

ENERGIBRUK I FREMTIDENS BOLIGBYGG - ET CASESTUDIUM AV BOLIGPROSJEKTET SKANSENTOPPEN

CONSUMPTION OF ENERGY IN FUTURE DWELLINGS - A CASESTUDY OF THE
HOUSING PROJECT SKANSENTOPPEN

SKISTAD, EVEN SLAATTEN

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP

INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI
MASTEROPPGAVE 30 STP. 2011



Forord

Denne rapporten er skrevet som besvarelse på masteroppgaven ”Energibruk i fremtidens boligbygg” våren 2011. Oppgaven er gjennomført ved institutt for matematiske realfag og teknologi ved UMB og inngår som en del av masterstudiet bygningsplanlegging. Oppgaven er knyttet til Skanska og deres prosjekt – Skansentoppen.

Jeg ønsker med dette å takke alle som har bidratt i arbeidet vedrørende min masteroppgave. Det være seg veilederne fra UMB: Thomas Thiis og Tormod Aurlien. Skanska har vært behjelpelige med kyndig kunnskaps- og erfaringsutveksling i prosessen. Her rettes stor takk til Björn Johansson, tilleggsveileder og kalkulasjonsrådgiver. Takk til Stein Nilssen (prosjektleder for Skansentoppen), Maria Myrup (miljø- og energirådgiver i Skanska), Marit Thyholt og Ole Mangor Jenssen (rådgivere Skanska), Øivind Pettersen, Ketil Tellevik og Morten Ulfski (rådgivere tekniske anlegg Skanska), og flere. Takk.



Skanskas
Grønne
Initiativ

Oslo 13.5.2011

Even Slaatten Skistad

Sammendrag

Denne rapporten har studert kostnadsoptimale tiltak for økt energieffektivitet i blokkleiligheter. I samarbeid med Skanska Norge AS er det valgt et casebygg som bygges i Drøbak. Oppgaven er en mulighetsstudie som har kartlagt hvilke energitiltak prosjektet kunne gjennomført for å forbedre energiytelsen til bygningen. Vurderingene av alternative løsninger er gjort i henhold til gjeldene regelverk for beregning av energibruk i bygg. Med simuleringsprogrammer har det vært mulig å lage prognoser av hvilke konsekvenser forskjellige tiltak kan ha på inneklima og energibehov.

Merkostnaden av omtrent tjue tiltak er beregnet for å prioritere hvilke av disse som har størst nytte for energibruken i forhold til kostnadene assosiert med utbedringene som er foreslått. De kostnadsoptimale tiltakene danner grunnlaget for valg av tiltakspakker som oppfyller kravene til beste karakter i energimerkesystemet. Grenseverdien for energikarakter A (høyeste karakter) etter dagens ordning for boligblokker er 67 kWh/m^2 årlig. Prosjektet hadde i utgangspunktet et beregnet energibehov på 107 kWh/m^2 år. Med denne verdien ville leilighetene fått energikarakter C.

Den mest kostnadsoptimale tiltakspakken for å oppnå energikarakter A er i rapporten konkludert å være en løsning kalt high-techhus. Leilighetene er prosjektert med varmepumpe og vannbåren varme, med varmetilskudd fra grunnvannsbrønner. Ved å øke ytelsen til et slikt anlegg er det i rapporten funnet store energimessige fordeler. I kombinasjon med andre enkle tiltak er dette den billigste løsningen totalt for å øke energikarakteren fra C til A. Dette innebærer at det opprinnelige bygget vil spare opptil 45 kWh/m^2 år og dermed oppfylle kravet til energibruk. Kostnaden av å utbedre det opprinnelige prosjektet er beregnet å være omtrent 300.000 kroner (eksl.mva). De andre tiltakspakkene, som omfatter isolering og andre bygningsmessige utbedringer er vesentlig dyrere. Avhengig av energipriser og faktisk energibruk vil nedbetalingstiden for dette tiltaket variere. I oppgaven er det antatt at denne løsningen vil bli lønnsom etter omtrent 10 år, hvis merkostnaden ses i sammenheng med forventet energisparing. I tillegg er det grunn til å håpe at verdien av energieffektive boliger vil stige med inntil 100.000 kroner per trinn energikarakteren forbedres.

Abstract

This thesis has examined cost-optimal measures for higher energy rating in dwellings (flats). In partnership with Skanska Norway Corporation chose a building under construction in one of Norway's eastern cities, Drøbak (nearby the sea) as a case. The assignment is a feasibility study, that has surveyed which energy saving measures the project would have big benefits from, for the use of energy in the building. The ratings of alternative solutions are done according to Norwegian rules for calculation of energy consumption in buildings. With a simulation software, it was possible to make predictions about consequences of different actions would have on indoor air quality and energy consumption.

Additional costs associated with about twenty calculated actions, to prioritize which of these have the greatest benefit to energy use, compared to the cost associated with the improvements proposed. The cost-optimal measures forms the basis for selection of the packages, that meets the best rating in the Norwegian system for energy certification. The limit value for the energy rating A (highest rating) after the current arrangements for blocks of flats is 67 kWh/m²/year. The project had initially estimated an energy need of 107 kWh/m²/year. With this value, the energy rating C would have been achieved for the apartments.

The most cost-optimal package of measures to achieve energy rating A, is in the report concluded to be a solution called high-tech-house. The apartments are designed with a heat pump and water heating, with heating subsidies from groundwater wells. By increasing the performance of such a system, the report found major energy-related benefits. In combination with other simple actions, this is the cheapest way to increase the original energy rating from C to A. This means that the original building will save up to 45 kWh/m²/year and meet the requirement of energy consumption.

The cost by improving the original project, is estimated to be about 300,000 NOK (Excl.Vat). The other action packages, which include insulation and other building improvements is significantly more expensive. Depending on energy prices and the actual energy

consumption, will down-payment of this measure vary. In this thesis, it is believed that this solution will be profitable in about 10 years, if additional costs can be seen in relation to expected energy savings.

In addition, there is reason to hope that the value of homes will rise by up to NOK 100,000 per energy-step.

Innholdsfortegnelse

Definisjoner.....	6
1. Problemstilling og bakgrunn for oppgaven.....	9
1.1 Problemstilling.....	9
1.2 Avgrensninger.....	10
1.3 Bakgrunn.....	11
1.4 Oppgavens struktur.....	12
2. Teori.....	13
2.1 Beregning av bygningers energiytelse.....	13
2.1.1 Krav til energieffektivitet - TEK07.....	13
2.1.2 Krav til energieffektivitet – TEK10.....	17
2.1.3 Krav til energieffektivitet i fremtiden.....	21
2.1.4 NVEs energimerkesystem.....	21
2.1.5 NS3031:2007 Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data.....	27
2.2 Energisimulering.....	30
2.3 Dagslyssimulering.....	32
2.4 Kalkulasjon av energitiltak.....	32
2.5 Lønnsomhetsberegninger og incentiver for valg av energieffektive løsninger.....	33
2.5.1 Livssykluskostnader.....	33
2.5.2 Nåverdi.....	34
2.5.3 Incentiver for energieffektive bygg.....	35
3. Metode.....	36
3.1 Energisimulering i SIMIEN.....	36
3.2 Dagslyssimuleringer.....	37
3.3 Kalkyle i ISY Calcus.....	38
4. Energidesign.....	39
4.1 Bygningsmessige energitiltak.....	39
4.1.1 Energieffektive vinduer/dører.....	39
4.1.2 Kuldebrobrytere.....	40
4.1.3 Tetting av luftlekkasjer.....	41
4.1.4 Isolering av yttervegger.....	42
4.1.5 Isolering av tak.....	43
4.1.6 Isolering av gulv.....	43
4.1.7 Varmelagring.....	43
4.1.8 Ventilasjon.....	44
4.1.9 Belysning.....	44
4.1.10 Solavskjerming.....	45
4.1.11 Bygningsorientering.....	45
4.2 Energiforsyning.....	46
4.2.1 Energiforsyning - varmepumpe.....	46
4.2.2 Energiforsyning - solfangeranlegg.....	48
4.2.3 Energiforsyning - solcelleanlegg.....	49
4.2.4 Energiforsyning – Bio/pellets/ved.....	49
4.2.5 Energiforsyning – Fossile brensler.....	49
4.3 Brukerstyrte energitiltak.....	50

4.3.1	Vannsparing	50
4.3.2	Temperaturstyring.....	50
4.3.3	Teknisk utstyr.....	50
4.3.4	Varmetilskudd personer	51
4.3.5	Energioppfølging	51
4.3.6	Riktig lufting.....	51
5.	Skansentoppen	52
5.1	Beskrivelse.....	52
5.2	Tegningsgrunnlag	55
5.3	Energisimulering 2010.....	59
5.4	Kalkylegrunnlag 2010.....	62
6.	Energieffektivisering av Skansentoppen - fremgangsmåte.....	63
6.1	Nye energisimuleringer.....	63
6.2	Ny kalkyle.....	69
6.3	Skansentoppen som BIM	75
6.4	Dagslyssimulering.....	76
7.	Resultater	77
7.1	Konsekvens av ”Bygningsmessige energiltak”	77
7.1.1	Tiltak 1: energieffektive vinduer og dører	77
7.1.2	Tiltak 2: kuldebrytere + Økonomisk konsekvens.....	79
7.1.3	Tiltak 3: mindre luftlekkasjer + Økonomisk konsekvens	80
7.1.4	Tiltak 4: isolering av yttervegger + Økonomisk konsekvens	81
7.1.5	Tiltak 5: isolering av tak + Økonomisk konsekvens.....	82
7.1.6	Tiltak 6: isolering av gulv + Økonomisk konsekvens	83
7.1.7	Tiltak 7: varmelagring + Økonomisk konsekvens	84
7.1.8	Tiltak 8: ventilasjon + Økonomisk konsekvens.....	84
7.1.9	Tiltak 9: belysning + Økonomisk konsekvens.....	85
7.1.10	Tiltak 10: solavskjerming + Økonomisk konsekvens.....	85
7.1.11	Tiltak 11: bygningsorientering + Økonomisk konsekvens	86
7.2	Konsekvens av ”energiforsyningstiltak”	87
7.2.1	Tiltak 1: varmepumpe + Økonomisk konsekvens	87
7.2.2	Tiltak 2: solfangeranlegg + Økonomisk konsekvens.....	88
7.2.3	Tiltak 3: solcelleanlegg + Økonomisk konsekvens	88
7.2.4	Tiltak 4: bio/pellets/ved + Økonomisk konsekvens.....	88
7.2.5	Tiltak 5: fossile brensler + Økonomisk konsekvens.....	89
7.3	Konsekvens av ”Brukerstyrte energiltak”	89
7.3.1	Tiltak 1: vannsparing	89
7.3.2	Tiltak 2: temperaturstyring	90
7.3.3	Tiltak 3: teknisk utstyr	91
7.3.4	Tiltak 4: varmetilskudd personer	91
7.4	Kostnadsoptimale tiltak	92
7.5	Tiltak for å nå energikarakter A.....	94
7.5.1	Tiltakspakke passivhus + økonomisk konsekvens.....	96
7.5.2	Tiltakspakke lavenergihus + økonomisk konsekvens.....	98
7.5.3	Tiltakspakke smarthus uten kjøling + økonomisk konsekvens	101
7.5.4	Tiltakspakke smarthus med kjøling + økonomisk konsekvens	104

7.5.5	Tiltakspakke hightechhus + økonomisk konsekvens	108
7.6	Oppsummering av kostnadene ved energieffektivisering	110
7.7	Nåverdi av energitiltak	111
8.	Diskusjon	112
8.1	Konsekvens av ”bygningmessige energitiltak”	112
8.1.1	Energieffektive vinduer – en forutsetning for energieffektive bygg	112
8.1.2	Kuldebrytere øker komforten - liten energigevinst	114
8.1.3	Fokus og gode løsninger for mindre luftlekkasjer	115
8.1.4	Isolering av yttervegger – tvil om fukt og redusert salgbart areal	116
8.1.5	Isolering av tak – kun pris som begrenser tykkelsen	117
8.1.6	Isolering av gulv (garasjehimling) – dyrt og plasskrevende	118
8.1.7	Varmelagring – minimale forskjeller ved realistiske tiltak	118
8.1.8	Ventilasjon – varmegjenvinning og behovstyring	118
8.1.9	Belysning – mer lys, mindre varme	119
8.1.10	Solavskjerming – refleksjon på bekostning av absorpsjon?	120
8.1.11	Bygningsorientering – ”alle monner drar”	120
8.2	Konsekvens av ”energiforsyningstiltak”	121
8.2.1	Varmepumper – en gavepakke	121
8.2.2	Solfangeranlegg – fremtidsrettet, fornybar og økonomisk	121
8.2.3	Solcelleanlegg – fremtidsrettet og kostbart	122
8.2.4	Bioenergi – grønt, men til enhver pris?	122
8.2.5	Fossile brensler – ikke aktuelt	123
8.3	Konsekvens av ”brukerstyrte energitiltak”	123
8.3.1	Vannsparing – en selvfølge	123
8.3.2	Temperaturstyring – energieffektivitet på bekostning av komfort	124
8.3.3	Teknisk utstyr – energimerket	124
8.3.4	Varmetilskudd fra personer	125
8.3.5	Energioppfølging, AMS – et ubeskrevet kapittel	125
8.3.6	Riktig lufting – unngå fying for kråka	125
8.4	Energiklasse A kontra C	126
8.5	Metodediskusjon	129
9.	Konklusjon	130
10.	Videre arbeid	131
11.	Litteratur, ref.	134
12.	Vedlegg	138

Figurliste

Figur 1 - prosedyre for energimerkesystemet	22
Figur 2 - Energimerke	24
Figur 3 - prosedyre for beregning av energibehov i bygg	28
Figur 4 – Prinsippskisse kuldebryter i dekkeforkant (betongdekke)	41
Figur 5 – Prinsipp for varmpumpe med varmeopptak fra en ekstern varmekilde	46
Figur 6 - Prinsippskisse for oppvarming av vann ved hjelp av solfangeranlegg	48
Figur 7 – Kartutsnitt Drøbak	52
Figur 8 - Illustrasjon Skansentoppen	53
Figur 9 – Illustrasjon Skansentoppen 2010	54
Figur 10 – utomhusplan Skansentoppen, Gnr./Bnr. 65/7	55
Figur 11 – plantegning 2.etasje, hus A	56
Figur 12 – snitt B-B, hus A	57
Figur 13 – fasade mot sør, hus A	58
Figur 14 – fasade mot vest, hus A	58
Figur 15 – Varmetapsbudsjett for Skansentoppen før tiltak	61
Figur 16 – Endring av verdier i SIMIEN	68
Figur 17 – Endring av prislinjer i Calcus	74
Figur 18 – Publisering av energitiltak i Archicad	75
Figur 19 – Simulering av dagslys i Velux Daylight Visualizer	76
Figur 20 - Dagslysfaktorer før tiltak	78
Figur 21 - Dagslysfaktorer etter tiltak	79
Figur 22 – Varmetapsbudsjett for Skansentoppen med tiltakspakke: lavenergi	100
Figur 23 – Temperaturer fra sommersimulering av leilighet 6 (smarthus uten kjøling)	102
Figur 24 – Temperaturer fra sommersimulering av leilighet 6 (smarthus med kjøling)	106
Figur 25 – Illustrasjon Skansentoppen fremtidsrettet	126
Figur 26 – Illustrasjon av fremtidsrettet energisimulering	132

Tabelliste

Tabell 1 - energitiltaksliste TEK07	14
Tabell 2 - maksverdier for samlet netto energibehov ihht TEK07	15
Tabell 3 - minstekrav til U-verdier ihht TEK07 for bygning med laftede yttervegger	16
Tabell 4 - minstekrav til U-verdier ihht TEK07	16
Tabell 5 - energitiltaksliste TEK10	18
Tabell 6 - maksverdier for samlet netto energibehov ihht TEK10	19
Tabell 7 - minstekrav til U-verdier ihht TEK10 for bygning med laftede yttervegger	20
Tabell 8 - minstekrav til U-verdier ihht TEK10	20
Tabell 9 - Kriterier for ulike oppvarmingskarakterer	25
Tabell 10 - karakterkriterier energimerkeordningen	26
Tabell 11 - Valg av beregningsmetode for beregning av energibehov i bygg	29

Tabell 12 – Sentrale inndata for energisimuleringer 2010.....	59
Tabell 13 – Hovedtall for energisimuleringer 2010.....	59
Tabell 14 – Sentrale data fra kalkylegrunnlaget 2010	62
Tabell 15 – simuleringer av ulike energitiltak 2011	64
Tabell 16 – tiltakspakker for å oppnå energikarakter A	66
Tabell 17 – Kalkulasjon av ulike energitiltak 2011 med referanser	72
Tabell 18 - Resultater av tiltak 1	77
Tabell 19 - Resultater av tiltak 2.....	79
Tabell 20 - Resultater av tiltak 3.....	80
Tabell 21 - Resultater av tiltak 4.....	81
Tabell 22 - Resultater av tiltak 5.....	82
Tabell 23 - Resultater av tiltak 6.....	83
Tabell 24 - Resultater av tiltak 7.....	84
Tabell 25 - Resultater av tiltak 8.....	84
Tabell 26 - Resultater av tiltak 10.....	85
Tabell 27 - Resultater av tiltak 11	86
Tabell 28 - Resultater av tiltak 1	87
Tabell 29 - Resultater av tiltak 1 - brukerstyrte	89
Tabell 30 - Resultater av tiltak 2 – brukerstyrte	90
Tabell 31 - Resultater av tiltak 3 – brukerstyrte	91
Tabell 32 – Kostnadsoptimale tiltak basert på kroner per kilowatttime bespart årlig (se vedlegg ”energitiltak”).....	92
Tabell 33 – Tiltakspakker for å oppnå energikarakter A	94
Tabell 34 – Estimerte merkostnader knyttet til bygging av Skansentoppen som passivhus ..	97
Tabell 35 – Estimerte merkostnader knyttet til bygging av Skansentoppen som lavenergihus	98
Tabell 36 – Konsekvenser for inneklima av tiltakspakke smarthus uten kjøling	101
Tabell 37 – Estimerte merkostnader knyttet til bygging av Skansentoppen som smarthus (uten kjøling).....	103
Tabell 38 – Konsekvenser for inneklima av tiltakspakke smarthus med kjøling	104
Tabell 39 – Estimerte merkostnader knyttet til bygging av Skansentoppen som smarthus (med kjøling).....	107
Tabell 40 – Estimerte merkostnader knyttet til bygging av Skansentoppen som hightechhus	109
Tabell 41 – Sentrale data fra den nye kalkylen for Skansentoppen 2011	110
Tabell 42 – Merkostnader av forskjellige tiltakspakker for å oppnå energikarakter A	111
Tabell 43 – Nåverdiberegning av solfangeranlegg	111

Definisjoner

AMS:	Avanserte måle- og styringssystemer
Autentisering:	en handling som bekrefter at innlogging i energimerkesystemet er godkjent i henhold til kompetansekrav i energimerkeforskriften.
Bruksareal:	BRA – Bruksareal er bruttoarealet minus arealet som opptas av yttervegger (NS 3940).
Bruttoareal:	BTA – Bruttoareal for en bygning er summen av bruttoarealene for alle plan og regnes utvendig av omsluttende bygningsdeler og inkluderer utside utvendig kledning (NS3490).
CAV:	Ventilasjonssystemer med konstant tilførsel av luftmengder (se også VAV)
Dynamisk beregning:	Beregning av oppvarmings- og kjølebehov ved hjelp av detaljerte validerte beregningsprogrammer, etter NS-EN 15265
Energiattest:	En attest som består av et energimerke, en tiltaksliste for mulige energieffektiviseringstiltak (trengs ikke for nybygg) og dokumentasjon av de faktiske opplysningene utregningen bygger på, utstedt av NVEs energimerkesystem.
Energibruk:	Omfatter alle energivarer som blir brukt i bygningen. Det gjelder enten det er til romoppvarming, varmtvann, kjøling, lys, elektriske apparater eller andre formål.
Energikarakter:	En indikasjon på om bygget har et høyt eller lavt energibehov sammenlignet med andre bygg i samme bygningskategori. Angir nivået for energiegenskapene til bygningen i form av en bokstavkarakter (A til G), der A er best. <i>”Energikarakteren skal beregnes i samsvar med beregningsmetodene i standarden NS 3031.”</i> (Energimerkeforskriften)

- Energimerke:** Et matriseberegnet merke for angivelse av energikarakter og oppvarmingskarakter til et bygg.
- Energisystem:** varmeanlegg, vannbårent energisystem nevnes som eksempel
- Energivare:** Vanlige energivarer er strøm og fjernvarme, men også andre energivarer som fyringsoljer, gass, pellets, ved og nærvarme fra nabobygg kan brukes til energiformål i bygninger.
- Klimaskjerm:** ”Klimaskjerm er en felles betegnelse for de deler av bygningen; som f. eks. tak og yttervegger, som adskiller inneklimate fra påvirkning av vær og vind. Det er derfor en rekke krav klimaskjermen skal oppfylle for å fungere optimalt. De viktigste er kravene til regn- og lufttetthet samt kravet til varmeisolering.”
(Kilde: Rockwools minileksikon)
- Levert energi:** Med levert energi menes i denne sammenheng ”summen av energi som blir levert til å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap, jf. NS 3031” (Energimerkeforskriften). Vurderingsgrunnlaget for energikarakteren er beregnet levert energi.
- Netto energibehov:** bygningens energibehov uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden (NS3031).
- Månedstasjonær beregning:** beregning av oppvarmings- og kjølebehov ved hjelp av månedsberegning, etter NS-EN ISO 13790 (NS3031)
- Oppvarmingskarakter:** en indikasjon på om et bygg kan varmes opp med miljøvennlige energikilder. Rangert etter fargeskala fra grønn, lysegrønn, gul, oransje til rød. Grønn gjenspeiler at oppvarmingsbehovet i stor grad blir dekket av bioenergi, som anses som den reneste/grønneste energikilden. Rødt er typisk farge på oljekjelanlegg.
- Primærenergi:** energi i sin opprinnelige form som ikke er blitt omdannet eller gått over i andre energiformer (NS3031)
- Primærenergibehov:** all energi knyttet til energivarer, fra kilde til ferdig bygg.
- SFP-faktor:** SFP-faktor angir energibehov til ”transport” av luft i et

ventilasjonsanlegg med enhet $\text{kW}/\text{m}^3/\text{s}$. Utforming av kanalanlegg og ventilasjonsaggregat har stor betydning for SFP-faktoren. Store kanaldimensjoner, korte strekk, få bend (lav luftmotstand) og aggregat med energieffektive vifter vil generelt føre til lavere SFP. ”Intelligente bygg”. Bygg som ved hjelp av elektronikk og passive tiltak er energieffektive. Det brukes blant annet avanserte systemer for behovsstyring av teknisk utstyr, belysning, ventilasjons- og oppvarmingsanlegg. Smarthus tenkes også at skal ha automatisk strømmåling for at brukeren kan planlegge driften av bygget etter når på døgnet energien er billigst (dersom prisene varierer over døgnet). Ved å ”koble” huset til internett kan huset styres fra datamaskiner, smarttelefoner eller lignende.

Smarthus:**Transmisjonsvarmetap:**

Tap av varme til omgivelsene fra bygningskroppen.

Varmegjennomgangskoeffisient: enhet $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$, symbol $[U]$, stasjonær varmestrøm dividert med arealet og temperaturforskjellen mellom hver side av et system. Forutsetter en definisjon av systemet, referansetemperaturer og andre grensebetingelser etter standarder. Ofte kalt U-verdi. (NS3031)

Varmetapstall:

enhet $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$, symbol $[H'']$ varmetransportkoeffisienten for transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon dividert på oppvarmet del av BRA (NS3031).

VAV:

Ventilasjonssystem med mulighet for variabel tilførsel av luftmengder

1. Problemstilling og bakgrunn for oppgaven

1.1 Problemstilling

Den overordnede problemstillingen denne oppgaven søker å belyse, er hvilke bygningsmessige tiltak som bør gjøres for å redusere merkostnaden ved bygging av energieffektive boligblokker. I forhold til blokker bygget etter minstekrav i byggeforskriftene. Det er tatt spesielt hensyn til to forhold i valg av tiltakene. Energi og økonomi. For det første er det sett på hvilke tiltak som fører til størst reduksjon i energiforbruk. Det er vurdert forskjellige tiltak for å redusere varmetap, i tillegg til ulike energikilder. Deretter er det undersøkt hvilke tiltak som er kostnadsoptimale. Problemstillingen er forsøkt oppsummert i følgende punkt:

- Definer kostnadsoptimale energiltak (grupper av tiltak) for boligprosjektet Skansentoppen som vil øke energikarakteren fra C til A?
Casestudium Skansentoppen - boligblokker i Drøbak.

Ved hjelp av dagens teknikker for beregning av energibruk i bygninger, og en relativt detaljert kalkyle, er merkostnadene av ulike tiltak som må til for å bygge boliger med høy energikarakter definert. Svaret på problemstillingen vil øke mengden av kunnskap om dette temaet. Kanskje finnes det andre aspekter ved eksisterende kunnskap, som kan få innvirkning på hvordan fremtidens byggverk vil bli bygget. Oppgaven belyser et hverdagslig tema. Et emne folk vil kjenne seg igjen i. Søken etter gode produkter, til konkurransedyktige priser, er de fleste opptatt av. Forhåpentligvis vil arbeidet med denne oppgaven resultere i at løsninger som allerede finnes blir utnyttet på en smart måte i fremtidige bygg.

1.2 Avgrensninger

For å gjøre oppgaven gjennomførbar ble disse avgrensningene gjort. Rapporten gir et innblikk i noen av tiltakene som kan spare energibruk i bygg, og den økonomiske konsekvensen av disse. Poenget med oppgaven er ikke å finne alle tiltak som er mulige, men å prissette de som finnes. Det var viktig at det ble valgt realistiske tiltak som kan la seg gjennomføre, i dag og i fremtiden.

Det er valgt å bruke anerkjente metoder i søken på svarene. Vurderinger av realistiske og fornuftige energitiltak er gjort med bakgrunn i utførte energisimuleringer. Energisimuleringer som er godkjente etter gjeldene forskriftskrav og metoder, med verifisert programvare. Caseprosjektets geometri og arealer er ikke endret, av hensyn til god byggeskikk og arbeidet som prosjektets arkitekt har gjort i forkant av oppgaven.

I kalkulasjon av kostnadene er det benyttet et program byggebransjen bruker til daglig i for eksempel prosjektering av boliger. Avgrensninger knyttet til kalkulasjonen omhandler valgene av priser. Det er i denne oppgaven brukt innhentede priser fra leverandører og entreprenører, erfaringspriser eller priser basert på enkle overslagsberegninger. Denne ”forenklingen” er gjort for ikke å involvere for mange i prosjektet. De rørleggerne og elektrikerne jeg har forespurt har ikke hatt tid/ressurser til å hjelpe, så oppgavens priser vedrørende VVS og elektro var det nødvendig å basere på erfaringspriser fra lignende prosjekter. Der det i tidlig fase av energisimuleringen ble oppdaget tiltak som ikke var energieffektive, har det ikke blitt regnet priser på disse.

Økt energieffektivitet for bygg kan i noen tilfeller velges på bekostning av energibruk til produksjon av materialer og transport. Konsekvensene tiltakene ville hatt på miljøet er ikke vurdert i oppgaven.

Målgruppen for oppgaven er personer med byggteknisk kompetanse. Det er derfor valgt å ikke gi dype innføringer i faguttrykk og forkortelser brukt i rapporten, da dette bør være kjent på forhånd.

1.3 Bakgrunn

Energibruk i bygg utgjør ca 36 % av Norges totale årlige energibruk [1]. Samfunnets økende fokus på energi og miljø krever at tiltak blir gjort for å gjøre dagens bygningsmasse, inkludert nybygg, mer energieffektive. I 2010 var strømforbruket for norske husholdninger på rekordhøye 91,2 TWh [2]. Målet med innføringen av energimerkeordningen fra NVE, Norges Vassdrags- og Energidirektorat, er at det generelle energiforbruket i bygg skal reduseres. I forskrifter om tekniske krav til byggverk finnes rammer for energibruk i de forskjellige bygningskategoriene. Ved hjelp av standarder og beregningsprogrammer kan det beregnes forventet årlig energibehov for et bygg. Etter innsamling av data, og registrering av resultater i en nettbasert database NVE har opprettet, kan bygg sertifiseres i energimerkeordningen. Her får bygget en energiattest som blant annet viser forventet energibruk, en energikarakter (A til G, der A er best), og en tiltaksliste med forslag til utbedringer for å øke energieffektiviteten til bygget.

Konseptet med energieffektive bygg fokuserer på lavt varmetap og effektiv utnyttelse av energi (elektrisitet, varme, belysning eller lignende). Slik kan behovet for levert energi bli minst mulig. Prinsippet er enkelt: Den mest miljøvennlige energien er den du ikke bruker. I disse dager er EU i ferd med å stille krav om nullenergihus som standard fra og med 2020 [3]. Dette vil garantert få innflytelse for norske krav.

Oppgaven er skrevet med Skanska Norge AS som samarbeidspartner. Skanska har visjoner om å være den ledende grønne prosjektutvikleren i markedet. De har bestemt seg for å gå ”Deep Green” [4]. Dette innebærer at Skanska skal levere mer enn minimum og være på topp i kompetanse og leveranse av miljøriktige bygninger. Skal målet om å bli ledende innen grønn prosjektutvikling og bygging nås, må det studeres mer om blant annet energibruk i bygg mener de [4].

Skanska vil også finne ut mer om kostnadsoptimale løsninger. Vi ser for oss at tiltakshavere i fremtidens byggeprosjekter krever å få priser i forhold til energistandarden de ønsker. Da er det viktig å ha oversikt over økonomiske konsekvenser ulike energiltak vil ha. Med økende

bevissthet angående energipriser, energibruk, energieffektive bygg og smarte løsninger, vil det bli vesentlig å ha kunnskapen og svarene kunden (-ene) forventer å få. I forkant. I denne omgang vil det være naturlig å undersøke merkostnadene ved å bygge et A-bygg (bygg med lavt energibehov), kontra et C-bygg (bygg med normalt energibehov).

1.4 Oppgavens struktur

Oppgaven er bygd opp med en innledning, hoveddel, oppsummering og konklusjon. I innledningen presenteres problemstillingen, med bakgrunn for valg av oppgaven. Hoveddelen inneholder teori, om standarder og forskrifter som angår bygningers energiytelse, beskrivelse av metoder og programvare som er brukt for å besvare problemstillingen, teori om energidesign og presentasjon av caset for oppgaven: ”Skansentoppen”. Videre følger et kapittel som viser resultater av simuleringene. Resultatene er presentert med samme struktur som i kapittelet om energidesign og energiltak. Det samme gjelder også for kapittelet kalt diskusjon. I diskusjonskapitlet er det drøftet positive og negative sider ved de ulike energiltakene som er nevnt, det økonomiske perspektivet ved valg av tiltak og metodene brukt for å finne svarene på oppgavens problemstillinger. Som en oppsummering mot slutten av rapporten kommer konklusjonen. Svaret på problemstillingen. Etterfulgt av noen ord om fremtidig arbeid for energieffektiv bygging av boliger.

Referanser i teksten er merket med klammer [x], der x tilsvarer nummeret på referansen leseren kan finne bakerst i rapporten. Er det hentet fakta fra andre kilder enn simuleringene i rapporten står det altså et tall omsluttet av to klammer etter slike opplysninger. Referansesymbolikken er ment å opplyse om at påstandene ikke er egne meninger, og er hentet fra pålitelige og objektive kilder.

2. Teori

2.1 Beregning av bygningers energiytelse

Forskrifter og krav til byggverk er hjemlet i plan- og bygningsloven. Kommunal- og regionaldepartementet har ansvaret for boligpolitikken i Norge [5]. Det finnes veiledninger til forskriftene og loven, og under disse - temaveiledere fra statens bygningstekniske etat [5]. Dette kapittelet beskriver metoder for beregning av bygningers energiytelse og hvor forutsetningene for beregningene hentes fra.

2.1.1 Krav til energieffektivitet - TEK07

Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk, populært kaldt TEK07, er ”*gitt til gjennomføring og utfylling av bestemmelsene i plan- og bygningsloven av 14. juni 1985 nr. 77 og for gjennomføring av Norges forpliktelser etter EØS-avtalen for krav til byggverk og produkter til byggverk*”[6].

Hva gjelder energibruk stilles det i forskriftene energikrav, krav til energieffektivitet, energiforsyning og fjernvarme. Dette er beskrevet i forskriftens kapittel 8. Hovedpoenget med energikapittelet er at bygg skal oppføres med lavt energibehov [6]. Det er to måter å oppfylle kravene: enten ved å oppfylle en liste med energiltak, eller at samlet netto energibehov ikke overstiger et gitt nivå (rammekravsmetoden). Energiltakene går spesifikt inn på bygningsdelsnivå. Eksempelvis kreves det at U-verdi i yttervegg maksimalt skal ha en kalkulert verdi på $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Beregninger av isolasjonstykkelse og materialkvalitet for å oppnå gitte U-verdier er beskrevet i Byggforskserien [44].

”Det er tillatt å fravike et eller flere av energiltakene, dersom kompensierende tiltak gjør at bygningens energibehov ikke økes” [6] §8-21 a. Dette kalles gjerne teknisk bytte. Teknisk bytte vil si at det for eksempel isoleres litt dårligere enn kravet i vegger, for så å kompensere med mer isolasjon i taket. Tiltakslisten vises i tabell 1 (neste side):

Tabell 1 - energiltaksliste TEK07

Kilde: Lovdata § 8-21 a [6]

Bygningsdel	Verdi	Enhet	Kommentar
Samlet glass-, vindus- og dørareal maksimalt av bygningens oppvarmede bruksareal (BRA).	20	%	maksverdi
U-verdi yttervegg	0,18	W/m ² K	maksverdi
U-verdi tak	0,13	W/m ² K	maksverdi
U-verdi gulv på grunn og mot det fri	0,15	W/m ² K	maksverdi
U-verdi glass/vinduer/dører som gjennomsnittsverdi inkludert karm/ramme	1,2	W/m ² K	maksverdi
Normalisert kuldebroverdi skal ikke overstige m ² angis i oppvarmet BRA	0,03	W/m ² K	maksverdi for småhus
	0,06	W/m ² K	maksverdi for øvrige bygg
Lufttetthet Ved 50 Pa trykkforskjell	1,5	luftvekslinger pr. time	maksverdi for småhus
	2,5	luftvekslinger pr. time	maksverdi for øvrige bygg
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg	70	%	
Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg SFP-faktor (specific fan power)	2/1	kW/m ³ s	(dag/natt)
	2,5	kW/m ³ s	næringsbygg (hele døgnet) bolig
Automatisk utvendig solskjermingsutstyr eller andre tiltak for å oppfylle krav til termisk komfort uten bruk av lokalkjøling			
Natt- og helgesenking av innetemperatur til 19 °C for de bygningstyper der det kan skilles mellom natt, dag og helgedrift. Idrettsbygg skal ha natt- og helgesenking av innetemperatur til 17 °C			

Samlet netto energibehov har grenseverdier for energibehovet oppgitt i kWh/m². For boligblokker viser tabell 2 at rammekravet er 120 kWh/m² oppvarmet bruksareal per år.

Tabell 2 - maksverdier for samlet netto energibehov ihht TEK07

Kilde: reproduksjon av tabell i lovdata § 8-21 b- samlet netto energibehov [6]

Bygningskategori	Rammekrav (kWh/m² oppvarmet BRA år)
Småhus	125 + 1600/oppvarmet BRA
Boligblokk	120
Barnehager	150
Kontorbygg	165
Skolebygg	135
Universitet/høyskole	180
Sykehus	325
Sykehjem	235
Hoteller	240
Idrettsbygg	185
Forretningsbygg	235
Kulturbygg	180
Lett industri, verksteder	185

Uansett hvilken fremgangsmåte man benytter seg av, må ikke minstekravene overskrides. Minstekrav til bygg med laftede yttervegger er vist i Tabell 3. Det er ikke brukt laftede yttervegger i denne oppgaven, men det tas med for ordens skyld. Minstekravene for øvrige bygninger er vist i tabell 4.

Tabell 3 - minstekrav til U-verdier ihht TEK07 for bygning med laftede yttervegger

Kilde: reproduksjon av tabell i lovdata § 8-21 c [6]

Følgende minstekrav skal ikke overskrides					
	U-verdi yttervegg, W/m ² K	U-verdi tak, W/m ² K	U-verdi gulv på grunn og mot det fri, W/m ² K	U-verdi vindu, W/m ² K	Lufttetthet, luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell
Bygning med laftede yttervegger	0,60	0,13	0,15	1,4	-
Fritidsboliger under 150 m ² BRA laftede yttervegger	0,72	0,18	0,18	1,6	-

Tabell 4 - minstekrav til U-verdier ihht TEK07

Kilde: reproduksjon av tabell i lovdata § 8-21 c [6]

Følgende minstekrav skal ikke overskrides					
	U-verdi yttervegg, W/m ² K	U-verdi tak, W/m ² K	U-verdi gulv på grunn og mot det fri, W/m ² K	U-verdi vindu, W/m ² K	Lufttetthet, luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell
Bygning	0,22	0,18	0,18	1,6	3,0

TEK 07 stiller også krav til energiforsyning i bygg. Energiforsyningskravet går ut på at varmebehovet i bygninger skal dekket med andre kilder enn elektrisitet og/eller fossile brensler. Dette omhandler både prosjektering og utførelse av bygg. Dersom det er snakk om bygninger med ”*særlig lavt varmebehov*” gjelder ikke kravet. Det er ikke definert hvor lavt behovet skal være før kravet kan fravikes. Hvis de andre energiforsyningene (enn el. og/eller

fossilt) vil påføre merkostnader for prosjektet, i et livsløpsperspektiv, kan man også utelukke kravet. I begge tilfeller må da bygningen ha pipeløp og ovn (lukket ildsted) for å dekke varmebehovet med biobrensel. Et unntak fra dette gjelder boliger med bruksareal under 50 m², eller fritidsboliger med bruksareal under 150 m² [6].

Det stilles også krav til tilknytning til fjernvarme - der dette er vedtatt i kommunale vedtekter. Da må bygningen ha nødvendige varmeanlegg installert, nærmere spesifisert i forskriftens § 9-2 og § 9-23 [6].

Overgangsperiode

I forbindelse med revisjonen av forskriftene i TEK07 ble det innført at bygg igangsatt etter 1.juli 2010 skulle bygges etter TEK10, mens bygg prosjektert i forkant av denne datoen fortsatt kan bygges etter TEK07 inntil 1.juli 2012 (med unntak beskrevet i kapittel 17 i TEK10) [7].

2.1.2 Krav til energieffektivitet – TEK10

Byggteknisk forskrift, TEK10, er et ”supplement” til TEK07. Vedrørende energikrav er det gjennomgående strengere rammekrav i den nyeste forskriften. I tillegg til krav om lavere energibehov enn det som gjaldt i TEK07, er det også påkrevd at det i større grad tas hensyn til miljøet. Noen av endringene omfatter skjerpede krav til ”*årgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad*”, bruk av glassareal og forbud mot installasjon av oljekjel som energiforsyning [7]. Med unntak. Med årgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad menes evnen et ventilasjonsanlegg har til å gjenvinne varmen i luften som skiftes ut i et bygg.

I forskriftens kapittel 14 er kravene til energi gitt. Det er også her, som i TEK07, to måter å oppfylle kravene: enten ved å oppfylle en liste med energiltak, eller at samlet netto energibehov ikke overstiger et gitt nivå (rammekrav). Energiltakene går spesifikt inn på bygningsdelsnivå. Eksempelvis kreves det at U-verdi for tak maksimalt skal ha en verdi på

0,13 W/m²K. Tiltakslisten vises i **Tabell 5**, her er endringer/tillegg til TEK07 uthevet med fet skrift.

Tabell 5 - energitiltaksliste TEK10

Kilde: verdier fra § 14-3 i TEK10 systematisert i tabell [7]

Bygningen skal ha følgende energikvalitet:	Verdi	Enhet	Kommentar
Samlet glass-, vindus- og dørareal maksimalt av bygningens oppvarmede bruksareal (BRA).	20	%	maksverdi
U-verdi yttervegg	0,18	W/m ² K	maksverdi
U-verdi tak	0,13	W/m ² K	maksverdi
U-verdi gulv på grunn og mot det fri	0,15	W/m ² K	maksverdi
U-verdi glass/vinduer/dører som gjennomsnittsverdi inkludert karm/ramme	1,2	W/m ² K	maksverdi
Normalisert kuldebroverdi skal ikke overstige m ² angis i oppvarmet BRA	0,03	W/m ² K	maksverdi for småhus
	0,06	W/m ² K	maksverdi for øvrige bygg
Lufttetthet Ved 50 Pa trykkforskjell	2,5	luftvekslinger pr. time	maksverdi for småhus
	1,5	luftvekslinger pr. time	maksverdi for øvrige bygg
Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg	70	%	maksverdi for boligbygg
	80	%	maksverdi for øvrige bygg (nytt punkt)
Spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg SFP-faktor (specific fan power)	2	kW/m ³ s	maksverdi for øvrige bygg
	2,5	kW/m ³ s	maksverdi for boligbygning
Tiltak som eliminerer bygningens behov for lokal kjøling			
Mulighet for natt- og helgesenking av innetemperatur (fjernet krav til temperaturgrenser)			
OBS! For boligbygning kan energitiltak (glass-, vindus- og dørarealer, U-verdier, kuldebroverdier, lufttetthetsverdier og temperaturvirkningsgrad) fravikes, forutsatt at bygningens varmetapstall ikke øker.			
OBS! For øvrige bygninger kan energitiltak (glass-, vindus- og dørarealer, U-verdier og kuldebroverdier) fravikes, forutsatt at bygningens varmetapstall ikke øker.			

Samlet netto energibehov har grenseverdier for energibehovet oppgitt i kWh/m². Disse verdiene må ikke overskrides. For boligblokker viser **Tabell 6** oss at rammekravet for oppvarmet bruksareal ikke skal overstige 115 kWh/m² per år. Her nevnes § 14-4, punkt 2 og 3. Punkt 2 opplyser om at tall skrevet i parentes ”gjelder for arealer der varmegjenvinning av ventilasjonsluft medfører risiko for spredning av forurensning/smitte” [7]. Anlegg hvor varmegjenvinning skjer uten at luften blandes fysisk (gjerne ved hjelp av platevekslere), har ikke like stor virkningsgrad som anlegg som blander luften (roterende varmeveksler). Følgelig senkes kravene for bygninger der varmegjenvinningen må skje uten at luften blandes. Punkt 3 gir krav om at: ”I flerfunksjonsbygninger skal bygningen deles opp i soner ut fra bygningskategori og de respektive energirammene oppfylles for hver sone”[7].

Tabell 6 - maksverdier for samlet netto energibehov ihht TEK10

Kilde: reproduksjon av tabell i lovdata § 14-4.1 [7]

Bygningskategori	Rammekrav (kWh/m² oppvarmet BRA år)
Småhus	120 + 1600/m ² oppvarmet BRA
Boligblokk	115
Barnehager	140
Kontorbygg	150
Skolebygg	120
Universitet/høyskole	160
Sykehus	300 (335)
Sykehjem	215 (250)
Hoteller	220
Idrettsbygg	170
Forretningsbygg	210
Kulturbygg	165
Lett industri, verksteder	175 (190)

Uansett hvilken fremgangsmåte som benyttes, må ikke minstekravene overskrides. Minstekrav til bygg med laftede yttervegger er vist i tabell 7. Minstekravene for øvrige bygninger er vist i tabell 8. I tillegg til minstekravene er det et par punkter som er verdt å merke seg. Vinduer skal ha en solfaktor mindre enn 0,15 hvis de er plassert i solutsatte fasader. Unntak: ”Med mindre det kan dokumenteres at bygningen ikke har kjølebehov” [7] §14-5 pkt. 3 b. U-verdi for glass-, vindus- og dør ganget med andel glass- og dørareal av oppvarmet bruksarealnivå skal være mindre enn 0,24. Det stilles også krav til isolering av rør og installasjoner for rørsystemer, for å unngå unødvendige varmetap.

Tabell 7 - minstekrav til U-verdier ihht TEK10 for bygning med laftede yttervegger
Kilde: reproduksjon av tabell i lovdata §14-6 [7]

Bygningskategori	Dimensjon yttervegg	U-verdi tak, W/m ² K	U-verdi gulv på grunn og mot det fri, W/m ² K	U-verdi, vindu og dør, inkludert karm/ramme, W/m ² K
Boligbygning, samt fritidsbolig med én boenhet og oppvarmet BRA over 150 m ²	≥ 8 '' laft	≤ 0,13	≤ 0,15	≤ 1,4
Fritidsbolig med én boenhet og oppvarmet BRA under 150 m ²	≥ 6 '' laft	≤ 0,18	≤ 0,18	≤ 1,6

Tabell 8 - minstekrav til U-verdier ihht TEK10
Kilde: reproduksjon av tabell i lovdata §14-5 [7]

Følgende minstekrav skal ikke overskrides				
U-verdi yttervegg, W/m ² K	U-verdi tak, W/m ² K	U-verdi gulv på grunn og mot det fri, W/m ² K	U-verdi vindu, W/m ² K	Lufttetthet, luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell
≤ 0,22	≤ 0,18	≤ 0,18	≤ 1,6	≤ 3,0

Kravene til energiforskyning er også skjerpet fra TEK07. Fra før måtte bruk av fossile brensler begrenses, men etter TEK10 er det ikke lenger lov til å installere ”oljekjel for fossilt brensel til grunnlast” [7]. Det er satt konkrete verdier for hvor mye av energibehovet som

kan dekket av elektrisitet eller fossile brensler, dersom naturforhold tillater det (fortsatt betingelser i regelverket). Det nevnes ”passivhusnivå”, og at hus med denne kvaliteten (ikke spesifisert) er unntatt kravet om energiforskyning med pipe og ovn dersom netto varmebehov beregnes til mindre enn 15000 kWh/år. NS3700 inneholder en norsk definisjon av passivhus og lavenergihus med krav til energibehov [8].

2.1.3 Krav til energieffektivitet i fremtiden

Som nevnt tidligere vil det europeiske samfunnet (etter skriv fra møte i Brussel 2.februar 2010) sette seg mål om å bygge nullenergibygninger som standard innen 2020 [3]. Offentlige bygninger i EU-landene forventes å være nullenergibygg fra 2015 [3].

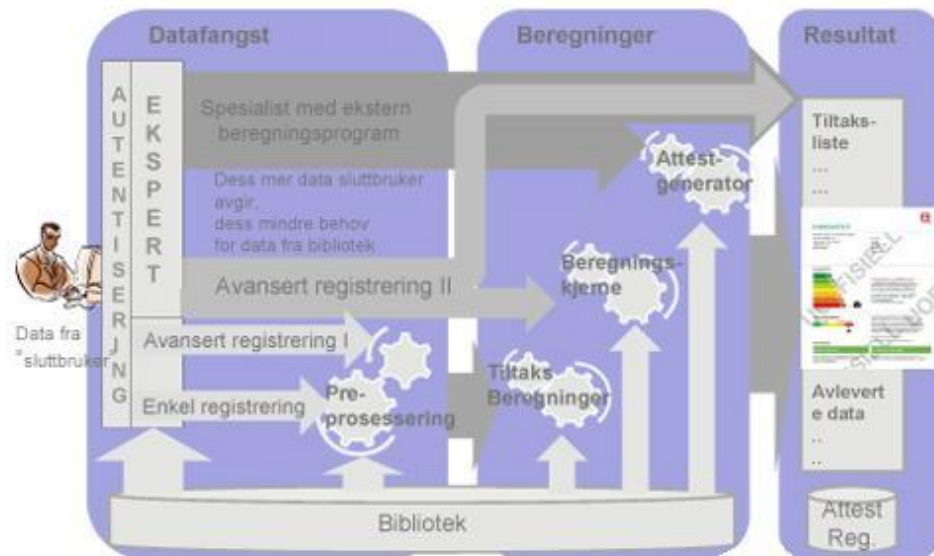
Kravene til bygningers energiytelse vi forholder oss til i Norge er enn så lenge henholdsvis TEK07 eller TEK10. I skrivende stund vites det ikke om når TEK10 vil bli revidert, men dette kommer. Miljø- og energirådgiver i Skanska, Marit Thyholt, uttalte under et seminar i januar 2011 at ny skjerping av TEK 10 vil komme i 2013 for boliger [9]. Den nye revisjonen vil blant annet stille strengere krav til høyere varmegjenvinning av ventilasjonsluft; ikke lenger 70, men 80 % [9]. Arnstadutvalget har anbefalt at det bygges passivhusstandard fra 2014 for yrkesbygg og 2016 for øvrige bygg [9]. For å være i forkant med hva samfunnet definerer som miljøvennlig bygging må energieffektiviteten økes ytterligere i forhold til dagens nivåer. Vi er ifølge Thyholt på vei mot byggingen av nullenergibygg (zero energy buildings) eller nullutslippsbygninger (Zero Emission Buildings) [9].

2.1.4 NVEs energimerkesystem

Med hjemmel i energiloven setter energimerkeforskriften krav til at energiattest skal foreligge ved ferdigstillelse, kjøp, salg og utleie av boliger eller bygninger [10]. Energimerkesystemet skal synliggjøre bygningers energimessige egenskaper. Målet er at ordningen skal øke bevisstheten om energibruk i bygninger:

“Forskriften skal bidra til å sikre informasjon til markedet om boliger, bygningers og tekniske anleggs energitilstand og mulighetene for forbedring, for derigjennom å skape større interesse for konkrete energieffektiviseringstiltak, konkrete tiltak for omlegging til fornybare energikilder, og gi en riktigere verdsetting av boliger og bygninger når disse selges eller leies ut” [11].

Prosessene for energimerkesystemet er illustrert i Figur 1. Energimerkesystemet er nettbasert. Registreringen skjer ved at informasjon om bygningen legges inn (selvangivelse) i en database. Registrering for energiattest for eksisterende boliger gjøres ved at en privatperson, eller en med fullmakt fra privatperson, registrerer opplysninger om bygningen. Disse opplysningene skal være riktige, og eier av bygget er ansvarlig for at korrekt informasjon er oppgitt. Energimerkingen av yrkesbygg og boliger som skal selges eller leies ut skal utføres av en ekspert. Eksperten skal minst ha ingeniørkompetanse på bachelornivå, med spesifiserte andre tilleggskvalifikasjoner (energimerkeforskriftens § 18, 1. avsnitt). For registrering av boliger og andre bygninger kreves det ”opplæring og praksis som tilsvarer de til enhver tid gjeldende krav for ansvarlig prosjekterende innen relevant tiltaksklasse og godkjenningssområde” [11].



Figur 1 - prosedyre for energimerkesystemet

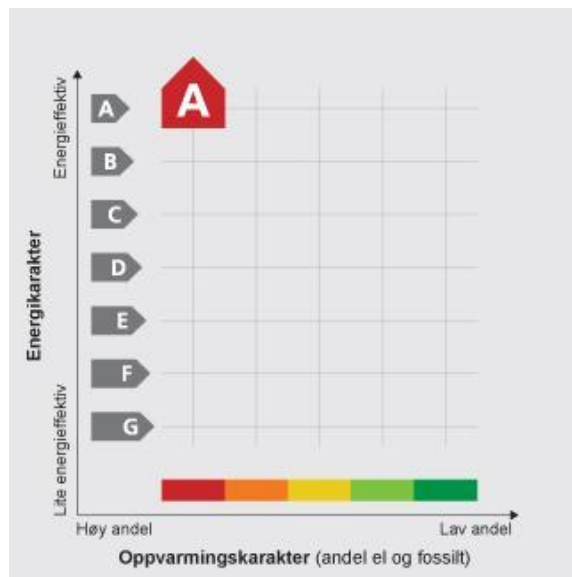
[10]

Energimerking av private boliger skjer ved at eier logger seg inn via MinID på www.energimerking.no. Etter innlogging (i figur 2 kalt autentisering) kan registreringen av bygningsinformasjonen begynne. Avhengig av hvilke opplysninger vedkommende har tilgjengelig, kan det velges enkel eller avansert registrering. Desto flere opplysninger som registrerer, desto mer presist blir også energimerket. Etter fullført registrering kan man omgående skrive ut og bruke energiattesten. Energiattesten viser hvilket energimerke bygningen har. Med energiattesten følger det også med en tiltaksliste med forslag til utbedringer for økt energieffektivitet i bygningen [10].

Attesten må fornyes hvert tiende år (oftere for bygg med avanserte tekniske anlegg). Yrkesbygg, med samlet bruksareal over tusen kvadratmeter, skal også ha energiattest. NVE er organet som skal utstede energiattestene. For å få en energiattest må energibehovet til bygningen beregnes etter grunnlag gitt i NS3031. Vurderingsgrunnlaget er levert energi, beregnet direkte fra standarden, eller via validerte beregningsprogrammer. Avhengig av hvor stort energibehovet er, får bygget en energikarakter. Karakteren deles inn etter bokstaver - fra A til G. Karakter A er det beste nivået. Da vil bygget bruke mindre levert energi, enn bygg med dårligere energikarakter. Foruten en energikarakter, skal energimerket også inneholde en oppvarmingskarakter. Denne skal *”gi informasjon om i hvilken grad det vil være mulig å dekke varmebehovet i bolig eller bygning med andre energikilder enn elektrisitet, olje og gass”* [11]. En grønn oppvarmingskarakter symboliserer at oppvarmingsbehovet vil bli dekket av en lav andel elektrisitet eller fossile energikilder. Det forutsettes at biobrensel er den grønneste måten å varme opp en bygning.

Attesten har en grafisk fremstilling av energimerket bygget er beregnet å få.

Figur 2 viser et tilfeldig byggs energimerke. Figuren viser energikarakter på y-aksen, og oppvarmingskarakter på x-aksen. Energikarakteren forteller hvor energieffektivt bygget skal være.








Figur 2 - Energimerke
[12]

Norges TakseringsForbund anslår at boligens verdi stiger med rundt 100.000 kroner for hvert karakternivå på energimerkeskalaen [13]. Eiendomsmeglere og takstfolk strides litt ifølge kontaktperson Thore-Andre Thorsen, som mener at alt tyder på at dette er riktig markedspris. Det skal visstnok være knyttet mindre risiko til eierskap av energieffektive bygg og dermed anses lavenergibygget eller passivhus som en bedre investering enn bygg med lavere karakterer.

Oppvarmingskarakteren viser muligheten for å bruke andre energikilder enn gass, olje eller elektrisitet i oppvarmingen av bygget. Karakteren gis med en femdelt rangering fra rødt til grønt. For å få grønt merke må bygningens oppvarmingssystem være basert på fornybar energi. Andelen el og fossilt må ligge under følgende verdier (se tabell 9) for å oppnå de ulike fargegraderingene:

Tabell 9 - Kriterier for ulike oppvarmingskarakterer
 Kilde: reproduisert tabell fra NVE [10]

Farge	Andel el og fossilt	Oppvarmingskombinasjoner som vil oppfylle kravene
	0 – 30 %	Vannbåren oppvarming basert på biobrenselkjel, med elektrisitet som spisslast.
	30 – 47,5 %	Fjernvarme
	47,5 – 65 %	Vannbåren oppvarming med varmepumpe basert på grunnberg eller sjøvarme, med elektrisitet som spisslast. Vannbåren oppvarming med pellets-kamin, med elektrisitet som spisslast. Luft til luft varmepumpe og lukket vedovn, kombinert med direkte elektrisk oppvarming. Termiske solfangere og luft til vann varmepumpe, kombinert med direkte elektrisk oppvarming.
	65 – 82,5 %	Luft til luft varmepumpe kombinert med direkte elektrisk oppvarming. Direkte elektrisk oppvarming og lukket vedovn. Termiske solfangere, kombinert med direkte elektrisk oppvarming.
	82,5 – 100 %	Kun direkte elektrisk oppvarming. Vannbåren varme med kun oljekjel og/eller gasskjel.

“Bakgrunnen for oppvarmingskarakteren er et behov for å gi informasjon om oppvarmingssystemet alene, for å vurdere dets mulighet til å varme opp rom og varmtvann i tråd med myndighetenes mål for energiomlegging. I energikarakteren er oppvarmingssystemets virkningsgrad i bygningen medregnet, men det er ikke noen vurdering av hvilken energibærer systemet er basert på” [10].

Kriteriene for å oppnå de forskjellige energikarakterene er gitt i tabell 10. For at en boligblokk skal få A må bygget eksempelvis tilfredsstillende kravet om at levert energi til bygget ikke skal overstige 67 kWh/m² årlig (basert på nivåer for TEK07).

Tabell 10 - karakterkriterier energimerkeordningen
Kilde: tabell fra NVE [10]

Bygningskategori	Levert Energi						
	A	B	C	D	E	F	G
	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn	Lavere enn
	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Småhus	79	118	158	231	305	458	Ingen grense
Boligblokker	67	100	134	184	235	353	Ingen grense
Barnehager	90	135	180	228	276	414	Ingen grense
Kontorbygg	84	126	168	215	263	395	Ingen grense
Skolebygg	79	118	158	208	259	389	Ingen grense
Universitets- og høyskolebygg	95	143	191	240	289	434	Ingen grense
Sykehus	179	268	358	416	475	713	Ingen grense
Sykehjem	136	203	271	328	384	576	Ingen grense
Hoteller	135	202	269	321	373	560	Ingen grense
Idrettsbygg	109	164	218	272	325	488	Ingen grense
Forretningsbygg	129	194	258	309	360	540	Ingen grense
Kulturbygg	105	158	210	256	302	453	Ingen grense
Lett industri, verksteder	106	159	212	270	329	494	Ingen grense

Basert på nivå
for TEK 2007

Videre er det et eget kapittel om energivurdering av tekniske anlegg i energimerkeforskriften. Dette inneholder plikter og krav en eier har til å gjennomføre energivurdering av det tekniske anlegget vedkommende har i bygningen. Denne vurderingen skal skje minst hvert fjerde år. Med unntak. De som utfører vurderingen må oppfylle kompetansekrav gitt i § 19 i forskriften. Det skal også utarbeides rapport fra energivurdering av tekniske anlegg. Rapporten skal inneholde navn på eier, info om bygget, info om det tekniske anlegget, sammendrag av energivurderingen (tekniske data, dokumentasjon av anlegget, driftsopplegg, funksjoner og dimensjonering), dokumentasjon på registrerte data, tiltaksliste med anbefalinger for energiforbedringer av bygningen, underskrift og opplysninger om den/de som har utført vurderingen, og ellers generell informasjon om energivurderingsrapporten. Energivurderingen skal gjennomføres ved fysisk befaring av anlegget og gjennomgang av

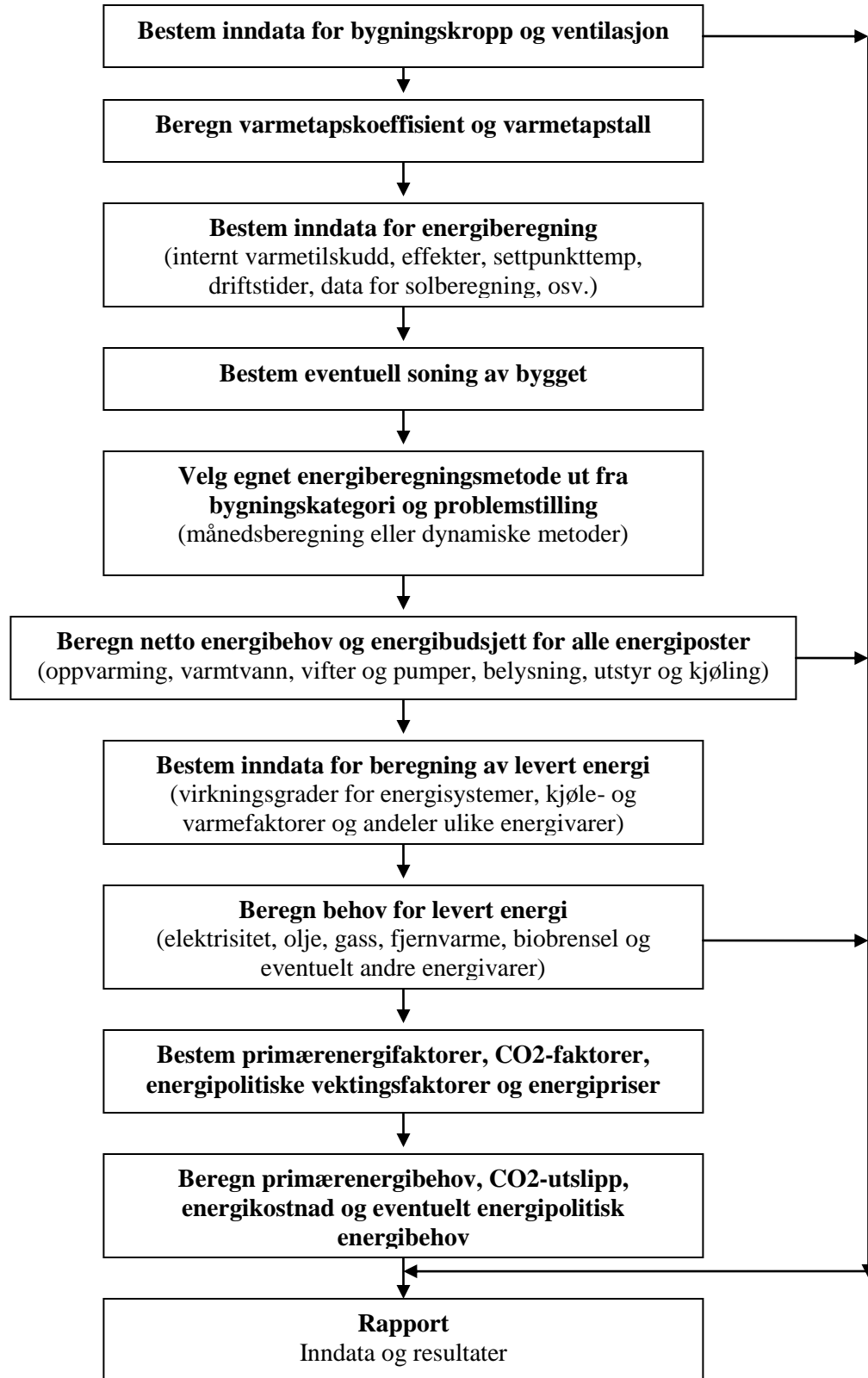
eksisterende dokumentasjonen om dette. Dersom bygget har oppvarmet bruksareal mindre enn 400 m², behøves ikke energivurdering av tekniske anlegg.

2.1.5 NS3031:2007 Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data

NS3031 gir retningslinjer for *beregning av bygningers energiytelse* [14]. Ved sammenligning med krav gitt i *forskrift om krav til byggverk* (populært kalt TEK) kan det kontrolleres om bygninger vil tilfredsstillende gjeldende energikrav. Energikravene er til dags dato fastsatt av TEK07, eller TEK10 (se egne kapitler). Resultater av beregningene vil blant annet være primærenergibehov, behov for levert energi og totalt netto energibehov. Dokumentasjonen av det teoretiske energibehovet gir utgangspunkt for energisertifisering av bygninger (eget kapittel om energimerkeforskriften). Energiytelsen kan, ved hjelp av metodene i standarden, optimaliseres med alternative konstruksjonsløsninger eller gitte bruksbetingelser. Avhengig av mulige energitiltak kan virkningene veies, for å avgjøre hvilket energimerke bygget skal ha. Til løsningene medfører høyere eller lavere energibehov. I et samfunnsperspektiv kan standarden også benyttes til å anslå energibehovet for flere bygg.

Standarden omfatter beregningsalternativene månedsberegning, forenklet timeberegning og programvareberegning. Dog er det bare månedsberegning som er beskrevet i detalj. Denne metoden brukes for å gi et raskt overslag av et byggs energiytelse. Her legges forutsetninger fra NS-EN ISO 13790 til grunn [14]. Det regnes ut årlig energibehov ved å summere energibehovet for alle månedene i året. Forenklet timeberegning (dynamisk metode) går ut på å finne energibehovet, med hensyn på energibehovet - time for time. Dette er en metode definert i NS-EN ISO 13790 [14]. Siste beregningsalternativ er å bruke detaljerte beregningsprogrammer. Disse skal være validert etter NS-EN 15265 [14]. Uavhengig av hvilken metode som velges, vil prosessen være den samme på veien mot målet.

Figur 3 viser skjematisk beregningsprosessen i NS3031:



Figur 3 - prosedyre for beregning av energibehov i bygg
Kilde: reproduksjon av figur 1 i NS3031 [14]

”Valg av egnet beregningsmetode skal baseres på kriterier som reproduserbarhet i beregningen, nøyaktighet, hensiktsmessig detaljeringsgrad og tilgang på inndata for beregningen. Valget av beregningsmetode vil typisk avhenge av hvordan den aktuelle bygningen er tenkt eller brukes (kategorier av boliger eller yrkesbygg), bygningens og installasjonenes kompleksitet, om bygningen er ny eller eksisterende og formålet med energibehovsberegningen.” [14].

”For komplekse bygninger med styringssystemer for klimainstallasjoner, store glassarealer i klimaskjermen med korresponderende stort soltilskudd, eller bygninger med stort og varierende internt varmetilskudd vil det være hensiktsmessig å benytte en dynamisk beregningsmetode” [14]. Beregningsmetoden etter bygningskategori skal velges etter tabell 11:

Tabell 11 - Valg av beregningsmetode for beregning av energibehov i bygg

Kilde: reproduksjon av tabell 3 i NS3031 [14]

Bygningskategori	Energiberegning^a
Småhus	Månedstasjonær eller dynamisk
Boligblokk	Månedstasjonær eller dynamisk
Barnehage	Månedstasjonær eller dynamisk
Kontorbygg	Dynamisk
Skolebygg	Månedstasjonær eller dynamisk
Universitet/høyskole	Dynamisk
Sykehus	Dynamisk
Sykehjem	Månedstasjonær eller dynamisk
Hoteller	Månedstasjonær eller dynamisk
Idrettsbygg	Månedstasjonær eller dynamisk
Forretningsbygg	Dynamisk
Kulturbygg	Månedstasjonær eller dynamisk
Lett industri, verksteder	Månedstasjonær eller dynamisk
^a I bygninger der det er installert ventilasjonskjøling, skal det alltid benyttes en dynamisk beregningsmetode.	

”Dynamiske metoder simulerer temperaturer og effekter til oppvarming og kjøling av bygningen med en oppløsning på én time eller kortere tidssteg. Energibehov for oppvarming og kjøling beregnes ved å summere simulerte effektbehov til kjøling og oppvarming over en gitt tidsperiode (uke, måned, år)” [14].

”I forhold til månedsstasjonære beregninger har dynamiske beregninger den fordel at de kan simulere transiente (tidsvariable) prosesser som temperatursenking, kjøleberegninger, nattventilering, automatisk solskjerming, effekt av behovsstyrte ventilasjons- og belysningsystemer og andre sterkt tidsvariable prosesser på en nøyaktig måte” [14].

Betingelser for beregningene er fastsatt av standarden. Her er gitt verdier for varmetapstall, totalt netto energibehov, levert energi, vektet levert energi, primærenergi, minste spesifikke luftmengde for ventilasjonsanlegg (tilleggsblad A1), CO₂-utslipp og energikostnad.

2.2 Energisimulering

Simuleringer av en bygnings termiske egenskaper kan enten brukes til å forutse et årlig energiforbruk eller bestemme mekaniske dimensjoner til et bygg [15]. I dag blir simuleringsprogram brukt av flere aktører enn tidligere, og i tidligere faser av prosjekteringen [15]. Som en kort innføring i temaet følger en beskrivelse av hvordan energisimuleringsprogrammer fungerer:

For å simulere energiforbruk må bygningen først deles inn i termiske soner. En sone er et område av en bygning som har like krav til temperaturer og som blir betjent av et felles temperaturstyringssystem (oppvarming/kjøling/luftventilasjon) [15]. Antall soner kan variere fra bygg til bygg, avhengig av størrelse, fasong og bruken av bygget. En bolig kan ha kun en sone fordi familien som bor der ønsker lik temperatur i alle rom, mens et kontorbygg kan ha uendelig mange fordi arbeiderne har forskjellige preferanser angående arbeidstemperatur.

Etter soneinndelingen er definert må det beregnes ”laster” for hver enkelt sone. En last er definert som påkrevd varme- eller kjølebehov (time for time) nødvendig for å opprettholde et komfortabelt inneklime i en bygning [16]. Fordi lastene endrer seg kontinuerlig gjennom døgnet må simuleringen være dynamisk. Varmetilskudd fra teknisk utstyr, belysning, tappevann og personer, solinnstråling eller lignende påvirker hvor store lastene blir. Maks- og minimumslaster for hver sone må beregnes for å kunne dimensjonere henholdsvis kjøleanlegget og oppvarmingssystemet.

Lastene kombinert med klimadata for stedet bygningen skal plasseres i - er grunnlaget for neste steg. Energiforbruket (time for time) beregnes så med hensyn på en kontinuerlig temperaturredifferanse mellom inneklime og uteklime. Hvor mye energi som kreves for å heve/senke temperaturen inne i bygget i forhold til temperaturen utenfor avhenger av kjøleanleggets/oppvarmingssystemets virkningsgrad, luftvolumet som skal behandles (bygningsskroppens utforming), varmetapsegenskapene til bygningens klimaskjerm og tiden energiforbruket skal beregnes for. Energiforbruket beregnes vanligvis i kilowattimer per år, eller spesifikt i kilowattimer per kvadratmeter per år. Det spesifikke energiforbruket oppgis i mange tilfeller for at sammenligning av bygninger med forskjellige arealer skal være mulig. Og fordi energirammen i teknisk forskrift (TEK07 og TEK10) gis som spesifikt energibehov [15].

Energisimuleringsprogrammer har ifølge Richard Paradis (P.E. BSCP) sine begrensninger [16]. Han skriver at energisimuleringer ikke klarer å forutse faktisk energibehov, uansett hvor nøyaktige programmene simulerer [16]. Han hevder at brukervaner, konstruksjonens kvalitet og vedlikeholdet over tid vil ha for stor påvirkning på forbruket. Det er viktig for brukerne av programmene å forstå sammenhengene mellom alle aspektene ved bygningsplanlegging. Det trekkes frem at valg av energiltak vil ha følger for livssyklus kostnadene og bør derfor veies grundig før beslutninger tas. Paradis konstaterer at programmer for energisimulering er viktige verktøy - til tross for begrensningen med at de ikke gir et korrekt bilde av faktisk energibruk [16]. Mulighetene programmene gir i forhold til å eksperimentere med ulike tiltak i en tidlig fase av et prosjekt trekkes frem. Fordelen er at en bygningens energiytelse kan

optimaliseres ved å evaluere forskjellige tiltak på grunnlag av sammenlignbare resultater [16].

2.3 Dagslyssimulering

I forbindelse med bygging av energieffektive boliger vil det ofte oppstå konflikt mellom dagslys og isolasjonsevne [9]. Tykke vegger, vinduer med solfaktor og konstant solavskjerming hindrer lyset fra solen/naturlige omgivelser i å slippe inn. Dagslysfaktor er et begrep for hvor mye lys som ”slipper inn” i et rom. Veiledning til teknisk forskrift (veiledning til TEK07) angir at gjennomsnittlig dagslysfaktor i rom for varig opphold bør være minst 2 prosent [17]. For å tilfredsstille denne anbefalingen (i tidligfase av et prosjekt) må det foretas simuleringer av dagslys. I programmer for dagslyssimulering har brukeren mulighet til å definere et rom med vegger, tak, dører og vinduer, himmelretninger og hvilken tid på året/døgnet simuleringen skal beregne dagslysfaktorer. Dagslysfaktoren gjenspeiler hvor mye av dagslyset som ”slipper inn” gjennom vinduer og dører (lysåpninger) og hvordan lyset sprer seg i rommet. Veilederen til TEK07 anbefaler å plassere vinduer høyt oppe på en vegg for å oppnå høy dagslysfaktor [17]. Lyset vil naturligvis også spre seg bedre i et tilnærmet kvadratisk rom, enn med vinduer i en av veggene på kortsiden av et rektangulært rom.

2.4 Kalkulasjon av energiltak

I prosessen med å finne fornuftige energiltak må vi vurdere priskonsekvensen av tiltakene. Det er til syvende og sist prisen som avgjør om energieffektiviteten er stor nok til at ønsket tiltak blir valgt. Enkelte kjøpere har et kortsiktig perspektiv og ser kun på investeringskostnaden. Kalkulasjon av energiltak kan i all enkelhet innebære at det beregnes merkostnad av de bygningsmessige konsekvensene et tiltak vil ha. For eksempel vil en redusert U-verdi for en yttervegg føre til at veggtykkelsen må økes eller isolasjonsevnen må forbedres. Vi ser for oss at vi har en bindingsverksvegg av trevirke isolert med mineralull.

Med en veggtykkelse på 200 millimeter. For å forbedre isolasjonsevnen til denne veggen må enten dimensjonene på isolasjonsmaterialene og trevirket endres, eventuelt kan den planlagte konstruksjonen ”bygges på”. Forbedret isolasjonsevne vil med dagens teknologier medføre at trestenderen byttes ut med en Iso3-stender (stender av trevirke med isolert sjikt i midten) og/eller mineralullkvaliteten forbedres (lambdaverdi 0,037 byttes til 0,034, eller lignende). Den økonomiske konsekvensen av å øke veggtykkelsen vil uansett oppbygging være knyttet til ekstra materialforbruk i form av tykkere/bedre isolasjon og bredere/bedre stendere. Avhengig om utbedringen vil ta lengre tid (arbeidskostnader) å utføre må dette også tas med i beregningene. For å finne merkostnaden av tiltaket må differansen mellom pris på den tykke (godt isolerte) og den opprinnelige veggen beregnes. I tillegg til materialkostnaden bør det legges til arbeidskostnader, prosentvis gevinst (påslag) og eventuelt tillegg til riggekostnader for å få en realistisk merkostnad [18].

På en annen side kan det være interessant å vite hvor mye bygget vil koste å forvalte, drifte, vedlikeholde og utvikle i hele byggets levetid (i tillegg til merkostnaden). Det må da beregnes fremtidige kostnader for bygget. Forbedret isolasjonsevne vil føre til lavere driftsutgifter i form av mindre behov for oppvarming/kjøling. Kapittel 2.5 beskriver mer om temaet og ”livssyklus-kostnader”.

2.5 Lønnsomhetsberegninger og incentiver for valg av energieffektive løsninger

2.5.1 Livssyklus-kostnader

For å få oversikt over en bygnings totale kostnad bør det utføres en LCC-analyse [19]. En livssyklusanalyse (av det engelske uttrykket ”life cycle cost”). Kostnader knyttet til oppføring (nybygg), forvaltning, drift, vedlikehold, utvikling og avvikling (riving) må regnes med i en slik analyse. En LCC-analyse tar hensyn til det fremtidige kostnadsbildet, ikke bare investeringskostnaden for de ulike produktene knyttet til oppføringen av et bygg.

Livssyklus-kostnader kan blant annet brukes til å evaluere om et energitiltak er lønnsomt for et prosjekt. Berit Goldstein viser til en enkel analyse i sin publikasjon [19]. Hun hevder at det er lønnsomt å kjøpe energieffektive lyspærer fremfor vanlige lyspærer ut ifra et livssyklus-perspektiv. De energieffektive pærene er generelt sett dyrere, men bruker mindre strøm og varer lengre enn tradisjonelle lyspærer. Goldsteins beregninger viser at lavenergipærer vil ha en årlig driftskostnad på 14 SEK, mens vanlige pærer vil koste 75 SEK over samme tid. Av denne enkle analysen oppsummerer hun med at det ville vært lønnsomt å investere i lavenergipærer i dette tilfellet.

For å beregne større investeringer gjøres en grundigere analyse ved å benytte vanlige bedriftsøkonomiske analyser [20]. Eksempelvis kan nåverdi regnes ut for å se om en investering vil være lønnsom over tid; ved å ta hensyn til renter og fremtidige FDVU-kostnader eller lignende. I Byggforsks prosjektrapport 22 anno 2008 er det utført en kostnadsberegning ved hjelp av nåverdibetraktning for installasjon av et solfangeranlegg [21]. Der beregnes nåverdien ved å trekke fra merkostnaden investeringen ville hatt, fra den økonomiske besparelsen installasjonen ville medført. Forutsetninger som bygningens og de tekniske anleggenes levetid, kalkulasjonsrente, energipris, investeringskostnader og energiutbyttet fra anlegget er basert på tall fra temaveileder til energiforskriftene fra Statens bygningstekniske etat [17].

2.5.2 Nåverdi

Nåverdiberegninger brukes for å finne ut om investeringer er lønnsomme [20]. Kostnytteeffekten regnes ut ved å trekke initiale (typisk investeringskostnaden) og fremtidige kostnader fra besparelsen et tiltak vil ha over tid, målt i kroner. Kostnads- og nytteelementene regnes om til nåverdi for å få dagens verdi av de totale kostnadene, eventuelt inntjeningen på grunn av tiltakets lønnsomhet. Alle tiltaksberegninger med positiv netto nåverdi er lønnsomme. ”Begrepet reflekterer at en krone i dag ikke har samme verdi som en krone om ett år” [20]. Konseptet går ut på at et årlig overskudd (forhåpentligvis), nytte minus kostnader, neddiskonteres til investerings- eller tiltakstidspunktet. Neddiskontering vil si at fremtidige pengestrømmer divideres med en faktor for å beregne

hva for eksempel hundre kroner om tre år er verdt i dag. Netto nåverdi (forkortet NNV) er verdien i dag av alle de verdsatte nytte- og kostnadselementene ved tiltakene. En formel for beregning av netto nåverdi er vist nedenfor:

$$NNV = -I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{U_t}{(1+k)^t}$$

Formel 1: Formel for netto nåverdi [20]

Fra formelen over har vi at:

I_0 = investeringsutgift i år 0

U_t = overskudd pga tiltaket i år t

k = kalkulasjonsrenten/diskonteringsrenten (settes ofte lik realrenten f. eks 4 %)

n = antall år tiltaket varer

t = tid i år

2.5.3 Incentiver for energieffektive bygg

Støtteordninger fra Enova, Husbanken eller regionale enøk-fond kan være nyttige incentiver for å øke bruken av energieffektive tiltak i byggeprosjekter. Enova kunne 23.mars 2011 opplyse om at de støtter blant annet solfangeranlegg med inntil 20 % av investeringskostnaden, men maks kroner 10.000 [22]. I tillegg til støtte av enkelttiltak gis det også støtte til sentrale varmestyringssystemer. Denne støtten får avhengig av investeringskostnaden positivt utslag for nåverdiberegninger av ulike energieffektive tiltak. I mange tilfeller vil investeringer bli lønnsomme dersom det støttes, enten ved direkte støtte eller billig lån.

3. Metode

3.1 Energisimulering i SIMIEN

Formålet med energisimuleringene i denne oppgaven er å få en detaljert nok beregning til å vurdere hvilke energitiltak som skal til for å øke byggets energikarakter fra C til A. SIMIEN (SIMulering av Inneklima og ENergibruk i bygninger) er et norsk windows-basert simuleringsprogram som egner seg til simulering av inneklima og energibruk i bygninger. SIMIEN er utviklet av ProgramByggerne ANS. Programmet har en database med nasjonale klimadata og typiske bygningskonstruksjoner. Det bygger på den dynamiske beregningsmetoden beskrevet i NS3031 [23]. Det er valgt å bruke SIMIEN i oppgaven for å simulere energibehov etter ulike bygningsmessige tiltak og finne hvilke energitiltak som skal til for at leilighetene på Skansentoppen (oppgavens case) skal få høyere energikarakter.

I årssimulering beregnes netto energibruk (energibehov) og levert energi til bygninger. Med bakgrunn i beregnet levert energi kan programmet energimerke bygg [23]. I denne oppgaven skulle det ikke energimerkes, men energimerkene de forskjellige leilighetene fikk etter simulering gjorde det mulig å finne nødvendige tiltak for at leilighetene skulle få energikarakter A (opp fra C).

Leilighetene ble evaluert mot energitiltak, energirammer og minstekrav i forhold til byggeforskriftene. Programmet lar deg velge hvilke av forskriftene, TEK07 eller TEK10, som skal ligge til grunn for energimerkingen. Siden Skansentoppen skulle bygges etter TEK07 ble dette alternativet valgt.

SIMIEN er også brukt til å simulere inneklima med vinter- og sommersimuleringer. Denne funksjonen har (blant annet) funnet maksimum og minimumstemperaturer i simulert bygg, for å finne nødvendig kapasitet for oppvarmings-/kjølesystemet og vurdere hvilke tiltakspakker som er best med tanke på inneklima.

SIMIEN egner seg best til simulering av bygg med tradisjonelle tekniske anlegg. Det beregner energibehov, validerer inn klima og dimensjonerer oppvarmingsanlegg og romkjøling. En begrensning i programmet er at det ikke tar hensyn til komplekse geometrier eller avanserte energi- og innemiljøtiltak som aktiv solvarme, dagslystilpasning eller naturlig ventilasjon. [24] Det ble allikevel valgt å bruke dette programmet i oppgaven. Dagslystilpasningene valgte jeg å gjøre med eget program (Velux Daylight Visualizer), naturlig ventilasjon ble ikke vurdert som et energieffektivt tiltak og bygningens geometri var ikke mer kompleks enn at det gikk å simulere i SIMIEN.

3.2 Dagslyssimuleringer

Det er tidligere beskrevet konflikten mellom energikomfort og dagslysbehov. For at dagslysbehov skal ivaretas bør det utføres dagslyssimuleringer. Ved simulering av dagslysfaktorer kan designere lage dagslysprognoser for å optimalisere glassarealer for å oppnå lystransmisjon (ønsket lysnivå) i et bygg. Simuleringsprogrammer deles ifølge arkitektene Nick Baker og Koen Steemers inn i to typer: programmer som beregner enkle algoritmer og simuleringsmodeller som bruker ”lyssporingsteknikker” for å beregne lysets atferd [25]. Den første typen bygger på metoder for manuelle beregninger og krever relativt få opplysninger for å finne dagslysfaktorer [25]. Nødvendige opplysninger er bygningens geometri, vindusstørrelser og vindusposisjon, i tillegg til refleksjonsfaktorer for rommenes overflater [25]. Resultatene presenteres som et rutenett av dagslysfaktorer over plan (-tegninger) av simulerte rom. Dagslyset kan også fremstilles grafisk ved at forskjellige fargenyanser gjenspeiler simulert lysnivå. Den andre typen simulering krever mer detaljerte data i analysen: himmelens luminans (hvor lys himmelen er) og solens utstråling [25]. Disse dataene gjør det mulig for programmet å ta hensyn til skygger. Denne funksjonen gjør antakelig simulering ved hjelp av lyssporingsteknikker til den mest anerkjente metoden for dagslyssimulering [25].

3.3 Kalkyle i ISY Calcus

Kalkulasjonsverktøyet ISY – Calcus er brukt i denne oppgaven for å finne kostnader ved forskjellige energitiltak. Bygningsselementer er lagt inn i en modell med enhetspriser (materialkostnad og enhetstider) fra en database basert på priser fra norsk prisbok. Med programmet har prosjekter til enhver tid oversikt over de forskjellige tiltakenes kostnader [26]. Programmet er brukt til å gjøre enkle analyser på hvilke tiltak som er kostnadsdrivende for Skansentoppen. Prislinjer er endret ved at det er lagt inn forespurte priser fra leverandører eller erfaringspriser fra Skanskas tidligere prosjekter. Mengdene er lagt inn manuelt.

ISY Calcus IFC (en versjon som kom på markedet våren 2011) nyttegjør seg bruk av BIM. For å unngå å mengde opp bygninger manuelt overføres informasjonen om mengdene i et prosjekt fra tegneprogrammet gjerne via en IFC-formatering til Calcus [18]. Denne nye versjonen kom litt for sent for at dette prosjektet fikk nyttegjørt seg muligheten. Men det viser at det satses på BIM og at metodene vil bli mer brukervennlige og forhåpentligvis mer effektive i årene som kommer.

4. Energidesign

4.1 Bygningsmessige energiltak

Bygningsmessige energiltak er i dette kapittel definert som energieffektiviserende tiltak som har med utbedringer av en bygnings konstruksjon og tekniske anlegg å gjøre. I første omgang er det sett på tiltak som SIMIEN har mulighet til å simulere. Utover dette har Sintef Byggforsk en kunnskapsdatabase hvor det finnes mye informasjon om energiltak. Underkapitlene er delt inn etter samme tiltaksnummerering som i resultatkapittelet.

4.1.1 Energieffektive vinduer/dører

Dagens lavenergivinduer har U-verdier ned mot $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ avhengig av størrelser og gassfyllinger [27]. Vinduer blir testet med standardstørrelser på $1,2 \times 1,2$ meter, inklusiv karm. Dersom vinduene er større enn denne referansestørrelsen vil U-verdien generelt bli lavere, da karmen vil utgjøre en mindre andel (normalt ca 20 %) av vindusarealet. Fra et energisynspunkt er karmen de dårligste komponentene i et vindu. U-verdien for mindre vinduer vil generelt være høyere enn for referansevinduet, da disse altså har en større andel karm av vindusarealet. Vinduer er den bygningsdelen med dårligst varmeisoleringssevne. Solinnstråling kan ifølge Byggforsks kunnskapsserier til en viss grad kompensere for det meste av transmisjonsvarmetapet gjennom vinduene, og det hevdes derav at det kan være fornuftig å utnytte passiv solvarme ved å øke vindusarealet i fasader mot sør. Det forutsettes at vinduene må ha en samlet energibalanse som er bedre enn, eller lik veggen de erstatter. Bedre tilgang på dagslys vil føre til mindre behov for kunstig belysning. Bedre/lavere U-verdi vil føre til mindre kaldras fra vinduene og redusere behov for ekstra oppvarming under disse. Dette vil si at man står friere til å plassere varmekilder i rom med energieffektive vinduer.

Med ny teknologi basert på luftgelé (aerogel) og andre teknologier er det mulig å lage såkalte lysvegger. Lysvegger vil kunne slippe inn lys samtidig som de isolerer opptil like godt som

dagens veggkonstruksjoner. Dette vil gi spennende muligheter for nytt design og bedre utnyttelse av sollys og solvarme ifølge Sintef Byggforsk [28].

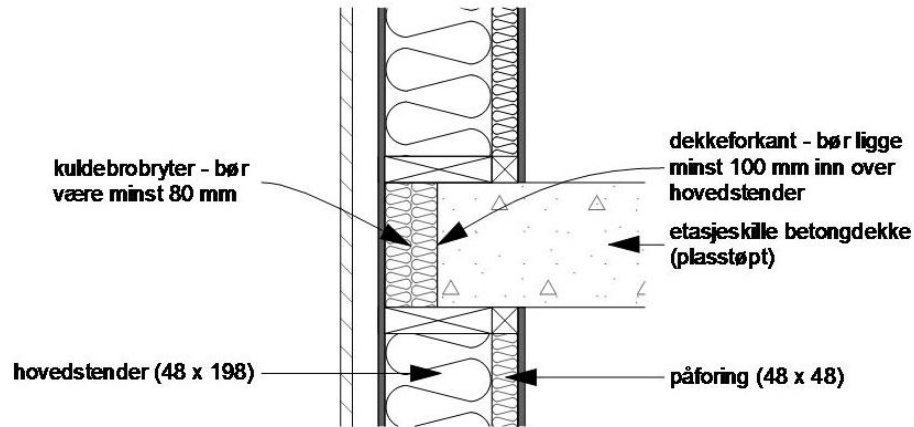
4.1.2 Kuldebrobrytere

En kuldebro er en del av en klimaskjerm med høyere varmeledningsevne enn konstruksjonen for øvrig. Det kan for eksempel oppstå en kuldebro i randsonene til et etasjeskille, typisk for betongdekker. I randsonen er det som regel ikke like mye isolasjon mellom dekkeforkanten og yttersiden av veggen, som isolasjonstykkelsen til veggen for øvrig. Kuldebroer har som regel negative konsekvenser. Hovedkonsekvensen er økt varmetap. Ellers kan kuldebroer føre til lavere overflatetemperaturer (kaldere gulv nærmest ytterveggene), som kan resultere i redusert komfort. Temperaturspenninger, overflatekondens og sverting er andre problemer Sintef Byggforsk refererer til i deres litteratur [29]. Virkningen av en kuldebro kan reduseres ved at man isolerer ekstra rundt denne, eller tilleggisolerer hele bygningen. Det snakkes om at man gjør utbedringer ved hjelp av en kuldebrobryter. En kuldebrobryter vil i tilfellet med dekkeforkanten være et sjikt hvor det er isolert bedre/mer for å redusere virkningen av kuldebroen som oppstår mellom etasjeskilleren.

En dekkeforkant er enden av et dekke, eller etasjeskiller i et bygg. Energimessig er det mest gunstig om disse avsluttes innenfor klimaskjermen. For å få en god kuldebrobryter mellom klimaet utenfra og dekkeforkantene må det isoleres så mye som mulig mellom den utvendige kledningen og dekket. For Skansentoppen planlegges bæringen av dekkene utført delvis med betongvegger, dels med bindingsverksvegger med stålsøyler som hovedbæring.

Betongveggene og dekkene vil bli støpt som ”én enhet” og isolert med 200 millimeter trykkfast isolasjon på utsiden. Bindingsverksveggene vil derimot ikke få en like god kuldebrobryter. Her er det avgjørende at dekket avsluttes med ”dekkesperr” for å få nøyaktig avslutning mot isolasjonssjiktet som skal virke som kuldebrobryter [30]. Med dekkesperr menes det som sperrer mot at betongen flyter ut i dekkeforkantene, altså en loddrett glatt kant mot enden av et dekke. Det er mulig å støpe dekker med bedre enn én centimeters nøyaktighet ved bruk av dekkesperr [30]. Slik kan man med høy sannsynlighet si at det blir

plass til minst 80 mm kuldebryter rundt dekkeforkanter, der det er planlagt bindingsverksvegger med tykkelse 200 mm. Altså ekstra kuldebryting for vegger med større tykkelser. Selv om man forer på 50 mm innvendig, må dekkeforkantene ligge godt an på hovedstenderen i bindingsverket. Godt over halvveis inn over stendernes tykkelse. Se figur 4.



Figur 4 – Prinsippskisse kuldebryter i dekkeforkant (betongdekke)
[Skistad, E – Archicad 2011]

4.1.3 Tetting av luftlekkasjer

Bygninger som ikke er lufttette vil ha unødvendig ventilasjon (infiltrasjon av luft) gjennom klimaskjermen. Høy infiltrasjon vil gi økt energiforbruk og redusert komfort [28]. For å unngå trekkfulle områder i bygninger må luftlekkasjer elimineres. Enkle bygningstekniske tiltak er alt som skal til for å få konstruksjoner med god lufttetthet [28]. Tetting innebærer at bygningen ”pakkes inn” med en vindsperre og dampsperre.

En vindsperre kan være et rullprodukt eller en platekledning. Rullprodukter dekker et større areal enn plater, og reduserer dermed antall skjøter og eventuelle lekkasjesteder [31]. Uansett utførelse bør skjøter tapes [teipes], og helst klemmes der dette er mulig. Åpninger omkring dører, vinduer og gjennomføringer av rør er kritiske områder hvor luftlekkasjer ofte oppstår. Disse må tettes på samme måte som nevnt og/eller ved hjelp av tettelister, fuger, mansjetter,

eller andre løsninger. Ved å øke isolasjonstykkelser og velge bedre vinduer vil man generelt oppnå færre luftlekkasjer, som vil resultere i et lavere energibehov [31].

En dampsperre kan være et rullprodukt av plast, som installeres på klimaskjermens innside. For bygg med skjult elektrisk anlegg vil dampsperran bli perforert der det monteres brytere, stikkontakter eller lignende. Hull eller sprekker i dampsperran blir antakeligvis ikke tettet skikkelig. Det anbefales derfor at dampsperran trekkes inn i veggen, heretter kalt inntrukket dampsperre [31]. Man kan enten klemme eller varmluftsveise skjøter i dampsperran.

Luftlekkasjer i et bygg er også avhengig av klimapåkjenninger. Et passivt tiltak for å redusere luftlekkasjer kan være å plassere bygningen slik at terrenget og vegetasjon i nærheten vil skjerme for vind.

Dokumentasjon av lufttetthet kan gjøres ved hjelp av tetthetsmålinger på ferdig bygg [31]. Sintef Byggforvaltning 720.035 omhandler prosessen for tetthetsmålinger [31].

4.1.4 Isolering av yttervegger

For å unngå transmisjonsvarmetap i en bygning må man bygge en godt isolert ”klimaskjerm”. Yttervegger er en av de største flatene i en klimaskjerm for boliger, og god isolering av disse er en forutsetning for å lage et bygg med lavt energibehov. Det finnes mange isolasjonsmaterialer og løsninger for å unngå varmetap gjennom vegger. En løsning som er mye brukt i dagens bransje er å bygge bindingsverksvegger av trevirke. Disse isoleres med mineralull eller steinull i ønsket tykkelse. Typiske isolasjonstykkelser for å oppnå dagens forskriftskrav (U -verdi = $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$) er ca 200 – 250 millimeter [32]. For vegger under mark bygges det gjerne betongvegger. Disse isoleres ofte utvendig med trykkfast isolasjon (populært kalt XPS). Tilbakefylte masser øker også isolasjonsevnen, så typiske isolasjonstykkelser for disse veggene er ca 150 – 200 millimeter [33]. I bransjen stilles det tvil til hvor tykke vegger man skal tillate seg i bygninger. I media går diskusjonene stadig på dette med fuktproblematikk, dårlig inneklimate og mindre salgbart areal på grunn av økte

veggtykkelser. Skanska har inntil videre valgt å sette 300 millimeter som en akseptert øvre grense for isolasjonstykkelser i yttervegger [34]. Dette for å være komfortable med at eventuell innebygd fukt skal ha mulighet til å tørke ut, uten å skape vekstvilkår for råte, sopp eller lignende.

4.1.5 Isolering av tak

Fra fysikken lærer man at varm luft stiger. Vi koker vann med lokk for å spare energi. Tilsvarende fungerer prinsippet om å isolere taket på bygninger. Basert på enkle energisimuleringer i SIMIEN hjelper det ikke å isolere vegger og gulv så lenge taket ikke isoleres tilsvarende. Taket bør gjerne isoleres bedre enn resten av klimaskjermen, da dette erfaringsmessig er et enkelt og effektivt tiltak for redusert energibruk [34].

4.1.6 Isolering av gulv

Energieffektive boliger forutsetter en godt isolert klimaskjerm. Dette gjelder også for gulv. Gulv på grunn isoleres ofte med trykkfaste isolasjonsmaterialer av skumglass, skumplast XPS, eller av løs Leca. For boliger med garasjekjeller er det mest vanlig å isolere garasjehimlingen, siden garasjekjellere gjerne er uoppvarmede rom.

4.1.7 Varmelagring

Materialer med god varmekapasitet og varmeledningsevne kan brukes til varmelagring [31]. Passiv solvarme utnyttes bedre av konstruksjoner med høy kapasitet for varmelagring. Såkalt ”tunge materialer” fordeler temperaturer jevnt, men har den ulempen at det tar lang tid fra en temperatur endres til overflatene oppnår samme temperatur. Dersom det blir brukt materialer med stor ”varmetreghet” i gulv må disse holdes varme i perioder hvor oppvarmingsbehovet

er lavt, for at gulvene ikke skal føles kalde [31]. Dette gjelder eksempelvis for bad og andre rom hvor det er flislagte gulv.

4.1.8 Ventilasjon

”God ventilasjon er en vesentlig forutsetning for å kunne opprettholde et godt inn klima og unngå bygningskader i en tett og godt isolert bolig” [31]. Varmegjenvinning av ventilasjonsluften er en forutsetning for å opprettholde energieffektiviteten i slike bygg. En varmegjenvinner kan teoretisk spare opptil 30 % av oppvarmingsbehovet, i forhold til et ventilasjonsanlegg uten gjenvinning av varmen [31]. For å gjøre ventilasjonen enda mer effektiv bør anlegget ha bedre varmegjenvinning, lavere SFP-faktor og i tillegg være behovsstyrt. Behovstyring vil si at anlegget kun går i perioder da det er behov for utskifting av luft. Anlegg kan være styrt av temperatur-, CO₂- eller tilstedeværelsessensorer. Lavere SFP-faktor oppnås ved å installere energieffektive vifter, eller øke dimensjonene på luftkanaler [31]. Ventilasjon av boliger er ytterligere beskrevet i Byggdetaljer gruppe 552.3 [31].

4.1.9 Belysning

Energieffektiv belysning forutsetter at man bruker lyskilder med høyt lysutbytte (lumen/watt). Det skilles mellom to typer belysning. Belysningsanlegg med lang driftstid (grunnbelysning) eller belysningsanlegg som kun er i bruk en liten periode av gangen (her kalt punktbelysning). Energisparende tiltak knyttet til belysning er å bruke kunstig lys kun når det er behov, eller ha automatisk styring av lysnivået. Ved å bruke styringssystemer basert på dagslys eller tilstedeværelse kan dokumentert effektbehov til belysning reduseres med inntil 20 % [14]. Det kan reduseres tilsvarende med å beregne energibehov til energieffektiv belysning.

4.1.10 Solavskjerming

Naturlig vegetasjon, persienner eller markiser er vanlige typer solavskjerming for bygninger. Prinsippet går ut på å absorbere eller reflektere uønsket solvarme på utsiden av en bygnings klimaskjerm for å slippe kjøling i varme perioder.

4.1.11 Bygningsorientering

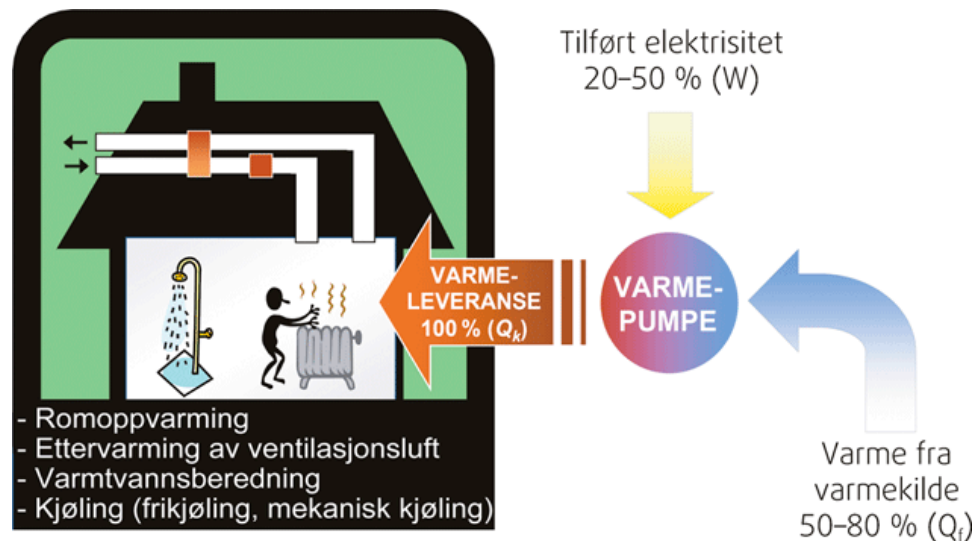
I denne oppgaven menes det med bygningsorientering at en bygning blir orientert i den retning hvor solinnstråling versus solavskjerming er optimal i forhold til vindusarealer og andre faktorer som spiller inn. Dette er tenkt oppnådd ved å vri bygningen relativt til himmelretningene (nord, sør, øst eller vest) for å finne hvilke fasade som for eksempel bør plasseres mot solsiden av tomten (mot sør).

4.2 Energiforsyning

Videre er det beskrevet forskjellige systemer for energiforsyning av bygg. Hvor energieffektive systemene er, avhenger stort sett kun av virkningsgrader. Det er ikke tatt hensyn til andre faktorer i denne oppgaven (lavverdig/høyverdig energi, mljøvekting, etc.).

4.2.1 Energiforsyning - varmepumpe

Energiforsyning ved hjelp av varmepumpeteknologi er en av de mest energieffektive måtene man kan varme opp en bolig på. Systemvirkningsgrad for slike anlegg ligger godt over 2, mens for andre systemer får man ikke anlegg med virkningsgrad over 1 [14]. Det vil si at for hver kilowatt man kjøper (her elektrisitet), produserer varmepumpen to kilowatt varme, eller mer. Figur 5 (under) viser prinsippet for hvordan oppvarming ved hjelp av varmepumper fungerer. Varmekilden kan være jord, vann, luft eller lignende. Varmepumper kan benyttes til romoppvarming, oppvarming av tappevann, oppvarming av ventilasjonsluft, eller til kjøling.



Figur 5 – Prinsipp for varmepumpe med varmeopptak fra en ekstern varmekilde

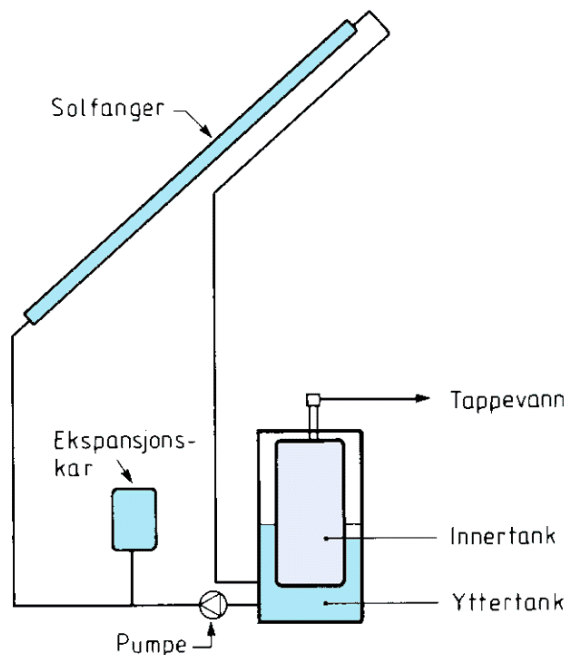
[35]

Varmepumper må vanligvis kombineres med en eller flere andre energikilder, da det ikke dimensjoneres for maksimalt effektuttak fra varmpumper. Det er vanlig å anta at varmpumper kan dekke 85 - 95 % av oppvarmingsbehovet, ca 50 % av tappevannsoppvarming og omtrent 90 % av varmebehovet til ventilasjonsanlegg ved optimal dimensjonering [36].

Man kan få varmpumper som varmer opp luft og avgir varmen med luftveksling, såkalte luft-til-luft-varmpumper. Disse er enkle å montere, men støyer noe. Ulempen ved disse er at virkningsgraden synker ved lave temperaturer på tilførselsluften (men aldri lavere enn 1 til 1, som for panelovner) [37]. Jord-, berg-, vannvarmpumpe er andre typer anlegg. Disse varmer opp varmtvann for distribusjon til vannbårne varmegivere enten ved hjelp av gulvvarme, radiatorer eller gulvlist (avlange radiatorer montert langs veggen som en gulvlist). Varmepumpesystemer som tar varme fra jord, berg eller vann har tilnærmet lik virkningsgrad gjennom hele året [35]. Ved optimal dimensjonering av vann-til-vann-varmpumper kan systemvirkningsgradene for slike anlegg i følge sivilingeniør Egill Elvestad komme opp i verdier mellom 3 og 3,5 [38]. Elvestad har lang fartstid innen VVS-teknikk og hevder at virkningsgraden avhenger mest av temperaturdifferansen på vannet. Han mener det vil være kostnadsoptimalt å øke lengden/mengden brønner fremfor å investere i dyrere komponenter i varmpumpene. For å sikre høy virkningsgrad fra et varmpumpesystem som tar varme fra grunnvannsbrønner bør varmetilførselen fra brønnene være stabil [38]. Dermed vil det lønne seg å ha en varmekilde med stor kapasitet fremfor å ha teknisk avanserte pumper med dårlig varmekapasitet [38]. Varmekapasitet per løpemeter grunnvannsbrønn er normalt 35 watt [38].

4.2.2 Energiforsyning - solfangeranlegg

Oppvarming av vann i bygninger kan skje ved hjelp av et solfangeranlegg. Solfangere plasseres på tak eller vegger med rørføringer inn til en varmtvannstank eller lignende varmelager for å nytte seg energien fra sola. Avhengig av lokalklima kan solinnstråling bidra med opptil 1100 kWh/m^2 årlig [39]. Størrelsen på solfangeren, samt varmtvannskapiteten avgjør hvor mye solenergi anlegget kan nytte seg. En husholdning kan i et normalår forvente seg å få et energiutbytte på ca 5000 kWh [39]. Prinsippet for oppvarming av vann er vist i ”Figur 6” under.



Figur 6 - Prinsippkisse for oppvarming av vann ved hjelp av solfangeranlegg

[39]

4.2.3 Energiforsyning - solcelleanlegg

I denne oppgaven er det gjort enkle antagelser fra NS3031 angående solcelleanlegg og energiutbytte et slikt anlegg kan gi.

4.2.4 Energiforsyning – Bio/pellets/ved

I denne oppgaven er det kun sett på virkningsgrader et biobrenselanlegg har i henhold til NS3031.

4.2.5 Energiforsyning – Fossile brensler

I denne oppgaven er det kun sett på virkningsgrader et brenselanlegg basert på olje/gass har i henhold til NS3031.

4.3 Brukerstyrte energiltak

Brukerstyrte energiltak er i dette kapittel definert som energieffektiviserende tiltak som brukeren av en bygning har innflytelse på. Fornuftig bruk av en bygning er en forutsetning for god energibruk i bygget.

4.3.1 Vannsparing

Energiforbruket til oppvarming av vann utgjør ca 24 % av den totale energibruken for alle bygningskategorier i Norge [40]. Energieffektive sanitæranlegg i kombinasjon med måteholdent varmtvannsforbruk er derfor viktig. Energiforbruket er i tillegg avhengig av varmtvannssystem, rørisolasjon, lekkasjer, vannsparende armatur og eventuelt gjenvinning av varme fra vannet. Energiforbruket til varmt tappevann i en bolig kan i henhold til Sintef's forenklete beregning reduseres med ca 50 % ved installasjon av vannbesparende armaturer [40].

4.3.2 Temperaturstyring

Et energieffektivt tiltak med hensyn til temperaturstyring vil være å dele inn rom i temperatursoner [31]. Soverom kan for eksempel ha en lavere temperatur, enn andre oppholdsrom. Det er et stort potensiale for sparing ved bare å senke temperaturen en grad. Automatisk temperaturstyring er et effektivt tiltak (mest for termisk lette konstruksjoner). Dette går ut på å senke temperaturen i perioder av døgnet/året da det kan aksepteres lavere temperatur enn normalt, for så å øke temperaturen da behovet for varmere rom øker.

4.3.3 Teknisk utstyr

Hvitevarer (vaskemaskiner, kjøleskap, etc.) og brunevarer (datamaskiner, forbrukerelektronikk, etc.) regnes i denne oppgaven som teknisk utstyr. I energisimuleringer benyttes standardiserte verdier for effektbehov, da disse verdiene er bruksavhengige. For småhus og boligblokker forutsettes det at 60 % av energibruken til utstyr går over til varme i bygningen [14].

4.3.4 Varmetilskudd personer

Varmetilskuddet fra personer i boliger er på lik linje med teknisk utstyr, belysning og varmtvann standardisert. For at resultater av energisimuleringer skal være sammenlignbare legges statistiske tabellverdier til grunn. Et menneske produserer i gjennomsnitt 105 watt [41]. Dette tilsvarer ca 900 kWh årlig per person (forutsatt at personen er i boligen 24 timer i døgnet i 365 døgn). Avhengig av hvor mange personer det befinner seg i en bolig, aktivitetsnivået og individuell forbrenning vil varmetilskuddet dermed variere veldig.

4.3.5 Energioppfølging

Våren 2011 kunne Norsk rikskringkasting (NRK) opplyse om at avanserte måle- og styringssystemer (AMS) skal bli standard installasjoner i fremtidige boliger [42]. Med et slikt system kan strømvalesning foregå kontinuerlig, slik at man betaler det strømmen koster til enhver tid. Det hevdes at forbrukerne skal bli mer bevisste sitt eget forbruk, få større fokus på energieffektivitet. Dette vil antakelig få folk til å endre brukervaner slik at elektrisitetsforbruket blir fordelt utover døgnet, tanken er at forbruket reduseres i ”rushtiden” for å unngå strømtopper.

4.3.6 Riktig lufting

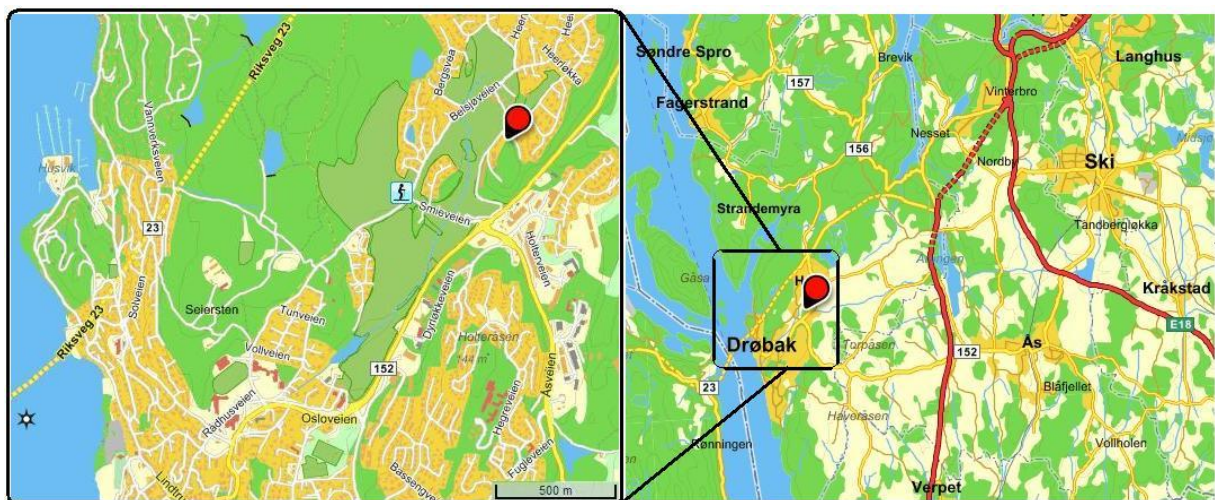
En av forutsetningene for at varmegjenvinning i moderne ventilasjonsanlegg for boliger skal fungere optimalt i kalde perioder er at bygg ”holdes tette”. Ved å lufte riktig kan varmegjenvinning av ventilasjonsluften foregå effektivt. Hvis for eksempel vinduer åpnes for å slippe frisk (og kald) luft inn i rommet vil det kreves mer energi til å varme opp uteluften, enn ved å forvarme luften gjennom ventilasjonsanleggets varmegjenvinner.

5. Skansentoppen

Skansentoppen AS er et firma som driver eiendomsutvikling og salg av boliger i Drøbak. I denne oppgaven er et av deres prosjekter brukt som ”case”. Heretter brukes navnet Skansentoppen om prosjektet i Vestre Åslund 31-33, Drøbak.

5.1 Beskrivelse

Skansentoppen er planlagt med 12 terrasseleiligheter. Boligene er i skrivende stund under oppføring i boligområdet Skansen. Dette er et etablert boområde like ved golfbanen i Drøbak. Kart over området er vist i figur 7 **Figur 7** under.



Figur 7 – Kartutsnitt Drøbak
Skansentoppen markert med rødt symbol
[43]

Konstruksjonen skal bestå av betong, bindingsverk og stål. Skansentoppen skal ha god standard. Balansert mekanisk ventilasjon, sentralstøvsugere, vannbåren varme i oppholdsrom, parkettgulv og flislagte bad er noen av opplysningene som ble annonsert i salgsprosessen. Det ble søkt om rammetillatelse for Skansentoppen 5. juni 2009. Prosjektet bygges derav etter TEK07. Dette har betydning for planlegging, prosjektering og gjennomføring av energiltak i byggeprosessen. Hvilke tiltak som er aktuelle vil bli presentert og drøftet i de neste kapitlene, men først en beskrivelse av konstruksjonen tiltakene skal brukes på.

Med felles garasjekjeller skal bygningsmassen fordeles på to blokker med tre etasjer hver, vestvendte terrasser. Figur 8 til høyre viser en illustrasjonsskisse av prosjektet. I oppgaven er det kun sett på blokken til venstre på bildet, heretter kalt hus A.



Figur 8 - Illustrasjon Skansentoppen
[44]

Utbygger: Skansentoppen AS

Arkitekt: Derlick arkitekter as MNAL

Entreprenør: Skanska Norge AS, distrikt Follo - totalentreprenør

Prosjektleder: Stein Nilssen, Skanska Follo

Anleggsleder: Lars Erik Bieltvedt, Skanska Follo

Betongbas: Kai Næss, Skanska Romerike

Skansentoppen er et prosjekt med normalt ambisjonsnivå hva gjelder energieffektivitet. Av energisimuleringene fikk leilighetene energimerket gul C. Det vil si at bygningene er prosjektert med årlig energibruk (beregnet) lavere enn 134 kWh per kvadratmeter og oppvarmingskombinasjoner som gir en andel på 47,5 - 65 % el/fossil. C er det tredje beste nivået for energibruk, så vidt over middels. Energibehovet skal i størst grad dekkes av varmpumpe med dype grunnvannsbrønner. Tilnærmet 150 meter i følge anleggsleder for Skansentoppen [45]. Med vannbåren gulvvarme vil Skansentoppen få et effektivt varmeanlegg, basert på virkningsgrader fra NS3031. Basert på rådgivning fra fagfolk er virkningsgradene oppgitt i standarden veldig konservative. På bad vil det bli installert varmekabler med ren elektrisitet som energikilde. Dette gjør at varmeanlegget ikke blir kvalifisert som grønt, men gult.

Hus A skal bygges med vegger og etasjeskillere i plasstøpt betong, isolert utvendig med 200 mm trykkfast isolasjon (XPS). Enkelte vegger skal bygges opp med bindingsverkskonstruksjon med 250 mm isolasjon. Utvendig kledning er i hovedsak planlagt med pussede StoVentec fasadeplater, ellers trepanel. Uansett kledning vil dette sjiktet være luftet, altså får det ingen betydning for veggens totale U-verdi. Det regnes ikke med utvendig

overgangsmotstand der det er luftede sjikt [46]. Etasjeskillet mellom garasjekjeller og første etasje er planlagt isolert med garasjehimling av 200 mm steinull. Yttertaket skal isoleres med skråskåren trykkfast isolasjon (EPS) med gjennomsnittlig tykkelse på 300 mm. Terrassene skal bygges av betong, med ca 150 mm trykkfast isolasjon (XPS) og 80 mm kuldebrobryter (Schöck Isokorb) i overgang yttervegg/terrasse. For å lage illustrasjoner plan-, snitt- og detaljtegninger har det blitt utarbeidet en BIM-modell av prosjektet i programmet Archicad, som en del av oppgaven. En illustrasjon av prinsipiell oppbygging av Skansentoppen, utgangspunktet før energiltak, er vist i figur 9 under:



Figur 9 – Illustrasjon Skansentoppen 2010
[E, Skistad – Archicad 2011]

5.2 Tegningsgrunnlag

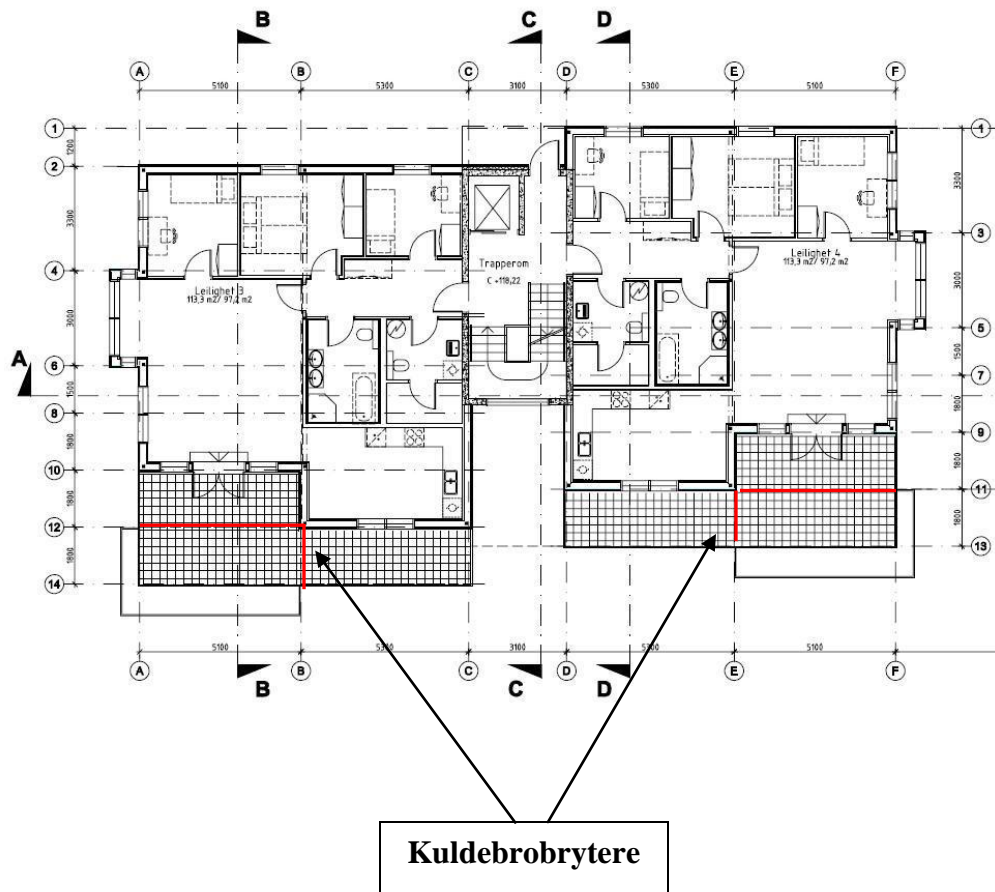
Dette kapittelet er ment å gi en visuell informasjon om hvordan prosjektet er planlagt bygget. Oppgaven har ikke tatt hensyn til valg vedrørende endring av planløsning eller andre tiltak for økt arealeffektivitet. Tegningene fra Derlick [44] er brukt som grunnlag for simuleringene og beregningene som er gjort for å finne de forskjellige energitiltakene som er beskrevet i rapporten.

Figur 10 viser utomhusplan for Skansentoppen (ikke i målestokk). I oppgaven er hus A (rød ramme til venstre i figuren) brukt som case. Nordpilen peker mot nord. Kotehøyden for gulvet i parkeringskjelleren er ca 112 meter (ortometrisk høyde, altså m.o.h.). Det er her inntaket fra grunnvannsbrønnene til varmepumpen skal installeres. Siden brønnene blir nesten 150 meter dype [45], vil disse hente varme fra både grunnvannet og geoiden (midlere havnivå).



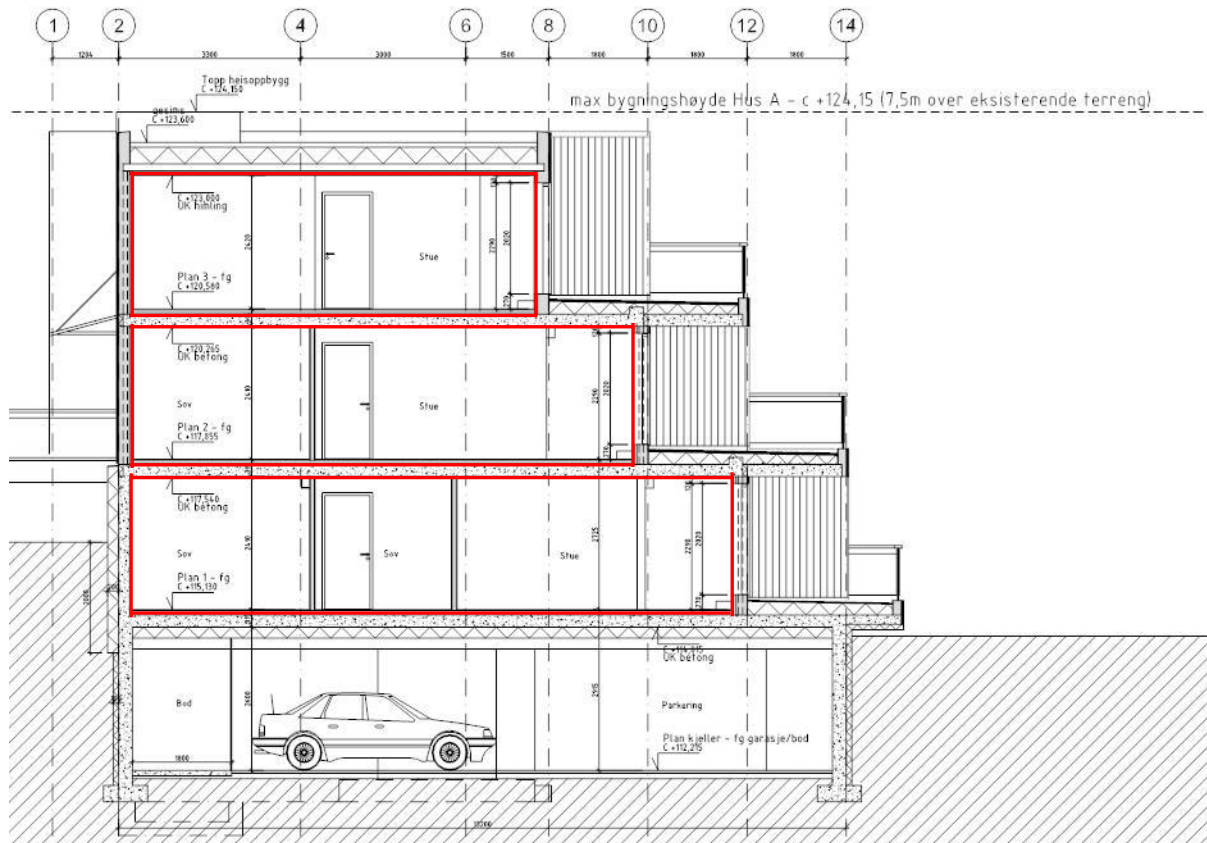
Figur 10 – utomhusplan Skansentoppen, Gnr./Bnr. 65/7
[44]

Figur 11 viser plantegning av 2. etasje for leilighetene. Rød stiplet linje indikerer hvor ytterveggene fra 1. etasje møter underkant av terrassene i 2. etasje. Denne overgangen mellom vegg og yttertak (terrassegulvet blir definert som tak i energisimuleringene) er et kritisk punkt for terrasseleiligheter med hensyn til varmetap. Det er regnet med kuldebrytere mellom betongdekkene skilt av de røde linjene. Denne detaljen er vist i tegningene som er vedlagt denne rapporten.



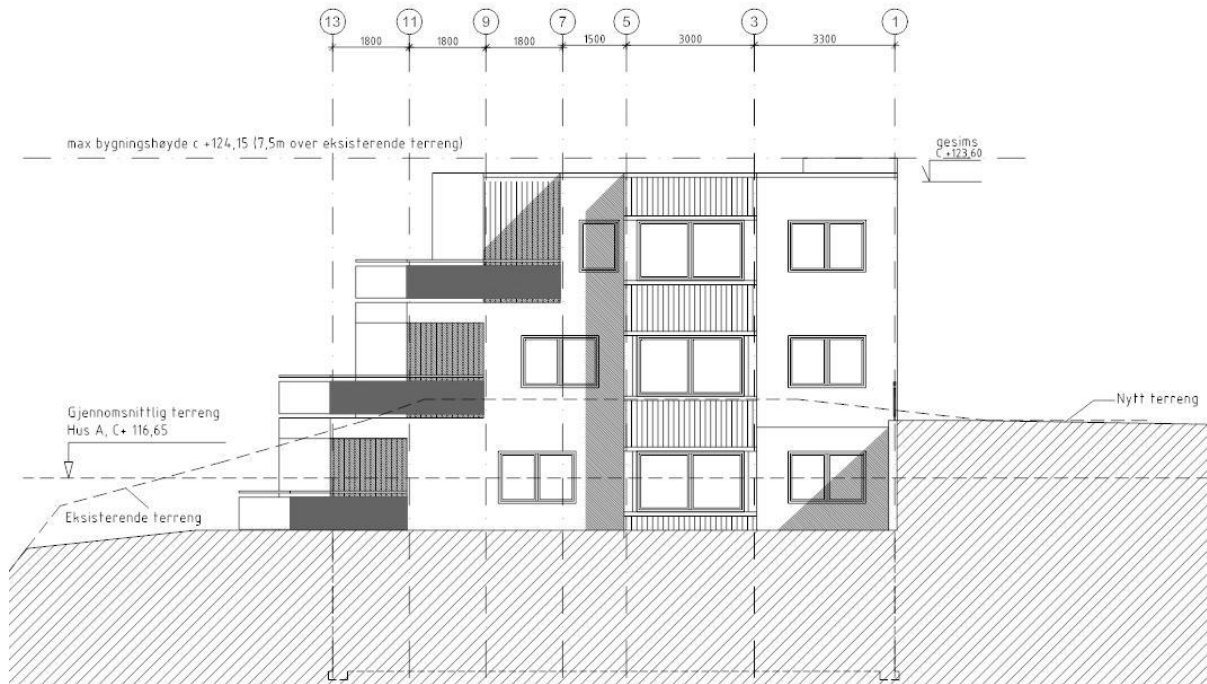
Figur 11 – plantegning 2.etasje, hus A
[44]

Figur 12 viser tversgående snitt av hus A (se snittpil B-B fra plantegningene) Snittet viser den generelle oppbyggingen av Skansentoppen. Materialbruk og dimensjoner skal fremgå av tegningen. Det gjøres oppmerksom på at arealer i energisimuleringene fraviker arealene i kalkylen. Arealene som er lagt inn i energisimuleringene er basert på sonene bygget deles inn i (røde linjer), mens arealene i kalkylen omfatter et noe større areal for å regne mengder av bygningskroppen på utsiden av de røde sonelinjene.



Figur 12 – snitt B-B, hus A
[44]

Figur 13 og 14 viser fasade mot sør og vest for hus A. Fasadene viser at leilighetene er planlagt med relativt store glassarealer. Reduksjon av vindusarealer er et av tiltakene som er diskutert i rapporten.



Figur 13 – fasade mot sør, hus A
[44]



Figur 14 – fasade mot vest, hus A
[44]

Tabell 12 viser sentrale inndata hentet fra tegningsgrunnlaget, brukt i energisimuleringene.

Tabell 12 – Sentrale inndata for energisimuleringer 2010

Beskrivelse	Verdi	Dokumentasjon
Areal yttervegger (m ²)	557	Archicad - manuell måling på BIM
Areal tak (m ²)	262	Archicad - himlingssone
Areal gulv (m ²)	262	Archicad – gulvsone 1.etasje
Areal vinduer og ytterdører (m ²)	128	Archicad - vindus- og dørskjemaer
Oppvarmet bruksareal – BRA (m ²)	675	Archicad - gulvsone i oppvarmede rom
Oppvarmet luftvolum (m ³)	1634	BRA*etasjehøyde (675 m ²)*2,42m)
Kilde: Arealer er hentet fra Archicad, tegneprogram – E, Skistad 2011. Filnavn: <i>Skansentoppenførtiltak.pln</i>		

5.3 Energisimulering 2010

Energisimuleringene i denne oppgaven tar utgangspunkt i simuleringer Skanska Norge AS har gjort. Energisimuleringene ble utført av energirådgiver i Skanska Maria Myrup i samarbeid med prosjektleder Stein Nilssen og andre prosjekterende i 2010.

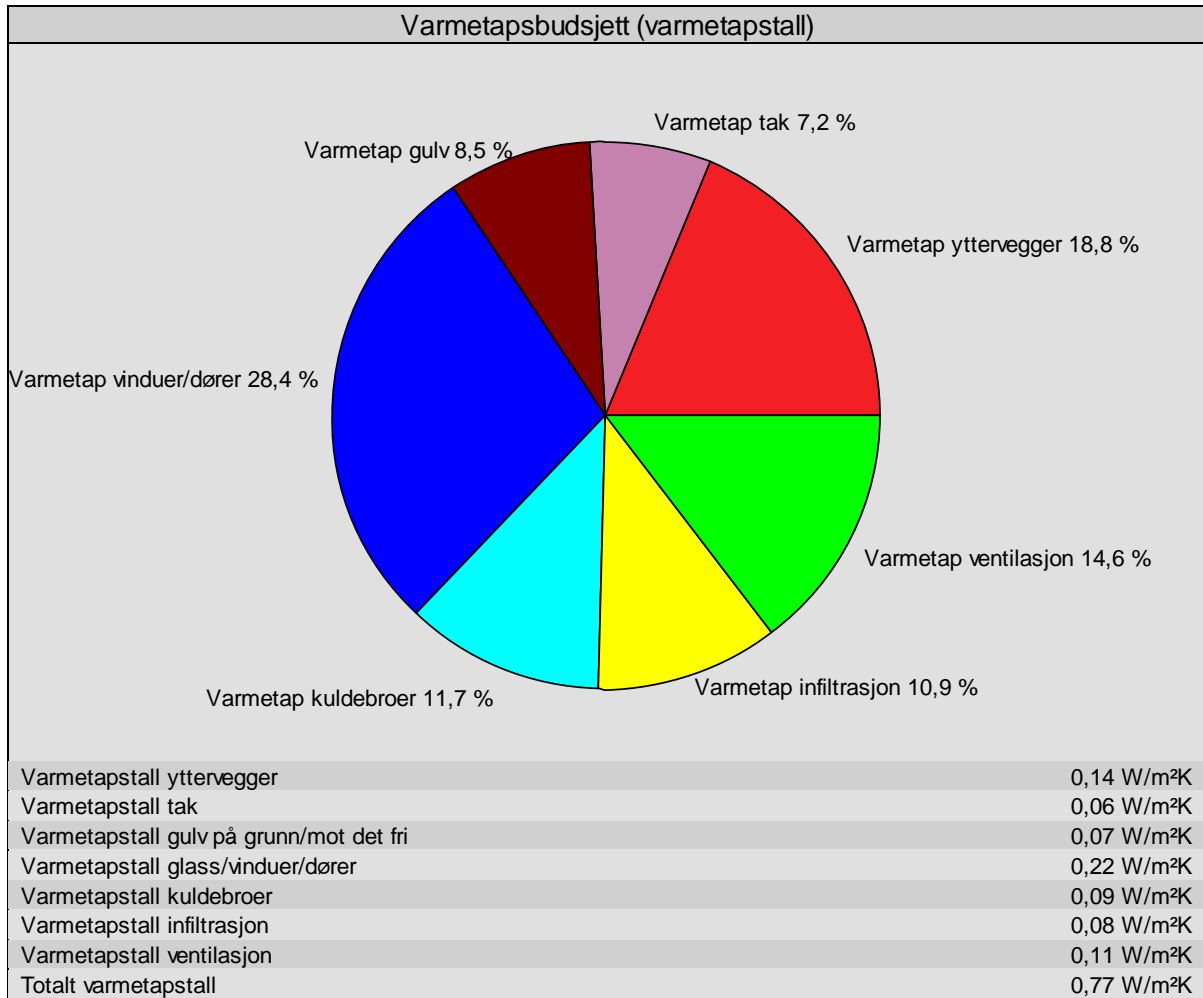
Hovedtallene for energisimuleringen er presentert i tabell 13:

Tabell 13 – Hovedtall for energisimuleringer 2010

Beskrivelse	Verdi	Krav	Kommentar
Beregnet levert energi (kWh/m ²)	107	67	Krav fra NVE for energiklasse A Verdi fra energimerkesimulering i SIMIEN
Forventet levert energi (kWh)	72380		Verdi fra energimerkesimulering i SIMIEN
Samlet vindus- og dørareal delt på BRA (%)	19	20	Krav av TEK07 (energitiltak §8-21)
U-verdi yttervegger (W/m ² K)	0,17	0,18	Krav av TEK07 (energitiltak §8-21)
U-verdi tak (W/m ² K)	0,14	0,13	Krav av TEK07 (energitiltak §8-21) ikke oppfylt

U-verdi gulv (W/m^2K)	0,17	0,15	Krav av TEK07 (energiltak §8-21) ikke oppfylt
U-verdi glass/vinduer/dører (W/m^2K)	1,15	1,2	Krav av TEK07 (energiltak §8-21)
Normalisert kuldebroverdi (W/m^2K)	0,09	0,06	Krav av TEK07 (energiltak §8-21) ikke oppfylt
Lekkasjetall (luftvekslinger per time)	1,5	1,5	Krav av TEK07 (energiltak §8-21)
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon (%)	80	70	Krav av TEK07 (energiltak §8-21)
Spesifikk vifteeffekt [SFP-faktor] ($kW/m^3/s$)	2	2,5	Krav av TEK07 (energiltak §8-21)
Totalt varmetapstall (W/m^2K)	0,77	0,81	Krav av TEK07 (§8-21a, varmetapstall) Kravet er oppfylt grunnet omfordeling av energiltak (gode U-verdier kompenserer for noen av de dårlige bygningskomponentene)
Totalt beregnet energibehov (kWh/m^2)	121,3	120	Krav av TEK07 (§8-21b, samlet netto energibehov) Kravet er ikke oppfylt
Kilde: Verdier hentet fra rapporter utarbeidet i SIMIEN – E, Skistad 2011. Filnavn: <i>Skansentoppen hus A.smi</i>			

Figur 15 viser varmetapsbudsjett for Skansentoppen (alle leilighetene samlet) slik bygget i utgangspunktet er planlagt:



Figur 15 – Varmetapsbudsjett for Skansentoppen før tiltak
[SIMIEN - Skistad, E. 2011]

5.4 Kalkylegrunnlag 2010

De økonomiske beregningene tar utgangspunkt i kalkyler utarbeidet av Skanska Norge AS ved Tore Karlsen [60]. Karlsen benyttet ISY Calcus i sitt arbeide med kalkylen for Skansentoppen. Dette ble brukt som utgangspunkt for prissetting av de forskjellige tiltakene som er foreslått i denne oppgaven. Kalkylen hadde den gang to delprosjekter: boligdelen og parkeringskjelleren. Hovedtallene fra kalkylegrunnlaget er presentert i tabell 14:

Tabell 14 – Sentrale data fra kalkylegrunnlaget 2010

Beskrivelse	Pris/m ² BTA	Dokumentasjon
Boligdel	12.700,-	Calcus - prosjektbok inkl. prislinjer (1.302 m ² BTA)
Parkeringsdel	12.497,-	Calcus - prosjektbok inkl. prislinjer (obs! Arealet av parkeringskjelleren er 764 m ² BTA)
Kilde: Kalkulasjonsansvarlig Skanska - Karlsen, T. januar 2011.		

6. Energieffektivisering av Skansentoppen - fremgangsmåte

Med utgangspunkt i energisimuleringen og kalkylen som i 2010 ga grunnlag for energistandarden og prisen for leilighetene som skulle bygges på Skansentoppen har oppgaven vurdert priskonsekvenser av ulike bygningsmessige, brukerstyrte og energiforsyningstiltak for å finne såkalte ”kostnadsoptimale energitiltak”. Ut ifra hvilke tiltak som ble vurdert som optimale, ble det satt opp forskjellige forslag til tiltakspakker for at leilighetene skulle oppnå energikarakteren A (toppnivået i energimerkesystemet). Videre i dette kapittelet er det presentert omfanget av arbeidet som er gjort i oppgaven basert på metodene beskrevet i foregående kapitler.

6.1 Nye energisimuleringer

De nye energisimuleringene tar utgangspunkt i simuleringsfilen som ble brukt i energiberegningene fra 2010. Simuleringene er utført i henhold til standardens beskrivelse av dynamisk beregningsmetode. Dette er gjort for å få beregninger som tar hensyn til energibehov time for time (fil med klimadata gir nøyaktige simuleringer – ivaretar temperaturdifferanser mellom ute og inne) og unngår menneskelige feil (avrundinger, slurv eller forglemmelser). For å finne effekten av ulike tiltak beskrevet i kapittel 4 er det beregnet differansen mellom energimerkesimuleringer etter forskjellige tiltak - og før tiltak (energibehov fra originalfil). Et tiltak av gangen. Fra energimerkesimulering fås resultater i form av beregnet levert energi (kWh/m² år) og forventet levert energi (kWh/år). Resultatene av bygningsmessige tiltak er basert på differansen av beregnet levert energi etter tiltak og beregnet levert energi før tiltaket (spesifikk energibesparelse). Da energimerkesimuleringen regner med normaliserte verdier for energibehov/tilskudd til/fra teknisk utstyr, varmtvann, temperaturstyring og personvarme er det foretatt årssimuleringer for å finne virkningen av disse ”brukerstyrte” tiltakene. Dette er gjort for å vise at energibruken i boliger avhenger av hvordan bygget brukes, ikke bare av hvor god klimaskjermen er eller hvor gode de tekniske komponentene i bygningen er. Resultatene av de brukerstyrte tiltakene er funnet ved å beregne differansene i netto energibehov etter og før tiltak, for så å dele dette (det totale)

energibehovet på det oppvarmede arealet (A_{fi}). Dette er gjort for å kunne sammenligne besparelsen i kWh/m² år.

Tabell 15 viser en oversikt over hvordan simuleringene av de ulike energitiltakene ble utført. Omfanget av de forskjellige tiltakene er presentert i resultatene.

Tabell 15 – simuleringer av ulike energitiltak 2011

Bygningsmessige tiltak	Konsekvens for simulering	Kommentar
1	Global endring av U-verdier for vinduer og dører (Inndata for vinduer)	Nordan bekrefter U-verdi for vinduer og dører ned t.o.m. 0,7 w/m ² K [27] (Dører ble simulert som vinduer – ingen forskjell)
	Endret varmetilskuddsegenskapene vinduer og dører (Inndata for vinduer)	SIMIEN har flere tiltak for solavskjerming. De mest realistiske endringene ble valgt
	Endret vindusstørrelser (Inndata for vinduer)	Se vindusskjema vedlagt
2	Endret kuldebroverdier (Inndata for rom/soner)	Kuldebroberegninger utført i samarbeid med veileder ved UMB, Thormod Aurlien [47] Se detaljtegning av overgang yttervegg/terrassegulv vedlagt
3	Endret luftlekkasjetall (Inndata for rom/soner)	Realistiske luftlekkasjetall ble drøftet med spesialist på tetthetsmålinger hos Skanska, Håkon Brager Larsen [48]
4	Global endring av yttervegg (Inndata for fasader)	Det er utført manuelle beregninger av U-verdier etter BFS - byggdetaljblad 471.008 for å finne hvilke bygningsmessige konsekvenser endringer av U-verdi vil ha. Kartlegging av fysiske dimensjoner var nødvendig for å sette pris på tiltakene.
5	Global endring av tak (Inndata for tak og takterrasse)	
6	Global endring av gulv - i dette tilfellet: garasjehimling (Inndata for gulv)	Skanska Product Design er en spesialavdeling i Skanska som har vært med i samarbeidet med beregninger av varmetapstall (U-verdier) for klimaskjermen. I tillegg har Moelven Iso3 forsket på U-verdier for deres ”nye” løsning med isolert trestender. Se plantegninger vedlagt
7	Termiske egenskaper endret (Inndata konstruksjon)	SIMIEN har flere alternativer for varmelagring. De mest realistiske endringene ble valgt
8	Ventilasjonstekniske endringer (Inndata for ventilasjon)	Endringene er basert på verdier fra Skanskas tekniske avdeling [49] og Bryn Byggklima [50] har oppgitt som realistiske.
9	Redusert effekt til belysning (Inndata for belysning)	Verdiene for belysning kan ifølge NS3031 tilleggsblad A1, tabell A.1 reduseres med 20 % dersom det benyttes styringssystemer eller verdier for belysning kan dokumenteres. Her er det gjort et overslag basert på sammenlikning i effektbehov for ulike typer lyspærer (da er 20 % reduksjon lite)
10	Endret solavskjerming (Inndata for vinduer)	SIMIEN har flere tiltak for solavskjerming. De mest realistiske endringene ble valgt

11	Endret himmelretninger for fasader (Inndata for fasader)	SIMIEN har en funksjon der bygningskroppen kan vris for å optimalisere tilskudd av sol fra fasader med store glassarealer
Energi Forsynings tiltak	Konsekvens for simulering	Kommentar
1	Endret energiforsyning (Inndata for varmpumpe)	Virkningsgrader og dekningsprosent av oppvarmingsbehov er valgt i samarbeid med tekniske konsulenter i Skanska [36][37][34] og Thermoconsult [38]
2	Endret energiforsyning (Inndata for sol)	Solfangeranlegg med gitte virkningsgrader og forventet nødvendig solfangerareal dimensjonert i samarbeid med ASV solar [52]
3	Endret energiforsyning (Inndata for sol)	Verdier hentet fra tabell B.9 – veiledende virkningsgrader for nyere oppvarmingssystemer [14]
4	Endret energiforsyning (Inndata for bio)	Verdier hentet fra tabell B.9 – veiledende virkningsgrader for nyere oppvarmingssystemer [14]
5	Endret energiforsyning (Inndata for olje/gass)	Verdier hentet fra tabell B.9 – veiledende virkningsgrader for nyere oppvarmingssystemer [14]
Bruker styrte tiltak	Konsekvens for simulering	Kommentar
1	Endret effekt til tappevann (Inndata for internlaster)	Verdiene for varmtvann brukes for kontrollberegning mot offentlige krav, men her er det eksperimentert med forskjellige (prosentvise) reduksjoner for å se hvor mye det kan spares hvis brukerne av leilighetene har et bevisst forhold til varmtvannsforbruk. Effektbehovet i driftstiden er for boligblokker 30 kWh/m ² år ihht. NS3031 – Tillegg A, tabell A.1
2	Endret driftstemperatur og driftstid for oppvarmingssystemet (Inndata for oppvarming)	Verdiene for driftstid og temperaturer brukes for kontrollberegning mot offentlige krav, men her er det eksperimentert med forskjellige temperaturer og driftstider for å se hvor mye det kan spares hvis brukerne av leilighetene har andre komfortkrav enn statistikkene som ligger til grunn for verdiene satt i NS3031 – Tillegg A, tabell A.3
3	Endret effekt til belysning (Inndata for teknisk utstyr)	Verdiene for belysning brukes for kontrollberegning mot offentlige krav, men her er det eksperimentert med forskjellige (prosentvise) reduksjoner for å se hvor mye det kan spares hvis brukerne av leilighetene har et bevisst forhold til lysbruk. Effektbehovet i driftstiden er for boligblokker 17 kWh/m ² år ihht. NS3031 – Tillegg A, tabell A.1
4	Endret varmetilskudd fra personer (Inndata for internlaster)	Verdiene for varmetilskudd fra personer brukes for kontrollberegning mot offentlige krav, men her er det eksperimentert med å doble tilskuddet for å se hvor mye det har å si hvor mange personer, ulik forbrenning eller aktivitetsnivå i leilighetene. Varmetilskuddet i driftstiden er for boligblokker 13 kWh/m ² år ihht. NS3031 – Tillegg A, tabell A.1 (det anes ikke hvor mange personer verdien er basert på)

Tabell 15, forts.

5	-	Kunne ikke simuleres. Vanskelig å anslå hvor energibevisste brukerne av AMS er (eller vil bli i fremtiden)
6	-	Kunne ikke simuleres. Av de søk som er gjort i denne oppgaven er det ikke funnet tall på hva energiforbruk pga. lufting kan forventes å være
Kilde: Skistad, E. mai 2011.		

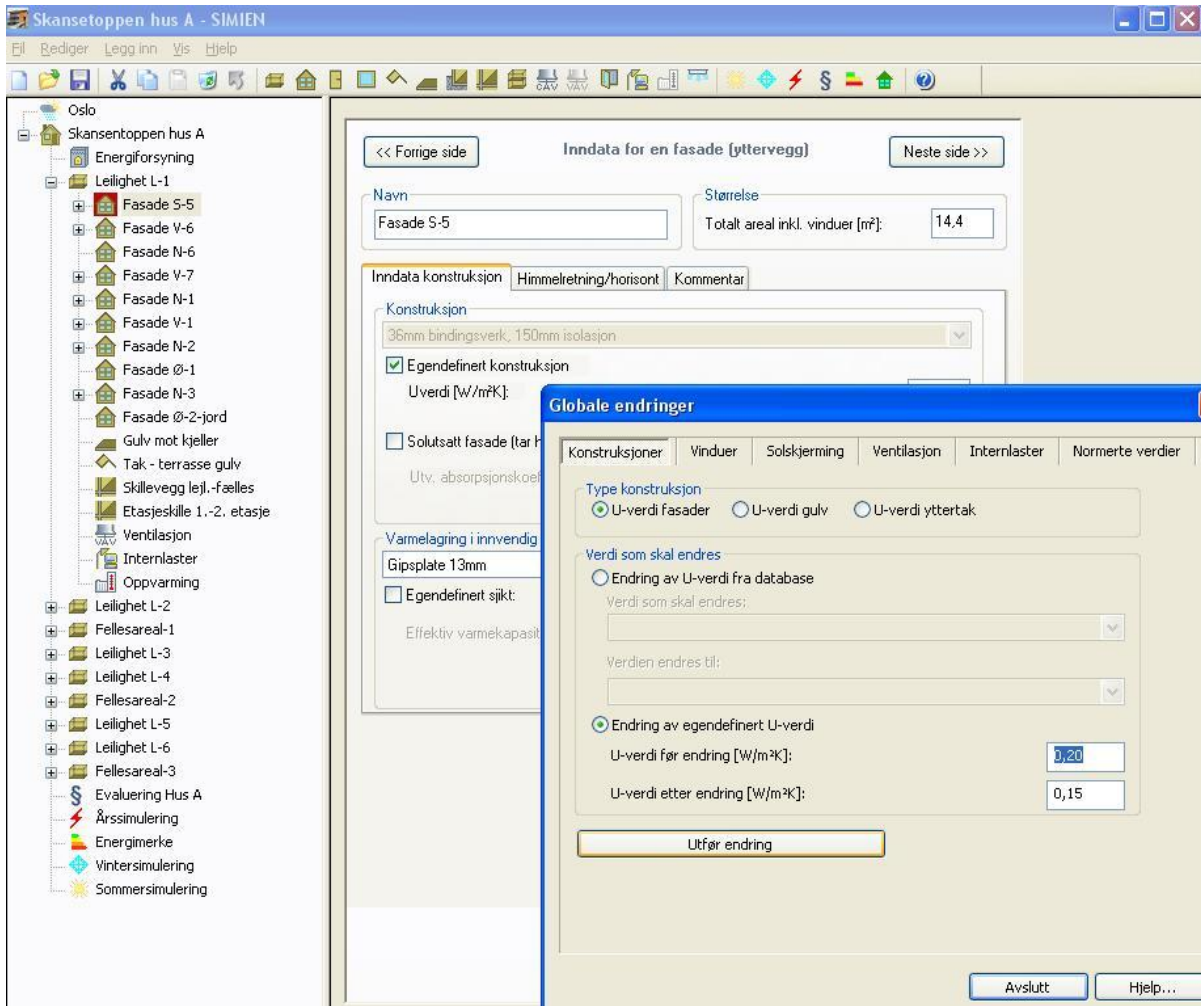
Det planlegges å lage fem tiltakspakker (grupper av tiltak) for å vise hva som må til for at Skansentoppen skal oppnå energikarakter A. Ved hjelp av energisimuleringsfunksjonen i SIMIEN er det eksperimentert med forskjellige realistiske inputverdier ut ifra beregninger av U-verdier, virkningsgrader og andre forutsetninger som begrenses av forskriftskrav beskrevet i kapittel 2. Hvilke tiltak det er lagt mest vekt på å gjennomføre er basert på verdier fra tabell 31 *kostnadsoptimale tiltak*, samarbeidspartnere (seniorrådgivere, prosjekteringsledere, kalkulasjonsansvarlige og andre). Tabell 16 viser hvilke tiltak som må kombineres for at leilighetene skal oppnå energikarakter A:

Tabell 16 – tiltakspakker for å oppnå energikarakter A

Tiltakspakke	Kombinasjon av tiltak (fra tabell 15)	Kommentar
Passivhus	Bygningsmessige 1+2+3+4+5+6+8+9 Energiforsyning 1+2	Passivhus skal ha godt isolerte klimaskjermene, alternativ energitilførsel gjerne ved hjelp av solfangere for oppvarming av vann og passive tiltak for å holde varmebehov eller kjølebehov så lavt som mulig. I tillegg er også vindusarealer redusert for å unngå unødvendig store varmetap i kalde perioder og redusere kjøle-/luftetbehov i varme perioder. Les mer om passivhus i passivhusstandarden eller lignende. Denne tiltakspakken oppfyller kravene til passivhus ihht. NS3700 [53]
Lavenergihus	Bygningsmessige 1+2+3+4+5+6+8+9 Energiforsyning 1	For at et lavenergibygg skal oppnå energikarakter A, uten passive tiltak, må klimaskjermen isoleres ytterligere sammenlignet med passivhusnivåene. Vindusarealene er redusert. Denne tiltakspakken gir et bygg som er veldig godt isolert, uten store tekniske utfordringer.
Smarthus uten kjøling	Bygningsmessige 1+2+3+4+5+6+8+9	Smarthus er i denne oppgaven definert som et bygg som nyttegjør seg effektive styringssystemer og ”smarte”

	Energiforsyning 1+2	tiltak for å spare energi og oppnå et godt inneklima. Smarthuset er godt isolert, har store vindusarealer (20 % av BRA)
Smarthus med kjøling	Bygningsmessige 1+2+3+4+5+6+8+9 Energiforsyning 1+2	Som smarthuset over, men med mulighet for mekanisk kjøling. Med redusert temperatur på gulvvarmeanlegget/radiator kjøling forventes det at inneklimaet skal forbedres med kjølemulighet sammenlignet med de andre tiltakspakkene.
High-tech-hus	Bygningsmessige 1+2+3+5+8+9 Energiforsyning 1	High-tech-huset er et konsept (i denne oppgaven) hvor husets tekniske installasjoner skal sørge for at bygget opprettholder energieffektiv ytelse ved hjelp av høye virkningsgrader, og ellers være middels godt isolert.
<p>*For at de forskjellige tiltakene skulle redusere varmetapet nok til at alle leilighetene skulle få energikarakter A måtte noen av tiltakene justeres noe. Derfor er det kun summert tallene (1, ikke 1a - eller lignende)</p> <p>Brukerstyrte tiltak kan ikke legges inn i energimerkesimulering da de standardiserte verdiene må brukes for kontrollberegning mot offentlige krav [14]</p> <p>Kombinasjonene ble i første omgang valgt med bakgrunn i hvilke tiltak som ga best reduksjon i energiforbruk/varmetap og mest effektiv energiforsyning. Siden det ikke finnes ”fasitsvar” på hvilke tiltak som er mest riktig å velge, er det satt opp fem (faktisk bare fire) ulike alternativer som oppnår energikarakter A.</p>		
Kilde: Skistad, E. mai 2011.		

Figur 16 viser skjermbilde av prosessen med endring av verdier i SIMIEN (her er vist hvordan U-verdi for yttervegg er endret):



Figur 16 – Endring av verdier i SIMIEN
[SIMIEN: ”skansetoppen hus A.smi” - Skistad, E. 2011]

6.2 Ny kalkyle

Ved å ta utgangspunkt i de reelle prisene Skansentoppen ble priset etter i salgsfasen av prosjektet forventes det at oppgaven får så realistiske resultater som mulig. Den nye kalkylen er avgrenset ved å skille mellom hus A, hus B og parkeringskjelleren. Da energiltakene er simulert for hus A, regnes det følgelig kun med priskonsekvens for hus A. Mengdene som er priset for hus A er halvparten av det som i den opprinnelige kalkylen er kalt ”*boligdelen*”. Da begge husene (blokkene) skal bli identiske ble det valgt å begrense omfanget, ved å skille hus A og hus B.

For å finne merkostnaden av de forskjellige tiltakene ble det lagt til prislinjer med nye elementer (ny vegg/ekstra isolasjon/bedre varmegjenvinner) med samme arealer som de opprinnelige elementene for det opprinnelige prosjektet. Differansen mellom nytt og gammelt element, i tillegg til arbeidstid, beregnet tillegg for ekstra arbeidsprosesser, planlegging og rigg - er grunnlaget for prisene gitt i resultatkapittelet. Dette er gjort for å ta hensyn til nye løsninger og en smart utførelse av disse. Slik kunne forandringene sammenlignes for å finne en realistisk merkostnad. Klimaskjermen, med de bygningselementene hvor mengder og kvalitet skulle variere ble skilt ut i forskjellige energikonsepter (i kalkylen):

Energikonsept C-bygg (Skansentoppen før tiltak):

- Vinduer med energiglass ($U\text{-verdi} = 1,15 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- 250 millimeter isolerte bindingsverksvegger (48*48mm + 48*248mm)
- 200 millimeter isolasjon utenfor betongyttervegger
- 200 millimeter garasjehimling (50mm + 150mm)
- 300 millimeter isolasjon i taket (150mm + 150mm)
- 150 millimeter isolasjon over terrassegulv
- Kuldebrobrytere i overgang terrasse/innvendig dekke
- Kuldebrobrytere på dekkeforkanter (50mm)
- Ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning på opptil 80 %
- Elektro, VVS, osv. (vedlagt følger kalkyleutskrift for detaljer, mengder og priser)

Energikonsept A-bygg (i rapporten kalt lavenergihus) – fokus på isolering

- Superisolerte vinduer (U-verdi = $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- 300 millimeter isolerte bindingsverksvegger (300mm ISO3-stenderverk)
- 300 millimeter isolasjon utenfor betongyttervegger
- 500 millimeter garasjehimling (50mm + 150mm + 300mm)
- 500 millimeter isolasjon i taket (250mm + 250mm)
- 300 millimeter isolasjon over terrassegulv
- Kuldebrobrytere i overgang terrasse/innvendig dekke
- Kuldebrobrytere på dekkeforkanter (100mm)
- Ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning på opptil 85 %
- Elektro, VVS, osv. (se vedlegg av kalkyleutskrift)

Energikonsept Passivhus – fokus på fornybare energikilder

- Solfangeranlegg for redusert behov for levert energi (mindre forbruk av el.)
- Superisolerte vinduer (U-verdi = $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- 300 millimeter isolerte bindingsverksvegger (48*73mm + 48*225mm)
- 300 millimeter isolasjon utenfor betongyttervegger
- 300 millimeter garasjehimling (50mm + 150mm+ 100mm)
- 400 millimeter isolasjon i taket (200mm + 200mm)
- 250 millimeter isolasjon over terrassegulv
- Kuldebrobrytere i overgang terrasse/innvendig dekke
- Kuldebrobrytere på dekkeforkanter (75mm)
- Ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning på opptil 85 %
- Elektro, VVS, osv. (se vedlegg av kalkyleutskrift)

Energikonsept Hightechhus – fokus på høye virkningsgrader fremfor isolasjon

- Varmepumpe med 1stk ekstra grunnvannsbrønn (for økt systemvirkningsgrad)
- Superisolerte vinduer (U-verdi = $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Yttervegger, garasjehimling og terrassegulv som for C-bygg (lite fokus på ekstra isolasjon)
- 400 millimeter isolasjon i taket (200mm + 200mm)
- Kuldebrobrytere i overgang terrasse/innvendig dekke
- Kuldebrobrytere på dekkeforkanter (75mm)
- Ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning på opptil 85 %
- Elektro (se vedlegg av kalkyleutskrift)

Energikonsept Smarthus – fokus på fremtidsrettede systemer:

- Solfangeranlegg for redusert behov for levert energi (mindre forbruk av el.)
- Superisolerte vinduer (U-verdi = $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- 300 millimeter isolerte bindingsverksvegger (300mm ISO3-stenderverk)
- 300 millimeter isolasjon utenfor betongyttervegger
- 300 millimeter garasjehimling (50mm + 150mm + 100mm)
- 400 millimeter isolasjon i taket (200mm + 200mm)
- 250 millimeter isolasjon over terrassegulv
- Kuldebrobrytere i overgang terrasse/innvendig dekke
- Kuldebrobrytere på dekkeforkanter (100mm)
- Ventilasjonsanlegg med varmegjenvinning på opptil 85 %
- Elektro, VVS, osv. (se vedlegg av kalkyleutskrift)

Til slutt er det lagt på 15 prosent påslag på materialpris, arbeid og UE-priser (underentreprenører/firmaer som har oppgitt priser for tiltakene). Alle priser er eksklusiv merverdiavgift. Der det er lagt til nye elementer, som ikke eksisterte i den gamle kalkylen, er det forespurt priser fra underentreprenører og leverandører som erfaringsmessig har gitt riktige priser [18].

Tabell 17 viser hvilke bygningsdeler det er kalkulert merkostnader av og hvor prisene er hentet fra:

Tabell 17 – Kalkulasjon av ulike energiltak 2011 med referanser

Bygningsmessige tiltak	Bygningsdel	Priser hentet fra	Dato
1	Vinduer Dører	Nordan – Nydal, A.M. [27] Skanska – Johansson, B. [18]	11.3.2011 Våren 2011
2	Isolasjon på dekkeforkanter Kuldebryter	Skanska – Johansson, B. [18] Som over	Våren 2011 ^^
3	Kunnskapsløft om tetting Tetthetsmålinger	Skanska – Johansson, B. [18] Skanska – Larsen, H.B. [48]	Våren 2011 7.3.2011
4	Bindingsverk av tre (alle dimensjoner) Bindingsverk av ISO3 (isolert stender av tre og skumisolasjon) Isolasjon i klimavegg Trykkfast isolasjon EPS	Skanska – Johansson, B. [18] Moelven Iso3 – Homsen, S.E. [54] Skanska – Bleie, O. [55] Som over	Våren 2011 23.3.2011 28.4.2011 ^^
5	Trykkfast isolasjon XPS	Protan takteking – Fatnes, O. [56]	28.3.2011
6	Garasjehimling (alle tykkelser)	Skanska – Johansson, B. [18]	Våren 2011
7	Ikke kalkulert	-	-
8	Større ventilasjonsaggregat EC - vifter Tilstedeværelsessensorer	Bryn Byggklima – Paulssen, H.A. [50] Som over Som over	6.4.2011 ^^ ^^
9	LED - pærer Halogenpærer Glødepærer	Skanska – Johansson, B. [18] Som over Som over	Våren 2011 ^^ ^^
10	Emisjonsbelegg vindu	Nordan – Nydal, A.M. [27]	11.3.2011
11	Ikke kalkulert	-	-

Tabell 17, forts.

Energi Forsyning s-tiltak	Bygningsdel	Priser hentet fra	Dato
1	Merkostnader varmepumpe Som over Grunnvannsbrønner	Thermoconsult – Elvestad, E. [38] Skanska – Pettersen, Ø. [18] Som over	4.5.2011 6.5.2011 ^^
2	Solfangeranlegg Akkumulatortank Vannbereder Ventiler Rør og installasjon	ASV Solar – Åsen, T. [52] Som over Som over Som over Som over	31.3.2011 ^^ ^^ ^^ ^^
3+4+5	Ikke kalkulert	-	-
Bruker styrte tiltak	Ikke kalkulert	-	-
Kilde: Skistad, E. mai 2011.			

Figur 17 viser skjermbilde av prosessen med endring av priser i Calcus (her er vist hvordan prislinjen for stender er lagt inn under elementet ”klimavegg med GU, ISO3 – 300mm trestenderverk”): Vedlagt følger fullstendig oversikt over prisene energiltakene er basert på.

The screenshot shows the ISY Calcus Expert software interface. The main window displays a project overview for "Skansentoppen - merkostnader" with a table of elements. A dialog box titled "Rediger prislinje 2.3.9002 (egendefinert)" is open, showing details for the price line "2.3.9002" with a name "Iso3 300mm stenderverk" and a unit price of 401. The dialog includes fields for material price, unit price, and other project-specific data.

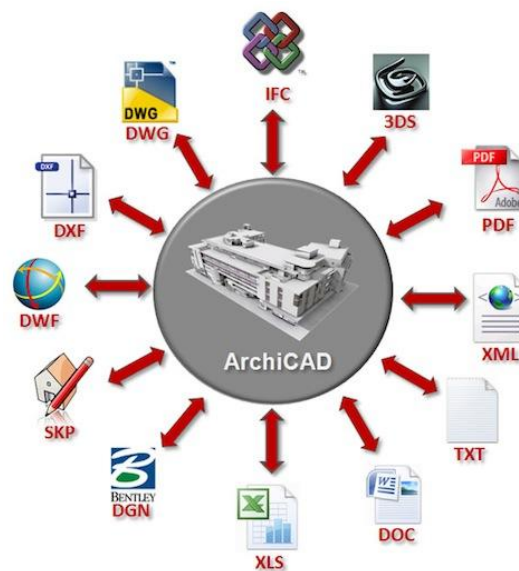
Løpnr.	Element	Mengde	Enhetspris
002	Betongyttervegg under mark, t = 300 mm, REI180, 100 kg stål pr m3 betong, B35	100,00	2 002,21
009	Klimavegg med GU, ISO3 - 300 mm trestenderverk	542,00	928,63
010	Vinduer, tre + aluminiumsmantling, u-verdi =0,7	0,50	776 523,93
011	Lufttetting og tetthetsmålinger	1,00	12 650,00

Figur 17 – Endring av prislinjer i Calcus
[Calcus: ”Skansentoppen – merkostnader ang energiltak 08042011” - Skistad, E. 2011]

6.3 Skansentoppen som BIM

I prosessen med å finne energiltak ble leilighetene tegnet i Archicad (tegneprogram fra Graphisoft) [57]. Hus A er modellert i 3D, populært kalt BIM (byggningsinformasjonsmodell). Det er tegnet nye tegninger for å visualisere de forskjellige energiltakene. Med BIM ”oppdateres tegningene” automatisk etter hvert som elementer i modellen endres. Velges det tykkere vegger, endres oppbyggingen av veggen. Plan-, snitt-, fasade- og detaljtegninger vises da med den tykke veggen. Materiallister med mengder for alle bygningskomponentene kan med enkle tastetrykk oppdateres og eventuelt sendes, printes eller lagres. Vindusskjemaer er eksempelvis brukt for å se konsekvenser for antall, pris og energiytelse. Med Skansentoppen som BIM (-modell) har oppgaven samlet informasjon fra fagene energi, økonomi, byggeteknikk og arkitektur for å et helhetlig bilde (modell) av de bygningsmessige tiltakene og konsekvensen de har for det fysiske bygget.

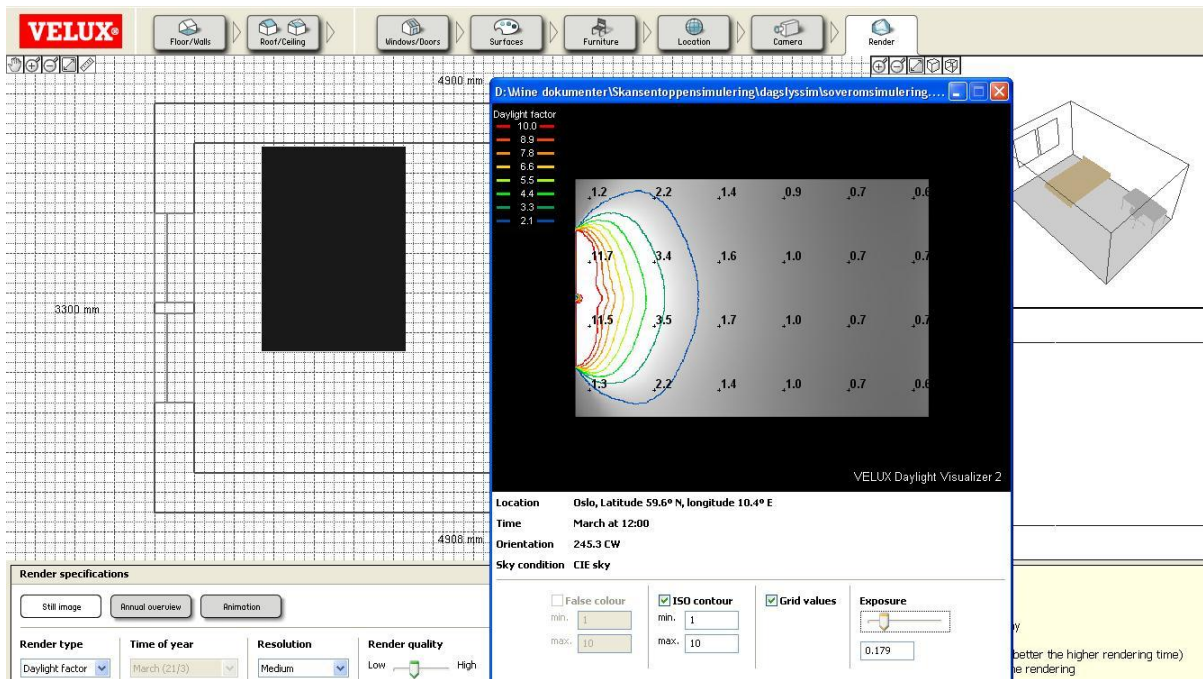
Vedlagt følger tegninger av Skansentoppen som et fremtidsrettet prosjekt, med de endringer som er gjort for at leilighetene skal oppnå energikarakter A. Tegningene er printet ut ved hjelp av Archicads ”Publisher set”. Figur 18 viser filformater ”publiseringsfunksjonen” kan håndtere - for å illustrere litt av kompleksiteten og mulighetene en BIM (-modell) gir i forhold til vanlige tegninger (som enkelte av tegningene i tegningsgrunnlaget: skannede papirtegninger):



Figur 18 – Publiseringsfunksjonen i Archicad [57]

6.4 Dagslyssimulering

Det er gjort dagslyssimuleringer for å undersøke om reduksjon av vindusarealer vil ha negativ konsekvens for dagslysfaktoren i rom for varig opphold i leilighetene. Simuleringene er utført ved hjelp av programmet Velux Daylight Visualizer 2 [58]. Det er brukt ”algoritme”-metoden, beskrevet i kapittel 3. Med Oslo klima som input simulerer programmet dagslysfaktorer i et egendefinert rom. I oppgaven er det nordre soverommet i leilighet 1 simulert. Resultatene av simuleringen er en grafisk fremstilling av rommet som er lagt inn i programmet. Det vises dagslysfaktorer fra forskjellige punkter i rommet, samt et fargespekter med koder for ulike verdier av dagslysfaktorer (rødt fremstiller høy- og blå lav dagslysfaktor). Figur 19 under viser skjerm bilde av prosessen med definerings av rom for dagslyssimulering i programmet:



Figur 19 – Simulering av dagslys i Velux Daylight Visualizer
[Velux: ”soveromssimulering.viz” - Skistad, E. 2011]

7. Resultater

7.1 Konsekvens av ”Bygningsmessige energiltak”

Kapittel 7.1 oppsummerer de bygningsmessige energiltakene som er vurdert i denne oppgaven. Det er oppgitt priser for de tiltakene som ville vært aktuelle å iverksette for å nå energikarakter A. Prisene gjelder for hele casebygningen (hus A). Kapittel 7.1, 7.2 og 7.3 viser resultatene av vurderte tiltak. Kapittel 7.4 viser hvilke av tiltakene det vil lønne seg å investere i og forventet nedbetalingstid. Videre fremstilles tiltakspakker (grupper av tiltak) som må implementeres i byggingen av Skansentoppen for å oppnå energikarakter A.

7.1.1 Tiltak 1: energieffektive vinduer og dører

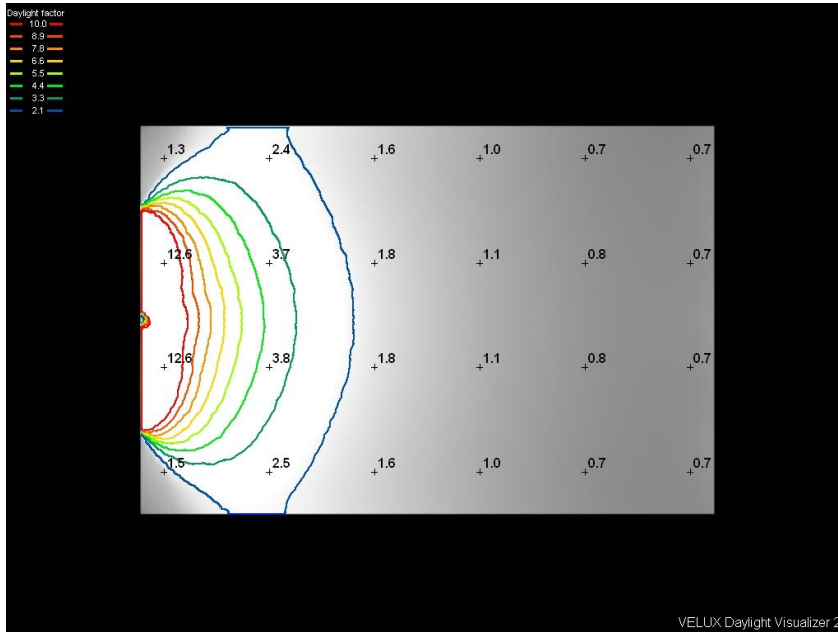
Under viser tabell 18 hvor mye energi hus A kunne spart (positive verdier) ved forskjellige tiltak. Ved valg av vinduer og dører med U-verdi 0,7 ville energibehovet blitt 4,6 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Merkostnaden ved å redusere U-verdien til 0,7 er estimert til kr 89.500 eks. mva. Dette tilsvarer ca 15.000 kroner per leilighet.

Tabell 18 - Resultater av tiltak 1

Tiltak	Simulert spesifikk energibesparelse	
	(kWh/m ² år)	I prosent (%) av opprinnelig energibruk
a. Redusert U-verdi vindu og dører til 0,7 W/m ² K*	4,58	4
b. Redusert U-verdi vindu og dører til 0,8 W/m ² K	3,58	3
c. Redusert U-verdi vindu og dører til 0,85 W/m ² K	3,08	3
d. Redusert U-verdi vindu og dører til 0,9 W/m ² K	2,57	2
e. Solavskjerming standard konstant	1,76	2
f. Redusert vindusarealer til 16,9 % av BRA	0,96	1
g. Solavskjerming trelagsglass med to energiglass	-1,04	-
h. Solavskjerming lyse utvendige persienner (manuelle)	-3,07	-
i. Solavskjerming lyse utvendige persienner (automatiske)	-3,84	-
Resultater av simulering utført i SIMIEN 5.003 - Skistad, E. *Kilde: Nordan [27]		

Dagslyssimulering før reduksjon av vindusareal

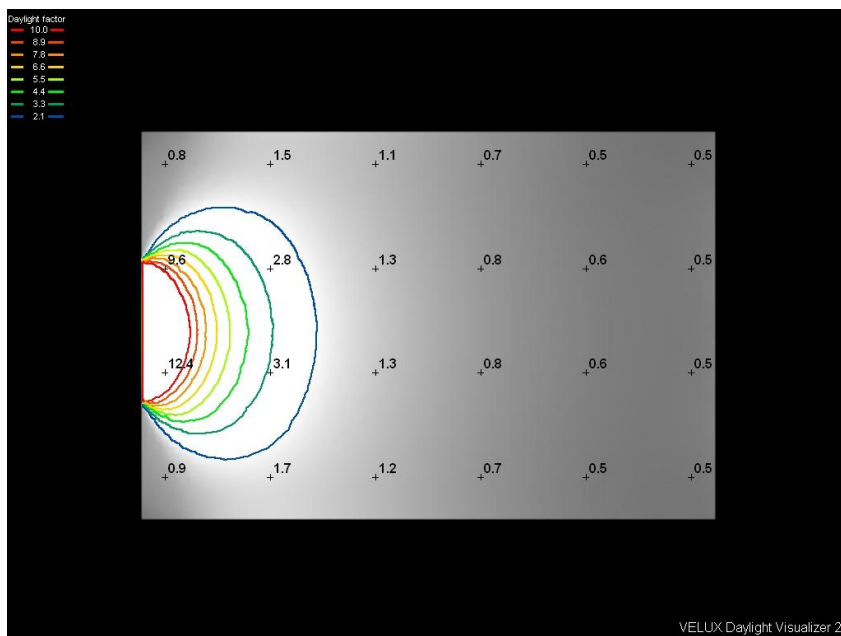
Dagslysfaktorer fra forskjellige plasseringer i soverommet (med to vinduer med målene 900mm x 1200mm) er ihht. simuleringene og dens forutsetninger vist i figur 20. Ved utregning av gjennomsnittlig verdi av disse får vi en dagslysfaktor for dette rommet på 2,38.



Figur 20 - Dagslysfaktorer før tiltak fra Velux Daylight Visualizer

Dagslyssimulering etter reduksjon av vindusareal (tiltak 1f)

Videre vises dagslysfaktorer for det samme soverommet, men med mindre vindusareal (et vindu med målene 1200mm x 1200mm). Resultatet av simuleringene og dens forutsetninger er vist i figur 21. Ved utregning av gjennomsnittlig verdi av disse får vi en dagslysfaktor for dette rommet på 1,87.



Figur 21 - Dagslysfaktorer etter tiltak fra Velux Daylight Visualizer

7.1.2 Tiltak 2: kuldebrytere + Økonomisk konsekvens

Under viser tabell 19 hvor mye energi hus A kunne spart ved forskjellige tiltak. Ved å redusere kuldebroverdien til 0,03 ville energibehovet blitt 3,08 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Merkostnaden knyttet til kuldebrytere er estimert til kr 1.500 eks. mva (forutsatt at vegger isoleres som eget tiltak). Det vil si ca 250 kroner per leilighet, eller 1 krone per kilowatt dette tiltaket vil spare (se vedlegg energitiltak.xls).

Tabell 19 - Resultater av tiltak 2

Tiltak	Simulert spesifikk energibesparelse		Bygningmessig tiltak*
	(kWh/m ² år)	I prosent (%) av opprinnelig energibruk	
a. Redusert kuldebroverdi til 0,03 W/m ² K	3,08	3	Ekstra isolasjon dekkeforkanter og søyler (min 10 cm)
b. Redusert kuldebroverdi til 0,05 W/m ² K	2,05	2	Ekstra isolasjon dekkeforkanter (min 10 cm)

Resultater av simulering utført i SIMIEN 5.003 - Skistad, E.

*Kilde: SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer blad 471.015 [29] - tabell 41, tabell 45, tabell 51, blad 471.016 [29] og SINTEF Prosjektrapport 25 (Kuldebroer – beregning, kuldebroverdier og innvirkning på energibruk) [59]

7.1.3 Tiltak 3: mindre luftlekkasjer + Økonomisk konsekvens

Under viser tabell 20 hvor mye energi hus A kunne spart ved forskjellige tiltak. Ved å redusere lekkasjetallet til 0,03 ville energibehovet blitt 3,06 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Merkostnaden knyttet til tetthetsmåling og ekstra fokus på tetthet er estimert til kr 12.650 eks. mva. Det vil si ca 2.000 kroner per leilighet.

Tabell 20 - Resultater av tiltak 3

Tiltak	Simulert spesifikk energibesparelse		Bygningsmessig tiltak*
	(kWh/m ² år)	I prosent (%) av opprinnelig energibruk	
a. Redusert lekkasjetall til 0,5	3,06	3	Tykkere vegger, vindsperre (rull) med færre skjøter, tapede skjøter
b. Redusert lekkasjetall til 0,6	2,75	3	Tykkere vegger, vindsperre (rull) med færre skjøter, tapede skjøter
c. Redusert lekkasjetall til 0,75	2,3	2	Vindsperre (rull) med færre skjøter, tapede skjøter
d. Redusert lekkasjetall til 1	1,54	1	Vindsperre (rull) med færre skjøter, tapede skjøter
e. Redusert lekkasjetall til 1,25	0,77	1	Vindsperre (rull) med færre skjøter, tapede skjøter
Resultater av simulering utført i SIMIEN 5.003 - Skistad, E.			
*Kilde: Håkon Brager Larsen - rådgiver ang. tetthetsmålinger og termografering - Skanska. [48]			

7.1.4 Tiltak 4: isolering av yttervegger + Økonomisk konsekvens

Under viser tabell 21 hvor mye energi hus A kunne spart ved forskjellige tiltak. Ved å redusere ytterveggenes totale U-verdi til 0,11 ville energibehovet blitt 2,37 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Merkostnaden av økt isolasjonsmengde og dimensjoner på stenderverk for å oppnå denne U-verdien (0,11) er estimert til kr 21.000 eks. mva. Dette tilsvarer ca 3.500 kroner per leilighet.

Tabell 21 - Resultater av tiltak 4

tiltak	Simulert spesifikk energibesparelse		Bygningsmessig tiltak*
	(kWh/m ² år)	I prosent (%) av opprinnelig energibruk	
a. Redusert U-verdi yttervegg til 0,11 W/m ² K	2,37	2	300 mm Iso3-stendere + 300 mm isolasjon, 300 mm trykkfast isolasjon under mark
b. Redusert U-verdi yttervegg til 0,13 W/m ² K	1,68	2	250 mm Iso3-stendere + 250 mm isolasjon, 250 mm trykkfast isolasjon under mark
c. Redusert U-verdi yttervegg til 0,14 W/m ² K	1,32	1	223 + 73 mm bindingsverk (inntrukket dampspærre) 200 + 70 mm isolasjon, 250 mm trykkfast isolasjon under mark
d. Redusert U-verdi yttervegg til 0,15 W/m ² K	0,97	1	300 mm Iso3-stendere + 300 mm isolasjon, ingen endring av betongyttervegger
e. Redusert U-verdi yttervegg til 0,16 W/m ² K	0,62	0	300 mm Iso3-stendere + 300 mm isolasjon, ingen endring av betongyttervegger

Resultater av simulering utført i SIMIEN 5.003 - Skistad, E.

*Kilder: SPD (Skanska Product Design - 2011) Grunnlagsdokument for bindingsverk av tre og stål med luftede kledninger og eksterne beregninger fra Moelven Iso3. Ved krysslekting er U-verdi redusert med 0,01 - jf. BFS 471.012 - tabell 211 - anmerkning 1.

7.1.5 Tiltak 5: isolering av tak + Økonomisk konsekvens

Under viser tabell 22 hvor mye energi hus A kunne spart ved forskjellige tiltak. Ved å redusere yttertakets totale U-verdi til 0,08 og terrassegulvenes U-verdi til 0,11 ville energibehovet blitt 1,13 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Merkostnaden av økt isolasjonsmengde og ekstra materialer knyttet til dette tiltaket er estimert til kr 63.800 eks. mva. Hvis merkostnaden deles på alle leilighetene (det er kun leilighet 5 og 6 som får nytte av økt isolasjonstykkelse for taket) tilsvarer kostnaden 11.000 kroner per leilighet.

Tabell 22 - Resultater av tiltak 5

Tiltak	Simulert spesifikk energibesparelse		Bygningsmessig tiltak*
	(kWh/m ² år)	I prosent (%) av opprinnelig energibruk	
a. Redusert U-verdi tak til 0,08 og takterrasse til 0,11	1,13	1	450 mm isolasjon på tak 300 mm isolasjon terrassegulv
b. Redusert U-verdi tak til 0,09 og takterrasse til 0,13	0,72	1	400 mm isolasjon på tak 250 mm isolasjon terrassegulv
c. Redusert U-verdi tak til 0,1 og takterrasse til 0,18	0,42	0	400 mm isolasjon på tak 250 mm isolasjon terrassegulv
d. Redusert U-verdi tak til 0,11 og takterrasse til 0,19	0,21	0	350 mm isolasjon på tak 250 mm isolasjon terrassegulv

Resultater av simulering utført i SIMIEN 5.003 - Skistad, E.

*Kilder: SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer blad 471.011 - tabell 42 (terrassegulv, betongdekke med flytende gulv) [se 46] og blad 471.013 - tabell 55 (yttertak, dekke av stålplater) [se 46]

7.1.6 Tiltak 6: isolering av gulv + Økonomisk konsekvens

Under viser tabell 23 hvor mye energi hus A kunne spart ved forskjellige tiltak. Ved å redusere garasjehimlingens U-verdi til 0,07 ville energibehovet blitt 2,23 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Merkostnaden av økt isolasjonsmengde og ekstra materialer knyttet til dette tiltaket er estimert til kr 36.000 eks. mva. Hvis merkostnaden deles på alle leilighetene (det er kun leilighet 1 og 2 som får nytte av økt isolasjonstykkelse for gulvet) tilsvarer kostnaden 6.000 kroner per leilighet.

Tabell 23 - Resultater av tiltak 6

Tiltak	Simulert spesifikk energibesparelse		Bygningsmessig tiltak*
	(kWh/m ² år)	I prosent (%) av opprinnelig energibruk	
a. Redusert U-verdi gulv (garasjehimling) til 0,07 W/m ² K	2,23	2	500 mm isolasjon
b. Redusert U-verdi gulv (garasjehimling) til 0,1 W/m ² K	1,63	2	350 mm isolasjon
c. Redusert U-verdi gulv (garasjehimling) til 0,11 W/m ² K	1,43	1	300 mm isolasjon
d. Redusert U-verdi gulv (garasjehimling) til 0,12 W/m ² K	1,23	1	300 mm isolasjon
e. Redusert U-verdi gulv (garasjehimling) til 0,13 W/m ² K	1,02	1	270 mm isolasjon
Resultater av simulering utført i SIMIEN 5.003 - Skistad, E.			
*Kilde: manuelle beregninger etter SINTEF Byggforsk Kunnskapssystemer blad 471.008 [46]			

7.1.7 Tiltak 7: varmelagring + Økonomisk konsekvens

Under viser tabell 24 hvor mye energi hus A kunne spart ved forskjellige tiltak. Ved å endre det innvendige sjiktet av gips til åpen (eksponert) betongoverflate ville energibehovet blitt 0,001 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Det er valgt å ikke prissette dette tiltaket, da sparingspotensialet er minimalt.

Tabell 24 - Resultater av tiltak 7

Tiltak	Simulert spesifikk energibesparelse	
	(kWh/m ² år)	I prosent (%) av opprinnelig energibruk
a. Gipssjikt byttet til lett himling, etasjeskiller av spon og parkett	0,02	0
b. Innvendig sjikt 13 mm gips byttet til betong (t > 100mm)	0	0
Resultater av simulering utført i SIMIEN 5.003 - Skistad, E. Kilde: Programbyggerne [23]og NS3031 [16]		

7.1.8 Tiltak 8: ventilasjon + Økonomisk konsekvens

Under viser tabell 25 hvor mye energi hus A kunne spart ved forskjellige tiltak. Ved å øke varmegjenvinnerens temperaturvirkningsgrad til 85 % ville energibehovet blitt 2,97 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Ved å redusere SFP-faktoren til anlegget ned mot 1,5 kW/m³s ville energibehovet blitt 1,52 kWh/m² lavere. Merkostnaden av bedre aggregat til ventilasjonsanlegget og vifter med lavere SFP-faktor er estimert til kr 34.500 eks. mva. Dette tilsvarer ca 6.000 kroner per leilighet.

Tabell 25 - Resultater av tiltak 8

Tiltak	Spesifikk energibesparelse		Bygningsmessig tiltak*
	(kWh/m ² år)	I prosent (%) av opprinnelig energibruk	
a. Økt ventilasjonsanleggets temperaturvirkningsgrad til 95 % fra 80 %	6,0	6	Lite sannsynlig tiltak (må ta hensyn til frostsikring)

b. Økt ventilasjonsanleggets temperaturvirkningsgrad til 90 % fra 80 %	5,08	5	Lite sannsynlig tiltak (må ta hensyn til frostsikring)
c. Økt ventilasjonsanleggets temperaturvirkningsgrad til 85 % fra 80 %	2,97	3	Større aggregat (100mm bredere, 100mm høyere), sikring 10A byttes til 13A
d. Redusert SFP-faktor til 1,5 fra 2,0	1,52	1	Bytte til EC vifter
e. Redusert SFP-faktor til 1,75 fra 2,0	0,76	0	Bytte til EC vifter
Resultater av simulering utført i SIMIEN 5.003 - Skistad, E.			
*Kilder: Skanska Norge AS v/Eirik Hemminghytt [49] og Bryn Byggklima v/Haakon A. Paulssen [50]			

7.1.9 Tiltak 9: belysning + Økonomisk konsekvens

Ved å redusere effekt til belysning med 20 prosent vil behovet for levert energi bli 2,44 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Merkostnaden av energieffektiv belysning er beregnet til kr 4.000 eks. mva. i denne oppgaven (dette vil spares inn over tid i redusert forbruk i tillegg til mellom 20 og 40 ganger lengre levetid). Dette tilsvarer ca 700 kroner per leilighet.

7.1.10 Tiltak 10: solavskjerming + Økonomisk konsekvens

Under viser tabell 26 hvor mye energi hus A kunne spart (positive verdier) ved forskjellige tiltak. Ved å installere fast konstant solavskjerming (skodder som slipper gjennom lys, men reflekterer varmen fra sola) ville energibehovet blitt 1,58 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Det er ikke beregnet priser for solavskjerming i denne oppgaven.

Tabell 26 - Resultater av tiltak 10

Tiltak	Spesifikk energibesparelse	
	(kWh/m ² år)	I prosent (%) av opprinnelig energibruk
a. Standard konstant solavskjerming	1,58	2
b. Utvendig screen, 3lags rute, 1 energiglass	-0,13	0

c. Markiser på alle fasader	-1,91	-2
Resultater av simulering utført i SIMIEN 5.003 - Skistad, E. Kilde: Programbyggerne [23]		

7.1.11 Tiltak 11: bygningsorientering + Økonomisk konsekvens

Under viser tabell 27 hvor mye energi hus A kunne spart (positive verdier) ved forskjellige tiltak. Ved å ”vri” bygningskroppen slik at planlagt vestfasade vender mot syd ville energibehovet blitt 1,91 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Det er ikke beregnet kostnader knyttet til endring av bygningens orientering.

Tabell 27 - Resultater av tiltak 11

Tiltak	Spesifikk energibesparelse	
	(kWh/m ² år)	I prosent (%) av opprinnelig energibruk
a. Opprinnelig vestfasade “vris” mot sydvest	1,32	1
b. Opprinnelig vestfasade “vris” mot syd	1,91	2
c. Opprinnelig vestfasade “vris” mot sydøst	1,58	2
d. Opprinnelig vestfasade “vris” mot øst	0,69	1
e. Opprinnelig vestfasade “vris” mot nordøst	0,02	0
f. Opprinnelig vestfasade “vris” mot nord	-0,20	0
g. Opprinnelig vestfasade “vris” mot nordvest	-0,05	0
Resultater av simulering utført i SIMIEN 5.003 - Skistad, E.		

7.2 Konsekvens av ”energiforsyningstiltak”

7.2.1 Tiltak 1: varmepumpe + Økonomisk konsekvens

På neste side viser tabell 28 hvor mye energi hus A kunne spart ved forskjellige tiltak. Ved å øke varmepumpens systemvirkningsgrad til 3,0 ville energibehovet blitt 4,07 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Ved å endre prosentandelen varmepumpen bidrar med; oppvarming, tappevann og ventilasjon til henholdsvis 90, 50 og 90 prosent ville energibehovet blitt 6,91 kWh/m² lavere. Merkostnaden av rørinstallasjoner og ekstra varmtvannsbereder er estimert til kr 81.000 eks. mva. Dette tilsvarer ca 13.500 kroner per leilighet.

Tabell 28 - Resultater av tiltak 1

Tiltak (v.g. = virkningsgrad, d.p. = dekningsprosent)	Simulert spesifikk energibesparelse		Bygningsmessig tiltak*
	(kWh/m ² år)	I prosent (%) av opprinnelig energibruk	
a. V.g lik 2,26 – d.p: 90 % oppvarming, 80 % tappevann, 80 % ventilasjon	19,3	18	Lite sannsynlig tiltak
b. Økt v.g til 4 – d.p: 90 % oppvarming, 50 % tappevann, 90 % ventilasjon	24,0	22	Lite sannsynlig tiltak
c. Økt v.g til 3 – d.p: 90 % oppvarming, 50 % tappevann, 90 % ventilasjon	19,54	18	Dypere/flere grunnvannsbrønner (for større kapasitet), ekstra varmtvannsbereder for tappevann og vannforsynt varmebatteri for ventilasjon
d. Økt v.g til 2,75 – d.p: 90 % oppvarming, 50 % tappevann, 90 % ventilasjon	17,92	17	Dypere/flere grunnvannsbrønner (for større kapasitet), ekstra varmtvannsbereder for tappevann og vannforsynt varmebatteri for ventilasjon
e. Økt v.g til 2,5 – d.p: 90 % oppvarming,	15,98	15	Dokumentering

50 % tappevann, 90 % ventilasjon			
f. V.g lik 2,26 – d.p: 90 % oppvarming, 50 % tappevann, 90 % ventilasjon	13,06	12	ekstra varmtvannsbereder for tappevann og vannforsynt varmebatteri for ventilasjon
g. Økt v.g til 2,5 – d.p: 90 % oppvarming, 0 % tappevann, 0 % ventilasjon	1,83	2	Kun dokumentering, realistisk at anlegg har høyere v.g. enn standarden angir
Resultater av simulering utført i SIMIEN 5.003 - Skistad, E.			
*Kilder: STE - Skanska Tekniske Entreprise Skanska anbefaler at varmepumpeanlegg bør dekke ca 90/50/90 prosent av henholdsvis oppvarming/ tappevann/ventilasjon for å utnytte systemet optimalt med hensyn til virkningsgrad og levetid [36].			

7.2.2 Tiltak 2: solfangeranlegg + Økonomisk konsekvens

Ved å installere solfangeranlegg som kan dekke 25/50/50 prosent av henholdsvis romoppvarming/tappevann/ventilasjon ville behovet for levert energi blitt 23,32 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Merkostnaden av solfangeranlegg, rørinstallasjoner og varmevekslere er estimert til kr 210.000 eks. mva. Dette tilsvarer ca 35.000 kroner per leilighet.

7.2.3 Tiltak 3: solcelleanlegg + Økonomisk konsekvens

Hvis et solcelleanlegg kunne dekket 5 prosent av det elektriske energibehovet ved Skansentoppen ville behovet for levert energi blitt 1,88 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Merkostnaden av et solcelleanlegg er ikke beregnet i denne oppgaven.

7.2.4 Tiltak 4: bio/pellets/ved + Økonomisk konsekvens

Simuleringene av sentral oppvarming ved hjelp av bio-kjel viser at det vil kreves om lag 36 kWh/m² ekstra, totalt 143 kWh/m² årlig hvis varmepumpen byttes ut med bio-kjelanlegg. Det er brukt virkningsgrad 0,73 i simuleringene. Det er ikke beregnet priser for dette tiltaket.

7.2.5 Tiltak 5: fossile brensler + Økonomisk konsekvens

Simuleringene av sentral oppvarming ved hjelp av olje-kjel viser at det vil kreves om lag 36 kWh/m² ekstra, totalt 143 kWh/m² årlig hvis varmpumpen byttes ut med olje-kjelanlegg. Det er ikke beregnet priser for dette tiltaket.

Simuleringene av sentral oppvarming ved hjelp av gass-kjel viser at det vil kreves tilnærmet 32 kWh/m² ekstra, totalt 140 kWh/m² årlig hvis varmpumpen byttes ut med gass-kjelanlegg. Det er ikke beregnet priser for dette tiltaket.

7.3 Konsekvens av ”Brukerstyrte energitiltak”

Det er ikke beregnet priser på de brukerstyrte tiltakene, da dette anses som svært komplekst. Brukervaner er så forskjellige og påvirker energiforbruket mer enn enkelte bygningsmessige tiltak.

7.3.1 Tiltak 1: vannsparing

Under viser tabell 29 hvor mye energi hus A kunne spart ved forskjellige tiltak. Ved å redusere effektforbruket til oppvarming av tappevann med 10 prosent ville netto energibehov blitt 4,47 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig).

Tabell 29 - Resultater av tiltak 1 - brukerstyrte

Tiltak	Simulert spesifikk energibesparelse	
	(kWh/m ² år)	I prosent (%) av opprinnelig energibruk
a. 50 % reduksjon av tappevannseffekt	22,25	21
b. 40 % reduksjon av tappevannseffekt	18,32	17
c. 30 % reduksjon av tappevannseffekt (energieffektivt sanitæranlegg ihht. BFS [40]*)	13,4	13

d. 20 % reduksjon av tappevannseffekt (realistisk å spare med bevisste forbruksvaner)	8,94	8
e. 10 % reduksjon av tappevannseffekt	4,47	4
Resultater av simulering utført i SIMIEN 5.003 - Skistad, E. Kilde: NS 3031 [14] *er tatt med her selv om det er et bygningsmessig tiltak, fordi det har nytte for brukeren av leilighetene, men ingen nytte med hensyn til energimerkesimulering (standardiserte verdier for tappevannsforbruk)		

7.3.2 Tiltak 2: temperaturstyring

Under viser tabell hvor mye energi hus A kunne spart (positive verdier) ved forskjellige tiltak. Ved å redusere driftstemperaturen i bygget med 1 °C ville netto energibehov blitt 3,91 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig).

Tabell 30 - Resultater av tiltak 2 – brukerstyrte

Tiltak	Simulert spesifikk energibesparelse	
	(kWh/m ² år)	I prosent (%) av opprinnelig energibruk
a. Redusert driftstemperatur til 18 °C (16 °C utenfor driftstid)	10,67	10
b. Redusert driftstemperatur til 19 °C (17 °C utenfor driftstid)	7,45	7
c. Redusert driftstemperatur til 20 °C (15 °C utenfor driftstid)	4,12	4
d. Redusert driftstemperatur til 20 °C (18 °C utenfor driftstid)	3,91	4
e. Endret driftstid på oppvarming 05.00 – 08.00 og 15.00 – 22.00	0,74	1
Resultater av simulering utført i SIMIEN 5.003 - Skistad, E. Kilde: NS 3031 [14]		

7.3.3 Tiltak 3: teknisk utstyr

Under viser tabell 31 hvor mye energi hus A kunne spart (positive verdier) ved forskjellige tiltak. Ved å redusere effektbehovet til teknisk utstyr med 20 prosent ville netto energibehov blitt 3,04 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig).

Tabell 31 - Resultater av tiltak 3 – brukerstyrte

Tiltak	Simulert spesifikk energibesparelse	
	(kWh/m ² år)	I prosent (%) av opprinnelig energibruk
a. 50 % reduksjon av effekt til teknisk utstyr	7,57	7
b. 40 % reduksjon av effekt til teknisk utstyr	6,07	6
c. 30 % reduksjon av effekt til teknisk utstyr	4,56	4
d. 20 % reduksjon av effekt til teknisk utstyr	3,04	3
e. 10 % reduksjon av effekt til teknisk utstyr	1,52	1
Resultater av simulering utført i SIMIEN 5.003 - Skistad, E. Kilde: NS 3031 [14]		













7.3.4 Tiltak 4: varmetilskudd personer





Ved å doble varmetilskuddet fra personer ville netto energibehov blitt 7,07 kWh/m² lavere enn utgangspunktet (årlig). Det er ikke oppgitt hva som skal til for å doble varmetilskuddet fra personer. Siden det er utrolig mange faktorer som spiller inn og det er vanskelig å relatere 3 W/m² år til hvor mye varme brukerne må avgi for å opprettholde dette nivået.

7.4 Kostnadsoptimale tiltak

Tabell 32 viser i prioritert rekkefølge hvilke tiltak det er verdt å satse på med tanke på økonomisk realisme:

Tabell 32 – Kostnadsoptimale tiltak basert på kroner per kilowatttime bespart årlig (se vedlegg ”energiltak”)

Komponenter			Merkostnad	Nedbetalingstid (90 øre /kWh)
Nr:	Bygningsdel/element	Tiltaks nummer	Kr/spart kwh	År
1	Isolering av kuldebroer 	7.1.2a 7.1.2b	1	1
2	Energieffektiv belysning 	7.1.9a	4	3
3	Reduksjon av lekkasjetall 	7.1.3a	7	7
4	Forbedret ytelse varmepumpe 	7.2.1f	9	10
5	Reduksjon av lekkasjetall (for passivhusstd) 	7.1.3b	9	11
6	Varmegjenvinning 	7.1.8	10	11
7	Forbedret ytelse varmepumpe 	7.2.1c	11	11
8	Isolering av yttervegg (Bindingsverk med Iso3-stendere) 	7.1.4a	13	16
9	Solfangeranlegg 	7.2.2a	15	17
10	vifteeffekt (SFP) 	7.1.8d	15	16
11	Isolering av gulv 	7.1.6a	24	48
12	Isolering av yttervegg (Bindingsverksvegg m/intrukket dampsperre) 	7.1.4c	25	30





13	Energivinduer		7.1.1a	29	32
14	vifteeffekt (SFP)		7.1.8e	29	33
15	Isolering av tak (totalt 400mm)		7.1.5b	73	81
16	Isolering av tak (totalt 500mm)		7.1.5a	84	93
Kilde: E. Skistad – verdier fra vedlegg E - energiltak - 2011, illustrasjoner: SINTEF/Google-bilder					










7.5 Tiltak for å nå energikarakter A

Skansentoppen er planlagt med energiklasse C. 2010-simuleringene viser at Hus A kan forvente seg et årlig forbruk rundt 100 kWh/m², avhengig av om det er toppleilighet, leilighet i midten eller bunnleilighet. Leilighetene i midten har noe mindre varmetap enn de andre da tak og gulv er ”varme” soner, mens taket for toppleiligheten og gulvet for den nederste er ”kalde” soner. For å nå energikarakter A etter energiskalaen til NVE (se tabell 10) må forbruket ned til 67 kWh/m², da leilighetene blir sertifisert med bygningskategorien boligblokker. Videre er det vist fem alternative tiltakspakker for å oppnå energikarakter A.

Vedlagt er det vist energimerker til de respektive leiligheter i hus A for ulike tiltakspakker for Skansentoppen. De viser at alle leilighetene (bortsett fra smarthuset med kjølemulighet) vil få energimerke A med komponentnivåene oppgitt i tabell 33. Under energimerkene ser vi at oppvarmingsbehovet vil variere fra 59 til 67 kWh/m².

Tabell 33 – Tiltakspakker for å oppnå energikarakter A

Komponenter		Komponentnivå					
Illustrasjon	Bygning	Krav	Passiv hus	Lav energi hus	Smart hus uten kjøling	Smart hus med kjøling	High-tech hus
	U-verdi yttervegg (W/m ² K)	0,18	0,15	0,11	0,11	0,11	0,17
	U-verdi yttervegg under mark (W/m ² K)	0,18	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15
	U-verdi gulv (W/m ² K)	0,15	0,11	0,07	0,11	0,11	0,17
	U-verdi yttertak (W/m ² K)	0,13	0,1	0,08	0,1	0,1	0,1
	U-verdi terrassegulv (W/m ² K)	0,13	0,13	0,11	0,13	0,13	0,17
	U-verdi vinduer (W/m ² K)	1,2	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

	vindus-/dørareal (%)	20	16	16	19,5	19,5	19,5
	Varmegjenvinning- η (%)	83	83	85	85	85	84
	vifteeffekt (SFP) (kW/m ³ s)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
	Lekkasjetall (h ⁻¹)	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,6
Ψ''	Normalisert kuldebroverdi (W/m ² K)	0,03	0,03	0,03	0,06	0,06	0,06
	Energibehov lys (kWh/m ² år)	11,4	11,4	13,4	13,4	13,4	13,4
	Energibehov utstyr (kWh/m ² år)	17,5	17,5	23,4	23,4	23,4	23,4
	Effektbehov oppvarming (Oslo-klima) (kWh/m ² år)	17,4	17,4	13,1	18,6	17,4	26,5
	Effektbehov Kjøling (kWh/m ² år)	0	0	0	0	19,8	0
	Varmepumpe dekker						
	- oppvarming	Ikke	65	90	65	65	90
	- tappevann (i %)	krav	50	75	50	50	90
	- ventilasjonsvarme		0	0	0	0	0
	Virkningsgrad		2,2	2,2	2,2	2,2	3,5
	Solfangeranlegg dekker - oppvarming	Ikke	25	0	25	25	0
	- tappevann	krav	40	0	40	40	0
	- ventilasjonsvarme (i %)		0	0	0	0	0
	Elektrisitet dekker						
	- oppvarming	Ikke	10	10	10	10	10
	- tappevann	krav	10	25	10	10	10
	- ventilasjonsvarme (i %)		100	100	100	100	100
Kilde: E. Skistad – verdier fra simuleringer i SIMIEN 5.003 – 2011, illustrasjoner: SINTEF/Google-bilder							

Det er laget nye tegninger for å gi bedre oversikt over hva tiltakene vil si i praksis, og konsekvensene tiltakene vil få for byggets utseende. Tegningene er vedlagt oppgaven i eget hefte (A3-format).












7.5.1 Tiltakspakke passivhus + økonomisk konsekvens

Tabell 33 – *Tiltakspakker for å oppnå energikarakter A* viser hvilke tiltak som må til for at Skansentoppen skal oppnå energikarakter A som passivhus. Leilighetene tilfredsstiller alle krav til passivhus etter NS3700:2010 med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS3031:

- Varmetapstall $0,46 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,55 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Netto oppvarmingsbehov $21,3 \text{ kWh/m}^2 < 22,1 \text{ kWh/m}^2$
- Netto kjølebehov 0 kWh/m^2
- Energibruk el./fossile energibærere $55,5 \text{ kWh/m}^2 < 71,3 \text{ kWh/m}^2$
- Leilighetene tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter (U-verdier, kuldebroverdier, lekkasjetall, spesifikk vifteeffekt (SFP) og gjennomsnittlig årlig temperaturvirkningsgrad for ventilasjonsanleggets varmegjenvinner.
- Luftmengdene i ventilasjonsanlegget tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3700 (tabell A.1)

Tabell 34 oppsummerer merkostnadene av foreslåtte passivhustiltak for å heve energikarakteren til leilighetene på Skansentoppen fra C til A.

Tabell 34 – Estimerte merkostnader knyttet til bygging av Skansentoppen som **passivhus**

Bygningsdel/komponent		Merkostnad	Kommentar (priser ekskl. mva.)
Kostnadsøkning karakter C til A		915 kr/m²	BTA
	yttervegg	46 kr/m ²	Går opp fra 250 til 300 mm isolasjon
	yttervegg under mark	115 kr/m ²	Går opp fra 200 til 300 mm isolasjon
	Gulv	100 kr/m ²	Går opp fra 200 til 300 mm isolasjon
	Yttertak	117 kr/m ²	Går opp fra 300 til 400 mm isolasjon
	Terrassegulv	115 kr/m ²	Går opp fra 150 til 250 mm isolasjon
	Vinduer	89.500 kr	Benytter passivhusvinduer og dører med
	Dører	22.800 kr	U-verdi = 0,70
	Varmegjenvinning og vifteeffekt	34.500 kr	Bedre gjenvinning og lavere SFP-faktor i aggregatet
	Lufttetthet	18.400 kr	Tiltak for å nå et lekkasjetall på 0,6 oms/t og 3 stk tetthetsmålinger
Ψ	Kuldebroeliminerings	1.150 kr	Ekstra isolasjon for å redusere kuldebroer (i tillegg til tykkere vegger)
	Belysningsystem	3.450 kr	Energieffektiv belysning
	Oppvarmingssystem	0	Ingen endringer (vannbåren gulvvarme)
	Kjølesystem	0	Det forutsettes brukerstyrte tiltak
	Varmepumpe	80.500 kr	Kostnader knyttet til ekstra varmeveksler for oppvarming av tappevann
	Solfangeranlegg	241.500 kr	Priser inkluderer rør og installasjon
	Ekstra prosjektering og kvalitetssikring	25.300 kr	Fokus på tetting, kuldebroer, isolasjon og gode løsninger
Kilde: E. Skistad – verdier fra Calcus – 2011, illustrasjoner: SINTEF/Google-bilder			






7.5.2 Tiltakspakke lavenergihus + økonomisk konsekvens






Tabell 33 – Tiltakspakker for å oppnå energikarakter A viser hvilke tiltak som må til for at Skansentoppen skal oppnå energikarakter A som lavenergibolig. Leilighetene tilfredsstiller alle krav til teknisk forskrift (TEK07) med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS3031:

- Varmetapstall $0,4 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Total beregnet energibehov $85,1 \text{ kWh/m}^2 < 120 \text{ kWh/m}^2$
- Netto kjølebehov 0 kWh/m^2
- Leilighetene tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter (U-verdier, kuldebroverdier, lekkasjetall, spesifikk vifteeffekt (SFP) og gjennomsnittlig årlig temperaturvirkningsgrad for ventilasjonsanleggets varmegjenvinner.
- Samlet glass-, vindus- og dørareal delt på bruksareal $15,5 \% < 20 \%$

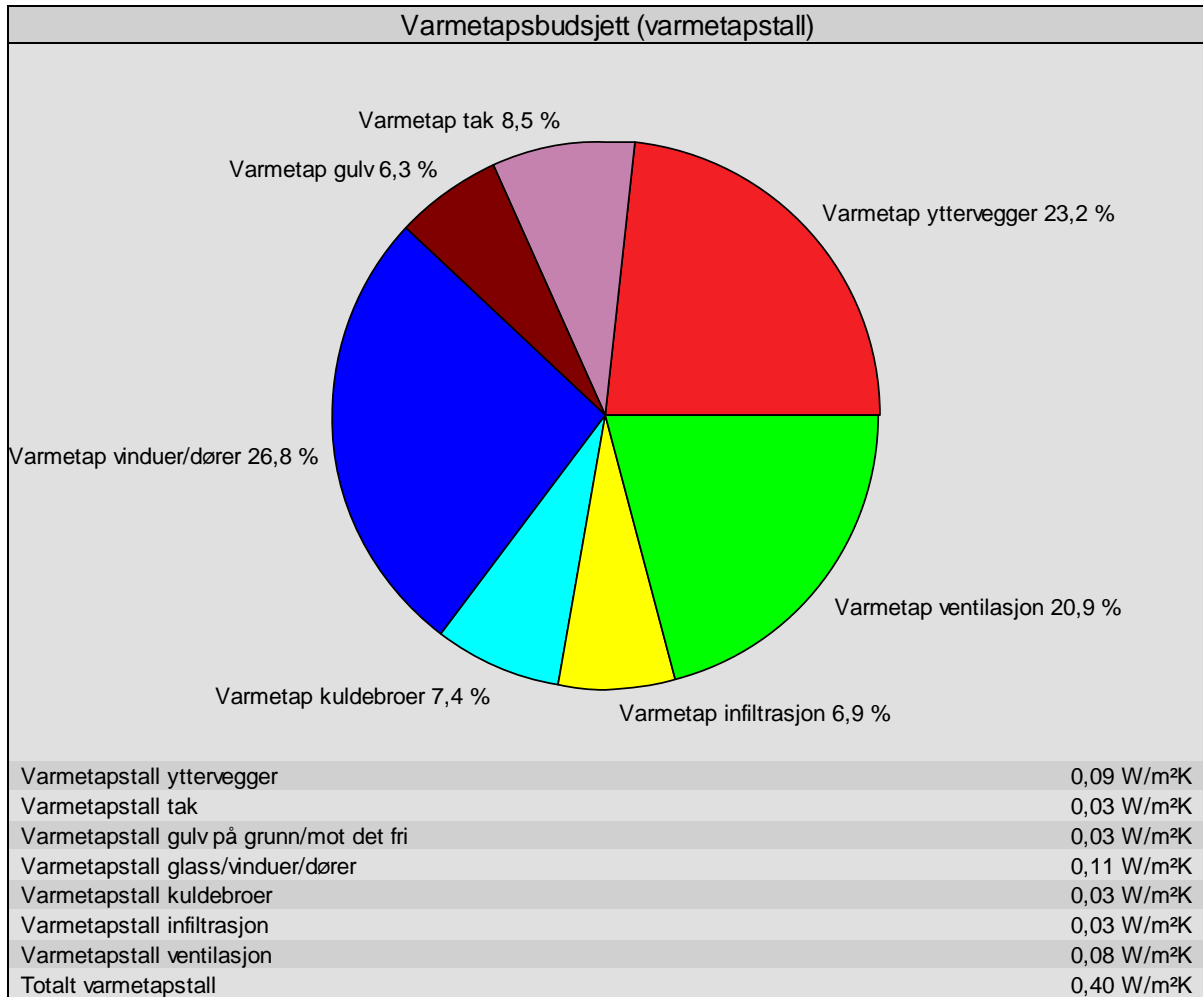
Tabell 35 oppsummerer merkostnadene av foreslåtte lavenergi-tiltak for å heve energikarakteren til leilighetene på Skansentoppen fra C til A.

Tabell 35 – Estimerte merkostnader knyttet til bygging av Skansentoppen som **lavenergihus**

Bygningsdel/komponent		Merkostnad	Kommentar (priser ekskl. mva.)
Kostnadsøkning karakter C til A		630 kr/m²	BTA
	Yttervegg	43 kr/m ²	fra 250 til 300 mm isolasjon (ISO 3)
	yttervegg under mark	115 kr/m ²	Går opp fra 200 til 300 mm isolasjon
	Gulv	202 kr/m ²	Går opp fra 200 til 500 mm isolasjon
	Yttertak	240 kr/m ²	Går opp fra 300 til 500 mm isolasjon
	Terrassegulv	173 kr/m ²	Går opp fra 150 til 300 mm isolasjon
	Vinduer	89.500 kr	Benytt passivhusvinduer og dører med
	Dører	22.800 kr	U-verdi = 0,70
	Varmegjenvinning og vifteeffekt	34.500 kr	Bedre gjenvinning og lavere SFP-faktor i aggregatet

	Lufttetthet	12.650 kr	Tiltak for å nå et lekkasjetall på 0,6 oms/t og 2 stk tetthetsmålinger
Ψ	Kuldebroeliminering	1.450 kr	Ekstra isolasjon for å redusere kuldebroer (i tillegg til tykkere vegger)
	Belysningssystem	3.450 kr	Energieffektiv belysning
	Oppvarmingssystem	0	Ingen endringer (vannbåren gulvvarme)
	Kjølesystem	0	Det forutsettes brukerstyrte tiltak
	Varmepumpe	80.500 kr	Kostnader knyttet til ekstra varmeveksler for oppvarming av tappevann
	Solfangeranlegg	0	Priser inkluderer rør og installasjon
	Ekstra prosjektering og kvalitetssikring	25.300 kr	Fokus på tetting, kuldebroer, isolasjon og gode løsninger
Kilde: E. Skistad – verdier fra Calcus – 2011, illustrasjoner: SINTEF/Google-bilder			

Figur 22 viser varmetapsbudsjett for Skansentoppen etter simulering av tiltakspakken for konseptet lavenergihus:



Figur 22 – Varmetapsbudsjett for Skansentoppen med tiltakspakke: lavenergi
[SIMIEN - Skistad, E. 2011]

7.5.3 Tiltakspakke smarthus uten kjøling + økonomisk konsekvens

Tabell 33 – Tiltakspakker for å oppnå energikarakter A viser hvilke tiltak som må til for at Skansentoppen skal oppnå energikarakter A som smarthus. Uten kjøling ved hjelp av tekniske anlegg. Leilighetene tilfredsstiller alle krav til teknisk forskrift (TEK07) med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS3031:

- Varmetapstall $0,52 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Total beregnet energibehov $94,5 \text{ kWh/m}^2 < 120 \text{ kWh/m}^2$
- Netto kjølebehov 0 kWh/m^2
- Leilighetene tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter (U-verdier, kuldebroverdier, lekkasjetall, spesifikk vifteeffekt (SFP) og gjennomsnittlig årlig temperaturvirkningsgrad for ventilasjonsanleggets varmegjenvinner.
- Samlet glass-, vindus- og dørareal delt på bruksareal $19,4 \% < 20 \%$

Konsekvensen av energitiltakene for inneklimaet (temperaturen i leilighetene) er vist i tabell 36. Ved å utbedre Skansentoppen med tiltakspakken ”smarthus uten kjøling” ser vi av tabellen at det ikke er store forskjeller på temperaturene før eller etter tiltak i kalde perioder (januar). I varme perioder av året (juli) ville temperaturene vært fra to til tre grader varmere for smarthuset enn for utgangspunktet.

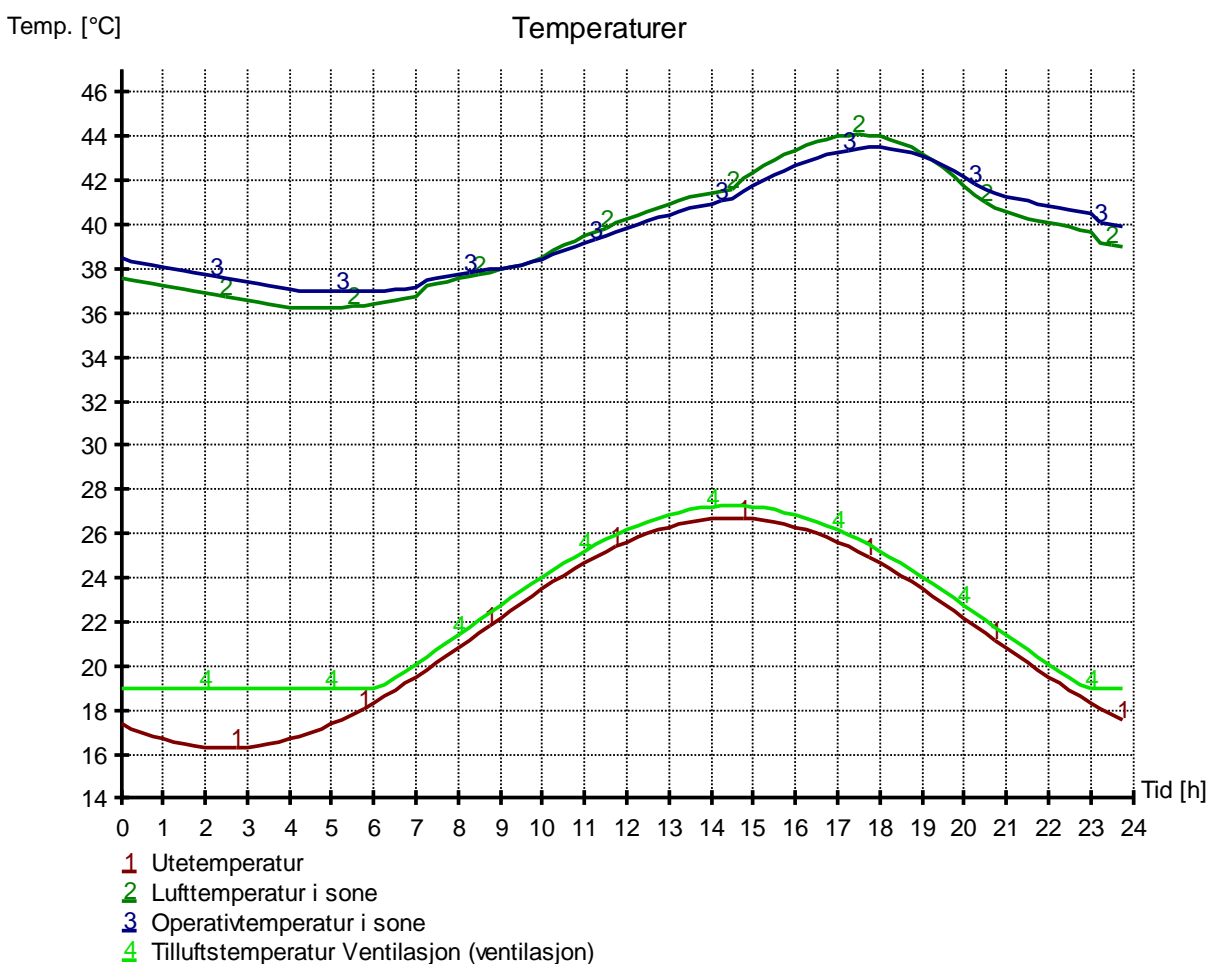
Tabell 36 – Konsekvenser for inneklima av tiltakspakke smarthus uten kjøling

Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)	Leilighet 1	Leilighet 2	Leilighet 3	Leilighet 4	Leilighet 5	Leilighet 6
Midlere temp. juli (temperatur før tiltak)	29,1 °C (26,5 °C)	29,1 °C (26,4 °C)	32,0 °C (29,0 °C)	32,7 °C (29,6 °C)	33,0 °C (29,8 °C)	34,0 °C (30,6 °C)
Maks. temp. juli (temperatur før tiltak)	32,4 °C (30,1 °C)	34,0 °C (31,6 °C)	35,1 °C (32,4 °C)	38,3 °C (35,3 °C)	38,1 °C (35,5 °C)	42,5 °C (39,0 °C)
Min. temp. juli (temperatur før tiltak)	26,6 °C (23,6 °C)	26,5 °C (23,4 °C)	29,2 °C (25,8 °C)	29,6 °C (26,0 °C)	27,7 °C (24,3 °C)	28,5 °C (25,0 °C)
Midlere temp. januar (temperatur før tiltak)	20,6 °C (20,4 °C)	20,6 °C (20,4 °C)	20,7 °C (20,5 °C)	20,6 °C (20,5 °C)	20,5 °C (20,4 °C)	20,5 °C (20,4 °C)
Maks. temp. (januar)	21,0 °C	21,7 °C	21,3 °C	22,6 °C	21,2 °C	22,8 °C

(temperatur før tiltak)	(21,0 °C)	(21,0 °C)	(21,0 °C)	(21,8 °C)	(21 °C)	(21,9 °C)
Min. temp. (januar)	19,0 °C	19,0 °C	19,0 °C	19,0 °C	19,0 °C	19,0 °C
(temperatur før tiltak)	(19,0 °C)	(19,0 °C)	(19,0 °C)	(19,0 °C)	(19,0 °C)	(19,0 °C)

Kilde: E. Skistad – verdier fra sommersimuleringer i SIMIEN 5.003 – 2011.












Figur 23 viser temperaturfordelingen over et døgn, simulert gjennomsnitt av en periode på fem dager i slutten av juli (den varmeste perioden av året for Oslo klima). Den mørkegrønne kurven (merket med tallet ”2”) viser innetemperaturen for leilighet 6. Vi kan se at klokken to på dagen vil temperaturen til uteluften (brun kurve merket med tallet ”1”) være på sitt høyeste, og tre timer senere vil innetemperaturen stige til omtrent 44 grader Celsius. Ellers vil innetemperaturen variere fra 36 til 44 grader Celsius dersom det ikke iverksettes tiltak for å kjøle ned leiligheten.



Figur 23 – Temperaturer fra sommersimulering av leilighet 6 (smarthus uten kjøling) fra SIMIEN 5.003

Tabell 37 oppsummerer merkostnadene av foreslåtte smarthustiltak for å heve energikarakteren til leilighetene på Skansentoppen fra C til A.

Tabell 37 – Estimerte merkostnader knyttet til bygging av Skansentoppen som **smarthus (uten kjøling)**

Bygningsdel/komponent		Merkostnad	Kommentar (priser ekskl. mva.)
Kostnadsøkning karakter C til A		990 kr/m²	BTA
	yttervegg	43 kr/m ²	fra 250 til 300 mm isolasjon (ISO 3)
	yttervegg under mark	115 kr/m ²	Går opp fra 200 til 300 mm isolasjon
	Gulv	100 kr/m ²	Går opp fra 200 til 300 mm isolasjon
	Yttertak	117 kr/m ²	Går opp fra 300 til 400 mm isolasjon
	Terrassegulv	115 kr/m ²	Går opp fra 150 til 250 mm isolasjon
	Vinduer	89.500 kr	Benytter passivhusvinduer og dører med U-verdi = 0,70
	Dører	22.800 kr	
	Varmegjenvinning og vifteeffekt	138.000 kr	Bedre gjenvinning og lavere SFP-faktor i aggregatet og tilstedeværelsessensorer
	Lufttetthet	12.650 kr	Tiltak for å nå et lekkasjetall på 0,6 oms/t og tetthetsmåling
Ψ	Kuldebroeliminerings	1.450 kr	Ekstra isolasjon for å redusere kuldebroer (i tillegg til tykkere vegger)
	Belysningssystem	3.450 kr	Energieffektiv belysning
	Oppvarmingssystem	- 48.300 kr	Byttet noe av gulvvarmen med radiatorer
	Kjølesystem	0	Det forutsettes brukerstyrte tiltak
	Varmepumpe	80.500 kr	Kostnader knyttet til ekstra varmeveksler for oppvarming av tappevann
	Solfangeranlegg	241.500 kr	Priser inkluderer rør og installasjon
	Ekstra prosjektering og kvalitetssikring	25.300 kr	Fokus på tetting, kuldebroer, isolasjon og gode løsninger
Kilde: E. Skistad – verdier fra Calcus – 2011, illustrasjoner: SINTEF/Google-bilder			

7.5.4 Tiltakspakke smarthus med kjøling + økonomisk konsekvens

Tabell 33 – Tiltakspakker for å oppnå energikarakter A viser hvilke tiltak som må til for at Skansentoppen skal oppnå energikarakter A som smarthus. Med mulighet for gulvkjøling ved hjelp av varmepumpen (som også er installert i forrige tiltakspakke). Leilighetene tilfredsstill alle krav til teknisk forskrift (TEK07) med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS3031:

- Varmetapstall $0,48 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Total beregnet energibehov $118,5 \text{ kWh/m}^2 < 120 \text{ kWh/m}^2$
- Beregnet energibehov romkjøling $26,3 \text{ kWh/m}^2$
- Leilighetene tilfredsstill minstekrav til enkeltkomponenter (U-verdier, kuldebroverdier, lekkasjetall, spesifikk vifteeffekt (SFP) og gjennomsnittlig årlig temperaturvirkningsgrad for ventilasjonsanleggets varmegjenvinner.
- Samlet glass-, vindus- og dørareal delt på bruksareal $19,4 \% < 20 \%$

Konsekvensen av energiltakene for inneklimate (temperaturen i leilighetene) er vist i tabell 38. Ved å utbedre Skansentoppen med tiltakspakken ”smarthus med kjøling” ser vi av tabellen at i varme perioder (tabellen viser junimåned) vil maksimumstemperaturene bli fra sju til femten grader lavere, mens gjennomsnittstemperaturen og minimumstemperaturene vil bli fra en grad til seks grader lavere, enn for utgangspunktet (Skansentoppen uten tiltak).

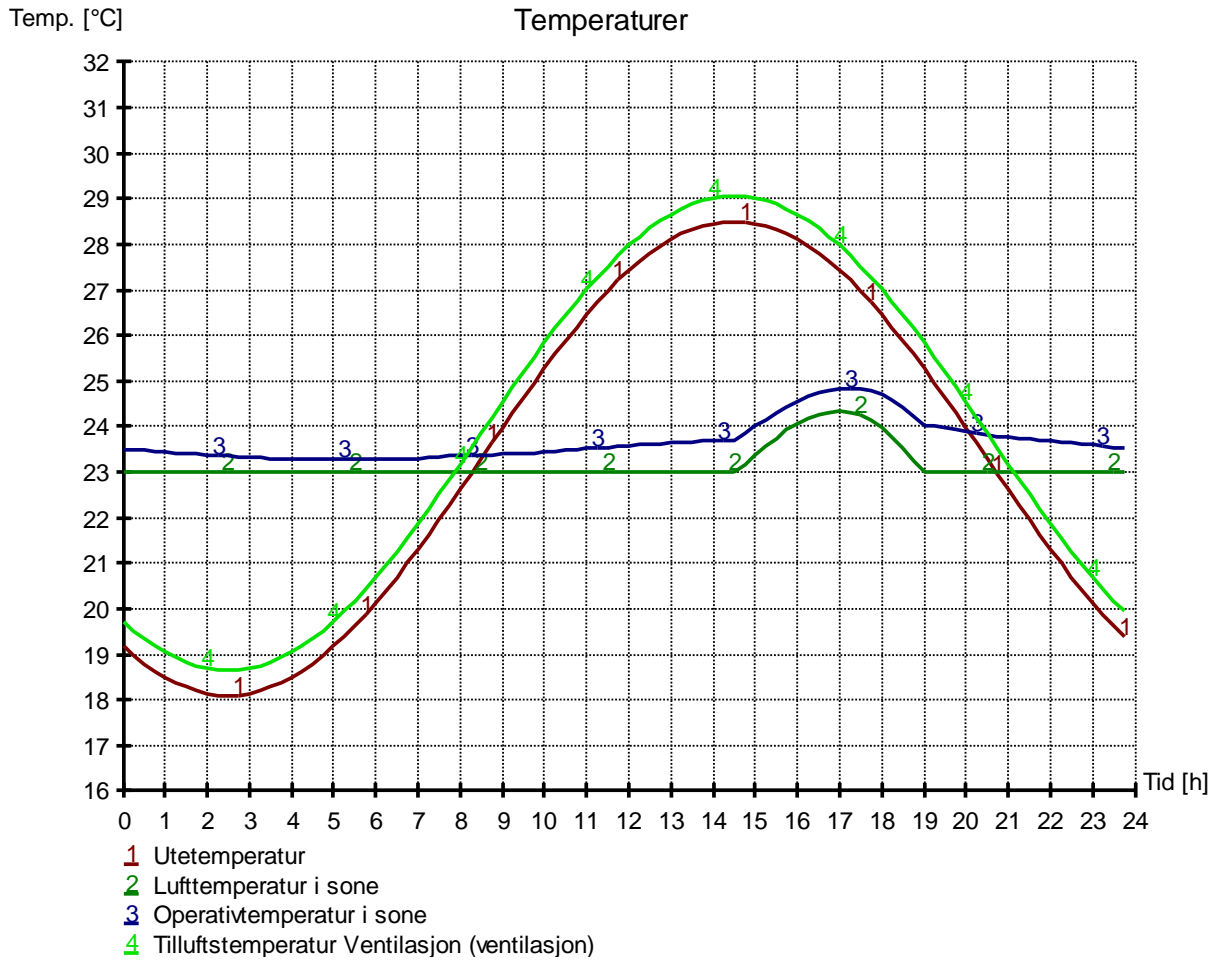
I kalde perioder (tabellen viser junimåned) vil gjennomsnittstemperaturen og maksimumstemperaturene holde seg tilnærmet uendrede før og etter tiltakene, mens minimumstemperaturene vil bli inntil tre grader lavere enn før tiltakene.

Tabell 38 – Konsekvenser for inneklimate av tiltakspakke smarthus med kjøling

Månedlige temperaturdata (lufttemperatur)	Leilighet 1	Leilighet 2	Leilighet 3	Leilighet 4	Leilighet 5	Leilighet 6
Midlere temp. juli (temperatur før tiltak)	22,9 °C (26,5 °C)	22,9 °C (26,4 °C)	23,0 °C (29,0 °C)	23,0 °C (29,6 °C)	22,9 °C (29,8 °C)	22,1 °C (30,6 °C)
Maks. temp. juli (temperatur før tiltak)	23,0 °C (30,1 °C)	23,0 °C (31,6 °C)	23,0 °C (32,4 °C)	23,0 °C (35,3 °C)	23,0 °C (35,5 °C)	23,6 °C (39,0 °C)

Min. temp. juli (temperatur før tiltak)	22,2 °C (23,6 °C)	22,2 °C (23,4 °C)	22,3 °C (25,8 °C)	22,4 °C (26,0 °C)	21,9 °C (24,3 °C)	22,1 °C (25,0 °C)
Midlere temp. januar (temperatur før tiltak)	20,5 °C (20,4 °C)	20,5 °C (20,4 °C)	20,6 °C (20,5 °C)	20,6 °C (20,5 °C)	20,4 °C (20,4 °C)	20,4 °C (20,4 °C)
Maks. temp. (januar) (temperatur før tiltak)	21,0 °C (21,0 °C)	21,4 °C (21,0 °C)	21,0 °C (21,0 °C)	22,5 °C (21,8 °C)	21,0 °C (21,0 °C)	22,5 °C (21,9 °C)
Min. temp. (januar) (temperatur før tiltak)	15,0 °C (19,0 °C)	15,0 °C (19,0 °C)	15,0 °C (19,0 °C)	15,0 °C (19,0 °C)	15,0 °C (19,0 °C)	15,0 °C (19,0 °C)
Kilde: E. Skistad – verdier fra sommersimuleringer i SIMIEN 5.003 – 2011.						












Figur 24 viser temperaturfordelingen over et døgn, simulert gjennomsnitt av en periode på fem dager i slutten av juli (den varmeste perioden av året for Oslo klima). Den mørkegrønne kurven (merket med tallet "2") viser innetemperaturen for leilighet 6. Vi kan se at klokken to på dagen vil temperaturen til uteluften (brun kurve merket med tallet "1") være på sitt høyeste, og et par timer senere vil innetemperaturen stige til omtrent 24,5 grader Celsius. Ellers vil innetemperaturen holde seg konstant ved 23 grader Celsius på grunn av gulvkjølingen.



Figur 24 – Temperaturer fra sommersimulering av leilighet 6 (smarthus med kjøling) fra SIMIEN 5.003

Tabell 39 oppsummerer merkostnadene av foreslåtte smarthustiltak (inkluderer også kjølebehov) for å heve energikarakteren til leilighetene på Skansentoppen fra C til B.

Tabell 39 – Estimerte merkostnader knyttet til bygging av Skansentoppen som **smarthus (med kjøling)**

Bygningsdel/komponent		Merkostnad	Kommentar (priser ekskl. mva.)
Kostnadsøkning karakter C til A		990 kr/m²	BTA
	yttervegg yttervegg under mark	43 kr/m ² 115 kr/m ²	fra 250 til 300 mm isolasjon (ISO 3) Går opp fra 200 til 300 mm isolasjon
	Gulv	100 kr/m ²	Går opp fra 200 til 300 mm isolasjon
	Yttertak Terrassegulv	117 kr/m ² 115 kr/m ²	Går opp fra 300 til 400 mm isolasjon Går opp fra 150 til 250 mm isolasjon
	Vinduer Dører	89.500 kr 22.800 kr	Benytter passivhusvinduer og dører med U-verdi = 0,70
	Varmegjenvinning og vifteeffekt	138.000 kr	Bedre gjenvinning, lavere SFP-faktor i aggregatet og tilstedeværelsessensorer
	Lufttetthet	12.650 kr	Tiltak for å nå et lekkasjetall på 0,6 oms/t og tetthetsmåling
Ψ	Kuldebroeliminerings	1.450 kr	Ekstra isolasjon for å redusere kuldebroer (i tillegg til tykkere vegger)
	Belysningsystem	3.450 kr	Energieffektiv belysning
	Oppvarmingssystem	- 48.300 kr	Byttet noe av gulvvarmen med radiatorer
	Kjølesystem	0	Det forutsettes gulv-/radiatorkjøling
	Varmepumpe	80.000 kr	Kostnader knyttet til ekstra varmeveksler for oppvarming av tappevann
	Solfangeranlegg	241.500 kr	Priser inkluderer rør og installasjon
	Ekstra prosjektering og kvalitetssikring	25.300 kr	Fokus på tetting, kuldebroer, isolasjon og gode løsninger
Kilde: E. Skistad – verdier fra Calcus – 2011, illustrasjoner: SINTEF/Google-bilder			












7.5.5 Tiltakspakke hightechhus + økonomisk konsekvens

Tabell 33 – *Tiltakspakker for å oppnå energikarakter A* viser hvilke tiltak som må til for at Skansentoppen skal oppnå energikarakter A som ”hightechhus”. Leilighetene tilfredsstiller alle krav til teknisk forskrift (TEK07) med validert dynamisk timesberegning etter reglene i NS3031:

- Varmetapstall $0,62 \text{ W/m}^2\text{K} < 0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Total beregnet energibehov $103 \text{ kWh/m}^2 < 120 \text{ kWh/m}^2$
- Beregnet energibehov romkjøling $26,3 \text{ kWh/m}^2$
- Leilighetene tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter (U-verdier, kuldebroverdier, lekkasjetall, spesifikk vifteeffekt (SFP) og gjennomsnittlig årlig temperaturvirkningsgrad for ventilasjonsanleggets varmegjenvinner.
- Samlet glass-, vindus- og dørareal delt på bruksareal $19,4 \% < 20 \%$

Tabell 40 oppsummerer merkostnadene av high-tech-tiltak foreslått for å heve energikarakteren til leilighetene på Skansentoppen fra C til A.

Tabell 40 – Estimerte merkostnader knyttet til bygging av Skansentoppen som **hightechhus**

Bygningsdel/komponent		Merkostnad	Kommentar (priser ekskl. mva.)
Kostnadsøkning karakter C til A		520 kr/m²	BTA
	yttervegg yttervegg under mark	0 0	Ingen endring (kun revidering av U-verdiberegning)
	Gulv	0	Ingen endring
	Yttertak Terrassegulv	117 kr/m ² 0	Går opp fra 300 til 400 mm isolasjon (kun revidering av U-verdiberegning)
	Vinduer Dører	89.500 kr 22.800 kr	Benytter passivhusvinduer og dører med U-verdi = 0,70
	Varmegjenvinning og vifteeffekt	34.500 kr	Bedre gjenvinning og lavere SFP-faktor i aggregatet
	Lufttetthet	12.650 kr	Tiltak for å nå et lekkasjetall på 0,6 oms/t og tetthetsmåling
Ψ	Kuldebroeliminerings	1.150 kr	Ekstra isolasjon for å redusere kuldebroer (i tillegg til tykkere vegger)
	Belysningsystem	3.450 kr	Energieffektiv belysning
	Oppvarmingssystem	0	Ingen endringer (vannbåren gulvvarme)
	Kjølesystem	0	Det forutsettes brukerstyrte tiltak
	Varmepumpe	149.500 kr	Kostnader knyttet til ekstra varmeveksler for oppvarming av tappevann og dypere grunnvannsbrønner
	Solfangeranlegg	0	
	Ekstra prosjektering og kvalitetssikring	25.300 kr	Fokus på tetting, kuldebroer, isolasjon og gode løsninger
Kilde: E. Skistad – verdier fra Calcus – 2011, illustrasjoner: SINTEF/Google-bilder			

7.6 Oppsummering av kostnadene ved energieffektivisering

Tabell 41 – *Sentrale data fra den nye kalkylen for Skansentoppen 2011* viser kostnader av tiltakspakkene. Se vedlegg (kalkyleutskrift) for utvalgte grunnlagsdata.

Tabell 41 – Sentrale data fra den nye kalkylen for Skansentoppen 2011

Beskrivelse	kr/m ² BTA	Kommentar
Boligdel	10.109,-	C-bygg er fratrukket boligdel for sammenligning av energikonseptene (reduert areal – 651m ² BTA)
Parkeringsdel	12.487,-	Ingen differanse (fremdeles 764m ² BTA)
Energikonsept: C-bygg	2.591,-	Dette er referansen for merkostnadene av energikonseptene under
Energikonsept: A-bygg	3.220,-	Calcus - prosjektbok inkl. prislinjer (se vedlegg ”kalkyleutskrift” for detaljer*)
Energikonsept: Passivhus	3.506,-	Calcus - prosjektbok inkl. prislinjer
Energikonsept: Hightechhus	3.112,-	Calcus - prosjektbok inkl. prislinjer
Energikonsept: Smarthus**	3.580,-	Calcus - prosjektbok inkl. prislinjer
<p>*Det er tatt med deler av kalkyleutskriften i vedlegget, da denne er på 120 sider anses det som unødvendig å vise alt materiell (det meste er likt, bortsett fra forandringer knyttet til bygningselementer som har betydning for energieffektiviseringen av leilighetene).</p> <p>**Smarthus med kjøling = Smarthus uten kjøling (kun driftstekniske forskjeller)</p> <p>Kilde: Utskrift fra Calcus – prosjektbok, utarbeidet av Johansson, B [18] og Even Skistad, våren 2011. (vedlagt)</p>		

Tabell 42 viser merkostnadene av å bygge Skansentoppen med energikarakter A, som differansen mellom kostnadene av de forskjellige nye energikonseptene og energikonsept C:

Tabell 42 – Merkostnader av forskjellige tiltakspakker for å oppnå energikarakter A

Beskrivelse	kr/m ² BTA	Kommentar
Energikonsept: Lavenergihus	630,-	Det er lagt hovedvekt på å isolere bedre enn utgangspunktet, ingen tekniske utfordringer
Energikonsept: Passivhus	915,-	Prinsippet om fornybare energikilder og redusert behov for kjøpt/levert energi (vha solfangeranlegg), isolere bedre enn utgangspunktet
Energikonsept: Hightechhus	520,-	Begrensede endringer mht isolering, bedre virkningsgrader på tekniske anlegg
Energikonsept: Smarthus (m/u kjøll)	990,-	I tillegg til passivhuskriterier er smarthuset utstyrt med mer automatikk og bedre styringssystemer for økt komfort og bedre brukervennlighet
Kilde: Even Skistad, våren 2011		

7.7 Nåverdi av energiltak

Oppgaven har betraktet nåverdien av å investere i et solfangeranlegg. Et system som baserer deler av oppvarmingen av leilighetene på forvarming av vann ved hjelp av solfangere. Nåverdiene av denne investeringen ved forskjellige forutsetninger (se vedlegg ”nåverdiberegninger”) er vist i tabell 43:

Tabell 43 – Nåverdiberegning av solfangeranlegg

Alternativer	Nåverdi
solfangeranlegg (konservativ analyse)	- 5.200 kr
solfangeranlegg (strømpris = 1kr/kWh)	1.800 kr
solfangeranlegg (20 % støtte fra Enova, eller lignende)	6.700 kr
Kilde: <i>Skansentoppen nåverdiberegninger solfangeranlegg.xls</i> Even Skistad, våren 2011. (Vedlagt)	

Forutsatt optimale anlegg med lave driftskostnader og dagens strømpris (antatt lik 1 krone per kilowatt) vil det lønne seg å investere i et solfangeranlegg, ifølge beregningene over.

8. Diskusjon

I følgende kapittel diskuteres konsekvensene energiforsyning, bygningstekniske og brukerstyrte energiltak vil ha for energibruken i boligblokkene på Skansentoppen. Dessuten kommenteres og kritiseres resultatene, og til slutt oppsummeres tiltak oppgaven foreslår som kostnadsoptimale, jamfør oppgavens problemstilling.

8.1 Konsekvens av ”bygningmessige energiltak”

8.1.1 Energieffektive vinduer – en forutsetning for energieffektive bygg

Den første simuleringen for Skansentoppen viste at ca 28 prosent av varmetapet i bygget ville skje gjennom vinduer og dører (figur 15 før tiltak). Med et varmetapstall for glass/vinduer/dører på $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$. Sammenlignet med andre bygningskomponenter er reduksjon av varmetapet gjennom vinduer et av de tiltakene som reduserer varmetapstallet mest. Dette er dermed et vesentlig tiltak for å redusere bygningens varmetap. I utgangspunktet er prosjektet planlagt med vinduer med tolags energiglass og isolert trekarm. Disse har en dokumentert total U-verdi på $1,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ (inkludert karm). Norske vindusleverandører markedsfører i disse dager vinduer med U-verdier helt ned i $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ [17]. Ved kun å bytte vinduer ville man for dette prosjektet redusert energibehovet med $4,6 \text{ kWh/m}^2$ per år (verdi fra energismuleringene) og ende opp med et varmetap for vinduer og dører på 26 prosent for bygget (figur 21 etter tiltak). Og varmetapstall på $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$. Det vil si omtrent 4 prosent lavere energibehov i forhold til det opprinnelige bygget. Mindre kaldras fra vinduene og større fleksibilitet til plassering av varmekilder trekkes frem av Sintef Byggforsk som en stor fordel for energieffektive vinduer [31].

Redusering av vindusarealene er derimot ikke et like godt tiltak. Det utgjør ikke mye for energibruken om vindusarealene reduseres eller ikke. I simuleringene med store vinduer er det høyst sannsynlig at varmetapet kompenseres med ekstra tilskudd i perioder der temperaturene utendørs er høye. Med store temperaturvariasjoner oppstår spørsmålet om

komforttemperatur og overoppheting av bygget. I samtlige sommersimuleringer i oppgaven (i rapporten presentert med sommersimulering av smarthus uten kjøling - tabell 36) der det ikke er installert kjøling i bygget, kan romtemperaturer komme opp i omtrent 40 ° i de varmeste periodene av døgnet. Hvis dette anses som et problem kan man lufte, eller ved hjelp av passive tiltak: solavskjerming (omtalt i eget kapittel seinere i rapporten) eller reduksjon av vindusarealer oppnå komfortable temperaturer. Mindre størrelser på vinduene reduserer allikevel ikke makstemperaturene nok til å være et fullgodt tiltak alene. I tillegg fører mindre vindusareal til at mindre dagslys slipper inn i bygningen. Fra resultatkapitlet, figur 19, har vi at dagslysfaktoren for soverommet var 2,38 med opprinnelig vindusstørrelse. Dette tilfredsstillende anbefalinger om gjennomsnittlig dagslysfaktor på 2 % i rommet med god margin, ifølge veiledning til forskriftene [17]. Reduksjon av vindusarealer ville ført til dagslysfaktor litt under anbefalt nivå. I et energiperspektiv ville det vært fornuftig å redusere vindusarealene ytterligere, da vinduer er de bygningskomponentene som har høyest varmetapstall (altså minst energieffektive i forhold til gulv, tak og vegger). Det må da gjøres oppmerksom på at det ville fått negative konsekvenser for dagslys i rommene. Det er tross alt, ifølge Statens bygningstekniske etat en viktig faktor for menneskers psykiske helse å ha nok dagslys [17]. For å ivareta hensynet til dagslys ble det ikke redusert vindusarealer i alle tiltakspakkene. De tiltakskombinasjonene hvor vindusarealene ikke ble redusert måtte kompensere med andre tiltak for å oppnå samme energiytelse. Minimale vindusarealer kan med dette sies å være et viktig tiltak for høy energieffektivitet.

Et annet hensyn knyttet til vindusstørrelser er arealandel karm i forhold til glassarealer. Da karmen i følge vindusleverandøren er den dårligste komponenten varmetapsmessig i et vindu anbefales det få store (fremfor mange små) vinduer med løse sprosser (ikke karmen som deler opp rutene) [17].

Ved nybygg er det ikke stor forskjell på den fysiske monteringen av forskjellige vinduer. Det kan være at tyngden av de beste vinduene etter hvert vil bli et problem. Trelags glass og tykkere karm veier mer enn tolags glass og enkel karm. Kanskje montasjen vil kreve at flere arbeidere samarbeider om innsetting, som i sin tur vil føre til merkostnader ved valg av energieffektive vinduer. Dette er det ikke tatt stilling til i oppgaven, da det på nåværende

tidspunkt er umulig å si hvor mye ekstra tid dette vil ta (kanskje det vil ta mindre tid) og den ekstra kostnaden dette ville medført.

Energieffektivisering ved å bytte vinduer med standard kvalitet til lavenergivinduer er i henhold til tabell 32 et av de dyreste tiltakene i denne oppgaven. Da det er valgt ikke å øke isolasjonstykkelse utover de verdiene som er brukt i rapporten viser energisimuleringene at det er absolutt nødvendig å installere lavenergivinduer for å oppnå energikarakter A.

8.1.2 Kuldebrytere øker komforten - liten energivinst

Kuldebryting er i oppgaven omtalt som ekstra isolering av dekkeforkanter (figur 4), overganger vegg til tak (detaljtegning i vedlegg ”tegninger”), overganger gulv til vegg, eller området rundt vinduer og dører. Økt isolasjonstykkelse er hovedtiltaket for reduksjon av kuldebroer. Dersom vinduene monteres et stykke inn i veggen - ikke i flukt med utvendig kledning, men nærmere isolasjonssjiktet i veggen kan det regnes med lavere kuldebroverdier ifølge professor i bygg og miljøteknikk Tormod Aurlien [47]. I tillegg til en bedre kobling med hensyn til isolasjonssjikt vil det også oppstå et ”stillestående” luftsjikt på utsiden av vinduene. Dette er en positiv effekt for ”kuldebrytingen”.

Ved å redusere virkningen av kuldebroer øker komforten. Isoleres det bedre i overganger mellom vegg og gulv vil dette føre til høyere overflatetemperaturer i områdene kuldebroer har lett for å oppstå. Dette er basert på studier Sintef Byggforsk har gjort [29]. Ved å tenke omvendt kan kuldebroer fungere som ”varmekilder” i varme perioder. I oppgaven er det vektlagt å holde utilsiktet varmetilskudd så lavt som mulig, og det er dermed valgt å isolere ytterligere for å redusere kuldebroeffekten.

Resultatene i tabell 18 viser at det kan spares ca 3 % av det opprinnelige energibehovet for Skansentoppen ved å utføre kuldebrotiltak. Dette krever enkle bygningsmessige grep, som ifølge kalkulasjonsansvarlig i Skanska Björn Johansson ikke har stor priskonsekvens [18].

Da isolasjon av kuldebroer er et av de rimeligste tiltakene i henhold til tabell 32 og det er enkle grep som skal til for å gjennomføre det - er dette valgt for alle tiltakspakkene.

Oppgaven har også sett på muligheten til å erstatte deler av betongen i vegger med skumglass eller lignende. Et materiale som har lavere varmeledningsevne enn betong og høy trykkfasthet, ville fungert som en kuldebryter i overganger fra vegg til etasjeskille. Overgangen fra vegg i garasjekjeller til etasjeskille og videre opp i første etasje er et av områdene det er vurdert tiltak for. Det er sett på løsninger i samarbeid med professor Tormod Aurlien [47] og leverandører av isolasjonsprodukter. På grunn av mangel på produkter for dette formålet og dermed høy pris, ble denne løsningen forkastet.

8.1.3 Fokus og gode løsninger for mindre luftlekkasjer

For å eliminere luftlekkasjer i bygningskroppen bør man ha stort fokus på riktig utførelse og riktig prosjektering av løsninger. Blir vindtettingen skjøtt riktig, gjennomføringer eller perforeringer påsatt typegodkjente mansjetter eller lignende, vinduer tettet/fuget riktig og plassert i flukt med veggens isolasjonssjikt - er det i følge fagfolk ikke noe problem å oppnå lavere lekkasjetall enn det som kreves [48]. Riktig fokus og godt håndverk er rådene jeg har fått (og kan gi videre) angående tiltak om tetting av luftlekkasjer i bygg. Dette uten ekstra tiltak, eller kostnader.

Dokumentasjonen av byggets luftlekkasjer koster derimot penger. Tetthetsmålinger koster i dag fra fem tusen kroner per test. Det kan trykktestes en hel blokk for å kontrollere tettheten til bygget. Eventuelt kan bygget deles inn i soner, eller etasjer for å dokumentere lekkasjetallet spesifikt for hver leilighet/enhet. Det anbefales å teste bygg minst to ganger i løpet av byggefasen, men gjerne flere for å eliminere byggefeil underveis i prosessen. I praksis testes alle nybygg for å kunne dokumentere for prosjekterte lekkasjetall. Og så lenge Skansentoppen ikke skal klassifiseres som passivhus (som har strengere krav til lufttetthet), ser jeg det som unødvendig å teste mer enn to ganger, som anbefalt.

Med forutsetningene som er lagt til grunn i rapporten vil det være mye energi å spare på dette relativt billige tiltaket. Tabell 32 viser at tetting av luftlekkasjer er et av de mest kostnadsoptimale tiltakene. Tiltak for passivhus er dyrere på grunn av ekstra tetthetsmåling.

8.1.4 Isolering av yttervegger – tvil om fukt og redusert salgbart areal

I oppgaven er det lagt fokus på anbefalinger fra Skanska med hensyn til klimaskjerming i boliger. Yttervegger har en optimal tykkelse dersom isolasjonssjiktet er ca 300 millimeter [34]. Siden konsekvensene av å øke isolasjonstykkelsene i vegger som bygges i norsk klima ikke er grundig kartlagt er det valgt å ikke øke veggtykkelsene for Skansentoppen ut over dette. Da det er tvil om fuktbevegelse og innbygging av fukt ved å bygge tette luft- og dampsperrsjikt henholdsvis på ut- og innsiden av isolasjonen, skal det ifølge normer i byggebransjen være trykt å ”bygge inn” denne tykkelsen med isolasjon. Jeg kan stille meg kritisk til dette, men i mangel på forskning/teorier om de negative konsekvensene av å øke isolasjonstykkelser kan jeg bare påpeke de positive sidene tiltakene vil få for energibruken. Og enn så lenge følge rådene om anbefalte tykkelser i yttervegger. Det kan hende at dette er en konservativ verdi å låse seg til, men oppgaven har satt dette som øvre grense. Uansett er det oppnådd veldig god isoleringsevne ved å kombinere materialer av god kvalitet og ny teknologi (isolert trestender) til tross for ”beskjeden” veggtykkelse.

Tvilen om tykke yttervegger dreier seg også om redusert salgbart areal. Bruttoarealet av en bolig måles i henhold til standarden som arealet som avgrenses av omsluttende yttervegger. Dette vil si at veggtykkelsen får innvirkning på dette arealet, som igjen får konsekvens for arealet som oppgis ved kjøp og salg av boligen. I henhold til tabell 32 *kostnadsoptimale tiltak* er yttervegger med bindingsverk av Iso3-stendere (etter isolering av kuldebroer) det mest økonomiske tiltaket for reduksjon av varmetap for Skansentoppen.

Av den nye kalkylen ser vi at det vil lønne seg å bygge veggen med én stender og dampsperre mellom stenderen og innvendig kledning, istedenfor å bygge med inntrukket dampsperre (og påføring med ekstra isolasjonssjikt). Det viste seg at arbeidstiden gikk ned ved å bygge klimaskjermen med et sjikt stendere. Ulempen med dette er at lekkasjetallet kan øke dersom dampsperran perforeres ved hulltaking for rør og andre gjennomføringer i yttervegger. Et tiltak for å hindre perforeringer kan være å minimere behovet for rørføringer i klimaveggene. Vann og elektriske føringer kan monteres i innervegger, for eksempel fra fellesarealene som er en varm sone. Skjult elektrisk anlegg bør kanskje vurderes byttet til

åpent anlegg langs yttervegger for å unngå konflikt med isolasjonssjiktet og hull i dampspærren.

8.1.5 Isolering av tak – kun pris som begrenser tykkelsen

Taket er den nest største overflaten i klimaskjermen (etter ytterveggene), det er derfor viktig at varmen fra leilighetene ikke stiger opp gjennom taket, men holdes igjen mest mulig. Holdes igjen av et tykt isolasjonssjikt. Taket er i utgangspunktet godt isolert, men ved å øke tykkelsen ytterligere vil leilighetene spare mer energi. Det eneste som eventuelt måtte begrense viljen til å isolere mer enn utgangspunktet - er prisen. Da isolasjonen koster omtrent en krone per millimeter per kvadratmeter isolasjon vil nytten av lavere varmetap begrenses av kostnaden ved tiltaket. Isolering av tak er ifølge tabell 32 *kostnadsoptimale tiltak* et dårlig tiltak for Skansentoppen, motsatt av rådene som er diskutert i oppgaven. Forholdsvis billige materialer veier ikke opp for lav nytte med hensyn til energieffektivitet. Den kostnadmessige konsekvensen bør vurderes grundigere i fremtidige prosjekter. Dette ble oppdaget i en sen fase av denne oppgaven, og er således ikke ”optimalisert” da tiltak for tiltakspakkene ble valgt. Kanskje 300 millimeter (som det opprinnelig er prosjektert med) er en optimal tykkelse. I oppgaven ble dette tiltaket ansett som et billigere tiltak enn det skulle vise seg at det vil bli i praksis. Av tabell 35 (differansen mellom enhetspris for takteking i delprosjekt lavenergi og C-bygg i kalkylen vedlagt) og tabell 22 (energiutbyttet ved å øke tykkelsen) fremgår det at energiutbyttet er for lavt til at økt tykkelse vil lønne seg.

Potensialet for ytterligere isolering av taket er (feilaktig) utnyttet i oppgaven. For lavenergipakken er det valgt å isolere med gjennomsnittlig 500 millimeter isolasjonstykkelse (fall mot sluk medfører steder med tykkere/tynnere sjikt). Da maksimal byggehøyde begrenses av heissjakt som ”stikker opp” i midten av bygget, og overkant heissjakt har en kotehøyde nesten en meter over opprinnelig kote for ferdig tak – er mulighetene til stede for å øke tykkelsen her. Den eneste ulempen ved økt isolasjonstykkelse på taket (som studiene har kommet frem til) må være at økt gesimshøyde vil sjenere naboer og andre. På en annen side er det ikke sikkert at dette blir merkbart, verken for skygging eller andre hensyn sånn som estetikk. Da gesimshøyden er relativt liten i forhold til resten av bygget vil det antakelig

ikke se veldig forskjellig ut om den økes opptil 300 millimeter (se vedlagte fasadetegning lavenergihus sammenlignet med figur 13 og 14 i rapporten).

8.1.6 Isolering av gulv (garasjehimling) – dyrt og plasskrevende

Energimessig vil garasjehimlingen - altså isolasjonssjiktet mellom kjelleren og førsteetasje ha relativt liten nytte av økt tykkelse. Ulempen med økt isolasjonstykkelse vil være lavere himlingshøyde. Da alternativer knyttet til dypere kjeller ikke er aktuelt fordi innkjøringen til kjelleren er for bratt, vil det bli lavere "takhøyde" i kjelleren. Det vil ikke få konsekvenser for kjøretøy (garasjeporten er lav) med lavere himling, men av andre årsaker som ikke er nevnt her kan det være at det ønskes maksimal høyde i kjelleren. Økonomisk er det også mer gunstig å iverksette andre tiltak enn dette. Av tabell 32 fremgår det at tiltaket er dyrere i forhold til hvor mye energi det spares.

8.1.7 Varmelagring – minimale forskjeller ved realistiske tiltak

Det viser seg at Skansentoppen har et godt utgangspunkt med tanke på varmelagring, og dermed lite potensiale for forbedring. Oppgaven har studert to tiltak for ytterligere utbytte av konstruksjonens termiske egenskaper. Av energisimuleringene med resultatene fra tabell 24 fremgår det at de forslåtte tiltakene vil ha ubetydelig påvirkning på energibehovet. De økonomiske konsekvensene for dette tiltaket er ikke vurdert, da varmelagringstiltakene viser seg å ha lavere nytte enn antatt.

8.1.8 Ventilasjon – varmegjenvinning og behovstyring

De tekniske forskriftene som gjelder for Skansentoppen (TEK07) krever varmegjenvinning for ventilasjonsanlegget. Av tabell 1 ser vi at det kreves en gjennomsnittlig varmegjenvinning på 70 prosent. De opprinnelige leilighetene ble prosjektert med 80 prosent gjenvinningsgrad. Med økt varmegjenvinning vil brukerne av bygget unngå å slippe ut varme som inneholder mye energi, som er relativt kostbar å produsere. Resultatene av energisimuleringene for ventilasjonsanlegg med forskjellige temperaturvirkningsgrader viser

i tabell 25 at det er mye energi å spare ved å øke gjenvinningen med ”bare” 85 prosent. Dette er i henhold til avdelingsleder i Skanska tekniske Eirik Hemminghytts anbefalinger øvre grense for varmegjenvinning [49]. Økes ytelsen mer vil det oppstå fare for frost og kondensdannelser i kalde perioder av året, som kan få alvorlige konsekvenser. Det er i denne oppgaven ikke kjent om frostsikring er et sikkert tiltak mot frost, og dermed oppstår usikkerheten knyttet til driftsrisiko. Driftsrisikoen kommer ikke brukerne seg unna. Verken med god eller veldig god varmegjenvinner. Hvis varmegjenvinningen ikke fungerer optimalt vil varmetapet øke og dermed gevinsten av å ha et godt anlegg minke. Allikevel forutsettes det i oppgaven at det er trygt å installere et aggregat med 85 % gjenvinning og roterende varmeveksler.

Ventilasjonsaggregater med 85 % varmegjenvinning er normalt 10 centimeter høyere og 10 cm bredere enn det opprinnelige aggregatet som er planlagt for Skansentoppen. Dette vil ikke ha stor konsekvens for installasjonen i det tekniske rommet og det forutsettes at det er plass nok, slik at merkostnaden av dette tiltaket kun er knyttet til bedre aggregat og større sikringsstørrelse. Ventilasjonsteknikeren hevder at det opprinnelige aggregatet krever sikring på 10 Ampere, mens et større aggregat krever minst 13 Ampere (dette har ikke stor kostnadmessig konsekvens) [50].

I tillegg til varmegjenvinning har også vifteeffekt (lav SFP-faktor) i følge tabell 25 litt å si for energiforbruket. For å redusere effektbehovet til vifter må de opprinnelige viftene erstattes av såkalte EC-vifter. Med totalt 4 % reduksjon av energibehovet etter de to tiltakene som er valgt er dette et av de beste tiltakene. Kostnadmessig kommer disse tiltakene på en sjetteplass i rangeringen av kostnadsoptimale tiltak i tabell 32. Begge tiltakene er dermed å anbefale.

8.1.9 Belysning – mer lys, mindre varme

Energieffektiv belysning er nummer to blant kostnadsoptimale tiltak i henhold til tabell 32. Det er ikke funnet ulemper ved å installere LED-pærer istedenfor vanlige pærer som leilighetene leveres med. Energieffektiv belysning (her representert med diodeteknologi

istedenfor glødetråd) er ikke mye dyrere enn standard belysning. Leilighetene vil ifølge energisimuleringene (delkapittel 7.1.9) spare i overkant av to kilowattimer per kvadratmeter bruttoareal av leiligheten i året med 20 prosent reduksjon i effektbehovet. LED-belysning bruker ifølge elektroingeniør i Skanska Morten Ulfski fra 30 til 70 prosent mindre energi enn vanlig, derfor er det naturlig å tro at det er mulig å spare mer enn det er regnet med i denne oppgaven. 20 prosent reduksjon i energibehovet til belysning er valgt som verdi på grunnlag av beregningsmetoden i standarden [14] beskrevet i kapittel 4.1.9. I tillegg er levetiden til dioder opptil 50 ganger lengre enn for glødepærer. Kort oppsummert gir fremtidens lyskilder mer lys for pengene og mindre utilsiktet varme.

8.1.10 Solavskjerming – refleksjon på bekostning av absorpsjon?

Av resultatene i tabell 26 fremgår det at ved å installere markiser på Skansentoppen vil det kreves mer energi enn leilighetene vil bruke uten. Dette kan ha en naturlig forklaring i at markiser vil reflektere vekk mye av sollyset som ellers fungerer som passiv oppvarming. Da det på dette tidspunkt i rapporten ikke er funnet entydige svar på årsaker og virkninger av solavskjerming, i tillegg til usikkerhet til resultatene velges det i oppgaven å ikke ta beslutninger om hva som lønner seg eller ikke av solavskjermingstiltak.

8.1.11 Bygningsorientering – ”alle monner drar”

Av tabell 27 under kapittel 7.1.11 viser studien at ved å vri leilighetene slik at opprinnelig vestfasade blir sørfasade kan det spares opptil 2 % av opprinnelig energibehov. Dette tiltaket krever ikke forandring av bygningskroppen og er i så tilfelle ikke kostnadsdrivende. Allikevel er dette tiltaket ansett som lite sannsynlig å gjennomføre. Da Skansentoppen bygges i et etablert boligområde med naboblokken liggende i samme retning som de nye leilighetene er planlagt i ble forslag om å vri bygget forkastet. Siden alle monner drar bør man kanskje ved neste prosjekt vurdere om det enten er mulighet for å dreie bygningsmassen for å undersøke om det kan ha innvirkning på energibruken, eller planlegge fasader slik at passiv solvarme blir utnyttet på en mer fornuftig måte.

8.2 Konsekvens av ”energiforsyningstiltak”

8.2.1 Varmepumper – en gavepakke

Forbedring av varmepumpesystemet er løsningen for energiforsyningen av Skansentoppen. Dette er det av de tiltakene oppgaven har vurdert som gir størst nytte for pengene. Tabell 31 viser at forbedrede ytelser for slike anlegg er et av de mest kostnadsoptimale tiltakene for redusert energibehov. Så lenge systemene fungerer (uten driftsproblemer) vil en varmepumpe som henter energi fra bergvarme produsere 3,5 gang effekten anlegget bruker dersom det plasseres i områder som Drøbak, eller lignende steder. Ifølge spesialister omtalt i rapporten er det få grep som må gjøres for å øke ytelsen til et slikt anlegg. Enten kan det borres dypere (inntil en viss dybde, ca 300 meter, før det må installeres ekstra pumper – som vil koste mer) eller ved å borre ett eller flere hull ekstra. Ekstra eller dypere hull vil øke stabiliteten til reservoaret hvor energien hentes fra. Skansentoppen får borrehull som er ca 200 meter dype. Dette er et godt utgangspunkt for å få uendelige energiressurser fra fjellet under tomten det skal bygges på. Skulle tilsiget av vann i grunnvannsspeilet svikte over tid, mener ekspertene at nærheten til havet vil ”lade” fjellet med varme nok til at det ikke er fare for ytelsen til pumpeanlegget. Dybden fra leilighetenes kjeller til havnivået er omtrent 115 meter (fra situasjonskartet – figur 10). Oppvarming av leilighetene og store deler av tappevannet kan dekkes med varmepumpen Skansentoppen opprinnelig er prosjektert med.

Ulempen ved kun å satse på varmepumpe (pluss noe elektrisitet) vil være hvis/når anlegget får driftsproblemer. Det er ikke tatt hensyn til kostnadene ved eventuell reparasjon av slike anlegg, da det kan antas at disse ville vært de samme for det opprinnelige anlegget.

8.2.2 Solfangeranlegg – fremtidsrettet, fornybar og økonomisk

Installasjon av solfangeranlegg på Skansentoppen er per dags dato et dyrt tiltak. Derimot vil dette tiltaket ifølge nåverdiberegninger (resultater fra beregningene i tabell 43) lønne seg over tid. Med forutsatt levetid for solfangeranlegget på 20 år og forventet levetid for andre komponenter på 50 år vil leilighetene etter hvert tjene inn investeringen. I beste fall for

regnestykket øker strømprisene de neste årene, og solfangeranlegget ”produserer” opptil 900 kilowattimer per kvadratmeter solfanger i året (som avlaster behovet for strøm). Det er i oppgaven tatt realistiske hensyn til pris og vedlikeholdskostnader. Det knytter seg større usikkerhet til holdbarhet og levetid for et lavtrykksanlegg som det er regnet på.

For å øke nytten av solfangerpanelene kan det være aktuelt å montere panelene i fasadene istedenfor på taket, slik de er tegnet i vedlegget (eget hefte). Da spares det samtidig materialer til kledning og det unngås antakelig problemer med hensyn til snø. Byggforsk og leverandøren av anlegget det er regnet på hevder at optimale helningsvinkler kan avvikes en del før det får konsekvenser for effektiviteten til anlegget. Dette må det selvfølgelig tas nøyere beregninger på for å kartlegge realismen i.

Frost skal ikke være noe problem da dagens systemer er selvdrenerende, eller de kan leveres med varmemedium som er frostfrie.

8.2.3 Solcelleanlegg – fremtidsrettet og kostbart

Solcelleanlegg som energitiltak ble forkastet tidlig i prosessen. Det viste seg fort at ulempene veide tyngre enn fordelene med et slikt anlegg. Pris er hovedargumentet mot, i tillegg til liten energigevinst.

8.2.4 Bioenergi – grønt, men til enhver pris?

Med energiforsyning basert på bioenergi istedenfor varmpumpe ga energisimuleringen en bedre (grønnere) oppvarmingskarakter for prosjektet, mens energikarakteren sank et nivå. Dette anses som et lite effektivt tiltak (i energimerkesammenheng) for Skansentoppen da oppvarming med varmpumpe har over dobbelt så god ytelse med tanke på virkningsgrader (dokumentert i NS3031 med 2,2), enn biokjelanlegg (verdi 0,8).

8.2.5 Fossile brensler – ikke aktuelt

Det er også lite aktuelt å installere energiforsyning basert på fossile brensler. Forskriftskrav, rød (negativ oppvarmingskarakter) miljøstatus og lav virkningsgrad gjør dette alternativet uaktuelt.

8.3 Konsekvens av ”brukerstyrte energiltak”

Brukerstyrte energiltak er oppgavens enøk-tips. Disse har ikke direkte innvirkning på energimerkingen. Det er allikevel valgt å ta de med fordi energibruken i et bygg avhenger av brukeren og hvordan bygget brukes. Da det er vanskelig å anta pris på brukervaner og bevissthet rundt ”enøk-konseptet” er det ikke beregnet kostnader knyttet til brukerstyrte energiltak.

8.3.1 Vannsparing – en selvfølge

Sparing av vann burde være en selvfølge (kaldt, som varmt). Samfunnsmessig er det knyttet store kommunaltekniske fordeler til sparing av vann. Mindre vannvolumer vil føre til mindre volumer å rense på vei til og fra forbrukeren, i tillegg til fordeler for ledningsnett. Privat kan det spares inntil 30 prosent energi til tappevann ved å installere energieffektivt sanitæranlegg i henhold til Byggforsks normer [40]. Med en slik reduksjon viser resultatene av energisimuleringene i tabell 29 at dette utgjør en besparelse på hele 13 prosent i forhold til den forventede årlige energibruken (fra årssimuleringene i SIMIEN).

Forbruk angående tappevann og energibehov til oppvarming av dette er basert på standardiserte verdier og dermed vil forbruket variere fra disse tallene. Individuelle brukervaner og komfortkrav er vanskelig å anta uten statistiske undersøkelser. Dette i tillegg til at vannsparing ikke får konsekvens for energimerkingen av leilighetene på Skansentoppen er årsaken til at det ikke er regnet priser på dette tiltaket.

8.3.2 Temperaturstyring – energieffektivitet på bekostning av komfort

Det er i oppgaven simulert forskjellige endringer av driftstemperaturer for Skansentoppen. Tabell 30 viser at 1° reduksjon medfører omtrent 4 prosent reduksjon i energiforbruk, 2° 8 prosent og 3° 10 prosent. En realistisk endring av driftstiden for oppvarmingen vil ifølge beregningene hatt liten effekt. Det er regnet med temperatursenking for oppvarmingssystemet i simuleringene. Slik kan man spare energi i perioder leilighetene ikke er i bruk. Dette er antakeligvis ikke like energieffektivt for Skansentoppen. Det er stor varmetreghet i leiligheter med tunge termiske masser. Dersom oppvarmingen slås av over lang tid - vil det ta lang tid samt kreve mye energi å varme opp igjen de store massene.

Dersom oppvarmingssystemene leveres med manuell styring eller styringssystemer som kan reguleres i soner er det, basert på simuleringene muligheter til å spare kanskje 2 til 4 prosent av opprinnelig energibehov ved å ha temperatursoner i rom det kan aksepteres lavere temperaturer enn komforttemperatur. Dette tilsvarer en besparelse på 5.000 kilowattimer årlig for hele hus A. Siden besparelsen går på bekostning av komforten er det ikke vurdert konkrete tiltak med hensyn til temperaturstyringssystemer eller lignende kontrollsystemer.

8.3.3 Teknisk utstyr – energimerket

I oppgaven er det kun sett på effekten av å redusere behovet for energi til teknisk utstyr. Hvitevarer, brunevarer og annen forbrukerelektronikk. Tiltakene er ikke relatert til konkrete forbedringer, oppgaven viser kun hvor mye det kan spares ved å redusere forbruket i forhold til de standardiserte verdiene i NS3031. Det kan tenkes at forbruket kan reduseres ved å bruke utstyr med god energimerking, ny teknologi: med LED (lysemitterende dioder) og OLED (videreutvikling av LED-skjermer), energieffektive datamaskiner, etc. Motsatt kan det tenkes at økt bruk av teknisk utstyr (lading av Ipad, smarttelefoner, etc) vil føre til høyere forbruk. Oppgaven belyser mulighetene for sparing, og konstaterer med at det på dette tidspunkt er for lite informasjon til stede for å konkludere med hvor mye det er mulig å spare på teknisk utstyr. Disse tiltakene får ikke innvirkning på energimerkingen.

8.3.4 Varmetilskudd fra personer

Varmetilskudd fra personer er ikke vurdert som et konkret tiltak i oppgaven. Det er simulert forskjellige scenarier for å undersøke konsekvensene antall personer i en husholdning har for energibehovet med tanke på energitilskudd (ikke tatt hensyn til at vann og annet forbruk antakeligvis vil øke med fler personer).

8.3.5 Energioppfølging, AMS – et ubeskrevet kapittel

Avanserte måle- og styringssystemer er et annet tema det ikke er funnet nok informasjon om i oppgaven. Nye strømmålere med timebasert avlesning av strømforbruk er et relativt nytt konsept – antakeligvis noe av årsaken til at det ikke finnes statistikker på hvor mye det kan spares ved installasjon av slike systemer. I tillegg er det ennå ukjent hvor mye en måler av denne typen vil koste. AMS må studeres mer enn det er gjort i denne oppgaven. Kanskje en oversikt over hva energien brukes til vil føre til bedre disponering av energien.

8.3.6 Riktig lufting – unngå fyring for kråka

Med et mekanisk ventilasjonssystem der varmegjenvinning er avhengig av at ”all” (så mye som mulig av) luften som skal skiftes må gjennom systemet for at gjenvinningen av energien skal fungere optimalt – må bygningen være så lufttett som mulig. Dette gjelder kun i perioder hvor det er kaldere ute enn inne. Oppgaven har sett på tetting av luftlekkasjer og funnet at det er mye å spare på å holde bygget tett. Da er det viktig at det ikke luftes utilsiktet, slik at varmen innenfra slipper ut og fører til økt oppvarmingsbehov (i perioder det er kaldt ute).

I varme perioder kan lufting om natten være et godt tiltak for kjøling. For Skansentoppen gjelder dette spesielt, da konstruksjonen har mye termisk masse. Dersom betongen kjøles ned om natten (frikjøling), vil det gå en viss tid utover dagen før leilighetene blir varmere enn komforttemperatur. Simuleringene i oppgaven tar ikke hensyn til manuell lufting. Dette tiltaket er vanskelig å definere da det ikke er definert hva som er riktig drift av en bygning.

8.4 Energiklasse A kontra C

Figur 25 viser en oppsummering av tiltakene som er diskutert i oppgaven. Hvilke verdier de ulike bygningselementer prosjektet Skansentoppen bør ha for å oppnå karakterkriteriene for å oppnå A, i energimerkeordningen:



Figur 25 – Illustrasjon Skansentoppen fremtidsrettet
Kilde: E.S, Skistad

Det er i oppgaven gitt fire mulige grupper av tiltak for å heve energikarakteren til leilighetene på Skansentoppen fra C til A. Det ble definert fem tiltakspakker, men smarthuset med kjølesystem krever for mye energi til å oppfylle karakter A. Med utgangspunkt i energikonseptene/tiltakspakkene definert tidligere i teksten er det i første omgang valgt tiltak fra tabell 32 *kostnadsoptimale tiltak*. Da det viser seg at leilighetene ikke oppnår energikarakter A ved å benytte kun de rimeligste tiltakene er det supplert med andre tiltak for å komme under grensen for beregnet levert energi på 67 kilowattimer per kvadratmeter bruksareal, som kreves for at forskriftskravene gitt i tabell 10 *karakterkriterier*

energimerkeordningen skal tilfredstilles. Oppsummert kan tiltakspakkene rangeres etter kostnadskonsekvens i følgende liste (der nummer en er den rimeligste løsningen):

1. Hightechhus – høye virkningsgrader for tekniske systemer
2. Lavenergihus – ekstra godt isolert klimaskjerm
3. Passivhus – ekstra isolasjon og solfangeranlegg
4. Smarthus – tilnærmet passivhus, men med ekstra styringssystemer for smart energidisponering

Hightechhuset er den mest rimelige løsningen for økt energieffektivitet for Skansentoppen. Det oppfyller kravene i TEK 07 ved omfordeling av energiltak. Hovedtiltaket er å øke varmepumpens virkningsgrad. Slik det er forstått i oppgaven er virkningsgradene for energiforsyningene oppgitt i NS3031 veiledende verdier. Etter konsultasjon med varmepumpe teknikere blir det mulig å oppnå en gjennomsnittlig virkningsgrad for energiforsyningssystemet på 3,5 (i beste fall). Dette er mye bedre enn virkningsgradene i standarden. Ulempen er driftsrisikoen knyttet til dette tiltaket. Dersom det viser seg at forbruket øker på grunn av sviktende virkningsgrad over tid, kan hightechhuset risikere å ende opp med energikarakter B. Uansett er det erfaringsmessig stabilt tilsig av varme i fjellet der Skansentoppen blir bygget [38]. Noe som er den viktigste faktoren for den høye virkningsgraden til et vannbårent varmepumpesystem. Og da leilighetene blir bygget 115 meter over havet, med 200 meter dype grunnvannsbrønner skal det mye til for at dette varmelageret blir så nedkjølt (tappet for varme) at det vil gå ut over ytelsen til anlegget. Det var også aktuelt å bytte fra varmepumpe med grunnvannsbrønner til varmepumpe luft-vann. Med dette tiltaket kunne anlegget blitt billigere, men dårlige virkningsgrader i kalde perioder av året er hovedargumentet mot endring fra bergvarmekilde. Sammenlignet med de andre konseptene er denne løsningen den økonomiske vinneren. Med en total merkostnad (i forhold til det opprinnelige bygget) på omtrent 300.000 kroner er denne løsningen det mest kostnadsoptimale energiltaket (gruppen av tiltak) for Skansentoppen. Hightechtiltakene er et eksempel på at få dyre tiltak, ikke nødvendigvis er det dyreste for å oppnå høyere energikarakter. Andre konsepter har flere kombinasjoner hvor summen av disse gjør at de totalt sett

Konseptet lavenergihus blir den nest billigste løsningen i dagens situasjon. Med denne løsningen er det lagt vekt på isolering av klimaskjermen fremfor å utfordre de tekniske anleggene for å få lavere driftsrisiko knyttet til bruken av leilighetene. Med mindre vindusarealer og tykkere isolasjonssjikt i klimaskjermen vil varmetapet i kalde perioder minimeres og komforten øke. Derimot vil lavenergihuset få utfordringer med overtemperatur i varme perioder (disse fikk tilnærmet like temperaturer som for smarthuset uten kjøling vist i tabell 38). Dette kan løses på en enkel måte. Ved lufting. Men også ved å installere kjølebatteri i ventilasjonsaggregatet (ifølge fagfolk – en dyr investering), eller ved å bygge et smarthere hus med kjølesystem (smarthus). Utfordringen med mindre (og færre) vinduer er dagslyset. For å være sikker på at dette tiltaket ikke går ut over dagslysbehovet som er anbefalt bør det gjøres en grundigere kartlegging av dagslysfaktorer i flere rom enn det er studert i oppgaven. Reduksjonene er allikevel ikke så drastiske at det utgjør noen fare for leilighetene.

Passivhuskonseptet går ut på å iverksette passive tiltak for å redusere energibruken i bygg. I denne oppgaven er dette gjort ved å isolere bedre enn i det opprinnelige bygget. Det er valgt solavskjerming for å unngå unødvendig kjøling. Siden passivhuskravene tydeligvis (fra passivhussimuleringer, ikke vist her) er strengere til behovet for levert energi enn kravene til A i energimerkesystemet ble det valgt å bruke solfangeranlegg for å avlaste behovet for eksterne energikilder. Med solfangere stiller man forberedt ved en eventuell energikrise, som kan ramme de norske strømprisene og få alvorlige konsekvenser for driftskostnadene til brukerne av Skansentoppen. Da leilighetene slik de bygges i dag er oppvarmet med elektrisitet. Forutsatt en strømpris på én krone per kilowattime strøm vil det lønne seg å investere i et solfangeranlegg. Med støtte fra Enova, eller lignende vil lønnsomheten øke. Med dagens ordninger støttes inntil 20 prosent (maks 10.000,-) av investeringen per husholdning, noe som ville kommet de fremtidige beboerne på Skansentoppen til gode.

Smarthuskonseptet er i denne sammenheng sett på som en videreføring av passivhusprinsippet. I tillegg til godt isolert klimaskjerm skal smarthuset kombinere styringssystemer og aktive tiltak for smart energibruk. Store vindusarealer som slipper inn gratis energi skal lagres i byggets termiske masser (utnytte betongens fordeler og

gulvvarmen, eventuelt også gulvkjøling/radiator kjøling på en bedre måte). Dette viser seg å være en dyr løsning. Kanskje vil det bli aktuelt å bygge smartere hus i fremtiden, dersom styringssystemene blir billigere og markedet er modent for automatiserte bygg.

Boliger med energikarakter A skal antakelig være verdt inntil 200.000 kroner mer enn med samme energieffektive utgangspunkt som Skansentoppen, karakter C. Dette antar oppgaven gjelder for eneboliger, ikke boligblokkleiligheter som det her er snakk om. Det er allikevel all grunn til å tro at verdien til leilighetene vil stige ved å utføre energieffektiviserende tiltak som er foreslått i oppgaven. Derfor vil forhåpentligvis merkostnadene for bygging av lavenergi-, passiv-, smart- eller high-tech-hus sett i lys av høyere verdi og lavere driftsutgifter til elektrisk energi føre til at tiltakene blir mer kostnadsoptimale enn de er forutsatt å bli i denne oppgaven.

8.5 Metodediskusjon

Simuleringer av forventet energibruk kan ikke sammenlignes med faktisk energibehov. Da simuleringene tar mange forutsetninger angående klima og andre inputverdier blir simulert forbruk basert på standardiserte verdier for at resultatene skal kunne sammenlignes mot andre bygg i samme bygningskategori. Faktisk (målt) energibruk vil variere på grunn av brukervaner og lokalklima. Brukeren har mye å si for forbruket. I praksis vil det være store avvik fra den ideelle bruken som er forutsatt av standarden. Allikevel er dette det beste grunnlaget vi har for en slik sammenligning og kan bare konstatere feilkildene og konkludere med verdier som er et godt anslag.

Programmet brukt i oppgaven for dagslyssimuleringer har ikke mulighet for å endre brystningshøyde, smyg eller emisjonsbelegg for vinduene. Fra beskrivelsen i kapittel 2.3 vet vi at en lysåpning vil slippe inn mer lys dersom den er plassert høyt på en vegg. Hvis disse funksjonene hadde vært integrert i programvaren ville det sannsynligvis fått positivt utslag for dagslysfaktoren. Allikevel gir resultatene fra simuleringene en pekepinn på at valg av vindusstørrelser er riktige.

9. Konklusjon

Det er i denne rapporten belyst forskjellige bygningsmessige, brukerstyrte og energiforsyningstiltak for økt energieffektivitet i boligprosjektet Skansentoppen. Oppsummeringen av de mest kostnadsoptimale tiltakene viser at det vil lønne seg å prioritere kuldebroeliminerings, energieffektiv belysning, tetting av luftlekkasjer og optimalisering av tekniske anlegg fremfor å isolere en relativt godt isolert bygningskropp ytterligere. Da forventet energibehov for bygget var ca 107 kWh/m² per år før tiltakssimuleringer ble utført viste det seg at mange av tiltakene måtte kombineres for å redusere energibehovet nok til å tilfredsstille kravene energimerkesystemet har satt til energikarakter A. Grensen for beregnet levert energi med strengeste energikarakter for blokkleiligheter er i dagens situasjon 67 kWh/m² per år. For å oppfylle kravet er det i rapporten foreslått fem tiltakspakker med forskjellige kombinasjoner av tiltak. Med hensyn til kostnader for de forskjellige tiltakene vil det for prosjektet studert i denne oppgaven være mest kostnadsoptimalt å øke varmpumpeanleggets ytelser. I tillegg er det viktig å ha fokus på at klimaskjermen blir tett og nøyaktig for å unngå utilsiktede varmetap. På grunnlag av forskjellige løsninger studert i rapporten er det kommet frem til følgende:

- For å øke energikarakteren fra C til A for boligprosjektet studert i denne rapporten vil det være mest kostnadsoptimalt å velge energikonseptet hightechhus.

Av konkrete tiltak for økt energieffektivitet er følgende tiltak valgt vurdert med hensyn til merkostnad og tilbakebetalingstid:

1. Eliminering av kuldebroer – ekstra isolasjon, inntrukne dekkeforanker, e.l.
2. Energieffektiv belysning erstatter tradisjonelle lamper
3. Fokus på god lufttetting og tetthetsmålinger for kvalitetsikring
4. Forbedring av oppvarmingssystemets ytelse
5. Forbedring av ventilasjonsanleggets ytelse

10. Videre arbeid

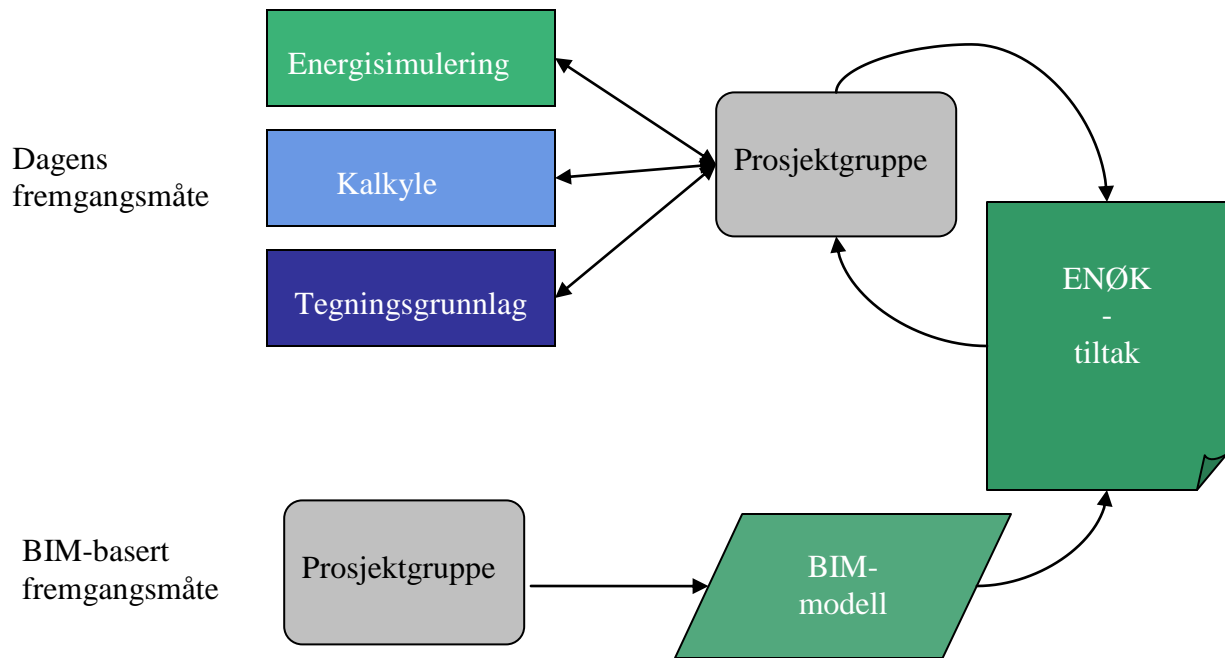
Oppgaven har undersøkt mulige tiltak for redusert beregnet energibehov i bygninger. Det vil bli avgjørende for den fremtidige energibruken at noen av de tiltakene som i rapporten er omtalt som brukerstyrte også gjennomføres. Dersom bygget ikke brukes ”riktig” vil det reelle forbruket bli høyere enn det beregnede. Det er uvisst hvor mye dette avviket, da det er funnet lite statistikker om energimålinger i energieffektive bygg i Norge, eller land med tilsvarende klima. Dette er et aktuelt tema å forske videre på.

Dagens standarder og metoder for beregning av energibruk fremmer bruken av mekanisk ventilasjon og tette bygningskropper. Dersom aktivhus er på vei inn i markedet (hus med naturlige materialer og ventilasjon basert på lufttrykkdifferanser) må regelverket endres for at slike bygg skal kunne oppfylle tekniske forskrifter. Naturlig ventilasjon krever ikke energi for luftskifte og vil med dette ikke føre til like stor driftsrisiko som dagens prinsipper. I tillegg unngås vedlikeholdskostnader av mekaniske systemer. I oppgaven er det ikke simulert energibruk med naturlig ventilasjon. Denne funksjonen eksisterer ikke...

BIM-basert simulering av enøktiltak er et lite utbredt tema i den norske byggebransjen i dag. Dagens metoder for simulering av enøktiltak innebærer at man må fylle inn mesteparten av informasjonen energiberegningsprogrammene trenger, manuelt. Foreløpig har ikke program som SIMIEN mulighet til å importere informasjon fra BIM-filer. Dette er en funksjon leverandøren er i ferd med å utvikle. Programmet VIP-energy har denne muligheten. Dog bare ved import av filer fra Archicad. Det vil si at dersom en arkitekt tegner i et annet program enn Archicad, har han/hun ikke mulighet til å eksportere tegningsgrunnlaget (BIM'en) til noe annet energiberegningsprogram enn VIP-energy.

Selv om det er mulig å simulere energibehov ved hjelp av BIM, har jeg ennå ikke funnet et program som knytter økonomi og energi tettere sammen. Det ville vært ønskelig å kunne bruke et program som kombinerte det beste fra begge disse fagfeltene. Med erfaringer fra bruk av forskjellige programvarer for økonomikalkulering, BIM-modellering og energisimuleringer ser undertegnede store muligheter for å ”koble” disse emnene sammen i

ett program. En illustrasjon av arbeidsmetodikken vi kan se for oss i fremtidsrettet energisimulering er vist i figur 26:



Figur 26 – Illustrasjon av fremtidsrettet energisimulering

Kilde: E.S, Skistad

Videre forskning på dagslys er et annet tema det er aktuelt å utforske nærmere. Komfort og trivsel må ses i sammenheng for å optimalisere vindusarealer. Tykkere vegger vil skjerme for solinnstråling, vinduer med emisjonsbelegg (eller solfaktorer) vil reflektere for solen og aerogel kan erstatte vinduer. Aerogel kan brukes som transparente vegger med god isolasjonsevne og lystransmisjon etter behov.

Et lite tankeeksperiment: Kanskje et vindu blir et vindauge (øye for vind) igjen og andre løsninger fører til bedre disponering av varmen i bygg? Fra gammelt av var vinduer glugger i veggen for lufting og lyset kom inn gjennom åpningen for båløyken i en åpning i taket. Den stigende varmen motvirket kaldraset fra ”pipa”. Kanskje det er mulig å utnytte gamle teknikker for å redusere energibruken i fremtidens bygg?

Hvilke økonomiske konsekvenser vil fremtidens energiltak få? Vil dagens kostnadsestimater holde mål? Lønn- og prisstigning, materialutvikling, er alle faktorer som spiller inn i regnestykkene. Hva skal til for å bygge smartere og bedre uten for store kostnader? Spørsmålene er mange, noen finner vi kanskje ikke svar på. En ting er sikkert: Den som søker får svar. Kanskje finnes noen av svarene på dine spørsmål i denne rapporten. Hvem vet.

11. Litteratur, ref.

Forord: bilde hentet fra Skanska Norge AS [internt - 20.2.2011] og bilde hentet fra Google med søkeord "UMB". [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.google.no/imghp?hl=no&tab=wi> [Lastet ned 20.2.2011]

Kilder [henvist med klammer i teksten]:

- [1] Statistisk sentralbyrå (2008) Energiregnskap og energibalanse - Energibalanse for Norge. »Forsiden»Statistikkområder»01»03»10 Energi. Her er det regnet med forbruk i private husholdninger, privat og offentlig tjenesteyting, inkl forsvar, bygg og anlegg - mot netto innenlands sluttforbruk (eksklusiv energi brukt som råstoff). [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/energiregn/tab-2010-11-25-10.html> [Lastet ned 3.2.2011].
- [2] bygg.no (2011) Vi bruker rekordmye strøm »Byggeindustrien»Bolig. artikkel om strømforbruket i norske husholdninger, av NTB [online] Tilgjengelig fra: <http://www.bygg.no/2011/02/vi-bruker-rekordmye-stroem> [Lastet ned 24.2.2011].
- [3] Intelligent Energy Europe (2010) Nearly Zero Energy Buildings in Europe - Perspectives and Paths to 2020. EU er i ferd med å stille krav om nullenergihus fra 2020 [online] Tilgjengelig fra: http://ec.europa.eu/energy/intelligent/events/doc/ContrMeetings/zero_energy_02.02.10_report.pdf [Lastet ned 3.2.2011].
- [4] Mikkelsen, T. (2011) "Deep Green". Forelesning om Skanskas grønne initiativ. Fra energifagdag for Skanskaansatte. 20.1. Holmestrand (upublisert)
- [5] Lovdata (2011) Generell info om lover og forskrifter [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.lovdata.no> [Lastet ned 10.1.2011].
- [6] Lovdata (2007) Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk. [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19970122-0033.html> [Lastet ned 10.1.2011].
- [7] Lovdata (2010) Byggteknisk forskrift. Forskrift om tekniske krav til byggverk Forskrift. [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20100326-0489.html> [Lastet ned 10.1.2011].
- [8] NS3700:2010 (2010) Kriterier for passivhus og lavenergihus. Boligbygninger. Pronorm.
- [9] Thyholt, M. (2011) "Hvorfor fokus på energieffektivisering?". Forelesning om regelverk og Skanskas energi- og miljøatsing. Fra energifagdag for Skanskaansatte. 20.1. Holmestrand (upublisert)
- [10] NVE (2010) Norges vassdrags- og energidirektorat. »Forsiden»Energimerking av bygg. Bygningsenergidirektivet. Informasjon om energimerkesystemet. [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.bygningsenergidirektivet.no/no/Energimerking-Bygg/> [Lastet ned 30.1.2011].
- [11] Lovdata (2010) Energimerkeforskriften. Forskrift om energimerking av bygninger og energivurdering av tekniske anlegg. [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20091218-1665.html> [Lastet ned 30.1.2011].
- [12] Energimerke (2011) bilde av energimerket i NVEs energimerkeordning. [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.energimerking.no> [Lastet ned 24.1.2011].
- [13] Thorsen, T.A. Skanska Norge Arendal (2011) 28.4 (pers. med.)
- [14] NS3031:2007 (2007) Beregning av bygningers energiytelse. Metode og data. Pronorm. Se også endringsblad A1 (2010).
- [15] Bygningsenergidirektivet (2003) Nye forskriftskrav til bygningers energibehov [online]. Tilgjengelig fra: <http://www.bygningsenergidirektivet.no/Global/energimerking/Dokumenter/Rapport%20ener>

- girammer.pdf [Lastet ned 21.4.2011].
- [16] Whole Building Design Guide – WBDG (2010) Energy analysis tools »Home»Energy Analysis Tools. Artikkel om energisimuleringer [online] Tilgjengelig fra: <http://www.wbdg.org/resources/energyanalysis.php> [Lastet ned 12.4.2011].
- [17] Statens bygningstekniske etat (2007) Veiledning til teknisk forskrift gir anbefalt dagslysnivå for beregninger av dagslysbehov i boliger. [online] Tilgjengelig fra: <http://www.be.no/beweb/regler/veil/tekveil07/tekveilnh2007.html> [Lastet ned 25.3.11].
- [18] Johansson, B. (2011) 10.1 - 13.5. (pers. med.)
- [19] Goldstein, B og Eriksson A.H. (2010) Livscykelkostnader – *Till vilken nytta för miljön och plånboken?* TemaNord (tidskrift)
- [20] Finansdepartementet (1998) »Finansdepartementet»Dokumenter»NOU-er»3-prinsipper for verdsetting og beregning av samfunnsøkonomisk lønnsomhet»3.2-nåverdiprinsippet. Fakta om nåverdiregninger. [online] Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/dok/nouer/1998/nou-1998-16/4/2.html?id=349763> [Lastet ned 31.3.11].
- [21] Andresen, I. (2008) Planlegging av solvarmeanlegg for lavenergiboliger og passivhus. SINTEF Byggforsk 2008 (tidskrift)
- [22] Enova (2011) »Enova-hjemme»tilskuddsordningen: kriterier for tildelingen. Fakta om Enovas tilskuddsordninger. [online] Tilgjengelig fra: <http://hjemme.enova.no/sitepageview.aspx?articleID=3295> [Lastet ned 5.4.11].
- [23] Programbyggerne (ukjent dato) Informasjon om energiberegningsprogrammet SIMIEN [online] Tilgjengelig fra: <http://www.programbyggerne.no/> [Lastet ned 31.1.2011].
- [24] NAL - Ecobox (2009) Norske arkitekters landsforbund. »Forside»Ecobox»Ecobox startpakke»Startpakke»Verktøy og metoder»Startpakke»Verktøy og metoder»SIMIEN. Informasjon om energiberegningsprogrammet SIMIEN [online] Tilgjengelig fra: <http://www.arkitektur.no/?nid=178840> [Lastet ned 31.1.2011].
- [25] Baker, N. og Steemers, K. (2002) Daylight design of buildings - ISBN: 1 873936 88 5.
- [26] Norconsult (ukjent dato) »Forsiden»Produkter»ISY Calcus. Informasjon om kalkyleverktøyet Calcus. [online] Tilgjengelig fra: <http://www.nois.no/default.aspx?aid=908857> [Lastet ned 31.3.2011].
- [27] Nydal, A.M. Salgsingeniør Nordan (2011) 11.3 (pers. med.)
- [28] Byggforskserien (2007) Småhus som tilfredsstiller energikravene i TEK-2007. Veileder om konsekvensene TEK 2007 fikk for bygging av energieffektive boliger. [online] Tilgjengelig fra: <http://www.sintef.no/upload/Byggforsk/Publikasjoner/2007TEK.pdf> [Lastet ned 11.4.2011]
- [29] SINTEF Byggforsk kunnskapsserie (2008) Kuldebroer. Konsekvenser og dokumentasjon av energibruk »Byggforskserien »Byggdetaljer »Teknikk – ingeniørfag »Dokumentasjon av energi- og effektbehov » 471.015. Informasjon om kuldebroer, beregning av kuldebroer og konsekvenser kuldebroer kan ha på innelima i bygninger [online] Tilgjengelig fra: <http://bks.byggforsk.no/> [Lastet ned 5.4.2011].
- [30] Næss, K. betongbas Skansentoppen (2011) 8.3 (pers. med.)
- [31] SINTEF Byggforsk kunnskapsserie (1999) Planlegging av boliger med lavt energibehov »Planleggingsblad 222.220. Generell oversikt over hensyn som bør tas ved planlegging av lavenergiboliger [online] Tilgjengelig fra: <http://bks.byggforsk.no/> [Lastet ned 5.4.2011].
- [32] Skanska Product Design (2011) Grunnlagsdokument for yttervegger av tre og stål.

- Dokument med beregnede U-verdier for forskjellige konstruksjonsløsninger, Vinterbro 11.4. (upublisert)
- [33] Skistad, E.S. (2011) undertegnede 11.4. (manuelle beregninger av U-verdier)
- [34] Jensen, O.M. (2011) energirådgiver i Skanska Norge AS 15.3. (pers. med.)
- [35] SINTEF Byggforsk kunnskapsserie (2009) Varmepumper i bygninger.
Funksjonsbeskrivelse »Byggforskserien »Byggdetaljer »Installasjoner »Alternative energikilder
»552.403. Innføring i virkemåte, bruk, dimensjonering og utforming av varmpumper. [online]
Tilgjengelig fra: <http://bks.byggforsk.no/> [Lastet ned 12.4.2011].
- [36] Tellevik, K. (2011) teknisk rådgiver: varmpumper - Skanska 1.3. (pers. med.)
- [37] Ulfski, M. (2011) teknisk rådgiver: elektromekanikk - Skanska 15.3. (pers. med.)
- [38] Elvestad, E. (2011) sivilingeniør i fagene kuldeteknikk, VVS-teknikk og økonomi - Thermoconsult 4.5. (pers. med)
- [39] SINTEF Byggforsk kunnskapsserie (1991) Vannbaserte solfangere. Funksjon og energiutbytte. »Byggforskserien »Byggdetaljer »Installasjoner »Alternative energikilder
»552.455. Innføring i virkemåte, bruk, enkel dimensjonering og utforming av solfangeranlegg.
[online] Tilgjengelig fra: <http://bks.byggforsk.no/> [Lastet ned 13.4.2011].
- [40] SINTEF Byggforsk kunnskapsserie (2004) Energieffektive sanitæranlegg.
»Byggforskserien »Byggdetaljer »Installasjoner »Sanitæranlegg »553.163. Beskrivelse av utstyr og tiltak som kan redusere energiforbruket til sanitærinstallasjoner. [online] Tilgjengelig fra:
<http://bks.byggforsk.no/> [Lastet ned 12.4.2011].
- [41] SINTEF Byggforsk kunnskapsserie (1990) Oppvarming av boliger. Energiforbruk og kostnader. »Byggforskserien »Byggdetaljer »Installasjoner »Oppvarming og temperaturregulering »552.103.
Beskrivelse av varmetap og varmetilskudd i boliger. [online] Tilgjengelig fra:
<http://bks.byggforsk.no/> [Lastet ned 13.4.2011].
- [42] NRK (2011) AMS – lær deg ordet med en gang »NRK»Nyheter»Distrikt»Østafjells»Telemark.
Nyhetsartikkel om Avanserte måle- og styringssystemer [online] Tilgjengelig fra:
<http://www.nrk.no/nyheter/distrikt/ostafjells/telemark/1.7471809> [Lastet ned 13.4.2011].
- [43] Gulesider (2011) Karttjeneste levert av gulesider. [online]. Tilgjengelig fra:
<http://kart.gulesider.no/> [Lastet ned 26.4.2011]
- [44] Byggnett (2011) Prosjektdatabase. Det er opprettet en mappe for prosjekterende ved Skansentoppen der blant annet tegninger fra Derlick arkitekter blir lagt ut – kun til gjennomsyn for prosjektets deltakere. [upublisert]
- [45] Bieltvedt, L.E. (2011) anleggsleder for Skansentoppenprosjektet - Skanska 17.2. (pers. med.)
- [46] SINTEF Byggforsk kunnskapsserie (1998) Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946. »Byggforskserien »Byggdetaljer »Teknikk - ingeniørfag »dokumentasjon av energi- og effektbehov
»471.008. Beskrivelse av hvordan man kan beregne U-verdier etter Norsk Standard. [online]
Tilgjengelig fra: <http://bks.byggforsk.no/> [Lastet ned 26.4.2011].
- [47] Aurlien, T. (2011) professor i bygg og miljøteknologi – Universitetet for Miljø- og biovitenskap 7.3. (pers. med.)
- [48] Larsen, H.B. (2011) prosjektingeniør, tetthetsmålinger - Skanska 11.3. (pers. med.)
- [49] Hemminghytt, E. (2011) avdelingsleder teknisk avdeling - Skanska 11.3. (pers. med.)
- [50] Paulssen, H.A. (2011) ventilasjonstekniker – Bryn Byggeklima 6.4. (skriftlig med.)
- [51] Pettersen, Ø. (2011) prosjektingeniør tekniske anlegg - Skanska 14.3. (pers. med.)
- [52] Åsen, T. (2011) salgssjef - solfangerleverandør ASV Solar 31.3. (skriftlig med.)
- [53] NS3700 (2010) Kriterier for passivhus og lavenergihus. Boligbygninger. Pronorm.

- [54] Holmsen, S.E. (2011) daglig leder - Moelven ISO3 AS 23.3. (skriftlig med.)
- [55] Bleie, O. (2011) prosjekteringsleder distrikt Follo - Skanska 28.4. (pers. med.)
- [56] Fatnes, O. (2011) salgsingeniør – Protan takteking 28.3. (skriftlig med.)
- [57] Graphisoft (2011) Internettside med informasjon om leverandøren av tegneprogrammet brukt i oppgavearbeidet, Archicad [online] Tilgjengelig fra: <http://www.graphisoft.com/products/archicad/> [Lastet ned 6.5.2011].
- [58] Velux Daylight Visualizer (2011) Internettside med tilgang for nedlasting av program for dagslyssimulering [online] Tilgjengelig fra: http://viz.velux.com/daylight_visualizer/news/release041110.aspx [Lastet ned 6.5.2011].
- [59] SINTEF Byggforsk kunnskapsserie (2008) Prosjektrapport 25: Kuldebroer – Beregning, kuldebroverdier og innvirkning på energibruk. *»upload»Byggforsk »Publikasjoner »SB prosjektrapport 25* [online] Tilgjengelig fra: http://www.sintef.no/upload/Byggforsk/Publikasjoner/SB_prosjektrapport_25.pdf [Lastet ned 6.3.2011].
- [60] Karlsen, T. (2011) kalkulasjonsansvarlig for Skansentoppen – Skanska 20.2. (skriftlig med.)

12. Vedlegg

Vedlegg A – Energimerker for leilighetene i hus A med forskjellige tiltakspakker

Vedlegg B – Kuldebroberegninger

Vedlegg C – U-verdiberegninger

Vedlegg D – Nåverdiberegninger

Vedlegg E – Energiltak

Vedlegg F – Calcus: Prosjektbok med prislinjer

Vedlegg G Archicad: Tegninger av forskjellige energikonsepter

Energimerker for Skansentoppen prosjektet som passivhus

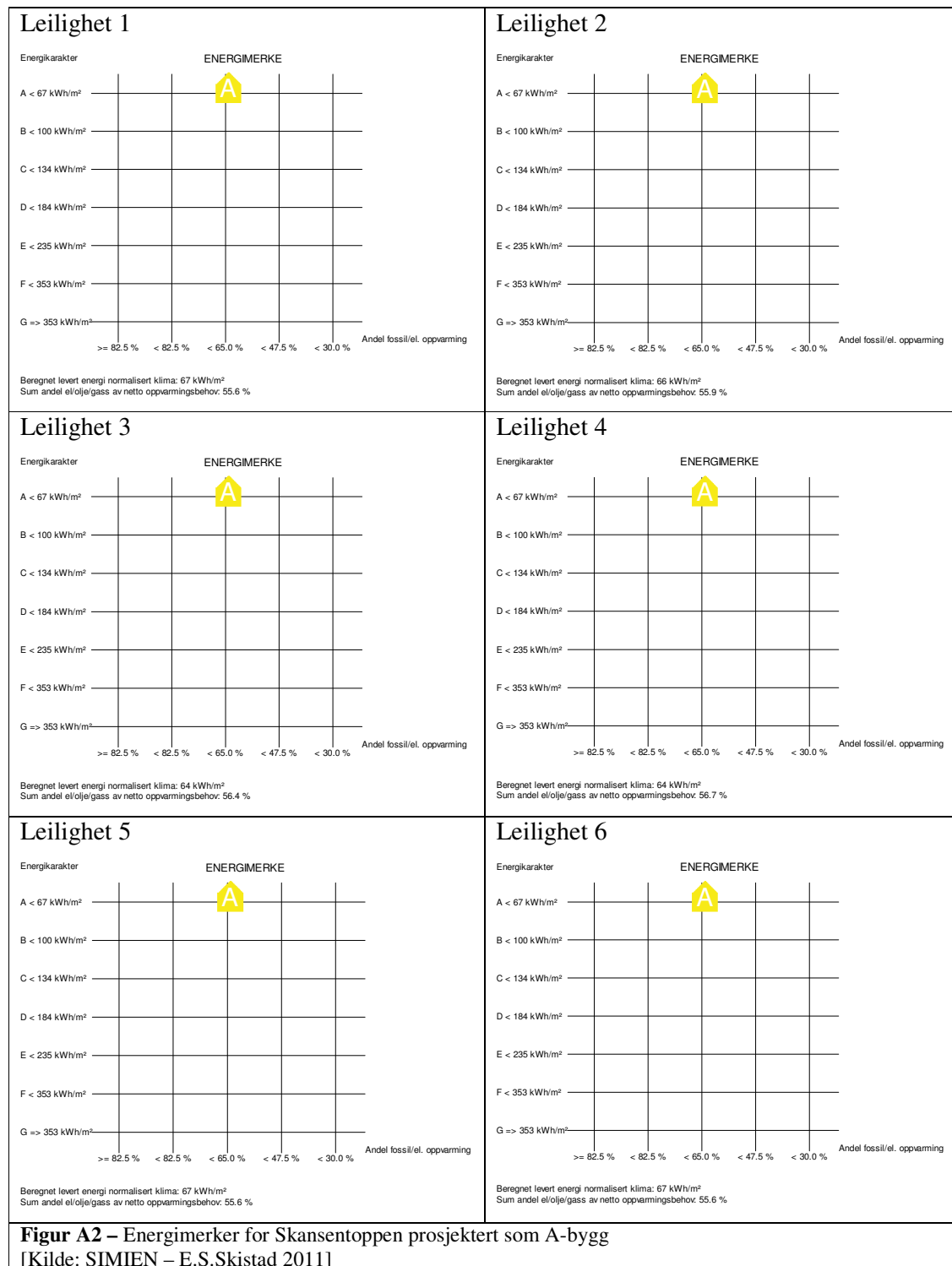
(etter tiltak definert av resultatene i kapittel 6.3)



Figur A1 – Energimerker for Skansentoppen prosjektet som passivhus
[Kilde: SIMIEN – E.S.Skistad 2011]

Energimerker for Skansentoppen prosjektert som A-bygg

(etter tiltak definert av resultatene i kapittel 6.3)



Figur A2 – Energimerker for Skansentoppen prosjektert som A-bygg
[Kilde: SIMIEN – E.S.Skistad 2011]

Energimerker for Skansentoppen prosjektert som smarthus (uten kjøling)

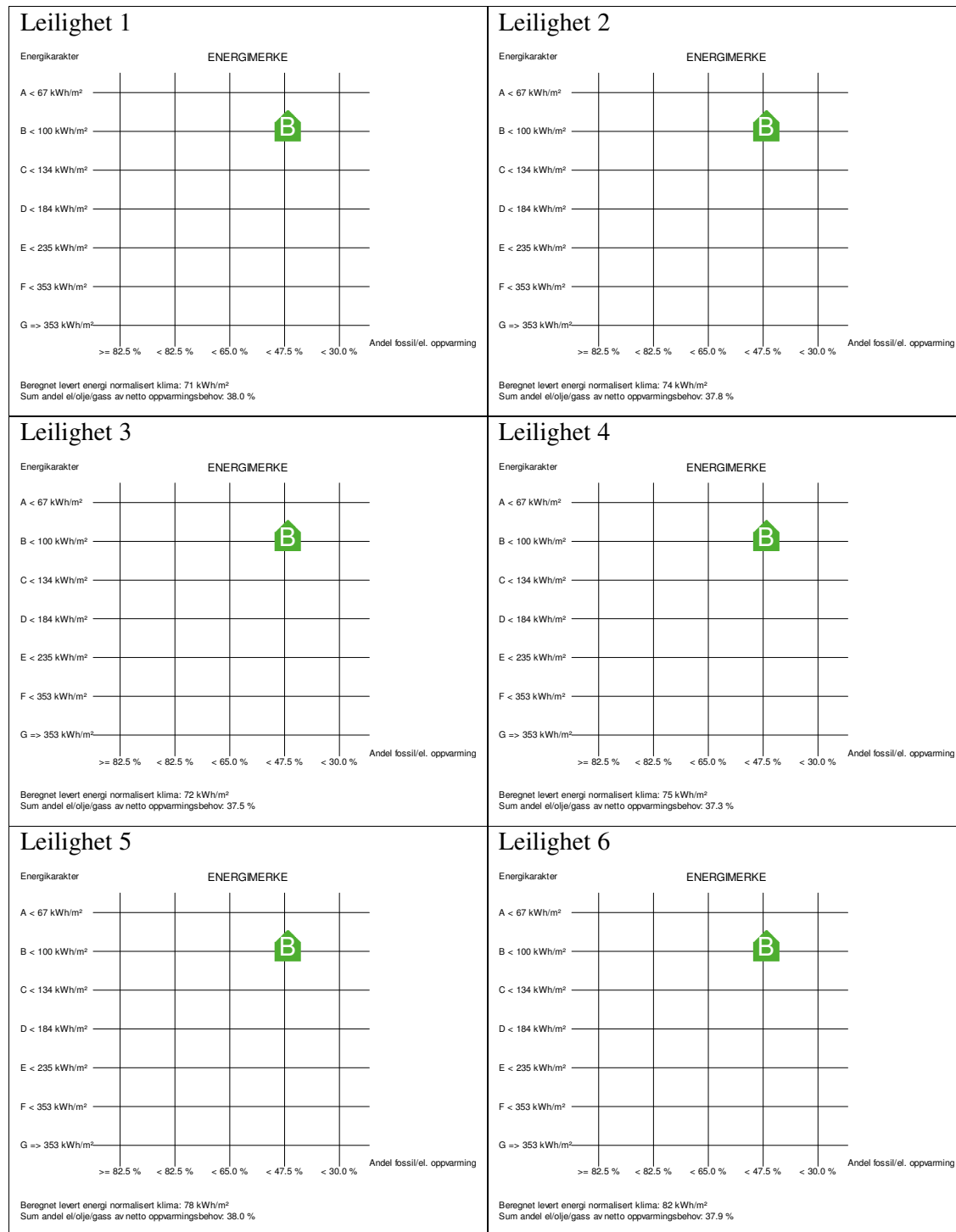
(etter tiltak definert av resultatene i kapittel 6.3)



Figur A3 – Energimerker for Skansentoppen prosjektert som smarthus (uten kjøling)
[Kilde: SIMIEN – E.S.Skistad 2011]

Energimerker for Skansentoppen prosjekttert som smarthus (med kjøling)

(etter tiltak definert av resultatene i kapittel 6.3)



Figur A4 – Energimerker for Skansentoppen prosjekttert som smarthus (med kjøling)
[Kilde: SIMIEN – E.S.Skistad 2011]

Energimerker for Skansentoppen prosjektert som "high-tech-hus"

(etter tiltak definert av resultatene i kapittel 6.3)



Figur A5 – Energimerker for Skansentoppen prosjektert som "high-tech-hus"
[Kilde: SIMIEN – E.S.Skistad 2011]

Utregning av kuldebroverdier for leilighet 1 og 2:

Overgangsdetalj	lengde (m)	Antall	Total lengde (m)	kuldebroverdi (W/mK)	varmetap fra kuldebro (W/K)
tak/langvegg	12,75	1	12,75	0,01	0,13
tak/langvegg syd	5,4	1	5,4	0,01	0,05
tak/kortvegg	10	1	10	0,01	0,10
etasjeskille/langvegg	12,75	1	12,75	0,05	0,64
etasjeskille/langvegg syd	5,4	2	10,8	0,05	0,54
etasjeskille/kortvegg	10	1	10	0,05	0,50
vindu/vegg	4,8	12	57,6	0,01	0,58
dør/vegg	7,8	1	7,8	0,01	0,08
hjørner	2,5	8	20	0,03	0,60
totalt varmetap					3,213
oppvarmet BRA = Afl					116
Normalisert kuldebroverdi (W/m ² K)					0,028
(samlet varmetap fra alle kuldebroer dividert med oppvarmet bruksareal BRA)					

Utregning av kuldebroverdier for leilighet 3 og 4:

Overgangsdetalj	lengde (m)	Antall	Total lengde (m)	kuldebroverdi (W/mK)	varmetap fra kuldebro (W/K)
tak/langvegg	10,65	1	10,65	0,01	0,11
tak/langvegg syd	3,25	1	3,25	0,01	0,03
tak/kortvegg	10	1	10	0,01	0,10
etasjeskille/langvegg	10,65	1	10,65	0,05	0,53
etasjeskille/langvegg syd	3,25	2	6,5	0,05	0,33
etasjeskille/kortvegg	10	1	10	0,05	0,50
vindu/vegg	4,8	12	57,6	0,01	0,58
dør/vegg	7,8	1	7,8	0,01	0,08
hjørner	2,5	8	20	0,03	0,60
totalt varmetap					2,8505
oppvarmet BRA = Afl					100
Normalisert kuldebroverdi (W/m ² K)					0,029
(samlet varmetap fra alle kuldebroer dividert med oppvarmet bruksareal BRA)					

Utregning av kuldebroverdier for leilighet 5 og 6:

Overgangsdetalj	lengde (m)	Antall	Total lengde (m)	kuldebroverdi (W/mK)	varmetap fra kuldebro (W/K)
tak/langvegg	8,8	1	8,8	0,01	0,09
tak/langvegg syd	1,4	1	1,4	0,01	0,01
tak/kortvegg	10	1	10	0,01	0,10
etasjeskille/langvegg	8,8	1	8,8	0,05	0,44
etasjeskille/langvegg syd	1,4	2	2,8	0,05	0,14
etasjeskille/kortvegg	10	1	10	0,05	0,50
vindu/vegg	4,8	10	48	0,01	0,48
dør/vegg	7,8	1	7,8	0,01	0,08
hjørner	2,5	8	20	0,03	0,60
totalt varmetap					2,44
oppvarmet BRA = Afl					80
Normalisert kuldebroverdi (W/m ² K)					0,031
(samlet varmetap fra alle kuldebroer dividert med oppvarmet bruksareal BRA)					

Kuldebroer for gjennomføringer som ventilasjons-, elektriker- og rørleggerrør er utelatt, da dette stort sett er gjennomføringer fra fellesarealet (varm sone).
Kuldebroverdiene er for lineære kuldebroer (W/mK) beregnet ut fra innvendig areal
Kuldebroverdier hentet fra tabeller i BFS 471.015.
lengder hentet fra plantegninger/snitt/fasader

Kilder:

BFS Prosjektrapport 25

http://www.sintef.no/upload/Byggforsk/Publikasjoner/SB_prosjektrapport_25.pdf

BFS 471.015 Kuldebroer. Konsekvenser og dokumentasjon av energibruk

BFS 471.016 Kuldebroer. Metoder for å bestemme kuldebroverdi

$$\Psi'' = \frac{\sum_k \Psi_k \cdot l_k + \sum_j X_j}{A_{fl}} \quad (\text{W}/(\text{m}^2\text{K}))$$

U-verdier for yttervegg i tre

Egenskap	Tykkelse	U-verdi W/m ² K				Referanse/ Kommentar
		36 mm stendere (12 % tre)		48 mm stendere (14 % tre)		
	kjerne					
Konstruksjon	mm	Isolasjon $\lambda_D = 0,037$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,033$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,037$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,033$ W/mK	SPD eller SINTEF Byggforsk
198	198	0,22	0,2	0,22	0,21	U-verdi beregninger ev. 471.012. 523.255
223	223	0,19	0,18	0,2	0,19	
198+48	246	0,18	0,16	0,18	0,17	
223+48	271	0,16	0,15	0,17	0,16	
223+73	296	0,15	0,14	0,15	0,14	
223+73+T	308	0,15	0,14	0,15	0,14	
M+223	273	0,15	0,14	0,15	0,14	
M+248	298	0,14	0,13	0,14	0,13	
I-Profil300	300			0,15		
98+100+98	296	0,14	0,12	0,14	0,13	
98+100+98+T	296	0,13	0,12	0,13	0,12	
Iso3 220	220	-	-	0,17	0,15	
Iso3 250	250	-	-	0,15	0,13	
Iso3 300	300	-	-	0,13	0,11	
Iso3 220+48	268	-	-	0,14	0,13	
Iso3 220+73*	293	-	-	0,13	0,12	
Iso3 250+48	298	-	-	0,13	0,12	
PIR100+148	248	0,13	0,13	0,13	0,13	
PIR100+Iso3 220	320	-	-	0,1	0,1	
248+98*	346	0,11		0,12		egen beregning, jfr. BFS 471.008

*) Krysslekting

T) Med 12 mm porøs trefiberplate

M) Med 50 mm murplate $\lambda_D = 0,034$ W/mK
Passivhusegnet, U-verdi lik eller bedre 0,15 W/m²K

U-verdien beregnes spesifikt for hvert prosjekt. Verdiene nevnt i tabellen ovenfor er beregnet med angitte utgangsverdier og luftet kledning.

Kilde: Grunnlagsdokument for Bindingsverk av tre og stål med luftede kledninger anno 2011, Skanska Product Design

Ved krysslekting er U-verdi redusert med 0,01, jf. BFS 471.012 - tabell 211 - anmerkning 1

U-verdier for yttervegg i betong

Egenskap	Tykkelse kjerne	U-verdi W/m ² K				Referanse/ Kommentar
		36 mm stendere (12 % tre)		48 mm stendere (14 % tre)		
Konstruksjon	mm	Isolasjon $\lambda_D = 0,037$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,033$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,037$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,033$ W/mK	SINTEF Byggforsk BFS 471.008 manuell beregning
200+200 betong	400			0,19		
300+200 betong	500			0,14	0,14	

U-verdier for yttervegg i betong (under mark)

Egenskap	Tykkelse kjerne	U-verdi W/m ² K				Referanse/ Kommentar
		48 mm stendere (14 % tre)				
Konstruksjon	mm	Isolasjon $\lambda_D = 0,037$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,034$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,033$ W/mK		SINTEF Byggforsk BFS 471.014 tabell 22
200+200 betong	400		0,15			
300+200 betong	500		0,1	0,1		

Forutsetninger

Gjennomsnittlig oppfyllingshøyde 2m, tykkelse 100mm, $R = 3$ m²K/W, $\lambda = 0,034$ (tabell 122)

Gulvets U-verdi må være minst like stor (like lav)

U-verdier for tak

Egenskap	Isolasjons- tykkelse	U-verdi W/m ² K				Referanse/ Kommentar
		Isolasjon $\lambda_D = 0,031$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,034$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,035$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,036$ W/mK	
Konstruksjon	mm					SINTEF Byggforsk BFS 471.013 tabell 55
TRP-plater + iso	200	0,16	0,17	0,18	0,18	
TRP-plater + iso	250	0,13	0,14	0,15	0,15	
TRP-plater + iso	300	0,11	0,12	0,12	0,13	
TRP-plater + iso	350	0,1	0,1	0,11	0,11	
TRP-plater + iso	400	0,09	0,09	0,1	0,1	
TRP-plater + iso	450	0,08	0,08	0,09	0,09	
TRP-plater + iso	500	0,07	0,08	0,08	0,08	

Verdier fra SPD's
beregninger

Egenskap	Isolasjons- tykkelse	U-verdi W/m ² K	Referanse/ Kommentar
Konstruksjon	mm	Isolasjon $\lambda_D = 0,038$ W/mK	SINTEF Byggforsk BFS 471.013
TRP-plater + iso	200	0,19	
TRP-plater + iso	250	0,16	
TRP-plater + iso	300	0,13	
TRP-plater + iso	350	0,12	

Kilde: Grunnlagsdokument for SPD Tak1 - rettvendte kompakttak på profilert stålplate

U-verdier for tak (terrassegulv)

Egenskap	Isolasjons- tykkelse	U-verdi W/m ² K				Referanse/ Kommentar
Konstruksjon	mm	Isolasjon $\lambda_D = 0,031$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,034$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,035$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,036$ W/mK	SINTEF Byggforsk BFS 471.011 tabell 42
betongdekke + iso	150		0,22			
betongdekke + iso	200		0,17			
betongdekke + iso	250		0,13			
betongdekke + iso	300		0,11			
betongdekke + iso	350		0,1			
betongdekke + iso	400		0,09			

Verdier fra SPD's
beregninger

Egenskap	Isolasjons- tykkelse	U-verdi W/m ² K	Referanse/ Kommentar
	(gjennomsnittlig)		SINTEF
Konstruksjon	mm	Isolasjon $\lambda_D = 0,038$ W/mK	Byggforsk BFS 471.013
betongdekke + iso	200	0,19	
betongdekke + iso	250	0,15	
betongdekke + iso	300	0,13	
betongdekke + iso	350	0,12	

Kilde: Grunnlagsdokument for SPD Tak3 - rettvendt terrasse for lett trafikk

U-verdier for gulv (mot uoppvarmet kjeller)

Egenskap	Tykkelse kjerne	U-verdi W/m ² K				Referanse/ Kommentar
		Isolasjon $\lambda_D = 0,037$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,033$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,037$ W/mK	Isolasjon $\lambda_D = 0,033$ W/mK	
Konstruksjon	mm					SINTEF Byggforsk BFS 471.008
garasjehimling**	200			0,17		manuell beregning
garasjehimling	300			0,11		
garasjehimling	500			0,07		

*ekvivalentverdi; har trekt fra 0,01 pga uoppvarmet kjeller

**verdi lagt til grunn i opprinnelig prosjektering (ikke kontrollert)

U-verdier dører

Dører (er simulert som vinduer i SIMIEN)

0,7 W/m²K

U-verdier vinduer

Vinduer

Nordan Tech 1,1

1,15 W/m²K

Nordan Tech 0,8

0,8 W/m²K

Nordan Passiv 0,7

0,7 W/m²K

Forutsetning:

U-verdi for vindu er inklusiv karm og ramme, med referansestørrelse 1,2m*1,2m

Opgitt verdi er hentet fra Nordan, mailkorrespondanse med salgssingeniør (27)

Nåverdiberegning solfangeranlegg for 1 stk leilighet for Skansentoppen Hus A

Investeringskostnader:	enhetspris	enhet (m2)	kr (eks mva)	referanse
Solfanger:	1392	6	8353	asvsolar.no
Solvarmepumpe			1275	asvsolar.no
Differansetermostat			1493	asvsolar.no
Varmtvannstank med to varmevekslere, 500l			6496	asvsolar.no
Frakt			0	asvsolar.no
Rør, styringssystem og isolering			8000	antatt
Installasjon			10000	antatt
Totalt			35616	kr

Levetid bygning	50 år
Effektbidrag fra solfangeranlegget (i kWh):	3600 kWh
Rørlengder fra solfanger til tank ca 25m gir reduksjon av utbyttet:	10 %
Bidrag etter reduksjon	3240 kWh
Strømpris	0,9 kr/kWh
B = bidrag etter reduksjon * strømpris (årlig besparelse) =	2916 kr
I_0 (total investeringskostnad) =	35616 kr
$I_{el/fos-0}$ (I dette tilfelle varmtvannstanken) =	6496 kr
årlig vedlikehold (V)	900 kr
Kalkulasjonsrente (r):	0,04
levetid teknisk anlegg (m):	20 år
nåverdi av fremtidig investeringskostnad for solvarmeanlegg 20år	16 255NOK
nåverdi av fremtidig investeringskostnad for solvarmeanlegg 40år	7 418NOK
nåverdi av fremtidig investeringskostnad for varmtvannstank 20 år	2 965NOK
nåverdi av fremtidig investeringskostnad for varmtvannstank 40 år	1 353NOK

Da får vi:

$$\text{besparelse } B \cdot \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} = 62\,642\text{NOK}$$

$$\Sigma I - \Sigma I_{el/fos}$$

$$- \text{investering} \quad 59\,289\text{NOK} \quad - \quad 10\,813\text{NOK} \quad 48\,476\text{NOK}$$

$$- \text{vedlikeholdskost.} \quad V \cdot \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} \quad 19\,334\text{NOK}$$

Nåverdi for investeringen blir da - 5 168NOK

Dette regnestykket viser at det ikke er lønnsomt å investere i solfangeranlegg.

Endrede forutsetninger mht. rente, fremtidig strømpris, levetid og investeringskostnader, vil gi andre utfall. Her er markedspriser lagt til grunn.

Nåverdiberegning solfangeranlegg for 1 stk leilighet for Skansentoppen Hus A**Endring: høyere strømpris**

Investeringskostnader:	enhetspris	enhet (m2)	kr (eks mva)	referanse
Solfanger:	1392	6	8353	asvsolar.no
Solvarmepumpe			1275	asvsolar.no
Differansetermostat			1493	asvsolar.no
Varmtvannstank med to varmevekslere, 500l			6496	asvsolar.no
Frakt			0	asvsolar.no
Rør, styringssystem og isolering			8000	antatt
Installasjon			10000	antatt
Totalt			35616	kr

Levetid bygning	50 år
Effektbidrag fra solfangeranlegget (i kWh):	3600 kWh
Rørlengder fra solfanger til tank ca 25m gir reduksjon av utbyttet:	10 %
Bidrag etter reduksjon	3240 kWh
Strømpris	1 kr/kWh
B = bidrag etter reduksjon * strømpris (årlig besparelse) =	3240 kr
I_0 (total investeringskostnad) =	35616 kr
$I_{el/fos-0}$ (I dette tilfelle varmtvannstanken) =	6496 kr
årlig vedlikehold (V)	900 kr
Kalkulasjonsrente (r):	0,04
levetid teknisk anlegg (m):	20 år
nåverdi av fremtidig investeringskostnad for solvarmeanlegg 20år	16 255NOK
nåverdi av fremtidig investeringskostnad for solvarmeanlegg 40år	7 418NOK
nåverdi av fremtidig investeringskostnad for varmtvannstank 20 år	2 965NOK
nåverdi av fremtidig investeringskostnad for varmtvannstank 40 år	1 353NOK

Da får vi:

$$\text{besparelse } B \cdot \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} = 69\,602\text{NOK}$$

$$\Sigma I - \Sigma I_{el/fos}$$

$$\text{- investering } 59\,289\text{NOK} - 10\,813\text{NOK} = 48\,476\text{NOK}$$

$$\text{- vedlikeholdskost. } V \cdot \frac{1 - (1+r)^{-n}}{r} = 19\,334\text{NOK}$$

Nåverdi for investeringen blir da 1 793NOK

Dette regnestykket viser at det er lønnsomt å investere i solfangeranlegg på Skansentoppen. Endrede forutsetninger mht. rente, fremtidig strømpris, levetid og investeringskostnader, vil gi andre utfall. Her er markedspriser lagt til grunn.

Nåverdiberegning solfangeranlegg for 1 stk leilighet for Skansentoppen Hus A**Endring: støtteordning fra Enova**

Investeringskostnader:	enhetspris	enhet (m2)	kr (eks mva)	referanse
Solfanger:	1392	6	8353	asvsolar.no
Solvarmepumpe			1275	asvsolar.no
Differansetermostat			1493	asvsolar.no
Varmtvannstank med to varmevekslere, 500l			6496	asvsolar.no
Frakt			0	asvsolar.no
Rør, styringssystem og isolering			8000	antatt
Installasjon			10000	antatt
Totalt			35616	kr
Støtte fra Enova eller lignende (20% av investeringskost)			7123	kr
Investeringskostnad etter støtte			28493	kr

Levetid bygning	50 år
Effektbidrag fra solfangeranlegget (i kWh):	3600 kWh
Rørlengder fra solfanger til tank ca 25m gir reduksjon av utbyttet:	10 %
Bidrag etter reduksjon	3240 kWh
Strømpris	0,9 kr/kWh
B = bidrag etter reduksjon * strømpris (årlig besparelse) =	2916 kr
I ₀ (total investeringskostnad) =	28493 kr
I _{el/fos-0} (I dette tilfelle varmtvannstanken) =	6496 kr
årlig vedlikehold (V)	900 kr
Kalkulasjonsrente (r):	0,04
levetid teknisk anlegg (m):	20 år
nåverdi av fremtidig investeringskostnad for solvarmeanlegg 20år	13 004NOK
nåverdi av fremtidig investeringskostnad for solvarmeanlegg 40år	5 935NOK
nåverdi av fremtidig investeringskostnad for varmtvannstank 20 år	2 965NOK
nåverdi av fremtidig investeringskostnad for varmtvannstank 40 år	1 353NOK

Da får vi:

besparelse $B \cdot ((1-(1+r)^{-n})/r)$	62 642NOK
$\Sigma I - \Sigma I_{el/fos}$	
- investering	47 431NOK
- vedlikeholdskost.	$V \cdot ((1-(1+r)^{-n})/r)$
	10 813NOK
	36 618NOK
	19 334NOK
Nåverdi for investeringen blir da (ligning for nåverdi neste side)	6 690NOK

Dette regnestykket viser at det er lønnsomt å investere i solfangeranlegg på Skansentoppen. Endrede forutsetninger mht. rente, fremtidig strømpris, levetid og investeringskostnader, vil gi andre utfall. Her er markedspriser lagt til grunn.

Beregninger fra formler i kapittel 4 i BFS - prosjektrapport 22 (2008) ISBN:978-82-536-1027-6
Planlegging av solvarmeanlegg for lavenegiboliger og passivhus. En introduksjon

Nåverdi = privatøkonomisk besparelse - merkostnad investering

$$\text{Nåverdi} = B * ((1 - (1+r)^{-n}) / r) - ((I_0 + I_1 + I_2 + \dots) - ((I_{el/fos-0} + I_{el/fos-1} + I_{el/fos-2} + \dots)))$$

levetid (n) settes til 50 år

I_0 er investeringskostnad for varmesystemet basert på annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler

$I_{el/fos-0}$ er investeringskostnad for varmesystem basert på elektrisitet og/eller fossilt.

I_1, I_2, \dots og $I_{el/fos-1}, I_{el/fos-2}, \dots$ osv er nåverdien av fremtidige investeringskostnader for å opprettholde de ulike varmesystemenes funksjon gjennom bygningens levetid

$$I_1 = I / ((1+r)^{m*1})$$

$$I_2 = I / ((1+r)^{m*2})$$

OSV

$$I_{el/fos-1} = I_{el/fos-1} / ((1+r)^{m*1})$$

$$I_{el/fos-2} = I_{el/fos-2} / ((1+r)^{m*2})$$

OSV

Levetid (m) for en teknisk installasjon settes til 20 år. Annen levetid kan benyttes der dette kan dokumenteres. Jeg har antatt at vi ikke dokumenterer og velger å bruke 20 år.

Kalkulasjonsrente (r) settes lik = 4 %

B er årlig privatøkonomisk besparelse:

$$B = Q * (P_{el/fos} / \eta_{el/fos}) * (P_{alt} / \eta_{alt})$$

Q er varmtvannsbehov i kWh/år som vil kunne dekkes av valgt energiløsning

$P_{el/fos}$ er aktuell årsgjennomsnittlig kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, på elektrisitet og/eller fossile brensler

P_{alt} er aktuell årsgjennomsnittlig kWh-pris, inkludert distribusjon og avgifter, ved annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler

$\eta_{el/fos}$ er virkningsgrad for varmesystem basert på elektrisitet og/eller fossile brensler

η_{alt} er virkningsgrad for varmesystem basert på annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossile brensler

Optimal helningsvinkel 40 - 50° på horisontalplanet: 60 °

Velger litt høyere vinkling fordi varmtvannsbehovet om vinteren da

sola står lavere på himmelen er høyere, og mesteparten av varmtvannsbehovet skal

gå til romoppvarming vår og høst. Anlegget vil kunne dekke mesteparten av varmtvannsbehovet til tappevann om sommeren, da det ikke er behov for romoppvarming.

Optimal vinkling mot sør (solfangerflate rettet mot sør): 90 °

Vannlagervolum (tommelfingerregel om 50-80 liter pr. m²): 480 l

Energiltak		totalt (kWh/år)	spesifikt (kWh/m ² år)									
Beregnet forventet energibruk før tiltak (energisimulering)		72380	107									
Netto energibehov før tiltak (årssimulering)		91860	136									
Mål for å nå A-bygg (energimerkesystemet - NVE)		45225	67									
tiltaksnr: Post	Enkelttiltak:	Totalt energibehov etter	Energi-besparelse (kWh/år)	Spesifikk Sparing (kWh/m ² år)	merkostnad (kr)	Energipersp: Velge / ikke velge?		Økonomipersp: Velge / ikke velge?		kr/m ² BRA	(kr/m ²)/(kWh/m ²)	kr/kwh spart per år
						Velge?	ikke velge?	Velge?	ikke velge?			
7.1.1 energieffektive dører/vinduer	d. Redusert U-verdi vindusrute fra 1,15 til 0,9	70645	1735	2,57		nei						kr -
	c. Redusert U-verdi vindusrute fra 1,15 til 0,85	70304	2076	3,08		nei						kr -
	b. Redusert U-verdi vindusrute fra 1,15 til 0,8	69964	2416	3,58		nei						kr -
	a. Redusert U-verdi vindusrute fra 1,15 til 0,7	69290	3090	4,58	kr 77 912	ja	ja	kr	115	kr	25,21	kr 25
	f. Redusert vindusareal til 16,9% av BRA	71732	648	0,96	kr 1	nei		kr	0	kr	0,00	kr 0
	g. Solavskjerming (tolagsglass til relags m to energiglass)	73079	-699	-1,04	kr 1	nei		kr	0	kr	(0,00)	kr (0)
	i. Solavskjerming (tolagsglass til lyse utv persienner, auto)	74975	-2595	-3,84		nei		kr	-	kr	-	kr -
	h. Solavskjerming (tolagsglass til lyse utv persienner, man)	74453	-2073	-3,07		nei		kr	-	kr	-	kr -
	e. Solavskjerming (tolagsglass til standard konstant)	71193	1187	1,76		nei		kr	-	kr	-	kr -
	7.1.2 kuldebrytere	b. Redusert kuldebroyerdi fra 0,09 til 0,05	70994	1386	2,05	kr 1 500	ja		kr	2	kr	1,08
a. Redusert kuldebroyerdi fra 0,09 til 0,03		70304	2076	3,08	kr 3 000	ja	ja	kr	4	kr	1,45	kr 1
7.1.3 tetting av luftlekkasjer	e. Redusert lekkasjetall fra 1,5 til 1,25	71860	520	0,77		nei		kr	-	kr	-	kr -
	d. Redusert lekkasjetall fra 1,5 til 1	71342	1038	1,54		nei		kr	-	kr	-	kr -
	c. Redusert lekkasjetall fra 1,5 til 0,75	70828	1552	2,30		nei		kr	-	kr	-	kr -
	b. Redusert lekkasjetall fra 1,5 til 0,6	70522	1858	2,75	kr 12 650	ja	ja	kr	19	kr	6,81	kr 7
	a. Redusert lekkasjetall fra 1,5 til 0,5	70317	2063	3,06	kr 18 400	nei		kr	27	kr	8,92	kr 9
7.1.4 isolering av yttervegger	e. Redusert U-verdi fra 0,17 til 0,16	71964	416	0,62		nei		kr	-	kr	-	kr -
	d. Redusert U-verdi fra 0,17 til 0,15	71724	656	0,97		nei		kr	-	kr	-	kr -
	c. Redusert U-verdi fra 0,17 til 0,14	71486	894	1,32	kr 22 520	nei		kr	33	kr	25,19	kr 25
	b. Redusert U-verdi fra 0,17 til 0,13	71249	1131	1,68		nei		kr	-	kr	-	kr -
	a. Redusert U-verdi fra 0,17 til 0,11	70780	1600	2,37	kr 20 800	ja	ja	kr	31	kr	13,00	kr 13
7.1.5 isolering av tak	d. Redusert U-verdi fra 0,12 (0,20 for terrassegulv) til 0,11(0,19 terrassegulv)	72238	142	0,21		nei	nei	kr	-	kr	-	kr -
	c. Redusert U-verdi fra 0,12 (0,20 for terrassegulv) til 0,10(0,18 terrassegulv)	72096	284	0,42		nei	nei	kr	-	kr	-	kr -
	b. Redusert U-verdi fra 0,12 (0,20 for terrassegulv) til 0,10(0,13 terrassegulv)	71895	485	0,72	kr 35 562	nei	nei	kr	53	kr	73,32	kr 73
	a. Redusert U-verdi fra 0,12 (0,20 for terrassegulv) til 0,08(0,11 terrassegulv)	71617	763	1,13	kr 63 941	ja	kanskje?	kr	95	kr	83,80	kr 84
	x. Redusert U-verdi fra 0,18 til 0,16	72103	277	0,41		nei		kr	-	kr	-	kr -
7.1.6 isolering av gulv	x. Redusert U-verdi fra 0,18 til 0,16	72103	277	0,41		nei		kr	-	kr	-	kr -

Bygningsmessige energiltak

tiltaksnr: Post	Enkelttiltak:	Totalt energibehov etter	Energi-besparelse (kWh/år)	Spesifikk Sparing (kWh/m ² år)	merkostnad (kr)	Energipersp: Velge / ikke velge?	Økonomipersp: Velge / ikke velge?	Energi- og økonomipersp:						
								kr/m ² BRA	(kr/m ²)/(kWh/m ²)	kr/kwh spart per år				
	x. Redusert U-verdi fra 0,18 til 0,15	71965	415	0,61		ja		kr	-	kr	-	kr	-	
	x. Redusert U-verdi fra 0,18 til 0,14	71827	553	0,82		nei		kr	-	kr	-	kr	-	
	e. Redusert U-verdi fra 0,18 til 0,13	71690	690	1,02		nei		kr	-	kr	-	kr	-	
	d. Redusert U-verdi fra 0,18 til 0,12	71553	827	1,23				kr	-	kr	-	kr	-	
	c. Redusert U-verdi fra 0,18 til 0,11	71417	963	1,43	kr 31 768			kr	47	kr	32,99	kr	33	
	b. Redusert U-verdi fra 0,18 til 0,10	71282	1098	1,63				kr	-	kr	-	kr	-	
	a. Redusert U-verdi fra 0,18 til 0,07	70878	1502	2,23	kr 36 000			kr	53	kr	23,97	kr	24	
Bygningsmessige energitiltak	7.1.7 Varmelagring													
	b. Innvendig sjikt 13mm gips byttet til betong (t > 100mm)	72379	1	0,00		nei		kr	-	kr	-	kr	-	
	a. lett himling, etasjeskillersjikt av spon og parkett	72369	11	0,02		nei		kr	-	kr	-	kr	-	
	7.1.8 ventilasjon													
	c. Økt gjennvinningsgrad varmegjenvinner 80 til 85%	70375	2005	2,97	kr 19 320	ja		kr	29	kr	9,64	kr	10	
	b. Økt gjennvinningsgrad varmegjenvinner 80 til 90%	68950	3430	5,08		nei		kr	-	kr	-	kr	-	
	a. Økt gjennvinningsgrad varmegjenvinner 80 til 95%	68333	4047	6,00		nei		kr	-	kr	-	kr	-	
	e. Redusert SFP-faktor fra 2,0 til 1,75	71865	515	0,76	kr 15 180	nei		kr	22	kr	29,48	kr	29	
	d. Redusert SFP-faktor fra 2,0 til 1,5	71354	1026	1,52	kr 15 180	nei		kr	22	kr	14,80	kr	15	
	7.1.9 Belysning													
	a. 20% reduksjon av strøm til belysning 2,9 W/m ² til 2,32	70734	1646	2,44	kr 5 580	ja	ja	kr	8	kr	3,39	kr	3	
	x. 50% reduksjon effekt til belysning 2,9 W/m ² til 1,45*	89456	2404	3,56		nei		kr	-	kr	-	kr	-	
	7.1.10 Solavskjerming													
a. markiser n,ø,s,v-fasade, 2lags rute, 1 energiglass horisont og bygningsutspring - holdes konstant	73671	-1291	-1,91		nei		kr	-	kr	-	kr	-		
b. utvendig screen, 3 lags rute, 1 energiglass	72465	-85	-0,13		nei		kr	-	kr	-	kr	-		
c. fast standard konstant solskjerming	71316	1064	1,58		ja	nei	kr	-	kr	-	kr	-		
7.1.11 Bygningsorientering														
x. nordfasade 0 grader (altså mot nord)	72018	362	0,54		nei		kr	-	kr	-	kr	-		
g. nordfasade 45 grader (40 grader i dag)	72411	-31	-0,05		nei		kr	-	kr	-	kr	-		
f. nordfasade 90 grader (altså mot øst)	72513	-133	-0,20		nei		kr	-	kr	-	kr	-		
e. nordfasade 135 grader	72364	16	0,02		nei		kr	-	kr	-	kr	-		
d. nordfasade 180 grader (altså mot sør)	71916	464	0,69		nei		kr	-	kr	-	kr	-		
c. nordfasade 225 grader	71311	1069	1,58		nei		kr	-	kr	-	kr	-		
b. nordfasade 270 grader (altså mot vest)	71091	1289	1,91		nei		kr	-	kr	-	kr	-		
a. nordfasade 315 grader	71490	890	1,32		nei		kr	-	kr	-	kr	-		
Energiforsyningsstiltak	7.2.1 Varmepumpe													
	a. Økt systemvirkningsgrad varmpumpe fra 2,20 til 2,22	72287	93	0,14		nei		kr	-	kr	-	kr	-	
	b. Økt systemvirkningsgrad varmpumpe fra 2,20 til 2,5	71144	1236	1,83		nei		kr	-	kr	-	kr	-	
	c. Økt systemvirkningsgrad varmpumpe fra 2,20 til 2,75	70320	2060	3,05		nei		kr	-	kr	-	kr	-	
	d. Økt systemvirkningsgrad varmpumpe fra 2,20 til 3	69634	2746	4,07		nei		kr	-	kr	-	kr	-	
	e. Økt systemvirkningsgrad varmpumpe fra 2,20 til 4	67745	4635	6,87		nei		kr	-	kr	-	kr	-	
f. DP varmpumpe 90%oppv, 50%tappv, 90% ventilasjon	63564	8816	13,06	kr 80 500	ja		kr	119	kr	9,13	kr	9		

Er	tiltaksnr: Post	Enkelttiltak:	Totalt energibehov etter	Energi-besparelse (kWh/år)	Spesifikk Sparing (kWh/m ² år)	merkostnad (kr)	Energipersp: Velge / ikke velge?	Økonomipersp: Velge / ikke velge?	Energi- og økonomi				
									kr/m ² BRA	(kr/m ²)/(kWh/ m ²)	kr/kwh spart per år		
Energiforsyningsstiltak		g. Dekningsprosent som i f, virkningsgrad 2,5	61596	10784	15,98		nei		kr	-	kr	-	
		h. Dekningsprosent som i f, virkningsgrad 2,75	60284	12096	17,92		nei		kr	-	kr	-	
		i. Dekningsprosent som i f, virkningsgrad 3	59190	13190	19,54	kr 149 500	nei		kr	221	kr	11,33	kr 11
		j. Dekningsprosent som i f, virkningsgrad 4	56183	16197	24,00		nei		kr	-	kr	-	kr -
		k. Deknings% varmepumpe 90%oppv, 80%tappv, 80%vent	59350	13030	19,30		nei		kr	-	kr	-	kr -
		l. Dekningsprosent som i f, virkningsgrad 2,26	67714	4666	6,91		nei		kr	-	kr	-	kr -
	7.2.2 Solfangeranlegg	a. Solfangeranlegg virkningsgrad 9,00 25r, 50vann, 50vent	56642	15738	23,32	kr 210 000	ja		kr	311	kr	13,34	kr 13
	7.2.3 Solcelleanlegg	a. Solcelleanlegg dekker 5% av el.spesifikt behov (virkningsgrad 0,35), varmepumpe 90% oppvarming, 80% tappevann, 80% vent.	71111	1269	1,88		nei		kr	-	kr	-	kr -
	7.2.4 Bio/pellets/ved	a. sentral bio-kjel, 90% romoppvarming, 60% tappevann, 50% vent. Virkningsgrad 0,73	96725	-24345	-36,07		nei		kr	-	kr	-	kr -
	7.2.5 Fossile brensler	a. sentral olje-kjel, 90% romoppvarming, 60% tappevann, 50% vent. Virkningsgrad 0,73	96725	-24345	-36,07		nei		kr	-	kr	-	kr -
		b. sentral gass-kjel, 90% romoppvarming, 60% tappevann, 50% vent. Virkningsgrad 0,77	94121	-21741	-32,21		nei		kr	-	kr	-	kr -
	Brukerstyrte energitiltak	7.3.1 Vannsparing e.l.	e. 10% reduksjon tappevannseffekt*	88841	3019	4,47							
			d. 20% reduksjon tappevannseffekt*	85827	6033	8,94							
			c. 30% reduksjon tappevannseffekt*	82817	9043	13,40							
			b. 40% reduksjon tappevannseffekt*	79491	12369	18,32							
a. 50% reduksjon tappevannseffekt*			76840	15020	22,25								
x 50% økning tappevannseffekt*			106926	-15066	-22,32								
7.3.2 Temperaturstyring		e. endret driftstid oppvarming 05.00 - 08.00 og 15.00 - 22.00*	91359	501	0,74								
		d. lavere driftstemperatur 20 grader (18grader utenfor driftstid)*	89218	2642	3,91								
		b. lavere driftstemperatur 19 grader (17grader utenfor driftstid)*	86831	5029	7,45								
		a. lavere driftstemperatur 18 grader (16grader utenfor driftstid)*	84657	7203	10,67								
		c. lavere driftstemperatur 20 grader (15grader utenfor driftstid)*	89078	2782	4,12								
7.3.3 Teknisk utstyr		e. 10% reduksjon effekt til teknisk utstyr 4 W/m ² til 3,6*	90832	1028	1,52								
		d. 20% reduksjon effekt til teknisk utstyr 4 W/m ² til 3,2*	89805	2055	3,04								
		c. 30% reduksjon effekt til teknisk utstyr 4 W/m ² til 2,8*	88782	3078	4,56								
		b. 40% reduksjon effekt til teknisk utstyr 4 W/m ² til 2,4*	87766	4094	6,07								
	a. 50% reduksjon effekt til teknisk utstyr 4 W/m ² til 2,0*	86752	5108	7,57									

tiltaksnr: Post	Enkelttiltak:	Totalt energibehov etter	Energi-besparelse (kWh/år)	Spesifikk Sparing (kWh/m ² år)	merkostnad (kr)	Energipersp: Velge / ikke velge?	Økonomipersp: Velge / ikke velge?	kr/m ² BRA	(kr/m ²)/(kWh/ m ²)	kr/kwh spart per år
7.3.4	Personer	a. dobbelt varmetilskudd (3 W/m ²)*	87085	4775	7,07					

OBS-OBS!!!

BFS 701.266 "Energisparende tiltak i boliger" pkt 2.21.213:

Effekten av enkeltstående sparetiltak kan ikke adderes.

Vil man gjennomføre flere sparetiltak samtidig, må man være oppmerksom på at den samlede spareeffekten kan bli mindre enn summen av de beregnede innsparingseffektene for hvert enkelt tiltak.

	totalt (kWh/år)	spesifikt (kWh/m ² år)	Påslag:	15,00 %
Forventet energibehov før tiltak:	72380	107		
*Netto energibehov før tiltak:	91860	136		
Mål for å nå A-bygg:	45225	67		

Anbefalte energitiltak basert på kombinasjoner av tiltakene over (simulert sparetiltakene samtidig, ikke addert):

	Totalt energibehov etter	Energi-besparelse (kWh/år)	Spesifikk Sparing (kWh/m ² år)	merkostnad (kr) fra Calcus	kr/spart kWh
Lavenergihus	44031	28349	42,00	383820,00	14
Passivhus	41626	30754	45,00	570442,00	19
Hightechhus	44332	28048	41,55	313688,00	11
Smarthus	44130	28250	41,85	618482,00	22

Betingelser:

oppvarmet BRA:	675	
dagens C-byggnivå:	107,2	kWh/m ²
<u>energibruk i dag</u>	<u>72380</u>	

oppvarmet BRA:	675	
for å nå A-bygg:	67	kWh/m ²
<u>energibruk for å nå A-bygg:</u>	<u>45225</u>	

UMB for Skanska

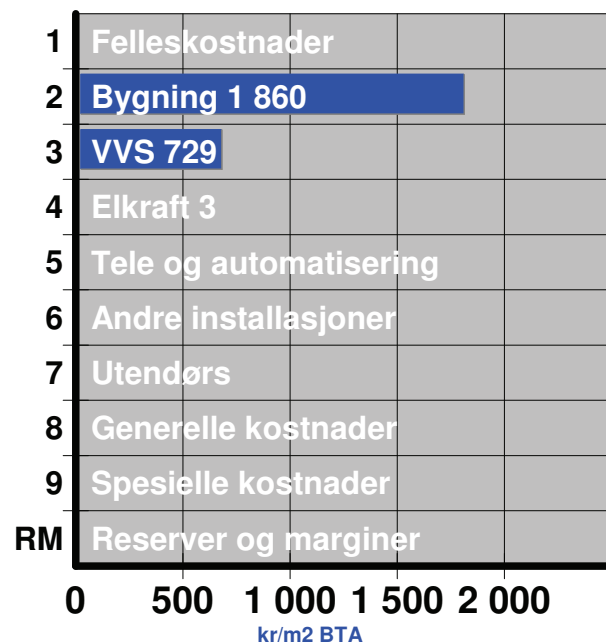
Even Skistad

PROSJEKT : Bolig skansentoppen

DELPROSJEKT : Energikonsept: C-bygg

ELEMENTER: 9 PRIS: 1 687 099 BTA: 651 PRIS/BTA: 2 591,5

Kode	Beskrivelse	Prosjekt	Enh
BTA	✚ Brutto areal	651	m2
BTV	✚ Brutto volum	3 126	m3
YUM	✚ Yttervegg under mark	154	m2
YOM	✚ Yttervegg over mark	1 084	m2
INV	✚ Innervegg	1 401	m2
N1	✚ (YUM+YOM)/BTA	1,90	
N2	✚ INV/BTA	2,15	



#	Konto	Pris	Pris/BTA	Andel	Antall	Side
1	☞ Felleskostnader	0	0,0	0,0%	0	
2	☞ Bygning	1 210 654	1 859,7	71,8%	6	031
3	☞ VVS	474 375	728,7	28,1%	2	033
4	☞ Elkraft	2 070	3,2	0,1%	1	034
5	☞ Tele og automatisering	0	0,0	0,0%	0	
6	☞ Andre installasjoner	0	0,0	0,0%	0	
	Σ SUM 1-6 HUSKOSTNAD	1 687 099	2 591,5	100,0%	9	
7	☞ Utendørs	0	0,0	0,0%	0	
	Σ SUM 1-7 ENTREPRISEKOSTNAD	1 687 099	2 591,5	100,0%	9	
8	☞ Generelle kostnader	0	0,0	0,0%	0	
	Σ SUM 1-8 BYGGEKOSTNAD	1 687 099	2 591,5	100,0%	9	
9	☞ Spesielle kostnader	0	0,0	0,0%	0	
	Σ SUM 1-9 PROSJEKTKOSTNAD	1 687 099	2 591,5	100,0%	9	
RM	☞ Reserver og marginer	0	0,0	0,0%	0	
	Σ SUM KALKYLE	1 687 099	2 591,5	100,0%	9	

Boligblokk med underliggende parkeringskjeller

Grunn og fundamenter er i sin helhet plassert på kjeller.

Hvis parkeringskjeller fjernes fra prosjektet må det tilføres kostnader for grunn og fundamenter på boligblokken.

Det ligger inne mengdevariabler med hensyn på byggetid, byggestart, antall leiligheter, trapper etc.

UMB for Skanska

Even Skistad

PROSJEKT : Bolig skansentoppen

DELPROSJEKT : Energikonsept: C-bygg

ELEMENTER: 9 PRIS: 1 687 099 BTA: 651 PRIS/BTA: 2 591,5

		Pris	Pris/BTA	Andel	Antall	Side
2	Bygning					
2.3	Yttervegger	966 725	1 485,0	57,3%	3	031
2.5	Dekker	111 191	170,8	6,6%	1	031
2.6	Yttertak	132 739	203,9	7,9%	2	032
Σ	SUM Bygning	1 210 654	1 859,7	71,8%	6	
3	VVS					
3.2	Varme	200 100	307,4	11,9%	1	033
3.6	Luftbehandling	274 275	421,3	16,3%	1	033
Σ	SUM VVS	474 375	728,7	28,1%	2	
4	Elkraft					
4.4	Lys	2 070	3,2	0,1%	1	034
Σ	SUM Elkraft	2 070	3,2	0,1%	1	

Calculus XP C₂'

UMB for Skanska

Even Skistad

PROSJEKT : Bolig skansentoppen

DELPROSJEKT : Energikonsept: C-bygg






ELEMENTER: 9 PRIS: 1 687 099 BTA: 651 PRIS/BTA: 2 591,5

Fag	Navn	Pris	Pris/BTA
05	Betongarbeid	176 322	270,8
12	Tømrerarbeid	491 739	755,4
14	Vinduer	298 663	458,8
17	Tekkearbeid	132 739	203,9
23	Himlingsarbeid	111 191	170,8
31	Rørleggerarbeid	200 100	307,4
32	Ventilasjonsarbeid	274 275	421,3
41	Installasjoner for høyspenning	2 070	3,2
	SUM	1 687 099	2 591,5



PROSJEKT : Bolig skansentoppen						UMB for Skanska			
DELPROSJEKT : Energikonsept: C-bygg						Even Skistad			
KONTO : 2 Bygning						ELEMENTER: 6 PRIS: 1 210 654 BTA: 651 PRIS/BTA: 1 859,7			
Referanse	Org.nr	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Info	Enhetspris	Pris	BTA	Pris/BTA
2		Bygning Energikonsept: C-bygg						651	
2.3.001		Betongyttervegg under mark, t = 200 mm, REI180, 100 kg stål pr m3 betong, B35	100,00	m2		1 887,21		651	289,9
		Beskrivelse Betongyttervegg over mark er under mark på vestsida, og delvis under mark på nord- og vestsida. 200mm isolasjon + 200mm betong + løsmasser gir U-verdi = 0,15 W/m2K		Mrk	NB! Juster armeringsmengde og betongkvalitet etter behov				
		2.3.6.0130 Gipsplate, et lag på innsida yttervegg, t = 13 mm	100,0	m2		123,99	12 399	651	19,0
		2.3.1.0140 Forskaling av yttervegg	100,0	m2		416,02	41 602	651	63,9
		2.3.1.0240 Armering i yttervegg, kamstål, kl. C	2 000,0	kg		14,21	28 428	651	43,7
		2.3.1.0270 Betong i yttervegg, B35	20,0	m3		1655,81	33 116	651	50,9
		2.3.1.0140 Forskaling av yttervegg	100,0	m2		416,02	41 602	651	63,9
		2.3.1.0320 Etterbehandling av betongyttervegg	100,0	m2		45,50	4 550	651	7,0
		2.3.1.0500 Grunnmursplate XPS, t = 200 mm, inkl. fiberduk, klasse 40	100,0	m2		270,25	27 025	651	41,5
							188 721		
2.3.002	2.3.D.004	Klimavegg med GU, 250 mm trestenderverk	542,00	m2		884,39		651	736,3
		Beskrivelse 200+50, U-verdi 0,18							
		2.3.5.0470 Gipsplate, GU vindspærre, med vannvisende overflate, t = 9 mm	487,8	m2		130,53	63 670	651	97,8
		2.3.2.0150 Bindingsverk av tre, justert C18, 48 mm x 198 mm, c/c 600 mm	487,8	m2		239,17	116 667	651	179,2
		2.3.2.0340 Isolasjon i klimavegg, mineralull, t = 200 mm, klasse 37	487,8	m2		156,11	76 149	651	117,0
		2.3.2.0380 Dampspærre, t = 0,20 mm plastfolie	487,8	m2		53,65	26 170	651	40,2
		2.3.2.0210 Bindingsverk av tre, justert C18, 48 mm x 48 mm, c/c 600 mm	487,8	m2		137,97	67 301	651	103,4
		2.3.2.0300 Isolasjon i klimavegg, mineralull, t = 50 mm, klasse 37	487,8	m2		70,30	34 293	651	52,7
		2.3.2.0260 Åpning i bindingsverk av tre for dør. Dimensjon for åpning 8-10 x 21 M, 48 x 148 mm	54,2	stk		417,26	22 615	651	34,7
		2.3.6.0130 Gipsplate, et lag på innsida yttervegg, t = 13 mm	487,8	m2		123,99	60 482	651	92,9
		2.3.1.0380 Isolasjon på dekkeforkanter, mineralull, t = 50 mm, klasse 37	54,2	m2		75,69	4 102	651	6,3
		2.3.2.0450 Utlekting 48 x 148 mm c/c 600 mm på dekkeforkanter	54,2	m2		145,60	7 892	651	12,1
							479 340		
2.3.003	2.3.H.010	Vinduer, aluminium, u-verdi <1,2	0,50	R.S.		597 326,10	298 663	651	458,8
		Merknader Juster innbyrdes mengde etter behov							
		2.3.9000 vinduer	0,5			597326,10	298 663	651	458,8
2.5.007	2.5.F.012	Fast garasjehimling, t = 200 mm	325,00	m2		342,13		651	170,8
		Merknader U-verdi 0,17							
		2.5.7.9002 150 mm isolasjon.	325,0	m2		126,50	41 113	651	63,2
		2.5.7.9003 lydplate 50 mm isolasjon. Ferdig overflatebehandlet	325,0	m2		215,62	70 078	651	107,6
							111 191		
2.6.002	2.6.A.023	Tolags papptekking, fallisolasjon t = ca. 300 mm	162,00	m2		666,04		651	165,7
		Beskrivelse Tekking med 300mm isolasjon gir U-verdi = 0,12 W/m2K							
		2.6.1.0380 Dampspærre, t = 0,20 mm plastfolie	162,0	m2		17,25	2 795	651	4,3
		2.6.1.0332 Isolasjon på tak, EPS, skråråkåren, gj.sn. t = 300 mm, klasse 52	162,0	m2		362,25	58 685	651	90,1
		2.6.2.0110 Taktekking, 2-lags, papp	162,0	m2		226,04	36 619	651	56,3
		2.6.2.0120 Oppbrett på tekking, H = 400 mm	40,5	m		212,75	8 616	651	13,2
		2.6.2.0130 Tilslutning til sluk på tak (tekking)	1,6	stk		731,31	1 185	651	1,8
							107 899		

PROSJEKT : Bolig skansentoppen						UMB for Skanska			
DELPROSJEKT : Energikonsept: C-bygg						Even Skistad			
KONTO : 2 Bygning						ELEMENTER: 6 PRIS: 1 210 654 BTA: 651 PRIS/BTA: 1 859,7			
Referanse	Org.nr	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Info	Enhetspris	Pris	BTA	Pris/BTA
2.6.003		Isolasjon på terrasser (totalt 150mm)	144,00	m2		172,50	24 840	651	38,2
		Beskrivelse Tekking med 150mm isolasjon gir U-verdi = 0,17 W/m2K							
	2.8.9001	Isolasjon av takterrasse	144,0	m2		172,50	24 840	651	38,2
Σ	SUM 2	Bygning Energikonsept: C-bygg					1 210 654	651	1 859,7

PROSJEKT : Bolig skansentoppen						UMB for Skanska				
DELPROSJEKT : Energikonsept: C-bygg						Even Skistad				
KONTO : 3 VVS						ELEMENTER: 2		PRIS: 474 375	BTA: 651	PRIS/BTA: 728,7
Referanse	Org.nr	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Info	Enhetspris	Pris	BTA	Pris/BTA	
 3		VVS Energikonsept: C-bygg	2 elementer					651		
 3.2.001	3.2.0.1.007	Boligblokk. Komplette varme for boligdel. Vannbåren varme.	0,50	R.S.		400 200,00	200 100	651	307,4	
	Merknader	Ledninger, armatur, utstyr og isolasjon for varmeinstallasjoner.								
	 3.2.0.0151	Varme. Boligblokk. Komplette for boligdel	0,5	m2		400200,00	200 100	651	307,4	
 3.6.001	3.6.9.001	Komplette luftbehandlingssystem	0,50	R.S.		548 550,00	274 275	651	421,3	
	 3.6.9000	luft beh	0,5			548550,00	274 275	651	421,3	
Σ	SUM 3	VVS Energikonsept: C-bygg					474 375	651	728,7	

PROSJEKT : Bolig skansentoppen						UMB for Skanska			
DELPROSJEKT : Energikonsept: C-bygg						Even Skistad			
KONTO : 4 Elkraft						ELEMENTER: 1 PRIS: 2 070 BTA: 651 PRIS/BTA: 3,2			
Referanse	Org.nr	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Info	Enhetspris	Pris	BTA	Pris/BTA
4		Elkraft Energikonsept: C-bygg						651	
4.4.001		Merkostnad belysning	1,00			2 070,00	2 070	651	3,2
	4.4.0.9000	Lys. Boligblokk. Komplett for boligdel	1,0	R.S.		2070,00	2 070	651	3,2
Σ	SUM 4	Elkraft Energikonsept: C-bygg					2 070	651	3,2

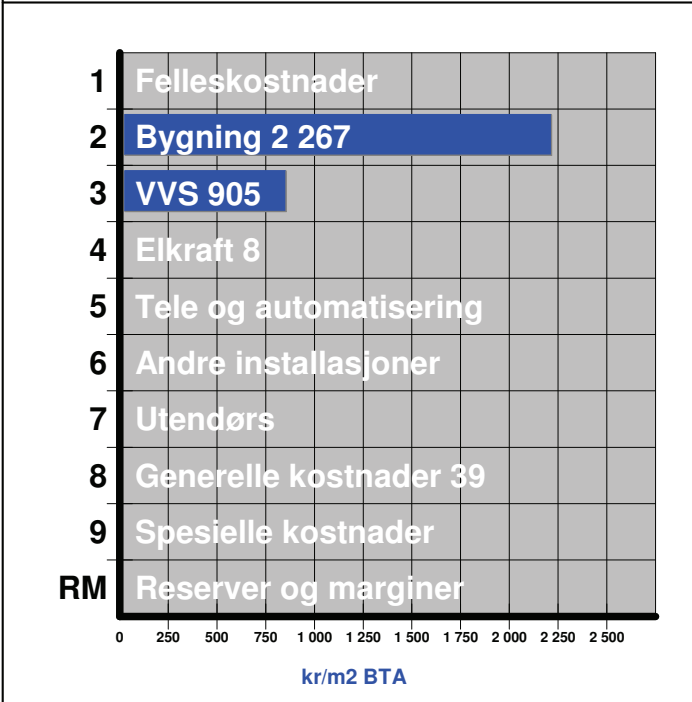
UMB for Skanska Even Skistad

PROSJEKT : Bolig skansentoppen

DELPROSJEKT : Energikonsept: lavenergi-bygg ELEMENTER: 11 PRIS: 2 096 219 BTA: 651 PRIS/BTA: 3 220,0

Kode	Beskrivelse	Prosjekt	Enh
BTA	✚ Brutto areal	651	m2
BTV	✚ Brutto volum	3 126	m3
YUM	✚ Yttervegg under mark	154	m2
YOM	✚ Yttervegg over mark	1 084	m2
INV	✚ Innervegg	1 401	m2
N1	✚ (YUM+YOM)/BTA	1,90	
N2	✚ INV/BTA	2,15	

#	Konto	Pris	Pris/BTA	Andel	Antall	Side
1	📁 Felleskostnader	0	0,0	0,0%	0	
2	📁 Bygning	1 476 024	2 267,3	71,3%	7	038
3	📁 VVS	589 375	905,3	28,5%	2	040
4	📁 Elkraft	5 520	8,5	0,3%	1	041
5	📁 Tele og automatisering	0	0,0	0,0%	0	
6	📁 Andre installasjoner	0	0,0	0,0%	0	
	Σ SUM 1-6 HUSKOSTNAD	2 070 919	3 181,1	100,0%	10	
7	📁 Utendørs	0	0,0	0,0%	0	
	Σ SUM 1-7 ENTREPRISEKOSTNAD	2 070 919	3 181,1	100,0%	10	
8	📁 Generelle kostnader	25 300	38,9	1,2%	1	042
	Σ SUM 1-8 BYGGEKOSTNAD	2 096 219	3 220,0	101,2%	11	
9	📁 Spesielle kostnader	0	0,0	0,0%	0	
	Σ SUM 1-9 PROSJEKTKOSTNAD	2 096 219	3 220,0	101,2%	11	
RM	📁 Reserver og marginer	0	0,0	0,0%	0	
	Σ SUM KALKYLE	2 096 219	3 220,0	101,2%	11	



Boligblokk med underliggende parkeringskjeller

Grunn og fundamenter er i sin helhet plassert på kjeller.

Hvis parkeringskjeller fjernes fra prosjektet må det tilføres kostnader for grunn og fundamenter på boligblokken.

Det ligger inne mengdevariabler med hensyn på byggetid, byggestart, antall leiligheter, trapper etc.

UMB for Skanska

Even Skistad

PROSJEKT : Bolig skansentoppen

DELPROSJEKT : Energikonsept: lavenergi-bygg

ELEMENTER: 11 PRIS: 2 096 219 BTA: 651 PRIS/BTA: 3 220,0

	Pris	Pris/BTA	Andel	Antall	Side
2 Bygning					
2.3 Yttervegger	1 102 725	1 693,9	53,2%	4	038
2.5 Dekker	176 597	271,3	8,5%	1	039
2.6 Yttertak	196 702	302,2	9,5%	2	039
Σ SUM Bygning	1 476 024	2 267,3	71,3%	7	
3 VVS					
3.2 Varme	280 600	431,0	13,5%	1	040
3.6 Luftbehandling	308 775	474,3	14,9%	1	040
Σ SUM VVS	589 375	905,3	28,5%	2	
4 Elkraft					
4.4 Lys	5 520	8,5	0,3%	1	041
Σ SUM Elkraft	5 520	8,5	0,3%	1	
8 Generelle kostnader					
8.2 Prosjektering	25 300	38,9	1,2%	1	042
Σ SUM Generelle kostnader	25 300	38,9	1,2%	1	



UMB for Skanska

Even Skistad

PROSJEKT : Bolig skansentoppen

DELPROSJEKT : Energikonsept: lavenergi-bygg

ELEMENTER: 11 PRIS: 2 096 219 BTA: 651 PRIS/BTA: 3 220,0

Fag	Navn	Pris	Pris/BTA
00	<Ikke definert>	25 300	38,9
05	Betongarbeid	187 822	288,5
12	Tømrerarbeid	515 141	791,3
14	Vinduer	388 262	596,4
17	Tekkearbeid	196 702	302,2
23	Himlingsarbeid	176 597	271,3
31	Rørleggerarbeid	269 100	413,4
32	Ventilasjonsarbeid	320 275	492,0
41	Installasjoner for høyspenning	17 020	26,1
	SUM	2 096 219	3 220,0

PROSJEKT : Bolig skansentoppen			UMB for Skanska							
DELPROSJEKT : Energikonsept: lavenergi-bygg			Even Skistad							
KONTO : 2 Bygning			ELEMENTER: 7		PRIS: 1 476 024		BTA: 651		PRIS/BTA: 2 267,3	
Referanse	Org.nr	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Info	Enhetspris	Pris	BTA	Pris/BTA	
2		Bygning Energikonsept: lavenergi-bygg							651	
2.3.002		Betongyttervegg under mark, t = 300 mm, REI180, 100 kg stål pr m3 betong, B35	100,00	m2		2 002,21		651	307,6	
		Beskrivelse 300mm isolasjon + 200mm betong + løsmasser gir U-verdi = 0,1 W/m2K			Mrk NB! Juster armeringsmengde og betongkvalitet etter behov					
	2.3.6.0130	Gipsplate, et lag på innside yttervegg, t = 13 mm	100,0	m2		123,99	12 399	651	19,0	
	2.3.1.0140	Forskaling av yttervegg	100,0	m2		416,02	41 602	651	63,9	
	2.3.1.0240	Armering i yttervegg, kamstål, kl. C	2 000,0	kg		14,21	28 428	651	43,7	
	2.3.1.0270	Betong i yttervegg, B35	20,0	m3		1655,81	33 116	651	50,9	
	2.3.1.0140	Forskaling av yttervegg	100,0	m2		416,02	41 602	651	63,9	
	2.3.1.0320	Etterbehandling av betongyttervegg	100,0	m2		45,50	4 550	651	7,0	
	2.3.9003	Grunnmursplate XPS, t = 300 mm, inkl. fiberduk, klasse 40	100,0	m2		385,25	38 525	651	59,2	
							200 221			
2.3.009	2.3.D.004	Klimavegg med GU, ISO3 - 300 mm trenderverk	542,00	m2		925,45		651	770,5	
		Beskrivelse 300mm, U-verdi 0,11 Forutsetning: Ingen (rør-) gjennomføringer i yttervegg. Hvis strøm skal føres her, må det føres ut (inntrukket dampsperre). (behøver ikke å isolere dette sjiktet for å opprettholde samme U-verdi)								
	2.3.5.0470	Gipsplate, GU vindsperre, med vannvisende overflate, t = 9 mm	487,8	m2		130,53	63 670	651	97,8	
	2.3.9002	Iso3 300mm stenderverk	487,8	m2		400,57	195 397	651	300,1	
	2.3.2.0340	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t = 200 mm, klasse 37	487,8	m2		156,11	76 149	651	117,0	
	2.3.2.0320	Isolasjon i klimavegg, mineralull, t = 100 mm, klasse 37	487,8	m2		89,51	43 664	651	67,1	
	2.3.2.0380	Dampsperre, t = 0,20 mm plastfolie	487,8	m2		53,65	26 170	651	40,2	
	2.3.6.0130	Gipsplate, et lag på innside yttervegg, t = 13 mm	487,8	m2		123,99	60 482	651	92,9	
	2.3.2.0260	Åpning i bindingsverk av tre for dør. Dimensjon for åpning 8-10 x 21 M, 48 x 148 mm	54,2	stk		417,26	22 615	651	34,7	
	2.3.2.0450	Utlekking 48 x 148 mm c/c 600 mm på dekkeforkanter	54,2	m2		145,60	7 892	651	12,1	
	2.3.1.0382	Isolasjon på dekkeforkanter, mineralull, t = 150 mm, klasse 37	54,2	m2		102,45	5 553	651	8,5	
							501 592			
2.3.010	2.3.H.006	Vinduer, tre + aluminiumsmantling, u-verdi =0,7	0,50	m2		776 523,93	388 262	651	596,4	
		Merknader Juster innbyrdes mengde etter behov								
	2.3.4.0190	Vinduer, aluminiums-mantlede, åpningsbare, u-verdi = 0,7	0,5	R.S.		776523,93	388 262	651	596,4	
2.3.011		Lufttetting og tetthetsmålinger	1,00	m2		12 650,00		651	19,4	
	2.3.9005	Tetting av luftlekkasjer	1,0	stk		1150,00	1 150	651	1,8	
	2.3.9006	Tetthetsmåling	2,0	stk		5750,00	11 500	651	17,7	
							12 650			
2.5.001	2.5.F.012	Fast garasjehimling, t = 500 mm	325,00	m2		543,38		651	271,3	
		Merknader U-verdi 0,07								
	2.5.7.9002	150 mm isolasjon.	325,0	m2		126,50	41 113	651	63,2	
	2.5.7.9003	lydplate 50 mm isolasjon. Ferdig overflatebehandlet	325,0	m2		215,62	70 078	651	107,6	
	2.5.7.9007	300 mm isolasjon.	325,0	m2		201,25	65 406	651	100,5	
							176 597			

PROSJEKT : Bolig skansentoppen			UMB for Skanska							
DELPROSJEKT : Energikonsept: lavenergi-bygg			Even Skistad							
KONTO : 2 Bygning			ELEMENTER: 7		PRIS: 1 476 024		BTA: 651		PRIS/BTA: 2 267,3	
Referanse	Org.nr	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Info	Enhetspris	Pris	BTA	Pris/BTA	
2.6.007	2.6.A.023	Tolags papptekking, fallisolasjon t = ca. 500 mm	162,00	m2		907,54		651	225,8	
	Beskrivelse	Tekking med 450mm isolasjon gir U-verdi = 0,08 W/m2K								
	2.6.1.0380	Dampsperre, t = 0,20 mm plastfolie	162,0	m2		17,25	2 795	651	4,3	
	2.6.9004	Isolasjon på tak, EPS, skråskåren, gj.sn. t = 500 mm, klasse 52	162,0	m2		603,75	97 808	651	150,2	
	2.6.2.0110	Taktekking, 2-lags, papp	162,0	m2		226,04	36 619	651	56,3	
	2.6.2.0120	Oppbrett på tekking, H = 400 mm	40,5	m		212,75	8 616	651	13,2	
	2.6.2.0130	Tiislutning til sluk på tak (tekking)	1,6	stk		731,31	1 185	651	1,8	
							147 022			
2.6.008		Isolasjon på terrasser t + 150mm (totalt 300mm)	144,00	m2		345,00	49 680	651	76,3	
	Beskrivelse	Tekking med 300mm isolasjon gir U-verdi = 0,11 W/m2K								
	2.8.9002	Isolasjon av takterrasse	144,0	m2		345,00	49 680	651	76,3	
Σ	SUM 2	Bygning Energikonsept: lavenergi-bygg					1 476 024	651	2 267,3	

PROSJEKT : Bolig skansentoppen			UMB for Skanska						
DELPROSJEKT : Energikonsept: lavenergi-bygg			Even Skistad						
KONTO : 3 VVS			ELEMENTER: 2		PRIS: 589 375	BTA: 651	PRIS/BTA: 905,3		
Referanse	Org.nr	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Info	Enhetspris	Pris	BTA	Pris/BTA
3		VVS Energikonsept: lavenergi-bygg			2 elementer			651	
3.2.001	3.2.0.1.007	Boligblokk. Komplette varme for boligdel. Vannbåren varme.	1,00	R.S.		280 600,00		651	431,0
	Merknader	Ledninger, armatur, utstyr og isolasjon for varmeinstallasjoner.							
	3.2.0.0151	Varme. Boligblokk. Komplette for boligdel	0,5	m2		400200,00	200 100	651	307,4
	3.2.0.9003	Varme. Boligblokk. Ekstra varmtvannsbereider dobbelmantlet	1,0	R.S.		69000,00	69 000	651	106,0
	3.2.0.9004	Varme. Boligblokk. El.arbeid tilknytting av ekstra vannberegder	1,0	R.S.		11500,00	11 500	651	17,7
							280 600		
3.6.001	3.6.9.001	Komplette luftbehandlingssystem	0,50	R.S.		617 550,00		651	474,3
	Merknader	Antall m3 justeres i reseptmengden							
	3.6.9000	luft beh	0,5			548550,00	274 275	651	421,3
	3.6.5.0100	Luftbehandlingssystem, økt varmegjenvinningsgrad	6,0	stk		3220,00	19 320	651	29,7
	3.6.5.0150	Diverse avtrekksanlegg, vifter, etc	6,0	stk		2530,00	15 180	651	23,3
							308 775		
	SUM 3	VVS Energikonsept: lavenergi-bygg					589 375	651	905,3

PROSJEKT : Bolig skansentoppen						UMB for Skanska			
DELPROSJEKT : Energikonsept: lavenergi-bygg						Even Skistad			
KONTO : 4 Elkraft						ELEMENTER: 1 PRIS: 5 520 BTA: 651 PRIS/BTA: 8,5			
Referanse	Org.nr	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Info	Enhetspris	Pris	BTA	Pris/BTA
4		Elkraft Energikonsept: lavenergi-bygg						651	
4.4.002		Merkostnad belysning: LED-pærer erstatter halogen/glødelamper	1,00			5 520,00	5 520	651	8,5
	4.4.0.0151	Lys. Boligblokk. Komplett for boligdel	1,0	R.S.		5520,00	5 520	651	8,5
Σ	SUM 4	Elkraft Energikonsept: lavenergi-bygg					5 520	651	8,5

PROSJEKT : Bolig skansentoppen						UMB for Skanska							
DELPROSJEKT : Energikonsept: lavenergi-bygg						Even Skistad							
KONTO : 8 Generelle kostnader						ELEMENTER: 1		PRIS: 25 300		BTA: 651		PRIS/BTA: 38,9	
Referanse	Org.nr	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Info	Enhetspris	Pris	BTA	Pris/BTA				
8		Generelle kostnader Energikonsept: lavenergi-bygg						651					
8.2.001		Prosjektering og kvalitetsikring	1,00			25 300,00	25 300	651	38,9				
	8.2.9000	Prosjektering og kvalitetsikring	1,0			25300,00	25 300	651	38,9				
Σ	SUM 8	Generelle kostnader Energikonsept: lavenergi-bygg					25 300	651	38,9				

Vedlegg G

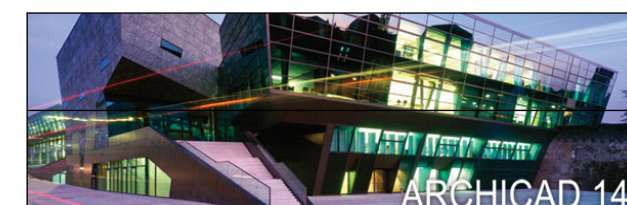
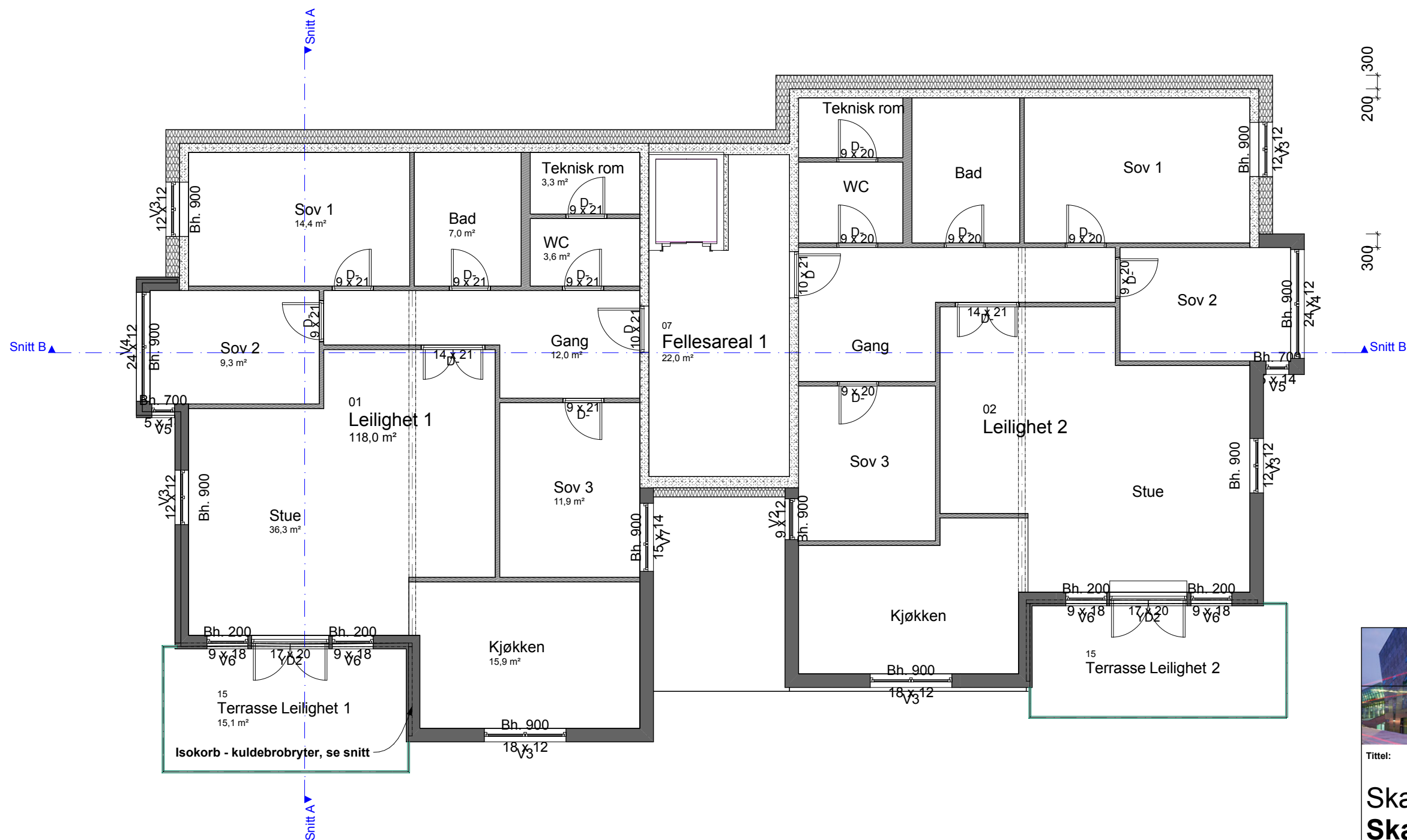
Skansentoppen – Hus A

Tegninger

1. Tiltakspakke: passivhus 12 sider
2. Tiltakspakke: lavenergihus 12 sider
3. Tiltakspakke: smarthus 12 sider
4. Tiltakspakke: hightechhus 12 sider
5. Illustrasjon av fremtidens bygg 1 side



Illustrasjon: Tegnet i Archicad av Even Skistad 2011



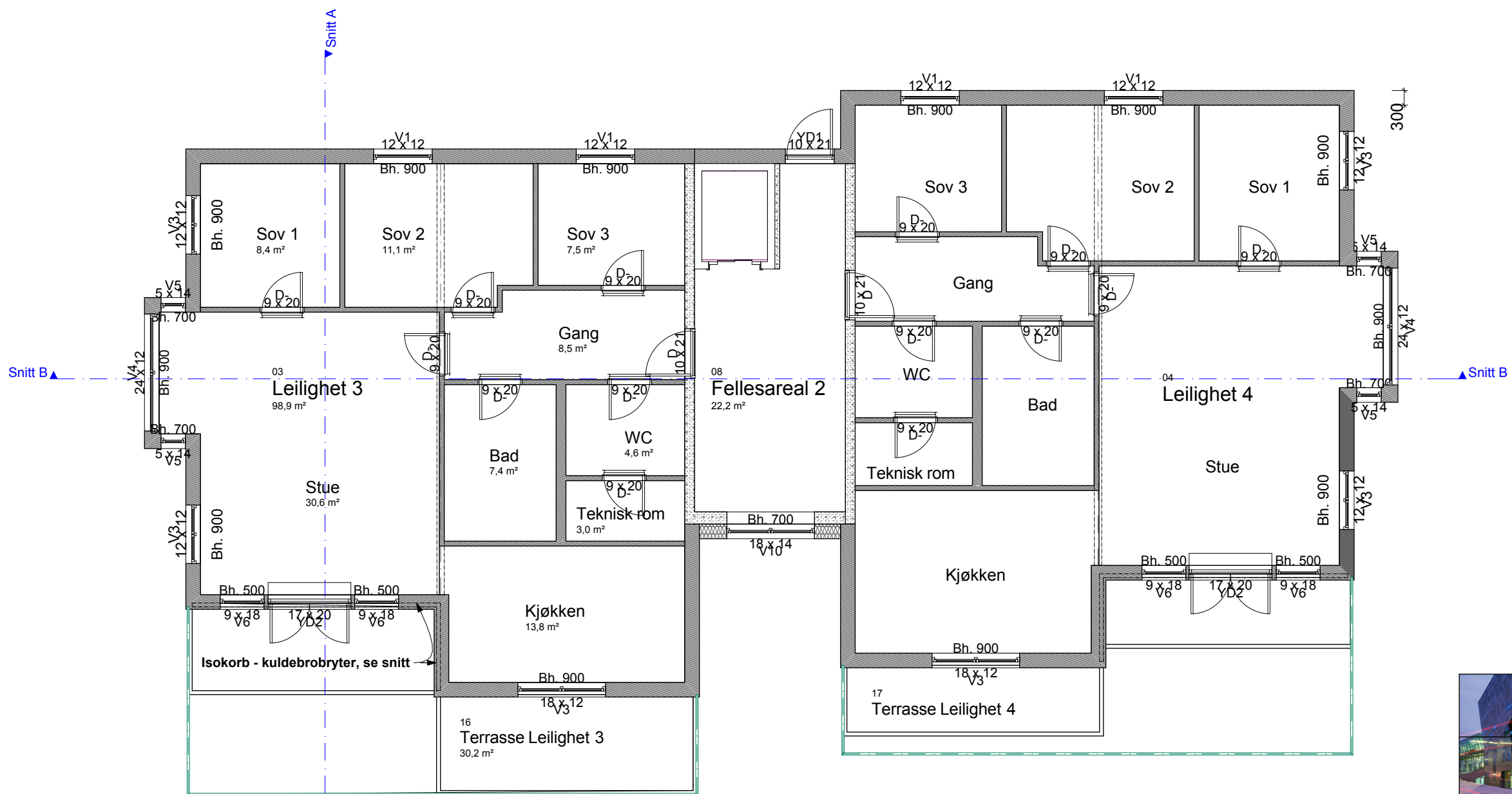
ARCHICAD 14

Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Passivhus	Tegningsnr.: A22-101	Målestokk: 1:100
Type tegning: Plan 1. Etasje	Dato: 7.05.2011	

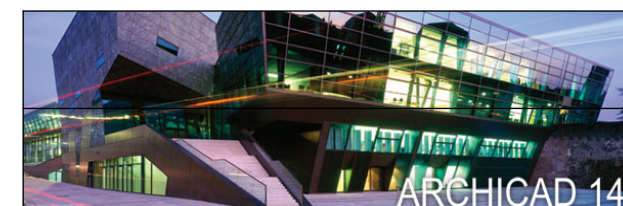
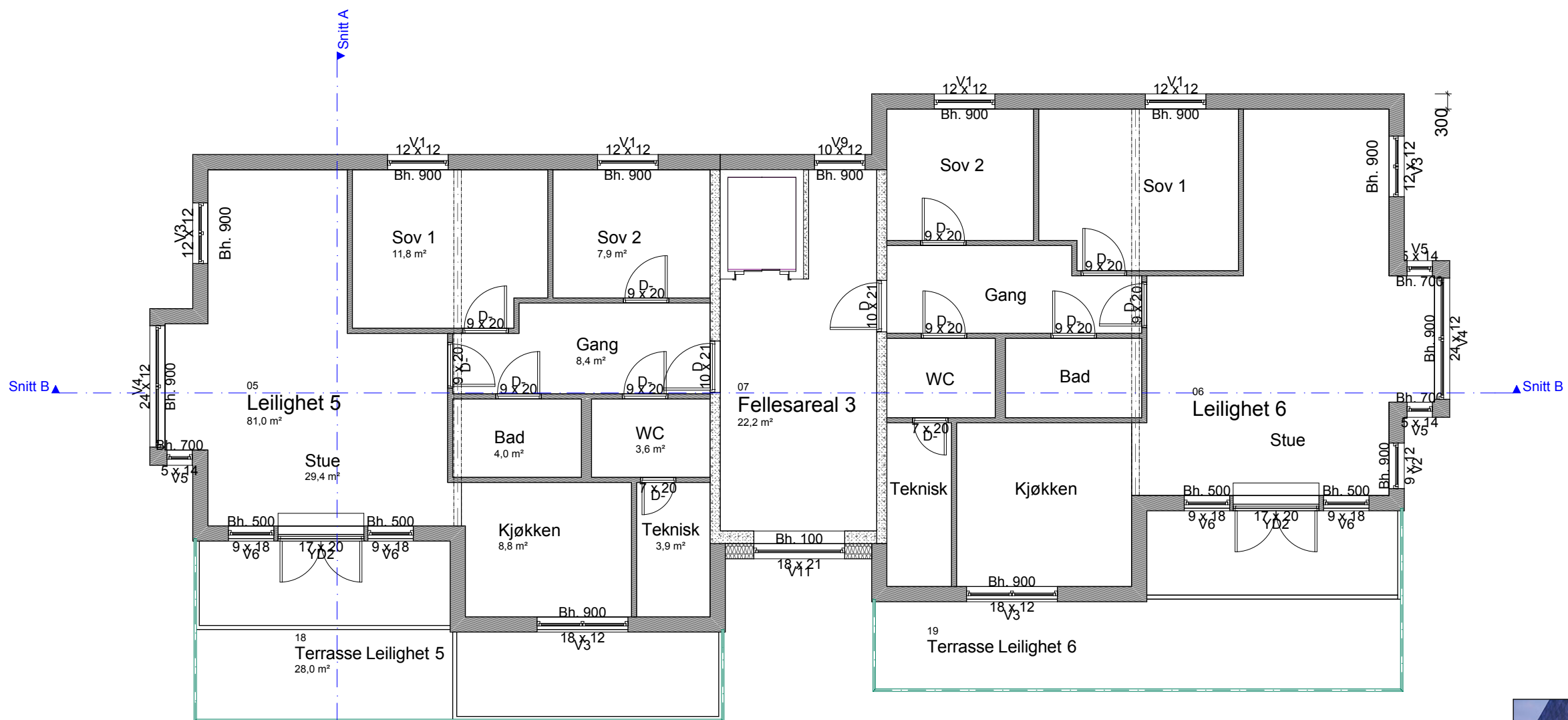


Tittel:

**Skanska
Skansentoppen - Hus A**
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Passivhus	Tegningsnr.: A22-102	Målestokk: 1:100
Type tegning: Plan 2. Etasje	Dato: 7.05.2011	

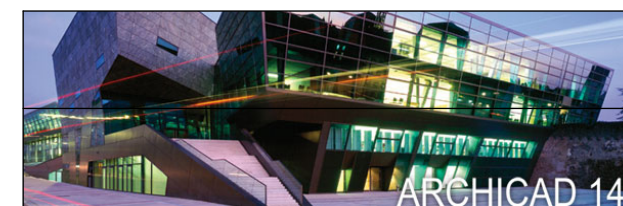
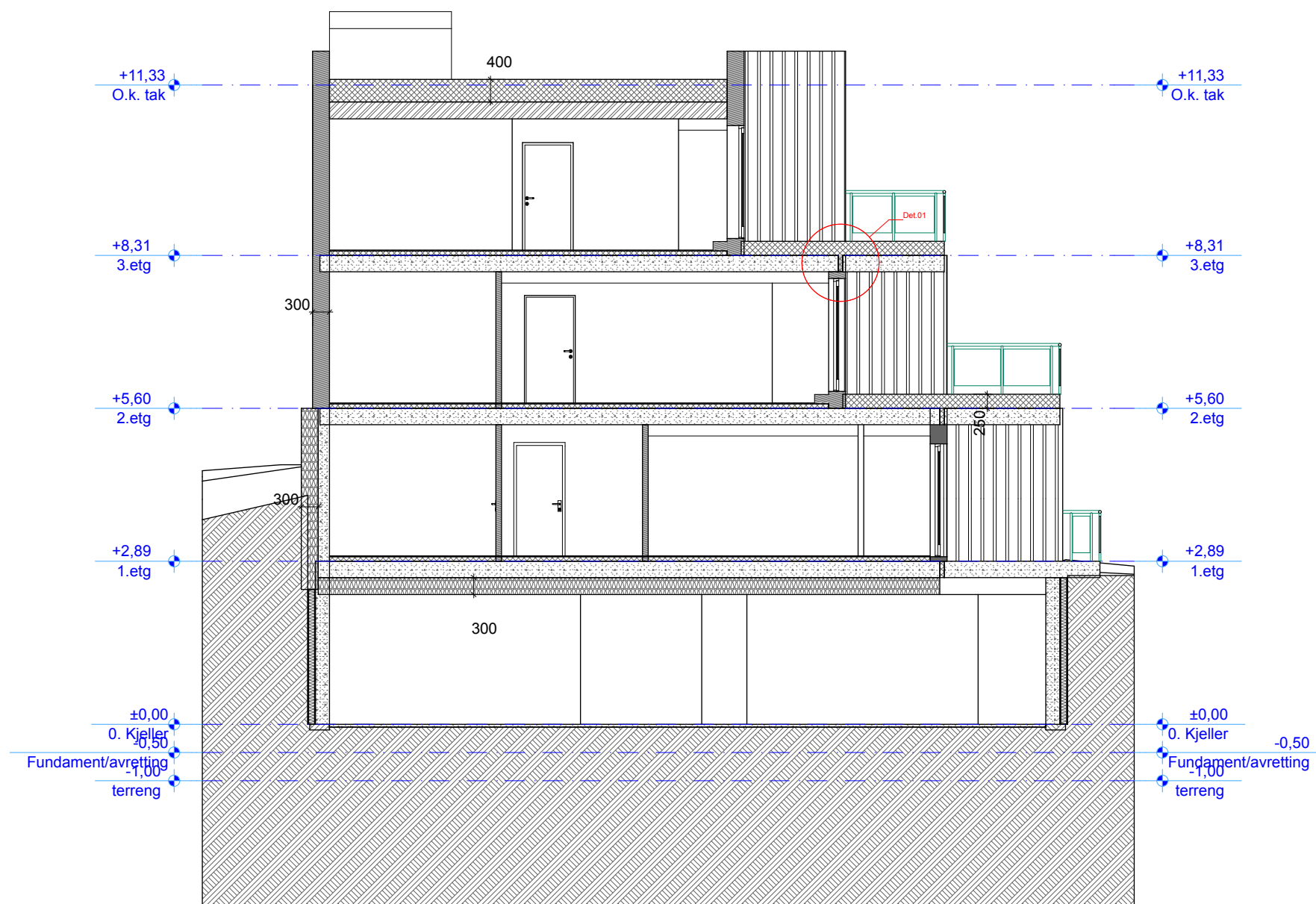


Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Passivhus	Tegningsnr.: A22-103	Målestokk: 1:100
Type tegning: Plan 3. Etasje	Dato: 7.05.2011	

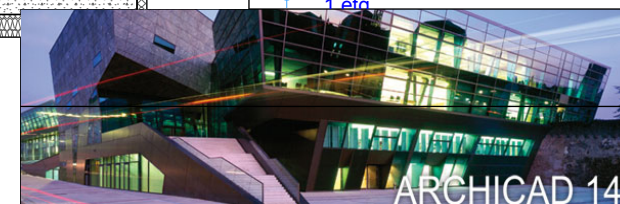
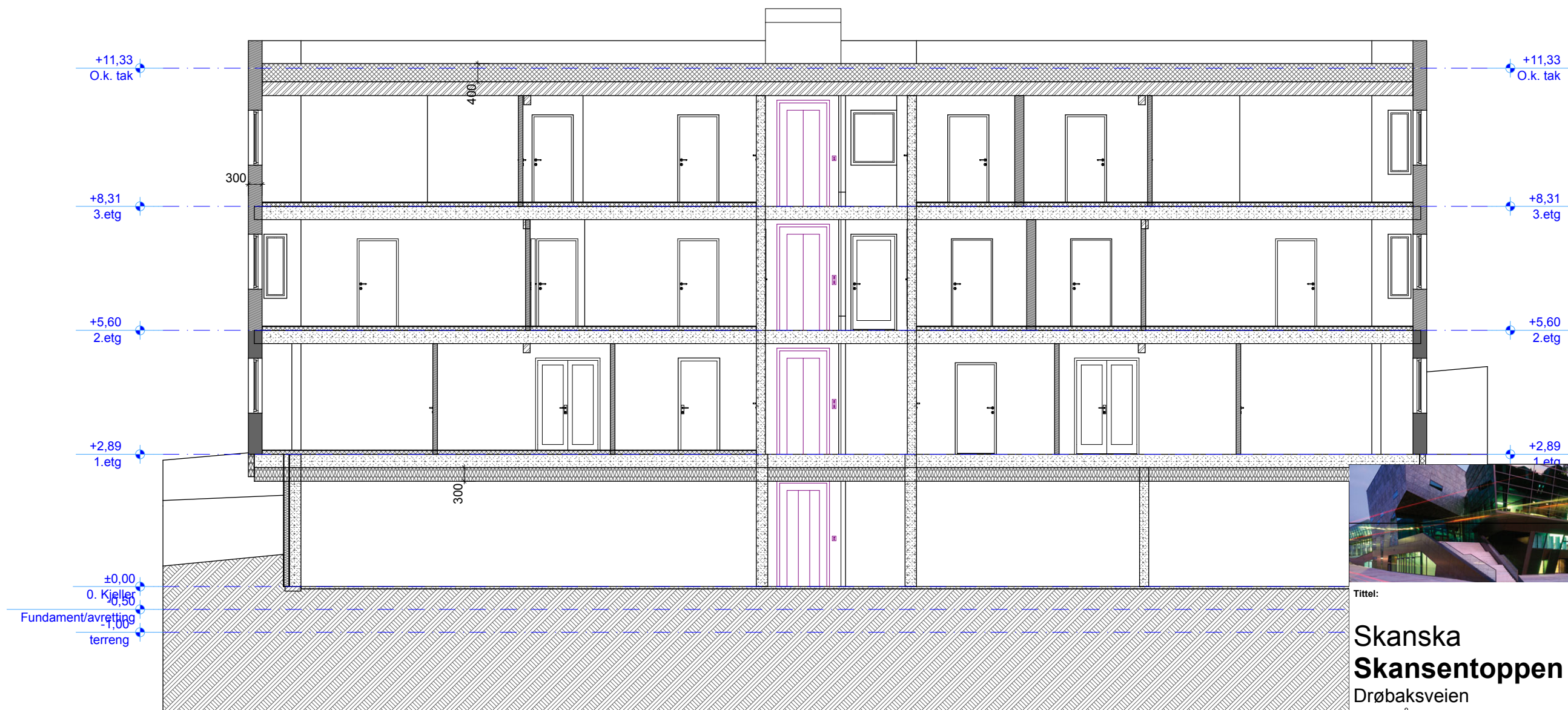


Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Passivhus	Tegningsnr.: A30-101	Målestokk: 1:100
Type tegning: Snitt A	Dato: 7.05.2011	



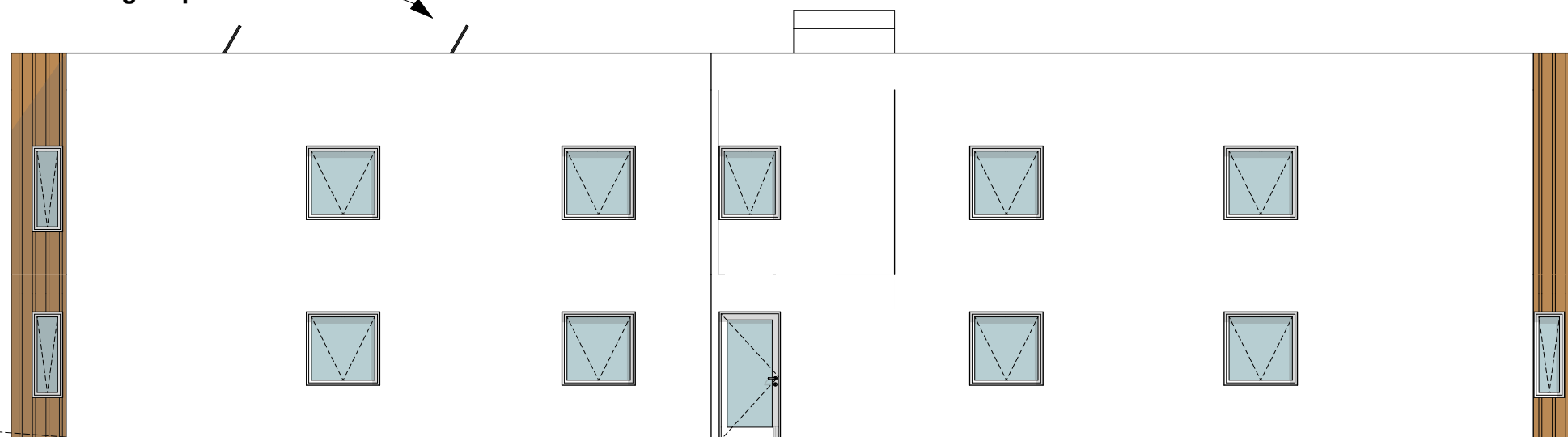
Tittel:

**Skanska
 Skansentoppen - Hus A**
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

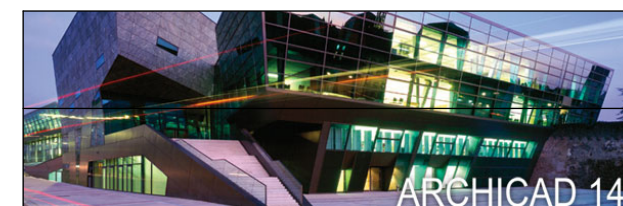
Energikonsept: Passivhus	Tegningsnr.: A30-102	Målestokk: 1:100
Type tegning: Snitt B	Dato: 7.05.2011	

Solfangere på taket



Eksisterende terreng

Nytt terreng

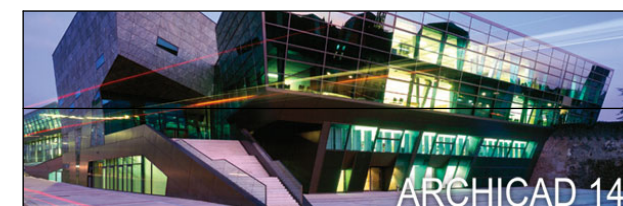
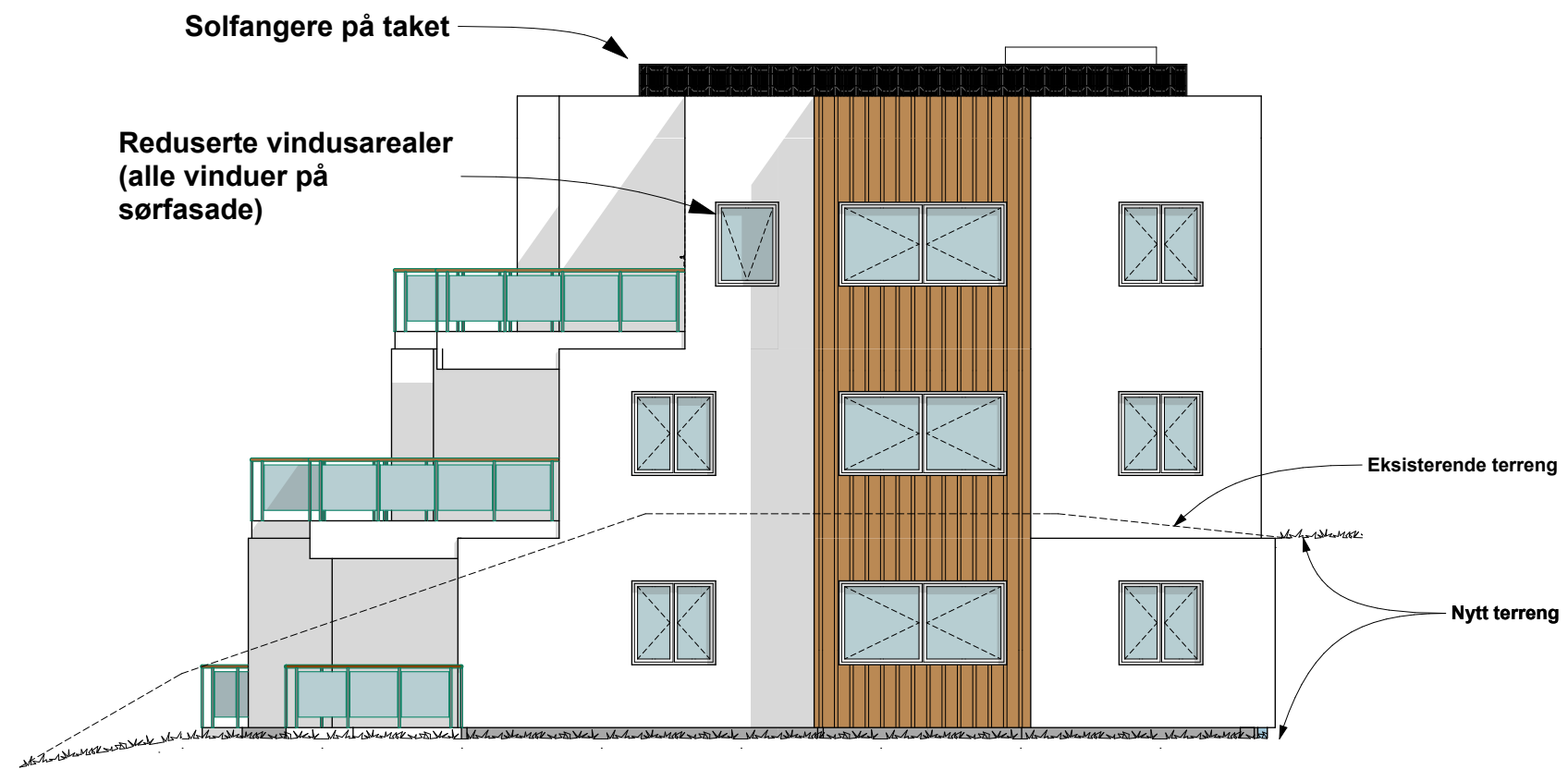


Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Passivhus	Tegningsnr.: A40.1	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Øst	Dato: 7.05.2011	



Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Passivhus	Tegningsnr.: A40.2	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Sør	Dato: 7.05.2011	

Brystningshøyder for verandadører og vinduer ut mot veranda økes pga. økt isolasjonstykkelse for terrassegulv

Solfangere på taket



Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Passivhus	Tegningsnr.: A40.3	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Vest	Dato: 7.05.2011	



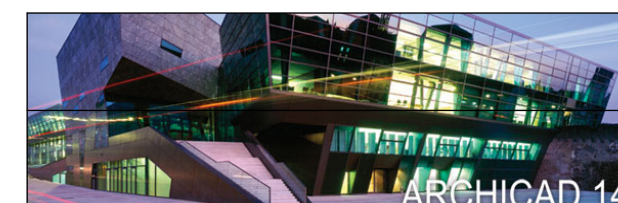
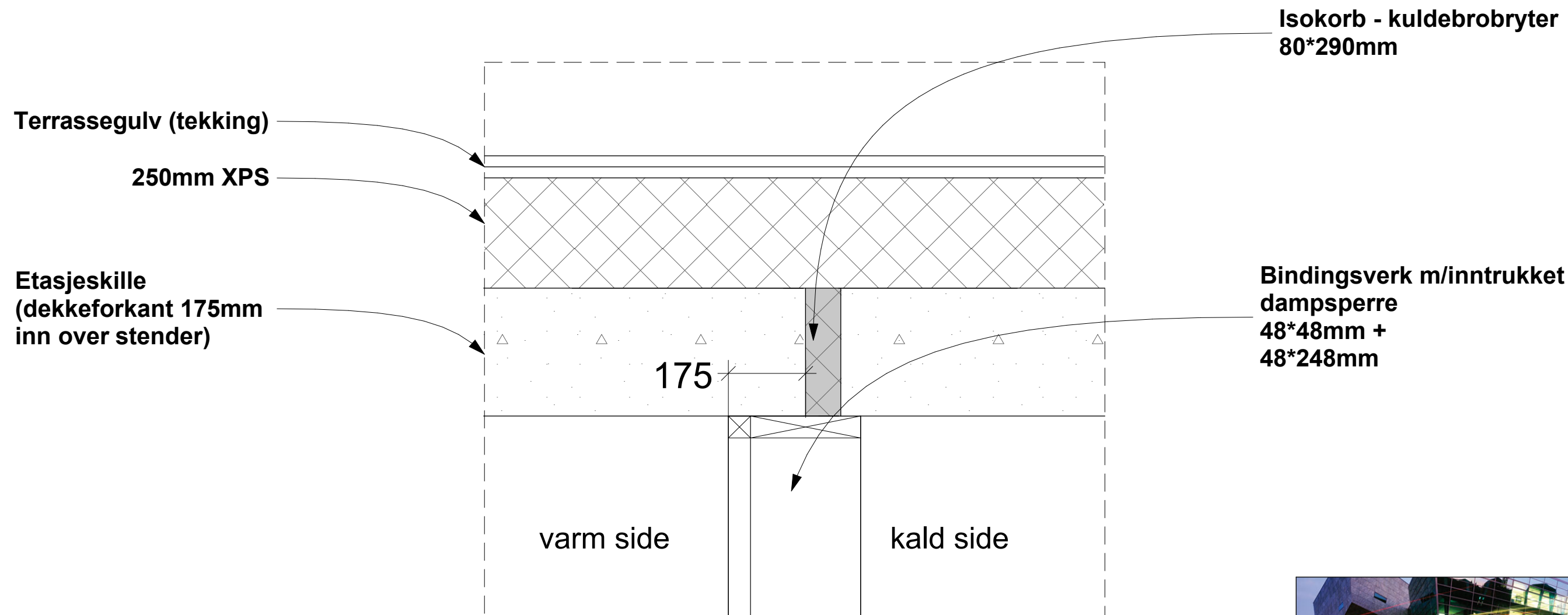
Tittel:

Skanska Skansentoppen - Hus A

Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Passivhus	Tegningsnr.: A40.4	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Nord	Dato: 7.05.2011	



Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Passivhus	Tegningsnr.: A50-1	Målestokk: 1:10
Type tegning: Vert. detaljer	Dato: 7.05.2011	

LISTE VINDUER																			
Etasje	ID	Rev.	Antall	Bredde	Heyde	Brannkl.	Energikl.	Lydkrav	Funksjonstype	Overflate	Ventilasjon	Glasstype	Låssystem	Hengsler	Ekstra utstyr				
3.etg																			
	V1		4	1 200	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V2		1	900	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V3		2	1 200	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V3		2	1 800	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V4		2	2 400	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V5		3	500	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V6		4	900	1 800		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V9		1	1 000	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V11		1	1 800	2 100		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
			20																
2.etg																			
	V1		4	1 200	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V3		4	1 200	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V3		2	1 800	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V4		2	2 400	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V5		4	500	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V6		4	900	1 800		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V10		1	1 800	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
			21																
1.etg																			
	V2		1	900	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V3		4	1 200	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V3		2	1 800	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V4		2	2 400	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V5		2	500	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V6		4	900	1 800		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												

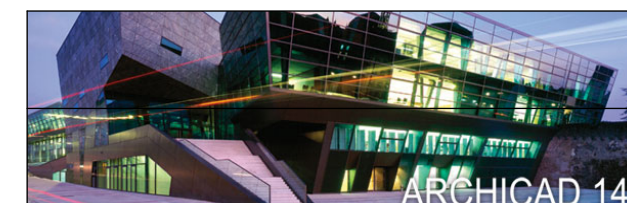
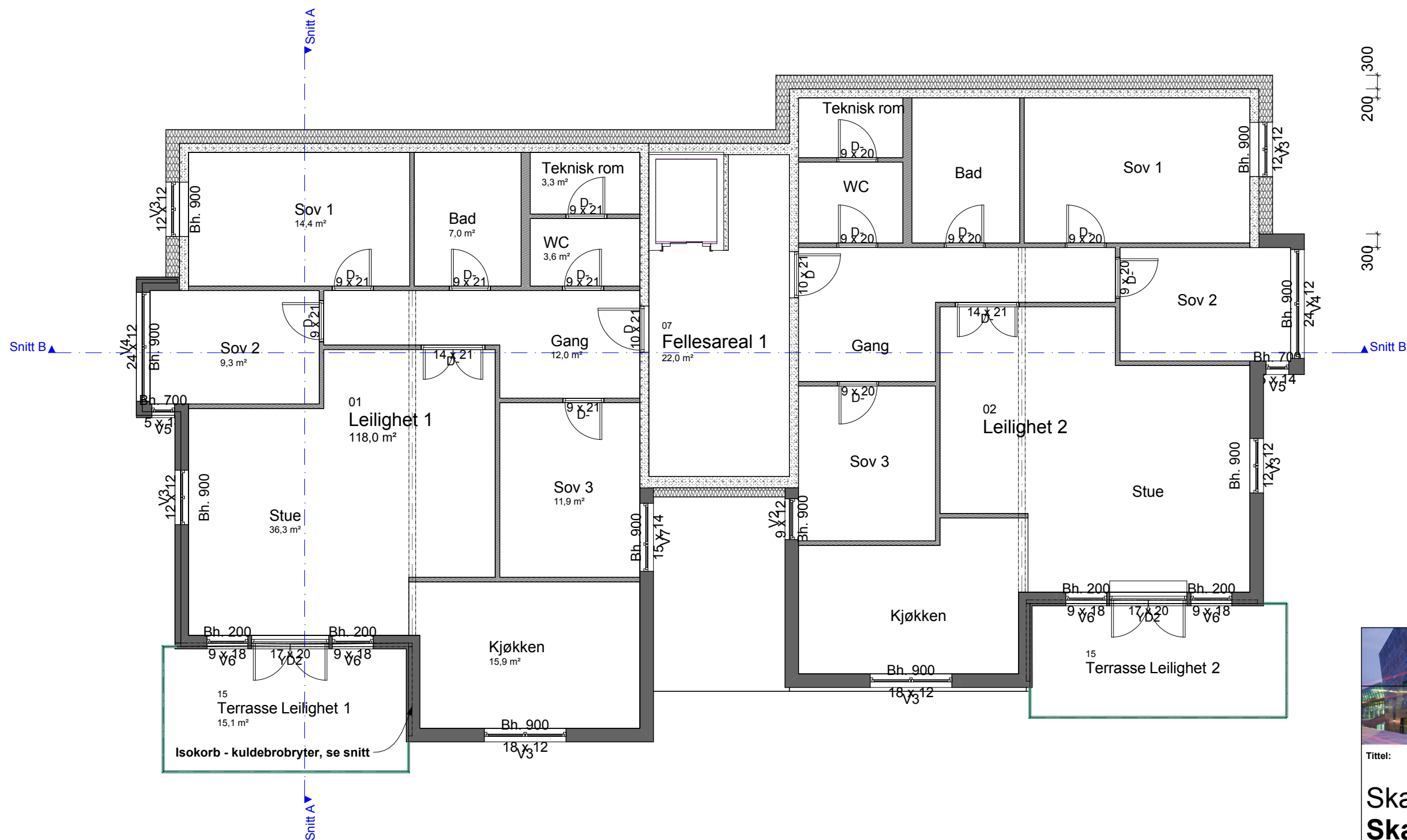


Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Passivhus	Tegningsnr.: A70.1	Målestokk: 1:1,43
Type tegning: Vindusliste	Dato: 7.05.2011	



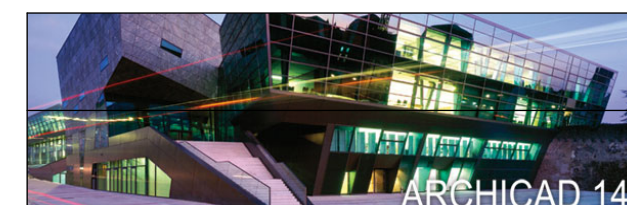
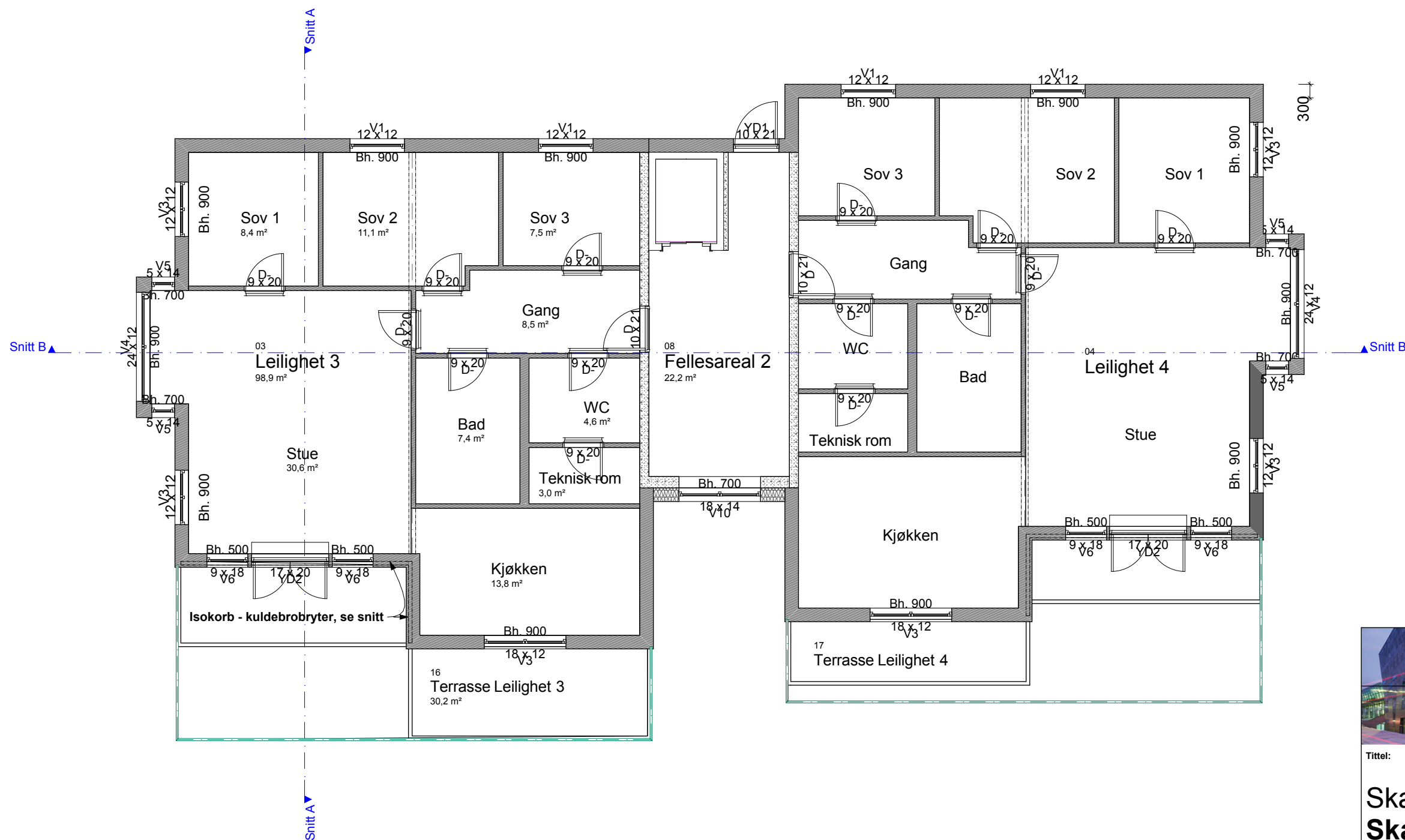
Tittel:

Skanska Skansentoppen - Hus A

Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Lavenergihus	Tegningsnr.: A22-101	Målestokk: 1:100
Type tegning: Plan 1. Etasje	Dato: 7.05.2011	

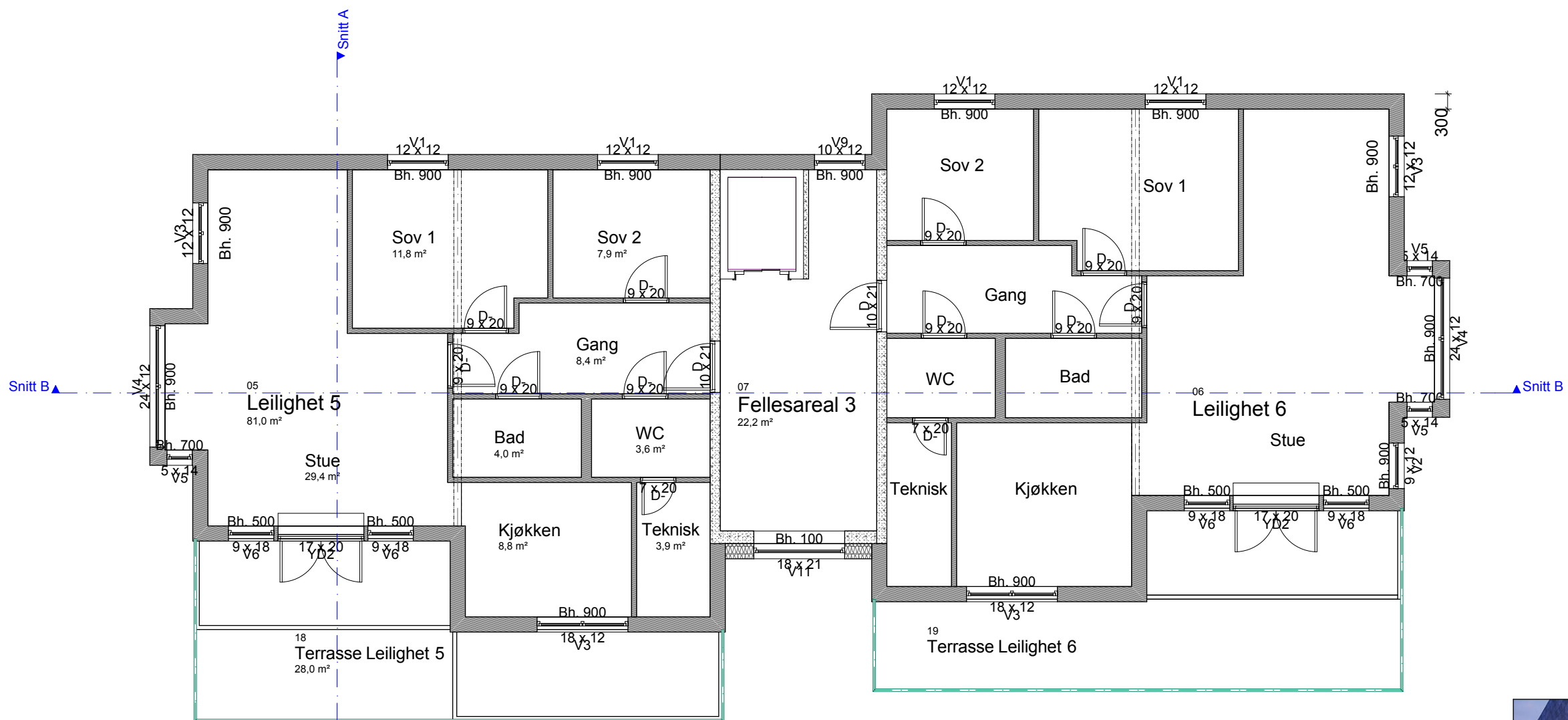


Tittel:

**Skanska
Skansentoppen - Hus A**
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Lavenergihus	Tegningsnr.: A22-102	Målestokk: 1:100
Type tegning: Plan 2. Etasje	Dato: 7.05.2011	

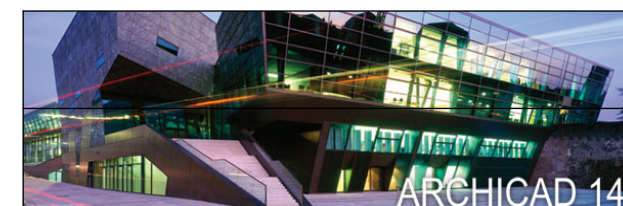
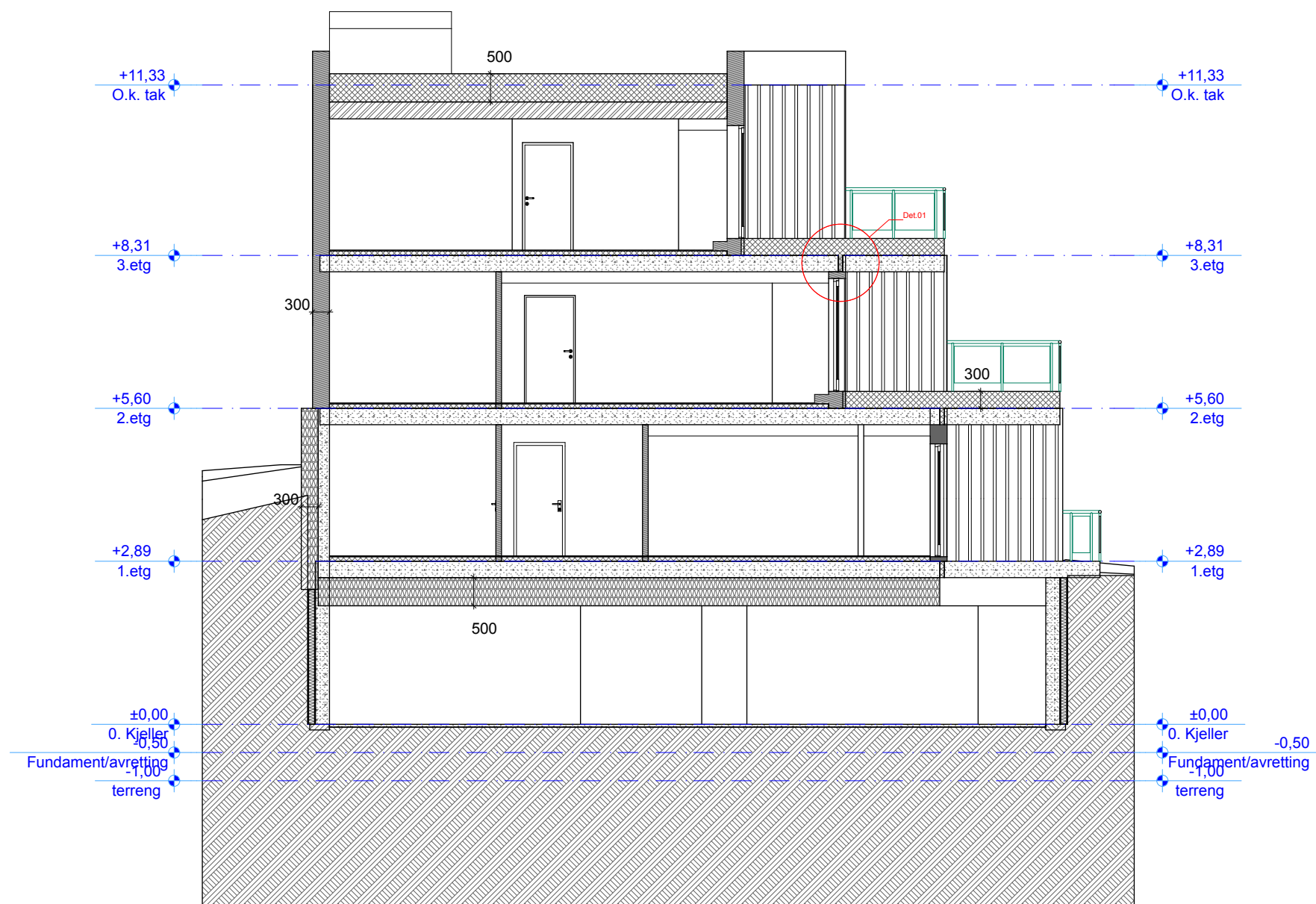


Tittel:

**Skanska
Skansentoppen - Hus A**
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Lavenergihus	Tegningsnr.: A22-103	Målestokk: 1:100
Type tegning: Plan 3. Etasje	Dato: 7.05.2011	

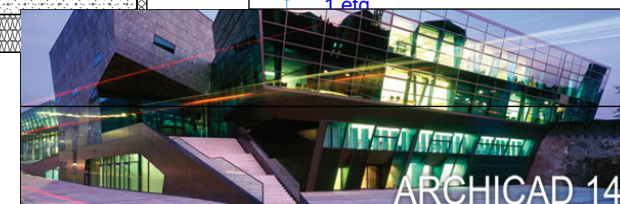
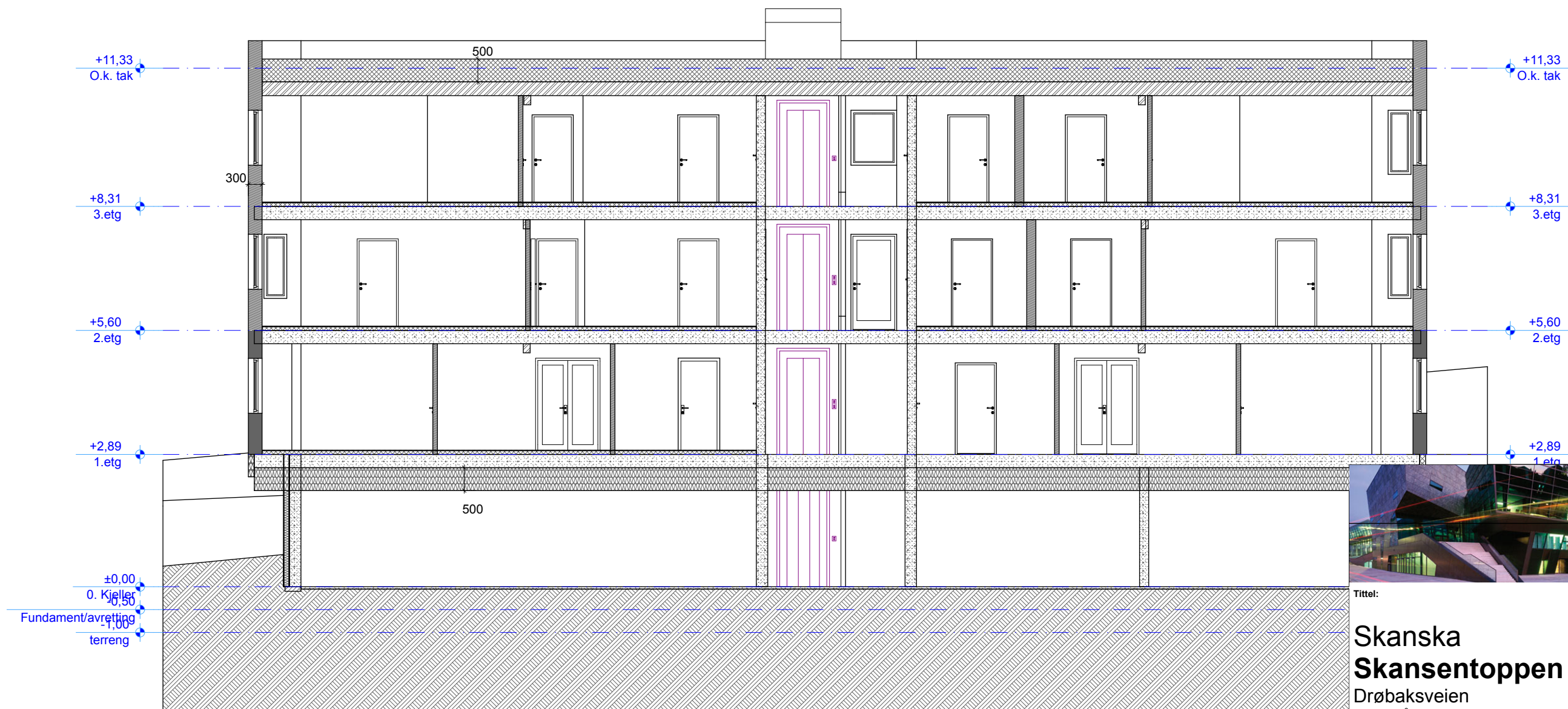


Tittel:

**Skanska
 Skansentoppen - Hus A**
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Lavenergihus	Tegningsnr.: A30-101	Målestokk: 1:100
Type tegning: Snitt A	Dato: 7.05.2011	



ARCHICAD 14

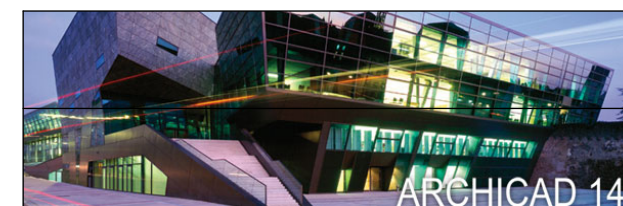
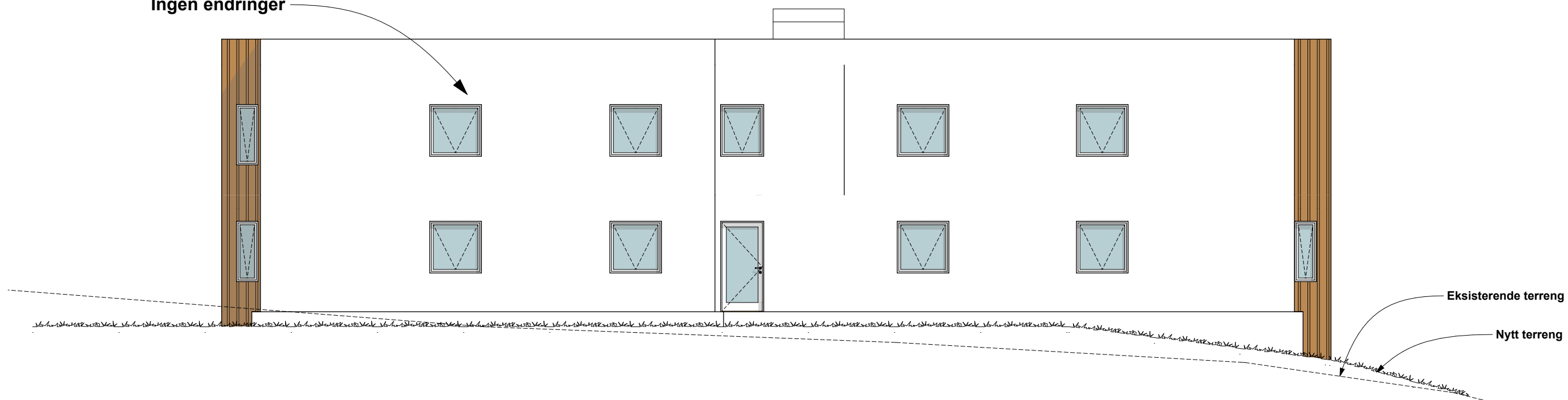
Tittel:

**Skanska
 Skansentoppen - Hus A**
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Lavenergihus	Tegningsnr.: A30-102	Målestokk: 1:100
Type tegning: Snitt B	Dato: 7.05.2011	

Ingen endringer

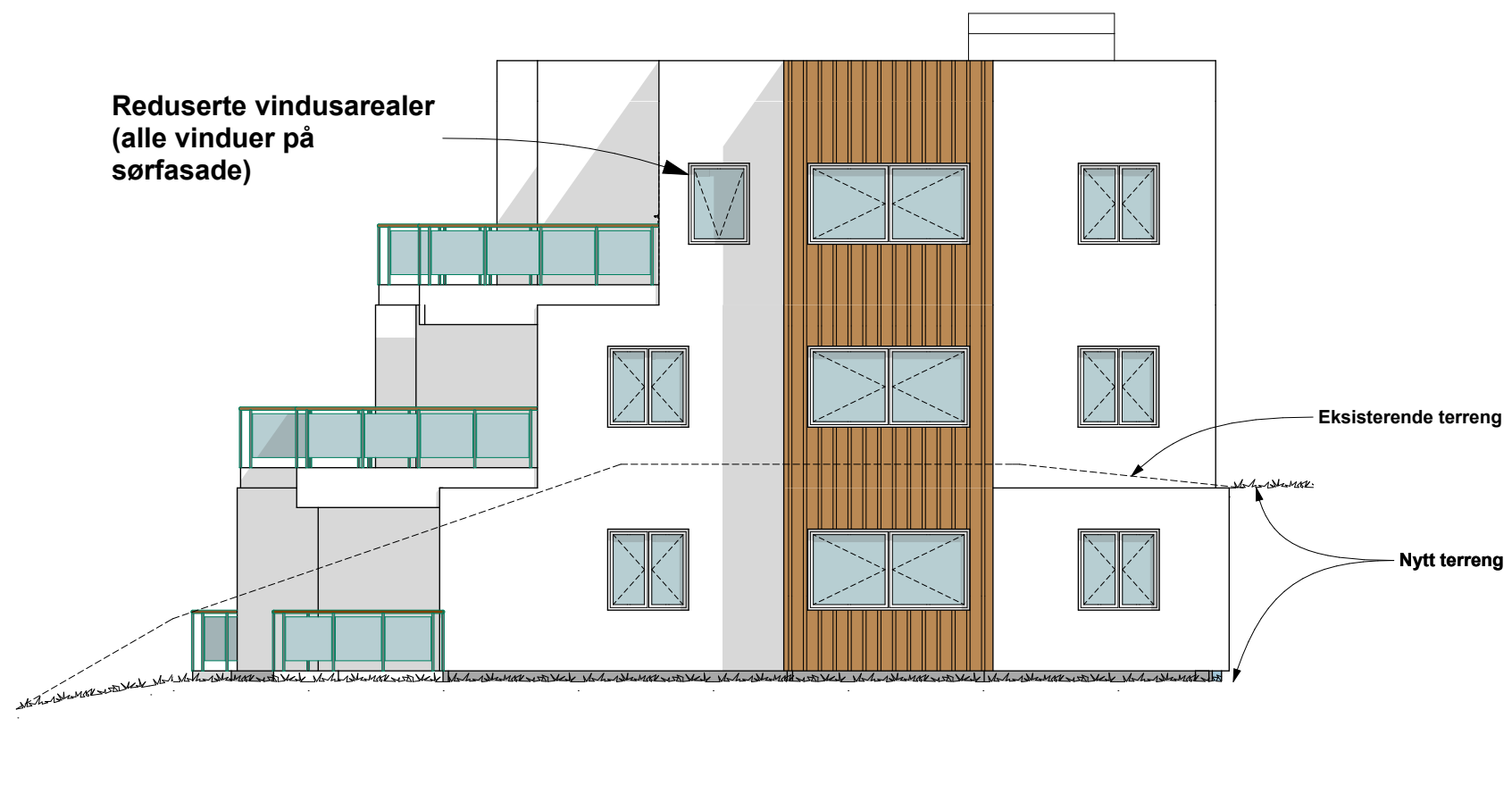


Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Lavenergihus	Tegningsnr.: A40.1	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Øst	Dato: 7.05.2011	



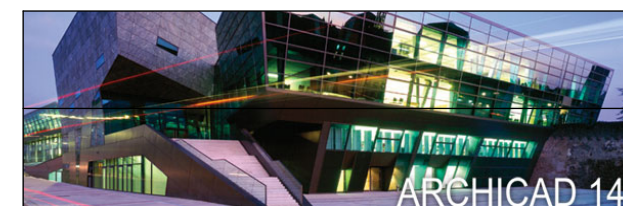
Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Lavenergihus	Tegningsnr.: A40.2	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Sør	Dato: 7.05.2011	

Brystningshøyder for verandadører og vinduer ut mot veranda økespga. økt isolasjonstykkelse for terrassegulv



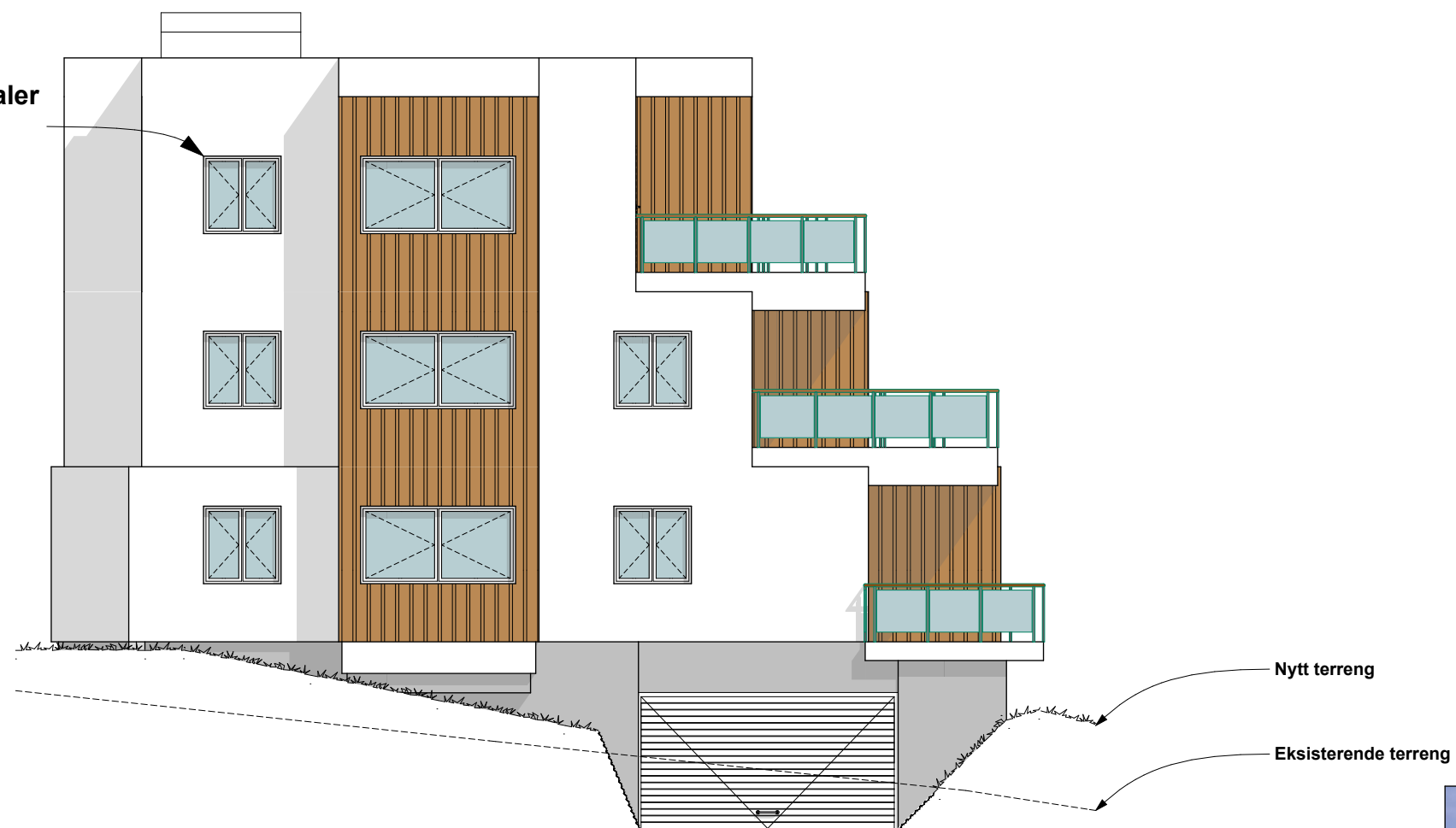
Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Lavenergihus	Tegningsnr.: A40.3	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Vest	Dato: 7.05.2011	

Reduserte vindusarealer
(alle vinduer på
nordfasade)



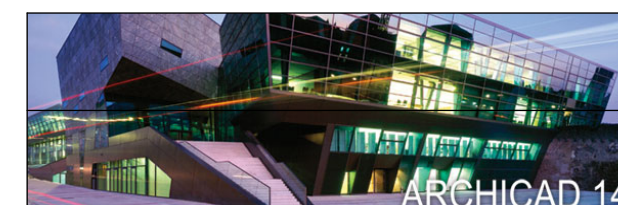
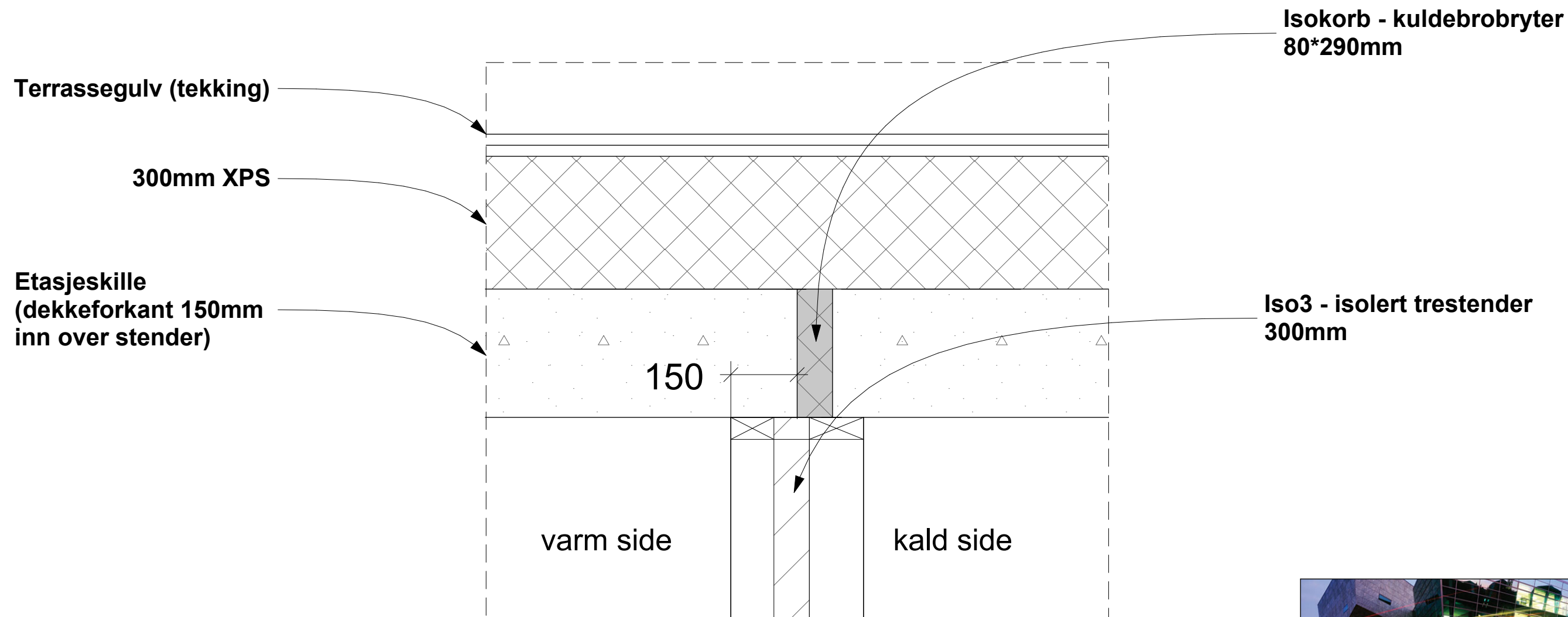
Tittel:

Skanska Skansentoppen - Hus A

Drøbaksveien
1430 Ås

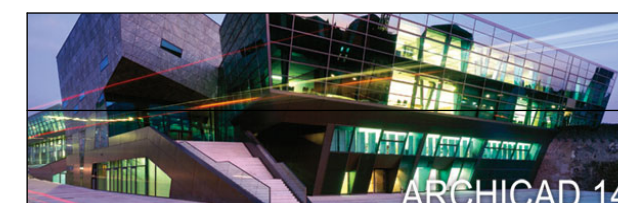
Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Lavenergihus	Tegningsnr.: A40.4	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Nord	Dato: 7.05.2011	



Tittel:		
Skanska		
Skansentoppen - Hus A		
Drøbaksveien 1430 Ås		
Prosjekt: Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak		
Energikonsept: Lavenergihus	Tegningsnr.: A50-1	Målestokk: 1:10
Type tegning: Vert. detaljer	Dato: 7.05.2011	

LISTE VINDUER																			
Etasje	ID	Rev.	Antall	Bredde	Heyde	Brannkl.	Energikl.	Lydkrav	Funksjonstype	Overflate	Ventilasjon	Glasstype	Låssystem	Hengsler	Ekstra utstyr				
3.etg																			
	V1		4	1 200	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V2		1	900	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V3		2	1 200	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V3		2	1 800	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V4		2	2 400	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V5		3	500	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V6		4	900	1 800		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V9		1	1 000	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V11		1	1 800	2 100		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
			20																
2.etg																			
	V1		4	1 200	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V3		4	1 200	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V3		2	1 800	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V4		2	2 400	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V5		4	500	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V6		4	900	1 800		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V10		1	1 800	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
			21																
1.etg																			
	V2		1	900	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V3		4	1 200	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V3		2	1 800	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V4		2	2 400	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V5		2	500	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												
	V6		4	900	1 800		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K												



Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Lavenergihus	Tegningsnr.: A70.1	Målestokk: 1:1,43
Type tegning: Vindusliste	Dato: 7.05.2011	

LISTE DØRER																													
Etasje	ID	Slagr.	Antall	Rev.	Bredde	Hayde	Brannkl.	Lydkrav	Energikl.	Spærke plate	Terskel	Plassering/ løpenr.	Til rom	Romnavn	Fra rom	Romnavn	Overflate	Glass	Funksjons type	Låssystem	Nøkkelstid	Beslag/låse kasse innst	Hengsler	Ekstra utstyr					
0. Kjeller																													
	D-	H	1		1 000	2 100				Uten	Anslagterskel		03	Sluse	02	Garasje del 1													
	D-	H	1		1 000	2 100				Uten	Anslagterskel		04	Trapperom	03	Sluse													
	D-	V	1		900	2 100				Uten	Anslagterskel				01	Teknisk rom													
	D-	V	1		4 020	2 090				---	Anslagterskel				02	Garasje del 1													
			4																										
1.etg																													
	D	H	1		1 000	2 100				Uten	Anslagterskel		12	Gang	07	Fellesareal 1													
	D	V	1		1 000	2 100				Uten	Anslagterskel		11	Gang	07	Fellesareal 1													
			2																										
	D-	H	1		890	2 090				Uten	Anslagterskel		21	Sov 3	11	Gang													
	D-	H	1		890	2 090				Uten	Anslagterskel		3	Bad	11	Gang													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		0	Sov 1	12	Gang													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		1	Sov 2	12	Gang													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		8	WC	12	Gang													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		9	Teknisk rom	8	WC													
	D-	V	1		890	2 090				Uten	Anslagterskel		01	Sov 1	11	Gang													
	D-	V	1		890	2 090				Uten	Anslagterskel		20	Sov 2	11	Gang													
	D-	V	1		890	2 090				Uten	Anslagterskel		6	Teknisk rom	7	WC													
	D-	V	1		890	2 090				Uten	Anslagterskel		7	WC	11	Gang													
	D-	V	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		10	Bad	12	Gang													
	D-	V	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		2	Sov 3	12	Gang													
	D-	V	1		1 390	2 090				Uten	Anslagterskel		13	Stue	11	Gang													
	D-	V	1		1 390	2 090				Uten	Anslagterskel		16	Stue	12	Gang													
			14																										
	YD2	V	1		1 700	2 000				Uten	Anslagterskel		15	Terrasse Leilighet 1	01	Leilighet 1													
	YD2	V	1		1 700	2 000				Uten	Anslagterskel		15	Terrasse Leilighet 2	02	Leilighet 2													
			2																										
2.etg																													
	D	H	1		1 000	2 100				Uten	Anslagterskel		7	Gang	08	Fellesareal 2													
	D	V	1		1 000	2 100				Uten	Anslagterskel		13	Gang															
			2																										
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		10	Sov 1	17	Stue													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		11	Sov 2	13	Gang													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		12	Sov 3	13	Gang													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		14	Bad	13	Gang													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		15	WC	13	Gang													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		17	Stue	13	Gang													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		6	Teknisk rom	5	WC													
	D-	V	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		1	Sov 1	8	Stue													
	D-	V	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		16	Teknisk rom	15	WC													
	D-	V	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		2	Sov 2	7	Gang													
	D-	V	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		3	Sov 3	7	Gang													
	D-	V	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		4	Bad	7	Gang													
	D-	V	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		5	WC	7	Gang													
	D-	V	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		8	Stue	7	Gang													
			14																										
	YD1	V	1		1 000	2 100				Uten	Anslagterskel				08	Fellesareal 2													
			1																										
	YD2	H	1		1 700	2 000				Uten	Anslagterskel		17	Terrasse Leilighet 4	04	Leilighet 4													
	YD2	V	1		1 700	2 000				Uten	Anslagterskel		16	Terrasse Leilighet 3	03	Leilighet 3													
			2																										
3.etg																													
	D	H	1		1 000	2 100				Uten	Anslagterskel																		
	D	H	1		1 000	2 100				Uten	Anslagterskel		26	Gang	05	Leilighet 5													
			2																										
	D-	H	1		700	2 000				Uten	Anslagterskel		33	Teknisk	31	WC													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		27	Sov 1	30	Gang													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		28	Sov 2	30	Gang													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		30	Gang	31	WC													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		30	Gang	32	Bad													
	D-	H	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		30	Gang	35	Stue													
	D-	V	1		700	2 000				Uten	Anslagterskel		23	Teknisk	24	WC													
	D-	V	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		21	Sov 1	26	Gang													
	D-	V	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		22	Sov 2	26	Gang													
	D-	V	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		26	Gang	20	Stue													
	D-	V	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		26	Gang	24	WC													
	D-	V	1		900	2 000				Uten	Anslagterskel		28	Gang	25	Bad													
			12																										
	YD2	H	1		1 700	2 000				Uten	Anslagterskel		19	Terrasse Leilighet 6	06	Leilighet 6													
	YD2	V	1		1 700	2 000				Uten	Anslagterskel		18	Terrasse Leilighet 5	05	Leilighet 5													
			2																										
			57																										



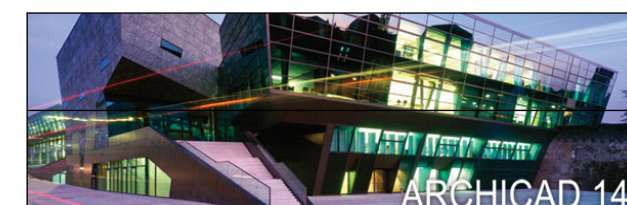
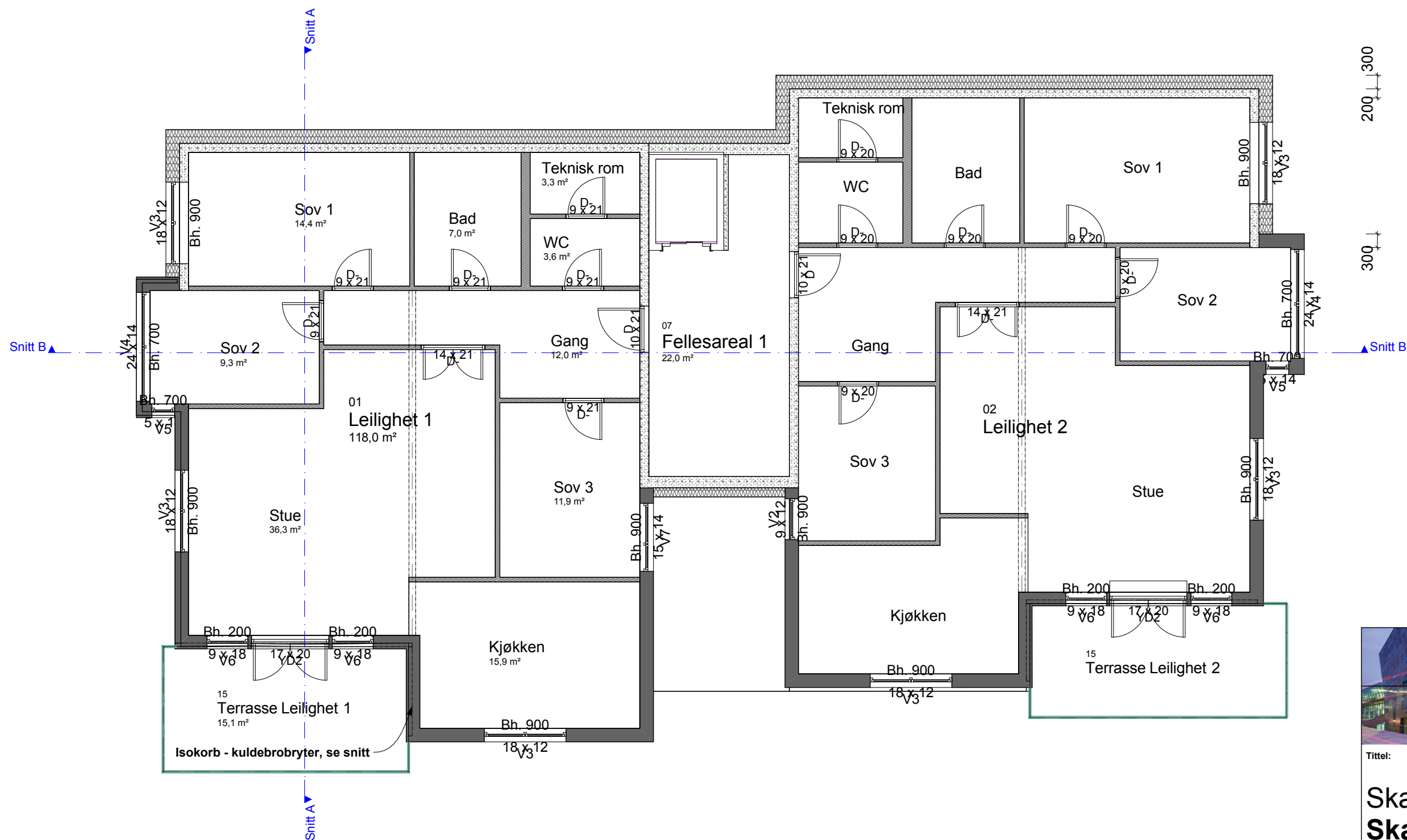
Tittel:

Skanska Skansentoppen - Hus A

Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Lavenergihus	Tegningsnr.: A70.2	Målestokk: 1:1,43
Type tegning: Dørliste	Dato: 7.05.2011	



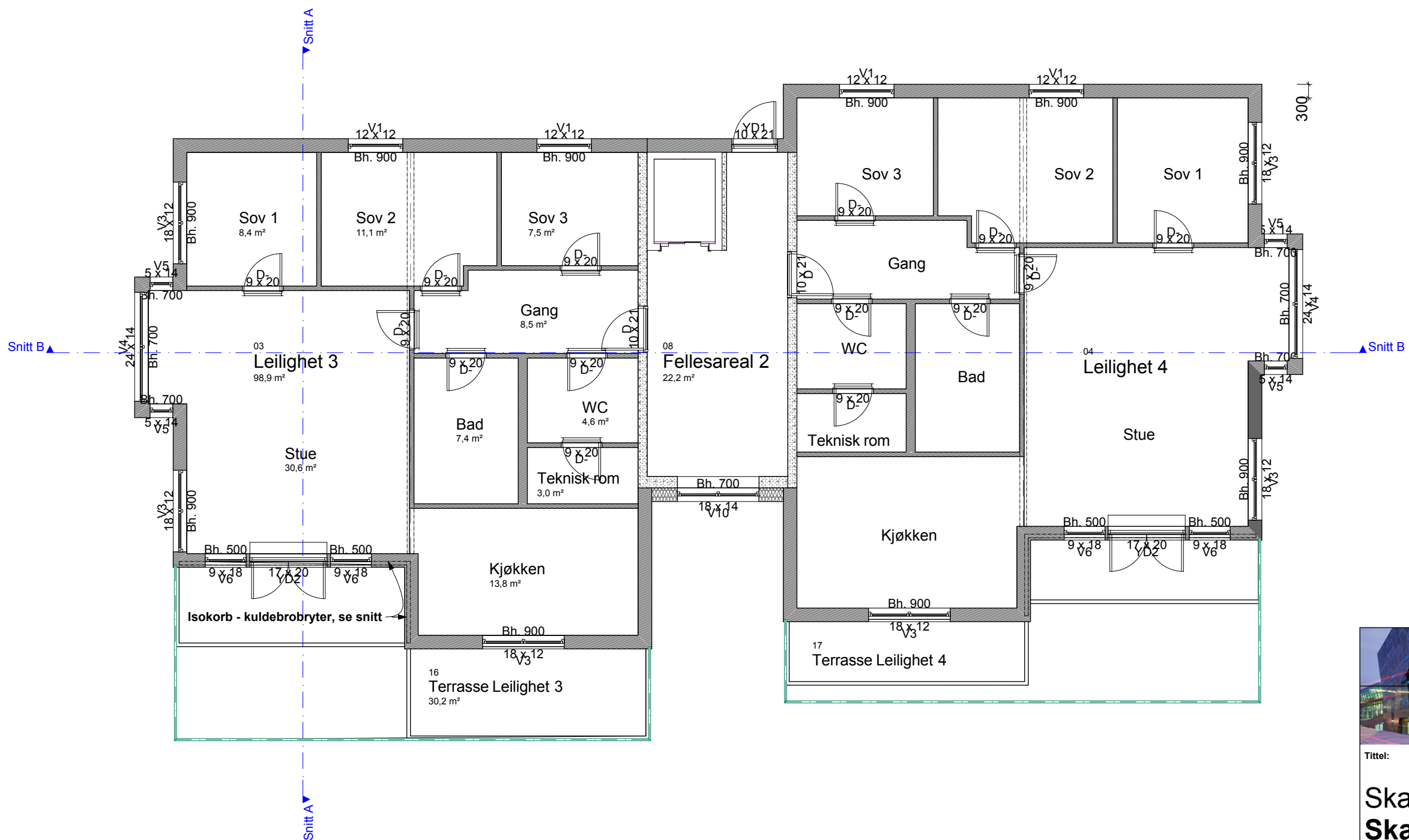
Tittel:

Skanska Skansentoppen - Hus A

Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Smarthus	Tegningsnr.: A22-101	Målestokk: 1:100
Type tegning: Plan 1. Etasje	Dato: 7.05.2011	



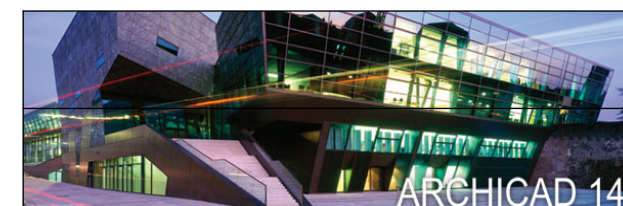
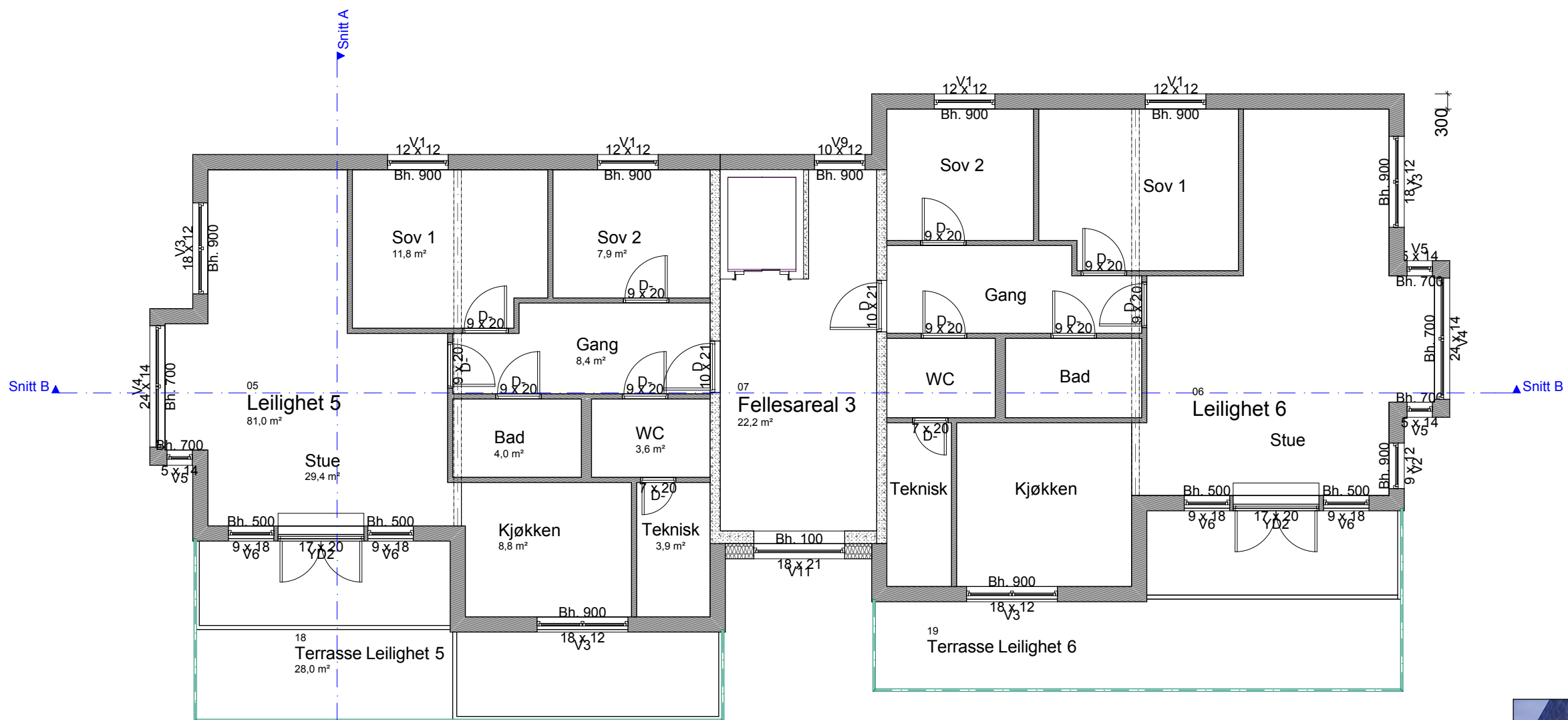
Tittel:

Skanska Skansentoppen - Hus A

Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Smarthus	Tegningsnr.: A22-102	Målestokk: 1:100
Type tegning: Plan 2. Etasje	Dato: 7.05.2011	

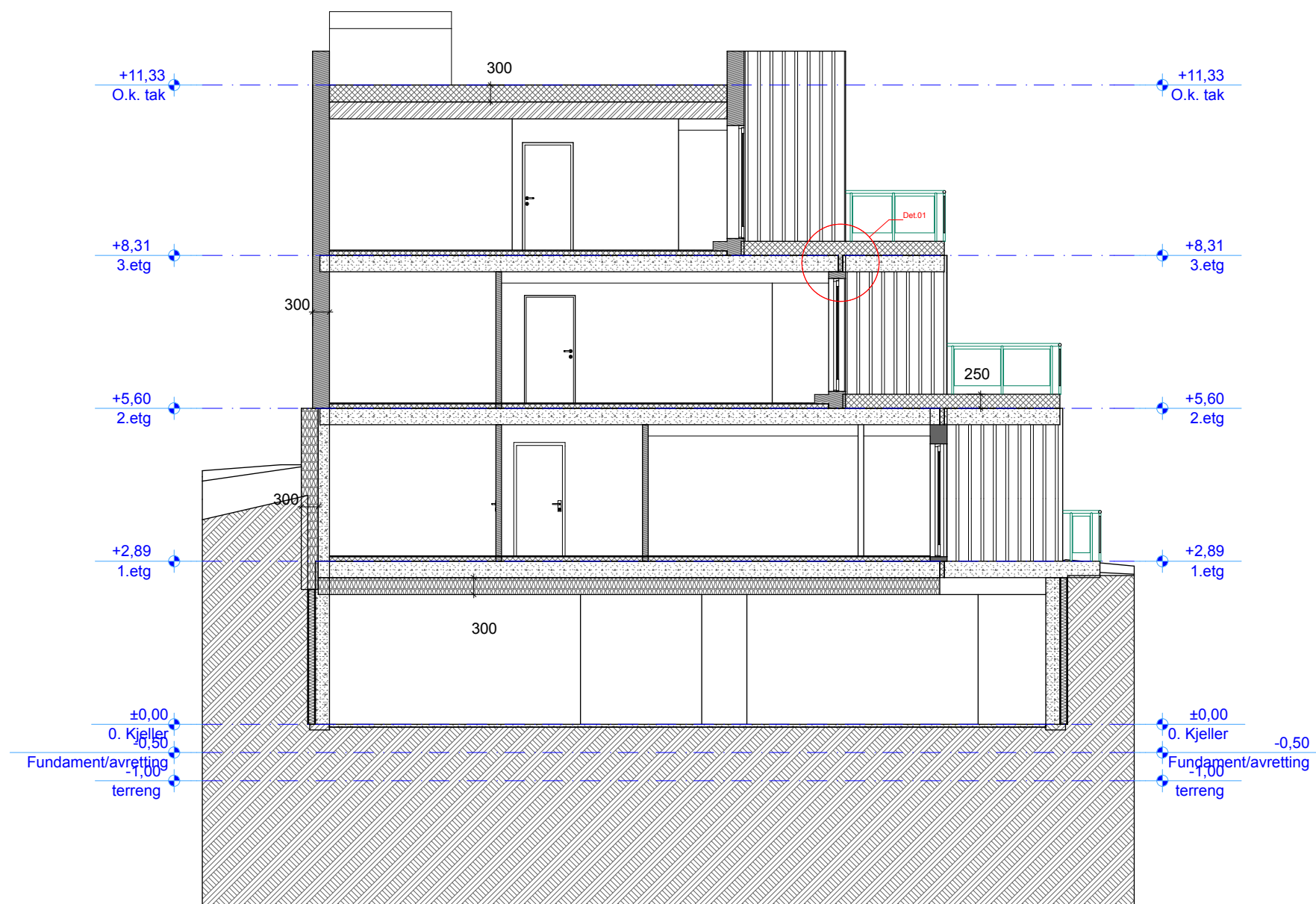


Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Smarthus	Tegningsnr.: A22-103	Målestokk: 1:100
Type tegning: Plan 3. Etasje	Dato: 7.05.2011	

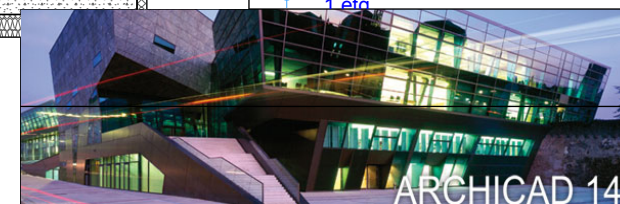
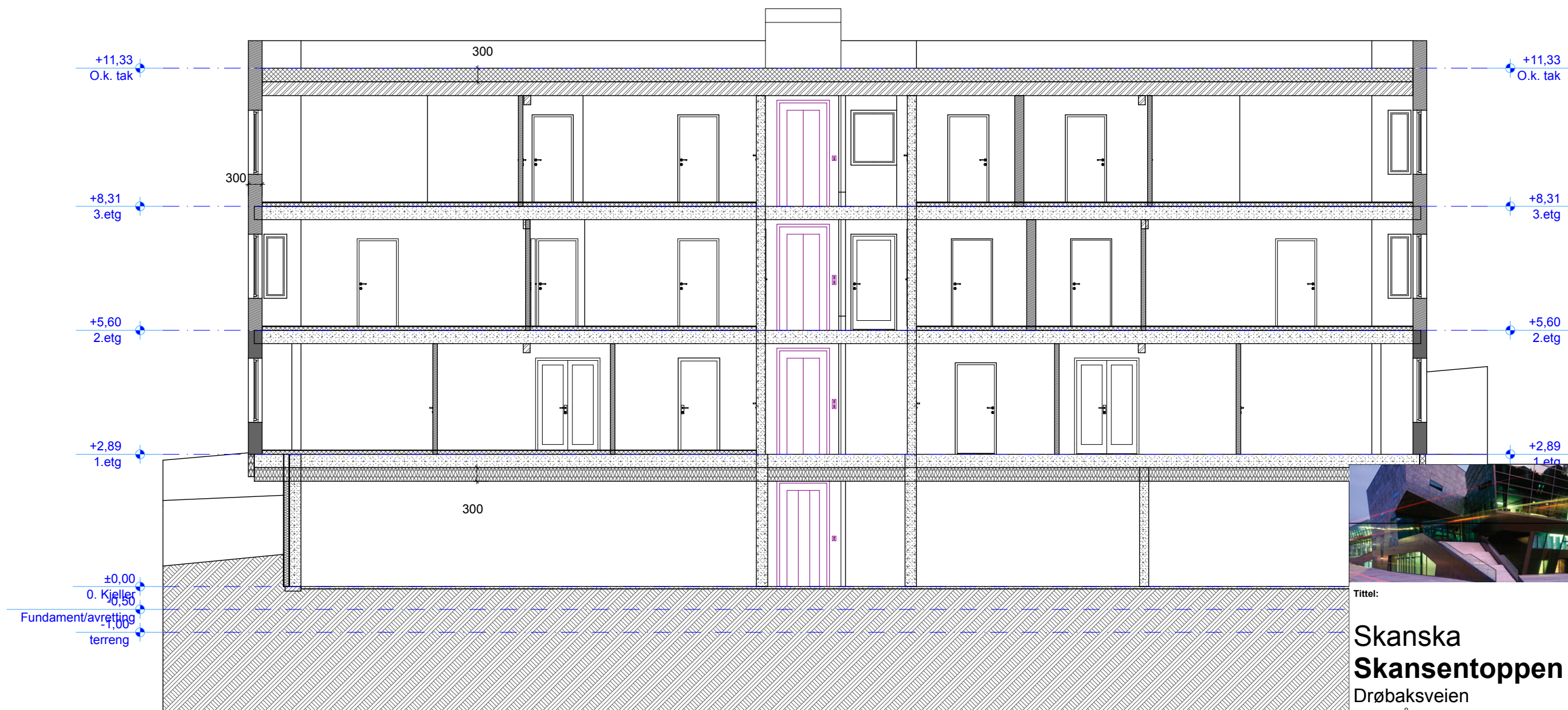


Tittel:

**Skanska
 Skansentoppen - Hus A**
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Smarthus	Tegningsnr.: A30-101	Målestokk: 1:100
Type tegning: Snitt A	Dato: 7.05.2011	



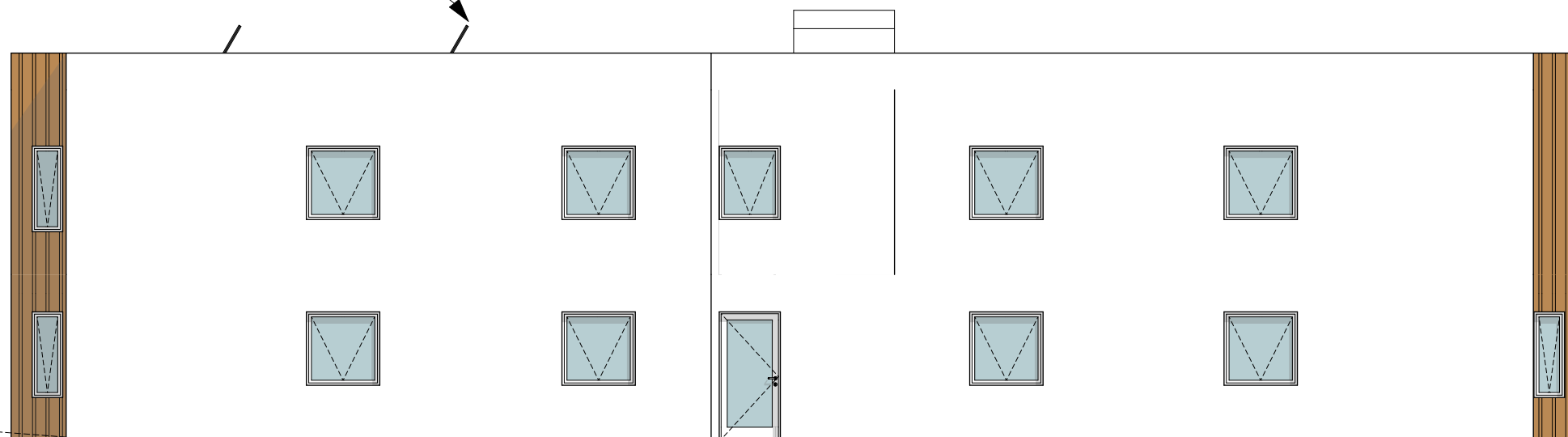
Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Smarthus	Tegningsnr.: A30-102	Målestokk: 1:100
Type tegning: Snitt B	Dato: 7.05.2011	

Solfangere pa taket



Eksisterende terreng

Nytt terreng

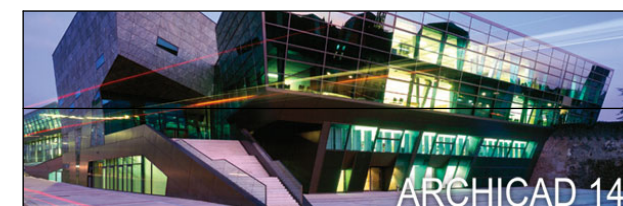
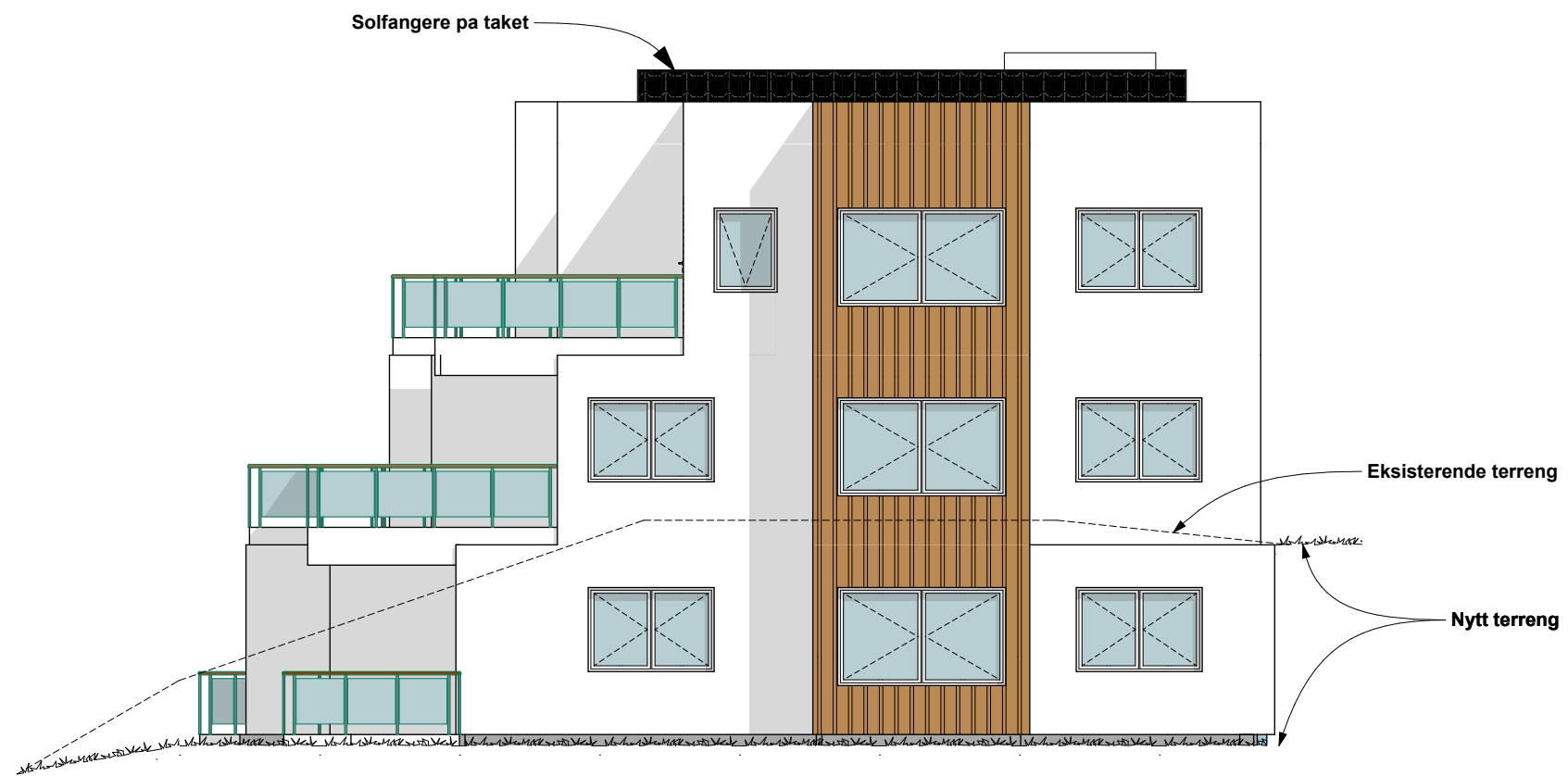


Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Smarthus	Tegningsnr.: A40.1	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Øst	Dato: 7.05.2011	



Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Smarthus	Tegningsnr.: A40.2	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Sør	Dato: 7.05.2011	



Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Smarthus	Tegningsnr.: A40.3	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Vest	Dato: 7.05.2011	



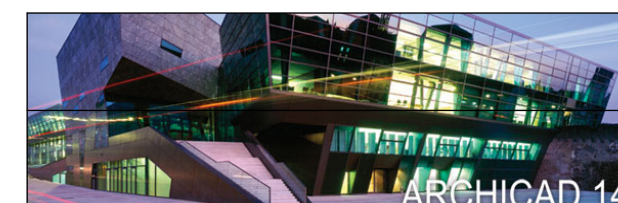
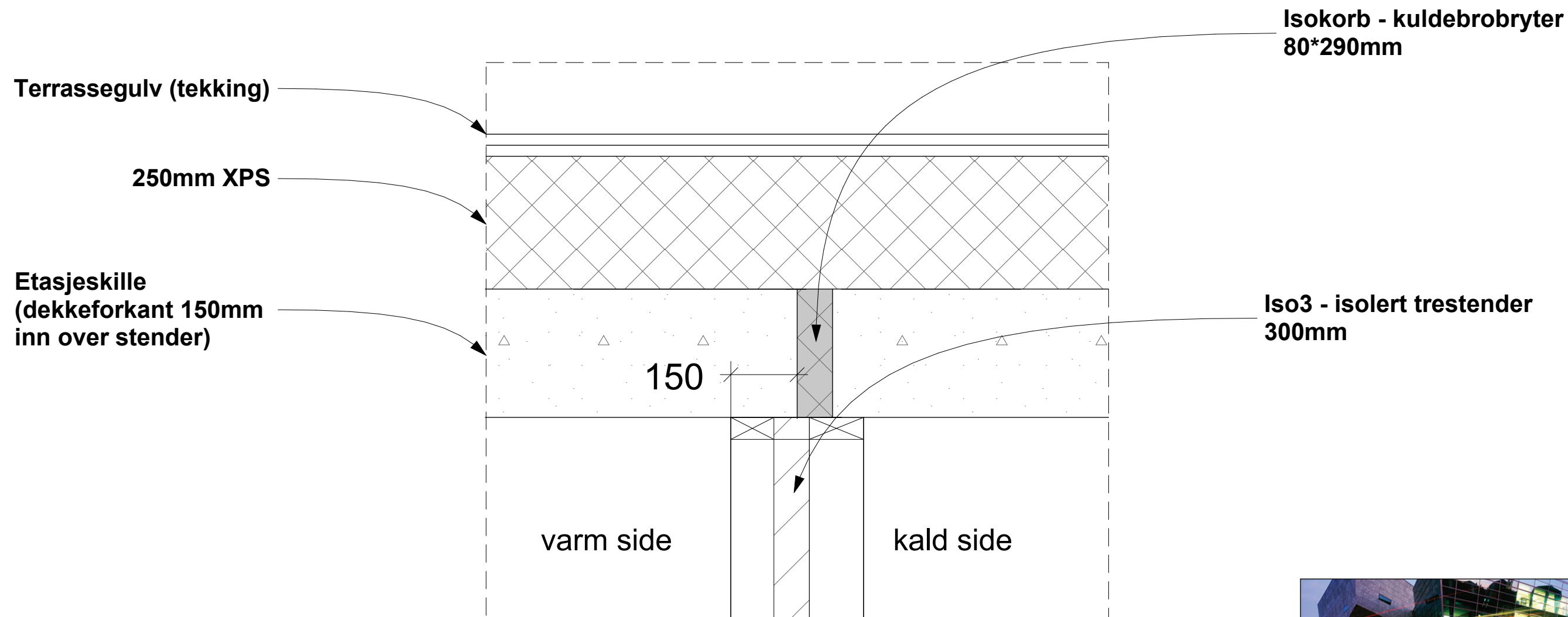
Tittel:

Skanska Skansentoppen - Hus A

Drøbaksveien
1430 Ås

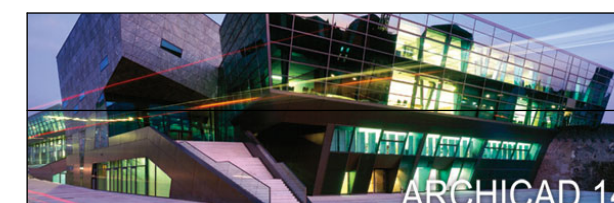
Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Smarthus	Tegningsnr.: A40.4	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Nord	Dato: 7.05.2011	



Tittel:		
Skanska		
Skansentoppen - Hus A		
Drøbaksveien 1430 Ås		
Prosjekt: Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak		
Energikonsept: Smarthus	Tegningsnr.: A50-1	Målestokk: 1:10
Type tegning: Vert. detaljer	Dato: 7.05.2011	

LISTE VINDUER																	
Etasje	ID	Rev.	Antall	Bredde	Heyde	Brannkl.	Energikl.	Lydkrav	Funksjonstype	Overflate	Ventilasjon	Glasstype	Låssystem	Hengsler	Ekstra utstyr		
3.etg																	
	V1		4	1 200	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V2		1	900	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V3		4	1 800	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V4		2	2 400	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V5		3	500	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V6		4	900	1 800		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V9		1	1 000	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V11		1	1 800	2 100		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
			20														
2.etg																	
	V1		4	1 200	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V3		6	1 800	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V4		2	2 400	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V5		4	500	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V6		4	900	1 800		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V10		1	1 800	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
			21														
1.etg																	
	V2		1	900	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V3		6	1 800	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V4		2	2 400	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V5		2	500	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V6		4	900	1 800		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V7		1	1 500	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
			16														
			57														

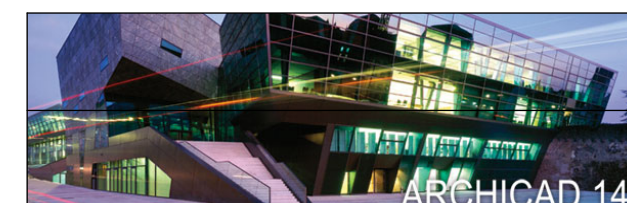
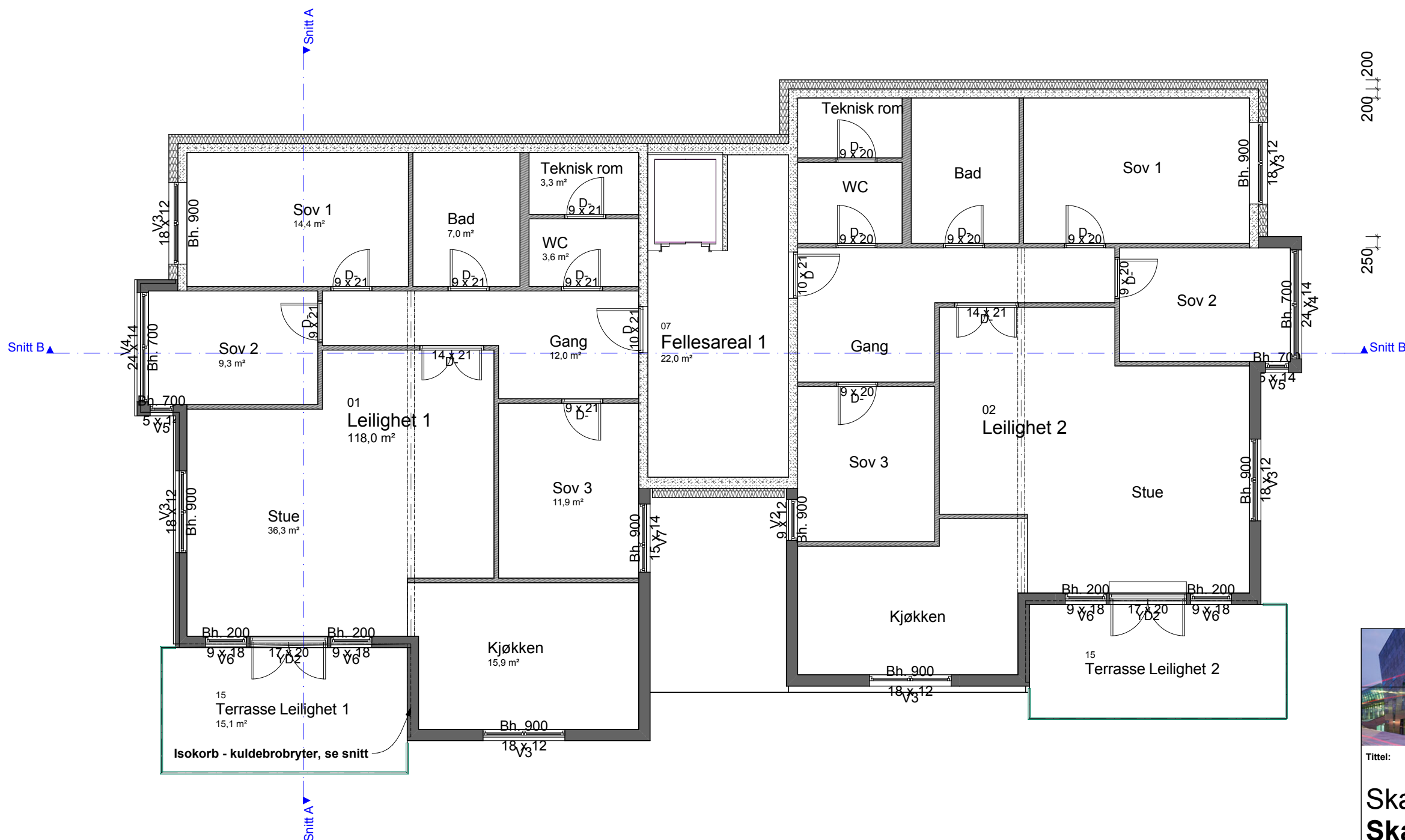


Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Smarthus	Tegningsnr.: A70.1	Målestokk: 1:1,43
Type tegning: Vindusliste	Dato: 7.05.2011	

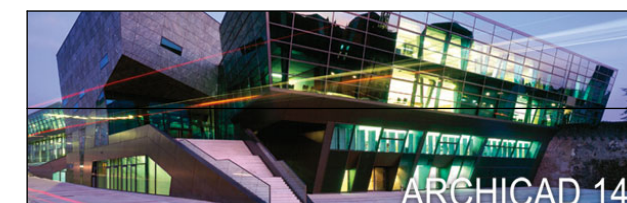
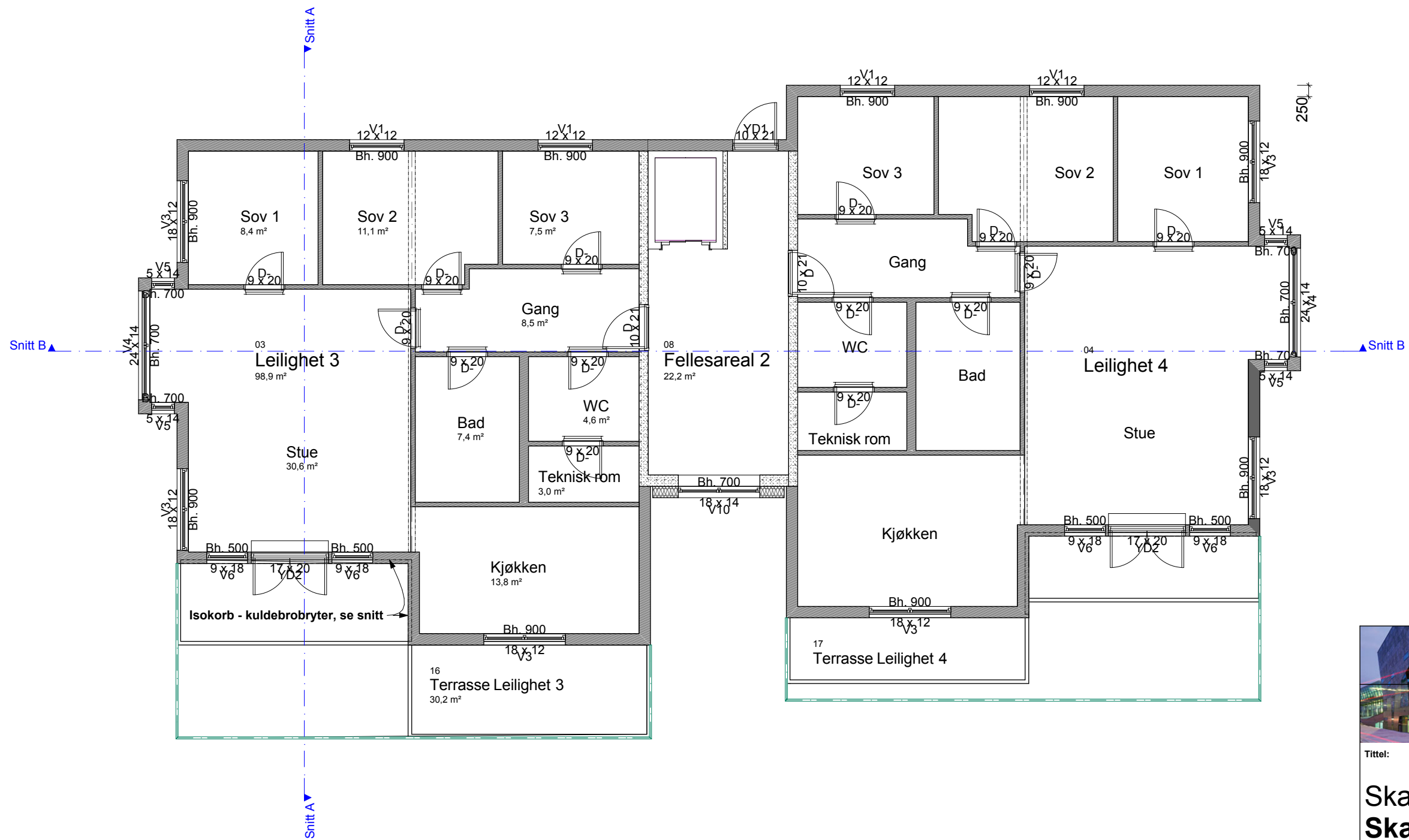


Tittel:

**Skanska
Skansentoppen - Hus A**
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Hightechhus	Tegningsnr.: A22-101	Målestokk: 1:100
Type tegning: Plan 1. Etasje	Dato: 7.05.2011	

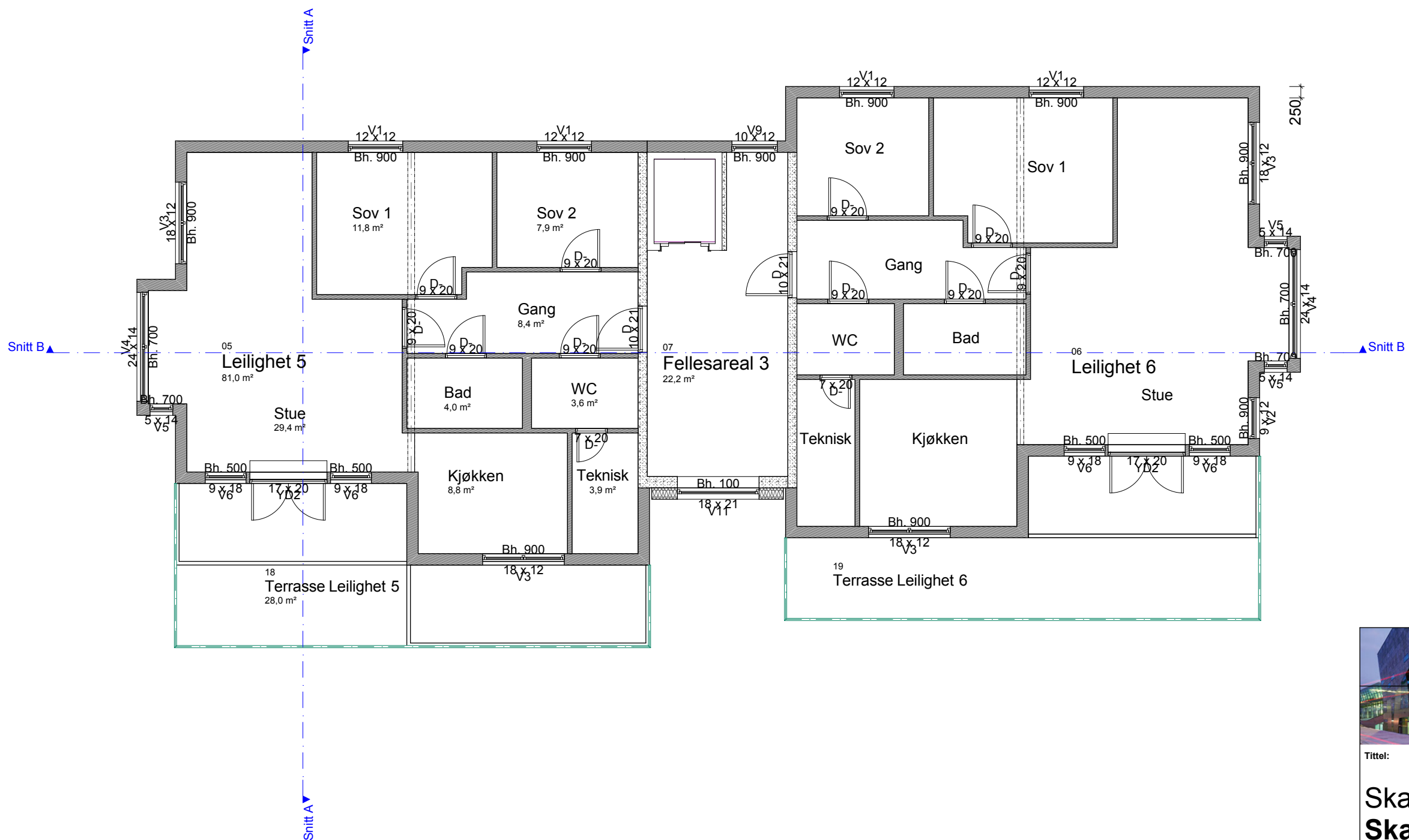


Tittel:

**Skanska
Skansentoppen - Hus A**
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Hightechhus	Tegningsnr.: A22-102	Målestokk: 1:100
Type tegning: Plan 2. Etasje	Dato: 7.05.2011	

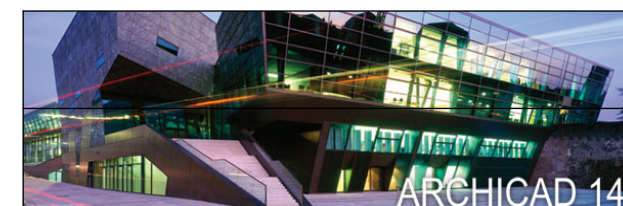
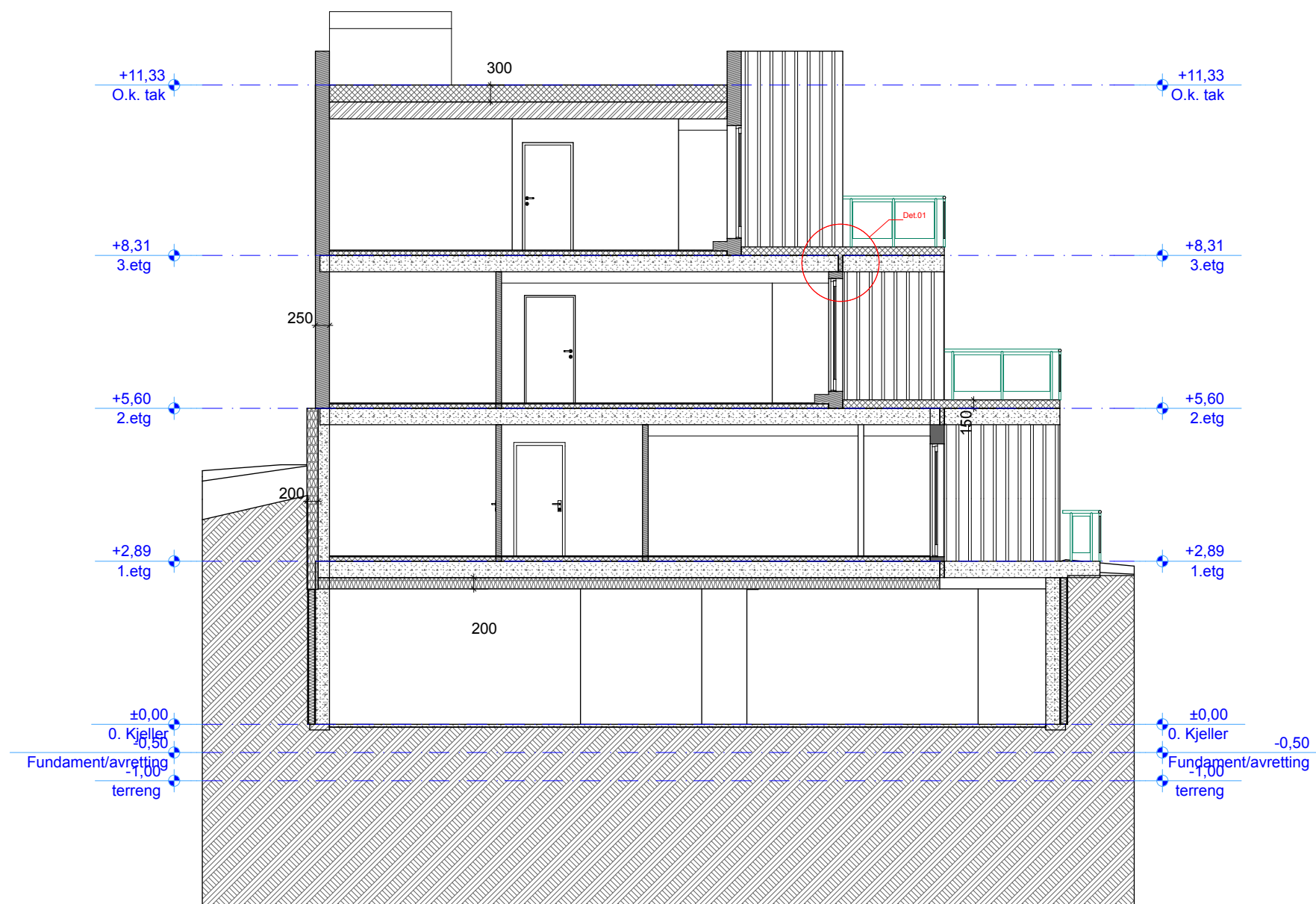


Tittel:

**Skanska
Skansentoppen - Hus A**
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Hightechhus	Tegningsnr.: A22-103	Målestokk: 1:100
Type tegning: Plan 3. Etasje	Dato: 7.05.2011	

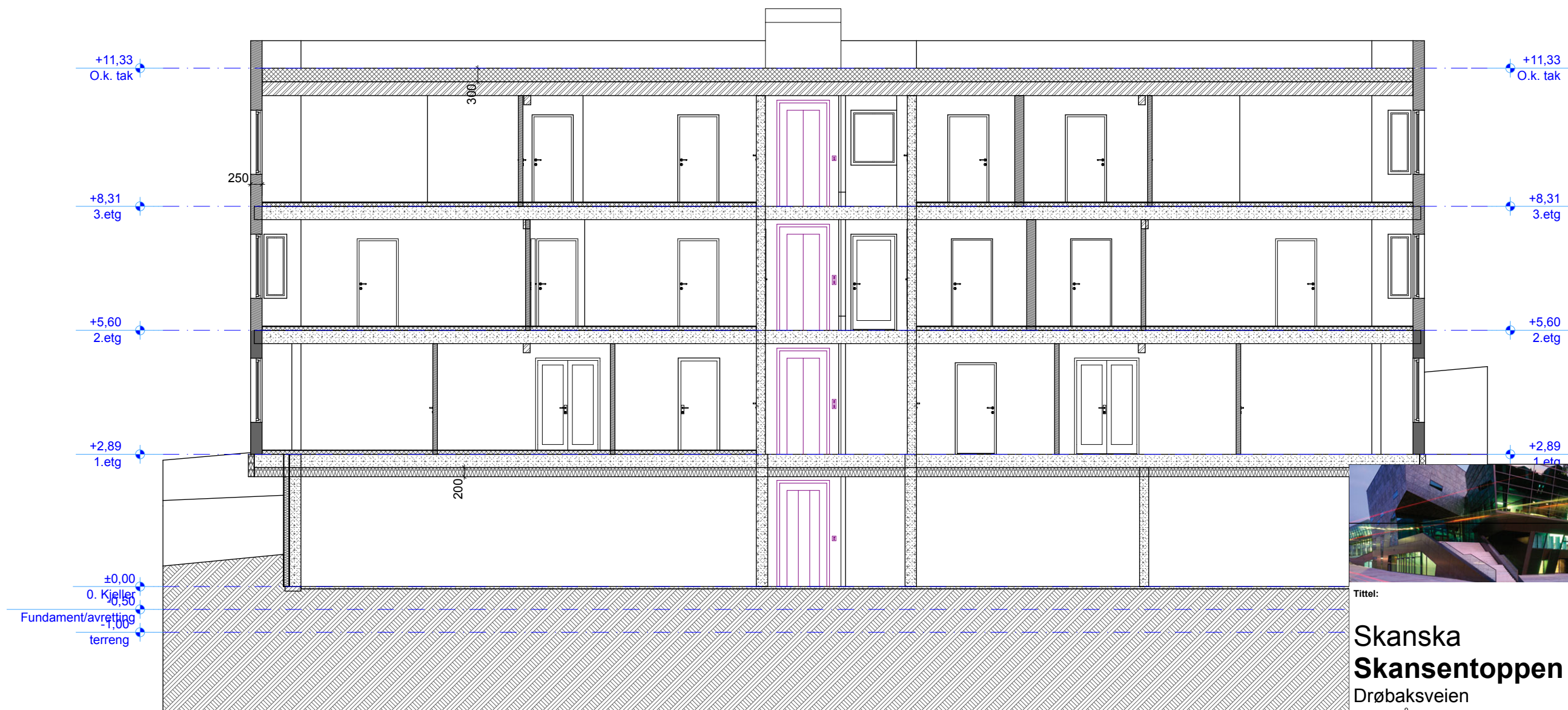


Tittel:

**Skanska
 Skansentoppen - Hus A**
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Hightechhus	Tegningsnr.: A30-101	Målestokk: 1:100
Type tegning: Snitt A	Dato: 7.05.2011	

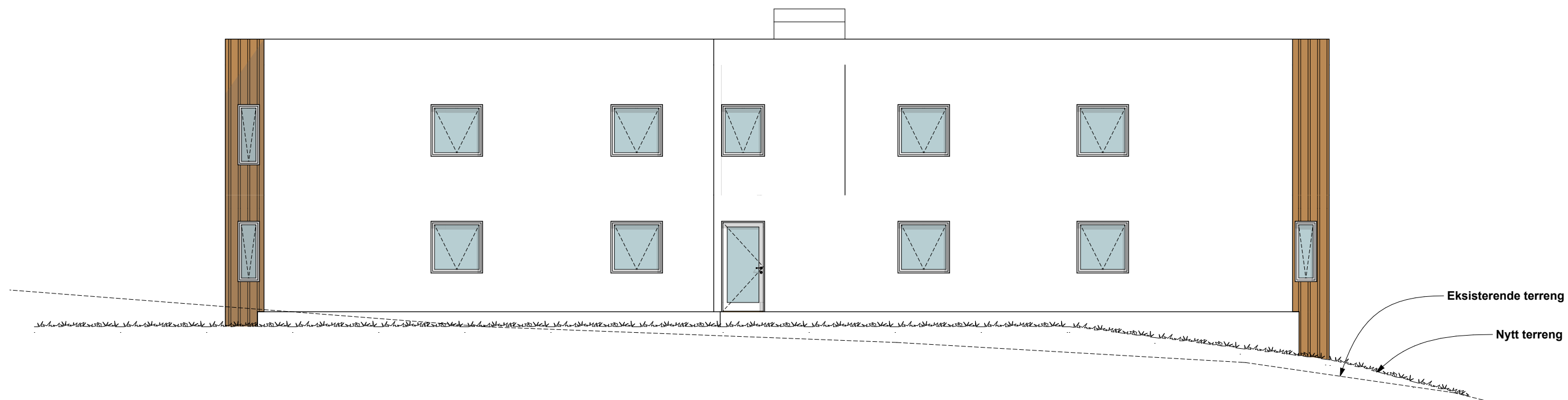


Tittel:

**Skanska
Skansentoppen - Hus A**
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Hightechhus	Tegningsnr.: A30-102	Målestokk: 1:100
Type tegning: Snitt B	Dato: 7.05.2011	



Slik Skansentoppen
bygges i dag

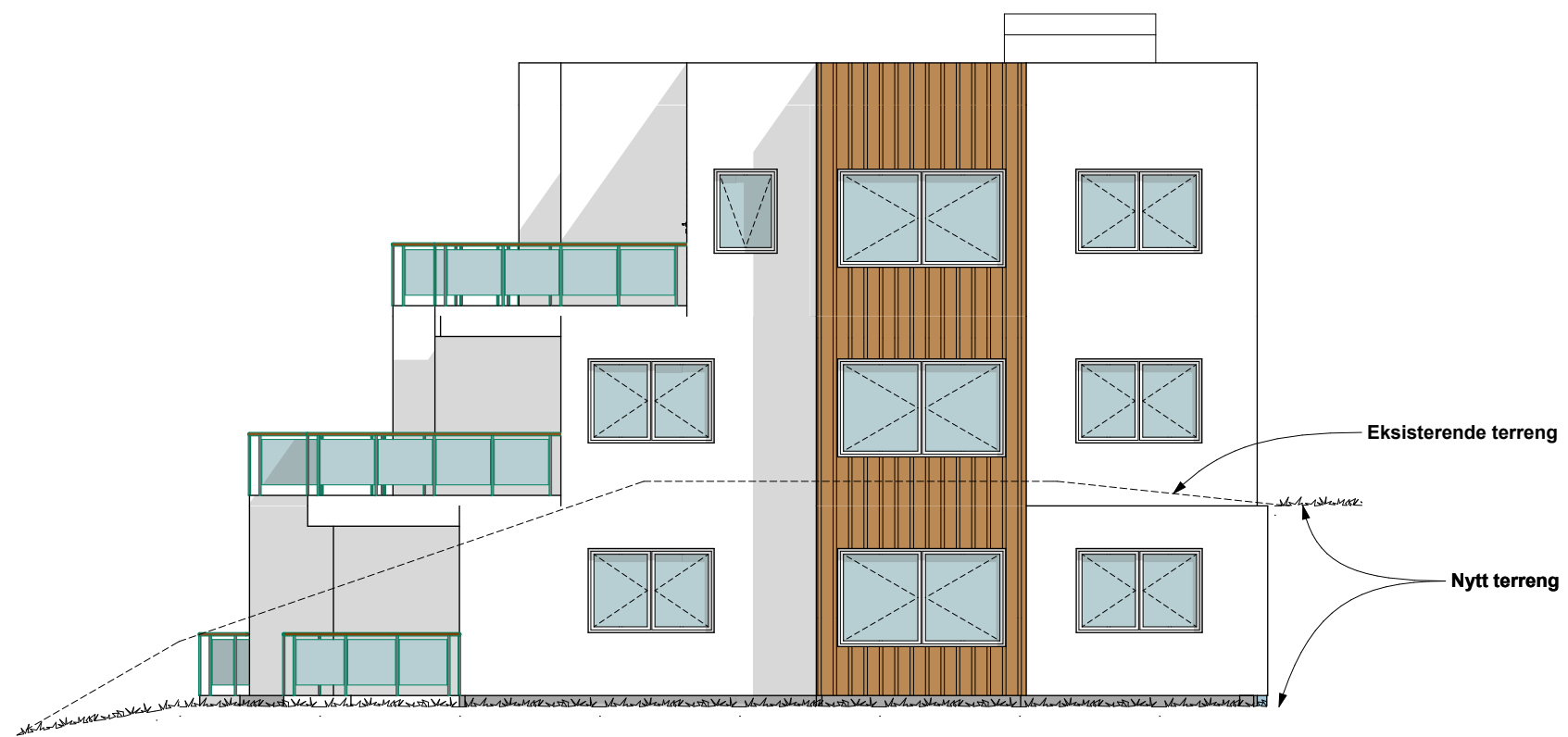


Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Hightechhus	Tegningsnr.: A40.1	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Øst	Dato: 7.05.2011	



Slik Skansentoppen bygges i dag



Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Hightechhus	Tegningsnr.: A40.2	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Sør	Dato: 7.05.2011	



Slik Skansentoppen bygges i dag

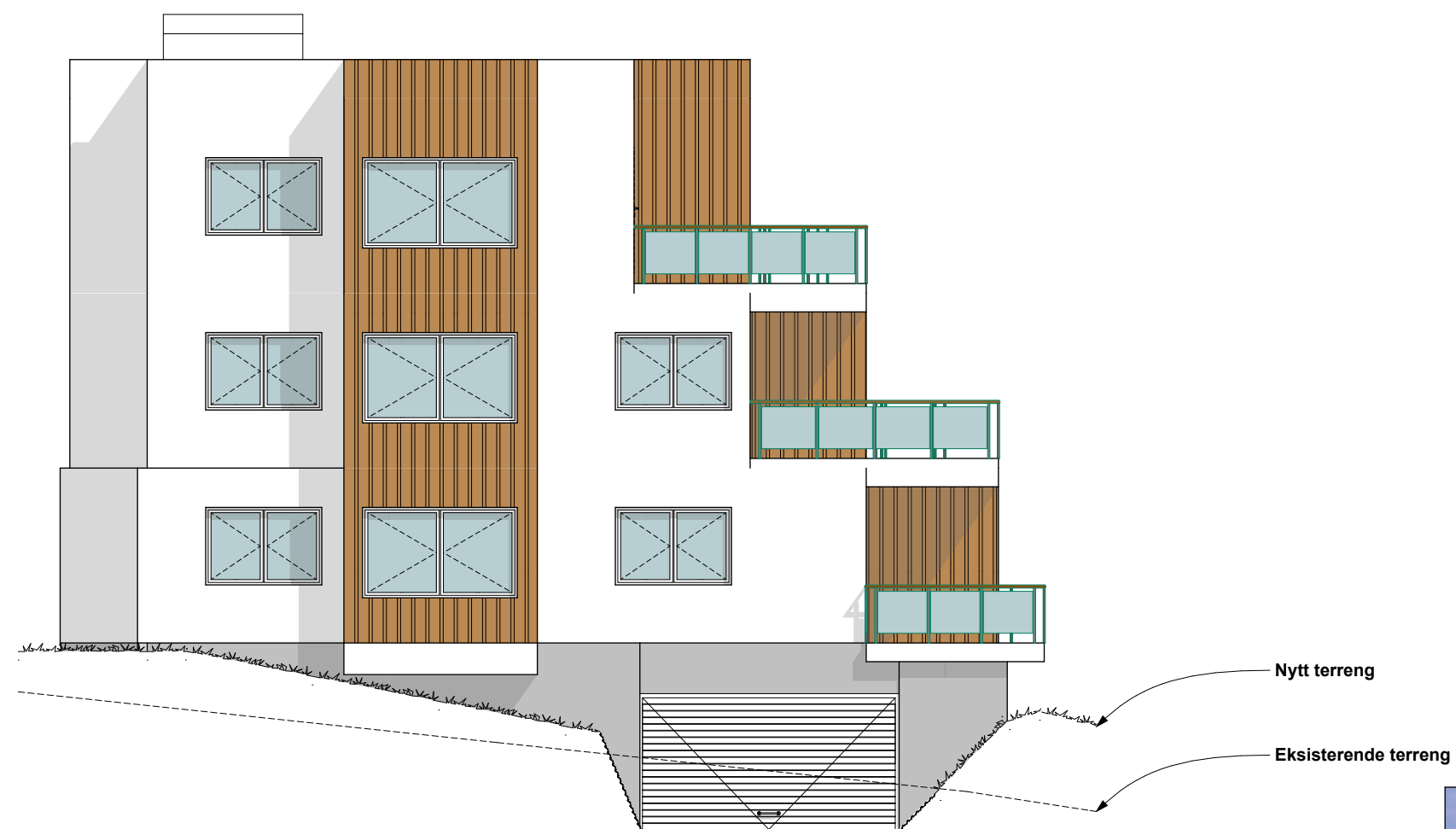


Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Hightechhus	Tegningsnr.: A40.3	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Vest	Dato: 7.05.2011	



Slik Skansentoppen bygges i dag

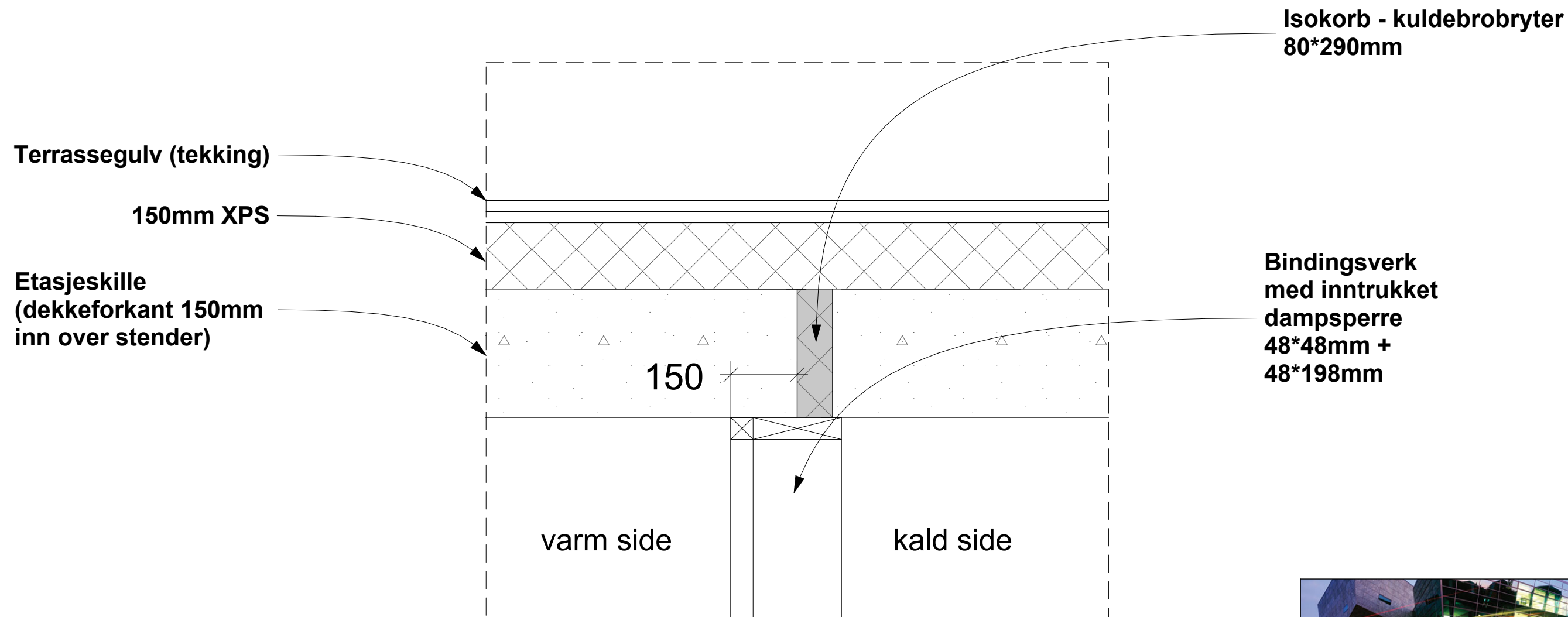


Tittel:

**Skanska
Skansentoppen - Hus A**
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Hightechhus	Tegningsnr.: A40.4	Målestokk: 1:100
Type tegning: Fasade Nord	Dato: 7.05.2011	



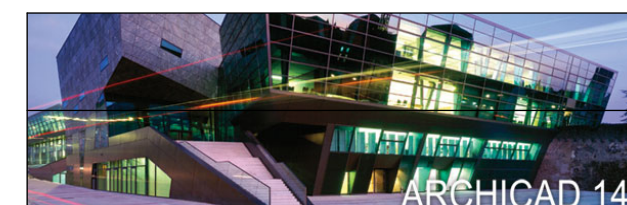
Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Hightechhus	Tegningsnr.: A50-1	Målestokk: 1:10
Type tegning: Vert. detaljer	Dato: 7.05.2011	

LISTE VINDUER																	
Etasje	ID	Rev.	Antall	Bredde	Heyde	Brannkl.	Energikl.	Lydkrav	Funksjonstype	Overflate	Ventilasjon	Glasstype	Låssystem	Hengsler	Ekstra utstyr		
3.etg																	
	V1		4	1 200	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V2		1	900	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V3		4	1 800	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V4		2	2 400	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V5		3	500	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V6		4	900	1 800		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V9		1	1 000	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V11		1	1 800	2 100		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
			20														
2.etg																	
	V1		4	1 200	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V3		6	1 800	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V4		2	2 400	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V5		4	500	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V6		4	900	1 800		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V10		1	1 800	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
			21														
1.etg																	
	V2		1	900	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V3		6	1 800	1 200		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V4		2	2 400	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V5		2	500	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V6		4	900	1 800		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
	V7		1	1 500	1 400		U-verdi inkl. karm = 0,7 W/m2 K										
			16														
			57														

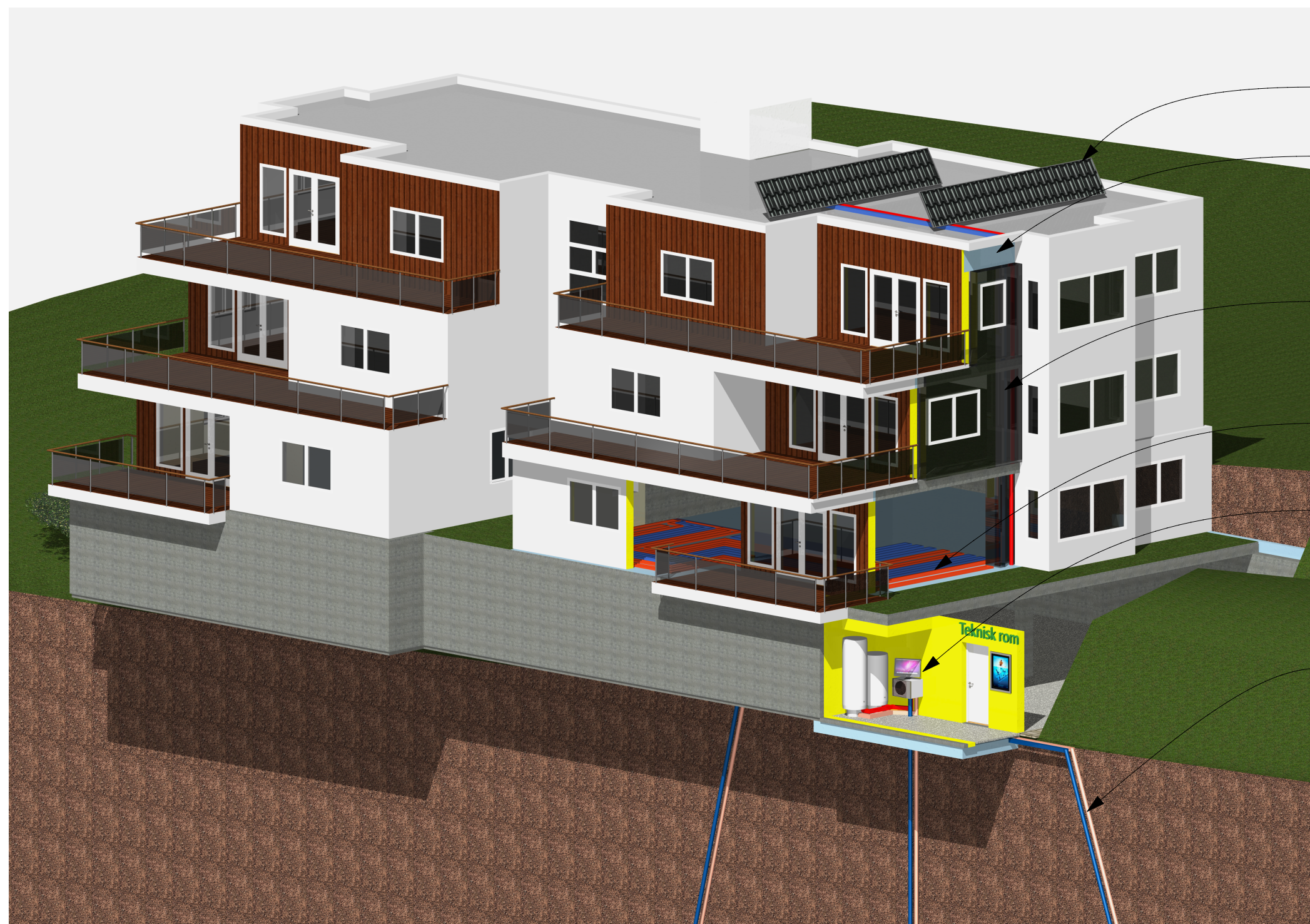


Tittel:

Skanska
Skansentoppen - Hus A
 Drøbaksveien
 1430 Ås

Prosjekt:
 Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Hightechhus	Tegningsnr.: A70.1	Målestokk: 1:1,43
Type tegning: Vindusliste	Dato: 7.05.2011	



Solfangere forvarmer varmtvann til det vannbårne oppvarmingssystemet

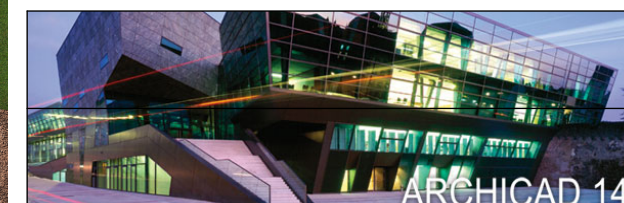
Klimaskjerm:
 - 400 mm isolasjon på tak
 - 300 mm isolasjon i vegger
 - 250 mm isolasjon i terrassegulv
 - 300 mm isolasjon i garasjehimling

Balansert ventilasjon:
 - 85% gjenvinning av romtemperatur ved utskifting av luft
 - Behovstyring

Oppvarming:
 - vannbåren gulvvarme
 - radiatorer i rom med temeraturesenking

Teknisk rom:
 - Varmepumpe henter ut opptil 4 watt per watt el.
 - Sekvensiell oppvarming av vann med to varmtvannsberedere (romoppvarmings- og tappevannstemperatur)
 - Avanserte måle- og styringssystemer

Grunnvannsbrønner henter opp 35 watt "gratis" energi per løpemeter rør



Tittel:

UMB for Skanska Skansentoppen - hus A

Drøbaksveien
1430 Ås

Prosjekt:
Masteroppgave Even Skistad - Casestudium Drøbak

Energikonsept: Fremtidsbygget	Tegningsnr.: A72-101	Ikke i målestokk
Type tegning: Perspektiv	Dato: 5.7.2011	