitt yttervegg.....	57
Figur 40 Vindaug og fasadekledding .....	57

Figur 41	Prinsippskisse av energiforsyning for dagens situasjon.....	58
Figur 42	Kjølebaflar i taket langs vindauga .....	59
Figur 43	Oppdemming av vatn nokre stader på taket .....	61
Figur 44	Termografi viser at vegg er godt isolert, noko trekk rundt vindauge (Rambøll, 2010b) .....	61
Figur 45	Fasade. Fargen på aluminiumsprofilane og rammene er litt falma.....	62
Figur 46	Forsøk på tetting av glipe mellom ramme og karm .....	62
Figur 47	Termografi rundt vindauge (Rambøll, 2010b) .....	63
Figur 48	Fuktskade i hjørne av vindauge .....	63
Figur 49	Stipulert energiforbruk for blokk 5 for 2011, dekt av elektrisitet, fjernvarme og fjernkjøling ...	64
Figur 50	Soneinndeling av bygget for simulering av dagens situasjon.....	66
Figur 51	Varmetapsbudsjett for dagens situasjon. Figur henta frå årssimulering i SIMIEN .....	68
Figur 52	Energikarakter for dagens situasjon. Figur henta frå energisimulering i SIMIEN .....	71
Figur 53	Energiltak ved evaluering mot TEK 10 for dagens situasjon. Figur henta frå SIMIEN .....	73
Figur 54	Anbefaling til fall på kompakt tak (Byggdetaljblad 525.207, 2007) .....	75
Figur 55	Prinsippskisse av energiforsyning til konsept .....	78
Figur 56	Varmetapsbudsjett for konsept 1. Figur henta frå årssimulering i SIMIEN.....	81
Figur 57	Energikarakter for konsept 1. Figur henta frå energisimulering i SIMIEN.....	82
Figur 58	Energiltak ved evaluering mot TEK 10 for konsept 1. Figur henta frå SIMIEN .....	83
Figur 59	Installert solcellepanel for konsept 1. Figur henta frå simulering i PVSYST .....	84
Figur 60	Tapsdiagram for solcellepanel i konsept 1. Figur henta frå simulering i PVSYST .....	85
Figur 61	Månadleg energiproduksjon for solceller i konsept 1. Figur henta frå simulering i PVSYST .....	86
Figur 62	Utvendig isolering av betongvegg mot terreng (Byggdetaljblad 523.127, 2004).....	91
Figur 63	Varmetapsbudsjett for konsept 2. Figur henta frå simulering i SIMIEN .....	94
Figur 64	Energikarakter for konsept 2. Figur henta frå energisimulering i SIMIEN.....	95
Figur 65	Energiltak ved evaluering mot TEK 10 for konsept 2. Figur henta frå SIMIEN .....	95
Figur 66	Solcellepanel T5 frå SunPower (SunPower, 2012).....	96
Figur 67	Tapsdiagram for solcellepanel i konsept 2. Figur henta frå simulering i PVSYST .....	97
Figur 68	Månadleg energiproduksjon for solceller i konsept 2. Figur henta frå simulering i PVSYST .....	98
Figur 69	Energisparingspotensial for konsept 1 og 2 .....	103
Figur 70	Varmetapstal for dagens situasjon, konsept 1 og konsept 2.....	104
Figur 71	Illustrasjon av systemgrenser for energiforsyning.....	114



## Tabelliste

Tabell 1 Temaområde for berekraftig utvikling (Evjenth et al., 2011) .....	15
Tabell 2 Lysutbytte til ulike lyskjelder. Informasjon henta frå Aabakken (2010) .....	34
Tabell 3 Solcelleteknologiar, informasjon henta frå Fornybar.no (2012g) .....	44
Tabell 4 Systemgrenser for å rekne ut energibehov. Informasjon henta frå Killingland (2009) .....	50
Tabell 5 Samanlikning av dagens situasjon mot minstekrav i pr NS 3701 .....	60
Tabell 6 Oversikt over gjennomførte tiltak .....	60
Tabell 7 Energibudsjett for dagens situasjon.....	67
Tabell 8 Levert energi til bygningen for dagens situasjon .....	67
Tabell 9 Varmetapsbudsjett for dagens situasjon .....	68
Tabell 10 Samanlikning av dagens situasjon mot krav i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42 .....	70
Tabell 11 Oversikt over tiltak i konsept 1 .....	74
Tabell 12 Samanlikning av konsept 1 mot minstekrav i pr NS 3701.....	79
Tabell 13 Energibudsjett for konsept 1 .....	80
Tabell 14 Levert energi til bygningen for konsept 1.....	80
Tabell 15 Varmetapsbudsjett for konsept 1.....	80
Tabell 16 Samanlikning av konsept 1 mot krav i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42.....	81
Tabell 17 Oversikt over behov for produsert energi og solcelleareal for konsept 1 .....	87
Tabell 18 Oversikt over investeringskostnad, noverdi og innteningstid for konsept 1 .....	88
Tabell 19 Oversikt over tiltak i konsept 2 .....	90
Tabell 20 Samanlikning av konsept 2 mot minstekrav i pr NS 3701.....	92
Tabell 21 Energibudsjett for konsept 2.....	92
Tabell 22 Levert energi til bygningen for konsept 2.....	93
Tabell 23 Varmetapsbudsjett for konsept 2.....	93
Tabell 24 Samanlikning av konsept 2 mot krav i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42.....	94
Tabell 25 Oversikt over behov for produsert energi og solcelleareal for konsept 2 .....	99
Tabell 26 Oversikt over investeringskostnad, noverdi og innteningstid for konsept 2.....	99
Tabell 27 Samanlikning mellom dagens situasjon, konsept 1 og 2 mot minstekrav i pr NS 3701 .....	101
Tabell 28 Samanlikning av energibehov og levert energi for dagens situasjon, konsept 1 og 2 .....	102
Tabell 29 Samanlikning av oppvarmings- og kjølebehov, samt totalt varmetapstal mot krav i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42 for dagens situasjon, konsept 1 og 2.....	102
Tabell 30 Oversikt over behov for produsert energi og solcelleareal for dagens sit., konsept 1 og 2 .....	105
Tabell 31 Samanlikning av investeringskostnad og energisparingspotensial for dei to konsept 1 og 2 .....	105
Tabell 32 Oversikt over tiltak i konsept 3 .....	107
Tabell 33 Samanlikning av konsept 3 mot minstekrav i pr NS 3701.....	108
Tabell 34 Energibudsjett for konsept 3.....	108
Tabell 35 Levert energi til bygningen for konsept 3.....	109
Tabell 36 Samanlikning av konsept 3 mot krav i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42.....	109
Tabell 37 Oversikt over behov for produsert energi og solcelleareal for konsept 3 .....	110

## Formelliste

Formel 1 Noverdi.....	11
Formel 2 Innteningstid.....	11
Formel 3 Netto spesifikt energibehov til oppvarming etter pr NS 3701.....	69
Formel 4 Netto spesifikt energibehov til kjøling etter pr NS 3701.....	69
Formel 5 Energiforsyning etter pr NS 3701.....	70

## **1. Innleiing**

Berekraftig utvikling er ei utvikling som imøtekjem dagens behov og samtidig legg til rette for komande generasjonar. Eit viktig satsingsområde for å oppnå dette er å redusere energiforbruket. Bygg står for om lag 40 % av det totale energiforbruket i Noreg og har eit stort potensial for å bli meir energieffektive. Konseptet plusshus er det mest ambisiøse energinivået for bygg og det er dette denne masteroppgåva dreier seg om.

### **1.1 Bakgrunn**

Klimaet er i endring. Temperaturane har stige og det har blitt meir ekstremvêr. Menneskeskapt klimagassutslepp får skulda. For å legge forholda til rette for komande generasjonar må desse utsleppa reduserast. Eit effektiv tiltak for å redusere klimagassutsleppa er energieffektivisering av bygg. Det må då byggast miljøvennlege bygg som har lågt energibehov, men samtidig er det høgst nødvendig å gjere inngrep i den eksisterande bygningsmassen for å redusere energiforbruket. Kommunal-og regionaldepartementet (2009) har uttalt at omlag 80 % av dagens bygg vil framleis stå i 2050. Det er her det verkelege energisparingspotensialet ligg.

Eit konsept som ofte blir vurdert i høve til energieffektivisering av bygg er passivbygg. Passivbygg har eit lågt energibehov oppnådd gjennom passive tiltak som eksempelvis ein godt isolert bygningskropp og gjenvinning av varme frå ventilasjonslufta. Regjeringa vurderer å innføre passivbygg som forskriftskrav i 2020 for alle bygningskategoriar, både for nybygg og eksisterande bygg.

Det mest ambisiøse konseptet for energieffektive bygg er plusshus. Plusshus er bygg som har særst lite energibehov, nett som passivbygg, men i tillegg produserer meir energi enn det brukar. Foreløpig eksisterer det berre eitt plusshus i Noreg, men fleire byggeprosjekt er i gangsett med mål om å bli plusshus.

Barrierar for å bygge plusshus i Noreg er mellom anna relatert til økonomi og klima. I Noreg har vi stor tilgang på vasskraft, noko som fører til at vi har låge straumprisar i forhold til andre land i Europa. Dette har vore ei kvilepute både for å redusere energiforbruket og for å nytte andre energikjelder.

### **1.2 Formål**

Formålet med denne rapporten er å greie ut om berekraftig oppgradering av kontorbygg til plusshus. Rapporten ser på kva som må til for å oppnå ei slik oppgradering, samt utfordringar i samband med dette.

Problemstillinga er som følger:

*Kva er eit plusshus, og kva utfordringar står ein overfor ved berekraftig oppgradering av eit kontorbygg til plusshus?*

### **1.3 Omfang**

Denne masteroppgåva er ei delvis vidareføring av prosjektoppgåva *Berekraftig oppgradering av yrkesbygg – med fokus på energieffektivisering* utarbeida av Schmidt Overøye (2011). Rapporten baserte seg på eit litteraturstudium som greia ut om berekraft og bygningstekniske tiltak for å energieffektivisere bygg. Masteroppgåva synleggjer kva som må til for å oppgradere eit typisk kontorbygg til plusshus, og kartlegg utfordringar i samband med dette. Det er nytta ulike forskingsmetodar for å svare på problemstillinga, i hovudsak litteraturstudium og casestudium.

Casebygget som er nytta i denne masteroppgåva er eit kontorbygg i Sandvika, blokk 5 i Kjørhoparken 1. Bygget er oppført i 1980 og har per i dag eit energiforbruk på rundt 250 kWh/m<sup>2</sup> per år. I denne masteroppgåva er det utarbeida tre konsept for oppgradering av bygget til plusshus. Konseptta omhandlar tiltak på bygningskropp, tekniske installasjonar, energiforsyning samt straumproduksjon til bygget. Investeringskostnad, noverdi og innteningstid for konseptta vert også presentert. Investeringskostnad for konseptta er utarbeida av masterstudent Wood (2012).

### **1.4 Avgrensing av oppgåva**

Denne masteroppgåva er avgrensa til å i hovudsak sjå på berekraftparametrane energieffektivisering, endra energiforsyning og teknisk tilstand. Dette er gjort med bakgrunn i omfanget til masteroppgåva, som utgjer 30 studiepoeng. For at ei oppgradering skal vere berekraftig må det rettast fokus på fleire parameterar for dei tre aspekta for berekraft; det økonomiske, det sosiale og det miljømessige.

Oppgåva er avgrensa til å sjå på oppgradering av eitt spesifikt kontorbygg frå 1980, men mange av oppgraderingstiltaka som er føreslått for bygget er representative for andre kontorbygg oppført både før og etter 1980. Det er berre fokusert på oppgradering til plusshus i konseptta. Dette på grunn av at caset som er nytta i masteroppgåva har som mål å bli det første kontorbygget i verda som blir rehabilitert til plusshus. Oppgradering av bygg som skal tilfredsstille krav i Byggteknisk forskrift (TEK 10) og passivbygg er meir utforska enn oppgradering av bygg til plusshusnivå. Konseptta vert derimot samanlikna mot desse krava.

Fokuset til oppgraderingstiltaka er å utbetre den tekniske tilstanden til bygget og redusere energibehovet. Innvendig oppgradering, som endra romløyning og visuelt uttrykk er ikkje behandla i oppgåva.

## 1.5 Strukturering av oppgåva

Innleiingsvis i rapporten er det greia ut om ulike forskingsmetodar som er nytta i samband med denne masteroppgåva. I hovudsak er dette informasjonsinnhentingemetodane litteraturstudium og casestudium. For casebygget er det utført ei tilstandsvurdering og energisimulering i programmet SIMIEN for å få eit overblikk over dagens tilstand. For konsept er det òg utført energisimulering i SIMIEN og i tillegg simulering av energiproduksjon i PVSYST. For å svare på problemstillinga er det nytta ein kombinasjon av desse forskingsmetodane, med vekt på teori frå litteraturstudie, saman med empiri frå casestudiet.

Det teoretiske grunnlaget for rapporten er å finne i kapittel 3. Her er det lagt fram teori om berekraft og plussbus. Plussbus er definert og ulike barrierar er synleggjort. Kapitlet greier òg ut om energieffektiv bygningskropp, tekniske installasjonar og produksjon av straum.

Casestudiet er presentert i kapittel 4. Her er bygget presentert saman med funn og resultat av studiet. Med utgangspunkt i ei teknisk tilstandsvurdering, samt energisimulering av dagens energibehov til bygget, er det laga to ulike konsept for plussbus. Konsept er samanlikna mot krav i Prosjektrapport 42 *Kriterier for passivhus- og lavenergibygge – Yrkesbygg* (Dokka et al., 2009) og høyringsutkastet for *Kriterier for passivhus og lavenergibygningar – Yrkesbygningar* (pr NS 3701, 2011). I følgje samtale med Lexow (2012) i Standard Norge vil standarden NS 3701 etter planen bli utgitt i september 2012, og det vil vere små endringar i krav ifrå høyringsutkastet. Det vert i tillegg innført kjøleramme for skule og barnehage i den endelege standarden.

I kapittel 5 er dei ulike konsept samanlikna og diskutert, og eit anbefalt konsept er presentert. Kapitlet diskuterer også alternative løysingar, bruk og drift av bygget, systemgrenser og utfordringar med oppgradering.

Konklusjon og anbefaling er å finne i kapittel 6. Kapittel 7 greier ut om vidare arbeid i høve til caset og generelt for oppgradering av kontorbygg til plussbus. Avslutningsvis er kjeldene som er nytta i rapporten oppsummert. Det høyrar til 6 vedlegg til denne rapporten.

## 1.6 Ordliste

Avklaring av ord og omgrep brukt i masteroppgåva:

*Berekraftig bygging*: Bygningsteknologi og praksis som møter dei integrerte krava frå brukar og samfunnet gjennom levetida til bygget med mål om å oppnå forlenga total levetid av den enkelte bygning (Mørk et al., 2008).

*Berekraftig utvikling*: «Ei utvikling som imøtekjem dagens behov utan å øydeleggje moglegheitene for at komande generasjonar skal få dekkja sine behov.» (World Commission on Environment and Development, 1987)

*BREEAM*: BRE Environmental Assessment Method. Eit miljøklassifiseringsverktøyet utvikla i Storbritannia.

*Bunden energi*: Den norske oversettinga av «embodied energy», som er energi som er brukt for å framskaffe eit produkt. I masteroppgåva er produktet eit bygg, og bunden energi er dermed energi i samband med produksjon av byggmaterial, transport av material til byggeplassen og sjølve oppføringa av bygget.

*Driftsfasa for bygget*: Den fasa frå når bygget blir tatt i bruk til at bygget ikkje brukast meir.

*Energieffektivisering*: Tiltak for å redusere energibehovet/-forbruket i eit bygg.

*LEED*: Leadership in Energy Environmental Design. Miljømessige samanlikningsrammeverk innanfor byggebransjen, utvikla av U.S. Green Building Council.

*Oppgradering*: Utvikling av standard og funksjonalitet til bygg.

*Passivbygg*: Eit bygg som oppfyller definerte krav for lågt energibehov oppnådd gjennom passive tiltak som godt isolert bygningskropp og gjenvinning av varme frå ventilasjonslufta. I denne rapporten vert *passivbygg* brukt om passivhus for alle bygningstypar. Dei Norske myndighetene brukar omgrepet passivbygg i den pågåande debatten rundt innføring av passivbygg som forskriftskrav.

*Plusshus*: Bygningar som gjennom driftsfasa genererer meir energi enn det brukar. Kan definerast ut ifrå driftsfase eller levetid.

*Powerhouse*: Ein organisasjon som samarbeider om å byggje plusshus. Organisasjonen består av Entra Eiendom, Skanska, Snøhetta, Hydro og miljøorganisasjonen ZERO.

*ZEB*: Zero Emission Buildings. Eit av åtte forskingssenter i Noreg som tilhøyrar forskingssenter for miljøvennleg energi. Visjonen til ZEB er at dei skal plassere Noreg i front innan forskning, innovasjon og implementering mht bygningar med svært lågt energibehov og utan netto klimabelastningar. Fakultet for arkitektur og bildekunst ved NTNU er vertskap for ZEB. (Zero Emission Building, 2008)

## **2. Metode**

Den mest brukte definisjonen for metode er i følge Sander (2012): «Metode er læren om de verktøy som kan benyttes for å samle inn informasjon».

### **2.1 Informasjon og val av metode**

I dette kapitlet blir det gitt ei kort innføring om kvalitativ og kvantitativ informasjon, samt kvalitetssikring av informasjon. Det vil også bli greia ut om kva metode som er nytta i arbeidet med denne masteroppgåva.

#### **2.1.1 To hovudtypar informasjon**

Det skiljast ofte mellom kvalitativ og kvantitativ informasjon. Kvalitativ informasjon skildrar med bruk av tekst, medan kvantitativ informasjon skildrar med bruk av tal. Det er formålstenleg å bruke ein kombinasjon av desse informasjonstypene. Kvalitative vurderingar er med på å skildre heilheita, medan kvantitativ informasjon kan gi skildringa presisjon. Kvalitativ informasjon kan lett bli nedprioritert grunna krav til dokumentasjon som grunnlag for slutningar. Det er vanskelegare å etterprøve denne typen informasjon samanlikna med kvantitativ informasjon. Det er også fare for at kvalitativ informasjon kan bli prega av fortolkingar til individet, og dermed kan det oppstå truverdighetsproblem. (Samset, 2008)

#### **2.1.2 Kvalitetssikring av informasjon**

Det er viktig at informasjonen er påliteleg og god. Omgrepet validitet skildrar om informasjon er god eller ei, det seier noko om det føreligg samsvar mellom røyndom og tolking. For at informasjonen skal vere valid må to kriterium vere oppfylt. Det første kriteriet dreier seg om å sikre definisjonsvaliditet. Definisjonsvaliditet vil seie at det føreligg samsvar mellom tolking og det fenomenet som blir skildra. Vidare må reliabilitet bli sikra, som vil seie at uttrykket er påliteleg. Medan reliabilitet til informasjonen i prinsippet kan etterprøvast, må informasjonen sin validitet baserast på skjønn. For å teste pålitelegheita kan resultat frå fleire personar som brukar same indikatorar uavhengig av kvarandre på same problem, bli samanlikna for å sjå om det føreligg avvik mellom resultatata. (Samset, 2008)

#### **2.1.3 Val av metode**

Denne masteroppgåva nyttar i hovudsak dei kvalitative informasjonssinnhentingsmetodane litteraturstudium og casestudium. I samband med casestudiet er det nytta fleire metodar, som den kvantitative metoden energisimulering. Meir om dei ulike metodane og kvaliteten til informasjonen som er nytta i dei etterfølgjande kapitla 2.2 -2.4.

## **2.2 Litteraturstudium**

I eit litteraturstudium går ein gjennom relevant forskning og litteratur om eit eller fleire tema. I denne masteroppgåva er det gjort eit studium i berekraft, både generelt og i samband med bygg, pluss hus, energieffektiv bygningskropp og tiltak for å oppnå dette, energiforsyning og produksjon av straum til bygget. Det er viktig at kjeldene som vert nytta er av høg kvalitet og pålitelegheit.

Det er i hovudsak nytta norsk litteratur. Hovudargumentet for dette valet er at byggetekniske løysingar avheng av lokale forhold som klima og tilgjengelege resursar. Sidan caset masterarbeidet baserer seg på er lokalisert i Noreg, er det naturleg å bruke norsk litteratur for å skildre ulike oppgraderingstiltak. Ei ulempe med dette er eit mindre perspektiv enn det som er ønskeleg og det kan føre til utelukking av relevant utanlandsk litteratur som er av interesse med masterarbeidet.

Faglitteraturen som er nytta er utarbeida av kompetente og anerkjente fagfolk, gjerne med tilhøyrsløse i NTNU eller SINTEF Byggforsk. For tematikk rundt berekraft er det nytta både norsk og utanlandsk litteratur. Dette med bakgrunn i at omgrepet berekraft har utspring i utanlandske miljø, World Commission on Environment and Development. I tillegg har ISO utvikla ulike standardar innanfor berekraft.

## 2.3 Casestudium

For å lettare å svare på problemstillinga er eit konkret bygg studert, altså eit case. Eit casestudium er i følgje Olsson og Sörensen (2003) ein metode som brukast for inngåande studie av eit kasus, ein person, ei gruppe eller ein sosial eining, i dette tilfellet eit kasus. Casestudier kjenneteiknast med å ha få subjekt, men ofte mange variablar (Olsson og Sörensen, 2003).

I denne masteroppgåva er kontorblokk 5 i Kjørbo-parken 1 i Sandvika nytta som case. Blokk 5 er oppført i 1980 og oppvarma bruksareal er om lag 2 500 m<sup>2</sup>. Bygget er eigd av Entra Eiendom. Både blokk 4 og 5 i Kjørbo-parken 1 skal oppgraderast til plusshus, eit prosjekt til Powerhouse. Det er valt å berre bruke blokk 5 som case, på grunn av at blokkene er særst like, både med omsyn til oppbygning, bruk og drift. Vurderingar og simuleringar for blokk 5 er representative for blokk 4. Det visast til kapittel 4 *Casestudie av Kjørbo* for meir informasjon om bygget, Powerhouse og bakgrunn for val av casebygg.

Ved gjennomføring av eit casestudium kan det nyttast forskjellige forskingsmetodar. I samband med dette casestudiet er det nytta dei ulike metodane befaringsundersøking, energisimulering, tilstandsvurdering, simulering av energiproduksjon, workshop og kostnadsoverslag. Meir om desse metodane i underkapitla 2.3.1-2.3.6.

I høve med casestudium er det ofte mykje forberedande arbeid. Det er viktig å sette seg inn i historikken til caset og dagens situasjon. Arbeidet med casestudiet skal resultere i ei løysing på eit aktuelt problem. Det blir gjerne sagt at i casestudium vert det sett på fortid, notid og framtid.

For å tileigne seg kunnskap om casebygget er det gått gjennom relevant dokumentasjon av bygget. Dette består av teikningar og rapportar om bygget. Driftsteknikar Per Iversen frå Entra Drift har gjort dokumentasjonen tilgjengeleg.

Casebygget som er nytta i denne masteroppgåva er representativt for andre yrkesbygg som er moden for oppgradering. Samtidig er alle oppgraderingsprosjekt forskjellige og dei ulike tiltaka



som vert føreslått i samband med denne oppgåva må vurderast frå prosjekt til prosjekt. Teori og prinsipp er derimot av generell karakter og nyttig å bruke utover det aktuelle caset.

### 2.3.1 Befaring

Befaring er ein vanleg metode for å vurdere tilstanden til eit bygg. Metoden går ut på å inspisere ulike areal av bygget, gjerne saman med ein informant. Gjennomføring av ei befarings kan danne eit godt overblikk over tilstanden til bygget.

I samband med denne masteroppgåva vart det utført ei befarings for å betre kunne sette seg inn i teikningsgrunnlaget, få overblikk over tilstanden til bygget, samt å kunne utføre ei teknisk tilstandsvurdering. Areal som i hovudsak vart inspisert var eit representativt plan i blokk 4 og 5 som hadde ein kombinasjon av opent kontorlandskap og cellekontor, kjellar, teknisk rom og tak.

Deltakarane på befaringsa var Per Iversen frå Entra Drift, som har særskild god kjennskap til bygga, Anders-Johan Almås, veileidar for masteroppgåva, samt Oda Wood, Håvar Opsjøn og Cecilie Schmidt Overøye, som alle tre er masterstudentar ved NTNU.

### 2.3.2 Energisimulering i SIMIEN

SIMIEN er eit simuleringssystem for energiforbruk, effektbehov og inneklimate i bygningar, utvikla av ProgramByggerne. I tillegg til å simulere energibehov kan SIMIEN brukast for å evaluere bygg opp mot byggforskrifter og energimerking, samt for å kunne dimensjonere oppvarmingsanlegg, ventilasjonsanlegg og romkjøling.

SIMIEN bygger på den dynamiske utrekningsmetoden som er skildra i NS 3031 *Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data*. Ved simulering kan bygningen delast opp i rom eller soner. Der bygningen har berre ein funksjon vil det ofte vere tilstrekkeleg å berre nytte ei sone for heile bygget. (ProgramByggerne, 2012). NS 3031 (2011) angir nokre unntak frå dette som krev soneinndeling av bygget:

- Ulike tekniske installasjonssystem
- Ulikt soltilskot
- Ulike interne varmetilskot

I tilfelle med store vindaugs- eller glasareal, og/eller lite effektiv solavskjerming skal bygningen delast opp i soner dersom produktet av forholdet mellom totalt areal av vindauge/dører glasfelt og oppvarma bruksareal,  $\gamma_{sol}$ , og total solfaktor for vindauge og solavskjerming,  $g_t$  overskrider 5 %. Det skal då delast opp i tre soner; ei solutsett sone (sør, sørvest, søraust), ei lite solutsett sone (nord, nordvest, nordaust) og ei middels solutsett sone. (NS 3031, 2011)

Produktet av  $\gamma_{sol} * g_t$  for dagens tilstand for caset var 9 % og det var dermed nødvendig å dele inn bygget i tre soner. Det vart utført simulering både med og utan soneinndeling for å samanlikne skilnaden i resultatet. For simulering av oppgraderingskonseptet var det ikkje behov for å dele inn bygget i ulike soner, sidan  $\gamma_{sol} * g_t < 5 \%$ .

Det er ei viss uvisse knytt til dei ulike innparameterane som har vore nytta i SIMIEN, både med tanke på areal, bygningskropp og dei tekniske installasjonane. Meir om dette i kapittel 2.4 *Datakjelde og uvisse*.

### **2.3.3 Tilstandsvurdering**

Det er utført ei tilstandsvurdering av casebygget av overordna art. I tillegg har Rambøll utført tilstandsvurderingar av Kjørbo, som det er referert til i oppgåva. Resultata av desse vurderingane er å finne i rapportane *Kjørboparken- Vurdering av fasade* (Rambøll, 2010b) og *Demontering av fasadefelt på Kjørbo* (Rambøll, 2010a). Den førstnemnde rapporten har også utført termografi av Kjørboparken 1. Masterstudent Håvar Opsjøn har òg utført ein tilstandsanalyse av Kjørbo. Tilstandsanalysen baserer seg på SURE veiledaren, som er ein veileidar for berekraftig oppgradering. SURE- SUsustainable REfurbishment, er eit nordisk prosjekt som arbeider med å utvikle retningslinjer for berekraftig oppgradering av bygg i dei nordiske landa. Opsjøn ser på følgjande indikatorar: LCC, verdi, teknisk tilstand, energi, material, innemiljø, tilpassingsdyktigheit, sikkerheit og tilgjengelegheit, komfort, funksjonell eigenheit og kulturell verdi. For resultat av denne analysen vert det vist til *SURE- Sustainable Refurbishment. Utvikling av en norsk versjon av veileder for berekraftig oppgradering av bygninger* (Opsjøn, 2012).

### **2.3.4 Simulering av energiproduksjon i PVSYST**

For konseptet er det nytta solcellepanel installert på tak. Overslag over produsert energimengde er basert på simuleringsprogrammet PVSYST. Bjørn Thorud, energirådgivar i Multiconsult AS, har vore til stor hjelp med dette. Det er valt å nytte simuleringsprogram i staden for grove overslag som er basert på forholdet mellom nødvendig behov for produsert energi og kva solceller kan produsere per kvadratmeter. Grunnen for dette er at grove overslag er basert på optimale forhold og tek ikkje omsyn til diverse tap som:

- alt tilgjengeleg areal kan ikkje brukast til å installere solceller. Solcellene er montert på modular/panel som må plasserast ein avstand frå kvarandre for å unngå skygging
- tap grunna nære avskyggingar
- tap grunna høge temperaturar
- tap grunna forureining av skit eller snø på modular
- diverse systemtap, som tap gjennom vekselrettar

### **2.3.5 Workshop**

Workshop er ein organisert arbeidsform der personar med ulik bakgrunn arbeider saman i forhold til eit gitt tema eller problemstilling (Blakstad et al., 2009).

Eg fekk delta på ein workshop med Powerhouse. Jamfør kapittel 4.2 for meir informasjon om Powerhouse. I workshopen vart det utarbeida forslag til kva som måtte til og korleis blokkene skulle oppgraderast til plussbus. Deltakarane vart delt inn i grupper og kvar gruppe presenterte sine forslag på slutten av dagen. Det vart sett krav til U-verdi for ulike bygningskomponentar,

forslag til energiforsyning og korleis bygget skulle produsere energi. Kvar gruppe utførte energisimuleringa i programmet SIMIEN for bygget.

### 2.3.6 Kostnadsoverslag

Vurdering av investeringskostnader er ein viktig faktor ved val av ulike oppgraderingstiltak. Val av løysing vil ofte byggje på kva som gir inntening i driftstida vurdert opp mot investeringskostnad. Kjørbo skal vere eit førebileteprosjekt, og i konseptane er det fokusert på å finne gode løysingar, ikkje nødvendigvis dei billegaste.

For å eit fullstendig bilete av økonomien ved gjennomføring av dei ulike konseptane, bør kostnader forbunde med drift og vedlikehald også vurderast. Det bør verte utført ein analyse av total livssyklus-kostnad (LCC) til bygningen. LCC er summen av kapitalkostnad og alle kostnader til forvaltning, drift, vedlikehald og utvikling i brukstida og restkostnader ved avhending. Ein analyse av LCC omfattar alle investeringar i nær framtid (kapitalkostnad) samanhalde med drifts- og vedlikehaldskostnader over eit lengre tidsperspektiv. Slike analyser mogleggjer val av løysing som treffer den mest kostnadseffektive balansen mellom kapital- og driftskostnader og minimerer risikoen for tidlege feil og tap av funksjonalitet i bygget. Det er ikkje eit mål i seg sjølv å ha lågast mogleg årskostnad, derimot å synleggjere årskostnadene for dei ulike alternativane. (Bjørberg et al., 2007)

Denne masteroppgåva nyttar investeringskostnader og energipris utrekna av Wood (2012), i masteroppgåva *Livssyklusbetragtninger for levedyktig oppgradering av kontorbygg*. Under følgjer det ei kort innføring i datagrunnlaget, samt ulike føresetnader Wood har nytta og tilpassingar til denne oppgåva. Det visast til Wood (2012) for nærare informasjon.

Utrekningane er utført i Excel rekneark og kostnadsoppstillinga til Wood (2012) følgjer standard kontoplan etter NS 3453 *Spesifikasjon av kostnader i byggeprosjekt*. I denne masteroppgåva er det formålstenleg å ha alle kostnader kategorisert etter tiltak utført på komponentar, (t.d. alle kostnader i høve til tak er samla under kategorien takkonstruksjon) og dermed følgjer ikkje kostnadsoppstillinga i denne oppgåva standard kontoplan etter NS 3453.

Prosjektkostnadsoverslaget til Wood (2012) består av felleskostnader (rigg og drift av byggeplass), huskostnader og generelle kostnader som program og prosjektering, administrasjon, bikostnader og forsikringar og gebyr. Av dette er det berre huskostnader eg brukar, og det vert omtalt som investeringskostnad.

Nøkkeltal er innhenta frå fleire kjelder og databasar:

- HolteProsjekt, Kalkulasjonsnøkkelen (Holte AS, 2012). Kalkulasjonsnøkkelen er bygd opp av einingsprisar (eksklusiv mva) som består av einingskostnader (sjølvkost) og eit påslag på 10 % som dekkjer faste kostnader, uvisse i datagrunnlaget og fortjeneste. Einingskostnadene består av material-, arbeids- og UE-kostnad. Prisane i Kalkulasjonsnøkkelen er basert på prisnivået for det sentrale Austlandsområdet per 1.5.2012. Wood (2012) justerer einingsprisen med 1,2 grunna generelt lågt prisnivå.

Kalkulasjonsnøkkelen inneheld mange prisar på grunnleggjande bygningskomponentar, men få prisar for tekniske anlegg og installasjonar.

- Norsk Prisbok (Norconsult, 2010). Einingsprisane (eksklusiv mva) består av material-, UE- og arbeidskostnader med eit påslag på høvesvis 12 %, 10 % og 11 %. Prisane er basert på prisnivået for sentrale delar av Austlandsområdet per august 2010. Wood (2012) juster einingsprisen med 1,1025 etter byggevareindeksen til prisnivå i 2012. Norsk Prisbok inneheld prisar på fleire nyare bygningskomponentar og tekniske anlegg og installasjonar.
- REPAB Fakta Vedlikeholdskostnader (Incit AB, 2011). Einingsprisane (eksklusiv mva) inneheld arbeids- og materialkostnader. Prisane er basert på prisnivå per november 2010. Wood (2012) justerer einingsprisane med 1,1025 etter byggevareindeksen til prisnivå i 2012.
- Leverandørar. Det hentas inn prisar frå leverandør når overnemnde databaser ikkje er tilstrekkeleg.

For elektrisitetspris har Wood (2012) gått ut ifrå at det norske prisnivået vil gå mot det europeiske, og brukar ein middelverdi mellom norsk og europeisk pris, som ho reknar til å vere 60,49 øre/kWh. Inkludert nettleige, offentlege avgifter og meirverdiavgift har Wood (2012) kome fram til ein energipris på 114,96 øre/kWh.

For å vurdere lønsemda til dei ulike tiltaka er noverdi og innteningstida utrekna. I utrekningane er det ikkje tatt omsyn til vedlikeholdskostnader som førekjem i levetida for å oppretthalde standard. Det er brukt ei kalkulasjonsrente på 7 % (Novakovic et al., 2007), og energipris på 50 øre/kWh og 100 øre/kWh for å vise at lønsemda varierer mykje med kva energipris som vert nytta. Lønsemda vil òg variere mykje med kalkulasjonsrente. Ei lågare kalkulasjonsrente vil gjere tiltaka meir lønsame, medan ei høgare kalkulasjonsrente vil gjer tiltaka mindre lønnsame.

Følgjande formlar (1 og 2) er nytta for noverdi av tiltak (NV) og innteningstida ( $N_0$ ) (Novakovic et al., 2007):

$$NV = B \frac{1-(1+r)^{-N}}{r} - I \quad (1)$$

og

$$N_0 = \frac{\ln[(1-\frac{I}{B} x r)^{-1}]}{\ln(1+r)} \quad (2)$$

der:

- B er netto årleg besparelse, kr/år
- I er investeringskostnad, kr
- r er kalkulasjonsrente
- N er økonomisk levetid, år

B er basert på energisparingspotensialet på tiltaka isolert sett multiplisert med elektrisitetsprisen. SIMIEN modellen for dagens situasjon vart nytta for å finne kor mykje kvart enkelt tiltak endra det totale energibehovet.

Dei ulike tiltaka har varierende levetid:

- Isolering: 40 år (Novakovic et al., 2007)
- Tetting i samanheng med utskifting av vindauge: 40 år (Byggdetaljblad 700.320, 2010)
- Vindauge, aluminium: 40 år (Byggdetaljblad 700.320, 2010)
- Ventilasjon: 15 år, sett lik som levetida til kammergjenvinnar (Novakovic et al., 2007)
- Belysning: 20 år (Novakovic et al., 2007)
- Varmepumpe: 15 år (Novakovic et al., 2007)
- Solceller: 30 år (SunPower, 2012)

## 2.4 Datakjelde og uvisse

Inndata nytta i SIMIEN er basert på opplysningar frå driftsteknikar Per Iversen, *Energi og Miljøanalyse for Kjørbo- blokk 4 og 5* av Multiconsult (2008), *Energimerking av Kjørbo 1* av Multiconsult (2010) og eigne slutningar om bygningskropp og arealoverslag basert på teikningsgrunnlag. Det er ei lita uvisse om areal og andre mål som er funne ved å nytte teikningsgrunnlag stemmer overeins med faktiske forhold. Måleverktyet som er nytta er linjal, og det vil vere vanskeleg å få heilt nøyaktige mål. Samtidig er ikkje målestokken på nokon av teikningane heilt presis. Det blir gått ut ifrå at denne uvissa ikkje har stor påverknad for resultatet.

Vidare er det ei uvisse i høve til det stipulerte energiforbruket som er målt for 2011. Oppgitte målte verdiar for energiforbruket gjeld for heile Kjørboiparken 1, som består av seks ulike bygningar. For å finne det spesifikke energiforbruket til bygningen, vart energiforbruket for heile Kjørboiparken 1 delt på det totale oppvarma bruksarealet for alle bygningane. Energiforbruket i dei ulike bygningane kan vere forskjellige og det spesifikke energiforbruket til bygningen vert eit grovt overslag for å gi ein liten peikepinn på dagens situasjon.

Vidare er det nytta standardiserte verdiar frå NS 3031 (2011) for systemeffektfaktor og systemverknadsgrad for energiforsyning og midlare effekt for internlastar ved manglande opplysningar om faktiske forhold.

Det er òg ei lita uvisse i høve til kostnadsoverlaga. Eksempelvis er det henta inn prisar for solcellefirmaet REC i staden for SunPower, som simuleringane baserer seg på. Prisane frå REC var meir tilgjengeleg enn frå SunPower. Det er ikkje tatt omsyn til eventuelle kostnader for tilkopling til elektrisitetsnettet eller kostnader i høve til eventuell energikonsesjon. Kostnader for vindauge tilsvarar heller ikkje med den produktspesifikke løysinga som er i konseptane, Wicono vindauge, av tilsvarande grunn som for solceller. Vidare informasjon om uvisse knytt til investeringskostnad visast det til Wood (2012). I noverdiutrekningane er det for nokre tilfelle tatt utgangspunkt i levetida til eitt av deltiltaka til eit oppgraderingstiltak. Eksempelvis er det for ventilasjonsanlegget tatt utgangspunkt i levetida til varmegjenvinnaren, medan levetida for å reingjere kanalnettet, som også inngår i tiltaket på ventilasjonsanlegg, er mindre enn levetida til varmegjenvinnaren. Dei totale investeringskostnadene for konseptane er avrunda til næraste ti tusen, medan investeringskostnadene for dei ulike tiltaka er avrunda til næraste hundre.

### 3. Teori

I denne delen av rapporten er det lagt fram relevant teori om berekraft, plusshus, energieffektiv bygningskropp, energiforsyning og produksjon av straum. Det visast til prosjektoppgåva *Berekraftig oppgradering av yrkesbygg – med fokus på energieffektivisering* av Schmidt Overøye (2011) for meir informasjon om berekraft og energieffektivisering av bygg.

#### 3.1 Berekraft

Omgrepet berekraftig utvikling er den norske oversettinga av «sustainable development» som vart introdusert i 1987 av Brundtlandkommisjonen. Kommisjonen definerte berekraftig utvikling til å vere: «Berekraftig utvikling er ei utvikling som imøtekjem dagens behov utan å øydeleggje moglegheitene for at komande generasjonar skal få dekka sine behov.» (World Commission on Environment and Development, 1987)

##### 3.1.1 Kva inngår i omgrepet berekraft

Klimaendringar, tap av biologiske mangfald og stadig aukande press på jordas økosystem viser at det er behov for å fokusere på ei berekraftig utvikling og det har ført til at mange organisasjonar har sett fokus nettopp på dette og vidareutvikla omgrepet etter at det vart introdusert i 1987.

FN har oppnemnt ein eigen kommisjon for berekraftig utvikling, Commission on Sustainable Development (CSD), og denne kommisjonen er det globale forumet for berekraftig utvikling. Kommisjonen utvikla Johannesburg-erklæringa i 2002, der dei tar på seg eit kollektivt ansvar for å fremje og styrke pilarane for berekraftig utvikling. (United Nations, 2004). Det er i dag vanleg å nytte tre aspekt innanfor berekraft:

- Det økonomiske aspektet
- Det sosiale aspektet
- Det miljømessige aspektet

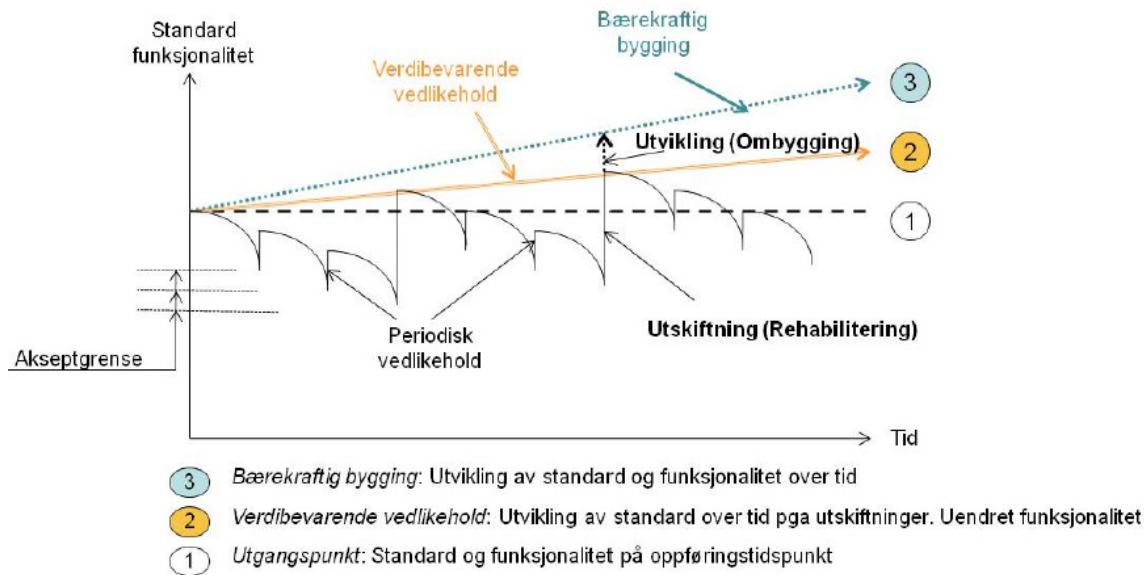
Det eksisterer ulike synspunkt på å måle berekraft. Fleire nasjonar har utvikla eigne indikatorsett, deriblant Noreg. Indikatorsettet blir nytta til å måle framgang mot måla regjeringa har sett for berekraftig utvikling. (Finansdepartementet, 2008)

##### 3.1.2 Politiske føringar

Berekraftig utvikling er først og fremst eit globalt mål, men for å lykkast med det må kvar nasjon fokusere på berekraft på nasjonalt nivå og legge politiske føringslinjer som sikrar berekraftig utvikling. Regjeringa i Noreg har som mål at Noreg skal vere eit føregangsland innan berekraftig utvikling, og har i Soria Moria-erklæringa lova ein ambisiøs politikk for å sikre dette. I Nasjonalbudsjettet (2008) er det utarbeida ein strategi for å oppnå dette, som gir retningslinjer for Regjeringa, kommunar, organisasjonar, bedrifter og den enkelte for å sikre berekraftig utvikling nasjonalt og globalt. Globalt samarbeid er essensielt og organisasjonar som EU, FN og WTO fremjar dette. (Finansdepartementet, 2008)

### 3.1.3 Berekraftkonsept innanfor bygg

Berekraftig bygging er bygningsteknologi og praksis som møter dei integrerte krava frå brukar og samfunnet gjennom levetida til bygget med mål om å oppnå forlenga total levetid av den enkelte bygning (Mørk et al., 2008). Figur 1 illustrerer kva som er meint med verdibevarande vedlikehold og berekraftig bygging. Berekraftig bygging er utvikling av standard og funksjonalitet over tid.



Figur 1 Definisjonar og omgrep sett i system (Bjørberg, 2010, referert i Evjenth et al., 2011)

Den Internasjonale Standardisering Organisasjonen (ISO) har utarbeidd fleire standardar innan berekraft. ISO formulerer berekraft innan bygg til å vere relatert til korleis eigenskapane til aktivitetar, produkt eller tenester brukt i bygg- og anleggsarbeid, eller sjølvne bruken av byggverket, bidrar til å oppretthalde komponentar og funksjonar til økosystemet for framtidige generasjonar. ISO 15392 (2008) påpeikar at det er meir formålstenleg å diskutere i kva grad det bygde miljøet og tilhøyrande element støttar og bidrar til berekraftig utvikling, i staden for å snakke om absolutte eigenskapar som «berekraftig bygging» og «berekraftig bygning». Vidare stadfestar standarden at berekraft innanfor byggverksemda må vurderast ut ifrå tre aspekt; økonomi, miljø og sosialt, samtidig som bygget ivaretek tekniske og funksjonelle krav. Desse aspekta avheng av kvarandre og ISO gir dei tre aspekta lik vekting. I ein reell situasjon må kvart aspekt vurderast på ein systematisk måte, og måleindikatorar for dei ulike aspekta må gjennomgå ei prioritering. Tabell 1 viser ulike element som kan nyttast innanfor dei tre aspekta for berekraftig utvikling for eksisterande bygningar.



**Tabell 1** Temaområde for berekraftig utvikling (Evjenth et al., 2011)

Aspekt	Eksempel
Økonomi	Livssyklus kostnader (LCC), tilbakebetalingstid, verdistigning, leigeinntekter, samfunnskostnader
Sosial	Innemiljø og helse (både fysisk og psykisk), estetikk, bevaring
Miljø	Energibruk, energikjelder, miljøfarlege stoff, miljøsanering, kjeldesortering

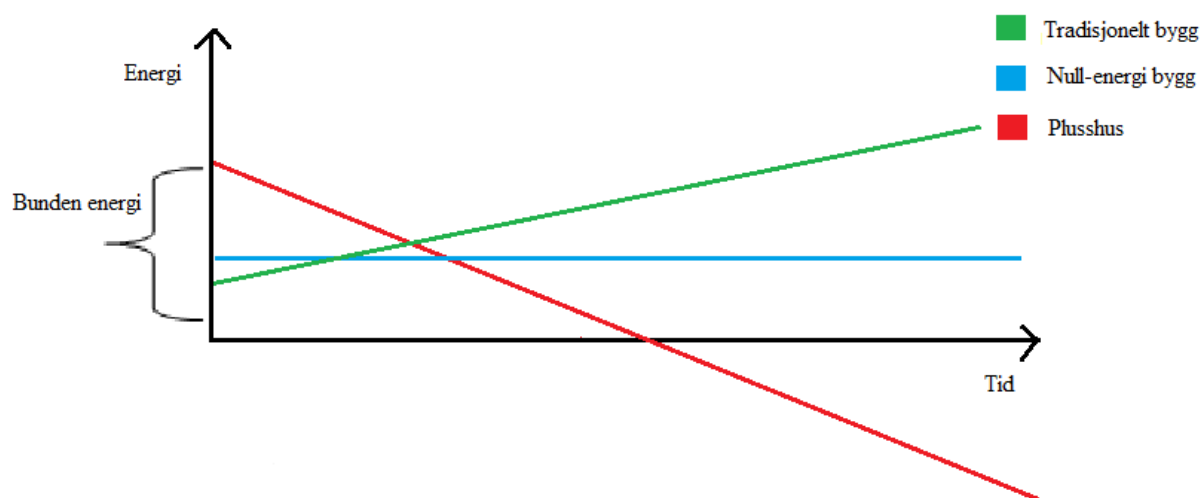
Det eksisterer ulike verkty for å vurdere miljøpåverknaden til byggverk, for eksempel LEED og BREAM. Dette er anerkjente miljømessige samanlikningsrammeverk innanfor byggebransjen med berekraft som mål.

### 3.2 Plusshus

Plusshus er bygningar som produserer energi og som namnet tilseier, bygget er på plussida i balansen mellom forbruk og produsert energi. Det finst ulike definisjonar på kva tidsperspektiv som skal verte brukt for å måle energiforbruket, anten berre for driftsfasa eller for heile livsløpet til bygget. For det sistnemnde betyr det at energi i samband med produksjon av byggmaterial, transport, riving og avhending av bygget er kalkulert med i energibudsjettet.

Det er heller ingen eintydig definisjon på kva bygget skal dekkje av energi i driftsfasa. Organisasjonen Powerhouse definerer at bygget i driftsfasa skal dekkje energibehovet slik bygget i seg sjølv fungerer, dette vil seie energi til ventilasjon, kjøling, oppvarming og belysning. Energiforbruket til sjølve brukaren, som til dømes straum til datamaskiner og kopimaskiner, skal ikkje vere med i energibudsjettet.

Nordby (2009) definerer plusshus ut ifrå eit livsløpsperspektiv: «Bygninger som gjennom driftsfasen genererer mer energi enn det som ble brukt til produksjon av byggevarer, oppføring, drift og avhending av bygget.» Dette vil seie at når bygget takast i bruk, er det negativt favør i energibalansen (Figur 2).



**Figur 2 Energibalanse for plussus, null-energi bygg og tradisjonelt bygg**

Figur 2 viser at det er meir bunden energi i plussus og null-energi bygg enn tradisjonelle bygg. Bunden energi vil seie energi som er brukt for å framskaffe eit produkt, i dette tilfelle sjølve bygget. Dette er energi i samband med produksjon av byggmateriale, transport av materiale til byggeplassen og sjølve oppføringa av bygget.

Når plussus er definert ut ifrå livsløpet, må bygget produsere meir energi enn bunden energi, drift og riving/avhending av bygget. Dette er illustrert med trekantane som blir danna av tidsaksen og plussusgrafene. Trekanten som ligger under tidsaksen vert større enn trekanten som ligg over. For null-energi bygg er det like mykje produsert energi som brukt i driftsfasa. For tradisjonelle bygg vil grafen berre stige.

For å få eit lågt bidrag til bunden energi er det viktig å vurdere og velje materiale som nyttar lite energi ved produksjon, men samtidig oppfyller andre kriterium som er stilt. For eksempel gir lette berekonstruksjonar mindre materiale for fundamentering, som er med på å redusere bunden energi.

Det er stor interesse for energieffektive bygg i Europa. I Noreg har truleg låge strømprisar og kaldt klima vore faktorar som har bremsa utviklinga av energieffektive bygg i samanlikning til andre land i Europa. Denne utviklinga er i ferd med å snu. Det er no aukande fokus på energieffektive bygg, bedrifter liker å profilere seg gjennom å stadig bygge meir miljøvenleg og myndigheitene stiller stadig strengare krav til energibehov i bygg.

### 3.2.1 Rehabilitering til plussus

Det er lite erfaring med bygg som har blitt rehabilitert til plussus foreløpig, dette inneber at det ikkje finst ein klar definisjon på kva det vil seie å rehabilitere til plussus. Eit vesentleg spørsmål er kva den produserte energien skal dekkje, for eksempel når det gjeld bunden energi. Skal

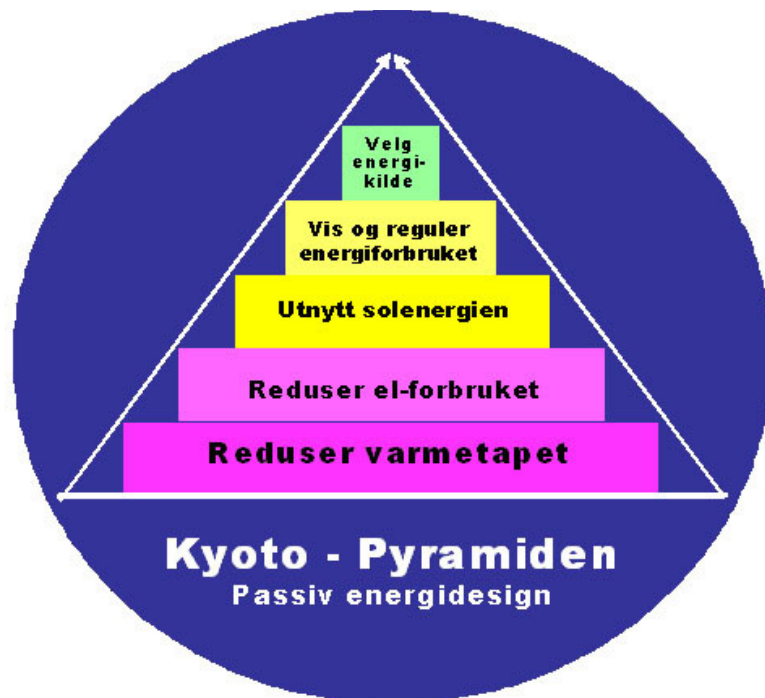
bunden energi bestå av bidrag frå både material tilført før og etter oppgradering? Vil det då vere mogleg at bygget produserer meir energi totalt i løpet av igjenverande levetid? Kor tid «levetida» for bygg som vert rehabilitert til plusshus skal starte, må definerast.

### 3.2.2 Strategi for plusshus

For å lykkast med å lage plusshus er det tre punkt som er essensielle:

1. Bygget må ha eit særst lågt energibehov
2. Bygget må produsere energi
3. Bygget må brukast og driftast «rett»

For å oppnå energieffektive bygg, er det nyttig å ta utgangspunkt i strategien passiv energidesign, som er illustrert av Kyoto-pyramiden, Figur 3. Denne pyramiden angir prioritering av tiltak for å redusere energibehov til ei bygning. Prioriteten av tiltak minkar trinnvis oppover i pyramiden. (passiv.no, 2011a)



Figur 3 Kyoto-pyramiden (passiv.no, 2011b)

Tiltaket med størst prioritet er å redusere varmetapet til bygningen. Det er då essensielt med ein godt isolert og lufttett bygningskropp. For bygg der ventilasjonsanlegg er aktuelt, er det viktig å gjenvinne varmen frå lufta ved å nytte ein varmegjenvinnar med høg verknadsgrad. Det tredje trinnet i pyramiden er å utnytte solenergi, både passivt og aktivt. Passivt ved å utforme og orientere bygget slik at varmebidraget frå sola vert minimert eller maksimert alt etter behov. Kontorbygg har ofte kjølebehov store delar av året grunna store internlastar, og det er dermed

viktig å ha effektiv solavskjerming (f.eks. persiener og vegetasjon). Solenergi kan utnyttast aktivt ved bruk av solfangar eller solcellepanel. (passiv.no, 2011a)

Korleis bygget skal produsere energi må vurderast ut ifrå lokalisasjon av bygningen og klima. Sjølv om bygget er prosjektert til å produsere meir energi enn det brukar, kjem det heilt an på brukaren om dette blir ein realitet. Det er viktig at brukaren er miljøbevisst og får opplæring i korleis bygget skal brukast og driftast for at bygget kan bli eit plusshus.

Det visast til kapittel 3.3-3.5 for meir utfyllande informasjon om energieffektiv bygningskropp og tekniske installasjonar, effektiv energiforsyning og straumproduksjon.

### 3.2.3 Oppførte plusshus

Det er fleire stader i verda det er bygd plusshus. I dette kapittelet vert det synt fram eksempel på både yrkesbygg og bustader som har blitt plusshus.

#### *Wicono testsenter i Bellenbergi Tyskland*

Hydro Building Systems merkevare Wicono har oppført eit testsenter i Bellenberg i Tyskland for å teste ut eigne byggløysingar og nye teknologiar (Figur 4). Bygget, som vart opna i juni 2009, har ein fasade som er sær energieffektiv og produserer energi ved å nytte jordvarmepumpe og solceller. Testsenteret produserer om lag fem gangar meir energi enn kva det brukar.

Overskotsenergien vert eksportert til det tyske el-nettet. (Strande, 2010)



**Figur 4 Wicono testsenter i Bellenberg (Strande, 2010)**

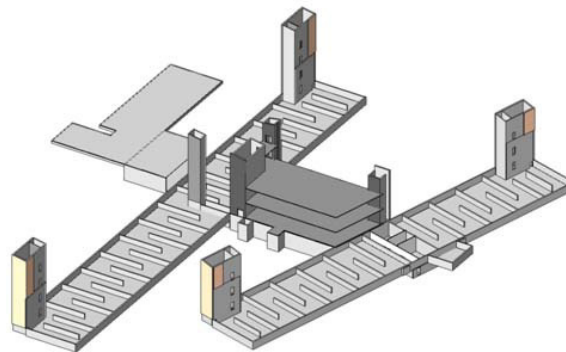
#### *Kontorbygget National renewable Energy Laboratory i Golden Colorado i USA*

Kontorbygget National renewable Energy Laboratory NREL i Golden Colorado i USA forsørgjar seg sjølv med energi gjennom å nytte solfangarar i fasaden og solcellepanel på taket (Figur 5). Bygget har eit sær lite energibehov. Dette ved bruk av naturleg ventilasjon, «termisk labyrint» for passiv nedkjøling og oppvarming og maksimal utnytting av dagslyset. (Glover, 2011)



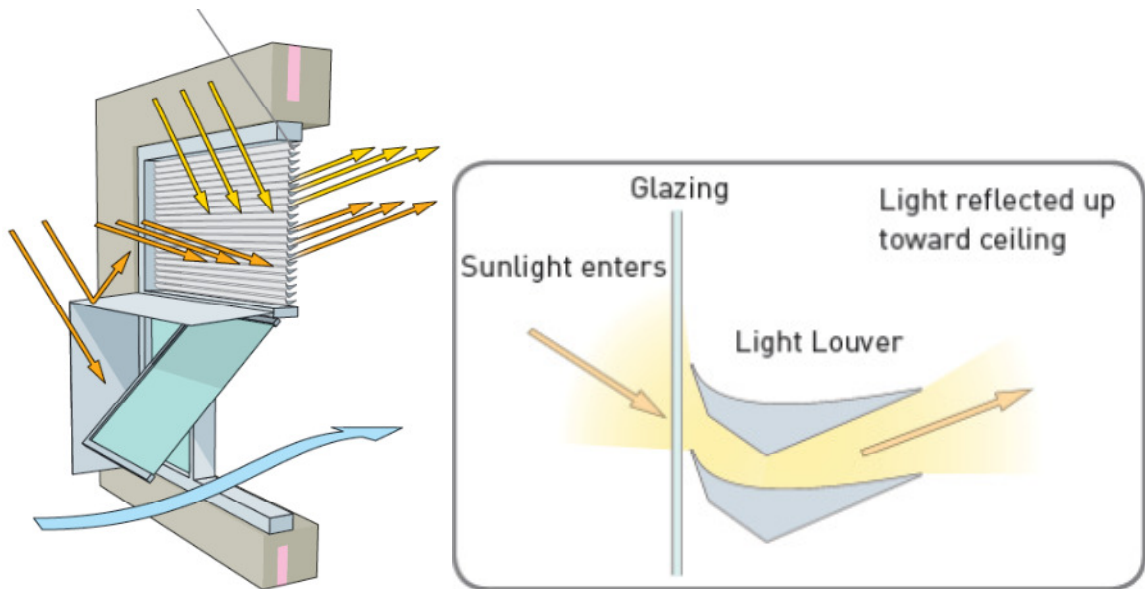
**Figur 5 National renewable Energy Laboratory i Golden Colorado i USA (Glover, 2011)**

Bygget har vindauge som kan opnast. Når det er behov for å opne vindauge, får dei tilsette ein beskjed på datamaskina si som fortel at dei bør opne vindauge. Nokon av vindauga er også automatisk styrte for å kunne opnast om natta for nattkjøling. Betongkonstruksjonane i kjellaren (Figur 6) fungerer som ein «termiske labyrint» som passivt kjølar ned og varmar opp bygningen. (Glover, 2011)



**Figur 6 Termisk labyrint (Glover, 2011)**

For å få optimal utnytting av dagslyset vil det via vindauga og innretningar som t.d. solhyller og lamellar på persienner verte spreidd inn i bygningen, sjå Figur 7 (Glover, 2011).



**Figur 7** Løysingar for å spreie dagslyset lenger inn i bygget (Glover, 2011)

#### *Rekkehus i Freiburg i Tyskland*

Tyskland er langt framme når det gjeld energieffektive bygg. Det var i Tyskland konseptet passivhus oppstod. I byen Freiburg er det oppført rekkehus som er plusshus (Figur 8).

Rekkehuset har ein godt isolert bygningskropp og eit ventilasjonssystem med varmegjenvinning i heile huset. Det oransje gjerdet (Figur 8) mellom vegen og rekkehuset skjermar bustaden for støy frå vegen og fangar opp solenergi. Det er også solcellepanel på heile hustaket. (Brunvoll, 2008)



**Figur 8** Plusshus i Freiburg i Tyskland (Brunvoll, 2008)

### *Bustaden Isobo Aktiv i Stavanger*

Noreg sitt første plusshus er ein bustad i Stavanger, Isobo Aktiv (Figur 9). Huset er klassifisert i energiklasse A++ og reknar med å levere 7 919 kWh energi per år. Huset er godt isolert og har solfangarar, varmepumpe, solcellepanel, jordvarme og balansert ventilasjonssystem. Dei åtte solfangarane som er integrert på taket dekkjer 50 prosent av varmtvassbehovet og 10 prosent av romoppvarminga. Varmepumpa(luft-til-luft) dekkjer 40 prosent av varmtvassbehovet og 85 prosent av romoppvarminga. Det er også nytta ein jordkolektor som samlar varme frå bakken under huset som er kopla til ventilasjonsanlegget for å halde ein jamnare temperatur innandørs, både på varme og kalde dagar. For å unngå overoppvarming i varme periodar er det nytta intelligente vindaug og solavskjerming. (Byggaktuelt, 2011)



**Figur 9 Plusshus i Stavanger (Byggaktuelt, 2011)**

### **3.2.4 Barrierar for plusshus i Noreg**

Det er finst ulike barrierar for å bygge plusshus i Noreg. I dette kapittelet er det valt å dele opp barrierane i seks ulike kategoriar.

#### *Økonomiske*

Straumprisane i Noreg er relativt billige samanlikna med andre land i Europa, grunna stor tilgang på vasskraft. Dette kan vere ei kvilepute for å ikkje å investere i meir energieffektive bygg, både når det gjeld bustader og yrkesbygg. Investeringskostnaden for passivhus og plusshus er større enn for tradisjonelle bygg. Dette kan vere eit hinder for mange, sjølv om i eit langsiktig perspektiv vil det vere lønsamt på grunn av reduserte straumutgifter eller kanskje til òg med energiinntekter. Å bygge plusshus krev meir materialkostnader i form av meir isolasjon og bindingsverk, energieffektive vindaug og komponentar i tekniske anlegg som varmegjenvinnar, styringskomponentar for lys og ventilasjon, samt utstyr som kan produsere energi.

For å møte dei økonomiske barrierane tilbyr Enova ulike stønadsordningar for dei som vil investere eller utbetre bygg til å vere meir energieffektivt, både for private og bedrifter. Denne

rapporten omhandlar kontorbygg, og rapporten tar dermed for seg om stønadsordningar for bedrifter.

Enova Næring tilbyr stønad til både utgreiing av passivhus for prosjekt i tidlegfase og investeringsstønad til fysiske tiltak for å oppnå passivhus eller lågenergibygg, både for nybygg og omfattande rehabiliteringsprosjekt. Det eksisterer også stønadsordning for fysiske tiltak som reduserer energibruken for eksisterande bygningsmasse og anlegg, der energireduksjonsmålet må minimum vere 10 %. *Program for fjernvarme nyetablering* tilbyr stønadsordning for dei som vil etablere ny infrastruktur for fjernvarme, fjernkjøling og tilhøyrande fornybar energiproduksjon. (Enova Næring, 2012)

### *Klimatiske*

I Noreg er det store klimatiske variasjonar mellom nord og sør, innland og kyst. Plusshus må bli prosjektert ut frå gitte forhold og tilgjengeleg ressursar som sol, vind, hav, jordvarme og temperaturforhold. Detaljprosjektering er kostbart. Etter kvart når/dersom plusshus blir meir vanleg er det høgaktuelt å bruke erfaringar frå prosjekt med like forhold og føresetnader for å reduserer kostnadene til prosjektering og utprøving av løysingar.

Noreg har eit kaldt klima samanlikna med andre land lenger sør i Europa. Dette fører til at bygningar i Noreg generelt har eit større oppvarmingsbehov. Solforhold i Noreg er også mindre gunstig for å utnytte solenergi, det er færre soltimar i Noreg enn lenger sør i Europa. Ny forskning og teknologi fører til at solcellepanel og solfangarar vert stadig betre og meir aktuelle å bruke for dei solforholda som er i Noreg.

### *Byggenæringa*

I 2010 var det 193 145 tilsette personar i bygge- og anleggverksemd i Noreg, fordelt på 49 041 føretak (Statistisk sentralbyrå, 2012). Dette vil seie at det er eit snitt på fire personar per føretak. Det kan vere ei stor utfordring å spreie kunnskap til ei stor næring som er samansett av små føretak. Det er vanskeleg for små føretak å la dei tilsette delta på kurs, sidan det kan medføre at verksemda stoppar opp. Det vil ta lang tid før ny kunnskap og metodar vert implementert i heile byggenæringa.

Det er òg mangel på eigna og gode nok byggmaterial for å bygge plusshus (Nordby, 2009). For å tilfredsstillere krav til passivhus, må vindauga ha ein total U-verdi som er under  $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ . I Noreg er det berre vindauge produsert av NorDan som oppfyller dette. Til samanlikning er det heile førti vindaugsprodusentar i Tyskland og Austerrike som tilfredsstillere passivhuskravet. (Forbrukerrådet, 2010)

Tilgang på bygningsintegreerte solcellepanel og vindturbinar er òg liten. Norske leverandørar av små vindturbinar og solcellepanel har satsa på produkt til hyttesystem som ikkje skal vere koplta til straumnett. (Nordby, 2009)



Ei anna mogleg barriere for at det ikkje vert bygd meir energieffektive bygg og bygg med egne energiløysingar, er at bygningar ofte blir bygd av andre enn sjølve brukaren av bygget. Det fører til at den som må ta dei auka investeringskostnader for energieffektive løysingar og energiproduksjon ikkje er den same som får reduserte energiutgifter eller til òg med energiinntekter. (Nordby, 2009)

#### *Levering til nettet*

For å levere straum til nettet er det som oftast nødvendig å ha energikonsesjon. Det finst tiltak som ikkje er konsesjonspliktig. Desse må avklare med kommunen om tiltaket treng dispensasjon frå arealplan og/eller treng byggeløyve. NVE anbefalar at kraftverk over 1 000 kW søker om konsesjon med ein gong, utan å få ei vurdering av konsesjonsplikta då desse vanlegvis vil vere konsesjonspliktige. (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2009). Saksbehandlingstida for energikonsesjon kan vere lang.

Ein anna barriere for å levere på nettet kan vere at på stader med vanskelege nettforhold kan plussheigaren bli pålagt til å betale heile eller delar av kostnaden ved leidningsoppgradering eller anna nødvendig utbygging (Nordby, 2009). Ordninga grøne sertifikat gjer det lettare og meir økonomisk å få kraftprodusentar som produserer fornybar kraft til å levere på straumnettet. Meir om dette i avsnittet under.

#### *Politiske*

Det er viktig at myndighetene er aktivt med og stiller krav til energibehovet i bygningar. Dette er eit av dei viktigaste verkemidla for at det vert bygd energieffektive bygg, og det er dermed viktig at det blir sett ambisiøse mål. Til samanlikning har EU lansert eit forslag om at alle bygg som vert oppført frå 2019 skal produsere meir fornybar energi enn det forbrukar (EurActiv.com, 2009), medan Noreg vurderer å innføre krav om passivhus i 2020. Noreg ligg etter.

Den tyske lova *Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG)*, på norsk; Lov om å fremme fornybar energi, har vore avgjerande for den positive utviklinga av marknaden for fornybar kraft i Tyskland. Lova fastslår at produksjonsanlegg for fornybar kraft har både rett til og er førsteprioritert til å bli kopla til straumnettet. Vidare har fornybar kraft garantert innmatingstariffer i 20 år, der desse tariffane skal bli finansiert av sluttbrukarane. (Fornybar.no, 2012c)

1.1.2012 trådde ordninga grøne sertifikat i kraft i Noreg. Grøne elsertifikat er eit marknadsbasert verkemiddel med mål om å stimulere til auka investeringar i ny fornybar kraftkapasitet. I dette systemet fastslår myndigheita kor mykje ny fornybar kraftkapasitet skal byggast ut over ein bestemt periode, og pålegg straumkundar å kjøpe ei tilsvarande mengde grøne sertifikat. Ved denne ordninga får produsentane av fornybar energi grøne sertifikat for den godkjente mengda fornybar elektrisitet dei produserer. Desse sertifikatata kjøper straumleverandørar og sel vidare til forbrukaren. Dermed får produsentane inntekt både frå den vanlege straumprisen og avgifta til forbrukaren for grøne sertifikat. Prisen på desse sertifikatata er bestemt av marknaden. Dersom det produserast mykje fornybar kraft vil prisen bli låg, men dersom det vert for lite utbygging i høve

dei politiske målsettingane, vil etterspørselen bli større enn sjølve tilbodet som vil føre til auka pris, ergo blir det meir lønsamt å investere i fornybar elektrisitetsproduksjon. (Fornybar.no, 2012b)

### *Marknaden*

Ei barriere for at det ikkje blir bygd plussbus i Noreg er manglande etterspørsel. Marknaden er styrt av tilbod og etterspørsel. Vert ikkje plussbus etterspurd, vert det heller ikkje bygd. Mange i Noreg er ikkje klar over kva termane «passivhus» og «plussbus» vil seie. For å auke interessa for plussbus er det viktig å informere og spreie kunnskap, og vise at det er lønsamt i det lange løp å investere i energieffektive tiltak. Eit anna tiltak for å auke etterspørselen er pålagte krav frå staten, omtala i avsnittet over.

## **3.3 Energieffektiv bygningskropp og tekniske installasjonar**

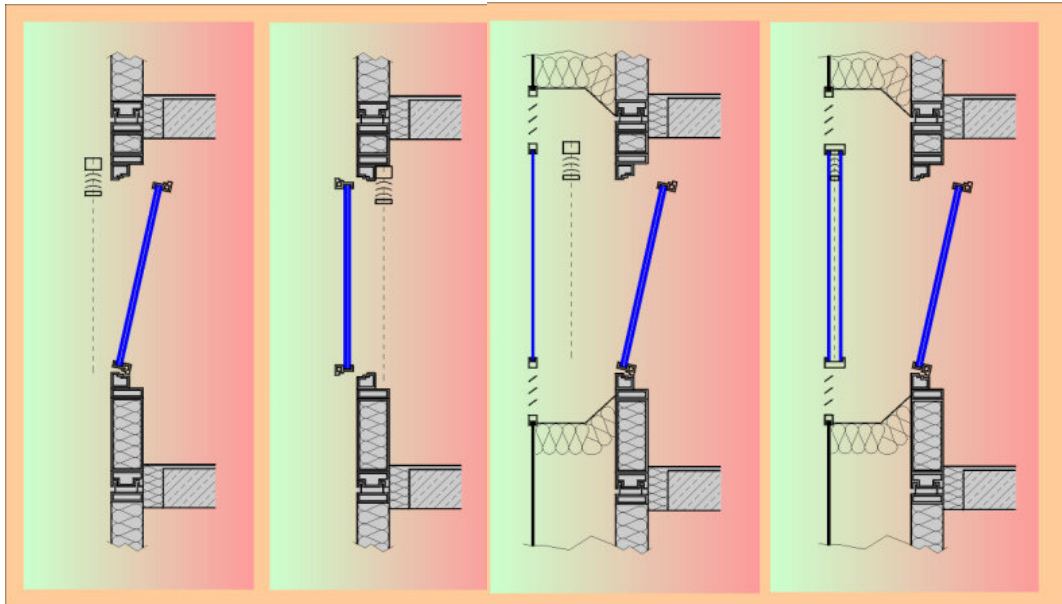
### **3.3.1 Fasade**

For at bygningar skal oppnå eit lågt energibehov, er det viktig at ytre påkjenningar, som varme og kulde, ikkje påverkar bygget i negativ favør, men at dette kan nyttast på ein gunstig måte. Fasade er eit særskilt viktig element for å få ein energieffektiv bygningskropp. Uisolerte glasfasadar er eit klassisk eksempel på ein lite energieffektiv fasade for yrkesbygg. På sommaren når sola steiker, vert det særskilt varmt inne i bygget og det er behov for kjøling. Vinterstid vil det ofte vere oppvarmingsbehov, grunna dårlege varmeisolerande eigenskapar for glas. Vidare i dette kapitlet vil det bli greia ut dobbelfasadar og intelligente fasadar.

### *Dobbelfasade*

Dobbelfasade er fasadeløysing som består av to lag som er avskilt frå kvarandre med eit ventilert luftholrom. Det ventilerte holromet fungerer som ein termisk buffer ved å redusere uønska varmegevinst i løpet av kjølesesongen, varmetap i fyringssesongen og termisk ubehag på grunn av asymmetrisk stråling. (Jiru et al., 2011). Det inste fasadelaget er ofte ein varmeisolert fasade, medan det yste laget består av eitt uisolert lag av glas, gjerne optisk kvit. Optisk kvit er ein glastype der jernoksidet er fjerna for å unngå grønskjær og for å få klare glas. Det er også vanleg å ikkje nytte belegg på glaset for å kunne utnytte dagslys mest mogleg. (Aasen, 2012)

Figur 10 viser samanlikning av ulike glasfasadar, både enkeltfasadar (til venstre) og dobbelfasade (til høgre). Lengst til venstre er det ein enkeltfasade med sving og vipp vindauge, deretter vindauge som er parallelle og har opning utover. Skilnaden på dobbelfasadane er at skissa lengst til høgre har utvendig isolerande glas. For begge eksempel på dobbelfasade er det ventilert både i topp og botn for kvar etasjehøgde.



Figur 10 Skisse av løysingar av enkelthasade (til venstre) og dobbelfasade (til høgre) (Jager, 2010)

Dobbelfasade kan vere aktuelt for oppgradering der eksisterande fasade skal behaldast. Dette vil gi ei forbetring av U-verdi til yttervegg samtidig som verksemda inne i bygget kan gå forholdsvis normalt. I oppgraderingar der det skal byggjast ny yttervegg, er det lite aktuelt å bruke dobbelfasade der begge fasadelaga består av glas. Ein slik dobbelfasade vil ikkje tilfredsstille krav til U-verdi yttervegg i pr NS 3701. Dobbelfasade krev òg meir material enn enkelthasadar og ergo meir kostbart.

#### *Intelligent fasade*

Intelligente fasadar er fasadeløysingar som integrerer alle delar for teknikk i fasaden. Dette kan innebere både ventilasjon, oppvarming, kjøling, belysning, solskjerming og energiforsyning. Fasaden kan reagere på endringar i utvendige og innvendige forhold som lys og temperatur, og tilpasse seg desse forholda for energieffektiv optimering. Integrerte solceller i fasaden kan forsyne fasadekomponentane med elektrisitet og bidra til energiforsyning til resten av bygget. Eit eksempel på eit slik intelligent fasade er fasadeløysinga til Hydro, TEemotion (Figur 11). TEemotion er eit modulert konsept, kor dei enkelte fasadeelementa kan settast saman og installerast ein etter ein. Fasadeløysinga kan brukast både til nybygg og rehabiliteringsprosjekt. TEemotion er gunstig å bruke ved slanke bygg, grunna fordeling av ventilasjonsluft.



**Figur 11 Hydro fasadeløsning TEmotion, intelligent fasade (Wicona, 2012)**

### 3.3.2 Vindaug og dører

Vindaug og dører har vesentleg lågare varmeisolerande evne enn den resterande bygningskroppen. Til samanlikning er minstekravet for U-verdi til vindaug og dører  $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$  i høyringsutkastet til passivhusstandarden for yrkesbygg, medan minstekravet for U-verdi yttervegg er  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$  (pr NS 3701, 2011).

Dei mest brukte energieffektive vindauga på marknaden i dag er 3-lags vindaug med lågemisjonsbelegg og som er fylt med krypton eller argongass. Eit lågemisjonsbelegg (LE-belegg) blir påført vindaug for å oppnå ein lågare U-verdi. Sekundærverknaden av LE-belegg er effekten den har på solfaktoren til vindaug. Solfaktoren fortel kor mykje av strålingseffekten frå solinnfallet mot vindaug som slepp gjennom til innsida, og har ein verdi mellom 0 og 1. Ulik plassering av LE-belegget fører til auka eller redusert solfaktor. Ved plassering av belegget på innsida av innvendig glas, aukar varmebidraget grunna strålingseffekten til sola vert absorbert i LE-belegget (høg solfaktor). Varmebidraget frå solinnstråling vert redusert dersom LE-belegget vert plassert på innsida av utvendig glas, sidan meir av solenergien vil då bli reflektert. For å ytterleg redusere varmebidraget frå sola, kan LE-belegget leggest på utsida av det utvendige glaset, eller på begge sider av utvendig glas. Dette er ideelt for kontorbygg som ofte har eit stort kjølebehov. Det kan også nyttast farga glas for å oppnå same effekt. Et anna verkemiddel for å redusere varmebidraget frå solinnstråling på vindaug er skjerming, i form av persienner, vegetasjon og fasade utspring.

### 3.3.3 Infiltrasjonstap

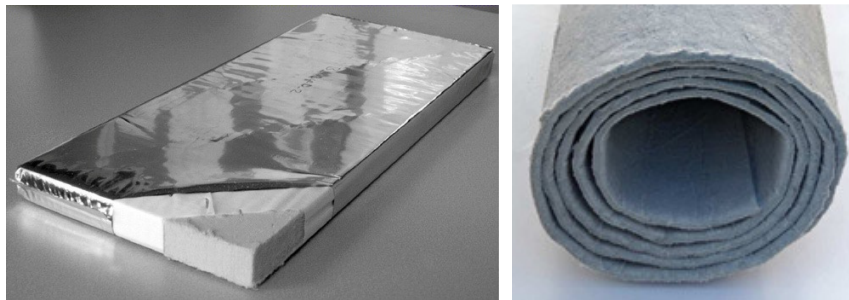
Tettleiken til bygningen avheng av konstruksjonstype, konstruksjonsdetaljar, materialbruk og utføring. Luftlekkasjar gir større oppvarmingskostnader og kan gi trekk- og komfortproblem. Dess meir varmeisolert bygningen er, dess større blir den relative verdien av luftlekkasjar for energiøkonomien til bygningen. (Novakovic et al., 2007)

Det er essensielt at ytterkonstruksjonen har lufttette sjikt både innvendig og utvendig for å avgrense problem med konveksjon i varmeisolasjonen, fuktskadar, infiltrasjonsvarmetap og trekk. Novakovic et al. (2007) anbefaler å undersøkje om luftlekkasjar kan oppstå følgjande stader:

- Ved overgangane golv/vegg og golv/tak
- Ved overgangar mellom forskjellige material -/konstruksjonstypar
- Ved overgang mellom hovudberekonstruksjon og isolasjonssjikt
- Omkring vindaug og dører
- Mellom ramme og karm i vindaug og dører
- Ved utsparingar eller gjennomføringar for piper, kanalar, røyr og liknande

### 3.3.4 Isolasjon

I dagens bygningar er det vanleg å nytte mineralull som isolasjonsmaterial, som har varmekonduktivitet mellom 0,030-0,040 W/mK. For å oppfylle minstekravet for U-verdien til ytterveggar for passivbygg, er det nødvendig med om lag 300 mm mineralull. Dette er plasskrevjande og det vert utvikla stadig nye isolasjonsmaterial som har betre varmeisolerande evne. VIP- Vacuum Insulation Panels (Figur 12) har ein varmekonduktivitet på 0,004 W/mK når den er heilt ny og 0,020 W/mK når den er perforert. VIP er framleis veldig dyr å produsere, lite formbar på byggeplass og lett å perforere med skrue eller spikar, dette resulterer i at det er lite brukt i bygningar per i dag. Isolasjonsmaterialet aerogel-matter (Figur 12), som består av luftfylte silica-kuler i nanostorleik, er òg eit nytt produkt på marknaden. Aerogel-matter har ein varmekonduktivitet på 0,019 W/mK, men kan utviklast ned mot 0,014 W/mK. Også aerogel-matter vil vere mykje meir kostbart enn tradisjonell isolasjon.



Figur 12 Vakuumpanel til venstre (International Starch Institute, 2012) og aerogelmatte til høgre (TCnano Norge, 2012)

I framtida vert det kanskje nytta kombinasjonsløysingar, kor hovudprodukta vil vere glasull og steinull, og aerogelmatter og kanskje også forbetra vakuumpanela vil bli brukt på stader kor kuldebruer lett kan oppstå, rundt røyr og i himling kor takhøgda ikkje kan senkast noko særleg.

Det er også grunn til å tru at prisen på desse nye isolasjonsmateriala vil gå ned etter kvart som produksjonsprosessane vert forbetra og voluma går opp.

### **3.3.5 Ventilasjon**

Det er viktig å sørge for god ventilasjon i yrkesbygg. Dårlig ventilasjon kan føre til lukt, fuktproblem, helseplagar, ineffektive arbeidarar og auka risiko for å utvikle allergi og astma. Lågt luftskifte og trekkproblem er typiske manglar ved eksisterande ventilasjonsanlegg. Det er særleg aktuelt å forbetre ventilasjonsanlegg i yrkesbygg. (Geving og Thue, 2002)

Energibruken til ventilasjonsanlegg utgjør ein vesentleg del av det totale energiforbruket i bygningar, og det er dermed viktig å sørge for eit velfungerande anlegg som tilfredsstillar krav til eit godt innklima, samtidig som det er energi- og kostnadseffektivt. I følgje Wigenstad (2011) er gjennomsnittleg heile 40 % av det totale netto energibehovet i kontorbygg relatert til ventilasjon.

I Noreg er det strenge krav for ventilering av bygg samanlikna med andre land i Europa. Ein kombinasjon av naturleg og mekanisk ventilasjon; hybrid ventilasjon, kan vere ei særskild aktuell løysing for å minimere energibruken i samband med ventilasjon. Luftkvaliteten i Noreg er generelt god, men der forureiningskonsentrasjonen kan vere høgare, som i bykjernar, må det vurderast om naturleg ventilasjon er aktuelt. Det visast til WindowMaster (2012) for meir informasjon om hybrid ventilasjon.

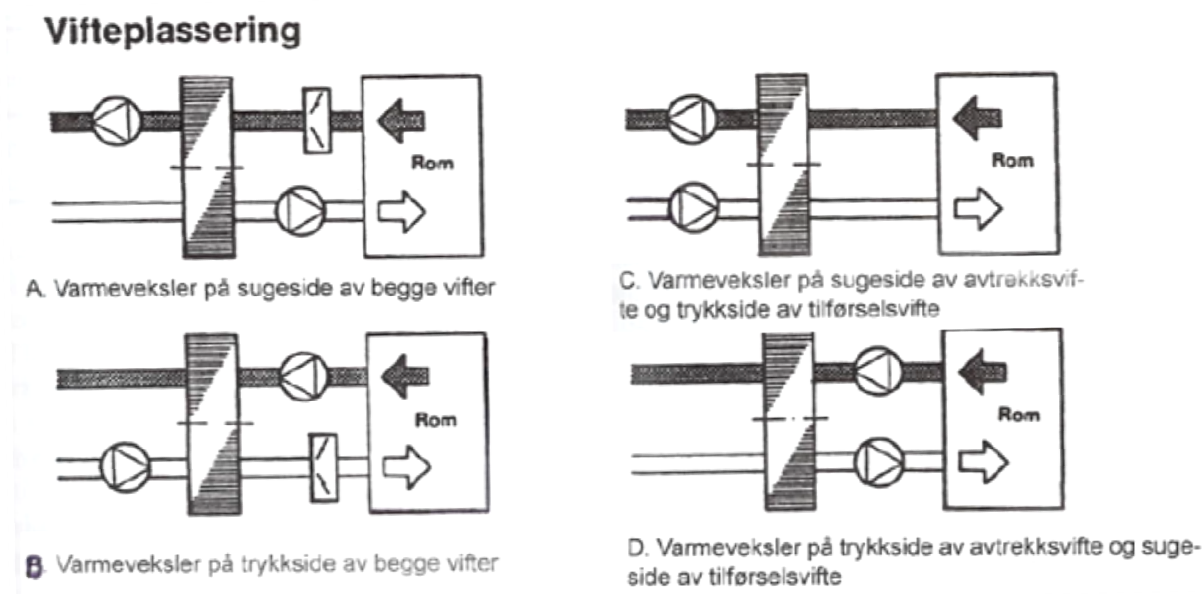
#### *Varmegjenvinnar og kjølebatteri*

Ein varmegjenvinnar overfører varmen i avtrekkslufta til tillufta og reduserer dermed energibehovet til oppvarming. Varmegjenvinnarar kan delast inn i to hovudtypar etter korleis varmen vert overført; regenerative (sykliske) og rekuperative (statiske) (Byggdetaljblad 552.340, 2002). Val av varmegjenvinnar må vurderast frå gitt situasjon. For kontorbygg er det ofte aktuelt å montere eit kjølebatteri i ventilasjonsanlegget for å handtere overskotsvarme.

#### *Plassering av vifter*

Plassering av vifter i forhold til varmegjenvinnar verkar inn på effektiviteten til varmegjenvinnaren. Ved å plassere avtrekksvifta framføre varmevekslaren, vert også varmen frå avtrekksvifta med motor gjenvunne, og lønsemda vert større (Byggdetaljblad 552.340, 2002). Plassering av vifter har òg mykje å seie for lekkasjar frå avtrekksida til tilluftsida ved bruk av roterande varmegjenvinnar. Ved luftlekkasjar kan det førekome luktoverføring og overføring av helseskadelege stoff.

Det finst prinsipielt fire ulike måtar å plassere vifter i forhold til varmevekslar (Figur 13).



**Figur 13 Vifteplassering i ventilasjonsanlegg (Novakovic et al., 2007)**

Plassering A, der varmevekslaren er plassert på sugesida for begge vifter, vil vere den gunstigaste plasseringa for å regulere lekkasjen «rett veg». Ved denne plasseringa kan derimot ikkje varmen frå avtrekksvifta med motor verte gjenvunne. Vifteplassering C vil eliminere risikoen for at avtrekkslufta kjem over i tilførselslufta, sidan tilførselslufta står i overtrykk i høve til avtrekkslufta før varmevekslaren. Plassering B og D har avtrekksvifta før varmegjenvinnaren, og det kan vere vanskeleg eller umogleg å oppnå rett trykkløysing. Denne løysinga kan berre nyttast der resirkulasjon er tillate. (Novakovic et al., 2007). For kontorbygg kan det forventast at det er tillate med resirkulasjon og kan dermed nytte avtrekksvifte framføre varmegjenvinnar for å gjenvinne mest mogleg varme. For sjukehus og storkjøkken er dette ikkje aktuelt, grunna smittefare og lukt.

#### *Styring av ventilasjon*

Å nytte ventilasjon der luftmengda blir regulert etter behov, kan føre til store energigevinstar. Formålet med dette er å redusere tilførselen av friskluft, samtidig som kravet til godt inneklimate blir oppretthalde. Det kan nyttast tidsstyring eller registrering av rørsle. Mengda av tilluft kan regulerast av CO<sub>2</sub> konsentrasjon, relativ luftfuktigheit og innnetemperaturen. Sensorane som måler dette sender signal til vifteaggregatet som regulerer luftmengda. (Byggdetaljblad 222.230, 2000)

Dersom det vert nytta tidsstyring der ventilasjonsanlegget blir stengt om natta, bør det tidlegast stengast ein time etter brukstid og startast minst ein time før brukstid. Ideelt sett bør anlegget gå på minimumsnivå gjennom natta for å redusere faren for bakterievekst, frostproblem og driftsslitasje på komponentar i anlegget. (Byggdetaljblad 421.503, 1999)

#### *Retningslinjer for forbetring av eksisterande ventilasjonsanlegg*

Geving og Thue (2002) anbefaler at følgjande moment må leggast vekt på ved utbetring av eksisterande ventilasjonsanlegg:

- Eit konsentrert anlegg med korte kanalstrekk reduserer installasjonskostnadene. Eksisterande avtrekkskanalar kan ofte brukast om att i eit nytt anlegg.
- Anlegget bør ha ei form for behovsstyring, med forsering av luftmengda og /eller med omdirigering av utelufttilførselen mellom romma.
- Inntaks- og avkastopningane må vere utforma slik at dei hindrar at vatnet trenger gjennom.
- Både tillufts- og avtrekkskanal skal vere varmeisolert når dei vert ført gjennom kalde rom. Isolasjonen leggast på utsida av kanalveggen. Når uoppvarma luft føres gjennom eit varmt rom, bør isolasjonen ha ei utvendig fuktspærre for å hindre kondens.
- Vifteaggregatet bør helst plasserast i eit isolert og lett tilgjengeleg rom.

Vidare er utforming av vifteutløp, riktig komponentval langs den kanalvegen som har høgast trykkfall, optimal vifte- og motorval og reine føringar viktige faktorar for energieffektive ventilasjonsanlegg (Byggdetaljblad 552.335, 2000).

Det er viktig å presisere at det er viktig med eit kompetent driftspersonell som kan handtere ventilasjonsanlegget for å få ei optimal drift av anlegget.

### **3.3.6 Oppvarmingssystem**

Oppvarmingsbehovet for kontorbygg som skal tilfredsstille passivhusstandarden er lite, men der vil framleis vere eit lite behov som må dekkjast.

Oppvarming av kontorbygg skjer i dag med direkte elektrisk oppvarming og sentrale varmesystem. Sentrale varmesystem genererer varme sentralt og transporterer varmen ved eit varmeberande medium, anten luft eller vatn. Vatn er det dominerande mediet i sentrale varmeanlegg, grunna betre transportevne enn luft. Direkte elektrisitet bør ikkje verte nytta til oppvarming, sidan elektrisitet er ei høgverdig energiform som heller bør nyttast til andre føremål.

#### *Vassboren varme*

Hovudkomponentane i eit varmtvatn sentralvarmeanlegg er varmegenerator, distribusjonsnett og varmeavgivarar. Vatnet sirkulerer rundt ved hjelp av ei pumpe. Tidlegare nytta ein



sjølv-sirkulerande anlegg, som berre nytta drivkrafta som oppstod på grunn av nivå-skilnad mellom varmeavgivar og varmegenerator. Fordelane ved å nytte pumpe er friare utforming av røyrføring, mindre røyrdimensjonar, betre regulering og kortare oppvarmingstid. (Novakovic et al., 2007)

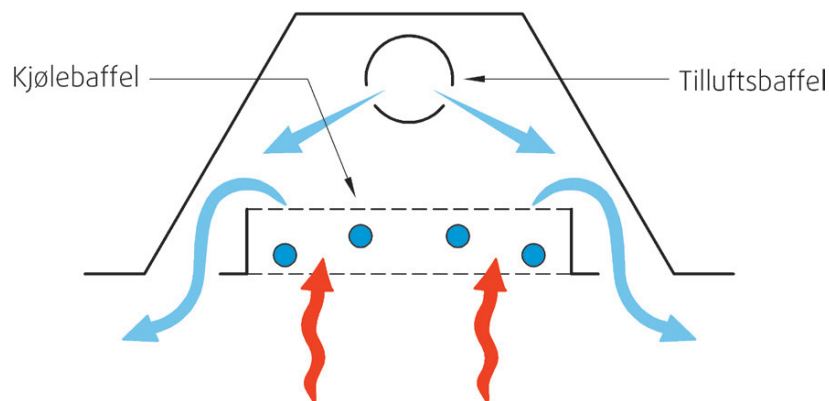
Varmegeneratorar for miljøvennlege bygg kan vere varmpumpe og solvarmeanlegg. Olje- og elektrokjel er ikkje aktuelle grunna ønskje om å nytte fornybare energikjelder, samt å nytte energi med lågare energiform enn elektrisitet til oppvarmingsformål. Viss det vert nytta fjernvarmeforsyning, vert det brukt ei løysing med varmevekslerar i staden for varmegenerator. Meir om energiforsyning i kapittel 3.4.

Radiator, konvektor og tak- og golvvarmeanlegg kan brukast som varmeavgivar. Ved val av varmeavgivar må fleire faktorar vurderast. Varmeavgivarar bør ha tilstrekkeleg kapasitet, vere termisk raske, ikkje generere støy, vere hygieniske, lette å regulere, estetisk fine og billige. Ein radiator er eksempelvis termisk rask, medan golvvarme kan vere termisk treig på grunn av stor termisk masse. Konvektorar er særst plasseringsvennlige. Dei kan byggast inn i kasser, eller fellast ned i golv for mest diskret oppvarming.

### **3.3.7 Kjølesystem**

I følgje Byggedetaljblad 222.230 (2000) går om lag 20-30 % av det totale energibehovet i typiske kontorbygg til kjøling. For å redusere kjølebehovet er det viktig med effektiv solskjerming, tung bygningskropp som akkumulerer varmen, samt teknisk utstyr og belysning som genererer lite spillvarme. For bygg som nyttar både oppvarmings- og kjøleanlegg er det essensielt at desse ikkje er i drift samtidig og motverkar kvarandre.

Frikjøling med luft er ei særst forenkla kjøleløyning. Dette kan vere nattkjøling av bygget ved å opne luker eller vindauger, anten manuelt eller gjennom eit automatisk styringssystem. I følgje Byggedetaljblad 552.350 (2010) bør vanlege kontorlokale oppnå termisk komfort ved å nytte ventilasjonsanlegg, utan bruk av lokal kjøling. For bygg med store kjølebehov er det særst aktuelt å nytte lokale vassbaserte kjølesystem, sidan dei generelt er meir effektive enn sentral luftbasert kjøling via ventilasjonsanlegget (Byggedetaljblad 222.230, 2000). Dei vanlegaste systemtypene for vassboren lokal kjøling er kjølehimlingar, kjølekonvektorar utan tilluft og kjølebaflar med tilluft (Figur 14) (Byggedetaljblad 552.350, 2010).



Figur 14 Kjølebaffel med tilluft (Byggedetaljblad 552.350, 2010)

Ei reversert varmepumpe (kjølemaskin) kan produsere kjøling. Kjølemaskina kjøler ned vatnet i eit lukka vassborne system. Dette vassborne systemet vert gjerne kalla eit isvasssystem, som sirkulerer nedkjølt vatn til kjølebatteria og lokale kjøleeiningar som fancoils og kjøletak. Der sjøvatt, brakkvatt eller elvevatt er tilgjengeleg kan dette nyttast til å direkte kjøle ned bygget, ved eit lokka vassborne sirkulasjonssystem. Eit slikt system krev berre elektrisk energi til sirkulasjon av vatn, og har dermed ein høg kjølefaktor. Om sommaren, når kjølebehovet er størst, er temperaturen på sjø-, brakk- og elvevatt ofte for høg, og dermed må det som oftast også vere installert ei kjølemaskin i tillegg for å sørge for ein tilstrekkeleg låg temperatur. (Thyholt et al., 2001)

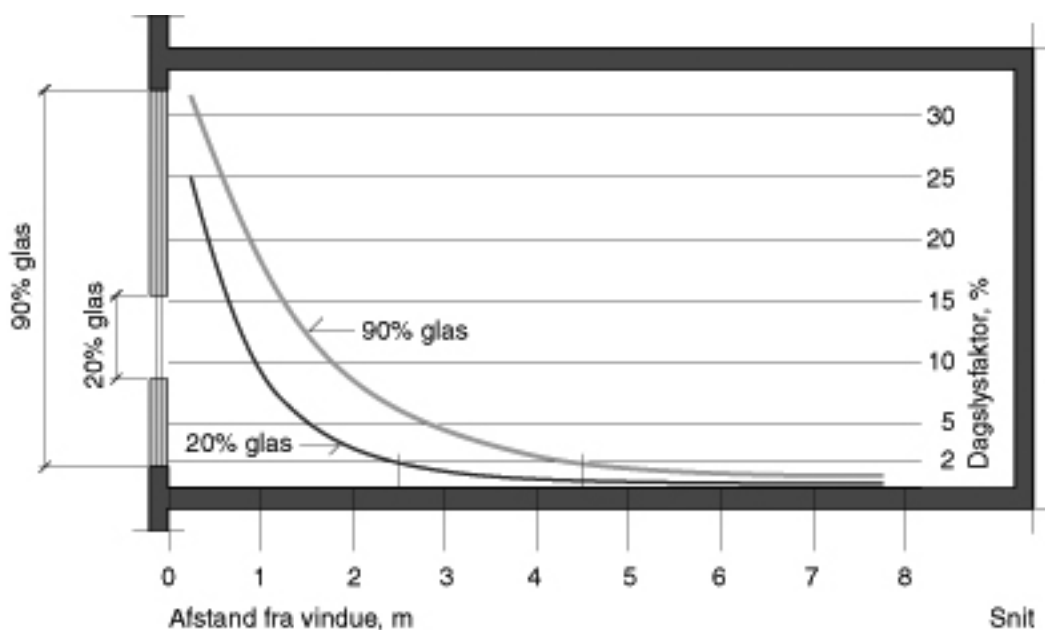
### 3.3.8 Lys og belysning

Energi til belysning kan utgjere ein stor del av det totale energiforbruket til ei bygning. I følgje Byggedetaljblad 222.230 (2000) kan heile 30-60 % gå med til dette. Det er viktig å ha energieffektiv belysning, utnytte dagslyset maksimalt, samt å nytte formålstenlege styringssystem. Samtidig skal gode lysforhold for brukaren bli ivarett.

#### *Bruk av dagslys*

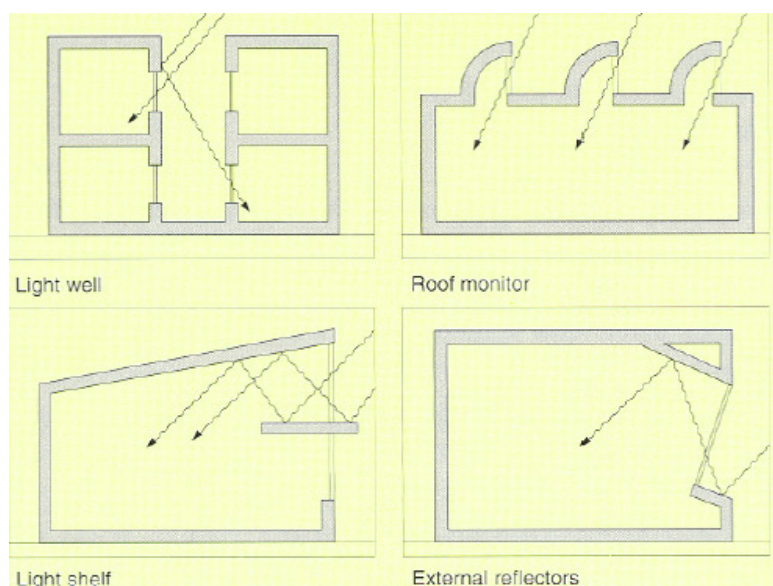
Det er i dag blitt meir fokus på å utnytte dagslyset på best mogleg måte for å redusere behov for belysning. Ein annan fordel ved bruk av dagslys er at dagslys har god fargegjengivelse og høgt lysutbytte. utfordringar ved bruk av dagslys er at det er vanskeleg å spreie lyset langt inn i bygget, samtidig som det er ei ustabil lyskjelde som avheng av skydekke, døgn og årstid.

Figur 15 viser korleis dagslysfaktoren minkar når avstanden frå vindauga stiger. Dagslysfaktoren er lik dagslysbelysningsstyrken frå ein heilt overskya himmel i eit punkt innandørs gitt i prosent av den samtidige belysningsstyrken på ein uskjerma horisontal overflate utandørs. (Thue, 2011). Dess høgare vindauga er, dess meir dagslys slepp inn og når lenger inn i rommet. 90 % glas betyr at 90 % av fasaden består av glas.



Figur 15 Dagslysfaktor i rom som funksjon av andel glasareal og avstand frå vindaug (Christoffersen, 2005)

Utforminga på bygget har mykje å seie for tilgang på dagslys. For rehabilitering er bygningsforma ofte gitt. For å spreie lyset inn i rommet er det viktig å vurdere transmisjonsegenskapar til vindaug, samt plassering og ulike innretningar som kan fordele lyset lenger inn i rommet. Figuren 16 syner ulike utformingar og innretningar for å utnytte dagslys betre. Vindaugshylle, (light shelf) er ein fin måte å spreie dagslyset lenger inn i romet.



Figur 16 Ulik utforming for å utnytte dagslyset best mogleg (Thue, 2011)

### Lyskjelde

Lysrør er ei lyskjelde som gir mykje lys av lite energi, har lang levetid, avgir lite varme og finst i eit stort utval (Byggdetaljblad 222.230, 2000). Innan lysrør er det to ulike teknologiar, T5 og T8, kor T5 er den nyaste teknologien. Tala 5 og 8 står for tversnittdimensjon til lysrøra, 5/8 tomme og 8/8 tomme. Estetisk sett er det ein fordel med T5-teknologi sidan T5 armaturar kan lagast smalare, lågare og meir elegante enn T8 armaturar. Tabell 2 viser effektiviteten (lysutbyttet) til ulike lyskjelder. T5-teknologien er mest effektiv. (Aabakken, 2010 ). LED har mindre lysutbytte enn lysrør. I områder der det ikkje er behov for høg belysingsstyrke, som i korridorar, kan LED vere eit godt alternativ.

**Tabell 2 Lysutbytte til ulike lyskjelder. Informasjon henta frå Aabakken (2010 )**

Lyskjelde	Lysutbytte [lumen/watt]
T5 lysrør	100
T8 lysrør	80
LED (Light Emitting Diode)	70
Spørepære	50

### Styring av lys

Styringssystem for lys kan delast inn i tre kategoriar.

- Dimmesystem som regulerer lysnivået trinnlaust eller av/på avhengig av dagslysnivå
- Persondetektor som koplar inn/ut belysning avhengig om det er nokon tilstade
- Koplingsur som koplar ut og tenner lyskjelda til bestemte tidspunkt

Dimmesystem er mest ideelt å nytte i sørvendte kontor der det er moglegheit for størst lystilgang. Erfaringar visar at energibruken kan reduserast med opptil 30-40 % i sørvendte kontor ved bruk av dimmesystem. Føresetnad for at dimmesystemet skal vere lønsamt er at større område kan styrast saman. Det er gunstig å nytte same styring langs ein heil fasade, både om det er ope kontorlandskap eller cellekontor, viss utvendige forhold tillèt dette (nokså like lys- og skyggeforhold langs fasaden). Det kan veljast om all allmenbelysning i rom/lokale skal bli styrt av dagslyssensarar eller ulike lysrekkjer styrast individuelt. Dette kjem ann på brukarens ønskje, og forma til bygningen og rominndeling. Der det vert nytta styrt belysning, er det viktig med tilfredsstillande plassbelysning som brukaren kan styre sjølv. (Byggdetaljblad 222.230, 2000)

System som er basert på persondetektor har eit stort energisparingspotensiale viss ulike deler av kontorlokale ikkje vert nytta regelmessig av ulike grunner. (Byggdetaljblad 222.230, 2000). Dette kan vere møterom, ulike cellekontor, stillerom, toalett og liknande. Slike styringssystem har detektorar som registrerar anten i form av rørsle eller CO<sub>2</sub> konsentrasjon. Styringssystem som dette kan koplast saman med styringssystemet for ventilasjon.

Koplingsur som sløkkjer og tenner lyset til bestemte tider kan vere ideelt å nytte som allmennbelysning i opne kontorlandskap og kommunikasjonslokale. Det må vere moglegheit for manuell styring for opphald utanfor driftstid.

#### *Anbefalte retningslinjer*

- Inndel belysninga i ulike soner og nytt passande styringssystem for sonene
- Nytt dagslyssensor og dimmesystem for armaturrekker nær vindauge
- Bruke persondetektor i rom som møterom, stillerom, cellekontor, toalett
- Plassbelysning for å tilfredsstille individuelle behov
- Nytt koplingsur i opne kontorlandskap og korridorar, vrimleareal
- Moglegheit for manuell styring av lys utanfor driftstid

### **3.3.9 El-utstyr**

Det som er meint med el-utstyr i dette tilfelle er tilleggsutstyr som brukarane tar inn i bygget, som er nødvendig for verksemda til brukarane av bygget. Dette kan vere datamaskiner, kopimaskiner, projektorar og liknadene utstyr. Det er viktig at el-utstyr som vert tilført bygget er energieffektivt, som vil seie at behovet for elektrisitet er lite, samt at det genererer lite spillvarme. Nett som bygg vert energimerka, vert også elektrisk utstyr energimerka og det er anbefalt å velje utstyr som har oppnådd høg energikarakter.

## **3.4 Energiforsyning**

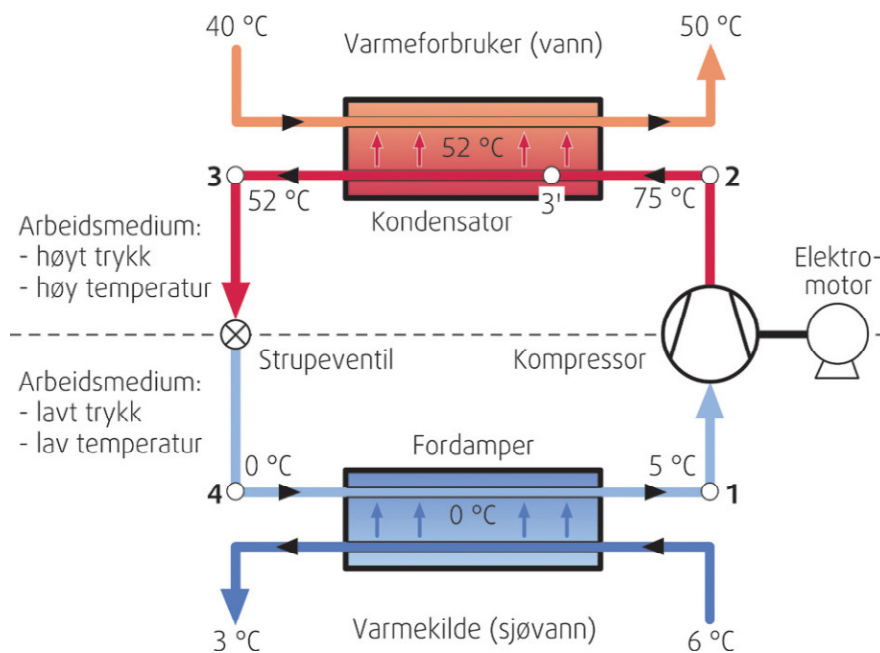
I dette kapittelet vert dei mest aktuelle energiforsyningane for plusshus. Eit plusshus skal ha eit særst lite behov for energi samanlikna med tradisjonelle bygg, og skal i hovudsak stå for denne forsyninga sjølv. Det vil vere eit behov for elektrisitet, for mellom anna til belysning, elektriske utstyr og for drift av varmpumpe. Dette el-behovet skal bygget produserer sjølv, eller hente frå el-nettet i periodar der det er behov for det. Produksjon av energi vert omtalt i kapittel 3.5

*Produksjon av straum.*

### **3.4.1 Varmepumpe**

Ei varmpumpe transporterer varme med moderat temperatur frå ei fritt ekstern og tilgjengeleg varmekjelde, og leverer varme med høgare temperatur ved tilførsel av elektrisitet. Bruksområde til ei varmpumpe kan vere romoppvarming, oppvarming av tappevatn og ventilasjonsluft, samt kjøling. Energiforbruket til oppvarming kan bli redusert med 50-80 % ved bruk av varmpumpe samanlikna med oppvarming basert på elektrisitet, olje og gass. Varmepumpe kan nyttast i både bustader og nærings-/industribygg. (Byggdetaljblad 552.403, 2009)

Hovudkomponentane til ei varmpumpe er fordampar, kompressor, kondensator og strupeventil (Figur 17). Dette er koplå saman i ein krets, kor arbeidsmediet sirkulerer rundt. Arbeidsmediet skal ta opp varme på den kalde sida og avgi varme på den varme sida. Termodynamikkens 2.hovudsetning slår fast at termisk energi går av seg sjølv mot lågare temperatur. Ei varmpumpe vil reversere dette.



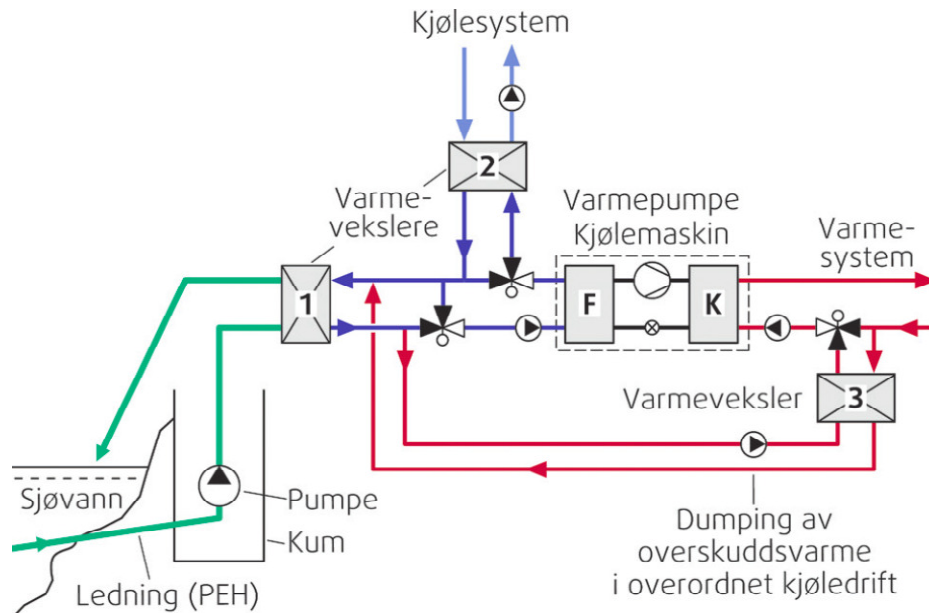
Figur 17 Prinsippskisse for varmepumpe (Byggetaljblad 552.403, 2009)

Fordamparen tar opp energi frå varmekjelda. Energien strøymer gjennom fordamparen til den kokande væska, og energien blir overført til dampen. Dampen går vidare til kompressoren som komprimerer dampen slik at både trykket og temperaturen aukar. Gassen blir leia inn i kondensatoren kor den kondenserer til væske, sidan arbeidsmediet er varmare enn omgivnaden og avgir dermed varme. Væska går gjennom ein strupeventil som reduserer trykket. Væska, og ofte gjerne litt gass, vert ført gjennom fordamparen igjen. (Novakovic et al., 2007)

Varmepumper for nærings- og industribygg nyttar i hovudsak varmekjeldene sjøvattn, grunnvatn og fjell. Ved val av varmekjelder er det fleire kriterium som er viktige (Novakovic et al., 2007):

- Tilgjengelegheit og høg og stabil temperatur
- Gode varmeoverføringsegenskapar og høg varmekapasitet
- Lite korrosivt og forureina
- Låge investeringskostnader for utnytting
- Stor spesifikk varmekapasitet

Figur 18 viser ei sjøvarmepumpe med indirekte oppvarmingssystem som kan levere både varme og kjøling. Eit eventuelt kjølebehov (2) dekkjast av kald frostvæske etter fordamparen (F) (Byggetalblad 552.403, 2009).



Figur 18 Varmepumpe med indirekte oppvarmingssystem som kan levere både varme og kjøling (Byggetalblad 552.403, 2009)

For å utvinne varmen i fjell og grunnvatn må det borast energibrunnar. Grunnvatn finst i gjennomgåande sprekker i fast fjell og i lausmassar. Det visast til Byggetalblad 552.403 (2009) for meir informasjon om varmepumpe.

### 3.4.2 Fjernvarme

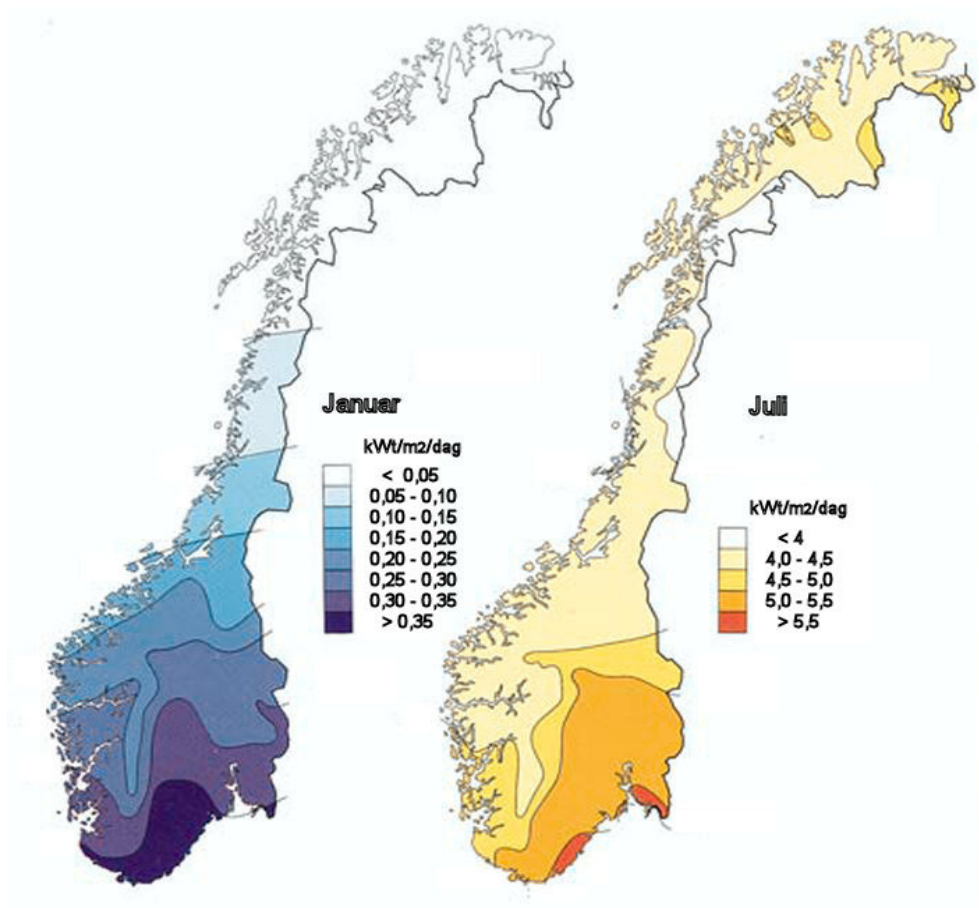
Fjernvarmeanlegg er eit sentralvarmeanlegg som forsyner eit område med energi til oppvarming. Energikjelde som vert nytta kan vere spillvarme, avfallsforbrenning, varmepumper, bioenergi og gass. Distribusjonsmediet er vatn, som vert frakta i røyr som er lagt i grøfter. Hos mottakar er det installert ein varmevekslar som overfører energien frå fjernvarmenettet til bygget sitt varmeanlegg. (Fjernvarme.no, 2012)

### 3.4.3 Solvarmeanlegg

Solenergi er ei miljøvennleg energikjelde som stort sett alle har tilgang til. Bygg- og energinæringa har dei seinare åra fått auge meir opp for denne energikjelda, og har utvikla meir effektive system og utstyr for å utnytte solenergi. I dette kapitlet er det greia ut om solfangarar, som kan nyttast til oppvarming av rom og tappevatn i bygningar, medan kapittel 3.5.1 *Solstraumanlegg* vil greie ut om korleis solenergi kan verte nytta til meir høgverdige energiformer.

### Solforhold

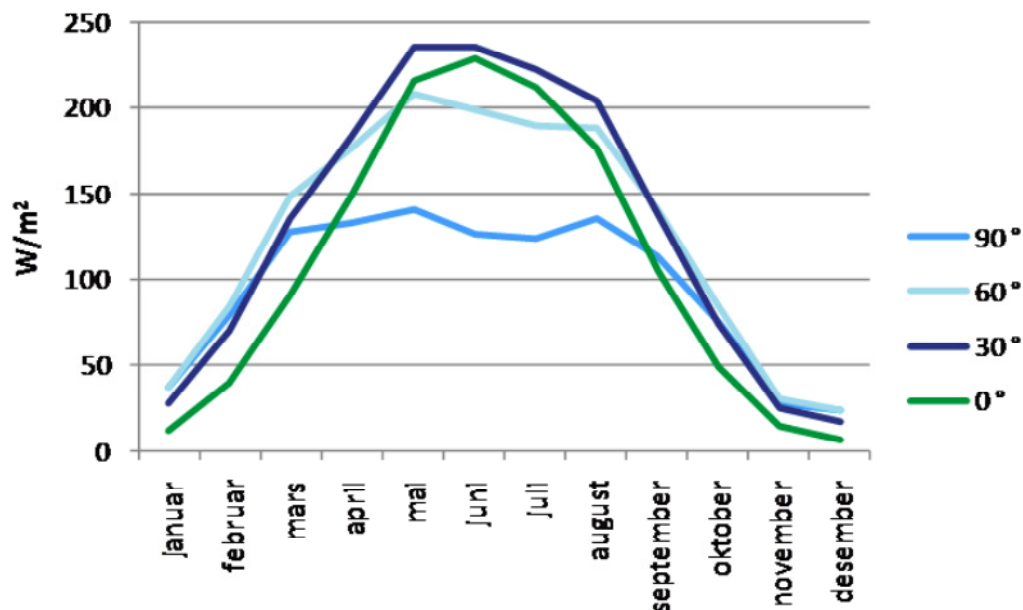
Den årlege solinnstrålinga i Noreg varierer frå ca. 700 kWh/m<sup>2</sup> lengst nord til ca. 1 100 kWh/m<sup>2</sup> lengst sør (Figur 19).



Figur 19 Solinnstråling i Noreg i januar og juli mot horisontal flate (Norsk Solenergiforening, 2012a)

Viktige faktorar for å utnytte solfangaranlegget maksimalt er orientering og helling. Solfangaranlegget bør vere orientert mot sør for å få mest tilgang på solenergi. I Noreg er det ideelt å vinkle solfangaren relativt bratt i forhold til horisontalplanet, sidan Noreg har låg solhøgde. Figur 20 viser at ein vinkel på 30 ° i forhold til horisontalplanet får mest solinnstråling. Det er likevel nødvendig å bestemme den ideelle vinkelen for kvart solfangaranlegg med omsyn til varmebehov som skal dekkjast og korleis behovet varierer gjennom året. (Byggdetaljblad 552.455, 2011)



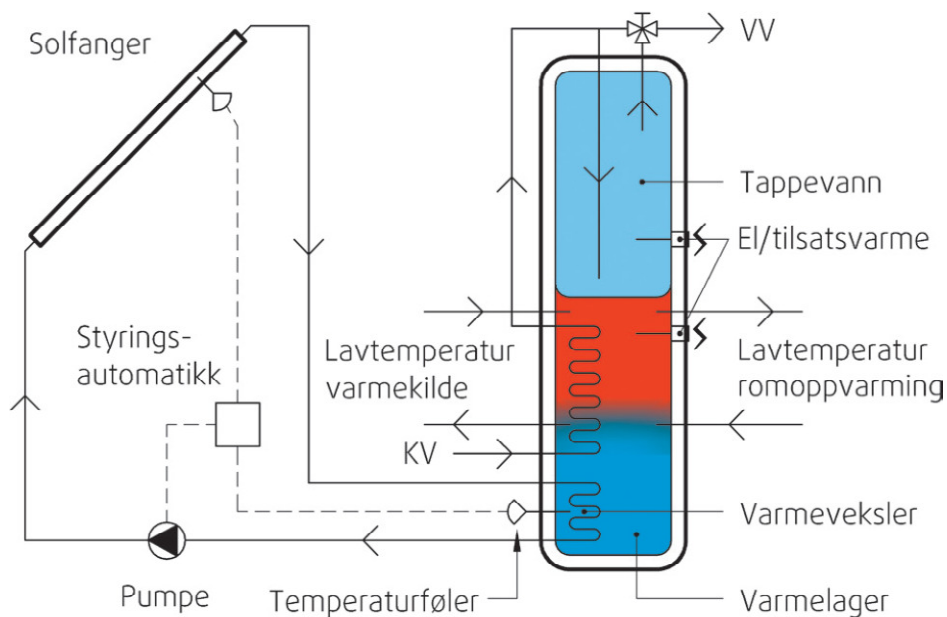


Figur 20 Gjennomsnittleg solinnstråling i Oslo (W/m<sup>2</sup>) per døgn på sørvendt flate med varierende vinkling i forhold til horisontalplanet (NS 3031 (1987) henta frå SINTEF og KanEnergi, 2011)

#### *Prinsippet for solfangarar*

Solfangaren omformar den absorberte strålingsenergien frå sola til varme. Absorbatoren, komponenten i solfangaren som omformar energien, er ofte ei tynn metallplate som er farga svart eller har ei selektiv overflate som absorberer store delar av det synlege lyset. Fordelen med ei selektiv flate er at den emitterer mykje mindre infraraud stråling enn ei vanleg måla overflate. Effektiviteten til solfangaren vert større ved høgare temperatur på absorbatoren. Temperaturen aukar dersom absorbatoren vert dekt med eit gjennomskinleg dekklag, ofte glas eller plast. Dekklaget slepp inn kortbølgja solinnstråling, men forhindrar langbølgja varmestrålinga i å sleppe ut. Dekklaget beskyttar også absorbatoren mot nedkjøling.

Den absorberte varmen vert transportert til varmelageret via væske eller luft. Vatn er eit bra transportmedium, på grunn av god varmeabsorberande evne. Figur 21 viser ei prinsippskisse av eit solvarmeanlegg med eit indirekte system som er knytt til ei lågtemperatur varmekjelde og lågtemperatur romoppvarming. Det kan også nyttast andre energikjelder for å komplettere solfangaren ved bruk av ein felles varmelagringstank. (Byggdetaljblad 552.455, 2011)

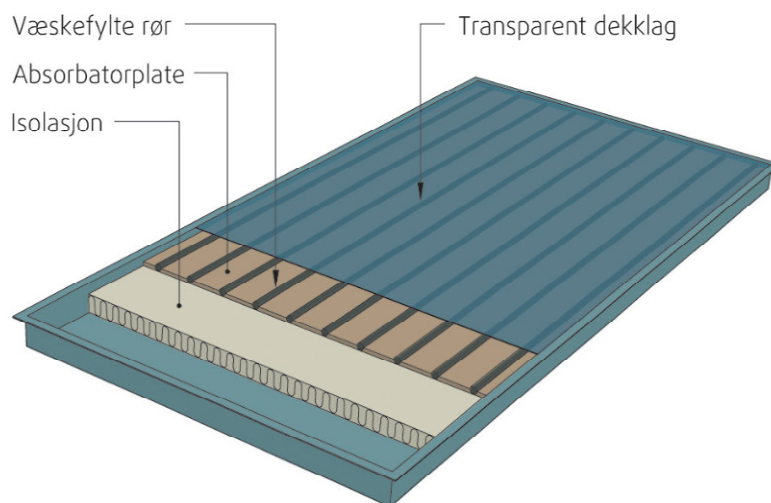


**Figur 21** Prinsippskisse solfangaranlegg, indirekte system (Byggdetaljblad 552.455, 2011)

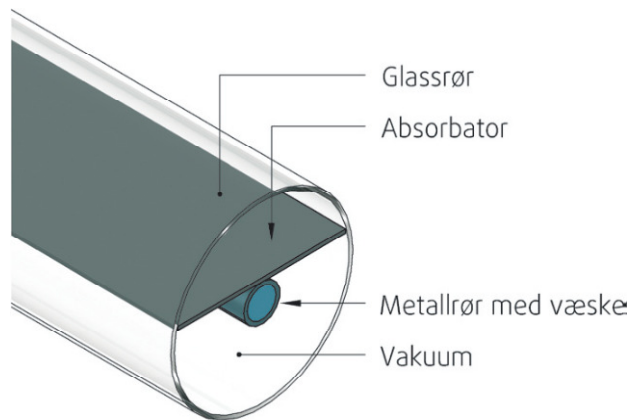
### Type solfangar

I samband med bygningar er det mest vanleg med væskebaserte, plane solfangarar (Figur 22) og vakuumsolfangarar (Figur 23). Ved behov for temperaturnivå rundt 30 – 80 °C er plane væskebaserte solfangarar ideelle å bruke, og kan erstatte vanleg takteking.

Vakuumsolfangarar kan nyttast når det er behov for eit høgare temperaturnivå. Desse solfangarane kan levere vatn med temperaturar mellom 50 og 200 °C. Det finst ulike typar vakuumsolfangarar, den som er vist på Figur 23 har eit glasrør med vakuum der absorbatoren er plassert. Dette reduserer varmetapet samanlikna med ein plan solfangar. (Byggdetaljblad 552.455, 2011)



**Figur 22** Oppbygging av ein plan solfangarmodul (Byggdetaljblad 552.455, 2011)



**Figur 23** Snitt gjennom ein vakuumpørsolfangar med direkte gjennomstrøyming (Byggdetaljblad 552.455, 2011)

ZEB og Hydro har forska på å integrere vakuumpørsolfangar i glasfasadar (Figur 24). Dette har to effektar, for det første sørgjer det for varmeproduksjon for tappevatn og absorpsjon til kjølesystem og for det andre fører det til ekstra skyggeeffekt. (Jager, 2010)



**Figur 24** Integrert vakuumpørsolfangar i glasfasade (Jager, 2010)

### 3.5 Produksjon av straum

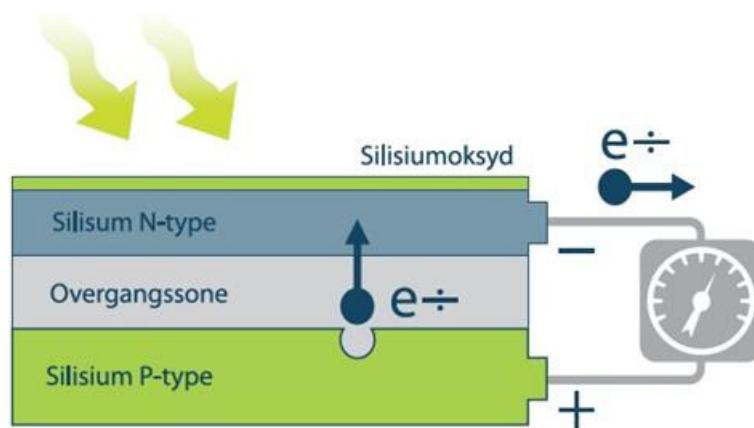
I dette kapitlet er det greia ut om korleis bygningar kan produsere straum.

#### 3.5.1 Solstraumanlegg

Førre kapittel, 3.4.3 *Solvarmeanlegg*, gjor greie for korleis solvarmeanlegg kan utnyttast for å dekkje varmebehovet i bygningar. Solenergi kan også dekkje elektrisitetsbehovet til bygningar, dette ved bruk av solstraumanlegg. Solstraumanlegg er bygd opp av ei omformareining, eit distribusjonssystem og eit energilager eller ein vekselrettar alt ettersom om anlegget er koplta til

el-nettet eller ikkje. Energilager er nødvendig for anlegg som ikkje leverar straum til el-nettet sidan innstråling aldri er heilt i fase med energibehovet. (Novakovic et al., 2007). Anlegg som er kopla til el-nettet vil nytte den produserte krafta til eige behov først, og ved overskot av energi vil dette verte levert til el-nettet. Jamfør kapittel 3.4.3 for solforhold i Noreg.

I solceller vert solenergi omdanna til elektrisitet ved å utnytte den fotovoltaiske effekten. Av dette blir ofte solceller forkorta til PV, for det engelske ordet PhotoVoltaics. Solceller består av ein halvleiar, som har overskot og underskot av frie elektron på kvar side av leiaren, oftast underskot på baksida. Dette dannar eit elektrisk felt som driv frie elektron mot framsida av cella. Bundne elektron i solcella kan bli fri ved å absorbere eit foton, som er eit energikvant av elektromagnetisk stråling, ein «lyspartikkel» frå sola. Mesteparten av desse frie elektrona vil bli fanga inn i det elektriske feltet i grensesjiktet og bli transportert til framsida til cella. Ved å forbinde for- og baksida med ein elektrisk krets kan solcella produsere straum utan å forbruke material, sjå Figur 25. (Fornybar.no, 2012a)



Figur 25 Prinsippkisse over korleis ei solcelle fungerer (Fornybar.no, 2012a)

### Verknadsgrad

Verknadsgrad er forholdet mellom solinnstråling (soleffekt inn) og produsert straum (elektrisk effekt ut), og det vert brukt tre ulike verknadsgradar:

- Verknadsgrad for solceller
- Modulverknadsgrad
- Systemverknadsgrad

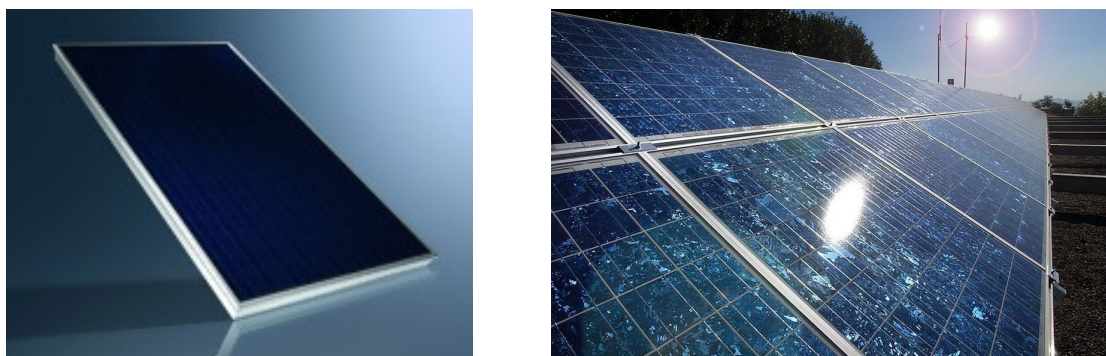
Verknadsgrad for solceller er avhengig av mengde innstråling, innstrålingsvinkel og varme. Effektiviteten til solceller vert dårlege ved høge temperaturar på cellene. Når produsentane oppgir verknadsgrad, nyttar dei den maksimale energimengda solcella kan produsere under standardiserte testforhold; innstråling  $1000 \text{ W/m}^2$  og temperatur  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ . Det er dei same

føresetnader som blir nytta for maksimal ytelse, Watt peak  $W_p$ . Det finst ei fysisk grense for kor mykje av innstrålinga kvart material kan gjere om til elektrisitet. Maksimal verknadsgrad for materialet silisium er 28 %. Ved laboratorieforsøk har ein maksimal verknadsgrad på over 40 % vore oppnådd med kombinasjon av ulike material.

Modulverknadsgrad tar omsyn til tapa over den komplette modulflata, som oppstår mellom anna fordi mellomromma mellom solcellene ikkje utnyttast. Følgjeleg er denne verknadsgraden lågare enn verknadsgraden for solceller. Systemverknadsgraden tar omsyn til tap i heile systemet, inkludert nett-tilknytting. (Fornybar.no, 2012g)

### *Solcelleteknologiar*

Dei mest aktuelle solcelleteknologiane er krystallinske solceller og tynnfilm. Krystallinske solceller er laga av silisiumskivar og kan delast inn i to hovudtypar; monokrystallinske og multikrystallinske. Som namnet indikerer, består monokrystallinske av ein krystall i silisiumskiva, medan multikrystallinske består av mange små krystallar i silisiumskiva. (Fornybar.no, 2012g). Overflata i monokrystallinsk solceller er homogen og ofte svart for å absorbere innkomande lys betre (Figur 26). Multikrystallinske solceller har eit fargespel i overflata. (Norsk Solenergiforening, 2012b)



**Figur 26** Monokrystallinsk solcellepanel til venstre (Schüco, 2012b) og multikrystallinsk solcellepanel til høgre (TekniskUkeblad, 2006)

Tynnfilmteknologi nyttar prinsippet med å deponere veldig tynne lag av solceller på eit substrat og bygge modular ut av dette. Dei vanlegaste typane er kopar-indium-gallium-disenidceller (CIGS), kadium tellurid celler (CdTe) og variantar med amorft silisium(a-Si). (Norsk Solenergiforening, 2012b).

I Tabell 3 er desse teknologiane samanlikna med omsyn til verknadsgrad og pris. Verknadsgraden oppgitt i tabellen kan vere både høgare og lågare. I følgje Norsk Solenergiforening (2012b) er typisk effekt for krystallinske solceller 12-20 %.

**Tabell 3 Solcelleteknologiar, informasjon henta frå Fornybar.no (2012g)**

Teknologi	Celleteype	Typisk verknadsgrad	Pris
Krystallinske solceller	Monokrystallinske	15-18 %	Dyrare enn multikrystallinske. Meir material- og tidkrevjande
	Multikrystallinske	Ca. 14 %	Billegare enn monokrystallinske. Framstillast av rimelegare material
Tynnfilmteknologi	CIGS	11 %	Brukar mindre kostbare råvarer i produksjon av tynnfilm enn krystallinske solceller
	CdTe	9,3 %	
	a-Si	7 %	

Monokrystallinske celler har størst verknadsgrad. Ein stor fordel med tynnfilmteknologi kontra krystallinsk silisiumceller er at det vert nytta mindre kostbare råvarer i produksjon av tynnfilm. Det er også teoretisk mogleg å lage store flater i ein operasjon, og ved å tilsette plast vert flatene bøyelege. Under mindre ideelle forhold, t.d. ved diffus innstråling kan solceller av tynnfilm i nokre tilfelle produsere meir elektrisitet enn dei krystallinske som er meir avhengig av direkte innstråling. Tynnfilmcelle har levetid på om lag 10-15 år, medan krystallinske solceller har levetid på minst 25 år. (Fornybar.no, 2012g)

#### *Solcellepanel*

Solcellene blir kopla saman i eit solcellepanel. Panela beskyttar solcellene for vêr og vind, og må dermed ha god kvalitet på innkapslinga og nok mekanisk stabilitet. Eit panel med krystallinsk silisium består typisk av 50-70 solceller serie- og parallellkopla, kapsla inn mellom dekkglas og ei bakplate. Vanleg maksimal yting for krystallinske solceller er 50-300 Wp og 50-100 Wp for tynnfilm. (Fornybar.no, 2012g)

#### *Eksempel på bygningsintegrerte løysingar*

På bygg kan solcellepanel nyttast på tak og fasade. Mest vanleg har vore på takflater. Tynnfilm kan integrerast på dei aller fleste byggmateriala. Det finst allereie takstein, vindauge, dører og karmar med integrert tynnfilm solceller. Den norske marknaden er framleis ganske liten for slike produkt. Figur 27 viser eksempel på solceller integrert i fasade og på tak.



**Figur 27** Tynnfilm solcellemoduler integrert i Schüco fasadesystem (til venstre) (Schüco, 2012a) og tynnfilm solcellepanel montert på tak (til høgre) (Schüco, 2011)

### *Kostnad*

Ein viktig faktor for at solenergi ikkje har vore nytta i Noreg er høge produksjonskostnader for elektrisitet frå solceller til samanlikninga av andre energikjelder, som t.d. vasskraft.

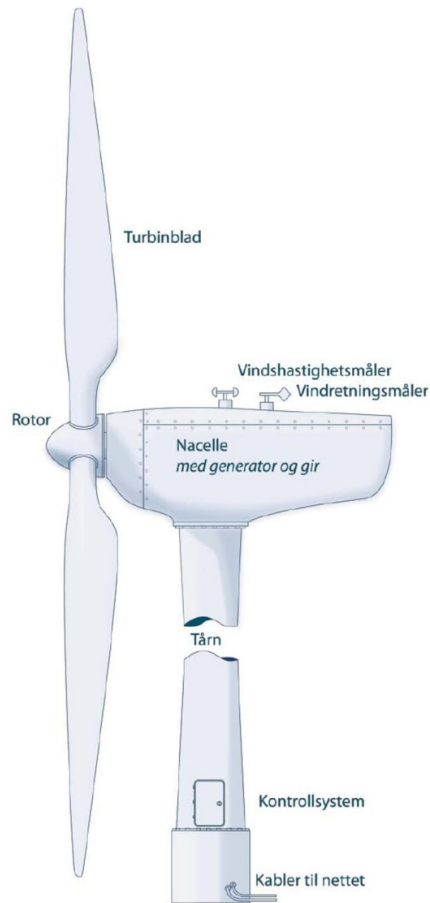
Teknologiutvikling og meir effektivitet i prosessar har ført til lågare produksjonskostnader for elektrisitet frå solceller. (Fornybar.no, 2012d). Ein annan viktig faktor for lågare produksjonskostnader er at prisen på silisium har gått kraftig ned. I løpet av 2009 gjekk prisen ned med 60 %. Dermed har tynnfilmteknologi mista ein viktig fordel i forhold til krystallinske solceller. (Fornybar.no, 2012g)

### **3.5.2 Vindkraft**

I dette kapittelet vil det bli gjort greie for småskala vindkraft (under 100 kWh). Det er småskala vindkraft som er aktuelt å bruke som bygningsintegrert vindkraft. Vindparkar på offshore og på land er ikkje aktuelt.

#### *Vindturbinen*

Ein vindturbin har eit tårn, turbinblader og maskinhus med generator, gir og kontrollsystem (Figur 28). Vinden sett turbinblada i rørsle, og denne energien vert overført frå turbinen til ein generator via drivakselen. Rørsleenergien blir omdanna til elektrisk energi i generatoren, som blir overført vidare til bygget eller via transformator ut på el-nettet, dersom det er kopla til nettet. (Fornybar.no, 2012h)



**Figur 28 Prinsippskisse av vindturbin (Fornybar.no, 2012h)**

Dei to hovudtypane vindturbinar som vert nytta er horisontalakslande og vertikalakslande, der den førstnemnde vert mest nytta. Horisontalaksla vindturbinar fungerer godt der det er jamn vind normalt frå ei dominerande retning. Turbinen vil snu seg etter vindretninga og propellen som generer straum står vendt mot vinden. Effektstørrelse for horisontalakslande turbinar nytta i høve til bygningar er frå 0,1 kW til 15 kW. Vertikalaksla turbinar har ein fordel i forhold til horisontalakslane turbinar med at dei kan ta inn vind frå alle retningar utan at turbinen treng å snu seg. Dette er ein eigenskap som er viktig for vindturbinar kor det er turbulens og kastevindar. Vertikalaksla vindturbinar har vore meir utbredt dei siste åra. (ZERO, 2010b).

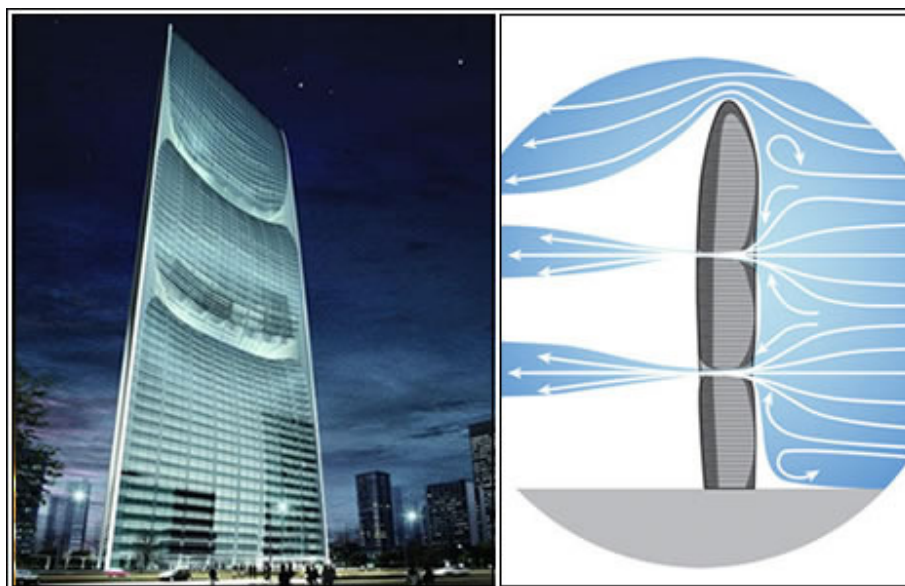


Figur 29 viser ein horisontalaksla og vertikalaksla vindturbin.



**Figur 29** Horisontalakslande vindturbinar på tak til venstre og ein vertikalaksla vindturbin til høgre (ZERO, 2010b)

Eit innovativt eksempel på bygningsintegreert vinkraft er skyskraparen Pearl River Tower i Kina. Gjennom to av dei 71 etasjane til bygningen vert vind ført gjennom vindtunnelar kor det er plassert vindturbinar som genererer straum til bygget (Figur 30).

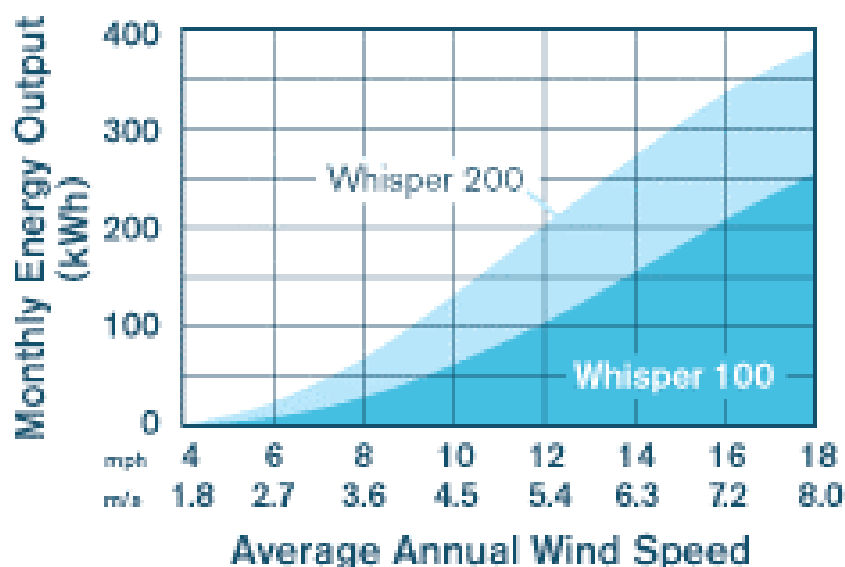


**Figur 30** Bygningsintegreert vinkraft, Pearl River Tower i Kina (ecogeek.org, 2012)

### Installering, effekt og kostnad

Ved installering av vindturbin er det viktig å studere vindforholda for rett plassering. Effektiviteten til turbinen vert større desto høgare den er plassert over bakken. Det er vanleg å plassere turbinar om lag tre til fire meter over gavlen på taket av ei bygning eller på frittstående pålar på opptil 16 meter. Spesielt for horisontalaksle vindturbinar er det viktig å unngå turbulens i vinden. Ved å plassere turbinen langt frå kantar og veggjar vert turbulensen minimert. (ZERO, 2010b)

I følgje Fornybar.no (2012f) vil installert effekt for småskala vindkraft ligge normalt mellom 20-100 kW. Kostnaden er ofte over 20 000 kr/kW for slike anlegg. Figur 31 viser eit diagram over månadleg produsert elektrisitet for ulike årsgjennomsnittlege vindstyrkar for to småskala vindturbinar frå Southwest Windpower. Som figuren syner begynner turbinen å produsere energi ved ein årleg gjennomsnittleg vindstyrke på 2 m/s.



Figur 31 Produsert energi for ulike årsgjennomsnittlege vindstyrkar for vindturbinane Whisper 200 og Wishper 100 (SouthWest Windpower, 2012)

Ei utfordring for bygningsintegrert vindkraft er estetikk. Mange ser på vindturbinar som ein visuell forureining, dette gjeld både småskala og storskala vindkraft. Marknaden for bygningsintegrerte vindturbinar i Noreg er sær s liten. I følgje Fornybar.no (2012f) er det per 2011 nesten ingen i Noreg som bygger enkeltstående eller bygningsintegrerte vindturbinar.

Ved montering av vindturbinar på sjølve bygget, medfører dette behov for forsterking av konstruksjonen og fundamentering. Dette igjen medfører meir bunden energi som straumproduksjonen må kompensere for.

### 3.5.3 Vasskraft

Det kan òg vere aktuelt å bruke småskala vasskraft for å forsyne eit eller fleire bygg med straum. Definisjonen på småskala kraftverk er anlegg som har installert effekt opp til 10 MW. Ofte vert slike anlegg etablert i bekkar og mindre elver utan reguleringsmagasiner. Ein fordel med slike anlegg som ikkje magasinerer vatnet, er at det ofte vert mindre konsekvensar for natur og miljø ved utbygging. Ein hake ved dette er at kraftverka berre kan produsere når det er nok vatn i elva (Fornybar.no, 2012e). Det vert større produksjon ved vår- og hausttider, når det føregår snøsmelting og haustflommar. Anlegg som ikkje nyttar stor fallhøgde, men sjølve vassmengda i elva til å produsere kraft, vert kalla lågtrykkskraftverk. Anlegg som nyttar store fallhøgde vert kalla høgtrykkskraftverk.

#### *Turbin*

Ei utfordring for små kraftverk er å finne turbinar som har god verknadsgrad ved varierende vassføringar. Tverrstraumsturbinar vert ofte nytta for slike anlegg. Denne turbinen er god ved stor variasjon i vassmengder og ein fallhøgde på 2-100 meter. Tverrstraumsturbinen har lågare verknadsgrad enn Kaplan-, Francis- og Peltonturbinen. (Fornybar.no, 2012e)

#### *Inngrep i naturen ved elvekraftverk*

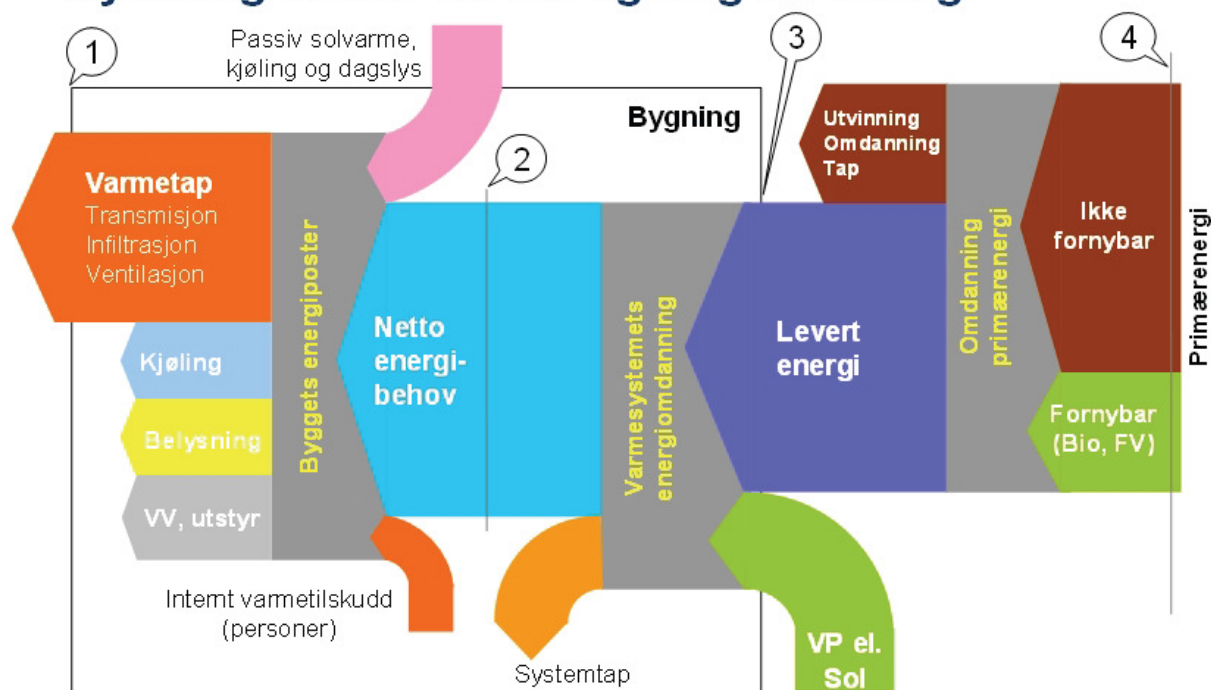
Ved utbygging av elvekraftverk vert det gjort inngrep i naturen som kan skape vanskar og øydeleggje for artar som lever i eller ved elva. Eit problem er at delar av konstruksjonen kan stenge for fiskevandring oppover elva. Det kan også førekome temperaturendringar i elva som kan vere eit problem for fisken. Utbygging av småskala vasskraft kan også skape problem for fugl, pattedyr, botndyr og planter. Vanlege naturøydeleggingar ved mindre kraftutbyggingar kan vere redusert vassføring, naturlege prosessar i elva stoppar opp, samt inngrep i form av røyrgate, vegar, kraftleidning og kraftstasjon. (ZERO, 2010a)

For å skåne miljøet mest mogleg ved utbygging av småkraftverk er det anbefalt å sørgje for ei konstant minstevassføring i elva, aktivt gjenetablering av vegetasjon og legge inntaket til kraftverket til ein naturleg kulp i staden for å lage eit nytt. (ZERO, 2010a)

### 3.6 Utrekning av energibehov

Energibehovet til ei bygning kan angis på forskjellige måtar. Figur 32 og Tabell 4 skildrar dei ulike omgrepa (Killingland, 2009).

## Systemgrenser for beregning av energi



Figur 32 Ulike måtar å rekne ut energibehov til ei bygning (Killingland, 2009)

Tabell 4 Systemgrenser for å rekne ut energibehov. Informasjon henta frå Killingland (2009)

Nummerering på figur	Omgrep	Forklaring
1	Varmetap	Energi som må dekkje varmetapet til bygningen, gjennom transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon
2	Netto energibehov	Energibehovet til bygningen utan omsyn til verknadsgraden til energisystemet eller tap i energikjeda. Kan reknast ut, men ikkje målast direkte. Normaliserte driftsverdiar. TEK baserer seg på dette omgrepet.
3	Levert energi	Summen av energi, uttrykt per energivare, levert over systemgrensa til bygningen for å dekkje det samla energibehovet, inklusiv systemtap som ikkje kan gjenvinnast. Energimerkeordningar baserer seg på levert energi.
4	Primær energi	Energi i sin opphavlege form som ikkje er blitt omdanna eller gått over i andre energiformer. Det er den energimengda som er nødvendig for å framskaffe ei mengdeining levert energi.

Denne masteroppgåva vil basere seg på levert energi, punkt nummer tre i Figur 32 ved utrekning av energibehov.

## **4 Casestudie av Kjørbo**

### **4.1 Val av case**

Ved val av case var det fleire faktorar som måtte vurderast. For det første var det viktig å finne eit kontorbygg som var moden for oppgradering med eit stort potensiale for energieffektivisering. Vidare ville det ha vore særst motiverande dersom bygget skulle oppgraderast i næraste framtid. Å kome tidleg inn i prosjektet, før detaljprosjektering har starta, gir større spelerom for å kome med ulike kreative løysingar. Det er òg ideelt dersom bygget har driftspersonell som er villig til å gi omvising av bygget og kome med nyttig informasjon.

Kjørboparken 1 oppfyller alle desse kriterier, samtidig som det er eit veldig ambisiøst prosjekt både i Noreg og resten av verda. Målet til prosjektorganisasjonen Powerhouse er å oppgradere to av kontorbygga i Kjørboparken 1 til plusshus. Dette appellerte særst ved val av case.

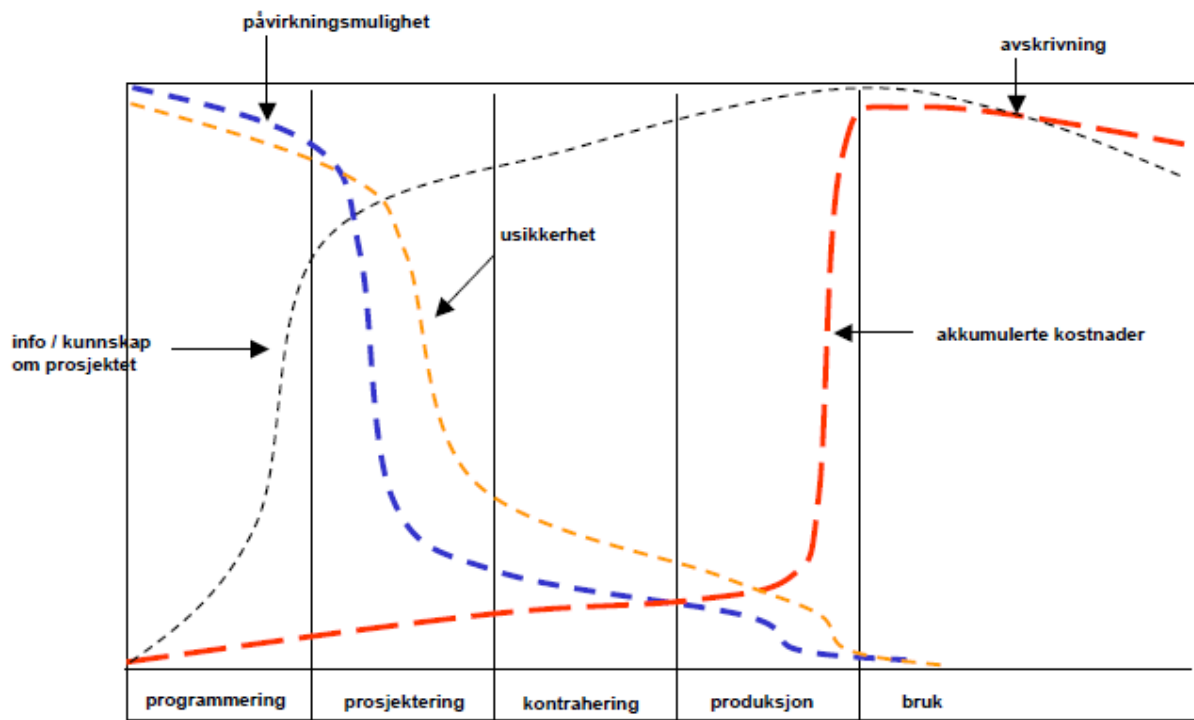
### **4.2 Powerhouse**

Powerhouse er ein organisasjon som samarbeider om å bygge plusshus. Organisasjonen består av dei fem partane; Entra Eiendom, Skanska, Snøhetta, Hydro og ZERO, og vart etablert i april 2011. Målet til organisasjonen er å vise at det er mogleg å bygge plusshus i Noreg også, ikkje berre i sørlege strøk. (Powerhouse, 2011a)

#### **4.2.1 Organisasjon og arbeidsform**

Powerhouse skal ha sjølvstendige prosjekt med eigen økonomi. Prosjekta skal vere kommersielle, både med tanke på teknisk løysingar og økonomi. Når fleire prosjekt er gjennomført, kan organisasjonen dra nytte av suksessfulle løysingar frå tidlegare prosjekt, noko som vil gi innsparing både i form av tid og økonomi.

For å lykkast med ambisjonane vert fleire fagfolk involvert tidlegare i prosjektet enn kva som er vanleg praksis i byggenæringa. Powerhouse hevdar at dette vil gjere det lettare å nå ambisjonane og finne dei beste løysingane. Det er større påverknadsmoglegheit tidleg i prosjektfasa (Figur 33).



Figur 33 Påverknadsmoglegheit og kostnadsakkumulasjon (Møystad, 2010)

#### 4.2.2 Powerhouse definisjon på plussus

Powerhouse definerer plussus ut ifrå eit levetidsperspektiv: «Bygg som gjennom driftsfasen genererer mer energi enn det som ble brukt til produksjon av byggevarer, oppføring, drift og avhending av bygget». Definisjonen er utarbeida i tett dialog med ZEB i Trondheim. Under følgjer det nokon tilleggskriterium til definisjonen (Powerhouse, 2011b):

- Energimålsetningane skal ikkje gå utover god arkitektur, godt inn klima eller andre sentrale miljøkvalitetar
- Bygningen skal som minimum oppfylle krav i passivhusstandarden
- Energiforbruk relatert til teknisk utstyr (heis, kjøkken, butikkar, IT, infrastruktur, etc.) som tilhøyrar brukaren eller i hovudsak blir påverka av brukaren, og som samtidig gjerne vert bytta gjennom ei 60 års lang levetid, skal ikkje bli kompensert for med energiproduksjon
- Energibalansen for driftsfasa kan vere rekna ut ifrå ein periode på inntil eit år, medan perioden for heile livssyklusen er sett til 60 år
- Produsert energi skal i snitt ikkje ha mindre kvalitet enn kjøpt/importert energi. Dette vil seie at produsert og eksportert elektrisitet kan vege opp for korresponderande mengde med kjøpt energi, både elektrisitet og termisk energi, medan produsert og eksportert termisk energi kan ikkje vege opp for kjøpt elektrisitet

### 4.2.3 Powerhouse One Brattørkaia

Powerhouse har lansert to prosjekt. Det første vart lansert i mai 2011, kontorbygget Powerhouse One på Brattørkaia i Trondheim. Figur 34 syner tomta til bygget og foreløpig skisse av bygget.



**Figur 34 Tomta til bygget (parkeringsplassen) til venstre (Borchsenius, 2012) og foreløpig skisse av Powerhouse Brattørkaia (Powerhouse, 2012)**

Bygget er planlagt til rundt 16 000 kvadratmeter, med plass til ca. 750 arbeidsplassar. Etter planen skal bygget også romme kaféar, kultur- og butikkverksemd på bakkeplan. Planlagt byggstart er i 2013.

Energibehovet til bygget er prosjektert til 21 kWh/m<sup>2</sup>år og energiproduksjon til 49 kWh/m<sup>2</sup>år. Bunden energi er rekna ut til å vere 22 kWh/m<sup>2</sup>år. Solceller, varmevekslarar og varmepumpe basert på sjøvatn skal produsere elektrisitet og varme til bygget. Sjøvatn skal også bidra til kjøling. Solceller skal plasserast på det sørvendte skråtaket med 26 ° helling for optimert energiproduksjon. Plassering av vindaug er òg optimert for å sikre gode dagslysforhold, samt minimere energiforbruket. For eksempel er vindaugsopningane redusert der solinnstrålinga er størst for å minimere soloppvarming av bygget. Dette vil samtidig gi fleire tette felt i fasaden som kan utnyttast til solenergiproduksjon. Naturleg ventilasjon skal òg nyttast når temperatur og vindforhold tillèt dette. (Powerhouse, 2012)

### 4.2.4 Powerhouse Kjørbo

Kjørboparken 1 (Figur 35) er eit kontorkompleks i Sandvika oppført i 1980 som består av fem kontorblokker, samt eit bygg med kantine, resepsjon og møterom. To av kontorblokkene, blokk 4 og blokk 5, skal oppgraderast til plusskuss. Alle dei fem kontorblokkene skal skifte fasade. Prosjektet vart lansert i november 2011. Moglegheitstudie vart utført i første kvartal 2012, og forprosjektet startar i andre kvartal. Oppstart riving er planlagt til første kvartal 2013.



Figur 35 Kjørbo

### 4.3 Kjørbo

Kjørboparken 1 består som sagt av seks bygningar oppført i 1980 i Sandvika, Kjørboveien 12,14,16,18,20, 22 og 24. Bygningsgruppa lengst til høgre i Figur 36 er Kjørboparken 1. Den runde bygningen i midten inneheld kantine, resepsjon og møterom. Bygningane plassert til venstre er Kjørboparken 2.



Figur 36 Kjørboveien. Blokk 4 og 5 skal rehabiliterast til plussus (Google maps, 2012)

Kontorblokkene har tre og fire etasjar og nokon av blokkene har full kjellar. Blokkene er kvadratiske og grunnmuren har eit utvendig mål på 25 meter. Blokk 4 og 5 skal rehabiliterast til plussus. Blokk 4 har fire etasjar samt eit teknisk rom i kjellar. Kjellaren er ikkje fullt utgrave, grunna dårleg grunnforhold. Tomta har tidlegare vore elvedelta, og består av sand og leire. Litt setningar har vore registrert, men ikkje av betydning. Oppvarma bruksareal til blokk 4, inklusiv

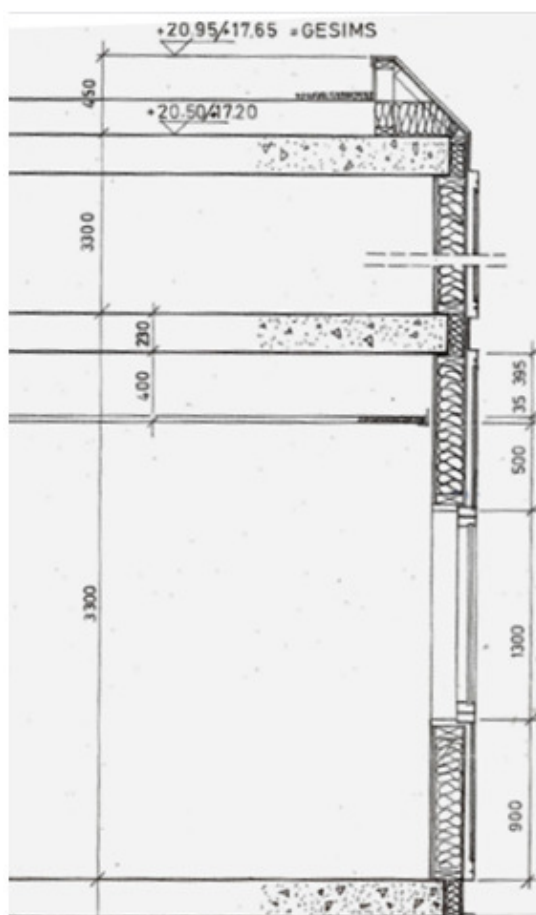


teknisk rom er 2 560 m<sup>2</sup>. Blokk 5 har eit oppvarma bruksareal på 2 438 m<sup>2</sup> fordelt på tre etasjar samt full kjellar. Areala presentert er basert på egne overslag av planteikningar av bygga. Vidare i rapporten er det valt å fokusere på kontorblokk 5. Dette på grunn av at bygga er veldig like, både med tanke på bygningskropp og tekniske installasjonar, samt bruk og drift av bygget.

### 4.3.1 Bygningskroppen

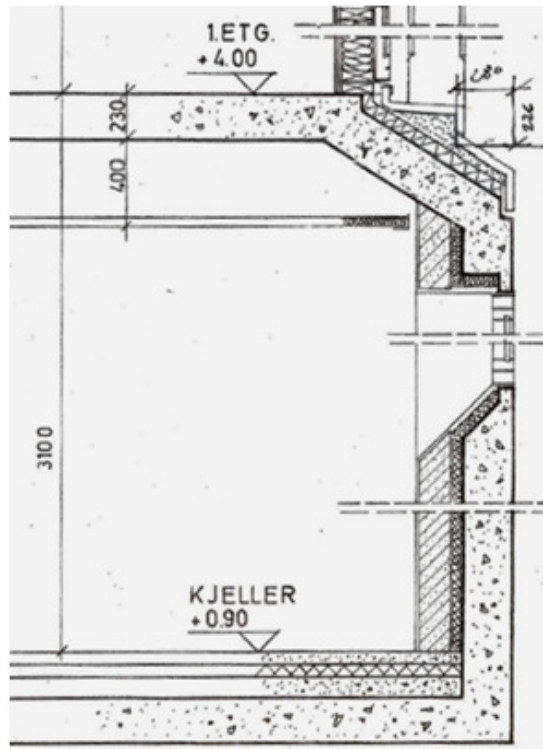
#### *Beresystem, tak og golv på grunn*

Beresystemet består av plasstøpte betongsøyler og 230 mm tjukke prefabrikkert betongdekke (sjå Figur 37). Midt i bygget er det ei betongkjerne, som rommar toalett og ventilasjonssjakt. Bygget har eit flatt kompakt tak, med om lag 250 mm EPS og asfaltbelegg som takteking. Betongdekka i etasjeskilja er sparkla og teppelagt.



Figur 37 Vertikalsnitt av Kjørbo, tak og etasjar

Ut ifrå Figur 38, er det antatt at golvet på grunn består av eit lag med 230 mm betong, deretter 100 mm påstøyp etterfølgd med 60 mm EPS og plastfolie og tilslutt eit 60 mm tjukt lag med avrettingsmasse.



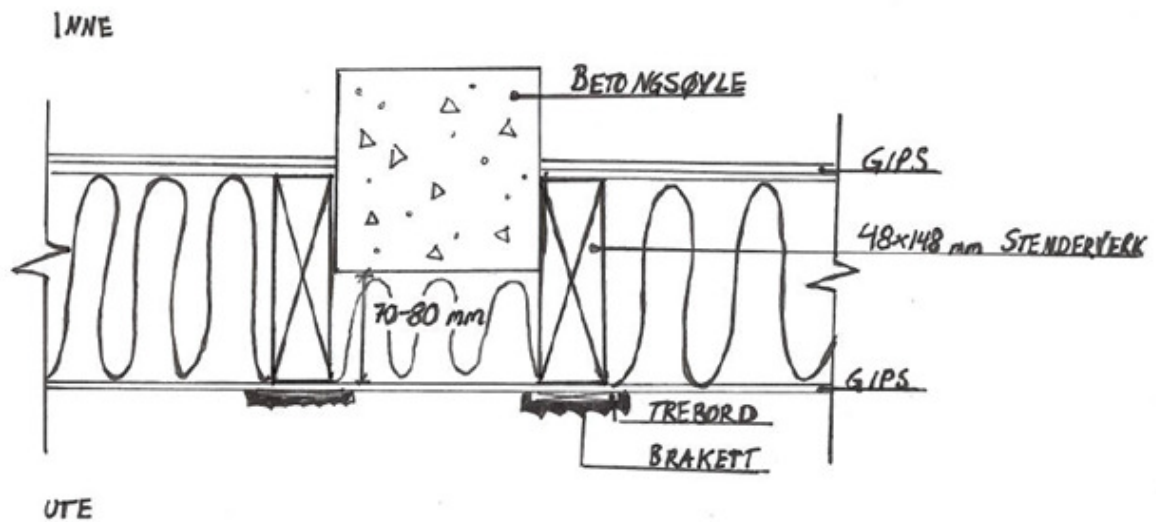
Figur 38 Vertikalsnitt av ein kjellar i Kjørboiparken 1. Det er ikkje vindauge i kjellarvegg i blokk 5

#### *Ytterveggar*

Ytterveggen består av eit isolert bindingsverk i tre, dimensjon 48x148 mm<sup>2</sup> (Figur 39).

Fasadekledning er glasfelt i aluminiumsprofilar. Profilane er hengt opp med aluminiumsbrakettar som er skrudd fast i lekter/bord som er spikra utanpå gipsplatene som er slått rett på bindingsverket. Brystningsbeltet er om lag 900 mm høgt, både over og under vindauge.

Innvendig kledning består av to gipsplater. Dekkeforkanten er isolert med 70- 80 mm mineralull.



Figur 39 Horisontalsnitt yttervegg

Vindauga består av to lag isolerglass med treramme som er hengsla i aluminiumskarm på sida, som tradisjonelle Husmorvindauga som kan vippast rundt for å vaskast. I følge Rambøll (2010a) er vindauga spesiell til fasaden og har utfreste spor i treverket som passar inn i aluminiumsprofilane som er spikra rundt vindauga. Sjå Figur 40.



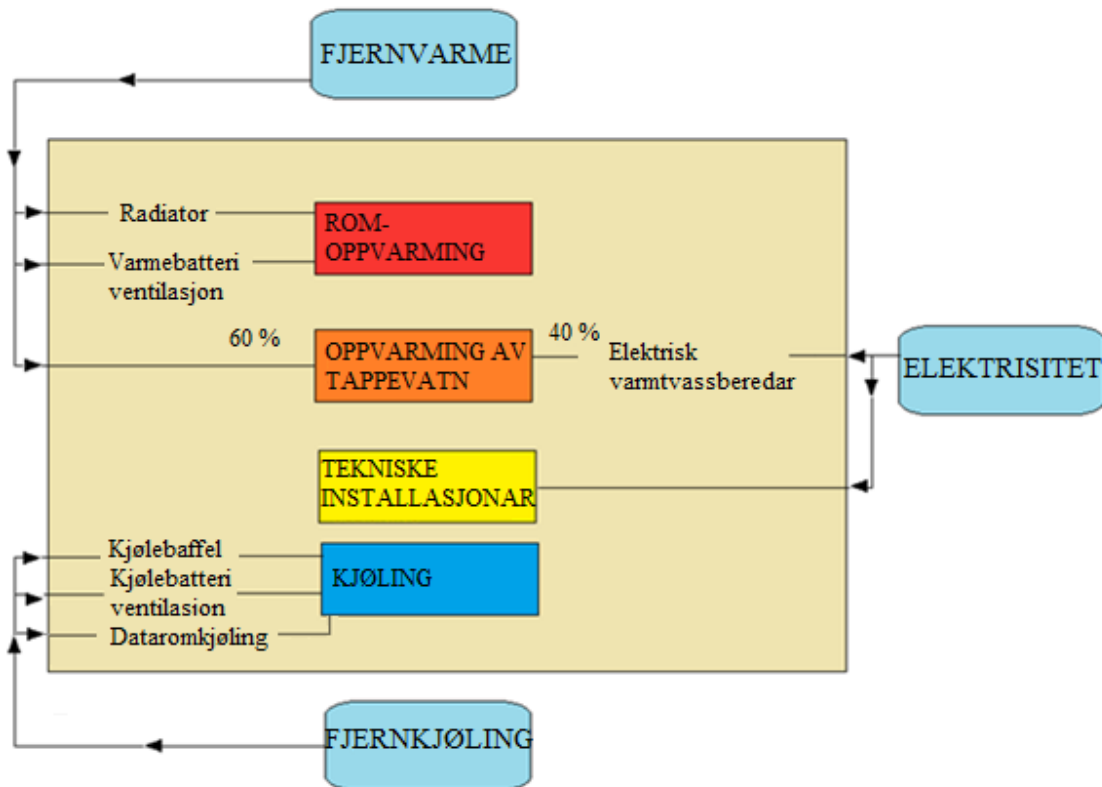
Figur 40 Vindauga og fasadekledning

Yttervegg i kjellar (gått ut ifrå Figur 38) består av 230 mm betong, 60 mm mineralull og 143 mm lettklinker med puss. Det vert antatt at vegg er fylt opp 2,2 meter med masser. Det er ikkje vindauga i kjellaren i blokk 5 som vist på Figur 38.

U-verdiar til bygningskomponentane, samt verdiar for tekniske installasjonar vert presentert i kapittel 4.3.3.

#### 4.3.2 Tekniske system og energiforsyning

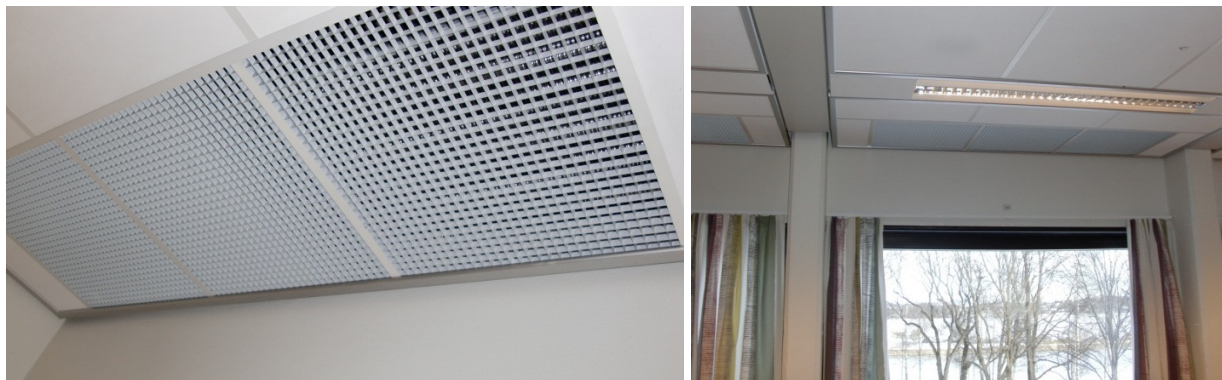
Bygget vert forsynt med energi frå fjernvarme og fjernkjøling frå Fortum, samt elektrisitet. Fjernvarmen dekkjer romoppvarmingsbehovet og ca. 60 % av oppvarming av tappevatn (Figur 41).



Figur 41 Prinsippskisse av energiforsyning for dagens situasjon

#### Oppvarming- og kjølesystem

Bygningen nyttar vassboren oppvarming med radiator som varmeavgivar. Brukaren kan sjølv regulere temperaturen på radiatoren, frå 10 – 28 °C. Varmebatteri i ventilasjonsanlegget bidrar også til å dekkje romoppvarming. Fjernvarme og ein elektrisk varmtvassberedar varmar opp tappevatnet. Det er montert kjølebaflar i taket langs vindauga ved dei solutsette fasadane (Figur 42). Kjølebaflane har ein effekt på 170 W. Det er anslått om lag 63 kjølebaflar per etasje. Det er òg kjølebatteri i ventilasjonsanlegget som bidrar til kjøling. På radiatorane er det berre installert termostatstyrte ventilar og i følgje driftsteknikar verkar kjøling og oppvarming mot kvarande haust og vår. Dette er unødig energiforbruk som burde vore forhindra.



**Figur 42 Kjølebaflar i taket langs vindauga**

#### *Ventilasjonssystem og belysning*

Kvar kontorblokk har kvar sitt ventilasjonsanlegg. Ventilasjonsanlegga er tidsstyrte, og er i drift i frå rundt klokka 6.00 til klokka 17.00, og avslått i helgar og heilag dagar. Anlegga starta til ulike tider, til dømes kl. 05.55, kl. 06.00, kl. 06.05, for å unngå store effektledd. Det er ikkje noko anna form for behovsstyring, ventilasjonsanlegget er eit CAV-anlegg. Ventilasjonsanlegget har både varmebatteri og kjølebatteri som vert forsynt av fjernvarme og fjernkjøling frå Fortum. Anlegget har ein væskebasert varmegjenvinnar med ein verknadsgrad på om lag 70 %. Anlegget er designa for luftmengde på 120 m<sup>3</sup>/h, men vanleg mengde er 75 m<sup>3</sup>/h.

I korridorar og møterom er det nytta lysrør som er gamle og lite effektive. For øvrige areal er det nytta T5 lysrør. Det er ikkje nytta behovsstyring.

#### **4.3.3 Samanlikning av dagens situasjon mot minstekrav i pr NS 3701**

I Tabell 5 er eigenskapar til ulike bygningskomponentar for dagens situasjon oppgitt og minstekrav for kontorbygg i pr NS 3701 (2011). Minstekrav gitt i Prosjektrapport 42 (Dokka et al., 2009) er lik minstekrava gitt i pr NS 3701 (2011). U-verdi yttervegg til bygget er henta frå Byggdetaljblad 471.012 (2003), tabell 211. For U-verdi tak er det tatt omsyn til mekanisk festemiddel, eit tillegg på U-verdi på 0,01 W/ m<sup>2</sup>K etter NS-EN ISO 6946 (2007), pkt. D.3.2. For U-verdi vindauga er det nytta same verdi som anslått i rapporten *Energimerking av Kjørbo 1* (Multiconsult, 2010).

**Tabell 5 Samanlikning av dagens situasjon mot minstekrav i pr NS 3701**

Eigenskap	Dagens situasjon	Minstekrav i pr NS 3701
U-verdi yttervegg	0,29 W/m <sup>2</sup> K (vegg under terreng 0,26 W/m <sup>2</sup> K)	≤0,15 W/m <sup>2</sup> K
U-verdi tak	0,16 W/m <sup>2</sup> K	≤0,13 W/m <sup>2</sup> K
U-verdi golv	0,16 W/m <sup>2</sup> K	≤0,15 W/m <sup>2</sup> K
U-verdi vindauge	2,8 W/m <sup>2</sup> K	≤0,80 W/m <sup>2</sup> K
Normalisert kuldebruverdi	0,11 W/m <sup>2</sup> K	≤0,03 W/m <sup>2</sup> K
Årsgjennomsnittleg temperaturverknadsgrad	70 %	≥ 80 %
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	3,4 kW/(m <sup>3</sup> /s) for kontor 5 kW/(m <sup>3</sup> /s) for kjellar	≤1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)
Lekkasjetal ved 50 Pa, n <sub>50</sub>	2,0 h <sup>-1</sup>	≤0,60 h <sup>-1</sup>

Tabell 5 viser at bygget ikkje tilfredsstillir nokon av minstekrava i pr NS 3701 (2011). U-verdi for golv er nærast minstekravet, 0,01 W/m<sup>2</sup>K ifrå.

#### 4.3.4 Historikk

Tabell 6 viser ulike tiltak som er utført etter at blokka vart oppført. Det er gjort andre endringar på resterande blokkene i Kjorboparken 1.

**Tabell 6 Oversikt over gjennomførte tiltak**

Årstal	Kva	Kva vart utført
1990-talet	Kjøling	Det vart montert delvis romkjøling, kjølebaflar på sør og vestfasaden.
2008	Tak	Tilleggsisolerte taket med 50 mm (frå 200 mm til 250 mm). Før var det stein/shingel på taket. No vert det berre nytta ein membran som taktekking.
2009	SD-anlegg	Bytta SD-anlegg. Viftene på ventilasjonsanlegget endra frå reindreve avtrekk/tilluft til frekvensdrivne vifter.

Nattsinking av temperatur har vore utprøvd, men det fungerte dårleg på grunn av at systemet er tregt og det førte til store effektledd. Lysarmatur er også endra, bortsett frå i møterom og korridorar.

#### 4.3.5 Teknisk tilstand

##### *Beresystem og tak*

Beresystemet til bygget er i god stand. Undersøking utført av Rambøll (2010a) viser at dekkeforkantane ikkje viser indikasjonar på armeringskorrosjon eller skadar. Dekka som vart undersøkt var i normal god stand. Det er ikkje påvist lekkasje eller fuktinntrenging i taket. På befarig 15.03.2012 var der nokre vassdammar på taket grunna uheldig fall (Figur 43).

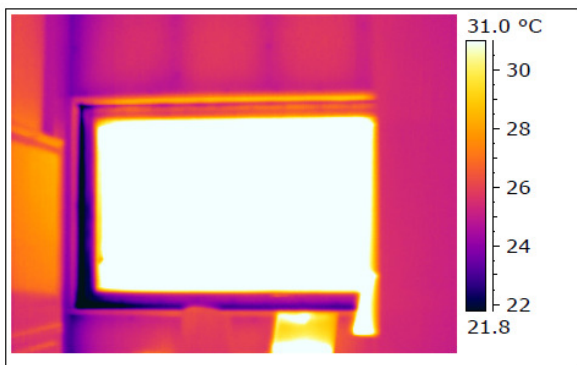


**Figur 43 Oppdemming av vatn nokre stader på taket**

### *Ytterveggar*

I følgje Rambøll (2010b) er det godt isolert fakk i stenderverket for dei ytterveggane som har vore opna for undersøking, noko som også termografia viser (sjå Figur 44). Det er i blokk 1 til 3 påvist at utvendig gips har gått i oppløysning, samt spor av muggsopp i fleire av dei opna veggane, grunna vassinntrenging rundt vindaug. Høgst sannsynleg er dette òg tilfelle for blokk 5. Bindingsverket er i normal god stand i følgje ei anna undersøking utført av Rambøll (2010a).

**Dato: 11.02.2010 13:06:57**



**Figur 44 Termografi viser at vegg er godt isolert, noko trekk rundt vindaug. Termografi tatt 11.02.2010 (Rambøll, 2010b)**

Visuelt sett held fasaden grei standard. Materiala som er nytta, glas og aluminium, krev lite vedlikehald. Figur 45 viser at fargen på aluminiumsprofilane er litt falma. Nokre stader har belegget på baksida av glasfeltta losna, noko som øydelegg det opphavleg visuelle inntrykket.



**Figur 45 Fasade. Fargen på aluminiumsprofilane og rammene er litt falma**

### *Vindauge*

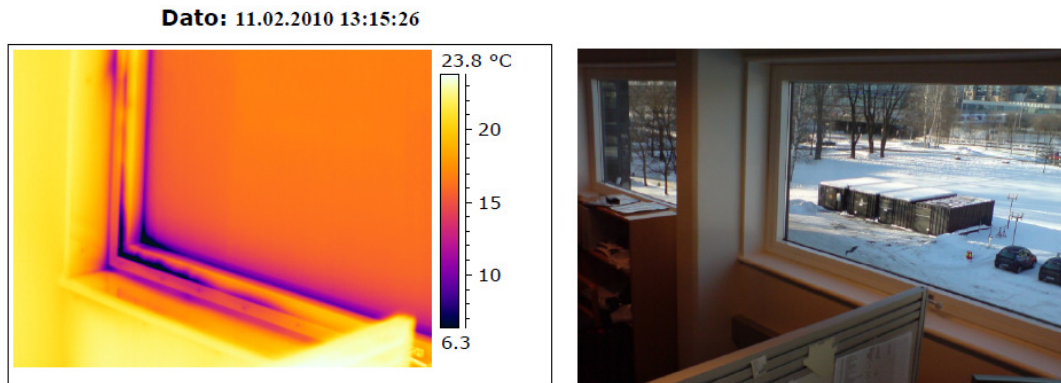
Løysinga som er valt for vindauga er uheldig. Vindauga er hengsla i sidene, og vil ved vindtrykk presse mot karmen i botn og frå i toppen. Dette fører til trekkproblem. Figur 46 viser eit forsøk på tetting av glippe mellom ramme og karm. For å kompensere for trekkproblema er bygget sett under eit svakt overtrykk, 500 Pa i tilluft og 480 Pa i avtrekk. Dette skal også hindre muggsopp og vatn i fasaden i å trekke inn. Til vanleg vert det anbefalt å kjøre med eit svakt undertrykk inne, for å unngå at varm luft blir pressa lenger ut i konstruksjonen kor det er kaldt, som kan føre til kondens og fuktskade.



**Figur 46 Forsøk på tetting av glippe mellom ramme og karm**



Sjølv ved eit svakt overtrykk er det framleis trekkproblem rundt vindauga, sjå termografi Figur 47. Termografia er ikkje tatt frå blokk 5, men frå ei tilsvarande blokk i Kjorboparken 1 og det vert antatt at tilstanden er lik.



**Figur 47** Termografi rundt vindauge. Generelt godt isolert i vegg, kraftig trekk nede mellom ramme og karm. Termografi tatt 11.02.2010 (Rambøll, 2010b)

Ved vindauga er det fuktinntrenging (Figur 48). Nedste lekta over vindauge har utfresa spor til den utvendige gipsplata, slik at vatn som kjem på gipsen blir leia inn til bindingsverket og ned på øvre del av vindaugskarmen. Fuga mellom karmen og lekta i framkant hindra vatnet i å kunne renne eller tørke ut. (Rambøll, 2010a)



**Figur 48** Fuktskade i hjørne av vindauge

I følgje Rambøll (2010a) er det ikkje mogleg å skifte ut vindauge utan å skifte fasadekledningen. Fasadekledningen vert øydelagt ved demontering.

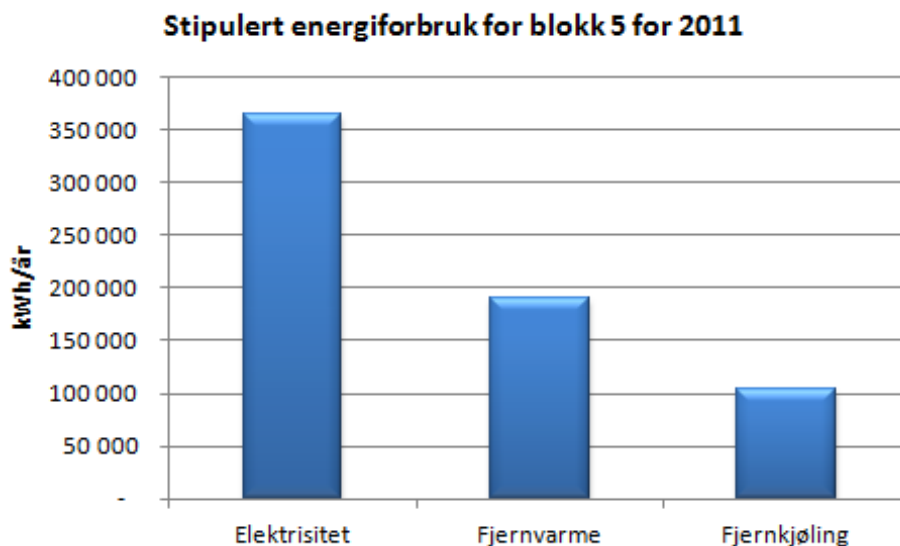
Det er ingen form for solavskjerming for blokk 5, verken innvendige eller utvendige persienner. Dette fører til eit stort kjølebehov og kan føre til termisk miskomfort for brukarane, samt blanding.

#### *Radiatorar og kjølebaflar*

Dagens radiatorar er litt over 30 år og kjølebaflane i taket er over 20 år. I følge Incit AB (2011) er 30 år normal levetid for radiatorar og kjølebaflar i tak som er normalt utsett.

#### **4.3.6 Målt energiforbruk for Kjørbo**

Den reelle energibruken til heile Kjørboparken 1 for 2011 var 4,652 millionar kWh. Dette vart dekt av fjernvarme, fjernkjøling og elektrisitet. (Entra Drift, 2012). Etter NS 3031 (2011) skal oppvarma bruksareal nyttast ved utrekning av spesifikt energibehov. I følge *Energimerking av Kjørbo 1* (Multiconsult, 2010) er oppvarma bruksareal for Kjørboparken 1, 17 233 m<sup>2</sup>. Dette gir eit spesifikt energiforbruk for heile bygningsmassen på 270 kWh/m<sup>2</sup> for 2010. Ved å stipulere dette forbruket til blokk 5 (oppvarma bruksareal 2 438 m<sup>2</sup>), vert det totale energiforbruket 658 162 kWh/år, sjå Figur 49. Dette vil ikkje gi nøyaktig spesifikt energiforbruk for blokk 5, grunna ulik bruk av blokkene, samt at ikkje heile arealet er i bruk gjennom året. Målt levert energi vil vere avhengig av den reelle bruken til bygningen, og vil avvike frå simulert levert energi som er basert på ein rekke føresetnader om driftstid, luftmengder, internt varmetilskot, klima osv. (NS 3031, 2011).



**Figur 49** Stipulert energiforbruk for blokk 5 for 2011, dekt av elektrisitet, fjernvarme og fjernkjøling

### 4.3.7 Energisimulering

Det er utført årssimulering, energimerking og evaluering opp mot TEK 10 for både dagens situasjon og for dei ulike oppgraderingskonsept. Denne rapporten omhandlar plusshus, og det er dermed viktig å simulere det reelle energibehovet til bygningen og mengde levert energi. Der det ikkje er oppgitt driftsopplysningar er det nytta verdiar etter NS 3031 (2011).

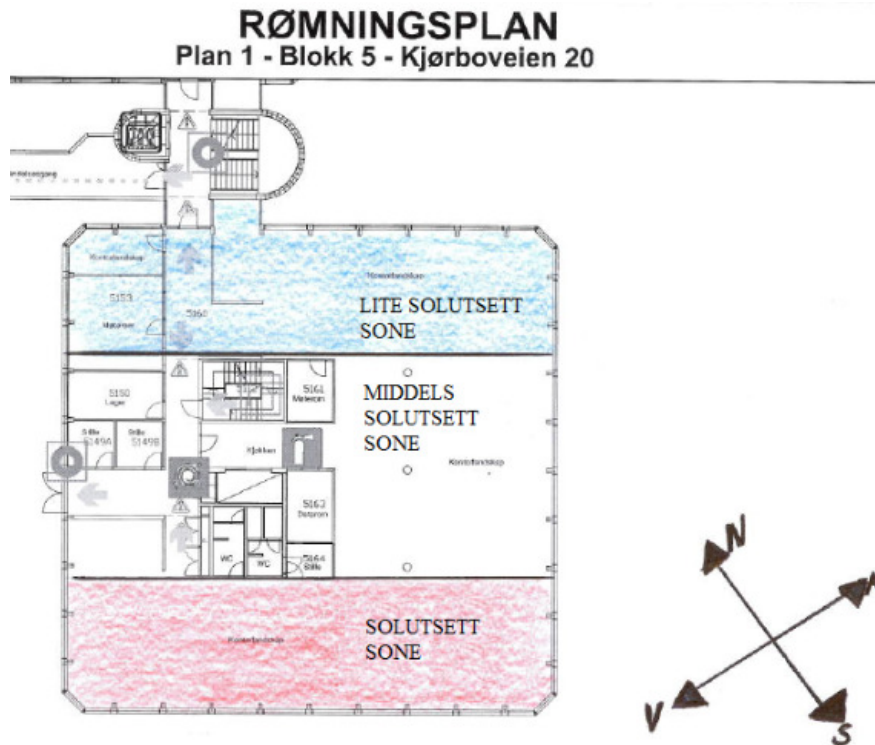
Følgjande er lagt til grunn:

- Forma til bygningen er forenkla til å vere heilt kvadratisk, ikkje avspissa hjørne
- Det er ikkje tatt med dører til bygget, sidan desse vender mot trapperom eller glasgang. Det er lagt inn fasadeareal i staden for dører
- Dataromskjøling er neglisjert, grunna behovet er lite og kjølinga fungerer dårleg i følge driftsteknikar
- Oppvarming av uteareal er sett bort ifrå
- Systemgrensa for både fjernkjøling og fjernvarme er sett ved sjølve bygningen

Energimerkeordninga opnar for at fjernkjøling kan leggst inn som lokal kjølemaskin, og systemgrensa for fjernkjøling ligg då følgjeleg utanfor bygget (Isachsen et al., 2009). Behovet for levert energi er sterkt avhengig av kvar denne systemgrensa vert sett. I denne rapporten er det valt å ikkje gjere skilnad mellom systemgrensa for fjernvarme og fjernkjøling. Meir om dette i kapitlet 5.5 *Diskusjon av systemgrenser*.

Som nemnt i kapittel 2.3.2 *Energisimulering i SIMIEN*, skal bygget etter NS 3031 (2011) delast inn i soner viss produktet av arealandel vindaug/dører glasfelt,  $\gamma_{sol}$ , og total solfaktor for vindaug og solskjerming,  $g_t$  overskrider 5 %. Denne faktoren vert i dette tilfelle 9 % etter egne utrekningar, og bygget skal dermed delast inn i soner ved simulering.

For å undersøkje om det vert skilnad i energibehovet med og utan soneinndeling er det laga to modellar for dagens situasjon. Den soneinndelte modellen har tre soner; solutsett, middels solutsett og lite solutsett (Figur 50).



Figur 50 Soneinndeling av bygget for simulering av dagens situasjon

### Årssimulering

I dette underkapittelet vert energibudsjet, levert energi og varmetapstal presentert for dagens situasjon. Etterfølgjande underkapittel samanliknar oppvarmings- og kjølebehov, samt totalt varmetapstal etter pr NS 3701 (2011) og Prosjektrapport 42 av Dokka et al. (2009).

Det simulerte netto spesifikke energibehovet for den soneinndelte modellen vart 228,6 kWh/m<sup>2</sup>år (Tabell 7). Ved å summere alle energipostane for spesifikt energibehov vert det totale behovet 228,5 kWh/m<sup>2</sup>, grunna avrunding. Det totale netto spesifikke energibehovet på 228,6 kWh/m<sup>2</sup>år vert kalkulert med å ta utgangspunkt i det totale energibehovet på 557 303 kWh/år, som gir eit totalt spesifikt energibehov på 228,59 kWh/m<sup>2</sup>år (oppvarma areal 2 438 m<sup>2</sup>).

**Tabell 7 Energibudsjett for dagens situasjon**

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m <sup>2</sup> år)]
Romoppvarming	153 471	62,9
Ventilasjonsvarme (varmebatteri)	40 583	16,6
Varmtvatn (tappevatn)	12 152	5,0
Vifter	55 121	22,6
Pumper	7 851	3,2
Belysning	83 551	34,3
Teknisk utstyr	91 900	37,7
Romkjøling	94 086	38,6
Ventilasjonskjøling (kjølebatteri)	18 587	7,6
<b>Totalt netto energibehov</b>	<b>557 303</b>	<b>228,6</b>

For modellen utan soneinndeling vart det simulerte netto spesifikke energibehovet 222,4 kWh/m<sup>2</sup>år, ein skilnad på 6,2 kWh/m<sup>2</sup>år. Postane som skilde seg mest var romoppvarming, 58,4 kWh/m<sup>2</sup>år og romkjøling, 36,5 kWh/m<sup>2</sup>år. Stort sett var dei andre energipostane lik. Vidare for dagens situasjon er det valt å bruke SIMIEN modellen med soneinndeling.

Fjernvarme dekkjer all romoppvarming og 60 % av oppvarming av tappevatn. Dette utgjer om lag 40 % av den totale leverte energien (Tabell 8). Dette indikerer at det er eit stort oppvarmingsbehov i bygningen, grunna ein dårleg isolert bygningskropp med eit stort infiltrasjonstap, samt eit gammalt ventilasjonsanlegg.

**Tabell 8 Levert energi til bygningen for dagens situasjon**

Levert energi til bygningen		
Energivare	Levert energi [kWh/år]	Spesifikk levert energi [kWh/(m <sup>2</sup> år)]
Direkte elektrisitet	243 383	99,8
Fjernvarme	234 123	96,0
Fjernkjøling	131 016	53,7
<b>Totalt levert energi</b>	<b>608 522</b>	<b>249,6</b>

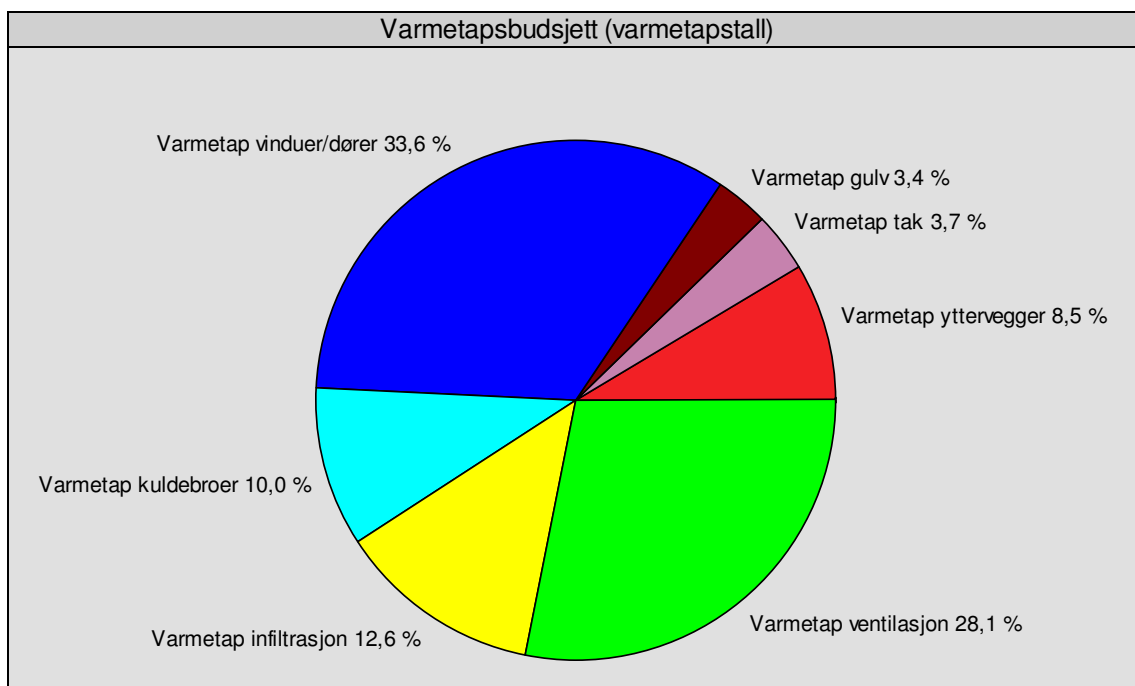
Totalt spesifikk levert energi, 249,6 kWh/m<sup>2</sup>år, er mindre enn målt spesifikt energiforbruk på 270 kWh/m<sup>2</sup>år. Som nemnt før er dette eit stipulert tal rekna ut ifrå målt energi for heile Kjørhoparken 1, og det vert feil å samanlikne med simulert verdi. Samtidig er det ikkje i energisimuleringa tatt omsyn til dataromskjøling eller gatevarme. Samanlikning av Figur 49 *Stipulert energiforbruk for blokk 5 for 2011* med Tabell 8 *Levert energi til bygningen* viser at målt direkte el er betydeleg større enn fjernvarme i Figur 49. Dette samsvarar ikkje med det som er simulert i SIMIEN. For teknisk utstyr er det i hovudsak nytta standardiserte verdiar etter NS 3031 (2011), noko som kan avvike frå reell bruk og kan bidra til at simulert levert direkte elektrisitet er mindre enn målt levert elektrisitet.

Det totale varmetapet til bygningen er simulert til 1,10 W/m<sup>2</sup>K (Tabell 9). Varmetapstal for tak og golv på grunn/mot det fri er ikkje spesielt høgt 0,04 W/m<sup>2</sup>K. Taket er isolert med 250 mm, og golvet på grunn ligg om lag to meter under bakken og får tilleggsisolering av jordmasse, dermed kunne dette forventast. Postar som er store i varmetapsbudsjettet er varmetapstal for glas/vindauge, kuldebruer, infiltrasjon og ventilasjon. Ved oppgradering er det særleg viktig å utbetre desse.

**Tabell 9 Varmetapsbudsjett for dagens situasjon**

Varmetapsbudsjett	
Varmetapstal ytterveggar	0,09 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal tak	0,04 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal golv på grunn/mot det fri	0,04 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal glas/vindauge	0,37 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal kuldebruer	0,11 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal infiltrasjon	0,14 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal ventilasjon	0,31 W/m <sup>2</sup> K
<b>Totalt varmetapstal</b>	<b>1,10 W/m<sup>2</sup>K</b>

Figur 51 viser fordelinga mellom desse ulike postane.



**Figur 51 Varmetapsbudsjett for dagens situasjon. Figur henta frå årssimulering i SIMIEN**

*Samanlikning av dagens situasjon mot krav i pr NS3701 og Prosjektrapport 42 for netto spesifikt oppvarmings- og kjølebehov, samt totalt varmetapstal*

Dagens situasjon er samanlikna med krav gitt i pr NS 3701 (2011) og Prosjektrapport 42 av Dokka et al. (2009) for bygningskategorien kontorbygg. I Prosjektrapport 42 er alle krava basert på bygningskategori. I pr NS 3701 (2011) er krava avhengig av fleire faktorar; bygningskategori, oppvarma areal og diverse temperaturar.

- Netto spesifikt energibehov til oppvarming etter pr NS 3701: er avhengig av oppvarma areal  $A_{\text{fl}}$ , samt årsmiddeltemperatur  $\theta_{\text{ym}}$ . For bygning der  $A_{\text{fl}}$  er større enn 1 000 m<sup>2</sup>, samt årsmiddeltemperaturen er mindre enn 6,3 °C, skal krav til netto oppvarmingsbehov utreknast etter følgjande formel (Formel 3):

$$EP_{H,0} + K_1 (6,3 - \theta_{\text{ym}}) \quad (3)$$

$EP_{H,0} = 20$  basis netto spesifikt oppvarmingsbehov for kontorbygg

$K_1 = 3,6$  klimakoeffisient for oppvarmingsbehov for kontorbygg

$\theta_{\text{ym}} = 5,9$  °C årsmiddeltemperaturen

For årsmiddeltemperaturen er det valt å sjå på normalperioden 1961-1990. Kjørbo, staden kor bygningen er plassert, ligg mellom to vêrstasjonar som har registrert årsmiddeltemperatur for normalperioden, Fornebu og Dønski. Målefunksjonen for kart på gulesider vart nytta for å finne avstanden i luftlinje mellom Kjørbo og dei ulike vêrstasjonane. Avstanden mellom Kjørbo og Dønski er om lag 2 500 m, medan avstanden mellom Kjørbo og Fornebu er om lag 5 500 m. For Dønski er temperaturen målt 59 meter høgde over havets midlare normalvasstand (h.o.h). For Fornebu, 10 h.o.h. Årsmiddeltemperaturen for Fornebu vart valt, grunna h.o.h for Kjørbo samsvarar meir med målestasjonen for Fornebu, samt at begge stader ligger nær havet. Dønski ligger eit stykke frå havet. Årsmiddeltemperaturen for Dønski er 5,2 °C, 0,7 °C lågare enn for Fornebu. (Meteorologisk institutt, 2012)

- Netto spesifikt energibehov til kjøling etter pr NS 3701: er avhengig av dimensjonerande utetemperatur ved sommarforhold som i gjennomsnitt ikkje overstig meir enn 50 timar i året,  $DUT_5$ . Dersom  $DUT_5$  er høgare enn 20 °C, skal høgaste utrekna netto spesifikt energibehov til kjøling reknast ut ifrå følgjande formel (Formel 2):

$$\beta(DUT_5 - 20) \quad (4)$$

$\beta = 1,4$  kjølebehovskoeffisient avhengig av bygningskategori

$DUT_5 = 25,7$  °C

Også for  $DUT_s$  er det nytta data for Fornebu. Temperaturen er frå normalperioden 1957-1976, og er basert på tørrkuletemperatur. (Telefonsamtale med Thor Endre Lexow 15.05.2012, basert på Wolleng, 1979)

- Høgast varmetapstal etter pr NS 3701: er avhengig av bygningskategori og oppvarma areal av bygningen. For oppvarma areal større enn 1 000 m<sup>2</sup>, er varmetapstalet konstant for den aktuelle bygningskategorien. Bygningen har eit oppvarma areal på 2 438 m<sup>2</sup>.
- Energiforsyning etter pr NS 3701: Det er krav til at varmesystemet i vesentleg grad skal nytte andre energivarer til varmeformål enn direkteverkande elektrisitet og fossile brensler. Kravet er gitt ved følgjande likning (Formel 3):

$$E_{del,er-el} \eta_{er} + E_{del,oil} \eta_{oil} + E_{del,gas} \eta_{gas} < (1 - \alpha)(Q_{H,nd} + Q_{W,nd}) \quad (5)$$

$E_{del,er-el} = 4\,960$  kWh/år årleg utrekna behov for levert direkteverkande elektrisitet til varmesystem. 40 % av oppvarming til tappevatn vert dekt av elektrisk varmtvassberedar.  $\eta = 0,98$  er årsgjennomsnittleg systemverknadsgrad for direkteverkande elektrisk varmesystem

$Q_{H,nd} = 194\,054$  kWh/år - årleg netto energibehov for oppvarming

$Q_{W,nd} = 12\,152$  kWh/år - årleg netto energibehov av tappevatn

$\alpha = 0,6$  andel alternative energivarer til direkteverkande elektrisitet og fossile brensler

Bygget har ikkje tilført olje eller gass.

Tabell 10 viser verdiar for dagens situasjon og krav. Krava angitt i Prosjektrapport 42 er strengare enn pr NS 3701 for netto oppvarmingsbehov og totalt varmetapstal, medan pr NS 3701 angir strengaste krav for netto kjølebehov. Dagens situasjon oppfyller krav til energiforsyning. Bygningen er langt ifrå å nå dei andre krava både i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42.

**Tabell 10 Samanlikning av dagens situasjon mot krav i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42**

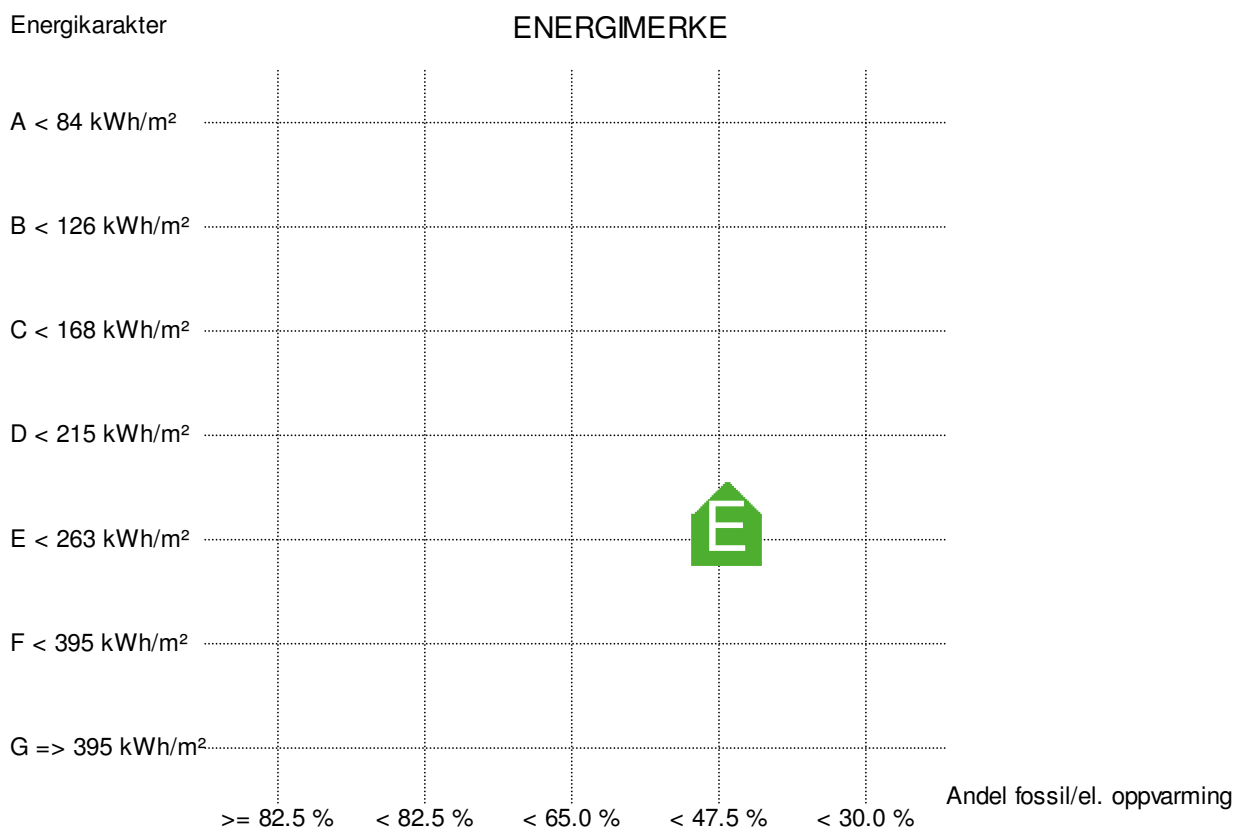
Eigenskap	Dagens situasjon	Krav angitt i pr NS 3701	Krav angitt i Prosjektrapport 42
Netto spesifikt oppvarmingsbehov (romoppvarming og ventilasjonsvarme)	79,5 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 21,5 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 15 kWh/(m <sup>2</sup> år)
Netto spesifikt kjølebehov (rom- og ventilasjonskjøling)	46,2 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 8 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 10 kWh/(m <sup>2</sup> år)
Totalt varmetapstal	1,1 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,6 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,5 W/(m <sup>2</sup> K)
Energiforsyning	4 861 kWh/år	< 82 482 kWh/år	



### Energimerke

Ved energimerkesimulering vert det nytta standardiserte verdiar etter NS 3031 (2011) for internlaster, settpunkttemperaturar og driftstider. Ventilasjonsanlegget i kjellar driftast berre ein time per dag. For å få ein meir representativ energikarakter er det valt å fjerne ventilasjon i kjellar ved denne simuleriga, grunna driftstid fråvik heile 11 timar frå standardisert driftstid i NS 3031 (2011).

Bygningen får energimerke E, med levert energi ved normalisert klima på 222 kWh/m<sup>2</sup>år, med ein el-andel av netto oppvarmingsbehov på 31,8 % (Figur 52).



Beregnet levert energi normalisert klima: 222 kWh/m<sup>2</sup>  
Sum andel el/olje/gass av netto oppvarmingsbehov: 31.8 %

**Figur 52 Energikarakter for dagens situasjon. Figur henta frå energisimulering i SIMIEN**

Simulert levert energi ved energimerke vart mindre enn levert energi ved årssimulering som var 249,6 kWh/m<sup>2</sup>år. Moglege årsaker til dette er:

- Driftstid for oppvarming for bygget er 24 timar i døgnet og fråvik standardisert verdi med 12 timar per døgn
- Settpunkttemperatur for oppvarming utanfor driftstid er sett til det same som settpunkttemperatur i driftstid, 21 °C, grunna det driftast døgnekontinuerleg. Standardisert settpunkttemperatur utanfor driftstid er 19 °C
- Midlare effekt belysning er sett til 11 W/m<sup>2</sup>. Standardisert verdi er 8 W/m<sup>2</sup>
- Ventilasjon i kjellar er neglisjert i energisimuleringa

Kjørhoparken 1 har fått energikarakteren D ved simuleringa utført av Multiconsult (2010), med levert energi 203 kWh/m<sup>2</sup>år. Dette er 19 kWh/m<sup>2</sup>år mindre enn simulert i denne rapporten. Ved energimerking er det mogleg å legge inn fjernkjøling som lokal kjøleining, som fører til ein mykje betre systemeffektfaktor, og dermed mindre behov for levert energi (Isachsen et al., 2009). I energimerkinga utført av Multiconsult er dette nytta, og energikarakteren vert betre. Dette kan vere ein av hovudårsakene til at Multiconsult har oppnådd mindre behov for levert energi og betre energikarakter.

#### *Evaluering opp mot TEK 10*

For kontroll opp mot offentlege krav skal kvar sone reknast som adiabatisk, som vil seie ingen sonekopling. Det vert nytta standardiserte verdiar etter NS 3031 (2011) for internlaster, settpunkttemperatur for oppvarmingsanlegget og driftstider. (ProgramByggerne, 2012a). Det er også her valt å neglisjere ventilasjon i kjellar.

Ved evaluering opp mot TEK 10 tilfredsstillar bygget verken energitiltak eller energiramme, som er dei to måtane i TEK å kontrollere energibruken til eit bygg på. Bygget får eit totalt energibehov på 190,0 kWh/m<sup>2</sup>år, medan kravet er 150 kWh/m<sup>2</sup>år. Figur 53 viser at det er berre ein post bygget tilfredsstillar når det gjeld energitiltak.

Energiltak (§14-3)			
Beskrivelse		Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]		13,3	20,0
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]		0,28	0,18
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]		0,16	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]		0,16	0,15
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]		2,80	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]		0,11	0,06
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]		2,00	1,50
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]		70	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:		3,40	2,00
Lokal kjøling er ikke tillatt i tiltaksmodellen		-	-

Figur 53 Energiltak ved evaluering mot TEK 10 for dagens situasjon. Figur henta frå SIMIEN

Energibehovet ved evaluering opp mot TEK 10 er lågare enn ved årssimulering, der netto spesifikt energibehov var 228,6 kWh/m<sup>2</sup>år. Årsaker til dette kan vere at sonene vert rekna som adiabatisk, samt tilsvarande årsaker som nemnt for energimerke.

Resultata frå simuleringane viser at energibehovet er høgt og bygget tilfredsstillar få forskriftskrav. Varmetapstala for vindauga, ventilasjon, infiltrasjon og kuldebruer er store og bør mellom anna forbeholdt for at bygget skal bli plusshus.

#### 4.4 Grunnlag for konsept

I dette kapittelet er det lagt fram generelle antatte forhold nytta for konseptane som vert presentert i etterfølgjande kapittel.

- *Areal:* Det er antatt at trappearealet mellom kontorblokkene ikkje skal oppgraderast eller oppnå plusshusstandard
- *Forma til bygningen:* Er forenkla til å vere heilt kvadratisk, ikkje avspissa hjørne
- *Dører:* Det er ikkje tatt med dører til bygget, sidan desse vender mot trapperom eller glasgang. Det er lagt inn fasadeareal i staden for dører
- *Dagslys:* Dagens dimensjon på vindauga gir tilfredsstillande dagslys
- *Bunden energi:* Bunden energi for materiala som bygget blir tilført skal vere med i energibudsjettet. Bunden energi for materiala som står att etter riving skal ikkje vere med i energibudsjettet (til dømes beresystemet i betong). I overslaget over bunden energi for konseptane er det tatt utgangspunkt i plusshuset som skal oppførast på Brattørkaia i Trondheim. Bunden energi for bygget på Brattørkaia er rekna til 22 kWh/m<sup>2</sup>år for ei levetid på 60 år (Powerhouse, 2012)
- *Vindkraft:* I følge yr.no (2012) varierte den månadlege middelsvindstyrken på Kjørbo frå 1,8 -2,8 m/s for månadane april 2011 til mars 2012. I denne perioden var den årlege snitt vindstyrken 2,3 m/s. Ut ifrå Figur 31 i kapittel 3.5.2 *Vindkraft*, er produsert elektrisitet

svært låg for ein slik vindstyrke ved bruk av ein vindturbin for småskala vindkraft. Med bakgrunn i dette er det antatt at potensialet for vindkraft er lågt, og vil ikkje inngå i løysingane til konsept

#### 4.6 Konsept 1: Pluss hus, men ikkje passivbygg

I dette kapittelet vert det starta med å gi oversikt og skildring av dei ulike tiltaka, både på sjølv bygningskroppen, energiforsyning og tekniske installasjonar. Vidare vert resultat frå energisimulering i SIMIEN for konseptet presentert og samanlikna med krav i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42. Avslutningsvis vert energiproduksjon og kostnadsoverslag presentert.

##### 4.6.1 Tiltak

I dette forslaget vert det antatt følgjande:

- Bindingsverket er i god stand, ikkje råteskadar eller spor av muggvekst
- Anslår at 40 % av utvendig gipsplate er fuktskada eller vert skada ved demontering av fasadefelt. Rambøll (2010b) fastslår at nokre stader viser den utvendig gipsplata teikn til skadar eller har gått i oppløysning
- Drenering under terreng fungerer bra

Tabell 11 viser ei oversikt over tiltak i konsept 1.

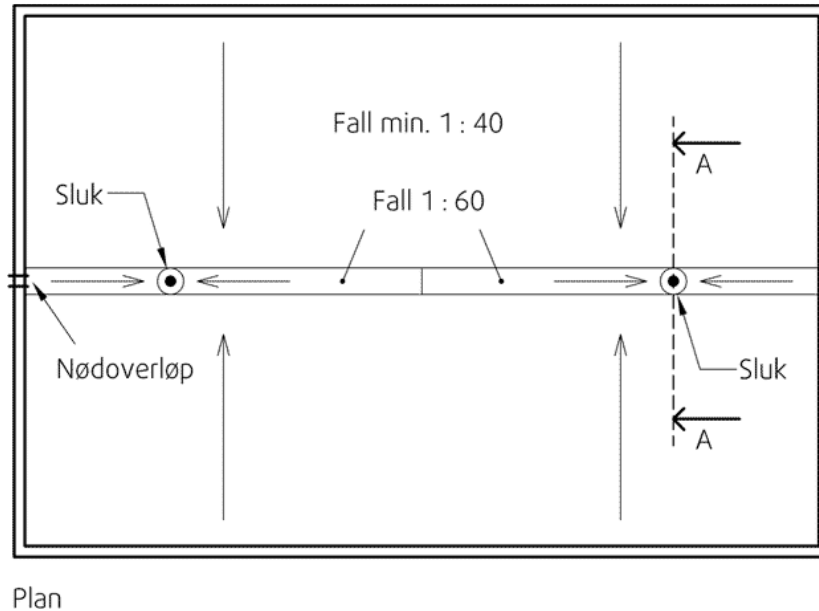
Tabell 11 Oversikt over tiltak i konsept 1

Oversikt over tiltak	
Tak	Etterisolere 150 mm. Ny parapet
Yttervegg	Etterisolere 150 mm
Vindauge	Skifte ut vindauge
Solavskjeming	Installere persienner utvendig (solutsett fasade) og innvendig (lite solutsett fasade)
Infiltrasjon	Tetting av bygningen
Ventilasjonsanlegg	Nytt CAV-anlegg, varmegjenvinnar med temperaturverknadsgrad på 90 %. Reingjer eksisterande kanalnett
Sentral driftskontroll	Behovsstyring av lys og oppvarming
Belysning	Skift ut til T5 lysrøyr i korridorar og møterom. Rørslesensor og dagslyssensor
Oppvarming	Skifte radiatorventilar med aktuatorer som styrast i sekvens med romkjølinga
Energiforsyning	Endre energiforsyning, installere varmepumpe

##### Tak

Taket etterisolerast med 150 mm EPS med varmekonduktivitet 0,038 W/mK. Isolasjonen leggst rett på eksisterande takbelegg. Det er ikkje opplyst om fuktskadar i tak og det er dermed ikkje behov for å fjerne takbelegg for utlufting. Taket får redusert U-verdien til 0,10 W/ m<sup>2</sup>K. Det er viktig å få tilstrekkeleg fall på taket for å leie vatn til sluk. Byggetalblad 525.207 (2007)

anbefaler eit fall på min 1:40 på ferdig takflate og eit fall på min 1:60 i renner og i kilrenner, sjå Figur 54.



**Figur 54** Anbefaling til fall på kompakt tak (Byggdetaljblad 525.207, 2007)

Ved etterisolering av tak må det byggast ein ny parapet. Parapeten er i flukt med innvendig vegg (400 mm tjukk) og 600 mm høg frå overkant betongdekke. Byggdetaljblad 525.207 (2007) anbefaler at parapeten skal vere minimum 300 mm tjukk når det skal vere ballast på taket (solcellepanel i dette tilfelle), og høgda til parapet bør vere 200-300 mm over ferdig isolert tak. Det er valt 200 mm for å minimere skygge med omsyn til solcellepanel installert på tak. Vidare anbefaler Byggdetaljblad 525.207 (2007) at toppen av parapeten skal ha eit fall innover mot bygningen på 1:5, og eit beslag som fungerer som regnskjerm etter prinsippet to-trinnsstetting. Beslaget må også ha ein effektiv dryppkant i ein avstand på minimum 20 mm frå vegglivet. Taktekkinga skal førast på og over parapeten med ei klemt og lufttett avslutning.

#### *Yttervegg*

Eksisterande fasadekledning fjernast, samt utvendige gipsplater som er skada av fukt eller ved demontering av fasadekledning. Veggene etterisolerast utvendig med 150 mm mineralull med varmekonduktivitet på 0,034 W/mK, som vil gi veggene ein U-verdi på 0,15 W/m<sup>2</sup>K. Ved utvendig etterisolering vert eksisterande kuldebruer mellom yttervegg og etasjeskilje minimert. For å minimere kuldebruer mest mogleg, leggast isolasjonen i to lag, «krysslått». Lektene har dimensjon 36x48 mm<sup>2</sup> nærast eksisterande vegg og 36x98 mm<sup>2</sup> i utføringa. Klimaskjermen nyttar to-trinns-tetting-prinsippet og luftespalta bak kledning må vere tilstrekkeleg stor, minimum 23 mm. Fasadekledning består av glasfelt i aluminiumsprofilar. For å hindre fuktinntrenging i fasaden er det viktig å få gode kledningsoverganger.

### *Vindauge*

Eksisterande vindaug har ein dårleg U-verdi, den er anslått til å vere heile  $2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Multiconsult, 2010). Ved å skifte ut vindauga vert varmetapet til bygningen redusert betrakteleg. Dei nye vindauga har same dimensjon som eksisterande vindaug  $2,2 \times 1,3 \text{ m}^2$  (1 x h). Vindauga kan opnast for å kunne lufte etter behov. For å ikkje kome i konflikt med utvendige persienner, er vindauga hengsla i botn og slår innover. Vindauga består av tre lag glas med eit LE-belegg montert på innsida av det utvendige glaset. Dette fører til at meir av solenergien vert reflektert, og varmebidraget for solinnstrålinga vert redusert. For kontorbygget er det ofte ønskeleg å redusere varmebidraget. Det er føreslått ei produktspesifikk løysing, WicLine 75 evo vindaug frå Wicona. Ved å nytte U-verdikalkulator på Wicona si heimeside vert U-verdien for vindaug med vippefunksjon  $0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### *Solavskjerming*

For dei solutsette fasadane, sørvest og søraust, er det installert automatisk utvendige persienner. Lamellane er lyse og ikkje mørke, for å redusere varmebidraget i varme periodar. Persiennene programmerast til å lukkast om natta for å redusere varmetapet i kaldare periodar. Innvendige persienner er installert for dei andre fasadane.

### *Infiltrasjon*

For å redusere oppvarmingsbehovet er det viktig å sørgje for eit lågt infiltrasjonstap. Det er også viktig med eit lågt infiltrasjonstap for å unngå fuktskadar for bygningar som er særst godt isolert. Infiltrasjonstapet reduserast til  $N_{50}=0,6 \text{ h}^{-1}$ . For å få til dette er det viktig å bruke tetteprodukt som vindsperre og klemlister, samt god utførsle. Bygget har per i dag trekkproblem rundt vindaug (sjå kapittel 4.3.5 *Teknisk tilstand*). Ved utskifting av vindaug er det viktig å sørgje for god lufttettleik mellom vindaug og yttervegg. For å sikre god lufttettleik for vindaug som skal opnast må det nyttast ei fuge mellom ramme og karm som er tilstrekkeleg tett når vindaug er lukka. Det anbefalast også å ha tettelister i fugen og at hjørnesamanføringa i listene er utført på ein god måte. (Byggdetaljblad 553.102, 2000)

### *Normalisert kuldebruverdi*

Normalisert kuldebru for dagens situasjon er anslått til  $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Eit stort bidrag til denne verdien er overgangen mellom etasjeskilja og ytterveggen. Ved å etterisolere ytterveggen utvendig med heile 150 mm, vert denne kuldebrua kraftig redusert. På bakgrunn av dette, vert det gått ut ifrå at konseptet kan oppnå ein normaliserte kuldebruverdi på  $0,03 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### *Ventilasjonsanlegg*

Eksisterande kanalnett reingjerast og nytt CAV ventilasjonsanlegg vert installert. Det er valt å installere CAV-anlegg i staden for VAV-anlegg. Ein av årsakene til dette er å redusere inngrep i eksisterande kanalnett, som for eksempel etterinstallasjon av spjeld. Ventilasjonsanlegget er knytt til SD-anlegget slik at det er mogleg å nytte ulike luftmengder i løpet av døgnet. Tidleg på morgon og seint på ettermiddag kan det kjørast mindre luft, grunna at det ofte er færre folk i bygget. Kjørbo har fleire leigetakarar og dei ulike driftstidene til brukarane bør undersøkjast.

Dersom det er store avvik mellom krav til ventilasjonstider for dei ulike brukarane, bør det installerast stengespjeld per etasje, slik at ventilasjon i dei etasjane som ikkje er i bruk kan stengast ut. I følgje samtale med Wachenfeldt (2012) i Powerhouse skal det i utgangspunktet nyttast VAV-anlegg på Kjørbo, men berre viss det er formålstenleg. VAV-anlegg ventilerer etter behov, og store energigevinstar kan hentast. Nokon av ulempene til VAV-anlegg er struping som aukar trykkfallet, levetid på spjeld og kostnader til automatikk, styring og ekstra spjeld.

Det er antatt at det ikkje er fare for overføring av lukt eller helsefarlege stoff og ventilasjonsanlegget har dermed ein kammervarmegjenvinnar med temperaturverknadsgrad på 90 % (Byggdetaljblad 552.340, 2002). Både avtrekks- og tilluftsvifta er plassert framføre varmegjenvinnaren. Ved å plassere avtrekksvifta før varmegjenvinnaren vert varmen frå avtrekksvifta med motor også gjenvunne og lønsemda vert større. (Byggdetaljblad 552.340, 2002). Tilluftsvifta er plassert på sugeside for å leie eventuelle lekkasjar rett veg. I følgje Wachenfeldt (2012) skal det prøvast å nå ein SFP-faktor på 0,7. Det er då viktig med låge trykkfall over alle komponentar og i føringsvegar, samt tilrettelegging for bypass. Det er òg viktig å redusere behovet for mekanisk ventilasjon ved å ventilere effektivt og nytte lågemitterande material.

#### *Oppvarming og kjøling*

Ingen tiltak på eksisterande rørsystem. Nye radiatorventilar med aktuatorer som styrast i sekvens med romkjølinga er installert. Dette for å hindre at kjøling og oppvarming står på samtidig og verkar mot kvarandre, slik som er tilfellet for dagens situasjon. Det er valt å ikkje skifte ut radiatorar eller kjølebaflar, sidan dette ikkje vil gi innverknad på potensialet for energisparing og at det ikkje føreligg opplysningar om at desse ikkje fungerer etter sitt formål. I følgje Incit AB (2011) er normal levetid for radiatorar og kjølebaflar i tak 30 år. Radiatorane har dermed passert normal levetid, og kjølebaflane som vart montert rundt 1990 talet nærmar seg normal levetid. Ved store oppgraderingar, slik som denne, kan det vere aktuelt å skifte radiatorar og kjølebaflar som har passert eller nærmar seg normal levetid. Kjølebehovet for bygningen er òg kraftig redusert, med om lag 40 W, og det kunne vere formålstenleg å skifte ut gamle kjølebaflar og installere færre med lågare maksimal effekt. Det er valt å gjere ei forenkling å ikkje ta omsyn til dette.

#### *Lys*

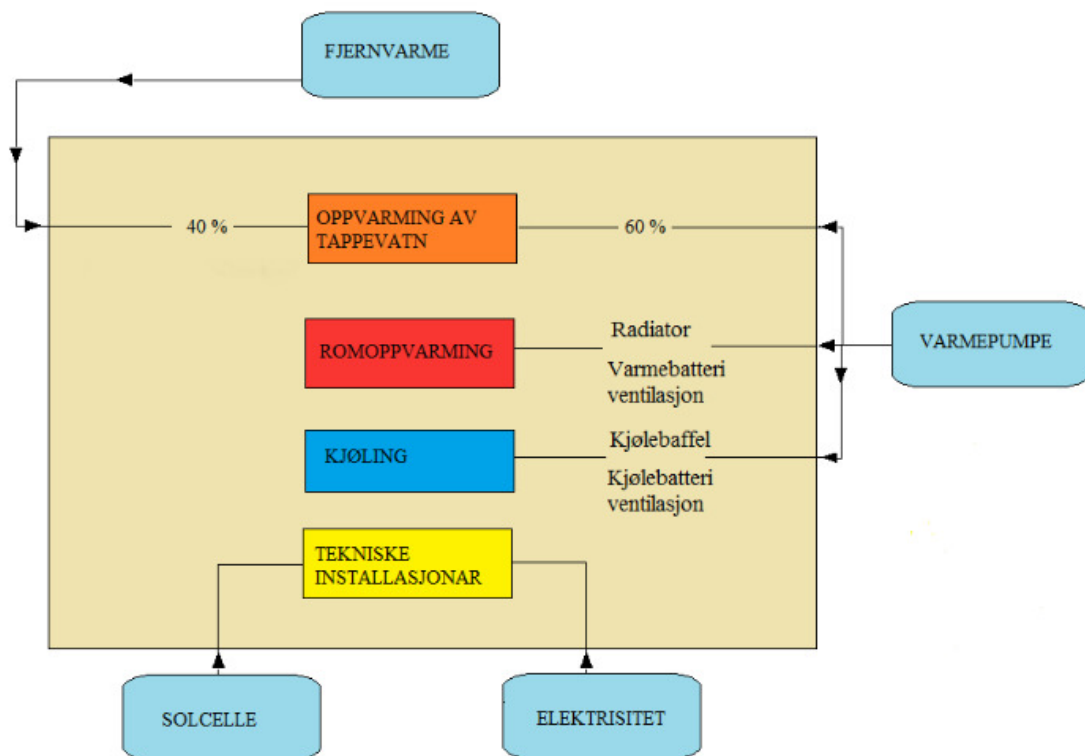
På møterom og i korridorar er det skifta ut belysninga til T5 lysrøyr. På møterom og cellekontor er det montert rørslesensor (IR-sensor). Dagslyssensorar er også montert for å styre behovet for belysning etter innkomande dagslys.

#### *Energiforsyning*

Energiforsyninga til bygningen er endra. Ei sjøvarmepumpe er installert som skal dekkje oppvarmings- og kjølebehov. Etter forenkla overslag basert på maksimal levert effekt på oppvarming- og kjøleinstallasjonar i SIMIEN, vart maksimal levert effekt til kjøleinstallasjonar dimensjonerande og effekt til varmepumpa er anslått til å vere 95 kW. Systemeffekt faktoren til

varmepumpa er sett til 3,7. I følge Wachenfeldt (2012) bør ei sjøvarmepumpe oppnå ein systemverknadsgrad over året på over 3,5. Systemeffekt faktoren er avhengig av mange forhold, som type varmepumpe (scroll- eller skruekompressor), driftsføresetnader som temperaturnivå, om det kjørast på dellast eller fullast og type energikjelde.

Bygget er framleis forsynt av fjernvarme og elektrisitet, men er kopla av fjernkjølinga. Det er i tillegg installert solcellepanel. Sjå Figur 55 for fordelinga over energiforsyninga. Energiforsyning for dagens situasjon er å finne i kapittel 4.3.2 *Tekniske system og energiforsyning*, Figur 41.



Figur 55 Prinsippkisse av energiforsyning til konsept

Som figuren viser, er all romoppvarming dekt av varmepumpa. Ofte løner det seg å la ei anna energiforsyning ta spisslasta for at varmepumpa skal gå optimalt og av økonomiske årsaker. Powerhouse på Brattørkaia er prosjektert til å forsørgje heile romoppvarminga, samt 50-75 % av oppvarming av tappevatn (Wachenfeldt, 2012). For konseptet på Kjørbo er det valt tilsvarende løysing, varmepumpa skal dekkje all romoppvarming og 60 % av oppvarming av tappevatn, medan resterande 40 % skal bli dekt av fjernvarme.

### *Bunden energi*

Som nemnt i kapittel 4.5 *Grunnlag for konsept* er det tatt utgangspunkt i bunden energi for Powerhouse Brattørkaia, som er 22 kWh/m<sup>2</sup>år. I dette konseptet er beresystem og bindingsverk



beholdt, og bunden energi for dette skal ikkje vere med i energibudsjettet. Berekonstruksjonar har eit stort bidrag til bunden energi. Ut ifrå dette er det valt å sette bunden energi til 10 kWh/m<sup>2</sup>år for dette konseptet.

#### *Samanlikning av eigenskapar til bygningskomponentar for konsept 1 mot krav i pr NS 3701*

Tabell 12 viser eigenskapar for bygningskomponentar til konsept 1 og tilsvarende minstekrav i pr NS 3701. Konseptet oppfyller ikkje minstekrav for U-verdi golv og midlare U-verdi vegg, grunna høg U-verdi for vegg under terreng.

**Tabell 12 Samanlikning av konsept 1 mot minstekrav i pr NS 3701**

Eigenskap	Konsept 1	Minstekrav i pr NS 3701
U-verdi yttervegg	0,15 W/m <sup>2</sup> K (vegg under terreng 0,26 W/m <sup>2</sup> K)	≤0,15 W/m <sup>2</sup> K
U-verdi tak	0,10 W/m <sup>2</sup> K	≤0,13 W/m <sup>2</sup> K
U-verdi golv	0,16 W/m <sup>2</sup> K	≤0,15 W/m <sup>2</sup> K
U-verdi vindauge	0,78 W/m <sup>2</sup> K	≤0,80 W/m <sup>2</sup> K
Normalisert kuldebruverdi	0,03 W/m <sup>2</sup> K	≤0,03 W/m <sup>2</sup> K
Årsgjennomsnittleg temperaturverknadsgrad	90 %	≥ 80 %
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	0,7 kW/(m <sup>3</sup> /s)	≤1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)
Lekkasjetal ved 50 Pa, n <sub>50</sub>	0,60 h <sup>-1</sup>	≤0,60 h <sup>-1</sup>

#### **4.6.2 Energisimulering**

Som for dagens situasjon, er det gjennomført årssimulering, energimerkesimulering og evaluering opp mot TEK 10. Energiforsyninga frå sola er ikkje tatt med i simuleringane. Det visast til kapittel 4.6.3 *Produksjon av energi* for informasjon om dette. Samanlikning av netto spesifikt energibehov for oppvarming og kjøling, samt totalt varmetapstal mot krav i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42 er presentert etter underkapittelet årssimulering.

##### *Årssimulering*

For driftstider og settpunkttemperaturar for oppvarming er det nytta verdiar etter NS 3031 (2011). Verdiar frå pr NS 3701 (2011) er brukt for luftmengder for ventilasjon og varmetilskot frå interlaster.

Det spesifikke totale energibehovet for konsept 1 er 64,3 kWh/m<sup>2</sup>år (Tabell 13). Oppvarming har eit spesifikt energibehov på 15,5 kWh/m<sup>2</sup>år og 6,7 kWh/m<sup>2</sup>år for kjøling. Dei tre største energipostane er teknisk utstyr, belysning og romoppvarming.

**Tabell 13 Energibudsjett for konsept 1**

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m <sup>2</sup> år)]
Romoppvarming	32 329	13,3
Ventilasjonsvarme (varmebatteri)	5 331	2,2
Varmtvatn (tappevatn)	12 219	5,0
Vifter	10 182	4,2
Pumper	3 878	1,6
Belysning	30 543	12,5
Teknisk utstyr	45 807	18,8
Romkjøling	6 850	2,8
Ventilasjonskjøling (kjølebatteri)	9 527	3,9
<b>Totalt netto energibehov</b>	<b>156 666</b>	<b>64,3</b>

Det totale behovet for spesifikk levert energi er 46,2 kWh/m<sup>2</sup>år (Tabell 14). Elektrisitet til solceller er ikkje tatt omsyn til i energisimuleringa. Dette vil bli simulert i neste kapittel, 4.6.3.

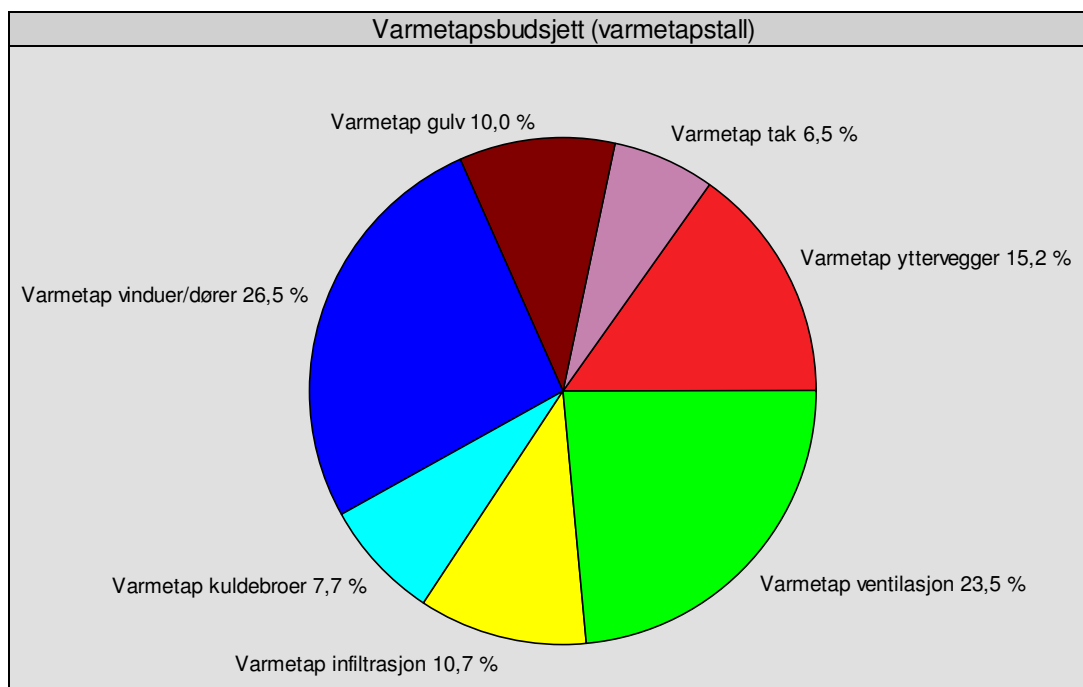
**Tabell 14 Levert energi til bygningen for konsept 1**

Levert energi til bygningen		
Energivare	Levert energi [kWh/år]	Spesifikk levert energi [kWh/(m <sup>2</sup> år)]
Direkte elektrisitet	90 410	37,1
El. til varmepumpe	16 586	6,8
Fjernvarme	5 683	2,3
<b>Totalt levert energi</b>	<b>112 680</b>	<b>46,2</b>

Det totale varmetapstalet for bygningen for konseptet er 0,39 W/m<sup>2</sup>K, der varmetapstalet for glas/vindauge er størst (Tabell 15), tett etterfølgd av varmetapstal for ventilasjon. Figur 56 syner fordeling av desse varmetapa.

**Tabell 15 Varmetapsbudsjett for konsept 1**

Varmetapsbudsjett	
Varmetapstal ytterveggar	0,06 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal tak	0,03 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal golv på grunn/mot det fri	0,04 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal glas/vindauge	0,10 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal kuldebruer	0,03 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal infiltrasjon	0,04 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal ventilasjon	0,09 W/m <sup>2</sup> K
<b>Totalt varmetapstal</b>	<b>0,39 W/m<sup>2</sup>K</b>



**Figur 56 Varmetapsbudsjett for konsept 1. Figur henta frå årssimulering i SIMIEN**

*Samanlikning av konsept 1 mot krav i pr NS3701 og Prosjektrapport 42 for netto spesifikt oppvarmings- og kjølebehov, samt totalt varmetapstal*

Som Tabell 16 viser vil konsept 1 oppfylle alle krav i pr NS 3701. Konseptet er 0,5 kWh/m<sup>2</sup>år ifrå for å tilfredsstille krav til netto spesifikt oppvarmingsbehov i Prosjektrapport 42. Resterande krav i Prosjektrapport 42 er tilfredsstilt.

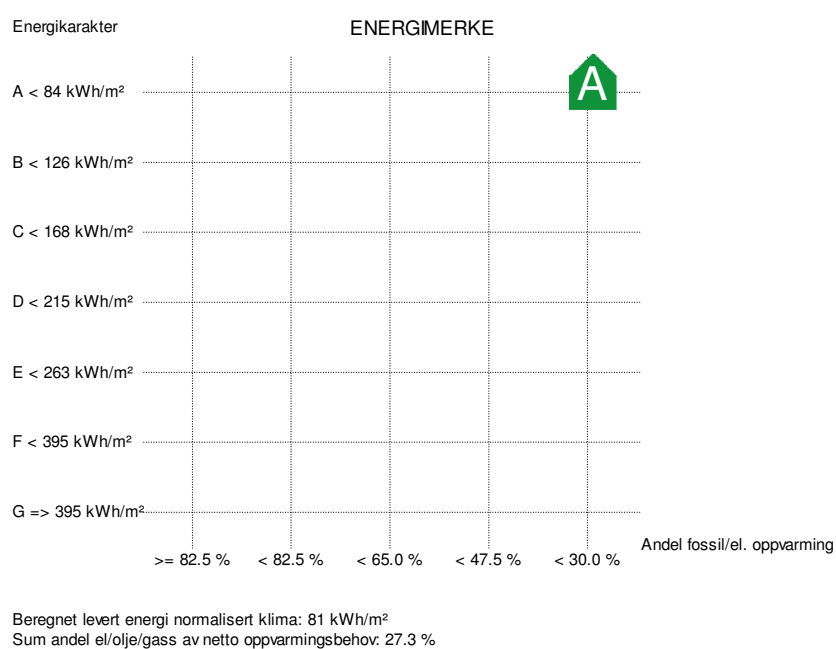
**Tabell 16 Samanlikning av konsept 1 mot krav i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42**

Eigenskap	Konsept 1	Krav angitt i pr NS 3701	Krav angitt i Prosjektrapport 42
Netto spesifikt oppvarmingsbehov (romoppvarming og ventilasjonsvarme)	15,5 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 21,5 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 15 kWh/(m <sup>2</sup> år)
Netto spesifikt kjølebehov (rom- og ventilasjonskjøling)	6,7 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 8 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 10 kWh/(m <sup>2</sup> år)
Totalt varmetapstal	0,39 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,6 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,5 W/(m <sup>2</sup> K)
Energiforsyning	0 kWh	< 19 952 kWh	

### Energimerke

Konseptet får energikarakter A og grøn oppvarmingskarakter med simulert levert energi på 81 kWh/m<sup>2</sup>år (Figur 57). Levert energi er høgare ved energimerkesimulering enn ved årssimulering, 46,2 kWh/m<sup>2</sup>år. Årsaker til dette kan vere:

- Standardisert verdiar for internlastar er høgare i NS 3031 (2011) enn i pr NS 3701 (2011) som er nytta i årssimuleringa
- Driftsverdiar for kjøling er annleis enn standardisert verdiar. Etter NS 3031 (2011) er settpunkttemperatur for kjøling 22 °C og driftstid er 24 i døgnet alle dagar i veka gjennom heile året. I årssimuleringa er settpunkttemperatur kjøling 24 °C, og driftstid er 12 timar i døgnet, 5 dagar i veka gjennom heile året
- Luftmengde for ventilasjon er annleis. I energisimuleringa var det krav til å tilfredsstille standardiserte minimums luftmengder etter NS 3031 (2011), som er 7 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> i driftstid og 2 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> utanfor driftstid. I årssimuleringa er det nytta verdiar etter pr NS 3701 (2011), som er 6 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> i driftstid, og 1 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> utanfor driftstid.



**Figur 57** Energikarakter for konsept 1. Figur henta frå energisimulering i SIMIEN

I energisimulering blei det varsla om at maksimal temperatur er over 26 °C. Sommarsimulering viser at dette er utanfor driftstid, kl. 18:15. I driftstid er temperaturen under dette.

### Evaluering mot TEK 10

Ved evaluering mot TEK 10 tilfredsstillers konseptet energiramme med eit netto spesifikt energibehov på 110,3 kWh/m<sup>2</sup>år. Forskriftskravet er 150 kWh/m<sup>2</sup>år. Energibehovet ved denne evalueringa er også større enn ved årssimulering, 64,3 kWh/m<sup>2</sup>år. For moglege årsaker til dette visast det til førre underkapittel, *Energimerke*, dei to første punkta. Konseptet tilfredsstillers ikkje energiltak. U-verdi for golv er 0,01 W/m<sup>2</sup>K for høgt i forhold til kravet (sjå Figur 58). Minstekrav for luftmengde ventilasjon etter NS 3031 (2011) er heller ikkje tilfredsstillt.

Energiltak (§14-3)			
Beskrivelse		Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørrareal delt på bruksarealet [%]		13,3	20,0
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]		0,18	0,18
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]		0,10	0,13
U-verdi golv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]		0,16	0,15
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]		0,78	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]		0,03	0,06
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]		0,60	1,50
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]		90	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:		0,70	2,00

Figur 58 Energiltak ved evaluering mot TEK 10 for konsept 1. Figur henta frå SIMIEN

### 4.6.3 Produksjon av energi

#### *Solcellesystem*

I dette konseptet er det nytta frittstående solcellemodular på tak. Ei utfordring med dette systemet på flatt tak er å unngå at solcellene kastar skygge på kvarandre, og det må dermed vere ein viss avstand mellom modulane. Solcellesystem er ikkje betre enn sitt svakaste ledd, dersom det vert kasta mykje skygge på eit solcellepanel, påverkar dette effekten til alle solcellepanela i systemet.

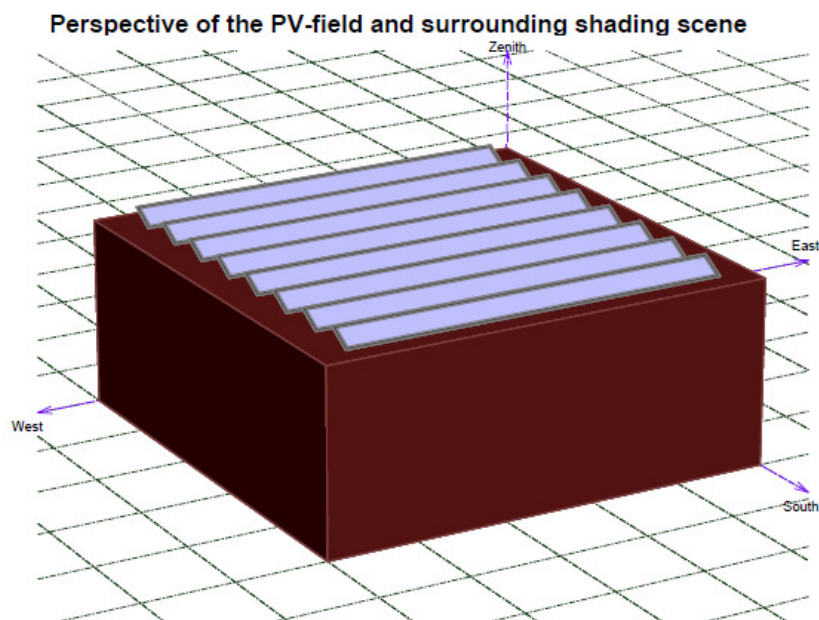
Det er nytta monokrystallinske solceller frå SunPower med ein effektivitet på 20,4 %.

Solcellemodulane er vinkla 30 ° i forhold til horisontalplanet. Som nemnt i kapittel 3.4.3

*Solvarmeanlegg*, er årleg solinnstråling større for flater som er vinkla 30 ° i forhold til horisontalplanet enn dei som er heilt horisontale. Solcellemodulane er 21 meter lang og 1,2 meter brei. Det er plassert åtte strengar eller «modulrekkjer» på taket, med ein avstand mellom forkant modul til neste forkant på tre meter. Dette gir eir installert modulareal på 196 m<sup>2</sup> (sjå Figur 59).

Vidare i oppgåva vert omgrepet solcelleareal nytta for modulareal, som tilsvarar arealet til solcellepanela. Ved simulering vart det gjort ei forenkling med omsyn til asimut til bygningen. I simuleringa er bygningen på Kjørbo orientert 45 ° feil i forhold til verkeleg situasjon. Dette fører til at solcellepanela, slik som dei er plassert på Figur 59, er plassert mot sør. Dette er ei

forenkling. For at solcellepanela skal vere orientert mot sør på Kjørbo må modulane orienterast  $45^\circ$  i forhold til ytterkantane til bygningen.

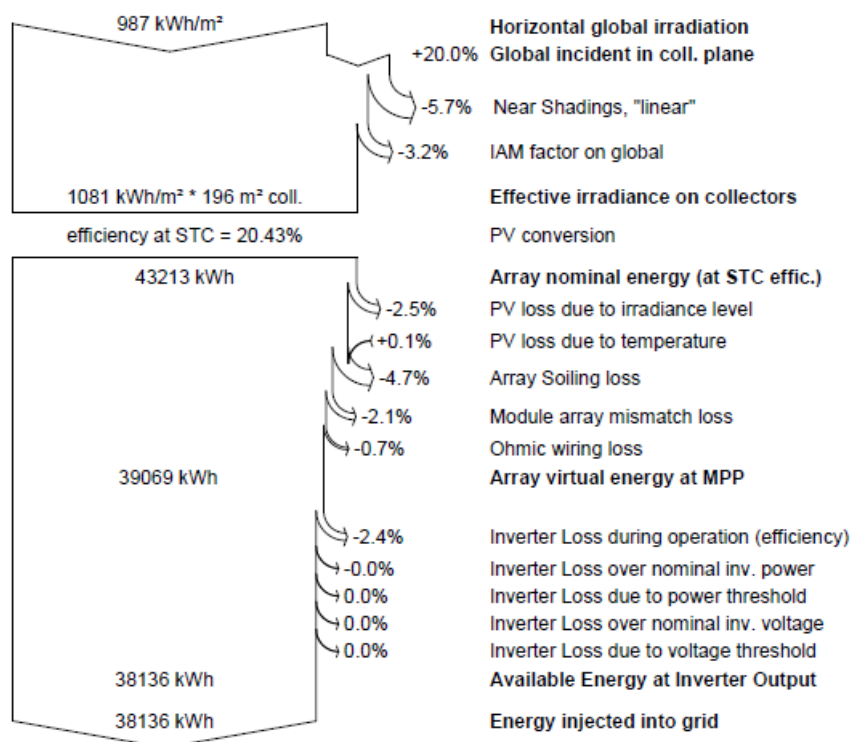


**Figur 59** Installert solcellepanel for konsept 1. Figur henta frå simulering i PVSYST

*Simulering av produsert energi med PVSYST.*

Denne løysinga produserer ca. 38 140 kWh/år. Gjennom året fører nære avskyggingar til eit tap på 5,7 % av mogleg produsert energi og forureiningar fører til eit tap på 4,7 % (Figur 60).

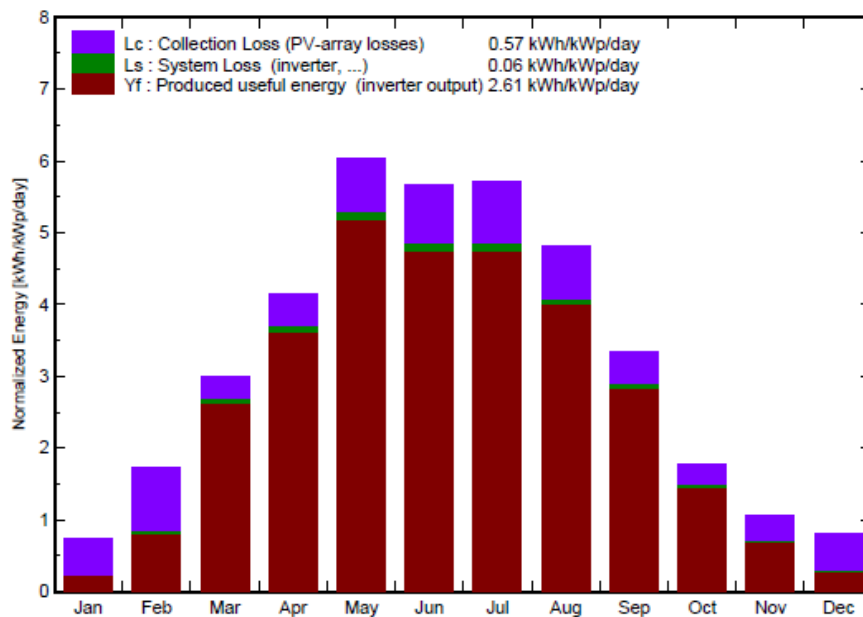
### Loss diagram over the whole year



**Figur 60** Tapsdiagram for solcellepanel i konsept 1. Figur henta frå simulering i PVSYST

Figur 61 viser produsert energi for kvar månad gjennom året. Det lilla på toppen av søylene indikerer tap. For månadane januar, februar og desember er tapet stort grunna snø på solcellene, medan sommarmånadane har størst tap grunna effektiviteten til solcellene går ned når temperaturen på solcellene er høg. For å redusere dette tapet skulle det ha vore nytta kvitt takbelegg og ikkje svart, som fører til at mindre av solenergien vert absorbert på taket.

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 40.0 kWp



Figur 61 Månadleg energiproduksjon for solceller i konsept 1. Figur henta frå simulering i PVSYST

#### Nødvendig produsert energi og nødvendig installert solcelleareal

Bygningen har eit behov for 46,2 kWh/m<sup>2</sup>år levert energi (sjå kapittel 4.6.2, Tabell 14). Etter definisjonen til Powerhouse (kapittel 4.2.2) skal ikkje energi til teknisk utstyr dekkjast av eigenprodusert energi. Behov for energi til teknisk utstyr er 18,8 kWh/m<sup>2</sup>år (sjå kapittel 4.6.2, Tabell 13). Solcellene skal dekkje alt elektrisitetsbehov til bygningen, bortsett frå elektrisitet til teknisk utstyr. I følgje SIMIEN gir dette eit elektrisitetsbehov på 0,2 kWh/m<sup>2</sup>år til drift av solcellene som solcelleproduksjon òg må dekkje. Totalt spesifikt energi solcellene må produsere er 27,6 kWh/m<sup>2</sup>år.

Som Tabell 17 viser, er behovet for produsert elektrisitet større enn kva solcellepanela på taket produserer. Det må produserast ca. 29 150 kWh/år meir energi for at bygget skal dekkje behovet for energi i driftsfasa. Totalt er det nødvendig med 346 m<sup>2</sup> installert solcelleareal for å dekkje det totale behovet for drift til bygningen. Dette er 150 m<sup>2</sup> meir enn kva som er installert på taket.

For å dekkje energibehov både for drift og bunden energi må det installerast 275 m<sup>2</sup> meir solceller, som plasserast på taket til det felles parkeringshuset for Kjørboiparken 1 og 2. Arealet på garasjetaket er 5 300 m<sup>2</sup>. Areal på taket til kontorblokka er 615 m<sup>2</sup>, og ved å bruke heile takflata kunne det installerast, etter denne løysinga, 196 m<sup>2</sup> solcellepanel. Installert solcelleareal utgjer ca. 32 % av det totale takarealet. Ved å gå ut ifrå same arealfaktor for garasjetaket, vil 275 m<sup>2</sup> modulareal bruke 860 m<sup>2</sup> av garasjetaket. Om dette strid mot definisjon av systemgrensa for plussbus, vert diskutert i kapittel 5.5 *Diskusjon av systemgrenser*. Tabell 17 viser ei oversikt over behov for produsert energi og solcelleareal.



**Tabell 17 Oversikt over behov for produsert energi og solcelleareal for konsept 1**

	Spesifikt behov for produsert energi [kWh/(m <sup>2</sup> år)]	Behov for produsert energi [kWh/år]	Nødvendig installert solcelleareal [m <sup>2</sup> ]	Nødvendig installert solcelleareal pr. oppvarma BRA [m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> BRA]
Drift av bygget	27,6	67 290	346	0,142
Bunden energi	10	24 380	125	0,051
Totalt	37,6	91 670	471	0,193

Nødvendig installert solcelleareal pr. BRA i Tabell 17 er ein faktor som viser forholdet mellom nødvendig installert solcelleareal per brutto oppvarma areal. Dersom bygningen har same spesifikt energibehov, men eit anna areal, kan faktoren brukast til å finne ut nødvendig installert solcelleareal for å bli plusshus. Viss bygningen har eit brutto oppvarma areal på 5 000 m<sup>2</sup>, samt eit spesifikt energibehov på 27,6 kWh/m<sup>2</sup>år for drift av bygget, er det nødvendig å installere 710 m<sup>2</sup> solcellepanel av denne typen for å dekkje dette behovet.

Det er viktig å presisere at det kunne ha vore via meir tid til simuleringa, og vidare forsøkt å optimere energiproduksjonen. Faktorar som burde ha vore utprøvd for optimering av energiproduksjonen er:

- vinkling på solcellemodulane i forhold til horisontalplanet
- avstand mellom solcellemodulane
- breidda på solcellemodulane

Andre verdiar for desse faktorane kunne ha gitt ein høgare energiproduksjon. Vidare kan det nemnast at viss taket hadde vore vinkla, ville det høgst sannsynleg vore mogleg å installere meir solcellepanel, ergo høgare produksjon av energi. Om dette er aktuelt avheng mellom anna av reguleringsvedtak for området.

#### 4.6.4 Kostnader og sparingspotensial

I dette kapitlet er det presentert overslag over investeringskostnadene, noverdi, innteningstid og prioriteringsliste for anbefalte tiltak. For LCC til konseptet visast det til Wood (2012).

For energisparingspotensialet er det sett på tiltaka isolert sett. SIMIEN-modellen for dagens situasjon er nytta for å finne kor mykje kvart enkelt tiltak endra det totale behovet for energi. Alle tiltaka er basert på netto totalt energibehov, bortsett frå endra energiform som er basert på levert energi. Det er viktig å presisere at energisparingspotensialet totalt for konseptet er mindre enn summen av energisparingspotensialet for kvart enkelt tiltak. Dette på grunn av at gjennomføring av fleire tiltak kan redusere energisparingspotensialet for kvart enkelt tiltak.

Energisparingspotensialet for solavskjerming er ikkje rekna ut, sidan det er avhengig av to faktorar, solfaktoren på vindauge og for sjølve persienneløysinga.

Tabell 18 viser ei oversikt over investeringskostnad, energisparingspotensial, noverdi og innteningstid.

**Tabell 18 Oversikt over investeringskostnad, noverdi og innteningstid for konsept 1**

Tiltak	Investering kostnad inkl. mva. [kr]	Energi sparings potensial [kWh/år]	Energipris 50 øre/kWh		Energipris 100 øre/kWh	
			Noverdi [kr]	Inntening stid [år]	Noverdi [kr]	Inntening stid [år]
Isolere tak	958 300	3 493	- 934 975	-	-911 691	-
Isolere vegg	2 850 300	8 040	-2 796 719	-	-2 743 125	-
Skifte ut vindauge	2 312 700	55 090	-1 945 471	-	-1 578 249	-
Tetting rundt vindauge	68 700	22 730	82 817	8,1	234 332	3,5
Skifte ut ventilasjonsanlegg	581 100	78 149	-225 236	-	130 651	10,9
Endre energiforsyning	2 000 000	265 281	-791 922	-	416 157	11,1
Installere solavskjerming	371 600	-	-	-	-	-
Skifte ut belysning	195 200	41 999	27 303	15,5	249 772	5,8
Installere solceller	2 269 900	91 670	-1 701 099	-	-1 132 330	
<b>Totalt</b>	<b>11 610 000</b>	<b>477 144</b>				

Total investeringskostnad for konsept 1 er 11 610 000 kr. Endre energiforsyning er det tiltaket som reduserer energibehovet mest, medan isolering av tak gir minst reduksjon i energibehov. Installering av varmepumpe med systemeffektfaktor på 3,7 reduserer behovet for levert energi mykje i motsetnad til å bruke fjernvarme med systemeffektfaktor mindre enn 1. Taket er per i dag isolert med 250 mm, og etterisolering av taket vil gi mindre effekt enn andre tiltak.

Ein energipris på 50 øre/kWh gjer det lønsamt å tette rundt vindauge og skifte ut belysning. Ein dobling av energiprisen reduserer innteningstida til desse tiltaka, samtidig som det blir lønsamt å skifte ventilasjonsanlegg og endre energiforsyning.

Å skifte ut vindauge gir òg eit stort energisparingspotensial og bør gjennomførast, sjølv om investeringskostnaden er høg, 2 312 700 kr. I følge Rambøll (2010a) er det ikkje mogleg å skifte vindauge utan å demontere fasade, og det kan dermed løne seg å etterisolere veggens samtidig ved dette tiltaket.

For å bli pluss hus er det òg nødvendig å installere solcellepanel, sjølv om det ikkje er lønsamt i følge desse utrekningane.

For øvrig kan det nemnast at det ikkje er rekna på kostnader med å skifte ventilar på radiatorane. Kostnader med å kople teknisk utstyr på eksisterande SD-anlegg, inngår i kostnadene for teknisk utstyr. Dette inkluderer behovsstyring av lys, ventilasjon og oppvarming.

Under følger det ei prioriteringsliste over anbefalte tiltak som er basert på noverdi for energipris på 100 øre/kWh. Denne prioriteringa vil vere forskjellig frå om det vert nytta energipris på 50 øre/kWh. Grunnen for det er valt å basere lista på ein energipris på 100 øre/kWh, var at denne prisen låg nærast den energiprisen på 114,96 øre/kWh Wood (2012) brukte i sine LCC-utrekningar.

1. Endre energiforsyning
2. Skifte ut belysning
3. Tetting rundt vindauge
4. Skifte ut ventilasjonsanlegg
5. Isolere tak
6. Installere solceller
7. Skifte ut vindauge
8. Isolere vegg

Tiltaka: endre energiforsyning, skifte ut belysning og tetting rundt vindauge får størst prioritert. For tiltaket tetting rundt vindauge er det tatt utgangspunkt i redusert energibehov ved å endre lekkasjetalet. Dette lekkasjetalet er avhengig av fleire parametarar enn å tette rundt vindauge, som eksempelvis tetttiltak mellom overgang tak og yttervegg, og generell god utførsle. Kostnaden derimot for dette tiltaket er berre basert på tetting rundt vindauge, og kan føre til at tiltaket har fått ufortent stor prioritet. Utskiifting av fasade er dyrt, og isolering av vegg endar på botn av prioriteringslista.

Bakgrunn for investeringskostnad, noverdi og innteningstid er å finne i vedlegg 5 og 6.

## **4.7 Konsept 2 Plusshus og passivbygg**

Dette kapitlet er bygd opp på tilsvarande måte som førre kapittel.

### **4.7.1 Tiltak**

Dette konseptet går ut ifrå følgjande:

- Det er påvist muggsoppskadar i yttervegg (Rambøll, 2010b). På bakgrunn av dette, samt ønskje om heilt ny vegg, vert eksisterande yttervegg riven ned, og ny yttervegg vert bygd opp. Antar at alt bindingsverk, mineralull, dampsporre og utvendig og innvendig gips må skiftast ut.

Tabell 19 viser ei oversikt over tiltak for konsept 2. Tiltak for tekniske system, energiforsyning, solavskjerming, infiltrasjon og normalisert kuldebruverdi er same som for konsept 1, og det visast til dette for meir utdjupande informasjon (kapittel 4.6.1).

**Tabell 19 Oversikt over tiltak i konsept 2**

Oversikt over tiltak konsept 2	
Tak	Etterisolere 250 mm. Ny parapet
Yttervegg	Etterisolere 150 mm
Vegg under terreng	Etterisolere 100 mm
Golv på grunn	Etterisolere 50 mm
Vindauge	Skifte ut vindauge
Solavskjerming	Utvendige persienner på solutsett fasade, innvendige persienner på lite solutsett fasade
Infiltrasjon	Tetting av bygningen
Ventilasjonsanlegg	Nytt CAV-anlegg, varmegjenvinnar med temperaturverknadsgrad på 90 %. Reingjer eksisterande kanalnett
Sentral driftskontroll	Behovsstyring av lys og oppvarming
Belysning	Skift ut til T5 lysrør i korridorar og møterom. Rørslesensor og dagslyssensor
Oppvarming	Skifte radiatorventilar med aktuatorer som styrast i sekvens med romkjølinga
Energiforsyning	Endre energiforsyning, installere varmpumpe

### *Tak*

Taket etterisolerast med 250 mm EPS, og oppnår ein U-verdi på 0,08 W/m<sup>2</sup>K. Høgda til ny parapet er 700 mm. For meir informasjon om tak, sjå tilsvarende avsnitt for konsept 1.

### *Yttervegg*

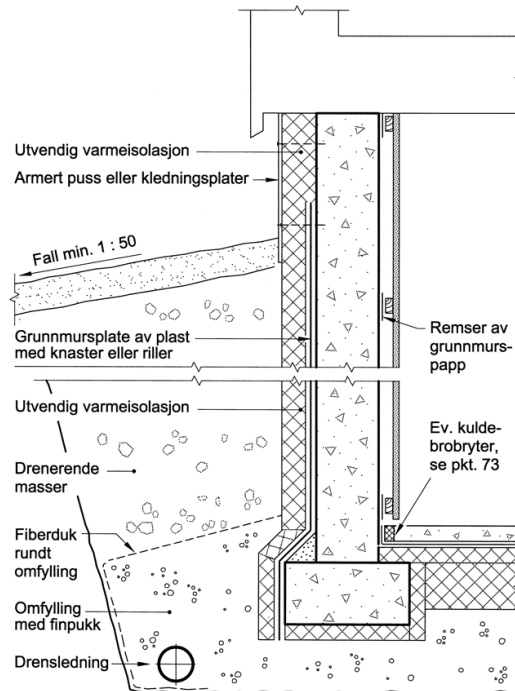
Eksisterande yttervegg rivast, grunna påvist muggskade og ønskje om heilt ny vegg. Det nye stenderverket har dimensjon 36 x(148 +148) mm<sup>2</sup>, og varmekonduktiviteten til mineralull er 0,034 W/mK. Dette gir ein U-verdi for vegg på 0,14 W/m<sup>2</sup>K i følgje Byggdetaljblad 471.012 (2003), tabell 211. Fasadekledningen består av glasfelt i aluminiumsprofilar.

### *Vegg under terreng*

Vegg under terreng etterisolerast utvendig med 100 mm EPS, med varmekonduktivitet på 0,038 W/mK. Det isolerast frå underkant betongdekke heilt opp til veggisolasjonen over. Vegg under terreng får då ein effektiv U-verdi på 0,15 W/m<sup>2</sup>K når effekten frå omliggande masse og etterisolering av golv er kalkulert med. Ved både innvendig og utvendig isolering av vegg under terrengnivå, anbefalast det at minst 1/3 av isolasjonstjukkelen er utvendig isolasjon. Risikoen for fuktproblem aukar med aukande varmemotstand for isolasjon på innvendig side av betongen. (Geving og Thue, 2002). I dette konseptet er det 100 mm isolasjon utvendig og 60 mm isolasjon innvendig, og dermed er meir enn 1/3 av isolasjonen utvendig.

Mellom isolasjonen og betongen er det lagt vassavvisande og kapillærbrytande vern, knasteplast, som skal sørge for at vatn ikkje renner inn og vert soge opp av vegg. Eksisterande drengmasse og drengsrør vert nytta ved igjenfylling. Ny fiberduk vert lagt mellom drenerande masse og resterande igjenfyllingsmasse. Den drenerande massen hindrar vasstrykk mot vegg og fiberduken vernar den drenerande massen mot finpartiklar. I følgje Byggdetaljblad 523.127 (2004) bør

terrenget ha eit minimumsfall på 1:50 for å hindre at overflatevatn renner inn mot bygningen (Figur 62).



Figur 62 Utvendig isolering av betongvegg mot terreng (Byggdetaljblad 523.127, 2004)

### Golv

Golv på grunn etterisolert med 50 mm EPS (varmekonduktivitet 0,038 W/mK) og avsluttast med 50 mm betongpåstøyp. Dette på opphavleg golvkonstruksjon, og effektiv U-verdi golv blir 0,11 W/m<sup>2</sup>K. Ved etterisolering vert innvendig høgde til kjellar redusert. Det vert gått ut ifrå at ei høgde på 2,72 m frå overkant av betongdekke på golv til underkant betongdekke på tak, er tilfredsstillande. Med eksisterande himling er høgda frå golv til himling 2,32 m. Eit alternativ er å pigge opp eksisterande golv, men dette er arbeidskrevjande og kostbart.

### Vindauge

Dei nye vindauga har same dimensjon som eksisterande vindauge, 2,2x1,3 m<sup>2</sup> (l x h). Vindauga har fastkarm og det er montert LE- belegg på innsida av det utvendige glaset. Vindauge med fastkarm er lettare å få tette i følgje Byggdetaljblad 553.102 (2000). Vindauga WicLine 75 evo har ein U-verdi på 0,68 W/m<sup>2</sup>K i følgje U-verdikalkulator på heimesida til Wicona.

### Bunden energi

I dette konseptet er bunden energi anslått til å vere 13 kWh/m<sup>2</sup>år. Det er bygd ny yttervegg, samt at vegg under terreng og golv er etterisolert. Ut ifrå dette er det valt å sette bunden energi for dette konseptet til 3 kWh/m<sup>2</sup>år høgare enn konsept 1.

### Samanlikning av eigenskapar til bygningskomponentar for konsept 2 mot krav i pr NS 3701

Tabell 20 viser oppnådd verdi for bygningskomponentar ved gjennomføring av tiltak i konseptet og tilsvarende minstekrav i pr NS 3701. Som tabellen viser vil konseptet oppfylle alle minstekrav.

**Tabell 20 Samanlikning av konsept 2 mot minstekrav i pr NS 3701**

Eigenskap	Konsept 2	Minstekrav i pr NS 3701
U-verdi yttervegg	0,14 W/m <sup>2</sup> K (vegg under terreng 0,15 W/m <sup>2</sup> K)	≤0,15 W/m <sup>2</sup> K
U-verdi tak	0,08 W/m <sup>2</sup> K	≤0,13 W/m <sup>2</sup> K
U-verdi golv	0,11 W/m <sup>2</sup> K	≤0,15 W/m <sup>2</sup> K
U-verdi vindauge	0,68 W/m <sup>2</sup> K	≤0,80 W/m <sup>2</sup> K
Normalisert kuldebruverdi	0,03 W/m <sup>2</sup> K	≤0,03 W/m <sup>2</sup> K
Årsgjennomsnittleg temperaturverknadsgrad	90 %	≥ 80 %
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	0,7 kW/(m <sup>3</sup> /s)	≤1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)
Lekkasjetal ved 50 Pa, n <sub>50</sub>	0,60 h <sup>-1</sup>	≤0,60 h <sup>-1</sup>

### 4.7.2 Energisimulering

#### Årssimulering

Det er òg for dette konseptet nytta verdiar for driftstider og settpunkttemperaturar for oppvarming etter NS 3031 (2011), og luftmengder for ventilasjon og varmetilskot frå interlaster etter pr NS 3701 (2011). Det netto spesifikke totale energibehovet for konsept 2 vart 61,3 kWh/m<sup>2</sup>år (Tabell 21). Energibehovet for oppvarming er 12,1 kWh/m<sup>2</sup>år og 7,2 kWh/m<sup>2</sup>år for kjøling. Dei tre største energipostane er teknisk utstyr, belysning og romoppvarming.

**Tabell 21 Energibudsjet for konsept 2**

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/(m <sup>2</sup> år)]
Romoppvarming	24 558	10,1
Ventilasjonsvarme (varmebatteri)	4 917	2,0
Varmtvatn (tappevatn)	12 219	5,0
Vifter	10 182	4,2
Pumper	3 765	1,5
Belysning	30 543	12,5
Teknisk utstyr	45 807	18,8
Romkjøling	8 045	3,3
Ventilasjonskjøling (kjølebatteri)	9 527	3,9
<b>Totalt netto energibehov</b>	<b>149 563</b>	<b>61,3</b>

Det totale behovet for spesifikk levert energi er 45,4 kWh/m<sup>2</sup>år (Tabell 22). Den største energivara er direkte elektrisitet. Det er ikkje tatt omsyn til energiforbruk til drift av solceller.

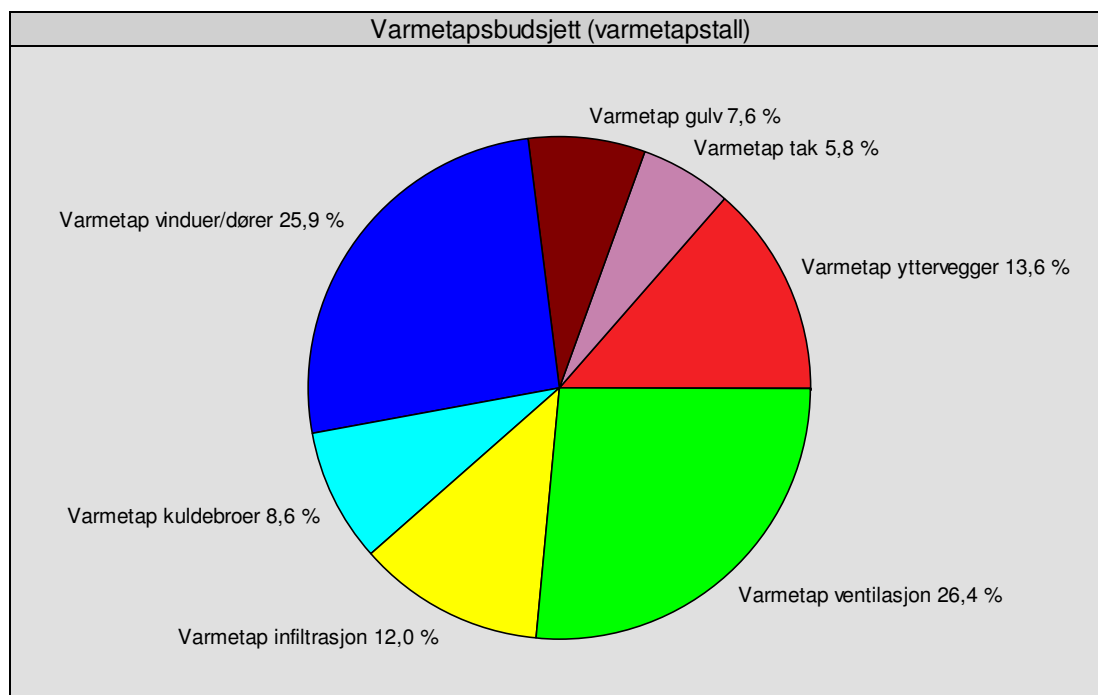
**Tabell 22 Levert energi til bygningen for konsept 2**

Levert energi til bygningen		
Energivare	Levert energi [kWh/år]	Spesifikk levert energi [kWh/(m <sup>2</sup> år)]
Direkte elektrisitet	90 297	37,0
Elektrisitet til varmepumpe	14 697	6,0
Fjernvarme	5 683	2,3
<b>Totalt levert energi</b>	<b>110 678</b>	<b>45,4</b>

Det totale varmetapstalet for bygningen er 0,35 W/m<sup>2</sup>K, der varmetapstalet for glas/vindauge er størst (Tabell 23). Figur 63 syner fordeling over desse varmetapa.

**Tabell 23 Varmetapsbudsjet for konsept 2**

Varmetapsbudsjet	
Varmetapstal ytterveggar	0,05 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal tak	0,02 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal golv på grunn/mot det fri	0,03 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal glas/vindauge	0,09 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal kuldebruer	0,03 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal infiltrasjon	0,04 W/m <sup>2</sup> K
Varmetapstal ventilasjon	0,09 W/m <sup>2</sup> K
<b>Totalt varmetapstal</b>	<b>0,35 W/m<sup>2</sup>K</b>



**Figur 63 Varmetapsbudsjett for konsept 2. Figur henta frå simulering i SIMIEN**

*Samanlikning av konsept 2 mot krav i pr NS3701 og Prosjektrapport 42 for netto spesifikt oppvarmings- og kjølebehov, samt totalt varmetapstal*

Konsept 2 oppfyller alle krav med god margin i både pr NS 3701 og Prosjektrapport 42, sjå Tabell 24.

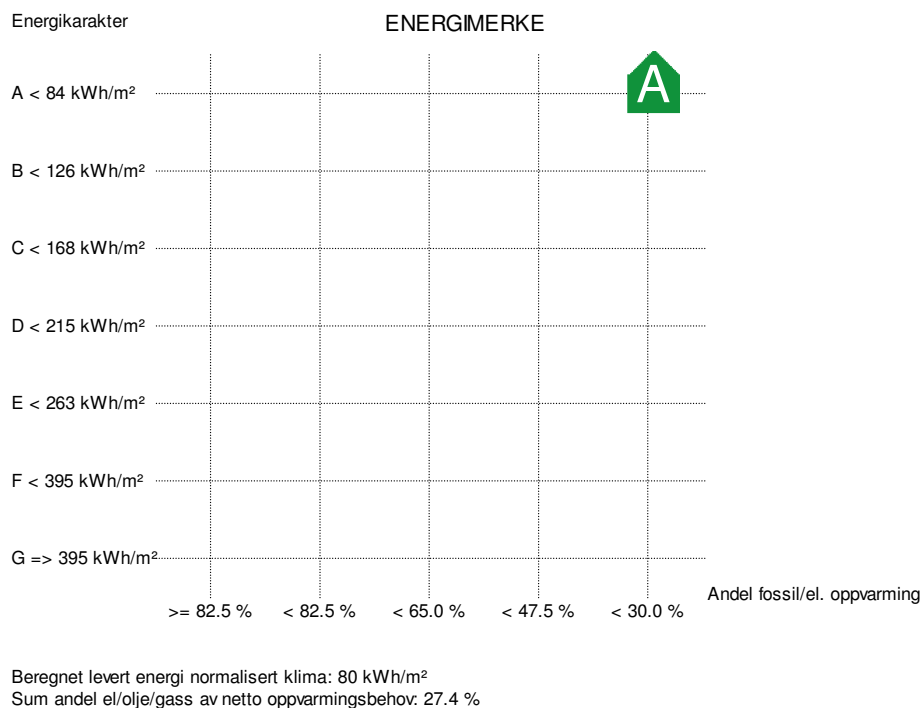
**Tabell 24 Samanlikning av konsept 2 mot krav i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42**

Eigenskap	Konsept 2	Krav angitt i pr NS 3701	Krav angitt i Prosjektrapport 42
Netto spesifikt oppvarmingsbehov (romoppvarming og ventilasjonsvarme)	12,1 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 21,5 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 15 kWh/(m <sup>2</sup> år)
Netto spesifikt kjølebehov (rom- og ventilasjonskjøling)	7,2 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 8 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 10 kWh/(m <sup>2</sup> år)
Totalt varmetapstal	0,35 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,6 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,5 W/(m <sup>2</sup> K)
Energiforsyning	0 kWh	< 16 678 kWh	

### *Energimerke*

Konseptet får energikarakter A og grøn oppvarmingskarakter med levert energi på 80 kWh/m<sup>2</sup>år (Figur 64). Levert energi er også for dette konseptet høgare ved energimerkesimulering enn ved årssimulering, sjå tilsvarande avsnitt i kapittel 4.6.2 for moglege årsaker til dette.





**Figur 64** Energikarakter for konsept 2. Figur henta frå energisimulering i SIMIEN

### Evaluering mot TEK 10

Ved evaluering mot TEK 10 tilfredsstillar konseptet både energiltak (Figur 65) og energigramme med eit energibehov på 108,7 kWh/m<sup>2</sup>år. Energibehovet er også her større enn energibehovet ved årssimulering. For moglege årsaker til dette, sjå tilsvarande avsnitt i kapittel 4.6.2. Konseptet tilfredsstillar ikkje minstekrav for luftmengde ventilasjon etter NS 3031 (2011).

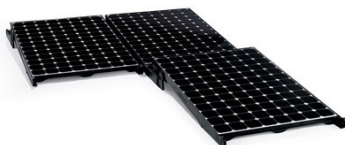
Energiltak (§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]	13,3	20,0
U-verdi yttervegger [W/m <sup>2</sup> K]	0,14	0,18
U-verdi tak [W/m <sup>2</sup> K]	0,08	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m <sup>2</sup> K]	0,11	0,15
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m <sup>2</sup> K]	0,68	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m <sup>2</sup> K]	0,03	0,06
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	1,50
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	90	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m <sup>3</sup> /s]:	0,70	2,00

**Figur 65** Energiltak ved evaluering mot TEK 10 for konsept 2. Figur henta frå SIMIEN

### 4.7.3 Produksjon av energi

#### *Solcellesystem*

I dette konseptet vert det òg installert solcellepanel på tak, men det er brukt eit anna type system. Systemet heiter T5 og er produsert av SunPower. Solcellene er monokrystallinske med effektivitet på 20,4 %, nett som for konsept 1. Modulane er derimot annleis. Solcellepanela har monteringskinne langs sidene og kan festast til kvarandre (Figur 66). Modulane er vinkla 5 °C i forhold til horisontalplanet. I følgje SunPower (2012) er T5 den mest kraftfulle SunPower løysinga for område med avgrensa takareal. Solcellepanela er også enkle og raske å installere, utan behov for å lage hol i taket ved installering. Systemet har ei levetid på 30 år.

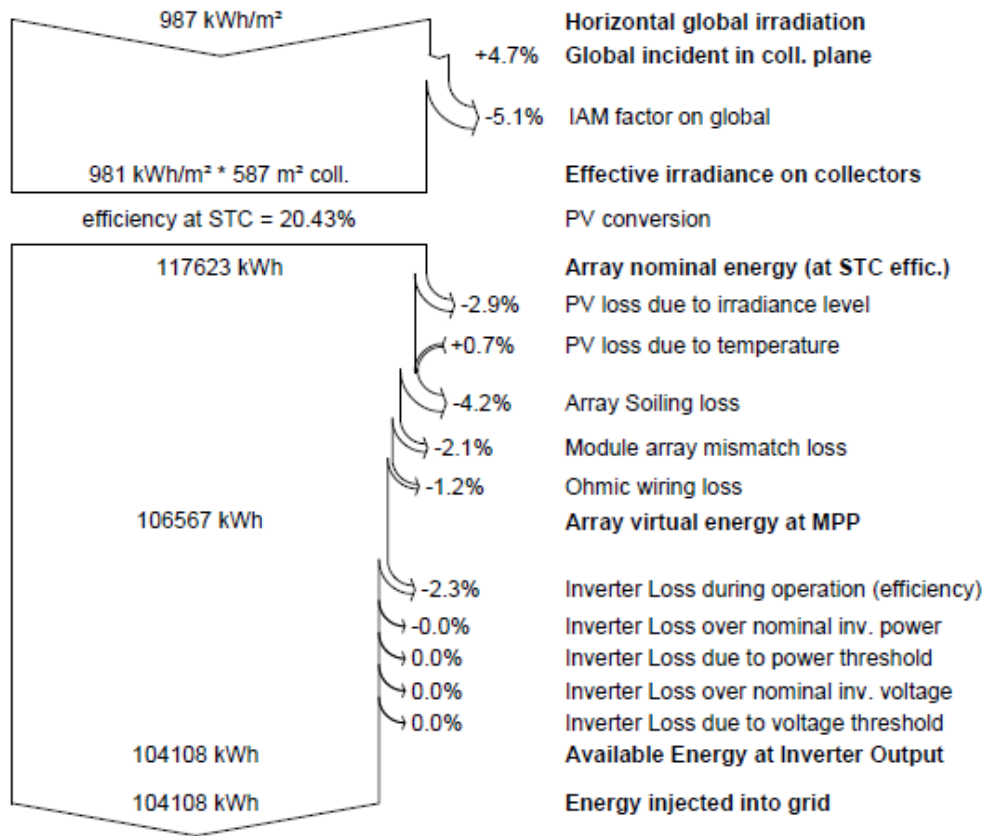


**Figur 66 Solcellepanel T5 frå SunPower (SunPower, 2012)**

#### *Simulering av produsert energi med PVSYST*

I følgje simuleringar frå programmet PVSYST, kan det installerast 360 modular på taket til bygningen. Dette gir eit installert solcelleareal (inkludert areal til sjølve modul) på 587 m<sup>2</sup>, og produsert energi er om lag 104 110 kWh/år. Det er gått ut ifrå at systemet skal koplest til el nettet, og at for månadane januar, februar og desember vil det til tider ligge snø på solcellepanela. Figur 67 viser ulike tap gjennom året. PVSYST nyttar at årleg solinnstråling i Oslo er 987 kWh/m<sup>2</sup>år.

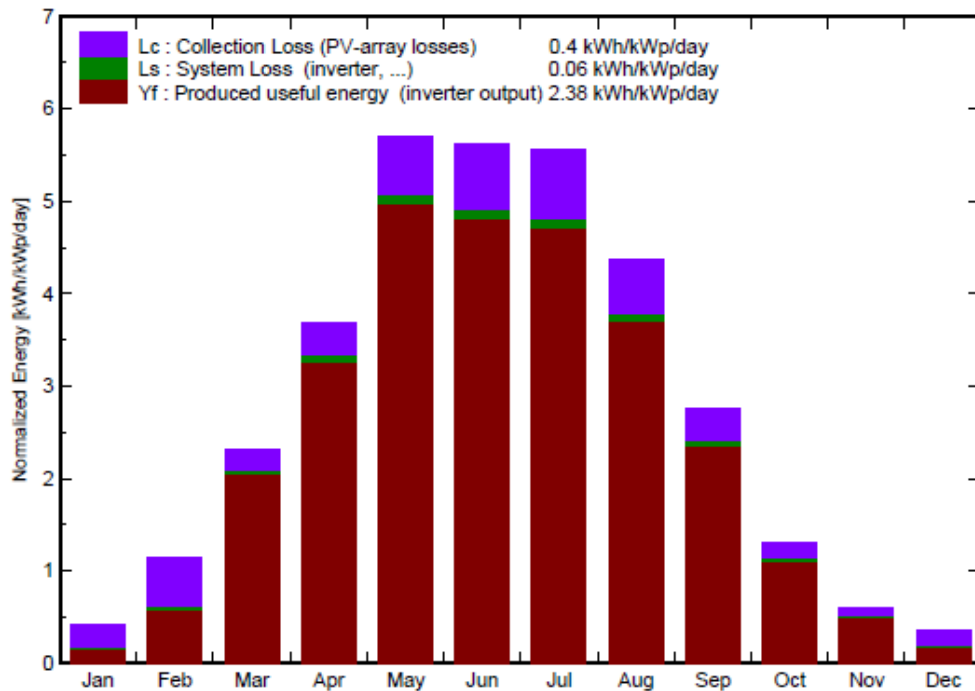
### Loss diagram over the whole year



Figur 67 Tapsdiagram for solcellepanel i konsept 2. Figur henta frå simulering i PVSYST

Produsert energi varierer frå månad til månad, grunna variasjon i solinnstråling og ulike tapsfaktorar, som snødekke og høge temperaturar på panela på sommar føre til mindre effekt. Tap er markert med fargen lilla på Figur 68.

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 120 kWp



Figur 68 Månadleg energiproduksjon for solceller i konsept 2. Figur henta frå simulering i PVSYSY

Simuleringane som er utført, både for konsept 1 og 2, er enkle. Mengde produsert energi desse simuleringane har kome fram til kan fråvike ved detaljprosjektering av solcelleanlegg. Det er vidare gått ut ifrå at overslaget for mengde produsert energi er realistisk.

#### *Nødvendig produsert energi og nødvendig installert solcelleareal*

Bygningen har eit behov for 45,4 kWh/m<sup>2</sup>år levert energi (sjå kapittel 4.7.2, Tabell 22). Total spesifikk energi solcellene må produsere er 26,8 kWh/m<sup>2</sup>år. Jamfør konsept 1 for bakgrunn om behov for produsert energi.

Bygget får eit overskot på 7 080 kWh/år, når det blir tatt omsyn til energi for både drift og bunden energi. Ved å berre ta omsyn til energi til drift av bygget, vert overskotet 38 770 kWh/år. Konsept 2 er eit 38 + hus, der talet 38 står for eit overskot av produsert energi på 38 000 kWh per år når drift av bygget er dekt.

Tabell 25 viser kor mykje solcelleareal som er nødvendig å installere for å dekkje behovet for energi. Det er gått ut ifrå at eit installert solcelleareal på 587 m<sup>2</sup> gir 104 110 kWh/år. For forklaring av faktoren nødvendig installert solcelleareal pr. oppvarma BRA visast det til kapittel 4.6.3. Viss bygningen har eit brutto oppvarma areal på 5 000 m<sup>2</sup>, samt eit spesifikt energibehov på 26,8 kWh/m<sup>2</sup>år for drift av bygget, er det nødvendig å installere 7 550 m<sup>2</sup> solcellepanel av denne typen for å dekkje dette behovet.

**Tabell 25 Oversikt over behov for produsert energi og solcelleareal for konsept 2**

	Spesifikt behov for produsert energi [kWh/(m <sup>2</sup> år)]	Behov for produsert energi [kWh/år]	Nødvendig installert solcelleareal [m <sup>2</sup> ]	Nødvendig installert solcelleareal pr. oppvarma BRA [m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> BRA]
Drift av bygget	26,8	65 340	368	0,151
Bunden energi	13,0	31 690	179	0,073
<b>Totalt</b>	<b>39,8</b>	<b>97 030</b>	<b>547</b>	<b>0,224</b>

Ut ifrå definisjonen til Powerhouse, skal ikkje energi til tekniske installasjonar inngå i energibudsjettet. Hadde dette vore tilfelle, ville ikkje konsept 2 greidd å bli plusshus med å berre installere solceller på tak. Konseptet hadde fått eit underskot på 38 750 kWh/år dersom energiproduksjonen til bygget skulle dekkje all drift av bygg, inkludert teknisk utstyr og bunden energi.

#### 4.7.4 Kostnader og sparingspotensial

Tabell 26 viser ei oversikt over investeringskostnad, energisparingspotensial, noverdi og innteningstid.

**Tabell 26 Oversikt over investeringskostnad, noverdi og innteningstid for konsept 2**

Tiltak	Investering kostnad inkl. mva. [kr]	Energi sparings potensial [kWh/år]	Energipris 50 øre/kWh		Energipris 100 øre/kWh	
			Noverdi [kr]	Inntenings tid [år]	Noverdi [kr]	Inntenings tid [år]
Isolere tak	1 158 000	4 629	-1 127 144	-	-1 096 288	-
Isolere vegg	3 728 800	8 586	- 3 671 538	-	-3 614 305	-
Isolere vegg under terreng	226 400	1 976	-213 211		-200 040	
Isolere golv på grunn	528 100	2 155	-513 695		-499 330	
Skifte ut vindauge	2 189 800	57 209	-1 808 465	-	-1 427 118	-
Tetting rundt vindauge	68 700	22 730	82 817	8,1	234 332	3,5
Skifte ut ventilasjonsanlegg	581 100	78 149	-225 236	-	130 651	10,9
Endre energiforsyning	2 000 000	265 281	-791 922	-	416 157	11,1
Installere solavskjerming	371 600	-	-	-	-	-
Skifte ut belysning	195 200	41 999	27 303	15,5	249 772	5,8
Installere solceller	2 828 900	104 110	-2 182 947	-	-1 536 995	
<b>Totalt</b>	<b>13 880 00</b>	<b>496 687</b>				

Total investeringskostnad for konsept 2 er 13 880 000 kr. Som for konsept 1, er det tiltaket endre energiforsyning som gir størst reduksjon i energibehovet. Isolering av vegg under terreng og golv på grunn gir minst reduksjon i energibehovet.

For ein energipris på 50 øre/kWh er det lønsamt å tette rundt vindauge og skifte ut belysning. Ei dobling av energiprisen fører til at det i tillegg er lønsamt å skifte ut ventilasjonsanlegg og endre energiforsyning.

Under følger det ei prioriteringsliste over anbefalte tiltak som er basert på høgast noverdi for ein energipris på 100 øre/kWh.

1. Endre energiforsyning
2. Skifte ut belysning
3. Tetting rundt vindauge
4. Skifte ut ventilasjonsanlegg
5. Isolere vegg under terreng
6. Isolere golv på grunn
7. Isolere tak
8. Skifte ut vindauge
9. Installere solceller
10. Isolere vegg

Som for konsept 1, er det tiltaka endre energiforsyning, skifte ut belysning og tetting rundt vindauge som får størst prioritet. Isolering av vegg endar på botn av lista. Sjølv om vindauge er langt nede på lista, er energisparingspotensialet stort og bør gjennomførast. Det er også registrert fuktskadar på vindauge, samt mykje trekkproblem, og bør skiftast ut for å utbetre teknisk tilstand av bygget.

## 5. Diskusjon

I dette kapittelet vert dei to konseptane samanlikna opp mot kvarandre og eit tredje konsept vert presentert. Vidare vert det diskutert alternative løysingar, bruk og drift av bygningen, systemgrenser for energiforsyning og produksjon av energi. Til slutt vert det gjort greie for dei ulike utfordringane ved oppgradering av kontorbygg og om Kjørbo gir eit representativt bilete av kontorbygg.

### 5.1 Samanlikning av konsept

Konseptane vert samanlikna mot generelle eigenskapar, energibehov, totalt varmetapstal, nødvendig produsert energi, energisparingspotensial, investeringskostnad og lønsemd.

#### 5.1.1 Generell samanlikning av konseptane

Tiltaka for dei to konseptane er ganske like, men det er ein skilnad i forbetningsgraden i nokon av tiltaka, samt at konsept 2 har litt fleire tiltak. Konsept 2 hadde som mål å oppfylle alle minstekravane i pr NS 3701. Tabell 27 viser ulike eigenskapar for bygningskomponentar for dagens situasjon, konsept 1 og 2, samt minstekrav i pr NS 3701. Konsept 1 oppfyller ikkje minstekravet for U-verdi golv og vegg når vegg under terreng vert tatt omsyn til. Golvet for dagens situasjon har ein U-verdi på 0,16, W/m<sup>2</sup>K som er 0,01 W/m<sup>2</sup>K ifrå minstekravet i pr NS 3701. Energisparingspotensialet for å etterisolere golvet vert diskutert i kapittel 5.1.2 og 5.1.4.

Tabell 27 Samanlikning mellom dagens situasjon, konsept 1 og 2 mot minstekrav i pr NS 3701

Eigenskap	Dagens situasjon	Konsept 1	Konsept 2	Minstekrav i pr NS 3701
U-verdi yttervegg	0,29 W/(m <sup>2</sup> K) under terreng 0,26 W/(m <sup>2</sup> K)	0,15 W/(m <sup>2</sup> K) under terreng 0,26 W/(m <sup>2</sup> K)	0,14 W/(m <sup>2</sup> K) under terreng 0,15 W/(m <sup>2</sup> K)	≤0,15 W/(m <sup>2</sup> K)
U-verdi tak	0,16 W/(m <sup>2</sup> K)	0,10 W/(m <sup>2</sup> K)	0,08 W/(m <sup>2</sup> K)	≤0,13 W/(m <sup>2</sup> K)
U-verdi golv	0,16 W/(m <sup>2</sup> K)	0,16 W/(m <sup>2</sup> K)	0,11 W/(m <sup>2</sup> K)	≤0,15 W/(m <sup>2</sup> K)
U-verdi vindauge	2,8 W/(m <sup>2</sup> K)	0,78 W/(m <sup>2</sup> K)	0,68 W/(m <sup>2</sup> K)	≤0,80 W/(m <sup>2</sup> K)
Normalisert kuldebruverdi	0,11 W/(m <sup>2</sup> K)	0,03 W/(m <sup>2</sup> K)	0,03 W/(m <sup>2</sup> K)	≤0,03 W/(m <sup>2</sup> K)
Årsgjennomsnittleg temperaturverknadsgrad	70 %	90 %	90 %	≥ 80 %
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	3,4 kW/(m <sup>3</sup> /s) kontor 5 kW/(m <sup>3</sup> /s) kjellar	0,7 kW/(m <sup>3</sup> /s)	0,7 kW/(m <sup>3</sup> /s)	≤1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)
Lekkasjetal ved 50 Pa, n <sub>50</sub>	2,0 h <sup>-1</sup>	0,60 h <sup>-1</sup>	0,60 h <sup>-1</sup>	≤0,60 h <sup>-1</sup>

## 5.1.2 Energibehov

### *Netto energibehov og levert energi*

Dagens energibehov er høgt og det tilfredsstillar ikkje krav i TEK 10. Konsept 1 tilfredsstillar energiramme i TEK 10, men ikkje energiltak. Konsept 2 tilfredsstillar både energiramme og energiltak. Som Tabell 28 viser, er energibehov sterkt redusert for dei to konseptane i forhold til dagens situasjon. Ved gjennomføring av konsept 2 vert totalt netto energibehov redusert med 167,3 kWh/m<sup>2</sup>år, medan behovet for levert energi vert redusert med 204,2 kWh/m<sup>2</sup>år, som tilsvarar 497 840 kWh/år for heile blokk 5.

Effektiv energiforsyning har mykje å seie for behovet for levert energi. Det er ein skilnad i totalt netto energibehov for dei to konseptane på 3 kWh/m<sup>2</sup>år, medan det er berre ein skilnad på 0,8 kWh/m<sup>2</sup>år for levert energi (Tabell 28).

**Tabell 28 Samanlikning av energibehov og levert energi for dagens situasjon, konsept 1 og 2**

	Dagens situasjon [kWh/(m <sup>2</sup> år)]	Konsept 1 [kWh/(m <sup>2</sup> år)]	Konsept 2 [kWh/(m <sup>2</sup> år)]
Totalt netto energibehov	228,6	64,3	61,3
Totalt levert energi	249,6	46,2	45,4

### *Samanlikning mot krav i pr NS3701 og Prosjektrapport 42 for netto spesifikt oppvarmings- og kjølebehov, samt totalt varmetapstal*

Oppvarmings- og kjølebehov, samt totalt varmetapstal er betrakteleg redusert for konsept 1 og 2. Som Tabell 29 viser vil konsept 1 oppfylle alle krav i pr NS 3701. Konseptet er 0,5 kWh/m<sup>2</sup>år i frå for å tilfredsstille krav til netto spesifikt oppvarmingsbehov i Prosjektrapport 42. Resterande krav i Prosjektrapport 42 er tilfredsstilt. Konsept 2 tilfredsstillar alle krav, både i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42.

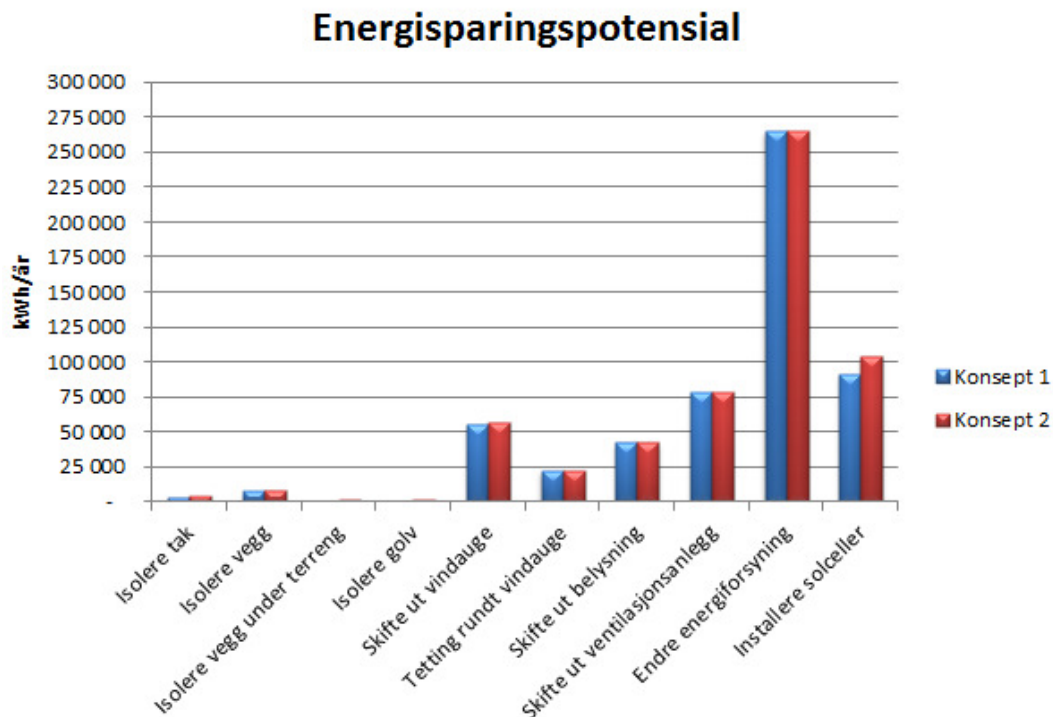
**Tabell 29 Samanlikning av oppvarmings- og kjølebehov, samt totalt varmetapstal mot krav i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42 for dagens situasjon, konsept 1 og 2**

Eigenskap	Dagens situasjon	Konsept 1	Konsept 2	Krav angitt i pr NS 3701	Krav angitt i Prosjektrapport 42
Netto spesifikt oppvarmingsbehov (romoppvarming og ventilasjonsvarme)	79,5 kWh/(m <sup>2</sup> år)	15,5 kWh/(m <sup>2</sup> år)	12,1 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 21,5 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 15 kWh/(m <sup>2</sup> år)
Netto spesifikt kjølebehov (rom- og ventilasjonskjøling)	46,2 kWh/(m <sup>2</sup> år)	6,7 kWh/(m <sup>2</sup> år)	7,2 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 8 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 10 kWh/(m <sup>2</sup> år)
Totalt varmetapstal	1,1 W/(m <sup>2</sup> K)	0,39 W/(m <sup>2</sup> K)	0,35 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,6 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,5 W/(m <sup>2</sup> K)



### Energisparingspotensial

Som Figur 69 viser er energisparingspotensialet for dei to konsept 1 og 2 særst like. Det tiltaket som har størst skilnad mellom konsept 1 og 2 er installering av solceller, som har ein skilnad på 12 440 kWh/år.



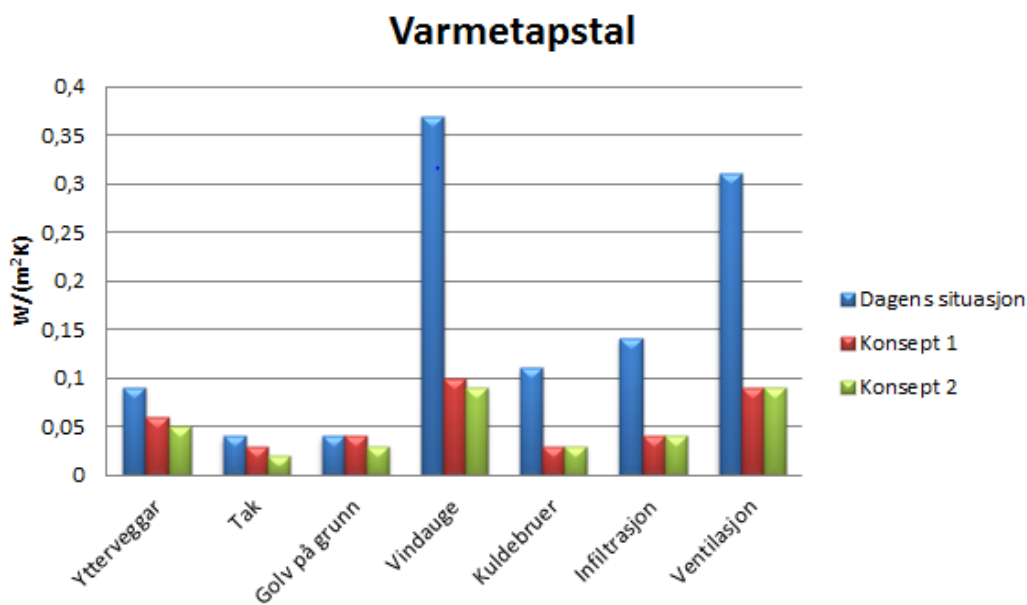
Figur 69 Energisparingspotensial for konsept 1 og 2

Endre energiforsyning og skifte ut ventilasjonsanlegg og vindauge er dei tiltaka som har størst energisparingspotensial. Energisparingspotensialet for å endre energiforsyning er stort fordi det er installert ei varmepumpe med høg verknadsgrad 3,7. Energiforsyning for dagens situasjon har verknadsgrad under 1. I staden for tap i energiforsyninga er det for konsept 1 ein gevinst. Ved utskifting av ventilasjonsanlegg er det fleire faktorar som påverkar energisparingspotensialet. Det er installert ein varmegjenvinnar med høgare temperaturverknadsgrad, plassering av vifter i forhold til varmegjenvinnar er endra, SFP faktoren er betrakteleg lågare, samt luftmengda er redusert. Driftstida til ventilasjon er endra frå 11 timar til 12 timar etter NS 3031 (2011), noko som minimerer sparingspotensialet.

Vidare viser Figur 69 at energisparingspotensialet for tiltak med etterisolering er lite samanlikna med dei andre tiltaka. Av tiltaka som inneber etterisolering, er det yttervegg som har størst energisparingspotensial. For dagens situasjon er U-verdi yttervegg 0,29 W/m<sup>2</sup>K, medan U-verdi for både vegg og tak er 0,16 W/m<sup>2</sup>K.

### Varmetapstal

Figur 70 viser varmetapstal for dagens situasjon, konsept 1 og konsept 2. Varmetapstala for vindauge, ventilasjon, kuldebruer og infiltrasjon har gått drastisk ned for begge konseptane forhold til dagens situasjon. U-verdi for vindauge har blitt redusert kraftig, frå 2,8 W/m<sup>2</sup>K til 0,78 W/m<sup>2</sup>K og 0,68 W/m<sup>2</sup>K. Normalisert kuldebruverdi har gått frå 0,11 W/m<sup>2</sup>K til 0,03 W/m<sup>2</sup>K, og infiltrasjonstapet er redusert frå N<sub>50</sub>=2,0 h<sup>-1</sup> til N<sub>50</sub>=0,6 h<sup>-1</sup>.



Figur 70 Varmetapstal for dagens situasjon, konsept 1 og konsept 2

### 5.1.3 Produsert energi

For å kunne samanlikne kor mykje installert solcelleareal som er nødvendig for å bli plusshus for dagens situasjon og for dei to konseptane (Tabell 30), er det tatt utgangspunkt i eitt solcellesystem, Sun Power T5 som vart presentert for konsept 2 i kapittel 4.7.3.

I behovet for produsert energi, er det som for konseptane, ikkje kalkulert med behov for elektrisitet for å dekkje teknisk utstyr, jamfør definisjonen for plusshus til Powerhouse. Resterande elektrisitetsbehov skal bli dekt med solceller. For dagens situasjon er det spesifikke energibehovet til teknisk utstyr 37,7 kWh/m<sup>2</sup>år og drift av solceller 0,6 kWh/m<sup>2</sup>år. Jamfør kapittel 4.6.3 for energibehovet til teknisk utstyr og drift av solceller for dei to konseptane.

Det er gått ut ifrå at eit installert solcelleareal på 587 m<sup>2</sup> gir 104 110 kWh/år produsert energi, som tilsvarar 177,36 kWh/m<sup>2</sup> installert solcelleareal. Tabell 30 viser ei oversikt over behov for produsert energi for dagens situasjon og konsept 1 og 2.

**Tabell 30 Oversikt over behov for produsert energi og solcelleareal for dagens situasjon, konsept 1 og 2**

	Dagens situasjon	Konsept 1	Konsept 2
Spesifikt behov for produsert energi [kWh/(m <sup>2</sup> år)]	212,5	27,6	26,8
Behov for produsert energi [kWh/år]	518 070	67 290	65 340
Spesifikt energibehov for bunden energi [kWh/(m <sup>2</sup> år)]	0	10	13
Totalt energibehov for bunden energi [kWh/år]	0	24 380	31 690
Nødvendig installert solcelleareal for drift [m <sup>2</sup> ]	2 921	379	368
Nødvendig installert solcelleareal for bunden energi [m <sup>2</sup> ]	0	137	179
Nødvendig installert solcelleareal totalt [m <sup>2</sup> ]	2 921	517	547
Nødvendig installert solcelleareal pr. oppvarma BRA [m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> BRA] (inkluderer berre drift)	1,198	0,156	0,151

For dagens situasjon er det nødvendig med eit installert solcelleareal på heile 2 921 m<sup>2</sup>. Skilnaden mellom nødvendig installert solcelleareal for konsept 1 og 2 er liten. For å dekkje drift av bygningen har konsept 1 behov for 11 m<sup>2</sup> meir installert solcelleareal enn konsept 2.

#### 5.1.4 Lønsemd

Lønsemda til dei ulike tiltaka er avhengig av investeringskostnad, energisparingspotensiale og energipris. For noverdi og innteningstid for konsept 1 og 2 er det til kapittel 4.6.4 og 4.7.4. Tabell 31 viser ei oversikt over investeringskostnad og energisparingspotensial for konsept 1 og 2.

**Tabell 31 Samanlikning av investeringskostnad og energisparingspotensial for dei to konsept 1 og 2**

Tiltak	Konsept 1		Konsept 2	
	Investeringskostnad inkl. mva. [kr]	Energisparings potensial [kWh/år]	Investeringskostnad inkl. mva. [kr]	Energisparings potensial [kWh/år]
Isolere tak	958 300	3 493	1 158 000	4 629
Isolere vegg	2 850 300	8 040	3 728 800	8 586
Isolere vegg under terreng	-	-	226 400	1 976
Isolere golv på grunn	-	-	528 100	2 155
Skifte ut vindauge	2 312 700	55 090	2 189 800	57 209
Tetting rundt vindauge	68 700	22 730	68 700	22 730
Skifte ut ventilasjonsanlegg	581 100	78 149	581 100	78 149
Endre energiforsyning	2 000 000	265 281	2 000 000	265 281
Installere solavskjerming	371 600	-	371 600	-
Skifte ut belysning	195 200	41 999	195 200	41 999
Installere solceller	2 269 900	91 670	2 828 900	104 110
<b>Totalt</b>	<b>11 610 000</b>	<b>477 144</b>	<b>13 880 000</b>	<b>496 687</b>

Konsept 2 har etterisolert taket med 100 mm meir enn konsept 1. Skilnaden i energibehovet er berre 1 136 kWh/år, medan investeringskostnaden er 199 700 kr meir enn for konsept 1. Reduksjonen av energibehovet er lite i forhold til kostnaden med å etterisolere taket med meir enn 100 mm.

Det er stor skilnad i investeringskostnaden for isolering av vegg for dei to konsept, medan skilnaden i redusert energibehov er liten. I konsept 2 er det tatt utgangspunkt i at det er påvist muggsoppskadar i yttervegg (Rambøll, 2010b), og på bakgrunn av dette, samt ønskje om heilt ny vegg, vert eksisterande yttervegg riven ned og ny yttervegg vert bygd opp. I følgje ei anna undersøking utført av Rambøll (2010a) er bindingsverket i normal god stand. Det vert dermed anbefalt å behalde eksisterande vegg og skifte ut utvendige gipsplater der desse har gått i oppløysning, slik som i konsept 1. Dersom det er muggsopp på stenderverk, må dette fjernast mekanisk med børste og litt vatn.

Det er eit lite potensial for energisparing for isolering av vegg under terreng. Dersom dreneringa er dårleg, er det viktig å utbetre dette for å hindre framtidig fuktinntrenging. Ekstrakostnaden med å etterisolere vegg under terreng er då liten, og bør gjennomførast. I følgje Byggdetaljblad 700.320 (2010) bør drens-system med drensleidningar og kapillærbrytande sjikt skiftast ut kvart 40. år dersom det er forutsett middels levetid og kvart 60. år dersom det er forutsett lang levetid. Bygget er om lag 30 år og har dermed ikkje passert normal levetid for dreneringssystem. På bakgrunn av dette, samt at det ikkje er gitt opplysningar om drenering bør utbetrast, vert det antatt at fuktsikring av vegg mot terreng er tilfredsstillande. Derimot anbefalar Byggdetaljblad 700.320 (2010) å spyle drensleidning og kontrollere drenskummen kvart andre år ved å forutsette middels levetid. Dette tiltaket bør gjennomførast. Det er ikkje rekna kostnader på dette tiltaket.

Golv på grunn har nest høgast investeringskostnad per redusert kilowattime per år, 245 kr/kWh per år og det anbefalast å ikkje gjennomføre dette tiltaket.

Utskifting av vindauge reduserer energibehovet med over 50 000 kWh/år. Investeringskostnadene for vindauge med fastkarm i konsept 2 er lågare enn i konsept 1, samtidig som U-verdien er betre.

Tetting rundt vindauge er det tiltaket som har lågast investeringskostnad per redusert kilowattime per år, 3 kr/kWh per år, og er dermed svært aktuelt å gjennomføre. Det er lønsamt å gjennomføre dette tiltaket, både for ein energipris på 50 øre/kWh og 100 øre/kWh. Energipris på 100 øre/kWh gir ein noverdi på 234 332 kr og har ei innteningstid på 3,5 år. Som nemnt i konsept 1, kan dette gi eit feilaktig bilete av lønsemda til tiltaket, sidan det er for energisparingspotensialet tatt utgangspunkt i lekkasjetalet, som er avhengig av fleire tiltak enn tetting rundt vindauge.

Utskifting av ventilasjonsanlegg er eit av dei tiltaka som gir størst reduksjon i energibehovet. Ein energipris på 100 øre/kWh gir ein noverdi på 130 651 kr og ei innteningstid på 10,9 år. Det er òg viktig å presisere at det er viktig med eit ventilasjonsanlegg som gir tilfredsstillande frisklufttilførsel. Dårlig ventilerte rom kan gir trøtte og lite effektive arbeidarar og kan redusere produktiviteten og lønsemda til bedrifta.

Det tiltaket som gir størst reduksjon i energibehovet er å endre energiforsyning. Ein energipris på 100 øre/kWh gir ein noverdi på 416 157 kr og har ei innteningstid på 11,1 år. Installering av varmepumpe med høg verknadsgrad er òg viktig for å nå målet om å bli plusshus, dersom systemgrense 1 blir nytta, jamfør kapittel 5.5.

For solavskjerming er det ikkje rekna på energisparingspotensialet. Det er eit viktig tiltak for å redusere kjølebehovet til bygget og hindre at brukarane vert blenda av sola.

Utskifting av belysning er eit tiltak som bør gjennomførast. Tiltaket er lønsamt både for ein energipris på 50 øre/kWh og 100 øre/kWh. Ein energipris på 100 øre/kWh gir ein noverdi på 249 772 og ei innteningstid på 5,8 år.

Det siste tiltaket, installering av solceller er ikkje lønsamt i følgje noverdiutrekningane, men er eit essensielt tiltak for oppgradering til plusshus. Solcellepanela i konsept 2 gir mest produsert energi og følgeleg høgast investeringskostnad. Derimot er det berre installert solcellepanel på taket til bygget. Konsept 1 må installere solcellepanel på taket til felles parkeringshus for å bli plusshus. Dette kan kome i strid med systemgrensene til plusshus, jamfør kapittel 5.5.

Total skilnad i investeringskostnad for konsept 1 og 2 er 2 270 000 kr, medan skilnaden i energibehovet er berre 19 543 kWh/år.

## 5.2 Konsept 3: Anbefalt konsept

Etter å samanlikne konsept, både bygningsmessig og lønsemd, er det kome fram til eit tredje konsept. Som nemnt har effektiv energiforsyning mykje å seie for behovet for levert energi. Det er ein skilnad i totalt netto energibehov på 3 kWh/m<sup>2</sup>år for dei to konsept, medan for levert energi berre 0,8 kWh/m<sup>2</sup>år. Med bakgrunn i dette og lønsemd, er det anbefalte konseptet basert på konsept 1 i størst mogleg grad, men nyttar vindauge med fastkarm og solcellepanel som i konsept 2. Skilnaden mellom energisparingspotensiale for dei ulike vindauga er 2 119 kWh/år, der vindauge med fastkarm har størst energisparingspotensiale.

I følgje Rambøll (2010a) var bindingsverk som var synleg under undersøking av demontering av fasade i normal god stand. Dersom det vert oppdaga sopp på treverk, må dette fjernast mekanisk med eigna børste og små mengder vatn. Tabell 32 viser ei oversikt over byggtekniske tiltak. Tekniske installasjonar og energiforsyning vert det same som for dei to andre konsept.

**Tabell 32 Oversikt over tiltak i konsept 3**

Byggteknisk	
Tak	Etterisolere 150 mm. Ny parapet
Yttervegg	Etterisolere 150 mm
Vindauge	Skifte ut vindauge med fastkarm
Solavskjeming	Installer persienner, utvendige (solutsett fasade) og innvendige (lite solutsett fasade)
Infiltrasjon	Tetting av bygningen

### Samanlikning av eigenskapar til bygningskomponentar med krav i pr NS 3701

Som Tabell 33 viser, vil ikkje konsept 3 oppfylle alle minstekrava oppgitt i pr NS 3701 (2011). Konsept 3 har ingen tiltak for å forbetre U-verdien for golv eller vegg under terreng. U-verdi golv er 0,16 W/m<sup>2</sup>K, som er 0,01 W/m<sup>2</sup>K ifrå minstekravet, medan U-verdi for vegg under terreng er 0,26 W/m<sup>2</sup>K, og ytterveggen vil ikkje samla sett oppnå eit gjennomsnitt på 0,15 W/m<sup>2</sup>K. Ei utfordring med oppgradering er nå alle desse minstekrava. I dette tilfelle er det teknisk mogleg, men ikkje ønskeleg grunna arbeidsmengde og kostnad. Sjølv om konseptet ikkje tilfredsstiller minstekrav, oppnår konseptet eit sær lågt energibehov grunna kompenserande tiltak. Konseptet er prosjektert til å bli pluss hus, men ikkje passivhus. Dersom dagens situasjon er nær minstekrav i passivhusstandard, og tiltak for å oppfylle krava ikkje er særleg lønsame, bør det fokuserast på kompenserande tiltak som er meir lønsame.

Tabell 33 Samanlikning av konsept 3 mot minstekrav i pr NS 3701

Eigenskap	Konsept 3	Minstekrav i pr NS 3701
U-verdi yttervegg	0,15 W/(m <sup>2</sup> K) vegg under terreng 0,26 W/(m <sup>2</sup> K)	≤0,15 W/(m <sup>2</sup> K)
U-verdi tak	0,10 W/(m <sup>2</sup> K)	≤0,13 W/(m <sup>2</sup> K)
U-verdi golv	0,16 W/(m <sup>2</sup> K)	≤0,15 W/(m <sup>2</sup> K)
U-verdi vindauge	0,68 W/(m <sup>2</sup> K)	≤0,80 W/(m <sup>2</sup> K)
Normalisert kuldebruverdi	0,03 W/(m <sup>2</sup> K)	≤0,03 W/(m <sup>2</sup> K)
Årsgjennomsnittleg temperaturverknadsgrad	90 %	≥ 80 %
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	0,7 kW/(m <sup>3</sup> /s)	≤1,5 kW/(m <sup>3</sup> /s)
Lekkasjetal ved 50 Pa, n <sub>50</sub>	0,60 h <sup>-1</sup>	≤0,60 h <sup>-1</sup>

### Årssimulering

Spesifikt netto energibehov for konsept 3 er 63,2 kWh/m<sup>2</sup>år, sjå Tabell 34. Dette er 1,1 kWh/m<sup>2</sup>år mindre enn konsept 1, medan 1,9 kWh/m<sup>2</sup>år større enn for konsept 2.

Tabell 34 Energibudsjett for konsept 3

Energibudsjett		
Energipost	Energibehov [kWh/år]	Spesifikt energibehov [kWh/m <sup>2</sup> år]
Romoppvarming	29 609	12,1
Ventilasjonsvarme (varmebatteri)	5 198	2,1
Varmtvatn (tappevatn)	12 219	5,0
Vifter	10 182	4,2
Pumper	3 878	1,6
Belysning	30 543	12,5
Teknisk utstyr	45 807	18,8
Romkjøling	7 112	2,9
Ventilasjonskjøling (kjølebatteri)	9 527	3,9
<b>Totalt netto energibehov</b>	<b>154 076</b>	<b>63,2</b>

Levert energi for konsept 3 er 45,9 kWh/m<sup>2</sup>år, sjå Tabell 35. Dette er 0,3 kWh/m<sup>2</sup>år mindre enn for konsept 1, og 0,5 kWh/m<sup>2</sup>år større enn konsept 2.

**Tabell 35 Levert energi til bygningen for konsept 3**

Levert energi til bygningen		
Energivare	Levert energi [kWh/år]	Spesifikk levert energi [kWh/(m <sup>2</sup> år)]
Direkte el	90 410	37,1
Direkte el varmpumpe	15 886	6,5
Fjernvarme	5 683	2,3
<b>Totalt levert energi</b>	<b>111 980</b>	<b>45,9</b>

Det totale varmetapstalet er 0,38 W/m<sup>2</sup>K, som er 0,01 W/m<sup>2</sup>K mindre enn for konsept 1 og 0,3 W/m<sup>2</sup>K større enn for konsept 2.

*Samanlikning av konsept 3 mot krav i pr NS3701 og Prosjektrapport 42 for netto spesifikt oppvarmings- og kjølebehov, samt totalt varmetapstal*

Konsept 3 vil oppfylle alle krav både i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42 (Tabell 36).

**Tabell 36 Samanlikning av konsept 3 mot krav i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42**

Eigenskap	Konsept 3	Krav angitt i pr NS 3701	Krav angitt i Prosjektrapport 42
Netto spesifikt oppvarmingsbehov (romoppvarming og ventilasjonsvarme)	14,2 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 21,5 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 15 kWh/(m <sup>2</sup> år)
Netto spesifikt kjølebehov (rom- og ventilasjonskjøling)	6,8 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 8 kWh/(m <sup>2</sup> år)	≤ 10 kWh/(m <sup>2</sup> år)
Totalt varmetapstal	0,38 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,6 W/(m <sup>2</sup> K)	≤ 0,5 W/(m <sup>2</sup> K)
Energiforsyning	0 kWh	< 17 610 kWh	

#### *Energimerke og evaluering mot TEK 10*

Konsept 3 vil òg få energimerke A, med levert energi på 81 kWh/m<sup>2</sup>år. Som konsept 1, vil heller ikkje konsept 3 oppfylle energiltak, grunna U-verdien for golv, som er 0,01 W/m<sup>2</sup>K ifrå kravet. For energiramme får konsept 3 eit totalt netto energibehov på 109,6 kWh/m<sup>2</sup>.

#### *Produksjon av energi*

Nødvendig installert solcelleareal for å dekkje energibehovet for drift er 375 m<sup>2</sup> (Tabell 37). Installasjon av solceller på heile taket vil gi 104 110 kWh produsert energi per år. Dette vil gi eit overskot på 13 170 kWh per år, når både drift og bunden energi er kalkulert med. Utan bunden energi, vil bygget ha eit overskot på 37 550 kWh per år, og følgjeleg få namnet 37 + hus. Derimot vil bygget få eit underskot på 32 660 kWh/år dersom energiproduksjonen til bygget skulle dekkje all drift av bygg, inkludert teknisk utstyr og bunden energi.

**Tabell 37 Oversikt over behov for produsert energi og solcelleareal for konsept 3**

	Spesifikt behov for produsert energi [kWh/(m <sup>2</sup> år)]	Behov for produsert energi [kWh/år]	Nødvendig installert solcelleareal [m <sup>2</sup> ]	Nødvendig installert solcelleareal pr. oppvarma BRA [m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> BRA]
Drift av bygget	27,3	66 560	375	0,154
Bunden energi	10,0	24 380	137	0,056
Totalt	37,3	90 940	513	0,210

### *Kostnader og sparingspotensial*

Total investeringskostnad for konsept 3 er 12 040 000 kr, som er 430 000 kr høgare enn for konsept 1. Postane som er annleis i konsept 3 i forhold til konsept 1 er vindauge og solcellepanel. Konsept 3 har totalt redusert energibehovet med 492 175 kWh/år, som derimot er 15 030 kWh/år meir enn konsept 1. Investeringskostnad for konsept 3 er 1 840 000 kr lågare enn for konsept 2, medan energisparingspotensialet for konsept 2 er berre 4 515 kWh/år høgare enn konsept 3.

Med bakgrunn i dette, vil konsept 3 vere eit betre alternativ for oppgradering enn konsept 1 og 2, når både kostnader og energisparingspotensial blir vurdert samla.

## **5.3 Alternative løysingar**

I dette kapittelet er det diskutert alternative løysingar og kvifor ikkje desse har vore valt i samband med caset.

### **5.3.1 Bygningskropp og tekniske installasjonar**

#### *Kuldebrubrytar*

I konsept 1 var kuldebrubrytaren mellom yttervegg og etasjeskilja kraftig minimert, sidan yttervegg vart etterisolert utvendig med heile 150 mm mineralull for konsept 1 og 3. I mange tilfelle kan det grunna plassrestriksjon vere uaktuelt å etterisolere utvendig slik som for konsept 2. Dersom det ikkje er anledning til å nytte ein kuldebrubrytar med særleg tjukkeleik, anbefalast det å bruke isolasjon med lågare varmekonduktivitet enn mineralull for å redusere kuldebrua mest mogleg. Dette kan vere for eksempel VIP. VIP har som nemnt i kapittel 3.3.4, ein varmekonduktivitet på 0,004 W/mK når den er heilt ny og 0,020 W/mK når den er perforert. VIP er framleis veldig dyr å produsere, men i små mengder som kuldebrubrytar kan det vere formålstenleg å nytte.

#### *Dobbelfasade og intelligent fasade*

Dagens U-verdi for yttervegg er 0,29 W/m<sup>2</sup>K, og bør betraktast for å oppnå eit energieffektivt bygg. Ved å ettermontere ein glasfasade utanpå opphavleg fasade, vert ikkje U-verdi redusert so mykje som ønskeleg. Det er behov for meir isolasjon. Samtidig er det òg påvist fuktskade i yttervegg og det er ønskeleg å fjerne eksisterande fasadekledning. Det er dermed ikkje valt dobbelfasade i konsept 3.



Intelligent fasade, eksempelvis TEmotion som vart presentert i kapittel 3.3.1 *Fasade*, eignar seg betre for slanke bygg og er mindre ideell for Kjørbo som er eit kvadratisk bygg. Grunnen for dette er at det ikkje vert optimal fordeling av ventilasjonslufta for breie bygg når ventilasjonen er integrert i fasaden.

#### *Hybrid ventilasjon*

For å redusere behovet for mekanisk ventilasjon kan naturleg ventilasjon nyttast i tillegg til mekanisk ventilasjon, såkalla hybrid ventilasjon. Luker eller vindaug, anten manuelt eller automatisk styrte, kan sørge for naturleg ventilasjon. Ved bruk av vindaug som må opnast manuelt har brukaren meir fridom til å lufter etter eigne behov. Dersom bygget er prosjektert til å vere avhengig av både naturleg og mekanisk ventilasjon, er det viktig at brukaren får gode rutinar på å lufter, noko som kan vere vanskeleg. For skulebygg, gjerne ungdomsskule og barneskule, kan det vere lettare å innarbeide slike rutinar ved at det skal luftast mellom kvar skuletime, og enkelte elevar vert utpekt til å ha ansvaret for at dette vert gjennomført. Det kan også nyttast automatiske styrte vindaug som opnast etter behov eller til visse tider av døgnet. Bruk av automatiske styrte vindaug fører til meir vedlikehald, større kostnader, større behov for energi og brukaren er avhengig av at styringsmekanismane for vindaug fungerer til ei kvar tid. Ved store vindtrykk kan det vere problematisk med slike løysingar. I konseptet vart det fokusert på enkle løysingar.

#### *Frikjøling*

Frikjøling kan vere eit alternativ for å redusere energibehovet for kjøling, både nattkjøling og bruk av isvasssystem. For nattkjøling kan det nyttast vindaug som vert opna automatisk på natta. Kjørbo ligg nær sjøen, og derfor kunne det ha vore aktuelt å hatt slyngjer i vatnet for kjøling. Som nemnt i kapittel 3.3.7 *Kjølesystem*, er det ofte behov for ein kjølemaskin i tillegg for å sørge for ein tilstrekkeleg låg temperatur i bygget på sommaren, sidan temperaturar på sjø-, brakk- og elvevatn er då ofte for høge (Thyholt et al., 2001). Kjølebehovet for konseptet vart dekt av varmpumpa.

#### *Kvitt takbelegg*

Effektiviteten til solceller er lågare når solcellene har høge temperaturar (kapittel 3.5.1). For å prøve å redusere temperaturen på solceller som er installert på tak, bør det nyttast kvitt takbelegg som ikkje absorberer solenergi slik som fargen svart. I Noreg er det vanleg praksis å bruke svart takbelegg, og det er få produsentar som produserer takbelegg med ein anna farge.

### **5.3.2 Produksjon av energi**

#### *Solcellepanel på fasaden*

Ei aktuell løysing for produksjon av energi, kan vere å nytte solceller i fasaden, særleg for dei solutsette fasadane. Ved bruk av solceller på fasaden, er det viktig at ikkje fasaden ligg skjerna av nærliggande bygningar eller vegetasjon. I tilfellet for Kjørbo, er dei to solutsette fasadane skjerna av store lauvtre. Dersom ikkje trea vert fjerna, er det ikkje aktuelt å nytte solceller i fasaden. Kjørboparken er eit ærverdig område og ligg saman med Kjørbo gard som ligg idyllisk

til nede ved sjøen i Sandvika. Parken representerer eit viktig område i Sandvika med kombinasjon av kulturminner, naturmiljø og rekreasjons- og friluftsiinteresser. Det er i denne rapporten gått ut ifrå at det er uaktuelt å fjerne trea, og solceller i fasaden er dermed utelukka. For tilfelle der det er aktuelt å bruke solceller i fasaden, vert det meir tilgjengeleg areal til installasjon av solceller enn dersom berre taket vert nytta. Fordel med solcellepanel installert på fasade i motsetnad til flatt tak, er at panela på fasaden ikkje vil bli tildekt av snø slik som panel på tak, og vil dermed kunne produsere meir energi på vinteren.

### *Solfangar*

For oppvarming av tappevatn kan det vere aktuelt å nytta solfangarar. For Powerhouse Brattørkaia er det valt å ikkje nytte solfangarar. Årsak til dette, i følgje Thorud (2012) som har vore med på å prosjektert solanlegget på Brattørkaia, er at bygget på Brattørkaia skal ha eit lite behov for termisk energi, særleg på sommaren. Eit stort solfangaranlegg vil dermed produsere for mykje varme i forhold til behovet. Ei løysing kan vere å levere overskotsvarmen til fjernvarmenettet. Fjernvarmenettet som Brattørkaia er kopla til, er basert på avfall som må brennast heile året. Fjernvarmesentralen har dermed mykje varme på sommaren, og er ikkje interessert i å kjøpe varme frå eit solfangaranlegg. Vidare er fjernvarmenettet i Trondheim driftast på høge temperaturar, medan solfangarar leverar varme på låg temperatur. Dermed vert det vanskeleg å levere varme frå solfangarane til fjernvarmenettet. For fjernvarmenett som driftast på låge temperaturar, og som for eksempel nyttar bioenergi som brensel, kan det vere gunstig å montere solfangaranlegg som kan levere overskotsvarme til fjernvarmenettet. For eksempel skal Akershus Fjernvarme, som har låg temperatur i nettet og nyttar treflis som brensel, koplast til ca. 10 000 m<sup>2</sup> med solfangarar som skal levere om lag 4 GWh.

Kjørbo er kopla til Fortum fjernvarme som produserer energi ved bruk av varmpumper basert på ureinsa kloakk. Det vert antatt at Fortum ikkje er interessert i å kjøpe termisk energi frå solfangaranlegg på sommaren. På grunn av dette, samt at fasadane til bygningen er skjerma av store lauvtre, er det valt å gå vekk frå solfangarar i konseptet og heller bruke taket til installasjon av solceller. I følgje Nørstebø (2012) ved Fortum fjernvarme, driftast anlegget på låg temperaturar, maks 80 °C ut, og det kunne dermed ha vore mogleg for eit solfangaranlegg å levere termisk energi til fjernvarmenettet.

### *Elvekraft*

Caset som vart nytta i denne masteroppgåva er lokalisert i nærleiken av ei elv, Sandvikselva. Det kunne ha vore aktuelt å bruke elvekraft som energikjelde, jamfør kapittel 3.5.3 *Vasskraft*. Det har ikkje vore undersøkt noko om elva i dette tilfellet er ideell til å produsere energi. Ein av grunnane for at det ikkje er undersøkt, var for å unngå inngrep i naturen som kan skape vanskar og øydeleggje for artar som lever i eller ved elva og protestar frå lokalbefolkninga og naturvernaktivistar.

## 5.4 Bruk og drift av bygningen

### *Bruk av standardiserte verdier*

I energisimuleringane for konseptane er det nytta standardiserte verdier for driftstider, settpunkttemperatur for oppvarmingssystem og verdier for internlastar. Om dette vil samsvare med reell situasjon kan diskuteras. For eksempel er driftstida sett til 12 timar per døgn, fem dagar i veka gjennom året. Den reelle driftstida vil variere, og driftstimar både over og under standardisert verdi vil førekome. Høgst sannsynleg vil hovudmengda av brukarar vere i bygget under 12 timar, og dermed kan energibehovet til behovsstyrt lys og oppvarming vere mindre enn simulert.

### *Brukarvaner*

Det viktig at det er samsvar mellom dei brukarvanane bygget er prosjektert for og faktiske brukarvanar. For det første er det viktig å vere realistisk ved prosjektering av bygget i forhold til korleis bygget skal brukast og behovet til brukaren. Vidare er det viktig at brukarane er energibevisste, og er påpasseleg med å skru av teknisk utstyr når det ikkje er i bruk og bruke persienner som må regulerast manuelt for å unngå kjølebehov.

Det er viktig med energioppfølging for å kontrollere om prosjektert energibehov samsvarar med reell drift. For å synleggjere energiforbruket til bygningen kan det monterast ein skjerm ved inngangslokale, som viser energiforbruket til dagen før. Slike tiltak kan vere med på å gjere brukaren meir energibevisst. Det er også viktig med eit kompetent driftspersonell som sørgjer for velfungerande drift av bygget som tilfredsstillar krav til godt innemiljø, samtidig som det er energi- og kostnadseffektivt.

Brukaren er ofte tilfreds med å kunne regulere varme og ventilasjon ut ifrå egne behov. Det er viktig at målet om lågt energibehov til bygningen ikkje overstyrer eit godt innemiljø. For eksempel kan nokre brukarar ikkje vere tilfreds med vindauge med fastkarm som i konsept 2 og 3. Sjølv om ventilasjonssystemet fungerer bra, vil det å ha moglegheita til å kunne opne eit vindauge vere eit kriterium som mange verdsett høgt.

### *Avvik mellom prosjektert levert energi og faktisk forbruk*

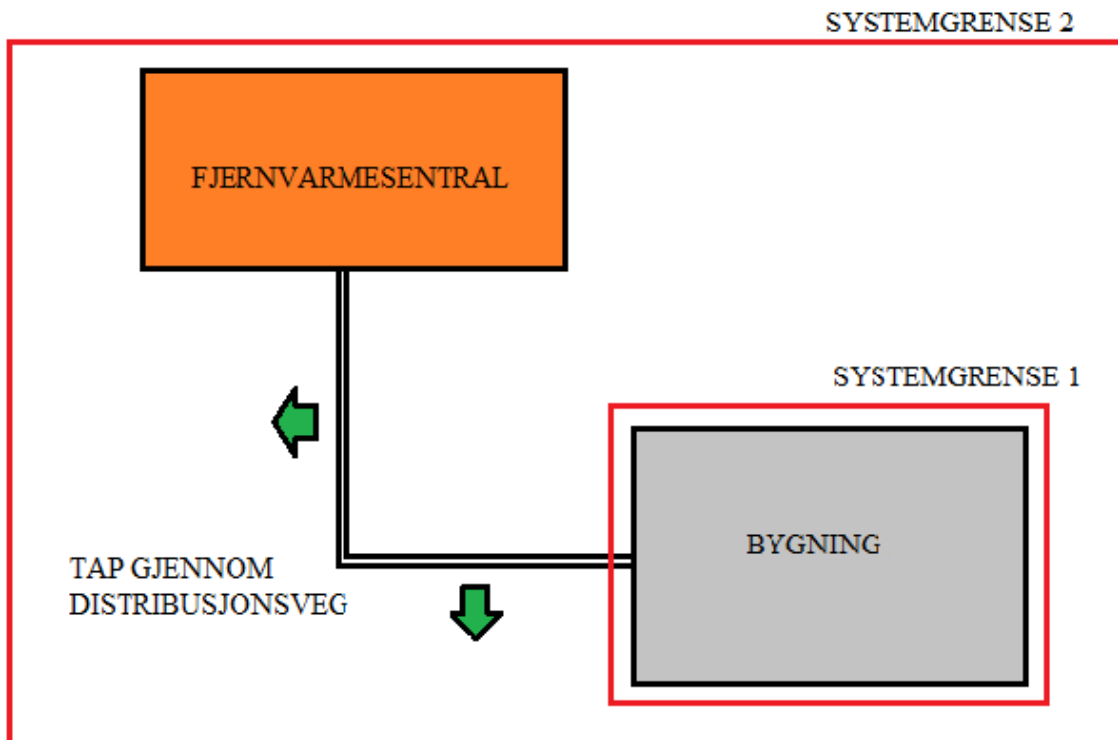
FoU-prosjektet *LECO, Low Energy Commercial Building* (Grini et al., 2009) er eit prosjekt med formål om å samle eksisterande og utvikle ny kunnskap om energieffektive løysingar for å redusere energibruk i næringsbygg. I dette prosjektet var det registrert avvik mellom ambisjonsnivå under prosjektering og reelt forbruk i driftsfasa for dei studerte casa. Nokon av årsakene til dette kan skuldast:

- energioppfølging vart ikkje gjennomført
- utvendige persienner som er styrt manuelt vart lite brukt, noko som aukar kjølebehovet
- sirkulasjonspumpe til kjøling og oppvarming gjekk kontinuerleg gjennom heile døgnet heile året

## 5.5 Diskusjon av systemgrenser

### *Systemgrense for energiforsyning*

Det er viktig å definere kor systemgrensene for energiforsyninga er. Ulik systemgrense fører til skilnad i behov for levert energi ved energisimulering. Det som er meint med systemgrense er skildra i Figur 71.



Figur 71 Illustrasjon av systemgrenser for energiforsyning

Systemgrense 1 er ved sjølve bygningen, medan systemgrense 2 famnar om både bygningen og fjernvarmesentralen. Dersom bygningen har installert varmpumpe, vil det ved systemgrense 1 vere mykje mindre behov for levert energi til bygningen enn sjølve energibehovet. Varmepumpe har systemeffektfaktor større enn 1, og vil produsere meir energi enn kva som må til for å drive varmpumpa. Dersom bygningen er kopla til eit fjernvarmenett som er basert på varmpumpe, vil det ved systemgrense 1 ikkje bli tatt omsyn til at systemeffekt faktoren for produksjon av varmen i fjernvarmesentralen er større enn 1, men derimot vil det vere eit systemtap gjennom distribusjonsvegen, og systemeffekt faktoren for fjernvarme vil vere mindre enn 1. Ved systemgrense 1 vil fjernvarme kome mykje dårlegare ut enn bygningar som har installert varmpumpe, sjølv om også fjernvarmesentralen nyttar varmpumpe. Ved systemgrense 2 vil det vere små skilnadar mellom bygning som er kopla til eit fjernvarmenett basert på varmpumpe og

bygning som har installert varmepumpe. Truleg vil det vere eit større tap langs distribusjonsvegen for fjernvarme.

Denne rapporten har basert seg på systemgrense 1 både for fjernvarme og fjernkjøling. Energimerkeordninga opnar for at fjernkjøling kan leggest inn som lokal kjølemaskin (Isachsen et al., 2009). Dette vil seie at systemgrensa vert flytta frå 1 til 2, og bygningen får dermed eit mindre behov for levert energi. Denne rapporten ser ingen grunn til å gjere forskjell på fjernvarme og fjernkjøling, og det er dermed valt å ha lik systemgrense.

Kjørbo er kopla til Fortum fjernvarmenett som har ein systemeffektfaktor på 2,75. Dette er eit forholdstal mellom energi levert til kunde og kjøpt energi for produksjon av varme, som elektrisitet og olje. Både fjernvarme og fjernkjøling er kalkulert med i denne faktoren. (Nørstebø, 2012). Ved bruk av systemgrense 2 for dagens situasjon hadde Kjørbo fått eit mindre behov for levert energi.

#### *Plusshus og systemgrense for energiforsyning*

Ved bygging eller oppgradering av bygningar til plussbus, har systemgrense mykje å seie for om bygningen blir plussbus eller ei. Bruk av systemgrense 1 fører til at det vert vanskelegare å oppnå plussbus ved berre bruk av fjernvarme til oppvarming kontra varmepumpe i bygningen. Ei alternativ løysing som kan bidra til større bruk av fjernvarme i plussbus kontra varmepumpe, vil vere å kalkulere med energiproduksjon i fjernvarmesentralen i energibudsjettet til plussbuset, vekta i forhold til kjøpt fjernvarme. Altså å nytte systemgrense 2. På denne måten vert det ikkje skilnad i om bygget har installert ei varmepumpe eller er kopla til eit fjernvarmenett. Derimot vil det vere skilnad i energikostnad. Ved bruk av fjernvarme må det betalast for fleire kWh enn for ei varmepumpe.

Systemgrense 2 svekkjer definisjonen til plussbus. Sjølve bygningen vil ikkje vere sjølvforsynt med energi ved bruk av systemgrense 2, og det kan diskuteras om namnet plussbus er representativt. Konseptet plussbus kan bidra til at brukaren er meir energibevisst. Dersom bygningen har som mål å vere sjølvforsynt med energi, kan dette bidra til meir positiv brukaråtferd. Særleg dersom levert energi til bygningen, samt produsert energi vert synleggjort for brukaren. Kanskje vil denne kjensla vere større dersom systemgrense 1 vert nytta, i motsetnad til systemgrense 2.

#### *Anbefalt systemgrense*

Per i dag er det ulik praksis på kva systemgrense som vert nytta for energikjelder. Eit eksempel er systemgrense for fjernkjøling i energimerkeordninga. Det er viktig å bruke same systemgrense ved samanlikning av bygg.

Denne rapporten anbefalar å bruke primærenergi i staden for levert energi (sjå kapittel 3.6). Forskriftskrav og andre samanlikningsverktøy bør basere seg på primærenergi og dermed fokusere på den energimengda som er nødvendig for å framskaffe ei mengdeining levert energi, i staden for å berre basere seg på energibehov og levert energi. NS EN 15603 (2008), *Bygningers*

*energiytelse – Bestemmelse av totalt energibruk og energiytelse*, har laga eit rammeverk for korleis primærenergibehovet for ei bygning kan reknast ut. Behovet er avhengig av primærenergifaktor for energiberarar, som er forholdet mellom primærenergi, både ikkje-fornybar og fornybar, og levert energi. I denne faktoren er det tatt høgde for energi som er nødvendig i samband med utvinning, foredling, lagring, transport, generering, transformering, overføring, distribusjon og andre prosessar for levering til bygningen der den leverte energien vil bli brukt.

#### *Systemgrense for produksjon av energi for plusshus*

Systemgrensa for energiproduksjon for plusshus kan òg diskuterast, for eksempel plassering av solceller. Skal det berre opnast for å installere solceller på sjølve bygningen, eller òg i nærleiken av bygningen, som til dømes på bakken eller andre bygningar tilknytt eigedommen. Til samanlikning vert termisk energiproduksjon frå for eksempel sjø-varmepumpe rekna som produsert energi frå bygningen i energibudsjetet, sjølv om ressursen, eller energien som vert nytta er teken frå eit område litt vekk frå bygningen. Om det skal vere ein skilnad mellom varmepumpe og plassering av solceller må klarleggjast.

I konsept 1 er det installert solceller på taket til eit felles parkeringshus for Kjørbo 1 og 2. Konseptet bør ikkje «bruke opp» takarealet på det felles parkeringshuset og øydeleggje moglegheitene dei andre bygga i Kjørbo 1 og 2 har til å kunne bli plusshus. Installasjon av solceller på parkeringshuset bør vere arealvekta i forhold til oppvarma bruksareal. Under følgjer eit grovt overslag over dette:

- Arealet på garasjetaket er 5 300 m<sup>2</sup>
- Oppvarma areal for Kjørbo 1 og 2 er 36 455 m<sup>2</sup> i følgje *Energimerking av Kjørbo 1* (Multiconsult, 2010). Etter 2008 er det tilført nybygg ved Kjørbo 2 på 6 000 m<sup>2</sup> i følgje Byggeindustrien (2012). Antek at oppvarma areal er 3 % mindre enn brutto total areal, og totalt oppvarma areal for Kjørbo 1 og 2 vert då 42 275 m<sup>2</sup>
- Blokk 5 har eit oppvarma areal på 2 438 m<sup>2</sup>, som utgjer 5,8 % av totalt oppvarma areal for Kjørbo 1 og 2. 5,8 % av 5 300 m<sup>2</sup> er 307 m<sup>2</sup>
- Installert solcelleareal på taket til parkeringshuset er 275 m<sup>2</sup>
- Installert solcelleareal på taket til blokk 5, utgjer ca. 32 % av det totale takarealet. Ved å gå ut ifrå same arealfaktor, vil 275 m<sup>2</sup> installerte solceller bruke 860 m<sup>2</sup> av taket til parkeringshuset

Konsept 1 har brukt 860 m<sup>2</sup> av taket til det felles parkeringshuset, som er langt over arealvekta andel, som er 307 m<sup>2</sup>. Konseptet øydelegg moglegheitene for dei andre blokkene på Kjørbo til å bli plusshus ved gjennomføring av tilsvarende tiltak.

## **5.6 utfordringar for Kjørbo og generelt for kontorbygg, samt retningslinjer**

I dette kapittelet er det gitt ei kort oppsummering av funn i arbeidet med caset, ulike utfordringar, samt om caset er representativt for tilsvarende kontorbygg. Det vil også til slutt bli gitt nokre retningslinjer for å oppnå kontorbygg med lågt energibehov.

### 5.6.1 Kjørbo

Varmetapstala for vindauge, ventilasjon, kuldebruer og infiltrasjon er store for caset, og energisparingspotensialet er stort ved å forbetre desse i følge resultat frå konsept 1. Energieffektiv energiforsyning har mykje å seie for behov for levert energi, og reduserer effekten av etterisolering. Konsept 2 etterisolerte taket med 100 mm meir i forhold til konsept 1, etterisolerte golv med 50 mm og vegg under terreng med 100 mm. Totalt netto energibehovet for konsept 2 var 3 kWh/m<sup>2</sup>år lågare enn for konsept 1, medan det var berre ein skilnad på 0,8 kWh/m<sup>2</sup>år for levert energi.

Bygningsmassen nytta EOS-logging, men det er berre ein fellesmålar for heile Kjørboparken 1, som består av seks bygningar. For å analysere energiforbruket til bygningane hadde det vore ideelt med ein målar for kvart bygg.

### 5.6.2 Kjørbo representativt for andre kontorbygg som er modne for oppgradering

Generelt kan det seiast at dagens tilstand for Kjørbo er representativ for andre kontorbygg, både eldre og yngre bygg. Derimot nyttar mange eldre kontorbygg direkte elektrisitet til oppvarming, og det vassborne oppvarmingssystemet på Kjørbo kan vere lite representativt for ein del eldre bygg.

Kjørbo har eit stort energibehov og store varmetapstal for vindauge, ventilasjon, infiltrasjon og kuldebru, noko som ofte er tilfelle for kontorbygg som er modne for oppgradering. Mange av oppgraderingstiltaka i konsept 1 kan nyttast i andre kontorbygg. Utvendig etterisolering av yttervegg kan for nokre bygg vere uaktuelt grunna verna fasade. Alternativt kan innvendig etterisolering nyttast. Ved innvendig etterisolering vert derimot ikkje kuldebruer redusert. Innvendig etterisolering kan òg føre til frostsprenging av teglfasadar, og må vurderast nøye før gjennomføring av tiltak. Lokalisasjonen til Kjørbo kan seiast å vere spesiell. Bygningen ligg nede ved sjøen og kan dermed installere sjø-varmepumpe. Dette er ikkje aktuelt for mange kontorbygg, men det kan vere aktuelt å installere jord-varmepumpe i staden for, dersom grunnforholda tillèt dette.

Kjørbo vart oppført i 1980, og ber litt preg av stilarten konstruksjon-teknologisk inspirasjon-glasbygg, med hyppig bruk av glas i fasadar, samt konstruksjonar og installasjonar som er gjerne blottlagt i form av synlege røyr, stålbjelkar og søyler.

Utfordring for mange kontorbygg kan vere å tilfredsstille minstekrav i passivhusstandarden. For nokre tilfelle kan det vere særskilt vanskeleg å oppnå dette, medan i andre tilfelle er det ikkje økonomisk forsvarleg.

Utfordring for både Kjørbo og andre kontorbygg er å installere nok solceller for å dekkje opp energibehovet. Dette kan skuldast skjermingsforhold og for lite tilgjengeleg areal. Kontorbygg i bykjernar kan ha problem med plassering av solceller fordi det kan ofte verte skygge på både tak og fasade grunna høge nærliggande bygningar.

Målet for oppgradering av Kjørbo er særst ambisiøst, men oppnåeleg i følgje denne rapporten. Derimot gjenstår det å sjå om energisimuleringane for konseptane samsvarar med reell bruk. For konseptane er det stort sett nytta tradisjonelle løysingar, men litt meir ekstreme i høve til normal oppgradering, eksempelvis mengde på etterisolasjon.

### **5.6.3 Retningslinjer for kontorbygg med lågt energibehov**

I følgje Grini et al. (2009) er retningslinjene i lista nedanfor avgjerande for å få eit reelt energieffektivt kontorbygg, og bør ivaretakast i kvart byggeprosjekt der energieffektiviteten står i fokus:

- Robust bygningskropp, lite transmisjons- og infiltrasjonstap
- Energieffektivt ventilasjonsanlegg med høg verknadsgrad på varmegjenvinnaren
- Luftmengder må dimensjonast etter reell bruk, personbelastning og emisjonar frå material
- Bygget må ha energioppfølgingssystem, som overvakar energibehov til store energipostar og melder om avvik der dette måtte førekome

Vidare er det anbefalt at:

- Passive tiltak for å redusere kjølebehov
- Energibruken bør synleggjerast for brukarar



## 6. Konklusjon og anbefaling

Det er ingen eintydig definisjon på plusshus. Generelt kan det seiast at eit plusshus skal produsere meir energi enn det brukar. Plusshus kan definerast ut ifrå driftsfasa til bygget eller heile levetida. For det sistnemnde skal både energibehov for drift og bunden energi dekkjast opp med eigenprodusert energi. Det er òg ulike meiningar om eigenprodusert energi skal dekkje energiforbruk relatert til teknisk utstyr, som heis, IT og kjøkken.

Konsept 1 tilfredsstillar ikkje alle minstekrav i pr NS 3701, men vil bli plusshus ved installasjon av solceller på taket til både bygningen og felles parkeringshus for Kjørbo og 2. Konseptet vil derimot «bruke opp» takarealet på parkeringshuset og øydeleggje moglegheitene for dei andre blokkene på Kjørbo til å bli plusshus ved gjennomføring av tilsvarende tiltak. Total investeringskostnad for konsept 1 er 11 610 000 kr. Konsept 2 har solceller installert berre på eige tak, og er eit 38 + hus, der talet 38 står for eit overskot av produsert energi på over 38 000 kWh per år når drift av bygget er dekt. Konsept 2 oppfyller alle minstekrava i pr NS 370, og total investering er 13 880 000 kr.

Etterisolering av vegg har høgast investeringskostnad per redusert kilowattime per år, medan tetting rundt vindauge og utskifting av belysning kjem best ut. Å velje ei energieffektiv energikjelde har stor innverknad på levert energi. Etter ei samanlikning av lønsemda til konsept, vart eit tredje konsept anbefalt. Konseptet er stort sett basert på tiltak frå konsept 1, men nyttar vindauge og solcellepanel som i konsept 2. Konsept 3 er eit 37 + hus, sjølv om ikkje alle minstekrav i pr NS 3701 er tilfredsstillt. Total investeringskostnad er 12 040 000 kr, som er 1 840 000 kr lågare enn konsept 2. Energisparingspotensialet for konsept 2 er berre 4 515 kWh/år høgare enn for konsept 3. Caset som har vore studert i oppgåva kan seiast å vere representativt for andre kontorbygg som er modne for oppgradering. Kontorbygg har ofte store varmetapstal for vindauge, ventilasjon, infiltrasjon og kuldebruer.

Nokon av hovudutfordringane med oppgradering til plusshus kan vere å tilfredsstillast minstekrav i passivhusstandarden, viss dette er eit tilleggskriterium som skal vere oppfylt. For nokre bygningar kan det vere teknisk vanskeleg å oppfylle minstekrav, for eksempel U-verdi for vegg grunna verneomsyn og/eller plassrestriksjonar. I andre tilfelle kan det vere teknisk mogleg, men ikkje økonomisk forsvarleg. Ei anna utfordring ved oppgradering til plusshus er å ha eit tilstrekkeleg areal til å installere solceller.

Det anbefalast å ikkje ha einseitig fokus på å oppnå alle minstekrava i passivhusstandarden. Det bør heller fokuserast på kompenserte tiltak som sørgjer for eit lågt behov for levert energi. Tiltak som minimerer oppvarmings- og kjølebehovet, og energieffektivt ventilasjonsanlegg og belysning er viktig. Energioppfølgingssystem og synleggjering av energibruken for brukarane kan òg bidra mykje til å redusere energiforbruket. Vidare anbefalast det at forskriftskrav og andre samanlikningsverktøy baserer seg på primærenergi. Dette vil også forhindre at nokre energikjelder blir favorisert på feil grunnlag i forhold til andre energikjelder, t.d. varmepumpe og fjernvarme.



## 7. Vidare arbeid

Det vil bli sett på to aspekt for vidare arbeid. Det vil først bli greia ut om vidare arbeid med sjølve caset, og deretter for vidare arbeid generelt for oppgradering av kontorbygg til plusshus.

### 7.1 Vidare arbeid i høve caset

#### *Dagslysanalyse*

I konseptene er det antatt at eksisterande vindaugsareal gir tilfredsstillande dagslys. Vindauga er 1,3 m høge, og Figur 15 i kapittel 3.3.8 viser korleis mengda av dagslys som vert spreidd inn i rommet avheng av arealet til vindauge. Det anbefalast å utføre ein dagslysanalyse for Kjørbo for å finne optimale vindaugsareal og plassering som utnyttar dagslyset best mogleg.

#### *Bunden energi*

Denne masteroppgåva er basert på levetidsdefinisjonen av plusshus. Bunden energi skal dermed bli dekt med eigenprodusert energi. Mengda av bunden energi er anslått for dei ulike konseptene. Det er gått ut ifrå bunden energi som er kalkulert for nybygget på Brattørkaia, 22 kWh/m<sup>2</sup>år. Det bør utførast betre overslag for bunden energi for kvart av konseptene.

#### *Analyse av varme- og fukttransport*

Det anbefalast vidare å utføre ein analyse av varme- og fukttransport for dei føreslåtte konseptene. Temperatur- og fuktforhold i konstruksjonen vert ofte endra ved ombygging av bygningar, for eksempel ved etterisolering. For å hindre at etterisolering gir grobotn for nye fukt- eller frostskeidar, er det viktig med bygningsfysisk vurdering av eksisterande konstruksjon og dei føreslåtte løysingane. Det bør òg utførast simulering av kuldebruer. Normalisert kuldebruverdi vart antatt å vere 0,03 W/m<sup>2</sup>K for konseptene. Dette med bakgrunn av kuldebrue mellom yttervegg og etasjeskilje vart sterkt minimert med etterisolering.

#### *Elvekraft og frikjøling med sjøvatn*

Vidare bør det undersøkjast om Sandvikselva kan nyttast for produksjon av energi og om temperaturen på sjøvatnet er tilfredsstillande kaldt på sommar for å bruke frikjøling i form av kjøleslynge.

#### *Andre berekraft indikatorar*

Denne masteroppgåva er avgrensa til å sjå på berekraftindikatorane energieffektivisering, endra energiform og forbetring av teknisk tilstand. Andre indikatorar for berekraft bør undersøkjast. For det sosiale berekraftaspektet bør det eksempelvis viast merksemd til byggets brukskvalitet, inneklima, estetikk, arealeffektivitet og universell utforming.

For det miljømessige berekraftaspektet bør det rettast fokus mot avfallshandtering, både i sjølve byggeprosessen, men òg i bruksfasa. Det bør også rettast fokus på miljøvennlige material og skåning av miljøet som reduserer utslepp. Det anbefalast å utføre ein livssyklusanalyse (LCA).

I masteroppgåva *SURE- Sustainable Refurbishment. Utvikling av en norsk versjon av veileder for berekraftig oppgradering av bygninger* Opsjøn (2012) er det sett på berekraftindikatorane LCC og verdi innanfor det økonomiske aspektet, energi og material for det miljømessige aspektet. Innanfor det sosiale aspektet er det sett på innemiljø, tilpassingsdyktigheit, sikkerheit og tilgjengelegheit, komfort, funksjonell eigenheit og kulturelle verdiar, både for dagens situasjon og for eit ambisjonsnivå for eit plusshuskonsept. Plusshuskonseptet er ein kombinasjon av dei konseptane som er presentert i denne masteroppgåva og det Powerhouse har bestemt foreløpig.

For det økonomiske berekraftaspektet er det i masteroppgåva *Livssyklusbetragtninger for levedyktig oppgradering av kontorbygg* (Wood, 2012) utført LCC utrekningar for dei føreslåtte konseptane. Det visast til dette for eit fullstendig bilete av økonomien ved gjennomføring av dei ulike konseptane, og for å finne den løysinga som gir den mest kostnadseffektive balansen mellom kapital- og driftskostnader.

## **7.2 Vidare arbeid generelt for oppgradering av kontorbygg til plussus**

### *Ventilasjon og frikjøling*

Store energipostar for kontorbygg er ventilasjon og kjøling. Det bør arbeidast vidare med løysingar som kan redusere energibehovet for dette. Det bør undersøkjast nærare korleis kontorbygg som er avhengig av naturleg ventilasjon fungerer i praksis. Løysing med automatisk styrte vindauger bør undersøkjast i forhold til drift, vedlikehald, elektrisitetsforbruk og FDV kostnader forbunde med dette. Effekten av nattkjøling i forhold til systemtregleik bør òg undersøkjast. For mange kontorbygg vert ikkje mekanisk nattkjøling nytta på grunn av at systemet er tregt.

### *Regelverk basert på primærenergi*

Det anbefalast endring i regelverk og samanlikningsverky. Byggteknisk forskrift og Norsk Standard bør innføre krav til bygg basert på primærenergi og Energimerkeordninga bør endrast til også å basere seg på primærenergi i staden for levert energi. Dette vil gi eit meir riktig innblikk i den verkelege energimengda som trengst for drift av bygg.

## Referanseliste

- Aabakken, J. (2010 ). *Lysrør: Velg T5*: DinSide. Tilgjengelig fra: <http://www.dinside.no/854116/lysrør-velg-t5> (Hentet: 9.4.2012.)
- Aasen, T. (2012). *Telefonsamtale med Thomas Aasen om Hydro byggesystem*. (29.03.2012).
- Bjørberg, S., Larsen, A. & Øiseth, H. (2007). *Livssyklus kostnader for bygninger*. Oslo: RIF Organisasjonen for rådgivere.
- Blakstad, S. H., Hansen, G. K. & Knudsen, W. (2009). *USEtool Evaluering av brukskvalitet. Metodehåndbok*. Trondheim: NTNU, SINTEF.
- Borchsenius, C. H. (red.). (2012). *Powerhouse. Presentert på Workshop i Sandvika 2.2.2012*. Sandvika: Powerhouse.
- Brunvoll, A. T. (2008). *Plusshus er framtida*: Bellona. Tilgjengelig fra: [http://bellona.no/comments/Plusshus\\_er\\_framtida](http://bellona.no/comments/Plusshus_er_framtida) (Hentet: 28.02.2012.)
- Byggaktuelt. (2011). *Norges første aktivhus er bygget*. Tilgjengelig fra: <http://byggaktuelt.no/article/norges-f%C3%B8rste-aktivhus-er-bygget> (Hentet: 31.03.2012.)
- Byggdetaljblad 222.230. (2000). *Planlegging av energieffektive kontorbygg*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Byggdetaljblad 421.503. (1999). *Krav til luftmengder i ventilasjonsanlegg*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Byggdetaljblad 471.012. (2003). *U-verdier. Vegger over terreng*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Byggdetaljblad 523.127. (2004). *Betongvegg mot terreng*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Byggdetaljblad 525.207. (2007). *Kompakte tak*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Byggdetaljblad 552.335. (2000). *Prosjektering av energieffektive ventilasjonsanlegg*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Byggdetaljblad 552.340. (2002). *Varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Byggdetaljblad 552.350. (2010). *Systemer for vannbåret kjøling for næringsbygg med store varmetilskudd*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Byggdetaljblad 552.403. (2009). *Varmepumper i bygninger. Funksjonsbeskrivelse*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Byggdetaljblad 552.455. (2011). *Væskebaserte solfangere. Funksjon og energiutbytte*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Byggdetaljblad 553.102. (2000). *Vinduer. Typer og funksjoner*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Byggdetaljblad 700.320. (2010). *Intervaller for vedlikehold og utskifting av bygningsdeler*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Byggeindustrien. (2012). *Politihus Kjørbo*. Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/prosjekter/43867.0> (Hentet: 3.5.2012.)
- Christoffersen, J. (2005). *Lys, sundhed og velvære*: Statens Byggeforskningsinstitut (SBI). Tilgjengelig fra: <http://www.sbi.dk/indeklimatek/lys/lys-og-sundhed/lys-sundhed-og-velvere> (Hentet: 09.04.2012.)
- Dokka, T. H., Klinski, M., Haase, M. & Mysen, M. (2009). Kriterier for passivhus- og lavenergibygg. Yrkesbygg. *Prosjektrapport*, nr. 42. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- ecogeek.org. (2012). *Uber-Eco-Towers: The Top Ten Green Skyscrapers*. Tilgjengelig fra: <http://www.ecogeek.org/architecture/695> (Hentet: 13.05.2012.)

- Enova Næring. (2012). *Senter for søknad og rapportering* Enova. Tilgjengelig fra: <http://www.enova.no/soknad/> (Hentet: 01.03.2012.)
- Entra Drift. (2012). *EOS-logg for Kjørbo*. Oslo: Entra Drift.
- EurActiv.com. (2009). *Parliament calls for zero-energy buildings from 2019*. Tilgjengelig fra: <http://www.euractiv.com/energy-efficiency/parliament-calls-zero-energy-bui-news-221594> (Hentet: 02.06.2012.)
- Evjenth, A., Sandvik, P., Almås, A.-J. & Bjørberg, S. (2011). *Grunnlag for, og krav om, utbedring av eksisterende bygninger*. Oslo: Kluge og Multiconsult.
- Finansdepartementet. (2008). *Nasjonalbudsjettet 2008. St.meld. nr. 1 (2010-2011)*. Oslo: Finansdepartementet.
- Fjernvarme.no. (2012). *Om fjernvarme*. Tilgjengelig fra: <http://www.fjernvarme.no/index.php?sideID=50&ledd1=15> (Hentet: 13.05.2012.)
- Forbrukerrådet. (2010). *Hva er et passivhus?* Tilgjengelig fra: <http://forbrukerportalen.no/temaer/bolig/artikler/passivhus> (Hentet: 01.03.2012.)
- Fornybar.no. (2012a). *Den fotoelektriske effekten*. Tilgjengelig fra: <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1669> (Hentet: 19.04.2012.)
- Fornybar.no. (2012b). *Elsertifikater for grønn kraft (pliktige grønne sertifikater)*. Tilgjengelig fra: <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1765> (Hentet: 01.03.2012.)
- Fornybar.no. (2012c). *Innmatingtariffer*. Tilgjengelig fra: <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1766> (Hentet: 01.03.2012.)
- Fornybar.no. (2012d). *Produksjonskostnader og nettparitet, elektrisitet fra solceller*. Tilgjengelig fra: <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1673> (Hentet: 19.04.2012.)
- Fornybar.no. (2012e). *Småkraft Teknologi*. Tilgjengelig fra: <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1862> (Hentet: 22.04.2012.)
- Fornybar.no. (2012f). *Småskala vindkraft*. Tilgjengelig fra: <http://fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1750> (Hentet: 19.04.2012.)
- Fornybar.no. (2012g). *Solceller*. Tilgjengelig fra: <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1670> (Hentet: 19.04.2012.)
- Fornybar.no. (2012h). *Vindturbinen*. Tilgjengelig fra: <http://fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1742> (Hentet: 19.04.2012.)
- Geving, S. & Thue, J. V. (2002). *Fukt i bygninger*. 1. utg. Håndbok 50. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Glover, B. (red.). (2011). *The Road to Net Zero*. Golden Colorado, USA: National renewable Energy.
- Google maps. (2012). *Kjørboveien Sandvika*. Tilgjengelig fra: <http://maps.google.no/maps?hl=no&tab=w1> (Hentet: 4.02.2012.)
- Grini, C., Mathisen, H.-M., Sartori, I., Haase, M., Sørensen, H. W. J., Petersen, A., Bryn, I. & Wigenstad, T. (2009). *LECO – Energibruk i fem kontorbygg i Norge. Prosjektrapport, nr.48*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Holte AS. (2012). *HolteProsjekt Anbud*. Oslo: Holte AS.
- Incit AB. (2011). *REPAB FAKTA 2011 Vedlikeholdskostnader - Utendørs Bygg Maling Installasjoner*. Mölndal, Sverige: Incit AB.
- International Starch Institute. (2012). *Thermal Insulation Building Materials*. Tilgjengelig fra: <http://www.starch.dk/private/energy/insulation.asp> (Hentet: 07.06.2012.)
- Isachsen, O. K., Rode, W. & L. Bondy, A. C. (2009). *Forskrift om energimerking av bygninger og energivurdering av tekniske anlegg*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- ISO 15392. (2008). *Sustainability in building construction-General principles*. Sveits: ISO.

- Jager, W. (red.). (2010). *Way to Zero Energy Buildings- Aluminium Glass Facades The best Choice of Energy Efficiency*. Trondheim: Hydro.
- Jiru, T. E., Taob, Y.-X. & Haghigatc, F. (2011). Airflow and heat transfer in double skin facades. *Elsevier*, 43.
- Killingland, M. (red.). (2009). *Energimerke og fjernvarme. Presentert på Fjernvarmedagene 2009*. Tanumstrand, Sverige: Multiconsult.
- Kommunal-og regionaldepartementet. (2009). *Bygg for framtida. Miljøhandlingsplan for bolig- og byggsektoren 2009-2012*. Oslo: KR.D.
- Lexow, T. E. (2012). *Telefonsamtale med Thor Endre Lexow om høyringsutkastet pr NS 3701* (15.05.2012).
- Meteorologisk institutt. (2012). *Temperaturnormaler for Bærum i perioden 1961-1990*. Tilgjengelig fra: [http://retro.met.no/observasjoner/akershus/normaler\\_for\\_kommune\\_219.html?kommuner](http://retro.met.no/observasjoner/akershus/normaler_for_kommune_219.html?kommuner) (Hentet: 15.05.2012.)
- Multiconsult. (2008). *Energi og Miljøanalyse for Kjørbo- blokk 4 og 5*. Oslo: Multiconsult.
- Multiconsult. (2010). *Energimerking av Kjørbo 1*. Oslo: Multiconsult.
- Mørk, M. I., Bjørberg, S., Sæbøe, O. E. & Weisæth, O. (2008). *Ord og uttrykk innen Eiendomsforvaltning -Fasilitetsstyring*. Trondheim: Multiconsult, Norges Bygg og EiendomsForening og NTNU.
- Møystad, O. (2010). *Eiendomsutvikling, kreativitet og strategi*. Trondheim: NTNU (forelesning 06.10.2012).
- Norconsult. (2010). *Norsk Prisbok 2010*. Oslo: Norconsult Informasjonssystemer AS.
- Nordby, K. (2009). *Plusshus*. Oslo: Zero.
- Norges vassdrags- og energidirektorat. (2009). *Konsesjonspliktavurdering*. Tilgjengelig fra: <http://www.nve.no/no/Konsesjoner/Vannkraft/Konsesjonspliktavurdering/> (Hentet: 02.03.2012.)
- Norsk Solenergiforening. (2012a). *Om solenergi*. Tilgjengelig fra: <http://www.solenergi.no/om-solenergi/> (Hentet: 19.04.2012.)
- Norsk Solenergiforening. (2012b). *Solceller*. Tilgjengelig fra: <http://www.solenergi.no/om-solenergi/teknologi/solceller/> (Hentet: 19.04.2012.)
- Novakovic, V., Hanssen, S. O., Thue, J. V., Wangsteen, I. & Gjerstad, F. O. (2007). *ENØK i bygninger: effektiv energibruk*. 3. utg. Oslo: Universitetsforlaget AS.
- NS-EN ISO 6946. (2007). *Bygningskomponenter og -elementer. Varmemotstand og varmegjennomgang. Beregningsmetode*. Oslo: Standard Norge.
- NS 3031. (2011). *NS 3031: 2007 + A1:2011 Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data*. Norsk Standard (red.). Oslo: Standard Norge.
- NS EN 15603. (2008). *Bygningers energiytelse - Bestemmelse av totalt energibruk og energiytelse*. Oslo: Standard Norge.
- Nørstebø, A. (2012). *Telefonsamtale med Atle Nørstebø om Bærum Fjernvarme* (14.05.2012).
- Olsson, H. & Sørensen, S. (2003). *Forskningsprosessen. Kvalitative og kvantitative perspektiver*. 1 utg. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- Opsjøn, H. (2012). *SURE-Sustainable Refurbishment. Utvikling av en norsk versjon av veileder for bærekraftig oppgrøring av bygninger*. Masteroppgåve. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for bygg, anlegg og transport.
- passiv.no. (2011a). *Hvordan planlegger og bygger man et passivhus?* Tilgjengelig fra: [http://passiv.no/hvordan\\_bygge\\_et\\_passivhus](http://passiv.no/hvordan_bygge_et_passivhus) (Hentet: 13.10.2011.)

- passiv.no. (2011b). *Kyoto pyramiden*. Tilgjengelig fra: [http://passiv.no/detail/kyotopyramide.jpg?id=hvordan\\_bygge\\_et\\_passivhus](http://passiv.no/detail/kyotopyramide.jpg?id=hvordan_bygge_et_passivhus) (Hentet: 13.10.2011.)
- Powerhouse. (2011a). *Om Powerhouse*. Tilgjengelig fra: <http://powerhouse.no/om/> (Hentet: 02.03.2012.)
- Powerhouse. (2011b). *PowerHouse – proposal for criteria of the energy goal*. Powerhouse.
- Powerhouse. (2012). *Form følger miljø for Norges første energipositive kontorbygg*. Tilgjengelig fra: <http://powerhouse.no/form-folger-miljo-for-norges-forste-energipositive-kontorbygg/> (Hentet: 20.03.2012.)
- pr NS 3701. (2011). *Kriterier for passivhus og lavenergibygge- Yrkesbygninger*. Oslo: Standard Norge.
- ProgramByggerne. (2012). *SIMIEN*. Tilgjengelig fra: <http://www.programbyggerne.no/> (Hentet: 25.03.2012.)
- Rambøll. (2010a). *Demontering av fasadefelt på Kjørbo*. Oslo: Rambøll.
- Rambøll. (2010b). *Kjørboparken Vurdering av fasade*. Oslo: Rambøll.
- Samset, K. (2008). *Prosjekt i tidlegfasen. Valg av konsept*. Trondheim: Tapir akademiske forlag.
- Sander, K. (2012). *Hva er en metode?* Kunnskapscenteret. Tilgjengelig fra: <http://www.kunnskapscenteret.com/articles/2484/1/Hva-er-en-metode/Hva-er-en-metode.html> (Hentet: 18.05.2012.)
- Schmidt Overøye, C. (2011). *Berekraftig oppgradering av yrkesbygg, med hovedfokus på energieffektivisering*. Prosjektoppgåve. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for bygg, anlegg og transport.
- Schüco. (2011). *Schüco Dünnschicht-Solaranlagen*. Bielefeld, Tyskland: Schüco.
- Schüco. (2012a). *Greater efficiency for your investment*: Schüco. Tilgjengelig fra: [http://www.schueco.com/web/au/architects/solar\\_power/products/photovoltaics/prosol\\_tf~2B/efficiency](http://www.schueco.com/web/au/architects/solar_power/products/photovoltaics/prosol_tf~2B/efficiency) (Hentet: 29.05.2012.)
- Schüco. (2012b). *Store solcellemoduler (Premium)*. Tilgjengelig fra: [http://www.schueco.com/web/no/architekten/solarstrom\\_und\\_waerme/products/photovoltaik/photovoltaikmodule/premium-module](http://www.schueco.com/web/no/architekten/solarstrom_und_waerme/products/photovoltaik/photovoltaikmodule/premium-module) (Hentet: 19.04.2012.)
- SouthWest Windpower. (2012). *Monthly Energy Output*. Tilgjengelig fra: <http://www.windenergy.com/products/whisper/whisper-200> (Hentet: 19.04.2012.)
- Statistisk sentralbyrå. (2012). *Hovedtall for foretak, etter næringshovedgruppe. Endelige tall 2009 og foreløpige tall 2010*. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/emner/10/09/stbygganl/tab-2011-11-01-01.html> (Hentet: 01.03.2012.)
- Strande, M. (2010). *Dette bygget produserer 4800 kWh i måneden*: Teknisk Ukeblad. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/bygg/article259361.ece> (Hentet: 29.02.2012.)
- SunPower. (2012). *SunPower T5 Solar Roof Tiles*. Tilgjengelig fra: <http://us.sunpowercorp.com/commercial/products-services/rooftop-solar-systems/T5/> (Hentet: 2.5.2012.)
- TCnano Norge. (2012). *Aerogel*. Tilgjengelig fra: <http://www.tcnano-norge.no/tcno/index.php?page=aerogel> (Hentet: 19.03.2012.)
- TekniskUkeblad. (2006). *Klart for nytt solcelleeventyr*. Tilgjengelig fra: <http://www.tu.no/jobb/2006/12/14/klart-for-nytt-solcelleeventyr> (Hentet: 16.04.2012.)
- Thorud, B. (2012). *Solfangar på Brattørkaia* (e-post til Bjørn Thorud 5.05.2012).
- Thue, J. V. (2011). *Forelesningsnotat i emnet TBA4160 Bygningsfysikk GK*. Trondheim: Institutt for bygg, anlegg og transport, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.



- Thyholt, M., Lien, A. G. & Dokka, T. H. (2001). *Kartlegging av mekanisk kjøling i nye kontor- og forretningsbygg*. Trondheim: SINTEF Bygg og miljø. Arkitektur og byggtknikk.
- United Nations. (2004). *Johannesburg Declaration on Sustainable Development*. Tilgjengelig fra: [http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD\\_POI\\_PD/English/POI\\_PD.htm](http://www.un.org/esa/sustdev/documents/WSSD_POI_PD/English/POI_PD.htm) (Hentet: 12.10.2011.)
- Wachenfeldt, B. (2012). *Telefonsamtale med Bjørn Wachenfeldt ved Skanska og Powerhouse om energiforsyning og ventilasjonsanlegg* (3.5.2012).
- Wicona. (2012). *TEmotion: Hydro*. Tilgjengelig fra: <http://www.wicona.no/no/Aluminium/Barekraftig-utvikling-Miljoansvar/TEmotion/> (Hentet: 17.03.2012.)
- Wigenstad, T. (red.). (2011). *Behovtilpassa ventilasjon. Hvordan får man alle brikkene på plass? Presentert på konferansen LECO- Low Energy Commercial Buildings 2011*. Oslo: LECO.
- WindowMaster. (2012). *Hybrid ventilation*. Tilgjengelig fra: [www.windowmaster.com/en-GB/Competencies/Further-reading.aspx](http://www.windowmaster.com/en-GB/Competencies/Further-reading.aspx) (Hentet: 10.04.2012.)
- Wolleng, T. (1979). *Byggforskningens håndbok nr. 33: VVS-tekniske klimadata for Norge*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- Wood, O. (2012). *Livssyklusbetragtninger for levedyktig oppgradering av kontorbygg*. Masteroppgåve. Trondheim Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for bygg, anlegg og transport.
- World Commission on Environment and Development. (1987). *Our Common Future*. London: United Nations.
- yr.no. (2012). *Veret som var - Kjørbo, Bærum (Akershus)*. Tilgjengelig fra: <http://www.yr.no/stad/Noreg/Akershus/B%C3%A6rum/Kj%C3%B8rbo/statistikk.html> (Hentet: 23.04.2012.)
- ZERO. (2010a). *Småskala vannkraft*. Tilgjengelig fra: <http://www.zero.no/bygg/smaaskala-vannkraft> (Hentet: 22.04.2012.)
- ZERO. (2010b). *Småskala vindkraft*. Tilgjengelig fra: <http://www.zero.no/bygg/smaaskala-vindkraft> (Hentet: 19.04.2012.)
- Zero Emission Building. (2008). *Forskningscenter for miljøvennlig energi Zero Emission Buildings*. Tilgjengelig fra: <http://www.sintef.no/Projectweb/ZEB/About-ZEB/> (Hentet: 18.04.2012.)

## MASTEROPPGAVE

(TBA4905 Bygnings- og materialteknikk, masteroppgave)

VÅREN 2012

for

**Cecilie Schmidt Overøye**

Oppgradering av kontorbygg til pluss hus – Caseanalyse av Kjørbo  
(Upgrading of Office Buildings to Plus House – Case Analysis of Kjørbo)

### BAKGRUNN

Klimaet er i endring. Temperaturane har stige og det har blitt meir ekstremvær. Menneskeskapt klimagassutslepp får skulda. For å legge forholda til rette for komande generasjonar må desse utsleppa reduserast. Eit effektiv tiltak for å redusere klimagassutsleppa er energieffektivisering av bygg. Det må då byggast miljøvennlege bygg som har lågt energibehov, men samtidig er det høgst nødvendig å gjere inngrep i den eksisterande bygningsmassen for å redusere energiforbruket. Kommunal-og regionaldepartementet (2009) har uttalt at omlag 80 % av dagens bygg vil framleis stå i 2050. Det er her det verkelege energisparingspotensialet ligg.

Eit konsept som ofte blir vurdert i høve til energieffektivisering av bygg er passivbygg. Passivbygg har eit lågt energibehov oppnådd gjennom passive tiltak som eksempelvis ein godt isolert bygningskropp og gjenvinning av varme frå ventilasjonslufta. Regjeringa vurderer å innføre passivbygg som forskriftskrav i 2020 for alle bygningskategoriar, både for nybygg og eksisterande bygg.

Det mest ambisiøse konseptet for energieffektive bygg er pluss hus. Pluss hus er bygg som har særst lite energibehov, nett som passivbygg, men i tillegg produserer meir energi enn det brukar. Foreløpig eksisterer det berre eitt pluss hus i Noreg, men fleire byggeprosjekt er i gangsett med mål om å bli pluss hus.

Barrierar for å bygge pluss hus i Noreg er mellom anna relatert til økonomi og klima. I Noreg har vi stor tilgang på vasskraft, noko som fører til at vi har låge straumprisar i forhold til andre land i Europa. Dette har vore ei kvilepute både for å redusere energiforbruket og for å nytte andre energikjelder.

### OPPGÅVE

Denne masteroppgåva tek sikte på å greie ut om pluss hus og utfordringar med å oppgradere kontorbygg til pluss hus.

#### Beskrivelse av oppgåven

Eit casestudium skal gjennomførast for å sjå på aktuelle tiltak for å oppgradere eit kontorbygg til pluss hus, samt utfordringar i samband med dette.

**Målsetting og hensikt**

Formålet med denne masteroppgåva er å greie ut om berekraftig oppgradering av kontorbygg til plusshus. Rapporten greier ut om kva som må til for å oppnå ei slik oppgradering, samt utfordringar i samband med dette.

Problemstillinga er som følger:

*Kva er eit plusshus, og kva utfordringar står ein overfor ved berekraftig oppgradering av eit kontorbygg til plusshus?*

**Deloppgaver og forskningsspørsmål**

Følgjande deloppgåver skal gjennomførast:

1. Grei ut om plusshus
2. Gjer greie for dagens situasjon for caset: vurder teknisk tilstand og energiforbruk
3. Utvikl to ulike konsept for plusshus med fokus på energieffektivisering, endre energiform og forbedring av teknisk tilstand
4. Samanlikn konsept mot minstekrav i pr NS 3701 og Prosjektrapport 42
5. Samanlikn og diskuter dei to konsept, og presenter eit anbefalt konsept basert på ei vurdering av teknisk tilstand, energibehov og lønsemd
6. Gjer kort greie for om caset som er studert er representativ for andre kontorbygg som skal oppgraderast til plusshus
7. Gjer greie for ulike utfordringar med oppgradering av kontorbygg til plusshus

**GENERELT**

Opgaveteksten er ment som en ramme for kandidatens arbeid. Justeringer vil kunne skje underveis, når en ser hvordan arbeidet går. Eventuelle justeringer må skje i samråd med faglærer ved instituttet.

Ved bedømmelsen legges det vekt på grundighet i bearbeidingen og selvstendighet i vurderinger og konklusjoner, samt at framstillingen er velredigert, klar, entydig og ryddig uten å være unødig voluminøs.

Besvarelsen skal inneholde

- standard rapportforside (automatisk fra DAIM, <http://daim.idi.ntnu.no/>)
- tittelside med ekstrakt og stikkord (mal finnes på siden <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>)
- forord
- sammendrag på norsk og engelsk (studenter som skriver sin masteroppgave på et ikke-skandinavisk språk og som ikke behersker et skandinavisk språk, trenger ikke å skrive sammendrag av masteroppgaven på norsk)
- innholdsfortegnelse inklusive oversikt over figurer, tabeller og vedlegg
- om nødvendig en liste med beskrivelse av viktige betegnelser og forkortelser benyttet
- hovedteksten
- referanser til kildemateriale som ikke er av generell karakter, dette gjelder også for muntlig informasjon og opplysninger.
- oppgaveteksten (denne teksten signert av faglærer) legges ved som Vedlegg 1.
- besvarelsen skal ha komplett paginering (sidenummerering).

Besvarelsen kan evt. utformes som en vitenskapelig artikkel. Arbeidet leveres da også med rapportforside og tittelside og om nødvendig med vedlegg som dokumenterer arbeid utført i prosessen med utforming av artikkelen.

Se forøvrig «Råd og retningslinjer for rapportskrivning ved prosjektarbeid og masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport». Finnes på <http://www.ntnu.no/bat/skjemabank>

**Hva skal innleveres?**

Rutiner knyttet til innlevering av masteroppgaven er nærmere beskrevet på <http://daim.idi.ntnu.no/>. Trykking av masteroppgaven bestilles via DAIM direkte til Skipnes Trykkeri som leverer den trykte oppgaven til instituttkontoret 2-4 dager senere. Instituttet betaler for 3 eksemplarer, hvorav instituttet beholder 2 eksemplarer. Ekstra eksemplarer må bekostes av kandidaten/ ekstern samarbeidspartner.

Ved innlevering av oppgaven skal kandidaten levere en CD med besvarelsen i digital form i pdf- og word-versjon med underliggende materiale (for eksempel datainnsamling) i digital form (f. eks. excel). Videre skal kandidaten levere innleveringsskjemaet (fra DAIM) hvor både Ark-Bibl i SBI og Fellestjenester (Byggsikring) i SB II har signert på skjemaet. Innleveringsskjema med de aktuelle signaturene underskrives av instituttkontoret før skjemaet leveres Fakultetskontoret.

Dokumentasjon som med instituttets støtte er samlet inn under arbeidet med oppgaven skal leveres inn sammen med besvarelsen.

Besvarelsen er etter gjeldende reglement NTNUs eiendom. Eventuell benyttelse av materialet kan bare skje etter godkjenning fra NTNU (og ekstern samarbeidspartner der dette er aktuelt). Instituttet har rett til å bruke resultatene av arbeidet til undervisnings- og forskningsformål som om det var utført av en ansatt. Ved bruk ut over dette, som utgivelse og annen økonomisk utnyttelse, må det inngås særskilt avtale mellom NTNU og kandidaten.

**Helse, miljø og sikkerhet (HMS):**

NTNU legger stor vekt på sikkerheten til den enkelte arbeidstaker og student. Den enkeltes sikkerhet skal komme i første rekke og ingen skal ta unødige sjanser for å få gjennomført arbeidet. Studenten skal derfor ved uttak av masteroppgaven få utdelt brosjyren "Helse, miljø og sikkerhet ved feltarbeid m.m. ved NTNU".

Dersom studenten i arbeidet med masteroppgaven skal delta i feltarbeid, tokt, befarings, feltkurs eller ekskursjoner, skal studenten sette seg inn i "Retningslinje ved feltarbeid m.m.". Dersom studenten i arbeidet med oppgaven skal delta i laboratorie- eller verkstedarbeid skal studenten sette seg inn i og følge reglene i "Laboratorie- og verkstedhåndbok". Disse dokumentene finnes på fakultetets HMS-sider på nettet, se <http://www.ntnu.no/ivt/adm/hms/>.

Studenter har ikke full forsikringsdekning gjennom sitt forhold til NTNU. Dersom en student ønsker samme forsikringsdekning som tilsatte ved universitetet, anbefales det at han/hun tegner reiseforsikring og personskadeforsikring. Mer om forsikringsordninger for studenter finnes under samme lenke som ovenfor.

**Innleveringsfrist:**

Arbeidet med oppgaven starter 16. januar 2012

Besvarelsen leveres senest ved registrering i DAIM innen 11. juni 2012 kl 1500.

**Faglærer ved instituttet:** Jan Vincent Thue

**Veileder(eller kontaktperson) hos ekstern samarbeidspartner:** Anders-Johan Almås, Multiconsult as

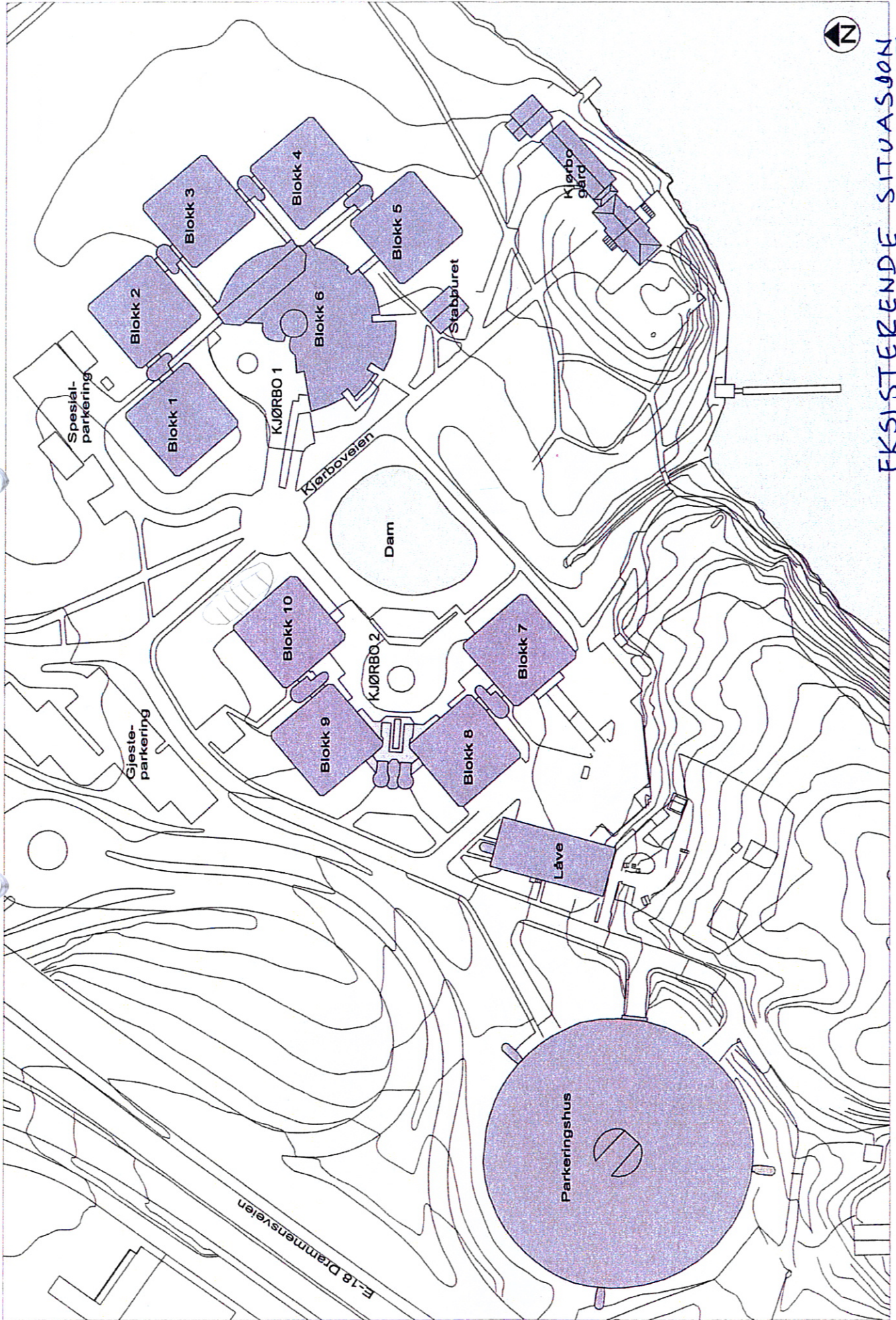
Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU

Dato: 19.01.2012, (rev. 22.05.2012)

Underskrift



Faglærer

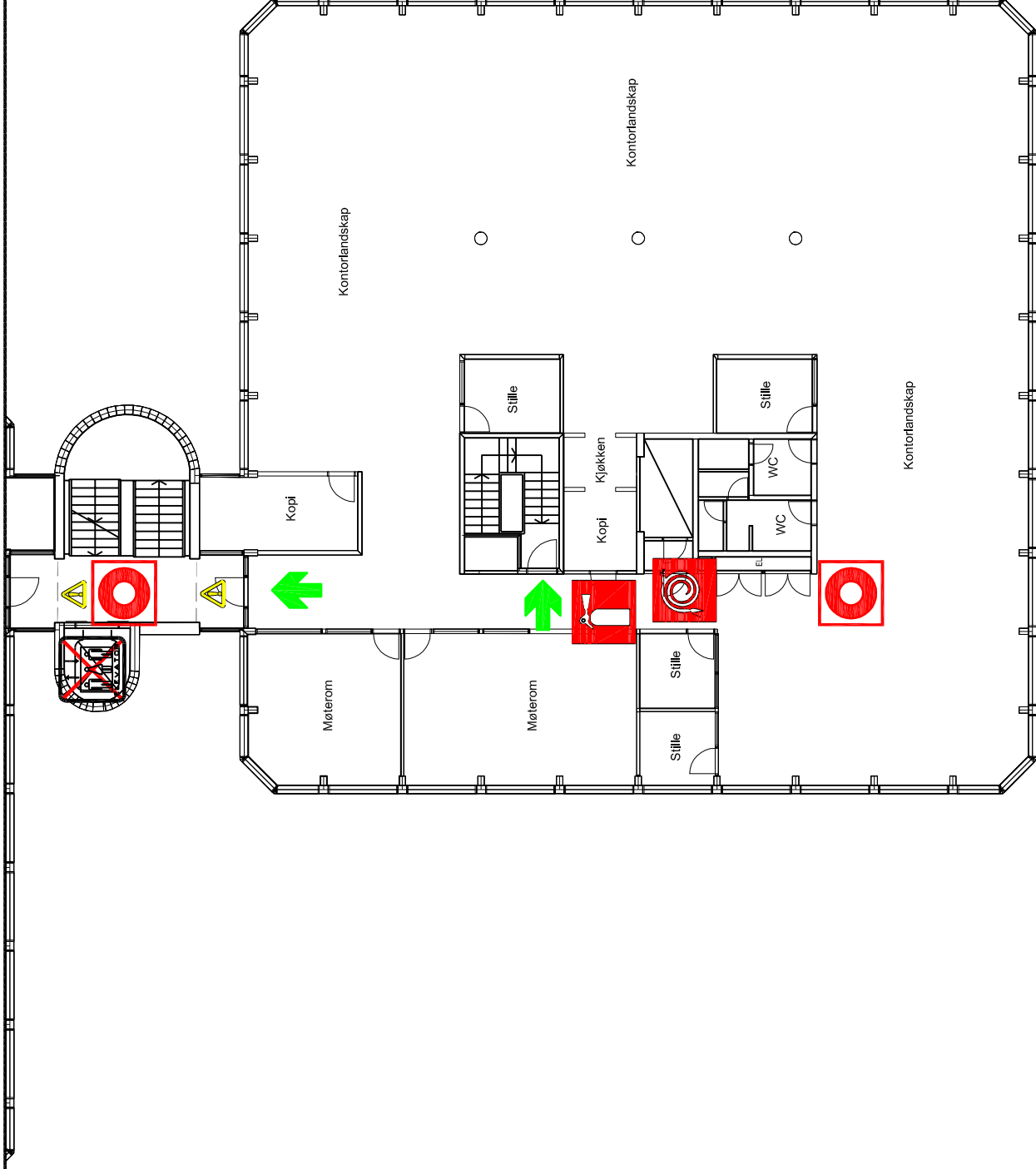


EKSISTERENDE SITUASJON  
12.03.07 / RMO  
1:1000

SITUASJONSPLAN - KJØRBO

# RØMNINGSPLAN

## Plan 3 - Blokk 5 - Kjørboveien 20



### BRANNINSTRUKS:

#### 1. GJØR DEG KJENT MED FØLGENDE:

- Rømningsveier
- Nærmeste manuelle brannmelder
- Nærmeste håndslukker / brannslange

#### 2. HVIS BRANN OPPSTÅR:

- Trykk på manuell brannmelder, eventuelt ring brannvesenet på telefon 1-1-0
- Forsøk å slukke, men utsett ikke deg selv eller andre for fare
- Iverksett evakuering - bruk nærmeste tilgjengelige nødutgang. Heis skal ikke benyttes
- Lukk dører og vinduer

#### 3. HVIS BRANNALARMEN GÅR:

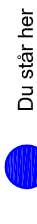
- Iverksett evakuering - bruk nærmeste tilgjengelige nødutgang. Heis skal ikke benyttes
- Lukk dører og vinduer

#### 4. SAMLINGSPLASS:

- Alle samles på samlingsplass angitt på rømningsplan



### SYMBOLER:



Du står her



Til rømningsvei



Manuell brannmelder



Håndslukker



Brannslange



Heis må ikke benyttes i tilfelle brann



Port foran trapperom lukker ved brann.  
Rømning gjennom dør i port.



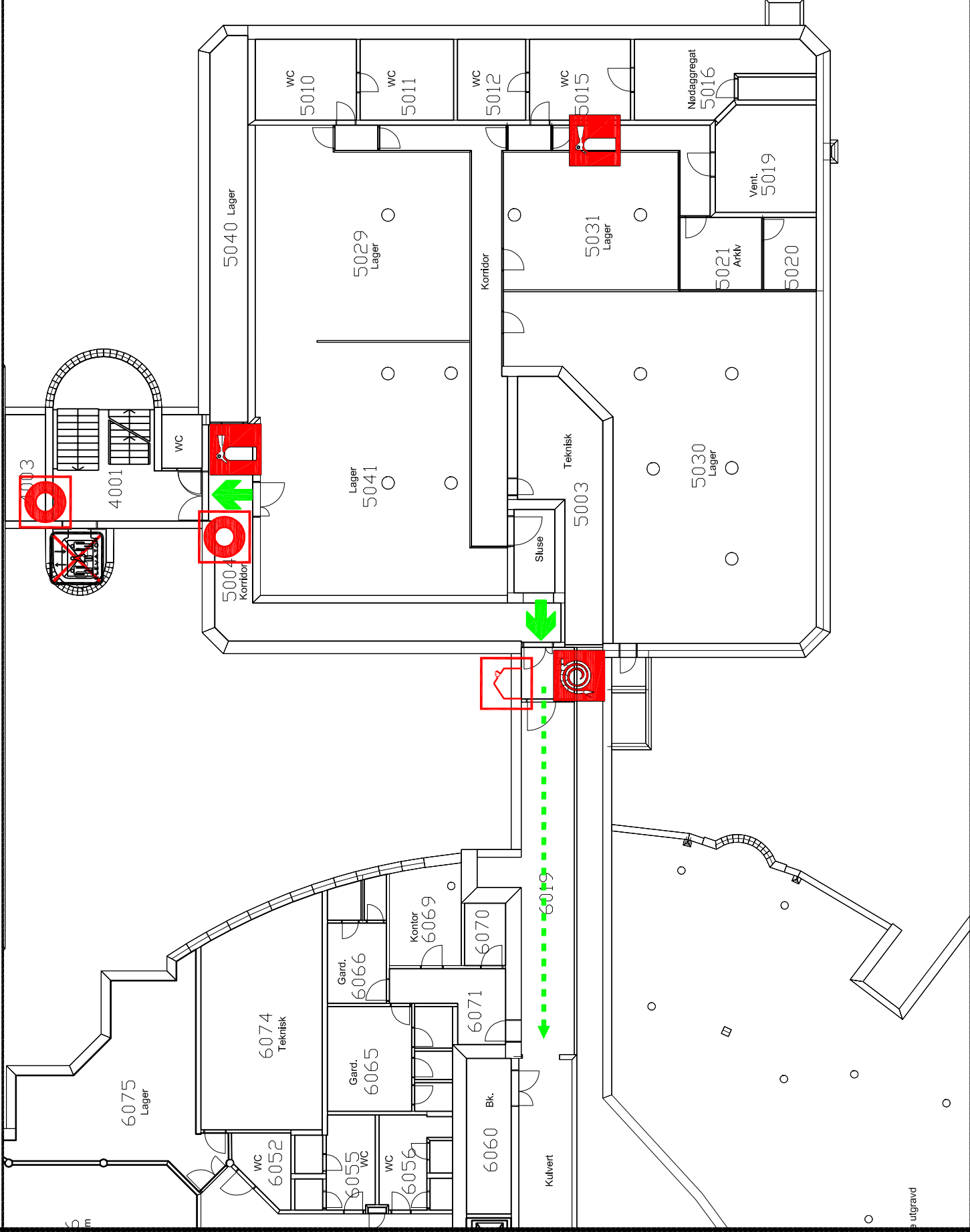
### VIKTIGE TELEFONER:

Brannvesen **110**  
 Politi **112**  
 Ambulanse **113**



# RØMNINGSPLAN

## Plan kjeller - Blokk 5 - Kjørboveien 20



### BRANNINSTRUKS:

#### 1. GJØR DEG KJENT MED FØLGENDE:

- Rømningsveier
- Nærmeste manuelle brannmelder
- Nærmeste håndslukker / brannslange

#### 2. HVIS BRANN OPPSTÅR:

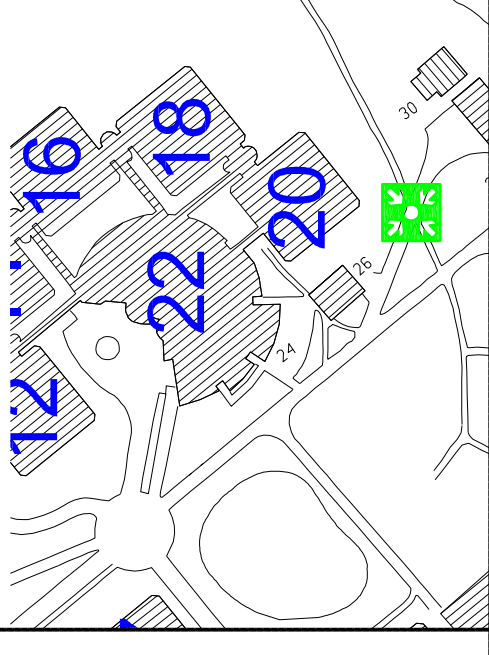
- Trykk på manuell brannmelder, eventuelt ring brannvesenet på telefon 1-1-0
- Forsøk å slukke, men utsett ikke deg selv eller andre for fare
- Iverksett evakuering - bruk nærmeste tilgjengelige nødutgang. Heis skal ikke benyttes
- Lukk dører og vinduer

#### 3. HVIS BRANNALARMEN GÅR:

- Iverksett evakuering - bruk nærmeste tilgjengelige nødutgang. Heis skal ikke benyttes
- Lukk dører og vinduer

#### 4. SAMLINGSPLASS:

- Alle samles på samlingsplass angitt på rømningsplan

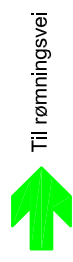


#### VIKTIGE TELEFONER:

Brannvesen **110**  
Politi **112**  
Ambulanse **113**

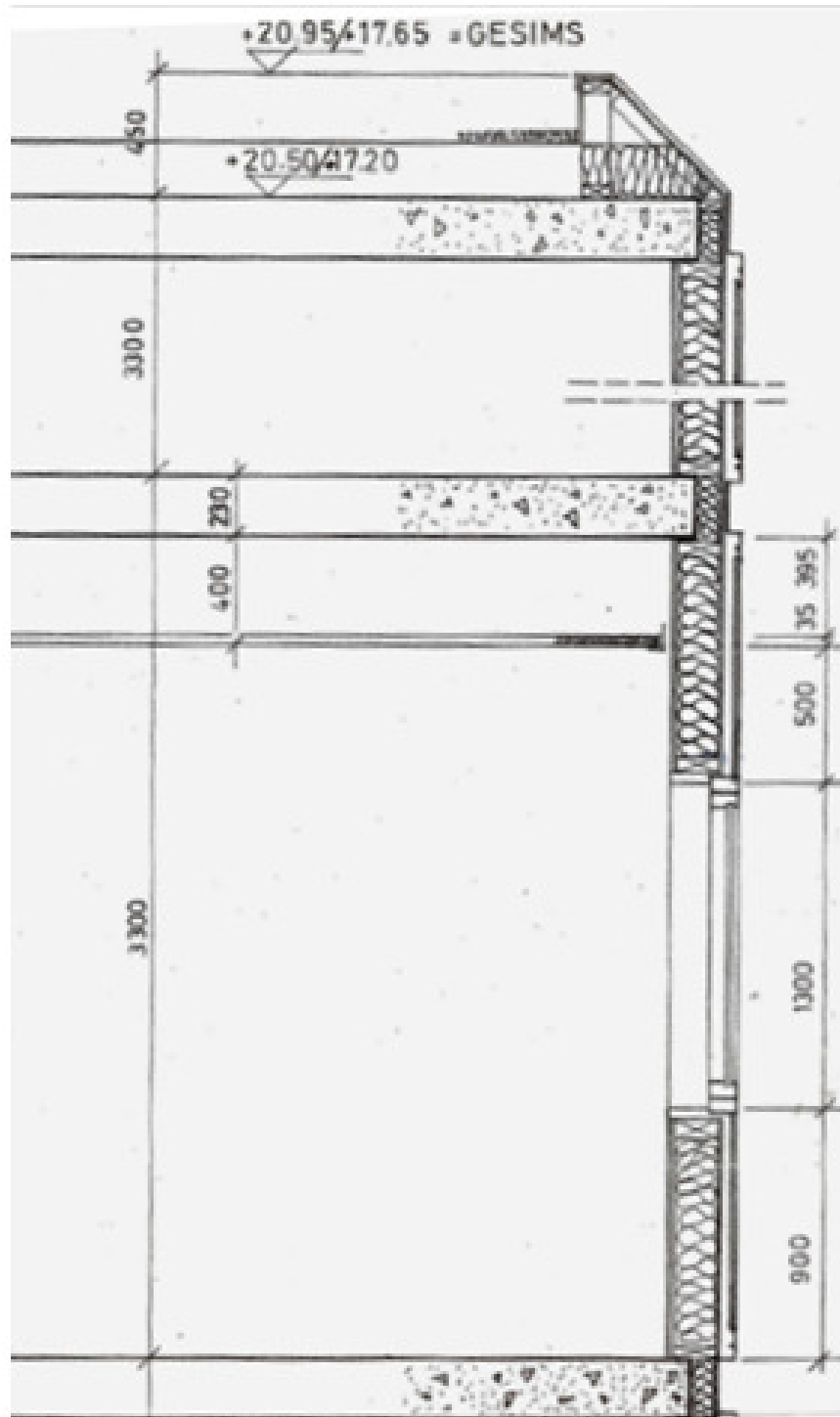
Norconsult 

#### SYMBOLER:



Vedlegg 2: Teikningar

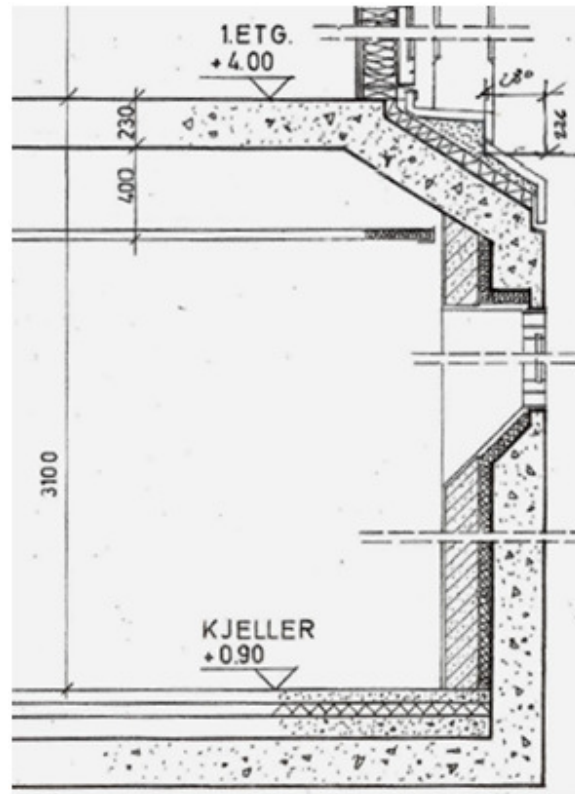
Vertikalsnitt av tak og etasje



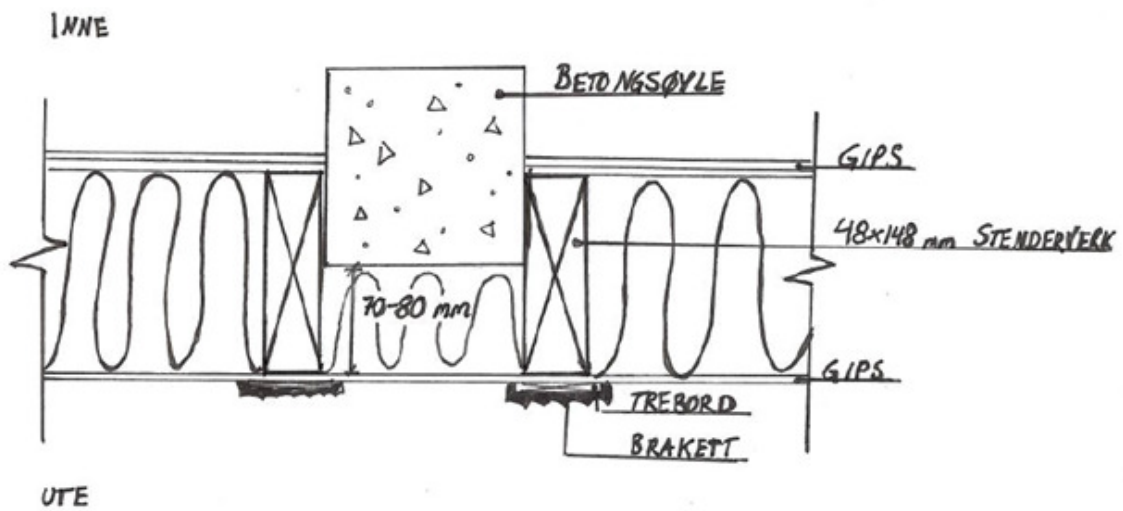


Vedlegg 2: Teikningar

Vertikalsnitt kjellar av ei kontorblokk i Kjørboiparken 1



Horizontalsnitt av fasade



Skildring av punkt		Dagens situasjon		
Elektrisitet	Data for energikjelde	Valt verdi	Eining	
Energi forsyning	Systemverknadsgrad oppvarming	0,98	Kvifor/kjelde	
	Systemeffektfaktor kjøling	1	Elektrisk varmtvassberedar (NS 3031, 2011, Tabell B.10)	
	Energipris		El. dekkjer ikkje kjøling, SIMIEN må ha verdi	
	CO2-utslepp		Kr/kWh	
	Deknings prosent av årleg energibehov	Romoppvarming	0	g/kWh
		Oppvarming av tappevatn	40	%
		Varmebatteri ventilasjon	0	(Iversen, 2012)
		Kjølebatteri ventilasjon	0	(Iversen, 2012)
	Fjernvarme	Lokal kjøling (romkjøling)	0	(Iversen, 2012)
		El. spesifikk energibehov	100	(Iversen, 2012)
Systemverknadsgrad oppvarming		0,86	Fjernvarme, vassboren varmeavgivelse radiatorar (NS 3031, 2011, Tabell B.10)	
Systemeffektfaktor kjøling		1	Fjernvarme dekkjer ikkje kjøling, SIMIEN må ha verdi	
Energipris			Kr/kWh	
CO2-utslepp			g/kWh	
Fjernkjøling	Deknings prosent av årleg energibehov	Romoppvarming	100	%
		Oppvarming av tappevatn	60	%
		Varmebatteri ventilasjon	100	%
		Kjølebatteri ventilasjon	0	%
	Data for energikjelde	Lokal kjøling (romkjøling)	0	(Iversen, 2012)
		El. spesifikk energibehov	0	(Iversen, 2012)
		Systemverknadsgrad oppvarming	1	Fjernvarme dekkjer ikkje kjøling, SIMIEN må ha verdi
		Systemeffektfaktor kjøling	0,86	Vel å bruke same verdi som for fjernvarme. Systemeffektfaktor for fjernkjøling er ikkje spesifisert i NS 3031
		Energipris		
		CO2-utslepp		
Deknings prosent av årleg	Romoppvarming	0	(Iversen, 2012)	

Vedlegg 3: Inndata i SIMIEN

Dagens situasjon

	energibehov	Oppvarming av tappevatn	%	(Iversen, 2012)	
Soner: Solutsett, middels solutsett og lite solutsett	Oppvarma golvareal	0			
	Oppvarma luftvolum	0	%	(Iversen, 2012)	
	Infiltrasjon	Kjølebatteri ventilasjon	100	%	(Iversen, 2012)
		Lokal kjøling (romkjøling)	100	%	(Iversen, 2012)
		El. spesifikk energibehov	0	%	
			*	m <sup>2</sup>	*Oppsummert til slutt for dei ulike sonene
Yttervegg SørAust	Skjermingsklasse		m <sup>3</sup>		
	Fasadesituasjon	Moderat skjerming	l/h	Ikke utført tettleiksmåling på bygning. Har anslått ein verdi på 2 etter opplysning om registrert trekkproblem rundt fleire vindauge i bygget (Iversen, 2012)	
	Møblar/interiør	Meir enn ein vindutsett fasade		Anslått etter omgivnaden	
	Driftsdagar	Lette møblert rom		Anslått etter omgivnaden	
	Kuldebruer	5 dagars veke, ingen ferie		(NS 3031, 2011, Tabell A.3)	
		Normalisert kuldebruverdi	0,11	W/m <sup>2</sup> K	Beresystem i betong, kuldebrubrytar 7 cm i fasade. Har interpolert (NS 3031, 2011, Tabell A.4)
	Totalt areal		*	m <sup>2</sup>	
	Inndata konstruksjon	Eigendefinert konstruksjon	U-verdi	W/m <sup>2</sup> K	Teikning, 48x148 stenderverk, antatt isolasjon har varmekonduktivitet 0,037 W/mK (Byggdetaljblad 471.012, 2003, Tabell 211)
		Solutsett fasade	Utv. absorpsjonskoeffisient		Antatt
		Varmelagring i innvendig sjikt	Gipsplate 13 mm		(Iversen, 2012). Verdi frå SIMIEN
Himmelretning/horisont	Himmelretning	135	°	Antatt ut ifrå situasjonskart	
	Horisont		°	Ingen målingar på skyggeforhold. Har anslått varierende verdi. Har tatt omsyn til høge lauvtre rett ved bygning	
Vindauge SørAust	Talet på vindauge	*	stk.		
	Breidde	2,2	m	Oppmålt teikning	
	Høgde	1,3	m	Oppmålt teikning	
	Arealandel karm og ramme	0,2		Vel 20 %	

Vedlegg 3: Inndata i SIMIEN

Dagens situasjon

Yttervegg SørVest	Varmetaps eigenskapar	Eigendefinert total U-verdi for heile vindaugskonstruksjonen	2,8	W/m <sup>2</sup> K	(Multiconsult, 2010)	
	Varmetilskots eigenskapar	Eigendefinert fast solskjerming	0,68		g <sub>f</sub> =0,75 (Multiconsult, 2010). Ingen fast solskjerming. NS 3031 (2011, pkt. 6.1.1.2.1) angir at g <sub>f</sub> kan forenklast settast til 0,9x g <sub>f</sub> for vindauge og glasfelt utan kunstig solavskjerming	
Yttervegg SørVest	Bygnings utspring	Overheng over vindauge	Djupne veggliv-overheng	m	Teikning	
			Avstand topp vindauge-overheng	m	Teikning	
	Varmetaps eigenskapar	Vertikal utspring på høgre side (sett utanfrå)	Djupne veggliv-utspring	m	Teikning	
			Avstand vindauge-utspring	m	Teikning	
			Djupne veggliv-utspring	m	Teikning	
			Avstand vindauge-utspring	m	Teikning	
	Totalt areal		*	m <sup>2</sup>		
		Inndata konstruksjon	U-verdi	0,29	W/m <sup>2</sup> K	Sjå Yttervegg SørAust
	Himmelretning	Solutsett fasade		0,8		Antatt
			Varmelagring i innvendig sjikt			
Himmelretning			Gipsplate 13 mm		(Iversen, 2012). Verdi frå SIMIEN	
Vindauge SørVest	Himmelretning		225	°	Antatt ut ifrå situasjonskart	
		Horisont		°	Ingen målingar på skyggeforhold. Har anslått varierende verdi. Har tatt omsyn til høge lauvtre rett ved bygning, samt staburet ved bygningen	
	Talet på vindauge		*	stk.		
		Breidde		2,2	m	Oppmålt teikning
		Høgde		1,3	m	Oppmålt teikning
	Varmetaps eigenskapar	Arealandel karm og ramme		0,2		Vel 20 %
			Eigendefinert total U-verdi for heile vindaugskonstruksjonen	2,8	W/m <sup>2</sup> K	(Multiconsult, 2010)
			Eigendefinert fast solskjerming	0,68		Sjå Vindauge SørAust
	Bygnings utspring	Overheng over vindauge	Djupne veggliv-overheng	0	m	Teikning
Avstand topp vindauge-overheng			0	m	Teikning	
Vertikal utspring på høgre side (sett utanfrå)		Djupne veggliv-utspring	0	m	Teikning	
		Avstand vindauge-utspring	0	m	Teikning	
Totalt areal	Vertikal utspring på venstre side (sett utanfrå)		0	m	Teikning	
			*	m <sup>2</sup>		

Vedlegg 3: Inndata i SIMIEN

Dagens situasjon

NordAust	Inndata konstruksjon	Eigendefinert konstruksjon	U-verdi	0,29	W/m <sup>2</sup> K	Sjå Yttervegg SørAust
		Solutsett fasade		Nei		Antatt etter situasjonskart
Himmelretning/horisont		Varmelagring i innvendig sjikt		Gipsplate 13 mm		(Iversen, 2012). Verdi frå SIMIEN
		Himmelretning		45	°	Antatt ut ifrå situasjonskart
Vindaug NordAust		Horisont			°	Ingen målingar på skyggeforhold. Har anslått varierende verdi. Har tatt omsyn til resterande kontorbygningar frå Kjørboparken 1 samt høge lauvtre
	Talet på vindaug			*	stk.	
Vindaugs storleik		Breidde		2,2	m	Oppmålt teikning
		Høgde		1,3	m	Oppmålt teikning
Varmetaps eigenskapar		Arealandel karm og ramme		0,2		Vel 20 %
		Eigendefinert total U-verdi for heile vindaugskonstruksjonen		2,8	W/m <sup>2</sup> K	(Multiconsult, 2010)
Varmetilskots eigenskapar		Eigendefinert fast solskjerming		0,68		Sjå Vindaug SørAust
	Bygnings utspring	Overheng over vindaug	Djupne veggiv-overheng	0	m	Teikning
Himmelretning/horisont		Vertikal utspring på høgre side (sett utanfrå)	Avstand topp vindaug-overheng	0	m	Teikning
		Vertikal utspring på venstre side (sett utanfrå)	Djupne veggiv-utspring	0	m	Har forenkla. Tar ikkje med trappegang mellom blokk 4 og 5
Yttervegg NordVest		Totalt areal	Avstand vindaug-utspring	0	m	Har forenkla. Tar ikkje med trappegang mellom blokk 4 og 5
	Inndata konstruksjon	Eigendefinert konstruksjon	Djupne veggiv-utspring	0	m	Teikning
Himmelretning/horisont		Solutsett fasade	Avstand vindaug-utspring	0	m	Teikning
		Varmelagring i innvendig sjikt	U-verdi	0,29	W/m <sup>2</sup> K	Sjå Yttervegg SørAust
Vindaug NordVest		Himmelretning		Nei		(Iversen, 2012). Verdi frå SIMIEN
		Horisont		Gipsplate 13 mm	°	Antatt ut ifrå situasjonskart
Vindaugs storleik		Talet på vindaug		315	°	Ingen målingar på skyggeforhold. Har anslått varierende verdi. Har tatt omsyn til resterande bygningar Kjørboparken 1
		Breidde		*	stk.	
Varmetaps eigenskapar		Høgde		2,2	m	Oppmålt teikning
		Arealandel karm og ramme		1,3	m	Oppmålt teikning
	Eigendefinert total U-verdi for heile vindaugskonstruksjonen		0,2		W/m <sup>2</sup> K	Vel 20 %
			2,8		W/m <sup>2</sup> K	(Multiconsult, 2010)

## Vedlegg 3: Inndata i SIMIEN

## Dagens situasjon

Kompakt tak	Varmetilskots eigenskapar	Eigendefinert fast solskjerming	0,68		Sjå Vindaug SørAust		
	Bygnings utspring	Overheng over vindaug	0	m	Teikning		
Kjellar	Horisont	Overheng	0	m	Teikning		
		Vertikal utspring på høgre side (sett utanfrå)	0	m	Teikning		
		Vertikal utspring på venstre side (sett utanfrå)	0	m	Teikning		
		Totalt takareal	*		m <sup>2</sup>		
		Inndata konstruksjon	Eigendefinert konstruksjon	U-verdi	0,16	W/m <sup>2</sup> K	250 mm isolasjon totalt (Iversen, 2012). EPS varmekonduktivitet 0,038 W/mK. Har antatt tillegg på U-verdi på 0,01 W/m <sup>2</sup> K for mekanisk festemiddel etter NS-EN ISO 6946 (2007, pkt.D.3.2)
		Type kontor	Luftmengde	Solutsett takflate	0,8		Antatt
	Varmelagring innvendig sjikt			Open akustisk himling + betong/holdikke		Verdi frå SIMIEN	
	Himmelretning/takvinkel			0	°	Ingen målingar av skyggeforhold. Antek varierende verdi. Tar omsyn til nærliggande bygningar som er høgare enn blokk 5, nord for blokk 5	
	Retning			0	°	Flatt tak	
	Kjellar	Storleik	Golvareal	*	m <sup>2</sup>		
Lengde yttervegg			*	m			
Midtlare høgde vegg			2,2	m	Antatt frå teikning, samt bilete tatt på befaring		
Vegg konstruksjon		Varmelagring innvendig sjikt vegg	Tjukkleik vegg	0,43	m	Ut ifrå teikning, har antatt 230 mm betong, 60 mm mineralull og 145 mm lettklinker med puss	
			Veggkonstruksjon, eigendefinert konstruksjon	Lettklinker	W/m <sup>2</sup> K	Verdi frå SIMIEN	
				0,41		Ut ifrå teikning, har antatt 230 mm betong, 60 mm mineralull og 145 mm lettklinker med puss	
Golv konstruksjon	Varmelagring innvendig sjikt golv	Golvkonstruksjon, eigendefinert golvkonstruksjon	Mellomtungt golv	W/m <sup>2</sup> K	Verdi frå SIMIEN		
			0,55		Ut i frå teikning, har antatt 390 mm betong, 60 mm EPS, samt dampsperre		
Type kontor	Luftmengde	Tilluft i driftstid	Leire/silt	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Leire og sand (Iversen, 2012)		
			Balansert ventilasjon				
			7,4		13 600 m <sup>3</sup> /h (Multiconsult, 2008)		

	Tilluft utanfor driftstid	0	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Stoppast utanfor driftstid (Iversen, 2012)
	Tilluft helg/ferie	0	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Stoppast utanfor driftstid (Iversen, 2012)
	Avtrekk driftstid	7,4	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	
	Avtrekk utanfor driftstid	0	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Stoppast utanfor driftstid (Iversen, 2012)
	Avtrekk helg/ferie	0	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Stoppast utanfor driftstid (Iversen, 2012)
	SPF-faktor vifte	3,4	kW/m <sup>3</sup> /s	(Multiconsult, 2008)
Tillufts temperatur	Variabel tilluftstemperatur	20	°C	Utetemperatur under -15 °C (Iversen, 2012)
	Min tilluftstemperatur	17	°C	Utetemperatur over 20 °C (Iversen, 2012)
	Høg avtrekksstemperatur	24	°C	(Iversen, 2012)
	Låg avtrekksstemperatur	21	°C	(Iversen, 2012)
Driftstid		11 timar/døgn, kl. 06.00-17.00		(Iversen, 2012)
Komponentar	Varmebatteri	30	W/m <sup>2</sup>	(Almás, 2012), Urfyllt i SIMIEN
	Vassbore varmebatteri	30	K	Varmebatteri i ventilasjonsaggregat (NS 3031, 2011, Tabell I.3)
	Kjølebatteri	0,5	kW/(l/s)	Varmelegg (NS 3031, 2011, Tabell I.1)
	Vassbore kjølebatteri	30	W/m <sup>2</sup>	(Almás, 2012), Urfyllt i SIMIEN
Varmegjenvinnar	Spesifikk pumpeeffekt	6	K	Kjølebatteri i ventilasjonsaggregat (NS 3031, 2011, Tabell I.3)
	Maks kapasitet	0,6	kW/(l/s)	Tørrkjølarrets (NS 3031, 2011, Tabell I.1)
	Delta T vasside	0,7	°C	(Iversen, 2012)
	Temperatur verknadsgrad	-10	°C	Regenerativ (roterande varmegjenvinnar eller kammergjenvinnar) alle bygningar (NS 3031, 2011, Tabell H.1)
Plassering av vifte	Tilluftsvifte	Etter varmegjenvinnar		(Iversen, 2012)
	Avtrekksvifte	Etter varmegjenvinnar		(Iversen, 2012)
Natkjøling		Ingen		(Iversen, 2012)
Type		Balansert ventilasjon		
Ventilasjon kjellar	Tilluft i driftstid	4,6	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	2 700 m <sup>3</sup> /h (Multiconsult, 2008)
	Tilluft utanfor driftstid	0	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Stoppast utanfor driftstid (Iversen, 2012)
	Tilluft helg/ferie	0	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Stoppast utanfor driftstid (Iversen, 2012)
	Avtrekk driftstid	4,6	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	
	Avtrekk utanfor driftstid	0	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Stoppast utanfor driftstid (Iversen, 2012)
	Avtrekk helg/ferie	0	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Stoppast utanfor driftstid (Iversen, 2012)
Tillufts temperatur	SPF-faktor vifte	5	kW/m <sup>3</sup> /s	(Multiconsult, 2008)
Driftstid	Konstant	19	°C	Antatt
		1 time/døgn		(Iversen, 2012)

## Vedlegg 3: Inndata i SIMIEN

## Dagens situasjon

Komponentar	Varmebatteri	Maks kapasitet	30	W/m <sup>2</sup>	(Almås, 2012). Urfyllt i SIMIEN
Internlaster	Vassbore varmebatteri	Delta T vasside	30	K	Varmebatteri i ventilasjonsaggregat (NS 3031, 2011, Tabell I.3)
	Kjølebatteri	Spesifikk pumpeeffekt	0,5	kW/(l/s)	Varmeanlegg (NS 3031, 2011, Tabell I.1)
	Varmegjenvinnar		Ingen		(Multiconsult, 2008)
	Nattkjøling		Ingen		Ingen form for omluft. Ikkje tillate sidan tilfluktsrom (Iversen, 2012)
Belysning	I driftstid	Midlare effekt	11	W/m <sup>2</sup>	(Iversen, 2012)
	Utanfor driftstid	Varmetilskot	100	%	Arealvekta (overslag)
	Helg/fridagar	Midlare effekt	0	W/m <sup>2</sup>	Kontorlandskap 7 /m <sup>2</sup> , Korridor 12 W/m <sup>2</sup> , møterom 23 W/m <sup>2</sup> (Multiconsult, 2008)
	Driftsmønster	Varmetilskot	100	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
	I driftstid	Midlare effekt	100	W/m <sup>2</sup>	Antar alt avslått etter driftstid
	Utanfor driftstid	Midlare effekt	0	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
	Helg/fridagar	Varmetilskot	0	W/m <sup>2</sup>	Antar alt avslått etter driftstid
	Driftsmønster	Varmetilskot	100	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
	Teknisk utstyr	Midlare effekt	12 timar/døgn, kl. 06.00-18.00	W/m <sup>2</sup>	(NS 3031, 2011, Tabell A.3)
	Utanfor driftstid	Varmetilskot	11	W/m <sup>2</sup>	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
Tappevatn	Helg/fridagar	Midlare effekt	100	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
	Driftsmønster	Varmetilskot	1,1	W/m <sup>2</sup>	Antar 10 % av effekten er på standby utanfor driftstid
	På driftsdagar	Varmetilskot	100 %	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
	Helg/fridagar	Midlare effekt	0	W/m <sup>2</sup>	Antar alt slått av i helg/fridagar
	Driftsmønster	Varmetilskot	100 %	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
	På driftsdagar	Midlare effekt	12 tima/døgn, kl. 06.00-18.00	W/m <sup>2</sup>	(NS 3031, 2011, Tabell A.3)
	Helg/fridagar	Varmetilskot	0,8	W/m <sup>2</sup>	(NS 3031, 2011, Tabell A.1). Settast lågare enn verdi i NS 3031 pga. SIMIEN reknar med 24 timar driftstid, medan NS 3031 nyttar 12 timars driftstid. Reduserer verdien i NS 3031 til halvparten
	Utanfor driftstid	Varmetilskot	0	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
	Driftsmønster	Vassdamp	0	g/h	Anta 0 g/h pga. avgrensa bruk av tappevatn
	Utanfor driftstid	Midlare effekt	0	W/m <sup>2</sup>	Antar at ikkje noko tappevatn vert brukt i helg/fridagar
Varmetilskot personar	Utanfor driftstid	Varmetilskot	0	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
	I driftstid	Vassdamp	0	g/h	Anta 0 g/h pga. avgrensa bruk av tappevatn
	Utanfor driftstid	Gjennomsnittleg varmetilskot	4	W/m <sup>2</sup>	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
	I driftstid	Gjennomsnittleg varmetilskot	0	W/m <sup>2</sup>	Inga nærvær etter driftstid. Konservativt



Vedlegg 3: Inndata i SIMIEN

Dagens situasjon

	Helg/fridagar	Gjennomsnittleg varmetilskot	0	W/m <sup>2</sup>	Inga nærvær etter driftstid. Konservativt	
Oppvarming	Driftsmønster		12 timar/døgn, kl.06.00-18.00		(NS 3031, 2011, Tabell A.3)	
	Maksimal avgitt effekt		50	W/m <sup>2</sup>	(Almás, 2012). Utfyllt i SIMIEN	
	Konvektiv andel avgitt effekt		0,5		Antek 0,5 pga. radiatorar avgir varme både ved stråling og konveksjon	
	Oppvarming med vassboren distribusjonssystem	Tur temperatur		60	°C	Variere, mellom 70-40 °C (Iversen, 2012)
		Retur temperatur		43	°C	Variere, vanlegvis ein skilnad på 20 °C mellom tur og retur temperatur.
		Spesifikk pumpeeffekt		0,5	kW/(l/s)	Radiatorsystem og konvektorar (NS 3031, 2011, Tabell I.3). I dette systemet er det vanleg med ein skilnad på 15-18 °C. (Iversen, 2012). Antok dermed ein skilnad på 17 °C
Driftsstrategi	Settpunkttemperatur i driftstid		21	°C	Varmelegg (NS 3031, 2011, Tabell I.1)	
	Settpunkttemperatur utanfor driftstid		21	°C	Har lågare på vinter enn sommar. Ca 21 °C på vinter (Iversen, 2012)	
	Driftsmønster		24 timar/døgn		Senker ikkje temperaturen utanfor driftstid. Stor treigleik i systemet (Iversen, 2012)	
	Settpunkttemperatur i driftstid		23	°C	Oppvarmingssystemet står på kontinuerleg. (Iversen, 2012)	
	Settpunkttemperatur utanfor driftstid		23	°C	Har høgare temperatur på sommaren. Om lag 23 °C (Iversen, 2012)	
Driftsstrategi sommar	Settpunkttemperatur utanfor driftstid		24 timar/døgn		Senker ikkje temperaturen utanfor driftstid. Stor treigleik i systemet (Iversen, 2012)	
	Driftsmønster		24 timar/døgn		Oppvarmingssystemet står på kontinuerleg (Iversen, 2012)	
	Sommartid		1. mai - 1. september		Antar	
	Settpunkttemperatur		22	°C	Variere, 21-22 °C vinter, 22-23 °C sommar. (Iversen, 2012). Sett snitt temperatur på 22 °C. Samsvarar bra med NS 3031 (2011, Tabell A.3)	
	Maksimal levert effekt		*	W/m <sup>2</sup>	Antall baflar varierer i frå etasje til etasje. Eit røft anslag frå Iversen (2012) var mellom 35-60 baflar per etasje. Effekt per kjølebaffel 170 W (Iversen, 2012). 3 baflar per vindauge, har sett på bilete frå befaring, for kvar etasje. Tilsaman for bygget har eg anslått 66 baflar per etasje	
Kjølebaflar	Konvektiv andel kjøling		0,5		Antatt	
	Kjøling via vassboren	Tur temperatur	15	°C	Variere, kan ha 18 °C på tur, og 21 °C på	

Vedlegg 3: Inndata i SIMIEN

Dagens situasjon

	distribusjonssystem	Retur temperatur	21	°C	retur på sommaren. Vanleg med ein skinnad mellom tur og retur på 6-7 °C (Iversen, 2012)	
		Spesifikk pumpeeffekt	0,6			Tørrkjølerkrets (NS 3031, 2011, Tabell I.1)
		Driftstid	11 timar/ døgn, kl. 06.00-17.00			Same som ventilasjon (Iversen, 2012)

\*

Kva	Sone	Mengde	Kva	Sone	Mengde
Oppvarma golvareal	Solutsett	652 m <sup>2</sup>	Vindauge Sør Vest	Solutsett	30 stk.
	Lite solutsett	663 m <sup>2</sup>	Vindauge NordAust	Lite solutsett	24 stk.
	Middels solutsett	1 123 m <sup>2</sup>	Vindauge NordVest	Solutsett	9 stk.
Oppvarma luftvolum	Solutsett	1 971 m <sup>3</sup>		Lite solutsett	9 stk.
	Lite solutsett	2 004 m <sup>3</sup>		Middels solutsett	11 stk.
	Middels solutsett	3 392 m <sup>3</sup>	Kompakt tak	Solutsett	166 m <sup>2</sup>
Yttervegg SørAust	Solutsett	62 m <sup>2</sup>		Lite solutsett	170 m <sup>2</sup>
	Lite solutsett	62 m <sup>2</sup>		Middels solutsett	283 m <sup>2</sup>
	Middels solutsett	105 m <sup>2</sup>	Kjellar golvareal	Solutsett	154 m <sup>2</sup>
Yttervegg SørVest	Solutsett	228 m <sup>2</sup>		Lite solutsett	154 m <sup>2</sup>
	Lite solutsett	228 m <sup>2</sup>		Middels solutsett	275 m <sup>2</sup>
	Solutsett	62 m <sup>2</sup>	Lengde yttervegg kjellar	Solutsett	39 m
Yttervegg NordAust	Lite solutsett	62 m <sup>2</sup>		Lite solutsett	39 m
	Middels solutsett	105 m <sup>2</sup>		Middels solutsett	23 m
	Solutsett	9 stk.	Maksimal levert effekt	Solutsett	40 W/m <sup>2</sup> (Antatt 117 stk.)
Vindauge SørAust	Lite solutsett	9 stk.	kjøleballar	Lite solutsett	9 W/m <sup>2</sup> (Antatt 27 stk.)
	Middels solutsett	12 stk.		Middels solutsett	11 W/m <sup>2</sup> (Antatt 54 stk.)

Referansar:

- Almås, A. J. (2012). *Samtale med veileidar Anders-Johan Almås*. Byggedetaljblad 471.012. (2003). *U-verdier. Vegger over terreng*. Oslo: SINTEF Byggeforsk.
- Iversen, P. (2012). *Samtale med driftsteknikar Per Iversen i Entra Drift, Kjørbooparken*. Multiconsult. (2008). *Energi og Miljøanalyse for Kjørbo- blokk 4 og 5*. Oslo: Multiconsult.
- Multiconsult. (2010). *Energimerking av Kjørbo 1*. Oslo: Multiconsult.
- NS-EN ISO 6946. (2007). *Bygningskomponenter og -elementer. Varmemotstand og varmegjennomgang. Beregningsmetode*. Oslo: Standard Norge.
- NS 3031. (2011). *NS 3031: 2007 + A1:2011 Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data*. Norsk Standard (red.). Oslo: Standard Norge.

Skildring av punkt		Konsept 1		
Elektrisitet	Data for energikjelde	Valt verdi	Eining	Kvifor/kjelde
Energi forsyning	Systemverknadsgrad oppvarming	1		El. dekkjer ikkje oppvarming, SIMIEN må ha verdi
	Systemeffektfaktor kjøling	1		El. dekkjer ikkje kjøling, SIMIEN må ha verdi
	Energipris		Kr/kWh	
	CO2-utslepp		g/kWh	
	Romoppvarming	0	%	
	Oppvarming av tappevatn	0	%	
	Varmebatteri ventilasjon	0	%	
	Kjølebatteri ventilasjon	0	%	
	Lokal kjøling (romkjøling)	0	%	
	El. spesifikk energibehov	100	%	Legger inn at alt vert dekt av elektrisitet. Reknar ut kor mykje energi solcellene kan produsere separat
Fjernvarme	Data for energikjelde	0,86		Som for dagens situasjon, sjølv om den skal no berre dekkje delar av oppvarming av tappevatn (NS 3031, 2011, Tabell B.10). Fjernvarme, vassboren varmeavgivelse, radiatorar
Fjernvarme	Systemverknadsgrad oppvarming	1		Fjernvarme dekkjer ikkje kjøling, SIMIEN må ha verdi
	Systemeffektfaktor kjøling			
	Energipris		Kr/kWh	
	CO2-utslepp		g/kWh	
	Romoppvarming	0	%	
	Oppvarming av tappevatn	40	%	Fjernvarme dekkjer 40 % av oppvarming av tappevatn. På Brattørkaia skal fjernvarme dekkje 25-50 % av oppvarming av tappevatn (Wachenfeldt, 2012b)
	Varmebatteri ventilasjon	0	%	
	Kjølebatteri ventilasjon	0	%	
	Lokal kjøling (romkjøling)	0	%	
	El. spesifikk energibehov	0	%	
Varmpumpe	Data for energikjelde	3,7		Avheng av mange forhold, som type varmpumpe(scroll eller skruekompressor, driftsføresetnader som temp. nivå, dellast/full

Kjørbo, Blokk 5	Yttervegg SørAust	Inndata konstruksjon	Eigendefinert konstruksjon	U-verdi	0,15	228	0,03	5 dagars veke, ingen ferie	Lett møblert rom	Moderat skjerming Meir enn ein vindutsett fasade	0,6	7 367	2 438	0	100	100	100	60	100	100	100	3,7	Systemeffektfaktor kjøling Energipris CO2-utslepp	Kjølning	Dekningsprosent av årlig energibehov	Oppvarma golvareal	El. spesifikk energibehov	Lokal kjøling (romkjøling)	Kjølebatteri ventilasjon	Varmebatteri ventilasjon	Oppvarming av tappevatn	Romoppvarming	CO2-utslepp	Energipris	Systemeffektfaktor kjøling	3,7	Kr/kWh g/kWh %	Sjøvarmepumpe dekkjer heile romoppvarmingsbehovet. Varmepumpa på Brattørkaia er prosjektert til å dekkje 100 % av romoppvarming (Wachenfeldt, 2012b)	Sjøvarmepumpe dekkjer 60 % behovet for oppvarming av tappevatn. Varmepumpa på Brattørkaia er prosjektert til å dekkje 50-75 % (Wachenfeldt, 2012b)	Sjøvarmepumpe dekkjer behovet for varmebatteri ventilasjon	Sjøvarmepumpe dekkjer behovet til kjølebatteri ventilasjon	Sjøvarmepumpe dekkjer behovet til lokal kjøling	Likt som for dagens situasjon. Utvendig etterisolering	Overslag ut ifrå teikningsgrunnlag	God utførsle	Anslått etter omgivnaden	Anslått etter omgivnaden	(NS 3031, 2011, Tabell A.3)	Antek at dette vert oppnådd. Beresystem i betong, kuldebrubrytar 22 cm i fasade	Oppmålt teikning. Etterisolert utvendig	Etterisolert utvendig 150 mm. Eksisterande stenderverk 48x148 mm <sup>2</sup> , antatt isolasjon har varmekonduktivitet 0,037 W/mK.	Etterisolasjonen skal ha ein varmekonduktivitet på 0,034 W/mK, samt stenderverk 36x48 mm <sup>2</sup> +36x98 mm <sup>2</sup> . Legg isolasjonen krysslågt, for å unngå kuldebruer. Dimensjon stenderverk 48 x(148 +148) mm <sup>2</sup> ,																																																										
																																																					Oppvarma luftvolum	Lekkasjetal (N50)	Skjermingsklasse	Fasadesituasjon	Møblar/interiør	Driftsdagar	Kuldebruer	Totalt areal	Inndata konstruksjon																																																	
																																																					Normalisert kuldebruerverdi	Eigendefinert konstruksjon	U-verdi	0,03	Lett møblert rom	5 dagars veke, ingen ferie	0,03	228	0,15	228	0,15	228	0,03	5 dagars veke, ingen ferie	Lett møblert rom	Moderat skjerming Meir enn ein vindutsett fasade	0,6	7 367	2 438	0	100	100	100	60	100	100	100	3,7	Systemeffektfaktor kjøling Energipris CO2-utslepp	Kjølning	Dekningsprosent av årlig energibehov	Oppvarma golvareal	El. spesifikk energibehov	Lokal kjøling (romkjøling)	Kjølebatteri ventilasjon	Varmebatteri ventilasjon	Oppvarming av tappevatn	Romoppvarming	CO2-utslepp	Energipris	Systemeffektfaktor kjøling	3,7	Kr/kWh g/kWh %	Sjøvarmepumpe dekkjer heile romoppvarmingsbehovet. Varmepumpa på Brattørkaia er prosjektert til å dekkje 100 % av romoppvarming (Wachenfeldt, 2012b)	Sjøvarmepumpe dekkjer 60 % behovet for oppvarming av tappevatn. Varmepumpa på Brattørkaia er prosjektert til å dekkje 50-75 % (Wachenfeldt, 2012b)	Sjøvarmepumpe dekkjer behovet for varmebatteri ventilasjon	Sjøvarmepumpe dekkjer behovet til kjølebatteri ventilasjon	Sjøvarmepumpe dekkjer behovet til lokal kjøling	Likt som for dagens situasjon. Utvendig etterisolering	Overslag ut ifrå teikningsgrunnlag	God utførsle	Anslått etter omgivnaden	Anslått etter omgivnaden	(NS 3031, 2011, Tabell A.3)	Antek at dette vert oppnådd. Beresystem i betong, kuldebrubrytar 22 cm i fasade	Oppmålt teikning. Etterisolert utvendig	Etterisolert utvendig 150 mm. Eksisterande stenderverk 48x148 mm <sup>2</sup> , antatt isolasjon har varmekonduktivitet 0,037 W/mK.	Etterisolasjonen skal ha ein varmekonduktivitet på 0,034 W/mK, samt stenderverk 36x48 mm <sup>2</sup> +36x98 mm <sup>2</sup> . Legg isolasjonen krysslågt, for å unngå kuldebruer. Dimensjon stenderverk 48 x(148 +148) mm <sup>2</sup> ,

Vindauge SørAust Vippe	Himmelretning						varmekonduktivit 0,037 W/mK gir ein U-verdi på 0,16 W/ m <sup>2</sup> K og dimensjon 36x(148+148) mm <sup>2</sup> , konduktivit 0,034 W/mK gir ein U-verdi på 0,14 W/ m <sup>2</sup> K (Byggdetaljblad 471.012, 2003, Tabell 211). Antek ein kombinasjon av dette gir ein U-verdi 0,15 W/ m <sup>2</sup> K	
	Himmelretning g/horisont	Solutsett fasade	Utv. absorpsjonskoeffisient	0,8			Antatt	
Vindauge SørAust Vippe	Talet på vindauge	Varmelagring i innvendig sjikt		Gipsplate 13 mm			(Iversen, 2012). Verdi frå SIMIEN	
		Himmelretning		135			Antatt ut ifrå situasjonskart	
		Horisont						Ingen målingar på skyggeforhold. Har anslått varierende verdi. Har tatt omsyn til høge lauvtre rett ved bygning
					30		stk.	Oppmålt teikning. Skiftar ut eksisterande vindauge
	Vindaugs storleik	Breidde			2,2		m	Oppmålt teikning
		Høgde			1,3		m	Oppmålt teikning
		Arealandel karm og ramme			0,2			Vel 20 %
	Varmetaps eigenskapar	Eigendefinert total U-verdi for heile vindaugskonstruksjonen			0,78		W/m <sup>2</sup> K	WicLine 75 evo. 3-lags glas (isolerande). Kalkulerte U-verdi ved å bruke eit dataverktøy, Wicona Tools (Wicona, 2012)
	Varmetilskots eigenskapar	Regulerbar solskjerming						Verdi frå SIMIEN
	Bygnings utspring	Styring av solskjerming	Overheng over vindauge		Automatisk			
Djupne vegg/liv-overheng				0		m	Teikning	
Vertikal utspring på høgare side (sett utanfrå)		Avstand topp vindauge-overheng			0		m	Teikning
		Djupne vegg/liv-utspring			0		m	Teikning
		Avstand vindauge-utspring			0		m	Teikning
		Djupne vegg/liv-utspring			0		m	Teikning
Totalt areal	Avstand vindauge-utspring			0		m	Teikning	
				228		m <sup>2</sup>	Oppmålt teikning	
Yttervegg SørVest	Inndata konstruksjon	Eigendefinert konstruksjon		U-verdi		W/m <sup>2</sup> K	Sjå Yttervegg SørAust	
		Solutsett fasade		Utv. absorpsjonskoeffisient		0,8	Antatt	
	Varmelagring i innvendig sjikt				Gipsplate 13 mm		(Iversen, 2012). Verdi frå SIMIEN	

Vedlegg 3: Inndata i SIMIEN

Konsept 1

	Himmelretning	225	°	Antatt ut ifrå situasjonskart
	Horisont		°	Ingen målinger på skyggeforhold. Har anslått varierende verdi. Har tatt omsyn til høge lauvtre rett ved bygning, samt staburet ved bygningen
Vindauge SørVest Vippe	Talet på vindauge	30	stk.	Oppmålt teikning
	Vindaugs storleik	2,2	m	Oppmålt teikning
		1,3	m	Oppmålt teikning
		0,2		Vel 20 %
Varmetaps eigenskapar	Eigendefinert total U-verdi for heile vindaugskonstruksjonen	0,78	W/m <sup>2</sup> K	Sjå vindauge SørAust
Varmetilskots eigenskapar	Regulerbar solskjerming	Lyse utvendige persienner, 80 mm lamellar, 3-lags rute, 1 energiglas		Verdi frå SIMIEN
	Styring av solskjerming	Automatisk		
Bygnings utspring	Overheng over vindauge	Djupne vegg-liv-overheng	m	Teikning
		Avstand topp vindauge-overheng	m	Teikning
	Vertikal utspring på høgre side (sett utanfrå)	Djupne vegg-liv-utspring	m	Teikning
	Vertikal utspring på venstre side (sett utanfrå)	Avstand vindauge-utspring	m	Teikning
Yttervegg NordVest	Totalt areal		m <sup>2</sup>	Oppmålt teikning
	Inndata konstruksjon	Eigendefinert konstruksjon	W/m <sup>2</sup> K	Sjå yttervegg SørAust
		Solutsett fasade	Nei	Antatt
	Himmelretning	Varmelagring i innvendig sjikt	Gipsplate 13 mm	(Iversen, 2012). Verdi frå SIMIEN
Vindauge NordVest Vippe	Talet på vindauge		°	Antatt ut ifrå situasjonskart
	Vindaugs storleik		°	Ingen målinger på skyggeforhold. Har anslått varierende verdi. Har tatt omsyn til resterande bygningar Kjørboparken 1
			stk.	Oppmålt teikning
			m	Oppmålt teikning
Varmetaps eigenskapar	Eigendefinert total U-verdi for heile vindaugskonstruksjonen	0,78	W/m <sup>2</sup> K	Sjå vindauge SørAust
Varmetilskots eigenskapar	Regulerbar solskjerming	Innvendige persienner, 28 mm		Verdi frå SIMIEN

			lamellar, 3-lags rute, 1 energiglas			
Bygnings utspring	Styring		Manuelt			
	Overheng over vindauge	Djupne veggjiv-overheng	0		m	Teikning
		Avstand topp vindauge-overheng	0		m	Teikning
	Vertikal utspring på høgre side (sett utanfrå)	Djupne veggjiv-utspring	0		m	Teikning
		Avstand vindauge-utspring	0		m	Teikning
	Vertikal utspring på venstre side (sett utanfrå)	Djupne veggjiv-utspring	0		m	Teikning
Avstand vindauge-utspring		0		m	Teikning	
Yttervegg NordAust	Totalt areal		228		m <sup>2</sup>	Oppmålt teikning
	Inndata konstruksjon	Eigendefinert konstruksjon	U-verdi	0,15	W/m <sup>2</sup> K	Sjå yttervegg SørAust
		Solutsett fasade		Nei		Antatt ut ifrå situasjonskart
	Himmelretning/horison	Varmelagring i innvendig sjikt		Gipsplate 13 mm		(Iversen, 2012). Verdi frå SIMIEN
Himmelretning			45	°	Antatt ut ifrå situasjonskart	
	Horison			°	Ingen målingar på skyggeforhold. Har anslått varierende verdi. Har tatt omsyn til resterande kontorbygningar frå Kjørhoparken 1 samt høge lauvtre	
Vindauge NordAust Vippe	Tallet på vindauge		24		stk.	Oppmålt teikning
	Vindaugs storleik	Breidde	2,2		m	Oppmålt teikning
		Høgde	1,3		m	Oppmålt teikning
	Varmetaps eigenskapar	Arealandel karm og ramme	0,2			Vel 20 %
		Eigendefinert total U-verdi for heile vindaugskonstruksjonen		0,78		W/m <sup>2</sup> K
	Varmetilkots eigenskapar	Regulerbar solskjerming		Innvendige persienner, 28 mm lamellar, 3-lags rute, 1 energiglas		
Bygnings utspring	Styring av solskjerming		Manuelt			
	Overheng over vindauge	Djupne veggjiv-overheng	0		m	Teikning
		Avstand topp vindauge-overheng	0		m	Teikning
	Vertikal utspring på høgre side (sett utanfrå)	Djupne veggjiv-utspring	0		m	Har forenkla. Tar ikkje med trappegang mellom blokk 4 og 5
		Avstand vindauge-utspring	0		m	Har forenkla. Tar ikkje med trappegang mellom blokk 4 og 5
	Vertikal utspring på venstre side (sett utanfrå)	Djupne veggjiv-utspring	0		m	Teikning
Avstand vindauge-utspring		0		m	Teikning	

		utanfrå						
Kompakt tak	Totalt takareal			618	m <sup>2</sup>	Teikning		
	Inndata konstruksjon	Eigendefinert konstruksjon	U-verdi	0,10	W/m <sup>2</sup> K	Tilleggsisolører med 150 mm EPS, varmekonduktivitet 0,038 W/mK. Legger isolasjon rett på eksisterande takbelegg. Har ikkje opplyst om fuktskadar, dermed ikkje behov for å fjerne takbelegg for utlufting. Har antatt tillegg på U-verdi på 0,01 W/ m <sup>2</sup> K for mekanisk festemiddel etter (NS-EN ISO 6946, 2007, pkt. D.3.2)		
Kjellar	Horisont	Soluttsett takflate	Utv. absorpsjonskoeffisient	0,8		Antatt		
		Varmelagring innvendig sjikt		Open akustisk himling + betong/holdেকে		Verdi frå SIMIEN		
	Himmelretning/takvinkel	Takvinkel			0	°	Ingen målingar av skyggeforhold. Antek varierende verdi. Tar omsyn til nærliggande bygningar som er høgare enn blokk 5, nord for blokk 5	
		Retning			0	°	Flatt tak	
		Golvareal			582	m <sup>2</sup>	Oppmålt teikning	
		Lengde yttervegg			96,5	m	Oppmålt teikning	
		Midtlare høgde vegg			2,2	m	Antatt frå teikning, samt bilete tatt på befaring	
	Vegg konstruksjon	Tjukkuleik vegg			0,43	m	Ut ifrå teikning er det antatt 230 mm betong, 60 mm mineralull og 145 mm lettlinker med puss	
		Varmelagring innvendig sjikt vegg					Verdi frå SIMIEN	
		Veggkonstruksjon, eigendefinert konstruksjon			0,41	W/m <sup>2</sup> K	Gjer ingen ting. Ut ifrå teikninga er der antatt at vegg består av 230 mm betong, 60 mm mineralull og 145 mm lettlinker med puss	
Golv konstruksjon		Varmelagring innvendig sjikt golv					Verdi frå SIMIEN	
		Golvkonstruksjon, eigendefinert golvkonstruksjon			0,55	W/m <sup>2</sup> K	Ut ifrå teikning er det antatt 390 mm betong, 60 mm EPS, samt dampsperre	
Ventilasjon CAV	Grunnforhold					Leire og sand (Iversen, 2012)		
	Type							
	Luftmengde	Tilluft i driftstid					Minste tillate gjennomsnittlege luftmengde (pr NS 3701, 2011)	
		Tilluft utanfor driftstid			1	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Minste tillate gjennomsnittlege luftmengde (pr NS 3701, 2011)	
	Tilluft helg/ferie			1	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Minste tillate gjennomsnittlege luftmengde (pr NS 3701, 2011)		
		Avtrekk driftstid			6	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Minste tillate gjennomsnittlege luftmengde (pr NS 3701, 2011)	



						NS 3701, 2011)
	Avtrekk utanfor driftstid			1		Minste tillate gjennomsnittlege luftmengde (pr NS 3701, 2011)
	Avtrekk helg/ferie			1		Minste tillate gjennomsnittlege luftmengde (pr NS 3701, 2011)
	SPF-faktor vifte			0,7		Skal prøve å få den til å vere 0,7 kW/m <sup>3</sup> /s på Kjørbo (Wachenfeldt, 2012b)
Tillufts temperatur	Konstant tilluftstemperatur			19		Bør tilførast med lågare temperatur enn romlufta for å skape god sirkulasjon (Novakovic et al., 2007)
Driftstid				12 timar/døgn, kl. 06.00-18.00		(NS 3031, 2011, Tabell A.3)
Komponentar	Varmebatteri		Maks kapasitet	8		Etter tilfredsstillande romtemperatur i driftstid, årssimulering SIMIEN
	Vassbore varmebatteri		Delta T vasside	30	K	(NS 3031, 2011, Tabell I.3) Varmebatteri i ventilasjonsaggregat
	Kjølebatteri		Spesifikk pumpeeffekt	0,5		(NS 3031, 2011, Tabell I.1) Varmeanlegg
			Maks kapasitet	30		Etter tilfredsstillande romtemperatur i driftstid, årssimulering SIMIEN
	Vassbore kjølebatteri		Delta T vasside	6	K	(NS 3031, 2011, Tabell I.3) Kjølebatteri i ventilasjonsaggregat
	Varmegjenvinnar		Spesifikk pumpeeffekt	0,6		(NS 3031, 2011, Tabell I.1) Tørrkjølararkrets
		Temperatur verknadsgrad	0,9		Kammervarmegjenvinnar. Antatt at det ikkje er fare for overføring av lukt eller helsefarlege stoff (Byggdetaljblad 552.340, 2002)	
		Frostsikringstemperatur	Nei			Frostsikring trengst normalt ikkje (Byggdetaljblad 552.340, 2002)
Plassering av vifte	Tilluftsvifte			Før varmegjenvinnar		Tilluftsvifte plassert på sugside, leiast eventuelle lekkasjar rett veg
	Avtrekksvifte			Før varmegjenvinnar		Lønnsemd større når også når også varmen frå avtrekksvifta med motor vert gjenvunne (Byggdetaljblad 552.340, 2002)
Nattkjøling			Ingen			
Intemlastar	Belysning	I driftstid	Midtlare effekt	4	W/m <sup>2</sup>	(pr NS 3701, 2011)
			Varmetilskot	100	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
	Utanfor driftstid	Midtlare effekt	0	W/m <sup>2</sup>		Antar alt avslått etter driftstid
		Varmetilskot	100	%		(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
	Helg/fridagar	Midtlare effekt	0	W/m <sup>2</sup>		Antar alt avslått etter driftstid
Driftsmønster	Varmetilskot	100	%		(NS 3031, 2011, Tabell A.2)	
				12 timar/døgn, kl. 06.00-18.00		(NS 3031, 2011, Tabell A.3)

Teknisk utstyr	I driftstid	Midlare effekt	6	W/m <sup>2</sup>	(pr NS 3701, 2011)	
	Utanfor driftstid	Varmetilskot	100	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)	
	Helg/fridagar	Varmetilskot	0	W/m <sup>2</sup>	Antar alt er avslått etter driftstid	
		Midlare effekt	100 %	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)	
	Driftsmønster	Varmetilskot	0	W/m <sup>2</sup>	Antar alt slått av i helg/fridagar	
		Midlare effekt	100 %	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)	
		På driftsdagar	Midlare effekt	12 timar/døgn, kl. 06.00-18.00	W/m <sup>2</sup>	(NS 3031, 2011, Tabell A.1) Settast lågare enn verdi i NS 3031 pga. SIMIEN reknar med 24 timar driftstid, medan NS 3031 nyttar 12 timars driftstid. Reduserer verdien i NS 3031 til halvparten
	Varmetilskot personar	Helg/fridagar	Varmetilskot	0	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
			Vassdamp	0	g/h	Anta 0 g/h pga. avgrensa bruk av tappevatn
		I arbeidstid	Midlare effekt	0	W/m <sup>2</sup>	Antar at ikkje noko tappevatn vert brukt i helg/fridagar
Varmetilskot			0	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)	
Utanfor arbeidstid		Vassdamp	0	g/h	Anta 0 g/h pga. avgrensa bruk av tappevatn	
		Gjennomsnittleg varmetilskot	4	W/m <sup>2</sup>	(pr NS 3701, 2011)	
		Gjennomsnittleg varmetilskot	0	W/m <sup>2</sup>	Inga nærvær etter driftstid. Konservativt	
Helg/fridagar		Gjennomsnittleg varmetilskot	0	W/m <sup>2</sup>	Inga nærvær etter driftstid. Konservativt	
		Driftsmønster	12 timar/døgn, kl.06.00-18.00		(NS 3031, 2011, Tabell A.3)	
		Maksimal avgitt effekt	18	W/m <sup>2</sup>	Etter tilfredsstillande romtemperaturar ved årssimulering i SIMIEN	
Oppvarming	Kapasitet oppvarmingssystem	Konvektiv andel avgitt effekt	0,5		Antek 0,5 pga. radiatorar avgir varme både ved stråling og konveksjon	
		Oppvarming med vassboren distribusjonsanlegg	45	°C	(Wigenstad, 2011)	
	Driftsstrategi	Tur temperatur	25	°C	Radiatorsystem og konvektorar, ΔΘ = 20 K (NS 3031, 2011, Tabell I.3)	
		Retur temperatur	0,5	kW/(l/s)	(NS 3031, 2011, Tabell I.1)	
		Spesifikk pumpeeffekt	21	°C	(NS 3031, 2011, Tabell A.3)	
	Lokal Kjøling	Settpunkttemperatur i driftstid	19	°C	(NS 3031, 2011, Tabell A.3)	
		Settpunkttemperatur utanfor driftstid	12 timar/døgn		(NS 3031, 2011, Tabell A.3)	
		Driftsmønster	24	°C	Bør vere eit dødband mellom varme- og kjølepådrag. Settpunkttemperatur oppvarming er 21 °C, legger dermed inn eit dødband på 3 °C,	

	Maksimal levert effekt		7	W/m <sup>2</sup>	og får settpunkttemperatur for kjøling til 24 °C
	Konvektiv andel kjøling		0,5		Tilfredsstiller akseptabel romtemperatur i SIMIEN ved årssimulering
	Kjøling via vassboren distribusjonssystem	Tur temperatur	13	°C	Antatt
		Retur temperatur	17	°C	Verdi i SIMIEN: Skilnad mellom tur og retur bør vere 4 etter NS 3031, tabell I.3
		Spesifikk pumpeeffekt	0,6	kW/(l/s)	Skilnad mellom tur og retur bør vere 4 etter NS 3031, tabell I.3
	Driftstid		12 timar/døgn, kl. 06.00-18.00		(NS 3031, 2011, Tabell I.1) Tørrkjølarrets
			Ingen kjøling på dagar utan drift		
			Kjøling aktivt frå 1. april-1. september		

## Referansar:

- Byggedetaljblad 471.012. (2003). *U-verdier Vegger over terreng*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Byggedetaljblad 552.340. (2002). *Varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Iversen, P. (2012). *Samtale med driftsteknikar Per Iversen i Entra Drift, Kjørboiparken*.
- Novakovic, V., Hanssen, S. O., Thue, J. V., Wangsteen, I. & Gjerstad, F. O. (2007). *ENØK i bygninger: effektiv energibruk*. 3. utg. Oslo: Universitetsforlaget AS.
- NS-EN ISO 6946. (2007). *Bygningskomponenter og -elementer. Varmemotstand og varmegjennomgang. Beregningsmetode*. Oslo: Standard Norge.
- NS 3031. (2011). *NS 3031: 2007 + A1:2011 Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data*. . Norsk Standard (red.). Oslo: Standard Norge.
- pr NS 3701. (2011). *Kriterier for passivhus og lavenergibygg- Yrkesbygninger*. Oslo: Standard Norge.
- Wachenfeldt, B. (2012a). *Mail om energiforsyning og ventilasjon på Kjørbo*.
- Wachenfeldt, B. (2012b). *Telefonsamtale om energiforsyning og ventilasjonsanlegg* (3.5.2012).
- Wicona. (2012). *WICTIP Tools: Hydro Wicona*. Tilgjengelig fra: <http://www.wictimip-tools.de/index.php>.
- Wigenstad, T. (2011). *Behovtilpassa ventilasjon. Hvordan får man alle brikkene på plass? LEEO- Low Energy COmmercial Buildings*, Oslo.

Skildring av punkt		Konsept 2					
Energi forsyning	Elektrisitet	Data for energikjelde	Valt verdi	Eining	Kvifor/kjelde		
Energi forsyning	Elektrisitet	Systemverknadsgrad oppvarming	1		El. dekkjer ikkje oppvarming, SIMIEN må ha verdi		
		Systemeffektfaktor kjøling	1		El. dekkjer ikkje kjøling, SIMIEN må ha verdi		
		Energipris			Kr/kWh		
		CO2-utslepp			g/kWh		
		Dekningsprosent av årleg energibehov	Romoppvarming	0		%	
			Oppvarming av tappevatn	0		%	
				Varmebatteri ventilasjon	0	%	
				Kjølebatteri ventilasjon	0	%	
				Lokal kjøling (romkjøling)	0	%	
				El. spesifikk energibehov	100	%	Legger inn at alt vert dekt av elektrisitet. Reknar ut kor mykje energi solcellene kan produsere separat
Fjernvarme	Fjernvarme	Systemverknadsgrad oppvarming	0,86		Som for dagens situasjon, sjølv om den skal no berre dekkje delar av oppvarming av tappevatn. (NS 3031, 2011, Tabell B.10). Fjernvarme, vassboren varmeavgivelse, radiatorar		
		Systemeffektfaktor kjøling	1		Fjernvarme dekkjer ikkje kjøling, SIMIEN må ha verdi		
		Energipris			Kr/kWh		
		CO2-utslepp			g/kWh		
		Dekningsprosent av årleg energibehov	Romoppvarming	0		%	
			Oppvarming av tappevatn	40		%	Fjernvarme dekkjer 40 % av oppvarming av tappevatn. På Brattørkaia skal fjernvarme dekkje 25-50 % av oppvarming av tappevatn (Wachenfeldt, 2012b)
				Varmebatteri ventilasjon	0	%	
				Kjølebatteri ventilasjon	0	%	
				Lokal kjøling (romkjøling)	0	%	
				El. spesifikk energibehov	0	%	
Varmepumpe		Data for	3,7		Avheng av mange forhold, som type varmepumpe(scroll		

		energikjelde	oppvarming			eller skruekompressor, driftsføresetnader som temp nivå, dellast/full last og energikjelde. Ved bruk av sjø som energikjelde, bør oppnå ein systemverknadsgrad over året på over 3,5. (Wachenfeldt, 2012a). Vel å setje den til 3,7 Sjå rubrikk over
			Systemeffektfaktor kjøling	3,7		
			Energipris		Kr/kWh	
			CO2-utslepp		g/kWh	
		Dekningsprosent av årleg energibehov	Romoppvarming	100	%	Sjøvarmepumpe dekkjer heile romoppvarmingsbehovet. Varmepumpe på Brattørkaia er prosjektert til å dekke 100 % av romoppvarming (Wachenfeldt, 2012b)
			Oppvarming av tappevatn	60	%	Sjøvarmepumpe dekkjer 60 % behovet for oppvarming av tappevatn. Varmepumpe på Brattørkaia er prosjektert til å dekke 50-75 % (Wachenfeldt, 2012b)
			Varmebatteri ventilasjon	100	%	Sjøvarmepumpe dekkjer heile behovet for varmebatteri ventilasjon
			Kjølebatteri ventilasjon	100	%	Sjøvarmepumpe dekkjer behovet til kjølebatteri ventilasjon
			Lokal kjøling (romkjøling)	100	%	Sjøvarmepumpe dekkjer behovet til lokal kjøling
			El. spesifikk energibehov	0	%	
Kjørbo, Blokk 5			Oppvarma golvareal	2 438	m <sup>2</sup>	Likt som for dagens situasjon
			Oppvarma luftvolum	7 367	m <sup>3</sup>	Overslag ut ifrå teikningsgrunnlag
			Infiltrasjon	0,6	l/h	God utførsle
			Skjermingsklasse	Moderat skjerming		Anslått etter omgivnaden
			Fasadesituasjon	Meir enn ein vindutsett fasade		Anslått etter omgivnaden
			Møblar/interiør	Lett møblert rom		
			Driftsdagar	5 dagers veke, ingen ferie		(NS 3031, 2011, Tabell A.3)
			Kuldebruer	Normalisert kuldebruverdi	W/m <sup>2</sup> K	Antek at dette vert oppnådd. Beresystem i betong, kuldebrubrytar 22 cm i fasade
Yttervegg SørAust			Totalt areal	228	m <sup>2</sup>	Oppmålt teikning. Etterisolert utvendig
			Inndata konstruksjon	0,14	W/m <sup>2</sup> K	River heile vegg som stend i dag. Nytt bindingsverk med 300 mm isolasjon. Dimensjon stenderverk 36 x(148 +148) mm <sup>2</sup> , varmekonduktivitet 0,034 W/mK gir ein U-verdi på 0,14 W/m <sup>2</sup> K i følgje Byggedetaljblad 471.012 (2003, Tabell 211).
			Solutsett fasade	0,8		Antatt

Vedlegg 3: Inndata i SIMIEN

Konsept 2

		absorpsjonskoeffisient				
Himmelretning/horisont	Varmelagring i innvendig sjikt			Gipsplate 13 mm		(Iversen, 2012). Verdi frå SIMIEN
	Himmelretning			135	°	Antatt ut ifrå situasjonskart
Vindauge SørAust Fastkarm	Talet på vindaug	Horisont			°	Ingen målingar på skyggeforhold. Har anslått varierende verdi. Har tatt omsyn til høge lauvtre rett ved bygning
		Bredde		30	stk.	Oppmålt teikning. Skiftar ut eksisterande vindaug
		Høgde		2,2	m	Oppmålt teikning
		Arealandel karm og ramme		1,3	m	Oppmålt teikning
Varmetaps eigenskapar	Eigendefinert total U-verdi for heile vindaugskonstruksjonen		0,68	W/m <sup>2</sup> K	Vel 20 % WicLine 75 evo. 3-lags glas (isolerande). Kalkulerete U-verdi ved å bruke eit dataverktøy, Wicona Tools (Wicona, 2012)	
Varmetiskots eigenskapar	Regulerbar solskjerming		Lyse utvendige persienner, 80 mm lamellar, 3-lags rute, 1 energiglas		Verdi frå SIMIEN	
Bygnings utspring	Styring av solskjerming		Automatisk			
	Overheng over vindaug		Djupne veggliv-overheng	0	m	Teikning
			Avstand topp vindaug-overheng	0	m	Teikning
			Djupne veggiv-utspring	0	m	Teikning
Yttervegg SørVest	Vertikal utspring på høgre side (sett utanfrå)		Avstand vindaug-utspring	0	m	Teikning
	Vertikal utspring på venstre side (sett utanfrå)		Djupne veggiv-utspring	0	m	Teikning
			Avstand vindaug-utspring	0	m	Teikning
	Totalt areal			228	m <sup>2</sup>	Oppmålt teikning
Inndata konstruksjon	Eigendefinert konstruksjon		U-verdi	0,14	W/m <sup>2</sup> K	Sjå Yttervegg SørAust
	Solutsett fasade		Utv. absorpsjonskoeffisient	0,8		Antatt
Himmelretning/horisont	Varmelagring i innvendig sjikt					
	Himmelretning		Gipsplate 13 mm			(Iversen, 2012). Verdi frå SIMIEN
Talet på vindaug	Horisont		225	°	Antatt ut ifrå situasjonskart	
				°	Ingen målingar på skyggeforhold. Har anslått varierende verdi. Har tatt omsyn til høge lauvtre rett ved bygning, samt staburet ved bygningen	
Vindauge SørVest	Talet på vindaug		30	stk.	Oppmålt teikning	
	Bredde		2,2	m	Oppmålt teikning	

Vedlegg 3: Inndata i SIMIEN

Konsept 2

Fastkarm	storleik	Høgde	1,3	m	Oppmålt teikning		
	Varmetaps eigenskapar	Arealandel karm og ramme	0,2		Vel 20 %		
		Eigendefinert total U-verdi for heile vindaugskonstruksjonen	0,68		W/m <sup>2</sup> K	Sjå vindauge SørAust	
Varmetilskots eigenskapar	Regulerbar solskjerming	Lyse utvendige persienner, 80 mm lamellar, 3-lags rute, 1 energiglas			Verdi frå SIMIEN		
Bygnings utspring	Styring av solskjerming	Overheng over vindauge	Automatisk				
		Djupne veggliv-overheng	0	m	Teikning		
	Vertikal utspring på høgre side (sett utanfrå)	Avstand topp vindauge-overheng	0	m	Teikning		
		Djupne veggiv-utspring	0	m	Teikning		
	Vertikal utspring på venstre side (sett utanfrå)	Avstand vindauge-utspring	0	m	Teikning		
		Djupne veggiv-utspring	0	m	Teikning		
	Yttervegg NordVest	Totalt areal		228	m <sup>2</sup>	Oppmålt teikning	
		Inndata konstruksjon	Eigendefinert konstruksjon	U-verdi	0,14	W/m <sup>2</sup> K	Sjå yttervegg SørAust
			Solsett fasade	Nei			Antatt
		Himmelretning/horisont	Varmelagring i innvendig sjikt	Gipsplate 13 mm			(Iversen, 2012). Verdi frå SIMIEN
Himmelretning	Horisont		315	°	Antatt ut ifrå situasjonskart		
Vindauge NordVest Fastkarm	Talet på vindauge	Breidde	29	stk.	Oppmålt teikning		
			2,2	m	Oppmålt teikning		
	Varmetaps eigenskapar	Høgde	1,3	m	Oppmålt teikning		
			0,2		Vel 20 %		
	Varmetilskots eigenskapar	Arealandel karm og ramme	0,68		W/m <sup>2</sup> K	Sjå vindauge SørAust	
		Regulerbar solskjerming	Innvendige persienner, 28 mm lamellar, 3-lags rute, 1 energiglas			Verdi frå SIMIEN	
		Styring		Manuelt			

Yttervegg NordAust	Bygnings utspring	Overheng over vindaug	Djupne veggliv-overheng	0	m	Teikning
			Avstand topp vindaug-overheng	0	m	Teikning
Vindaug NordAust Fastkarm	Bygnings utspring	Vertikal utspring på høgre side (sett utanfrå)	Djupne veggiv-utspring	0	m	Teikning
		Vertikal utspring på venstre side (sett utanfrå)	Avstand vindaug-utspring	0	m	Teikning
	Totalt areal			228	m <sup>2</sup>	Oppmålt teikning
		Inndata konstruksjon	U-verdi	0,14	W/m <sup>2</sup> K	Sjå yttervegg SørAust
	Himmelretning/horisont	Solutsett fasade		Nei		Antatt etter situasjonskart
		Varmelagring i innvendig sjikt		Gipsplate 13 mm		(Iversen, 2012). Verdi frå SIMIEN
		Himmelretning		45	°	Antatt ut ifrå situasjonskart
		Horisont			°	Ingen målingar på skyggeforhold. Har anslått varierende verdi. Har tatt omsyn til resterande kontorbygningar frå Kjørboparken 1 samt høge lauvtre
	Varmetaps eigenskapar	Talet på vindaug		24	stk.	Oppmålt teikning
		Breidde		2,2	m	Oppmålt teikning
Høgde			1,3	m	Oppmålt teikning	
Arealandel karm og ramme			0,2		Vel 20 %	
Varmetilskots eigenskapar	Eigendefinert total U-verdi for heile vindaugskonstruksjonen		0,68	W/m <sup>2</sup> K	Sjå vindaug SørAust	
	Regulerbar solskjerming		Innvendige persienner, 28 mm lamellar, 3-lags rute, 1 energiglas		Verdi frå SIMIEN	
Bygnings utspring	Styring av solskjerming		Manuelt			
	Overheng over vindaug	Djupne veggiv-overheng	0	m	Teikning	
		Avstand topp vindaug-overheng	0	m	Teikning	
	Vertikal utspring på høgre side (sett utanfrå)	Djupne veggiv-utspring	0	m	Har forenkla. Tar ikkje med trappegang mellom blokk 4 og 5	
		Avstand vindaug-utspring	0	m	Har forenkla. Tar ikkje med trappegang mellom blokk 4 og 5	
	Vertikal utspring på venstre side (sett utanfrå)	Djupne veggiv-utspring	0	m	Teikning	
	Avstand vindaug-utspring	0	m	Teikning		



Vedlegg 3: Inndata i SIMIEN

Konsept 2

Kompakt tak	Totalt takareal		618	m <sup>2</sup>	Teikning	
	Inndata konstruksjon	Eigendefinert konstruksjon	U-verdi	W/m <sup>2</sup> K	Tilleggsisolere med 250 mm EPS, varmekonduktivitet 0,038 W/ mK. Legger isolasjon rett på eksisterande takbelegg. Har ikkje opplyst om fuktskadar, dermed ikkje behov for å fjerne takbelegg for utlufting. Har antatt tillegg på U-verdi på 0,01 W/ m <sup>2</sup> K for mekanisk festemiddel etter NS-EN ISO 6946 (2007, pkt. D.3.2)	
Kjellar	Solutsett takflate		0,8		Antatt	
	Varmelagring innvendig sjikt		Open akustisk himling + betong/holdekke		Verdi frå SIMIEN	
	Horisont					
	Himmelretning/takvinkel	Takvinkel	0	°	Flatt tak	
		Retning	0	°		
	Storleik	Golvareal		582	m <sup>2</sup>	Oppmålt teikning
		Lengde yttervegg		96,5	m	Oppmålt teikning
		Midlare høgde vegg		2,2	m	Antatt frå teikning, samt bilete tatt på befaring
		Tjukkleik vegg		0,53	m	Etterisolere med 100 mm. Har antatt at eksisterande konstruksjon består av: 230 mm betong, 60 mm mineralull og 145 mm lettklinker med puss
	Vegg konstruksjon	Varmelagring innvendig sjikt vegg		Lettklinker		Verdi frå SIMIEN
Veggkonstruksjon, eigendefinert konstruksjon		0,20	W/m <sup>2</sup> K	Etterisolere utvendig med 100 mm EPS, varmekonduktivitet 0,038 W/mK. Legg knasteplast mellom betongvegg og tilleggsisolasjon. Ut ifrå teikning, har antatt at eksisterande vegg består av 230 mm betong, 60 mm mineralull og 145 mm lettklinker med puss		
Golv konstruksjon	Varmelagring innvendig sjikt golv		Mellomtungt golv		Verdi frå SIMIEN	
	Golvkonstruksjon, eigendefinert golvkonstruksjon		0,22	W/m <sup>2</sup> K	Etterisolere med 50 mm EPS med varmekonduktivitet 0,038 W/ mK, deretter 50 mm påstøyp (betong). Gjer desse tiltaka oppå opphavleg golvkonstruksjon	
Grunnforhold			Leire/silt		Leire og sand (Iversen, 2012)	
Type			Balansert ventilasjon			
Ventilasjon CAV	Luftmengde	Tilluft i driftstid	6	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Minste tillate gjennomsnittlege luftmengde (pr NS 3701, 2011)	
		Tilluft utanfor driftstid	1	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Minste tillate gjennomsnittlege luftmengde (pr NS 3701, 2011)	
		Tilluft helg/ferie	1	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Minste tillate gjennomsnittlege luftmengde (pr NS 3701, 2011)	

					2011)	
	Avtrekk driftstid		6	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Minste tillate gjennomsnittlige luftmengde (pr NS 3701, 2011)	
	Avtrekk utanfor driftstid		1	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Minste tillate gjennomsnittlige luftmengde (pr NS 3701, 2011)	
	Avtrekk helg/ferie		1	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>	Minste tillate gjennomsnittlige luftmengde (pr NS 3701, 2011)	
	SPF-faktor vifte		0,7	kW/m <sup>3</sup> /s	Skal prøve å få den til å vere 0,7 kW/m <sup>3</sup> /s på Kjørbo (Wachefeldt, 2012b)	
Tillufts temperatur	Konstant tilluftstemperatur		19	°C	Bør tilførast med lågare temperatur enn romlufta for å skape god sirkulasjon (Novakovic et al., 2007)	
Driftstid			12 timar/døgn, kl. 06.00-18.00		(NS 3031, 2011, Tabell A.3)	
Komponentar	Varmebatteri	Maks kapasitet	8	W/m <sup>2</sup>	Etter tilfredstillande romtemperatur i driftstid, årssimulering SIMIEN	
	Vassbore varmebatteri	Delta T vasside	30	K	(NS 3031, 2011, Tabell I.3) Varmebatteri i ventilasjonsaggregat	
	Kjølebatteri	Spesifikk pumpeeffekt	0,5	kW/(l/s)	(NS 3031, 2011, Tabell I.1) Varmeanlegg	
		Maks kapasitet	30	W/m <sup>2</sup>	Etter tilfredstillande romtemperatur i driftstid, årssimulering SIMIEN	
	Vassbore kjølebatteri	Delta T vasside	6	K	(NS 3031, 2011, Tabell I.3) Kjølebatteri i ventilasjonsaggregat	
	Varmegjenvinnar	Spesifikk pumpeeffekt	0,6	kW/(l/s)	(NS 3031, 2011, Tabell I.1) Tørrkjølkrets	
		Temperatur verknadsgrad	0,9		Kammervarmegjenvinnar. Antek at det ikkje er fare for overføring av lukt eller helsefarlege stoff (Byggedetaljblad 552.340, 2002)	
		Frostsikringstemperatur	Nei		Frostsikring trengst normalt ikkje (Byggedetaljblad 552.340, 2002)	
	Plassering av vifte	Tilluftsvifte		Før varmegjenvinnar		Tilluftsvifte plassert på sugside, leiar eventuelle lekkasjar rett veg
		Avtrekksvifte		Før varmegjenvinnar		Lønnsemd støre når også varmen frå avtrekksvifta med motor vert gjenvunne (Byggedetaljblad 552.340, 2002)
Nattekjøling						
Intemlastar	Belysning	I driftstid	4	W/m <sup>2</sup>	(pr NS 3701, 2011)	
		Varmetilskot	100	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)	
	Utanfor driftstid	Midlare effekt	0	W/m <sup>2</sup>	Antar alt avslått etter driftstid	
		Varmetilskot	100	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)	
		Midlare effekt	0	W/m <sup>2</sup>	Antar alt avslått etter driftstid	
Driftsmønster	Varmetilskot	100	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)		
		12 timar/døgn, kl. 06.00-18.00		(NS 3031, 2011, Tabell A.3)		

Teknisk utstyr	I driftstid	Midlare effekt	6	W/m <sup>2</sup>	(pr NS 3701, 2011)	
	Utanfor driftstid	Varmetilskot	100	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)	
	Helg/fridagar	Midlare effekt	0	W/m <sup>2</sup>	Antar alt er avslått etter driftstid	
	Driftsmønster	Varmetilskot	100 %	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)	
	Teppevatn	På driftsdagar	Midlare effekt	0	W/m <sup>2</sup>	Antar alt slått av i helg/fridagar
			Varmetilskot	100 %	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
		Helg/fridagar	Midlare effekt	0,8	W/m <sup>2</sup>	(NS 3031, 2011, Tabell A.1). Settast lågare enn verdi i NS 3031 pga. SIMIEN reknar med 24 timar driftstid, medan NS 3031 nyttar 12 timars driftstid. Reduserer verdien i NS 3031 til halvparten
			Varmetilskot	0	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)
			Vassdamp	0	g/h	Anta 0 g/h pga. avgrensa bruk av tappevatn
			Midlare effekt	0	W/m <sup>2</sup>	Antar at ikkje noko tappevatn vert brukt i helg/fridagar
Varmetilskot personar	I arbeidstid	Varmetilskot	0	%	(NS 3031, 2011, Tabell A.2)	
		Vassdamp	0	g/h	Anta 0 g/h pga. avgrensa bruk av tappevatn	
	Utanfor arbeidstid	Gjennomsnittleg varmetilskot	4	W/m <sup>2</sup>	(pr NS 3701, 2011)	
		Gjennomsnittleg varmetilskot	0	W/m <sup>2</sup>	Inga nærvær etter driftstid. Konservativt	
Oppvarming	Kapasitet oppvarmingssystem	Helg/fridagar	Gjennomsnittleg varmetilskot	0	W/m <sup>2</sup>	Inga nærvær etter driftstid. Konservativt
			Driftsmønster	12 timar/døgn, kl.06.00-18.00		(NS 3031, 2011, Tabell A.3)
		Maksimal avgitt effekt	16	W/m <sup>2</sup>	Eter tilfredstillande romtemperaturar ved årssimulering i SIMIEN	
		Konvektiv andel avgitt effekt	0,5		Antek 0,5 pga. radiatorar avgir varme både ved stråling og konveksjon	
		Oppvarming med vassboren distribusjonssystem	Tur temperatur	45	°C	(Wigenstad, 2011)
			Retur temperatur	25	°C	Radiatorsystem og konvektorar, ΔΘ = 20 K (NS 3031, 2011, Tabell I.3)
	Driftsstrategi	Settpunkttemperatur i driftstid	Spesifikk pumpeeffekt	0,5	kW(l/s)	(NS 3031, 2011, Tabell I.1)Varmeanlegg
			Settpunkttemperatur utanfor driftstid	21	°C	(NS 3031, 2011, Tabell A.3)
		Driftsmønster	Settpunkttemperatur utanfor driftstid	19	°C	(NS 3031, 2011, Tabell A.3)
			Settpunkttemperatur	12 timar/døgn		(NS 3031, 2011, Tabell A.3)
Lokal Kjøling	Inndata kjølesystem	Settpunkttemperatur	24	°C	Bør vere eit dødband mellom varme- og kjølepådrag. Settpunkttemperatur oppvarming er 21 °C, legger dermed inn eit dødband på 3 °C, og får settpunkttemperatur for kjøling til 24 °C	
		Maksimal levert effekt	7	W/m <sup>2</sup>	Tilfredsstiller akseptabel romtemperatur i SIMIEN ved årssimulering	

Konvektiv andel kjøling		0,5		Antatt
Kjøling via vassboren distribusjonssystem	Tur temperatur	13	°C	Verdi i SIMIEN. Skilnad mellom tur og retur bør vere 4 etter NS 3031 (2011, Tabell I.3)
	Retur temperatur	17	°C	Skilnad mellom tur og retur bør vere 4 etter NS 3031 (2011, Tabell I.3)
	Spesifikk pumpeeffekt	0,6	kW/(l/s)	(NS 3031, 2011, Tabell I.1)Tørnkjølkrets
	Driftstid	12 timar/døgn, kl. 06.00-18.00 Ingen kjøling på dagar utan drift Kjøling aktivt frå 1. april-1. september		

Referansar:

Byggedetaljblad 471.012. (2003). *U-verdier Vegger over terreng*. Oslo: SINTEF Byggforsk.

Byggedetaljblad 552.340. (2002). *Varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg*. Oslo: SINTEF Byggforsk.

Iversen, P. (2012). *Samtale med driftsteknikar Per Iversen i Entra Drift, Kjørbo parken*.

Novakovic, V., Hanssen, S. O., Thue, J. V., Wangsteen, I. & Gjerstad, F. O. (2007). *ENØK i bygninger: effektiv energibruk*. 3. utg. Oslo: Universitetsforlaget AS.

NS-EN ISO 6946. (2007). *Bygningskomponenter og -elementer. Varmematstand og varmegjennomgang. Beregningsmetode*. Oslo: Standard Norge.

NS 3031. (2011). *NS 3031: 2007 + A1:2011 Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data*. . Norsk Standard (red.). Oslo: Standard Norge.

pr NS 3701. (2011). *Kriterier for passivhus og lavenergibygg- Yrkesbygninger*. Oslo: Standard Norge.

Wachenfeldt, B. (2012a). *Mail om energiforsyning og ventilasjon på Kjørbo*.

Wachenfeldt, B. (2012b). *Telefontale om energiforsyning og ventilasjonsanlegg (3.5.2012)*.

Wicona. (2012). *WICTIP Tools: Hydro Wicona*. Tilgjengelig fra: <http://www.wictimip-tools.de/index.php>.

Wigenstad, T. (2011). *Behovtilpassa ventilasjon. Hvordan får man alle brikkene på plass? LECO- Low Energy Commercial Buildings*, Oslo.

## Grid-Connected System: Simulation parameters

**Project :** **Powerhouse Kjørbo Blokk 5**

**Geographical Site** **Oslo** **Country** **Norway**

**Situation** Latitude 59.5°N Longitude 10.4°E  
 Time defined as Legal Time Time zone UT+1 Altitude 5 m  
 Albedo 0.20

**Meteo data :** Oslo, Synthetic Hourly data

**Simulation variant :** **1. utkast t5**

Simulation date 04/05/12 13h22

### Simulation parameters

**Collector Plane Orientation** Tilt 30° Azimuth 0°

**Horizon** Free Horizon

**Near Shadings** Linear shadings

### PV Array Characteristics

**PV module** Si-mono Model **SPR-333NE-WHT-D**  
 Manufacturer SunPower  
 Number of PV modules In series 12 modules In parallel 10 strings  
 Total number of PV modules Nb. modules 120 Unit Nom. Power 333 Wp  
 Array global power Nominal (STC) **40.0 kWp** At operating cond. 37.7 kWp (40°C)  
 Array operating characteristics (50°C) U mpp 612 V I mpp 62 A  
 Total area Module area **196 m<sup>2</sup>** Cell area 177 m<sup>2</sup>

**Inverter** Model **Sunny Tripower17000 TL**  
 Manufacturer SMA  
 Characteristics Operating Voltage 150-800 V Unit Nom. Power 17.0 kW AC  
 Inverter pack Number of Inverter 2 units Total Power 34.0 kW AC

### PV Array loss factors

Thermal Loss factor U<sub>c</sub> (const) 29.0 W/m<sup>2</sup>K U<sub>v</sub> (wind) 0.0 W/m<sup>2</sup>K / m/s  
 => Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m<sup>2</sup>, T<sub>amb</sub>=20°C, Wind=1 m/s.) NOCT 45 °C  
 Wiring Ohmic Loss Global array res. 159 mOhm Loss Fraction 1.5 % at STC

### Array Soiling Losses

Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
50.0%	40.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	30.0%

Module Quality Loss Loss Fraction 0.0 %  
 Module Mismatch Losses Loss Fraction 2.0 % at MPP  
 Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)bo Parameter 0.05

**User's needs :** Unlimited load (grid)

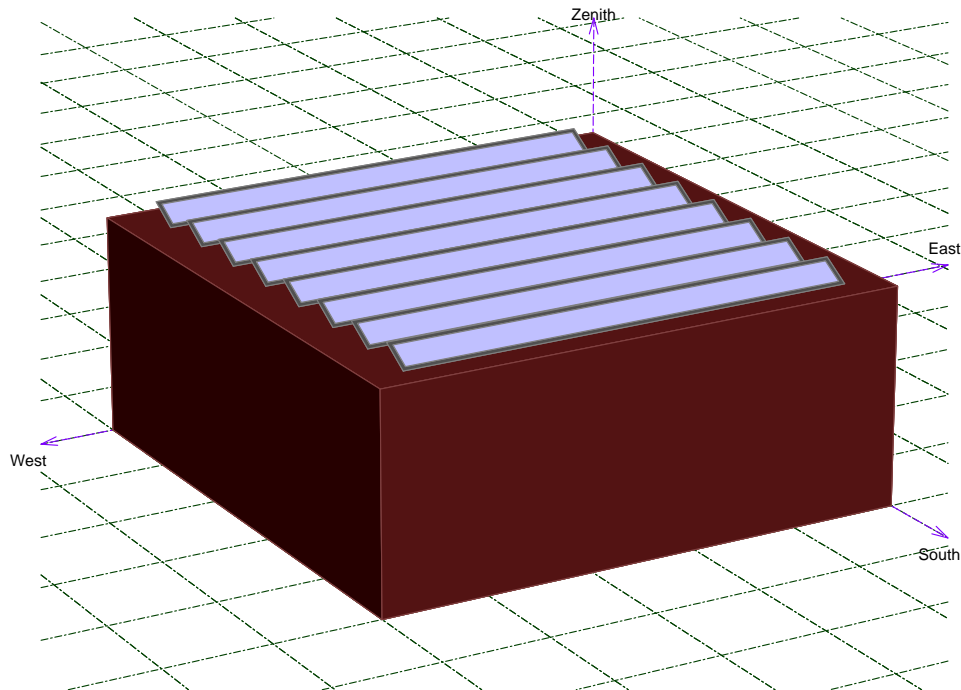


## Grid-Connected System: Near shading definition

**Project :** Powerhouse Kjørbo Blokk 5  
**Simulation variant :** 1. utkast t5

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>		
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings			
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth	0°
PV modules	Model	SPR-333NE-WHT-D	Pnom	333 Wp
PV Array	Nb. of modules	120	Pnom total	<b>40.0 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Tripower17000 TLP	Pnom	17.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	2.0	Pnom total	<b>34.0 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)			

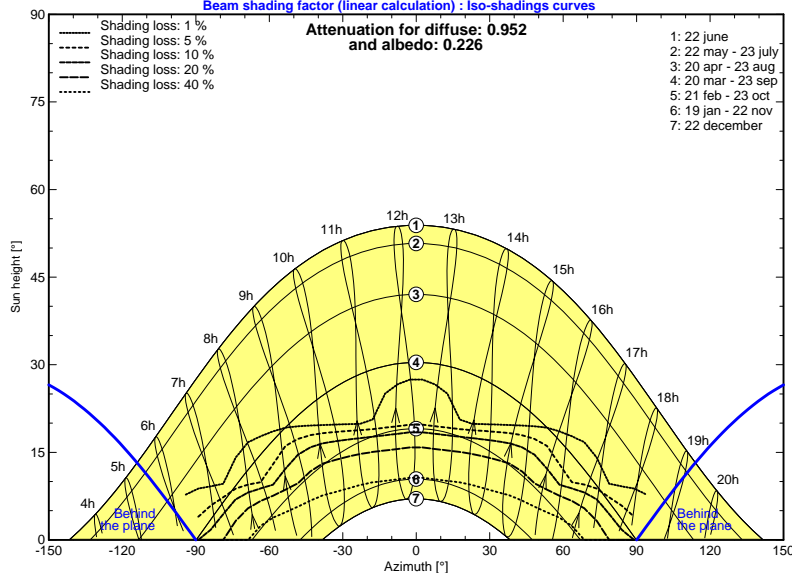
### Perspective of the PV-field and surrounding shading scene



### Iso-shadings diagram

Powerhouse Kjørbo Blokk 5: Flatt tak kjørbo

Beam shading factor (linear calculation) : Iso-shadings curves



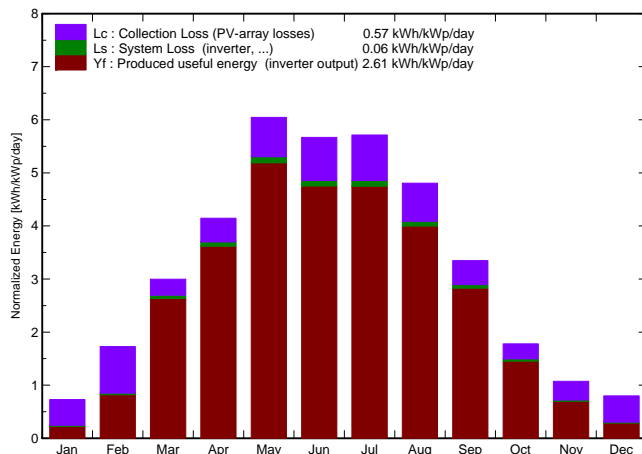
## Grid-Connected System: Main results

**Project :** Powerhouse Kjørbo Blokk 5  
**Simulation variant :** 1. utkast t5

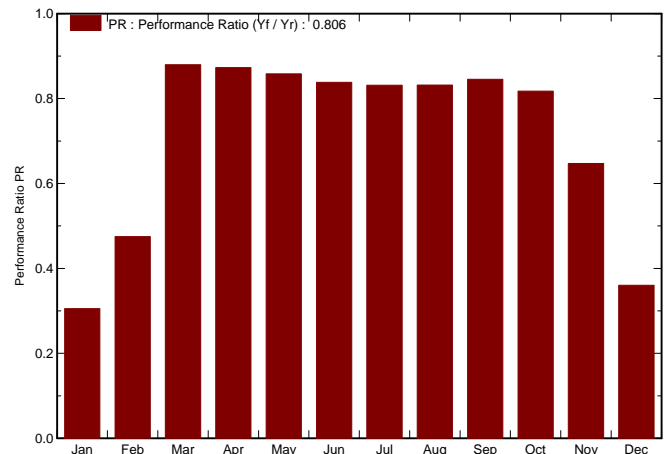
<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>	
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings		
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	SPR-333NE-WHT-D	Pnom 333 Wp
PV Array	Nb. of modules	120	Pnom total <b>40.0 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Tripower17000 TLP	Pnom 17.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	2.0	Pnom total <b>34.0 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)		

**Main simulation results**  
 System Production **Produced Energy 38136 kWh/year** Specific prod. 954 kWh/kWp/year  
 Performance Ratio PR **80.6 %**

**Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 40.0 kWp**



**Performance Ratio PR**



**1. utkast t5**

**Balances and main results**

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	%	%
<b>January</b>	11.0	-1.70	22.6	15.8	303	276	6.85	6.24
<b>February</b>	28.0	-2.40	48.4	40.3	951	918	10.05	9.69
<b>March</b>	66.0	0.30	92.9	86.1	3340	3264	18.38	17.96
<b>April</b>	106.0	4.70	124.3	116.4	4435	4336	18.23	17.82
<b>May</b>	172.0	10.10	187.4	176.9	6568	6426	17.91	17.53
<b>June</b>	166.0	13.90	170.1	159.4	5824	5696	17.50	17.12
<b>July</b>	169.0	17.00	177.1	166.5	6018	5884	17.36	16.97
<b>August</b>	131.0	16.20	149.0	139.8	5065	4953	17.37	16.99
<b>September</b>	78.0	13.20	100.4	93.9	3470	3391	17.66	17.26
<b>October</b>	37.0	8.70	55.2	49.2	1853	1802	17.17	16.70
<b>November</b>	15.0	3.70	32.2	22.5	862	833	13.68	13.22
<b>December</b>	8.0	0.80	24.7	13.9	377	356	7.78	7.36
<b>Year</b>	<b>987.0</b>	<b>7.10</b>	<b>1184.3</b>	<b>1080.8</b>	<b>39068</b>	<b>38136</b>	<b>16.86</b>	<b>16.46</b>

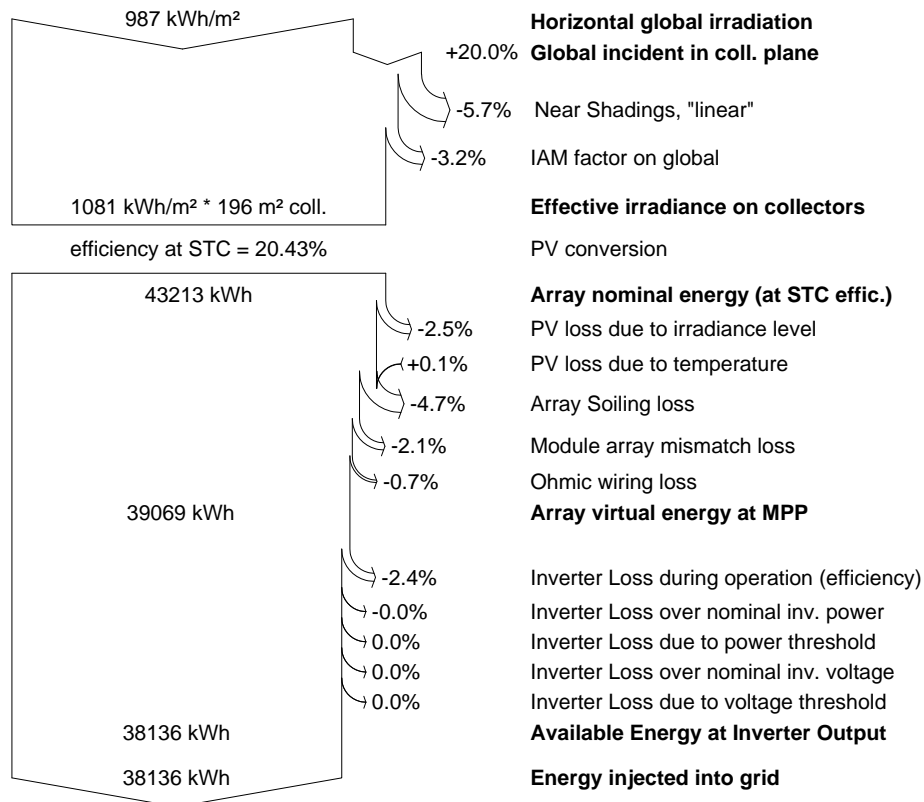
Legends:	GlobHor	Horizontal global irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
	T Amb	Ambient Temperature	E_Grid	Energy injected into grid
	GlobInc	Global incident in coll. plane	EffArrR	Effic. Eout array / rough area
	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EffSysR	Effic. Eout system / rough area

## Grid-Connected System: Loss diagram

**Project :** Powerhouse Kjørbo Blokk 5  
**Simulation variant :** 1. utkast t5

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>	
<b>Near Shadings</b>	Linear shadings		
PV Field Orientation	tilt	30°	azimuth 0°
PV modules	Model	SPR-333NE-WHT-D	Pnom 333 Wp
PV Array	Nb. of modules	120	Pnom total <b>40.0 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Tripower17000 TLP	Pnom 17.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	2.0	Pnom total <b>34.0 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)		

### Loss diagram over the whole year





	PVSYST V5.55	24/04/12	Page 1/3
--	--------------	----------	----------

## Grid-Connected System: Simulation parameters

**Project :** **Powerhouse Kjørbo Blokk 5**

**Geographical Site** **Oslo** **Country** **Norway**

**Situation** Latitude 59.5°N Longitude 10.4°E  
 Time defined as Legal Time Time zone UT+1 Altitude 5 m  
 Albedo 0.20

**Meteo data :** Oslo, Synthetic Hourly data

**Simulation variant :** **1. utkast t5**

Simulation date 24/04/12 12h50

### Simulation parameters

**Collector Plane Orientation** Tilt 5° Azimuth 0°

**Horizon** Free Horizon

**Near Shadings** No Shadings

### PV Array Characteristics

**PV module** Si-mono Model **SPR-333NE-WHT-D**  
 Manufacturer SunPower  
 Number of PV modules In series 12 modules In parallel 30 strings  
 Total number of PV modules Nb. modules 360 Unit Nom. Power 333 Wp  
 Array global power Nominal (STC) **120 kWp** At operating cond. 113 kWp (40°C)  
 Array operating characteristics (50°C) U mpp 612 V I mpp 185 A  
 Total area Module area **587 m<sup>2</sup>** Cell area 530 m<sup>2</sup>

**Inverter** Model **Sunny Tripower17000 TL**  
 Manufacturer SMA  
 Characteristics Operating Voltage 150-800 V Unit Nom. Power 17.0 kW AC  
 Inverter pack Number of Inverter 5 units Total Power 85.0 kW AC

### PV Array loss factors

Thermal Loss factor U<sub>c</sub> (const) 29.0 W/m<sup>2</sup>K U<sub>v</sub> (wind) 0.0 W/m<sup>2</sup>K / m/s  
 => Nominal Oper. Coll. Temp. (G=800 W/m<sup>2</sup>, T<sub>amb</sub>=20°C, Wind=1 m/s.) NOCT 45 °C  
 Wiring Ohmic Loss Global array res. 106 mOhm Loss Fraction 3.0 % at STC

### Array Soiling Losses

Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
50.0%	40.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%	30.0%

Module Quality Loss Loss Fraction 0.0 %  
 Module Mismatch Losses Loss Fraction 2.0 % at MPP  
 Incidence effect, ASHRAE parametrization IAM = 1 - bo (1/cos i - 1)bo Parameter 0.05

**User's needs :** Unlimited load (grid)



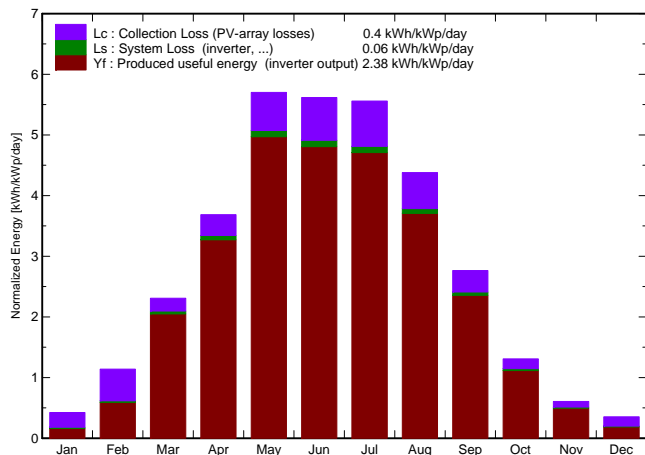
### Grid-Connected System: Main results

**Project :** Powerhouse Kjørbo Blokk 5  
**Simulation variant :** 1. utkast t5

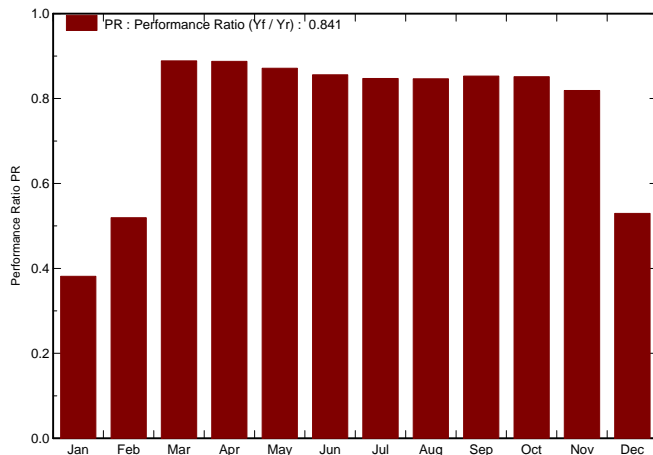
<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>
PV Field Orientation	tilt	5° azimuth 0°
PV modules	Model	SPR-333NE-WHT-D Pnom 333 Wp
PV Array	Nb. of modules	360 Pnom total <b>120 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Tripower17000 TLPnom 17.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0 Pnom total <b>85.0 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)	

**Main simulation results**  
 System Production **Produced Energy 104108 kWh/year** Specific prod. 868 kWh/kWp/year  
 Performance Ratio PR **84.1 %**

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 120 kWp



Performance Ratio PR



**1. utkast t5**

**Balances and main results**

	GlobHor	T Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	EffArrR	EffSysR
	kWh/m <sup>2</sup>	°C	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/m <sup>2</sup>	kWh	kWh	%	%
January	11.0	-1.70	13.2	11.9	673	601	8.71	7.79
February	28.0	-2.40	31.9	29.4	2069	1986	11.05	10.60
March	66.0	0.30	71.5	67.1	7798	7622	18.57	18.15
April	106.0	4.70	110.5	105.1	12020	11763	18.52	18.13
May	172.0	10.10	176.8	169.4	18858	18468	18.17	17.80
June	166.0	13.90	168.5	161.5	17666	17291	17.86	17.48
July	169.0	17.00	172.3	165.1	17883	17506	17.68	17.30
August	131.0	16.20	135.7	129.3	14069	13772	17.65	17.28
September	78.0	13.20	82.9	78.1	8667	8476	17.81	17.41
October	37.0	8.70	40.6	37.9	4260	4143	17.87	17.38
November	15.0	3.70	18.2	16.3	1854	1784	17.37	16.72
December	8.0	0.80	11.0	9.4	747	697	11.60	10.82
Year	987.0	7.10	1033.1	980.6	106564	104108	17.57	17.16

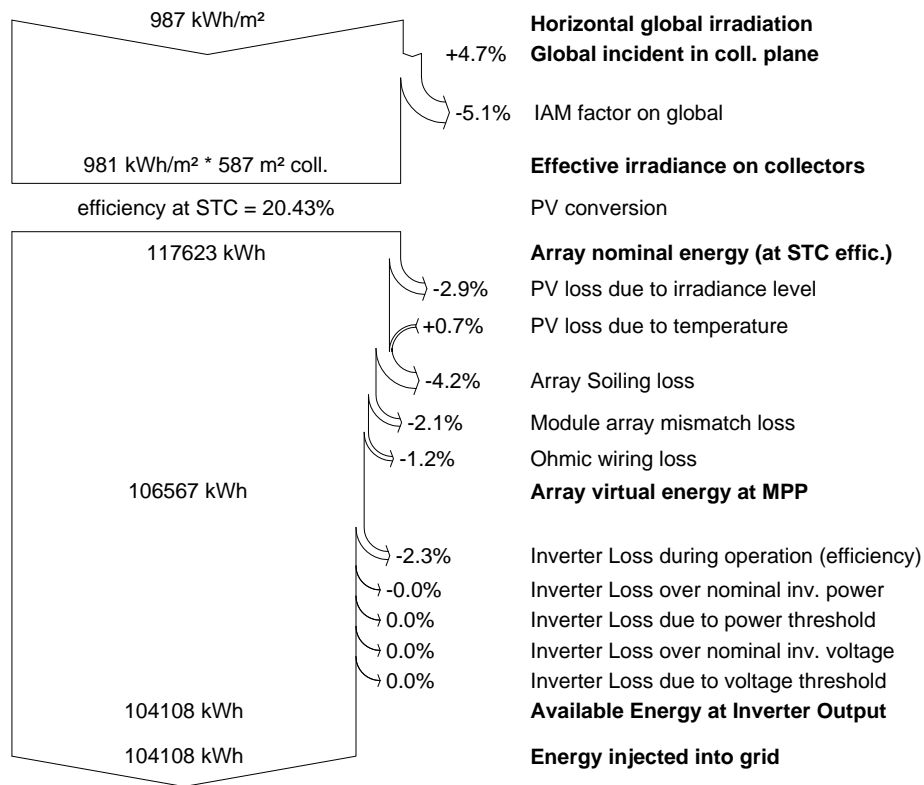
Legends: GlobHor Horizontal global irradiation EArray Effective energy at the output of the array  
 T Amb Ambient Temperature E\_Grid Energy injected into grid  
 GlobInc Global incident in coll. plane EffArrR Effic. Eout array / rough area  
 GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings EffSysR Effic. Eout system / rough area

## Grid-Connected System: Loss diagram

**Project :** Powerhouse Kjørbo Blokk 5  
**Simulation variant :** 1. utkast t5

<b>Main system parameters</b>	System type	<b>Grid-Connected</b>	
PV Field Orientation	tilt	5°	azimuth 0°
PV modules	Model	SPR-333NE-WHT-D	Pnom 333 Wp
PV Array	Nb. of modules	360	Pnom total <b>120 kWp</b>
Inverter	Model	Sunny Tripower17000 TLP	Pnom 17.00 kW ac
Inverter pack	Nb. of units	5.0	Pnom total <b>85.0 kW ac</b>
User's needs	Unlimited load (grid)		

### Loss diagram over the whole year



Kontform-/kode	Navn	Database	Kommentar	Mengde	Enhetspris	Enhet	Pris før justering	Markedsfaktor	Pris u/MVA	Pris m/MVA
<b>227 og 232</b>	<b>Takkonstruksjon</b>									<b>958 259</b>
3.261.31.2	Rive eksisterende parapet	HPK	Benytter riving av sperretak av tre som referanse, estimerer timebruk på 0,42 t/m <sup>2</sup>	43,83	180,36	m <sup>2</sup>	7 905,18	1,2000	766 607	11 857,77
Element 2.6.A.027	Gesims bånddekket	NPB	Komplett gesimsoppbygging. Benytter elementet som er, med korreksjon i delyrelse bindingsverk ettersom denne skal være tykkere enn beskrevet her. Ny gesims er i flukt med fasade	101,20	1 688,60	m	170 886,32	1,1025	188 402,17	235 502,71
SBI.321141	Taktekkingsplater EPS S80	HPK	Dimensjon 150 mm	614,84	312,95	m <sup>2</sup>	192 414,18	1,2000	230 897,01	288 621,27
SFI.5222	Taktekking, 1-lags folie	NPB		614,84	212,00	m <sup>2</sup>	130 346,08	1,1025	143 706,55	179 633,19
SFI.581	Oppbrett på tekking	NPB	H=400 mm	97,40	205,50	m	20 015,70	1,1025	22 067,31	27 584,14
SFI.584	Tilslutning til stuk på tak (tekking)	NPB	Antall basert på bilder fra befaring. Inkluderer tilslutning til samtlige utstikkere på eksisterende tak	18,00	706,50	stk	12 717,00	1,1025	14 020,49	17 525,62
RJ	Aluminiumsprofiler for glassfasader faste felt	NPB	Tilsvarende som for glassfasade for øvrig. Høyde: 0,6 m over dekket, i forkant av hele gesimskonstruksjonen	60,72	1 433,90	m <sup>2</sup>	87 066,41	1,1025	95 990,71	119 988,39
RFI.29	Isoleruter, normal solavskjerming	NPB	Tilsvarende som for glassfasade for øvrig. Høyde: 0,6 m over dekket, i forkant av hele gesimskonstruksjonen	60,72	880,70	m <sup>2</sup>	53 476,10	1,1025	58 957,40	73 696,76
R	Tilslutning til vegger	NPB	Glass antas å føres opp til topp av gesims. 0,6m over dekket.	60,72	46,00	m <sup>2</sup>	2 793,12	1,1025	3 079,41	3 849,27
<b>225 og 231</b>	<b>Yttervegg</b>									<b>2 850 312</b>
CD4.1	Riving av glasspartier	NPB	Inkludert opplasting og bortkjøring. Antar at denne gjelder for fasaden (uten vindu med karm), inkludert aluminiumsprofilene som glasssystem henger i.	650,46	86,20	m <sup>2</sup>	56 069,65	1,1025	61 816,79	77 270,99
CD4.12235	Rive gipsplate, GU	NPB	Inkludert opplasting og bortkjøring. Antar at 40 % må rives (av eksisterende gipsplate)	229,34	85,89	m <sup>2</sup>	19 697,67	1,1025	21 716,68	27 145,85
QK1.113	Utlekning på fasade c/c 600, 36x48 mm	HPK	Utføring mot eksisterende mineralull	593,18	82,80	m <sup>2</sup>	49 115,30	1,2000	58 938,36	73 672,96
QK1.113	Utlekning på fasade c/c 600, 48x98 mm	HPK	Utføring mot fasade. Faktiske dimensjoner er 36x98 mm (75 % av oppgit materialmengder) Nedjusterer materialkostnad ihht dette.	593,18	115,52	m <sup>2</sup>	68 524,15	1,2000	82 228,98	102 786,23
SBI.11146	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t = 150 mm, klass 37	NPB	Legges ut på eksisterende bindingsverk, og antas å føres opp forbi dekket. Antar	441,14	130,50	m <sup>2</sup>	57 568,77	1,1025	63 469,57	79 336,96
QK5.211222	Gipsplate GU vindsperre, ny	NPB	te=9mm, skal dekke der det ikke benyttes eksisterende gipsplate	363,84	128,20	m <sup>2</sup>	46 644,80	1,1025	51 425,89	64 282,37
QK5.211422	Montere eksisterende gipsplater, GU vindsperre	NPB	Benytter kun elementets arbeidskostnad. Utgjør 40 % av eksisterende gipsplater	229,34	76,10	m <sup>2</sup>	17 452,47	1,1025	19 241,35	24 051,68
2.3.G.003	Glassfelt etasjehøyde, aluminium og glass, uten solavskjerming	NPB	Benytter dette elementet over og under vindusfelt. Inkluderer aluminiumsprofiler, tilslutning til tak, vegger og gulv, isoleruter med normal solavskjerming og U-verdi = 1,1-1,4, og merkostnad for sikkerhetsglass.	650,46	2 679,30	m <sup>2</sup>	1 742 777,48	1,1025	1 921 412,17	2 401 765,21
<b>231 og 233</b>	<b>Vindu</b>									<b>2 312 693</b>
CD4.1	Riving av vinduer	NPB	Inkludert opplasting og bortkjøring. Antar at denne gjelder for vinduer med karm.	323,18	86,20	m <sup>2</sup>	27 858,12	1,1025	30 713,57	38 391,97
RJ1.11600690	Vinduer, aluminium	NPB	Åpningsbare, u-verdi = 0,9. Antar dette for konsept 1 tross noe høyere u-verdi	323,18	5 106,40	m <sup>2</sup>	1 650 286,35	1,1025	1 819 440,70	2 274 300,88

<b>231 Tetting mellom vindu og fasade</b>													54 959	<b>68 698</b>
SF3.1228	Tetnings skjoter	HPK	Rundt vinduer. m/polyuretan inkl. bunnfylling	791,00	57,90	lm	45 798,90	1,2000					54 958,68	68 698,35
<b>362 og 365 Ventilasjon</b>														
57025	Reinsing av ventilasjonskanaler	REPAB	Antar FT-system	2 545,27	16,00	m <sup>3</sup> BTA	40 724,32	1,1025					464 899	<b>581 123</b>
	- Nytt ventilasjonssystem	Randem & Hübner AS	Inkluderer installasjon av nytt aggregat (varmegjenvinner, varmebatteri og kjølebatteri), lydfeiler og kanalslavlutninger, automatikk og elektrikerkostnader.										44 898,56	56 123,20
<b>320 Endret energiforsyning</b>														
	- Varmepumpe	ABK Klima AS	Komplett sjøvann varmepumpe installasjon. Nytt system som kobles på eksisterende sentralvarmesystem og varmtvannstank. Med akkumulatortank, forvarming varmtvann og utvidet svine (også utv. konnektorer).											<b>2 000 000</b>
	- Brønnpark	ABK Klima AS	Komplett, ført til teknisk rom (yttervegg)	1	265 000,00	RS	265 000,00	1,0000					265 000,00	331 250,00
	- Elektriker- og rørleggerarbeider	ABK Klima AS	Avkobling av fjernkjøling inngår i denne posten.	1	900 000,00	RS	900 000,00	1,0000					900 000,00	1 125 000,00
				1	435 000,00	RS	435 000,00	1,0000					435 000,00	543 750,00
<b>237 og 246 Solavskjerming</b>														<b>371 595</b>
R17.1222363	Solavskjerming utvendig, persienner, med kasse, motorstyrte	NPB	Utvendige persienner på fasade mot sørvest og sørøst. Gjelder 59 vinduer.	168,74	746,40	m <sup>2</sup>	125 947,54	1,1025					138 857,16	173 571,45
R17.1	Verstasjon for styring av solavskjerming	NPB	Antar at det trengs en verstasjon per fasade med utvendige persienner.	2,00	26 656,10	stk	53 312,20	1,1025					58 776,70	73 470,88
Element	Solavskjerming	NPB	Inkluderer kursopplegg til motorer og brytere, kabling til verstasjoner, signalkabel og strømforsyning til relabokser. Antar pris gjelder pr/m <sup>2</sup> areal utvendig solavskjerming.	168,74	71,30	m <sup>2</sup>	12 031,16	1,1025					13 264,36	16 580,45
R17.23	Solavskjerming innvendig, utepåliggende persienner	NPB	Med snortrekk, dim 50 mm. Gjelder 54 vinduer, kun glassareal	154,44	507,30	m <sup>2</sup>	78 347,41	1,1025					86 378,02	107 972,53
<b>442 Belysningsstyr</b>														<b>195 166</b>
CD4.1	Riving av El-tele	NPB	Inkludert opplastning og bortkjøring. Beregnes for arealer som skal bytte ut lysarmatur.	312,27	43,4	m <sup>2</sup>	13 553	1,1025					14 941,65	18 677,06
4.4.2.0130	Lysrørmatur høy standard	NPB	Komplett med montering. Antas at alle lysrørmatur som skal ha IR-sensor må byttes ut. Antar at dette inkluderer opplegg for behovsstyring gjennom eksisterende SD-anlegg.	47	1852,6	stk	87 072	1,1025					95 997,10	119 996,38
4.4.2.0120	Merkostnad for dagslysdetektor ved fasade	NPB	Antar oppvarmet BRA	1854,87	22,1	m <sup>2</sup>	40 993	1,1025					45 194,37	56 492,96
<b>410 Solceller</b>														<b>2 269 867</b>
	Solceller på tak	REC	Solcellepanel på tak, totalt modulareal lik 471 m <sup>2</sup> (kontorblokk + parkeringsgarasje), 333W moduler.	471,00	3 855,40	m <sup>2</sup>	1 815 893,40	1,0000					1 815 893,40	2 269 866,75
<b>Total kostnad</b>													9 286 171	<b>11 607 714</b>
Investeringskostnadene hentet fra Wood, O. (2012). Livssyklusbetraktninger for levedyktig oppgradering av kontorbygg. Masteroppgåve, Trondheim Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for bygg, anlegg og transport.														

Kontnr./ kode Navn	Database	Kommentar	Mengde	Enhetspris	Enhhet	Pris for justering	Markedsfaktor	Pris u/MVA	Pris m/MVA
<b>227 og 232 Takkonstruksjoner</b>								926 400	<b>1 158 000</b>
3.261.31.2 Rive eksisterende parapet	HPK	Benytter riving av sperretak av tre som referanse, estimerer timebruk på 0,42 t/m2	43,83	180,36	m <sup>2</sup>	7 905,18	1,2000	9 486,21	11 857,77
Element 2.6.A.027 Gesims båndtekket	NPB	Komplett gesimsoppbygging. Benytter elementet som er, med korreksjon i delytelse bindingsverk ettersom denne skal være tykkere enn beskrevet her. Ny gesims er i flukt med fasade	101,20	1 688,60	m	170 886,32	1,1025	188 402,17	235 502,71
RJ Aluminiumsprofiler for glassfasader faste felt	NPB	Tilsvarende som for glassfasade for øvrig. Høyde: 0,6 m over dekkekant, i forkant av hele gesimskonstruksjonen	70,84	1 433,90	m <sup>2</sup>	101 577,48	1,1025	111 989,17	139 986,46
RF1.29 Isolerutter, normal solavskjerming	NPB	Tilsvarende som for glassfasade for øvrig. Høyde: 0,6 m over dekkekant, i forkant av hele gesimskonstruksjonen	70,84	880,70	m <sup>2</sup>	62 388,79	1,1025	68 783,64	85 979,55
R Tilslutning til vegger	NPB	Glass antas å føres opp til topp av gesims. 0,6m over dekkekant.	70,84	46,00	m <sup>2</sup>	3 258,64	1,1025	3 592,65	4 490,81
SB1.321141 Taktekkingsplater EPS S80	HPK	Kun priser for dimensjon inntil 200 mm. Justerer materialkostnad for faktiske dimensjon (250 mm), antar uendret tidsbruk	614,84	493,83	m <sup>2</sup>	303 626,44	1,2000	364 351,72	455 439,66
SF1.5222 Taktekking, 1-lags folie	NPB		614,84	212,00	m <sup>2</sup>	130 346,08	1,1025	143 706,55	179 633,19
SF1.581 Oppbrett på tekking	NPB	H=400 mm	97,40	205,50	m	20 015,70	1,1025	22 067,31	27 584,14
SF1.584 Tilslutning til sluk på tak (tekking)	NPB	Antall basert på bilder fra befaring. Inkluderer tilslutning til samtlige utstikkere på eksisterende tak	18,00	706,50	stk	12 717,00	1,1025	14 020,49	17 525,62
<b>225 og 231 Yttervegg</b>								2 983 017,12	<b>3 728 771</b>
CD4.1 Riving av glasspartier	NPB	Inkludert opplasting og bortkjøring. Antar at denne gjelder for fasaden (uten vinduer og karm), inkludert aluminiumsprofilene som vindu- og glassystem henger i.	650,46	86,20	m <sup>2</sup>	56 069,65	1,1025	61 816,79	77 270,99
CD4.12235 Rive gipsplate, GU	NPB	Alle gipsplater erstattes med nye.	573,34	85,89	m <sup>2</sup>	49 244,17	1,1025	54 291,70	67 864,63
CD4.12230 Riving bindingsverk	HPK	Dimensjon 48x148 mm	573,34	214,72	m <sup>2</sup>	123 107,56	1,2000	147 729,08	184 661,35
CD4.12999 Riving mineralull plater, yttervegg	HPK	Dimensjon 100 mm. Antar samme enhetspris ved 150 mm isolasjon, samt for kuldebrobryter	421,30	17,18	m <sup>2</sup>	7 237,93	1,2000	8 685,52	10 856,90
CD4.12246 Riving gipsplate (inne)	HPK	Dimensjon 2x13 mm	573,34	137,42	m <sup>2</sup>	78 788,38	1,2000	94 546,06	118 182,57
QK5.31112 Gipsplate, to lag på innside yttervegg	NPB	T = 2 x 13 mm	573,34	244,80	m <sup>2</sup>	140 353,63	1,1025	154 739,88	193 424,85
QB2.111412 Enkelt bindingsverk heltre m/3 spikerslag	HPK	Dimensjoner 36 x 148. Legges i to lag, jfr konseptbeskrivelse (dobbel enhetskostnad)	573,34	433,50	m <sup>2</sup>	248 542,89	1,2000	298 251,47	372 814,34
SB1.11261 Mineralull l-plate A - vegg	HPK	Dimensjon 300 mm. Antar varmekonduktiviteten på 0,034. Føres forbi dekkekanter	441,14	240,16	m <sup>2</sup>	105 944,18	1,2000	127 133,02	158 916,27
SF1.121 Dampsperre	NPB	t = 0,15 mm plastfolie	573,34	52,80	m <sup>2</sup>	30 272,35	1,1025	33 375,27	41 719,09
QK5.211222 Gipsplate GU vindsperre	NPB	t=9mm	573,34	128,20	m <sup>2</sup>	73 502,19	1,1025	81 036,16	101 295,20

2.3.G.003	Glassfelt etasjehøyde, aluminium og glass, uten solavskjerming	NPB	Benyttet dette elementet over og under vindusfelt. Inkluderer aluminiumsprofiler, tilslutning til tak, vegger og gulv, isolerutter med normal solavskjerming og U-verdi = 1,1-1,4, og merkostnad for sikkerhetsglass	650,46	2 679,30 m <sup>2</sup>	1 742 777,48	1,1025	1 921 412,17	2 401 765,21
<b>212 og 222</b>	<b>Vegg under terreng</b>							181 106	<b>226 383</b>
GU7	Fiberduk	NPB	Antas 2,5 m pr 1m fundament.	250	25,6 m <sup>2</sup>	6 400	1,1025	7 056	8 820
FB2	Avtakning av vekstjord	NPB	t = 25 cm, i en bredde 1,5 m ut fra fundamentet	37,5	21,20 m <sup>2</sup>	795	1,1025	876	1 096
FD1.13110	Graving < 100m <sup>3</sup>	HPK	Graves i en bredde på 1,5 m rundt bygget, i en dybde på 2,65 m.	397,5	56,65 m <sup>3</sup>	22 518	1,2000	27 022	33 778
UB2.321237	Drenering med drensør PVC + pukk	HPK	Benyttet kun de lytelsens arbeidskostnad ettersom opprinnelig drensør benyttes.	100	42,39 m	4 239	1,2000	5 087	6 359
FS4.3200222	Gjenfylling med eksisterende masser	HPK	Eksisterende masser antas å være drenerende	397,5	86,66 m <sup>3</sup>	34 447	1,2000	41 337	51 671
FS4.3237222	Gjenfylling av vekstjord	HPK		37,5	94,2 m <sup>3</sup>	3 533	1,2000	4 239	5 299
KB4.121	Tilsåing	HPK	Tilsåing i en bredde på 1,5 m	150	40,66 m <sup>2</sup>	6 099	1,2000	7 319	9 149
SBI.221040	Isolasjon, Polystyren, EPS, 150 kPA, 100 mm	HPK	Isolasjonshøyde på 2,9 m	290	163,05 m <sup>2</sup>	47 285	1,2000	56 741	70 927
SF1.432	Grunnmursplate av plast (Platon)	NPB	Benyttet som erstatning for knasteplast, legges utenpå isolasjon.	290	98,3 m <sup>2</sup>	28 507	1,1025	31 429	39 286
<b>221</b>	<b>Gulv på grunn</b>							422 448	<b>528 060</b>
SBI.221041	Polystyren, EPS, 150 kPa	HPK	Tilleggsisolasjon. Legges oppå eksisterende gulvkonstruksjon jfr. Konseptbeskrivelse, antar ingen kostnader knyttet til rivning	582	163,05 m <sup>2</sup>	94 895	1,2000	113 874	142 343
LG1.1731211	Betong B30 i påstøp på gulv	HPK	Dimensjon 50 mm	582	441,83 m <sup>2</sup>	257 145	1,2000	308 574	385 718
<b>231 og 233</b>	<b>Vinduer</b>							1 751 849	<b>2 189 812</b>
CD4.1	Riving av vinduer og glasspartier	NPB	Inkludert opplasting og bortkjøring. Antar at denne gjelder for vinduer med karm.	323,18	86,20 m <sup>2</sup>	27 858,12	1,1025	30 713,57	38 391,97
RJ1.11600691	Vinduer, aluminium	NPB	Faste, u-verdi = 0,7. Antar dette for konsept 2, tross noe høyere u-verdi.	323,18	4 830,50 m <sup>2</sup>	1 561 120,99	1,1025	1 721 135,89	2 151 419,86
<b>231</b>	<b>Tetting mellom vindu og fasade</b>							54 959	<b>68 698</b>
SF3.1228	Terminings skjøter	HPK	Rundt vinduer. m/polyuretan inkl. bunnfylling	791,00	57,90 lnn	45 798,90	1,2000	54 958,68	68 698,35
<b>362 og 365</b>	<b>Ventilasjon</b>							464 899	<b>581 123</b>
57025	Rensing av ventilasjonskanaler	REPAB	Antar FT-system	2 545,27	16,00 m <sup>2</sup> BTA	40 724,32	1,1025	44 898,56	56 123,20
	- Nytt ventilasjonssystem	Randem & Hübert AS	Inkluderer installasjon av nytt aggregat, lydfeiler og kanalavslutninger, automatikk og elektrikerkostnader	1	420 000,00 RS	420 000,00	1,0000	420 000,00	525 000,00
<b>320</b>	<b>Endret energiforsyning</b>							1 600 000,00	<b>2 000 000</b>

Varmepumpe	ABK Klima AS	Komplett sjøvann varmepumpe installasjon. Nytt system som kobles på eksisterende sentralvarmesystem og varmtvannstank. Med akkumulatortank, forvarming varmtvann og utvidet styring (også ute kompensert)	1	265 000,00	RS	265 000,00	1,0000	265 000,00	331 250,00
- Brønnpark	ABK Klima AS	Komplett, ført til teknisk rom (yttervegg)	1	900 000,00	RS	900 000,00	1,0000	900 000,00	1 125 000,00
- Elektriker- og rørleggerarbeider	ABK Klima AS	Antar at å koble av fjernkjøling inngår i installasjonen av varmepumpe.	1	435 000,00	RS	435 000,00	1,0000	435 000,00	543 750,00
<b>237 og 246 Solavskjerming</b>								297 276,24	<b>371 595</b>
RJ7.1222363 Solavskjerming utvendig, persienner, med kasse, motonstyrte	NPB	Utvendige persienner på fasade mot sørvest og sørøst. Gjelder 59 vinduer.	168,74	746,40	m <sup>2</sup>	125 947,54	1,1025	138 857,16	173 571,45
RJ7.1 Værstasjon for styring av solskjerming	NPB	Antar at det trengs en værstasjon per fasade med utvendige persienner.	2,00	26 656,10	stk	53 312,20	1,1025	58 776,70	73 470,88
Element 4.3.4.006 Solavskjerming	NPB	Inkluderer kursopplegg til motorer og brytere, kabling til værstasjoner, signalkabel og strømforsyning til relabokser. Antar pris gjelder pr/m <sup>2</sup> areal utvendig solskjerming.	168,74	71,30	m <sup>2</sup>	12 031,16	1,1025	13 264,36	16 580,45
RJ7.23 Solavskjerming innvendig, utenpåliggende persienner	NPB	Med snortrekk, dim 50 mm. Gjelder 54 vinduer, kun innvendig glassareal	154,44	507,30	m <sup>2</sup>	78 347,41	1,1025	86 378,02	107 972,53
<b>442 Belysningsutstyr</b>								156 133,12	<b>195 166</b>
CD4.1 Riving av El- tele	NPB	Inkludert opplasting og bortkjøring. Beregnes for arealer som skal bytte ut lysarmatur.	312,27	43,4	m <sup>2</sup>	13 553	1,1025	14 941,65	18 677,06
4.4.2.0130 Lysrørarmatur høy standard	NPB	Komplett med montering. Antas at alle lysrørarmatur som skal ha IR-sensor må byttes ut. Antar at dette inkluderer opplegg for behovsstyring gjennom eksisterende SD-anlegg.	47	1852,6	stk	87 072	1,1025	95 997,10	119 996,38
4.4.2.0120 Merkostnad for dagslysdetektor ved fasade	NPB	Komplett med montering. Antas at alle lysrørarmatur som skal ha IR-sensor må byttes ut. Antar at dette inkluderer opplegg for behovsstyring gjennom eksisterende SD-anlegg.	1854,87	22,1	m <sup>2</sup>	40 993	1,1025	45 194,37	56 492,96
<b>410 Solceller</b>								2 263 120	<b>2 828 900</b>
Solceller på tak	REC	Solcellepanel på tak, totalt modulareal lik 587 m <sup>2</sup> . 333W moduler. Antar samme kostnad som for frittstående moduler.	587,00	3 855,40	kr/m <sup>2</sup>	2 263 119,80	1,0000	2 263 119,80	2 828 899,75
<b>Totalt</b>								11 101 207	<b>13 876 509</b>

Investeringstkostnadene hentet fra Wood, O. (2012). Livssyklusbetragtninger for levedyktig oppgradering av kontorbygg. Masteroppgåve, Trondheim Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for bygg, anlegg og transport.



Kontnr./kode	Navn	Database	Kommentar	Mengde	Enhetspris	Enhet	Pris før justering	Markeds-faktor	Pris u/MVA	Pris m/MVA
227 og 232	Takkonstruksjon								766 607	958 259
3.261.31.2	Rive eksisterende parapet	HPK	Benytter riving av sperretak av tre som referanse, estimerer timebruk på 0,42 t/m <sup>2</sup>	43,83	180,36	m <sup>2</sup>	7 905,18	1,2000	9 486,21	11 857,77
Element 2.6.A.027	Gesims båndtekket	NPB	Komplett gesimsoppbygging. Benytter elementet som er, med korreksjon i delvis bindingsverk ettersom denne skal være tykkere enn beskrevet her. Ny gesims er i flukt med fasade	101,20	1 688,60	m	170 886,32	1,1025	188 402,17	235 502,71
SBI.321141	Taktekkingsplater EPS S80	HPK	Dimensjon 150 mm	614,84	312,95	m <sup>2</sup>	192 414,18	1,2000	230 897,01	288 621,27
SFI.5222	Taktekking, 1-lags folie	NPB	H=400 mm	614,84	212,00	m <sup>2</sup>	130 346,08	1,1025	143 706,55	179 633,19
SFI.581	Oppbrett på tekkning	NPB	H=400 mm	97,40	205,50	m	20 015,70	1,1025	22 067,31	27 584,14
SFI.584	Tilslutning til sluk på tak (tekkning)	NPB	Antall basert på bilder fra befaring. Inkluderer tilslutning til samtlige utstikkere på eksisterende tak	18,00	706,50	stk	12 717,00	1,1025	14 020,49	17 525,62
RJ	Aluminiumsprofiler for glassfasader faste felt	NPB	Tilsvarende som for glassfasade for øvrig. Høyde: 0,6 m over dekkkant, i forkant av hele gesimskonstruksjonen	60,72	1 433,90	m <sup>2</sup>	87 066,41	1,1025	95 990,71	119 988,39
RF1.29	Isolerruter, normal solavskjerming	NPB	Tilsvarende som for glassfasade for øvrig. Høyde: 0,6 m over dekkkant, i forkant av hele gesimskonstruksjonen	60,72	880,70	m <sup>2</sup>	53 476,10	1,1025	58 957,40	73 696,76
R	Tilslutning til vegger	NPB	Glass antas å føres opp til topp av gesims. 0,6m over dekkkant.	60,72	46,00	m <sup>2</sup>	2 793,12	1,1025	3 079,41	3 849,27
225 og 231	Yttervegg								2 280 250	2 850 312
CD4.1	Riving av glasspartier	NPB	Inkludert opplasting og bortkjøring. Antar at denne gjelder for fasaden (uten vindu med karm), inkludert aluminiumsprofilene som glasssystem henger i.	650,46	86,20	m <sup>2</sup>	56 069,65	1,1025	61 816,79	77 270,99
CD4.12235	Rive gipsplate, GU	NPB	Inkludert opplasting og bortkjøring. Antar at 40 % må rives (av eksisterende gipsplate)	229,34	85,89	m <sup>2</sup>	19 697,67	1,1025	21 716,68	27 145,85
QK1.113	Utekteking på fasade c/c 600, 36x48 mm	HPK	Utføring mot eksisterende mineralull	593,18	82,80	m <sup>2</sup>	49 115,30	1,2000	58 938,36	73 672,96
QK1.113	Utekteking på fasade c/c 600, 48x98 mm	HPK	Utføring mot fasade. Faktiske dimensjoner er 36x98 mm (75 % av oppgitt materialmengde) Nedjusterer materialkostnad ihht dette.	593,18	115,52	m <sup>2</sup>	68 524,15	1,2000	82 228,98	102 786,23
SB1.11146	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t = 150 mm, klass 37	NPB	Leggesetepå eksisterende bindingsverk, og antas å føres opp forbi dekkkanter. Antar varmekonduktivitet på 0,034	441,14	130,50	m <sup>2</sup>	57 568,77	1,1025	63 469,57	79 336,96
QK5.211222	Gipsplate GU vindsperre, ny	NPB	t=9mm, skal dekke der det ikke benyttes eksisterende gipsplate'	363,84	128,20	m <sup>2</sup>	46 644,80	1,1025	51 425,89	64 282,37
QK5.211422	Montere eksisterende gipsplater, GU vindsperre	NPB	Benytter kun elementets arbeidskostnad. Ulgjør 40 % av eksisterende gipsplater	229,34	76,10	m <sup>2</sup>	17 452,47	1,1025	19 241,35	24 051,68
2.3.G.003	Glassfelt etusjehøyde, aluminium og glass, uten solavskjerming	NPB	Benytter dette elementet over og under vindusfelt. Inkluderer aluminiumsprofiler, tilslutning til tak, vegger og gulv, isolerruter med normal solavskjerming og U-verdi = 1,1-1,4, og merkostnad for sikkerhetsglass	650,46	2 679,30	m <sup>2</sup>	1 742 777,48	1,1025	1 921 412,17	2 401 765,21
231 og 233	Vindu								1 751 849	2 189 812
CD4.1	Riving av vinduer	NPB	Inkludert opplasting og bortkjøring. Antar at denne gjelder for vinduer med karm.	323,18	86,20	m <sup>2</sup>	27 858,12	1,1025	30 713,57	38 391,97
RJ1.11600691	Vinduer, aluminium	NPB	Faste, u-verdi = 0,7. Antar dette for konsept 2, tross noe høyere u-verdi.	323,18	4 830,50	m <sup>2</sup>	1 561 120,99	1,1025	1 721 135,89	2 151 419,86
231	Tetting mellom vindu og fasade								54 959	68 698
SF3.1228	Tennings skjøter	HPK	Rundt vinduer. m/polyuretan inkl. bunnfylling	791,00	57,90	lm	45 798,90	1,2000	54 958,68	68 698,35

<b>362 og 365</b>	<b>Ventilasjon</b>									464 899	<b>581 123</b>
57025	Rensing av ventilasjonskanaler	REPAB		2.545,27	16,00	m <sup>2</sup> BTA	40 724,32		1,1025	44 898,56	56 123,20
	- Nytt ventilasjonssystem	Randem & Hübner AS									
	Inkluderer installasjon av nytt aggregat (varmegjenvinnar, varmebatteri og kjølebatteri), lydfeller og kanaliavslutninger, automattikk og elektrikerkostnader			1	420 000,00	RS	420 000,00		1,0000	420 000,00	525 000,00
<b>320</b>	<b>Endret energiforsyning</b>									1 600 000	<b>2 000 000</b>
	- Varmepumpe	ABK Klima AS									
	Komplett sjøvann varmepumpe installasjon. Nytt system som kobles på eksisterende sentralvarmesystem og varmtvannstank. Med akkumulatortank, forvarming varmtvann og utvidet styring (også ute kompensert)		1	265 000,00	RS	265 000,00	265 000,00		1,0000	265 000,00	331 250,00
	- Brønnpark	ABK Klima AS		1	900 000,00	RS	900 000,00		1,0000	900 000,00	1 125 000,00
	- Elektriker- og rørleggerarbeider	ABK Klima AS		1	435 000,00	RS	435 000,00		1,0000	435 000,00	543 750,00
										297 276	<b>371 595</b>
<b>237 og 246</b>	<b>Solavskjerming</b>										
RJ7.1222563	Solavskjerming utvendig, persiennier, med kasse, motorstyrte	NPB		168,74	746,40	m <sup>2</sup>	125 947,54		1,1025	138 857,16	173 571,45
RJ7.1	Varstasjon for styring av solskjerming	NPB		2,00	26 656,10	stk	53 312,20		1,1025	58 776,70	73 470,88
Element 4.3.4.006	Solavskjerming	NPB		168,74	71,30	m <sup>2</sup>	12 031,16		1,1025	13 264,36	16 580,45
RJ7.23	utepåliggende persiennier	NPB		154,44	507,30	m <sup>2</sup>	78 347,41		1,1025	86 378,02	107 972,53
<b>442</b>	<b>Belysningsstyr</b>									156 133	<b>195 166</b>
CD4.1	Riving av EI- tele	NPB		312,27	43,4	m <sup>2</sup>	13 553		1,1025	14 941,65	18 677,06
4.4.2.0130	Lysrørarmatur høy standard	NPB		47	1852,6	stk	87 072		1,1025	95 997,10	119 996,38
4.4.2.0120	Merkostnad for dagslysdetektor ved fasade	NPB		1854,87	22,1	m <sup>2</sup>	40 993		1,1025	45 194,37	56 492,96
<b>410</b>	<b>Solceller</b>									2 263 120	<b>2 828 900</b>
	Solcellepanel på tak, totalt modulareal lik 587 m <sup>2</sup> , 333W moduler. Antar samme kostnad som for frittstående moduler.	REC		587,00	3 855,40	kg/m <sup>2</sup>	2 263 119,80		1,0000	2 263 119,80	2 828 899,75
										9 635 093	<b>12 043 866</b>
	<b>Totalt kostnad</b>										
Investeringskostnadene hentet fra Wood, O. (2012), Livssyklusbetraktninger for levedyktig oppgradering av kontorbygg. Masteroppgåve, Trondheim Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for bygg, anlegg og transport.											



