

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



"Jeg ser"

Av Sigbjørn Obstfelder. Fra Digte 1893.

*Jeg ser paa den hvide himmel,
jeg ser paa de graablaa skyer,
jeg ser paa den blodige sol.*

*Dette er altsaa verden.
Dette er altsaa klodernes hjem.*

En regndraabe!

*Jeg ser paa de høie huse,
jeg ser paa de tusende vinduer,
jeg ser paa det fjerne kirkeetaarn.*

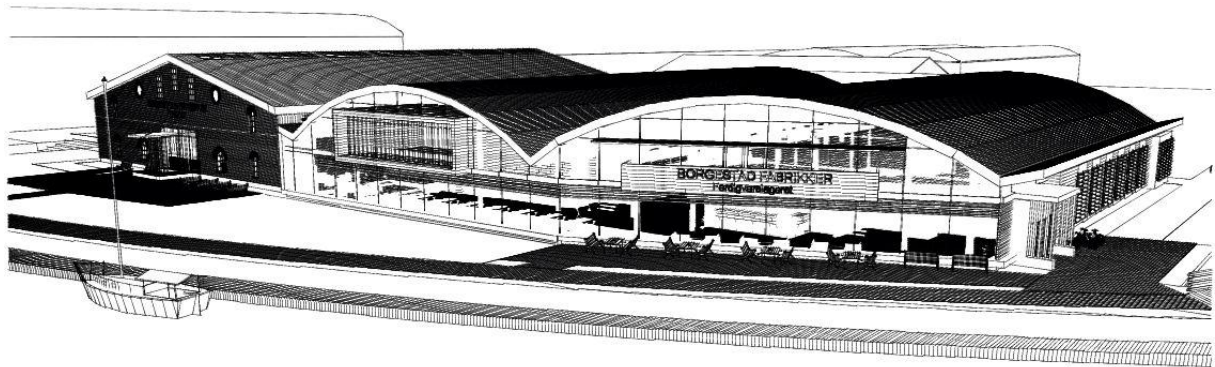
*Dette er altsaa jorden.
Dette er altsaa menneskenes hjem.*

De graablaa skyer samler sig. Solen blev borte.

*Jeg ser paa de velklædte herrer,
jeg ser paa de smilende damer,
jeg ser paa de ludende heste.*

Hvor de graablaa skyer blir tunge.

*Jeg ser, jeg ser...
Jeg er vist kommet paa en feil klode!
Her er saa underligt...*



Gjenbruk av eksisterende industribygninger – Illustrert ved to casebygninger

Transformation of existing industrial buildings –
Demonstrated by two casebuildings



Ås, våren 2010
Vegard Skårdal og Erlend Sjølie Strand

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP
INSTITUTT FOR MATEMATISKE REALFAG OG TEKNOLOGI



Forord

Denne oppgaven er en mastergradsoppgave som avslutter studiet *Master i teknologi - Byggeteknikk og arkitektur* ved Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB). Oppgaven er på 60 studiepoeng fordelt på 2 studenter.

Som samarbeidspartner har Asplan Viak avd. Skien bidratt til valg av oppgave og veiledning. Bakgrunnen for oppgaven var et ønske om å gjøre en oppgave som oppsummerer pensum for vårt studium. Store deler av oppgaven har blitt vist gjennom to casebygg på Borgestad Næringspark i Skien. Steinar Arntzen er en av de ansvarlige for transformasjonen av det tidligere industriområdet Borgestad Fabrikker, og har vært vår kontaktperson.

Vi har hatt gleden av å ha professor Torgeir Lyngtveit ved Institutt for matematiske realfag og teknologi på UMB som hovedveileder. Han har vært til stor hjelp og inspirasjon. Jon Rødsætre ved Asplan Viak avd. Skien har vært vår tilleggsveileder. Det rettes også takk til førsteamanuensis Thomas Thiis ved Institutt for matematiske realfag og teknologi på UMB, for å ha kommet med råd og innspill vedrørende energiberegning.

Ås, 11. mai 2010

Vegard Skårdal

Erlend Sjølie Strand



Sammendrag

Med denne oppgaven ønsker vi å vise at det er mulig å oppnå et godt energieresultat ved gjenbruk av eksisterende industribygninger. Dette har vi forsøkt å vise eksemplifisert ved to casebygg.

Litteraturstudiet tar for seg gjenbruk av bygningsmasse med hovedfokus på bygninger i tegl og betong. Utvalgte gjenbruksprosjekter er besøkt og undersøkt for å ha et bedre grunnlag for å løse oppgaven. Teori og informasjon fra dette ligger til grunn for valg gjort på casebyggene.

Casebyggene er to bygninger fra Borgestad Næringspark i Skien som representerer byggeskikk på industribygninger fra henholdsvis siste del av 1800-tallet og 1960-tallet. Eksisterende bygninger og lokasjon er undersøkt for å finne muligheter og begrensninger. Bygningene skal etter ombyggingen fungere som fleksible kontorlokaler. Alt fra eksisterende arkitektur til forslag til ombyggingen er illustrert med egenproduserte fotografier og tegninger.

På casebyggene er det utført beregninger av eksisterende bærekonstruksjon, som konkluderer med at det på begge byggene er behov for forsterkning etter dagens krav. Hvert av byggene får presentert to ulike forsterkningsalternativer.

Teori om miljøvennlige energikilder, energiltak i bygninger, og dagens energifokus er presentert. På bakgrunn av dette og inspirasjon fra eksisterende energieffektive kontorbygninger, er de mest gunstige systemer og tiltak valgt for casebyggene. Dette gjøres blant annet ved å etterisolere eksisterende konstruksjoner, utnytte elvas ressurser og ta i bruk moderne tekniske installasjoner.

Flere energiberegningsmetoder er brukt for å få pålitelige og sammenlignbare resultater. Resultatene gir noe variasjon, men begge casebyggene havner innenfor energiklasse B uansett beregningsmåte. Dette tilsvarer et energiforbruk på under 126 kWh/m² årlig, noe som er veldig bra for dagens kontorbygninger.



Abstract

This thesis attempts to demonstrate that it is possible to transform existing industrial buildings into buildings with new functions, with very good energy performance as a result. We have used two case buildings to demonstrate this.

The literature review describes transformation of buildings, mainly buildings consisting of brick and concrete. We have visited and studied buildings that have been transformed to provide us with a better basis for solving this task. The buildings we have chosen are among these.

We have performed calculations of the existing support structure of the case buildings. Our conclusion is that both buildings need reinforcement to meet today's requirements. Each of the buildings is presented with two different reinforcement options.

The case buildings are found in Borgestad Næringspark in Skien. They represent traditional industrial architecture from the late 19th century and the 1960s respectively. Both buildings and their location have been studied to determine possibilities and limitations. After being rebuilt, the buildings will function as flexible office buildings. The existing architecture and the proposed suggestions for reconstruction have been illustrated with our own pictures and drawings.

We have presented theories regarding environmentally friendly energy sources and energy measures in buildings to meet today's focus on energy. Based on these theories and with inspiration from existing energy-effective buildings, the most favorable systems and measures for the case buildings have been chosen.

A number of calculation methods have been used to obtain reliable energy results. The results show some variations but both buildings qualify for energy class B, regardless of method of calculation. Energy class B corresponds to an energy consumption lower than 126 kWh/m² annually, which is very satisfactory for office buildings today.



Innholdsfortegnelse

Forord	IV
Sammendrag	V
Abstract	VI
Innholdsfortegnelse	7
Del 1: Innledning	9
1.1 Bakgrunn	9
1.2 Asplan Viak og Borgestad Næringspark	10
1.3 Målsetning og problemstilling	11
1.4 Materialer og metode	12
1.5 Avgrensning av oppgaven	13
1.6 Begrepsavklaring	14
Del 2: Teori om gjenbruk av bygninger	17
2.1 Litteraturstudium	17
2.2 Miljøaspekter	18
2.3 Materialer	20
2.4 Utfordringer ved ombygging	23
2.4.1 Bæresystem	23
2.4.2 Metoder for forsterkning	24
2.4.3 Arkitektur	25
2.4.4 Tilpasningsdyktige kontorlokaler	26
2.5 Hvordan prosjektere for fremtidig gjenbruk	30
2.6 Eksempler på gjenbruksprosjekter	32
2.6.1 Union Scene, Drammen	32
2.6.2 Kornsiloen, Grünerløkka	34
2.6.3 ”Værste”, Fredrikstad	35
2.6.4 Paviljong for ski VM 2011, Oslo	37
2.6.5 Tate Modern, London	39
Del 3: Forslag til ombygning av casebygg	41
3.1 Utgangspunkt	41
3.1.1 Eksisterende arkitektur	42
3.1.2 Tilstand for byggene	44
3.1.3 Grunnforhold	45
3.1.4 Klimatiske forhold Borgestad	46
3.1.5 Flom	48
3.2 Ny arkitektur	49
3.2.1 Ferdigvarelageret	51
3.2.2 Verket	57
3.3 Eksisterende bæresystem i Ferdigvarelageret	63
3.4 Eksisterende bæresystem i Verket	64
3.5 Forsterkning av bæresystem i Ferdigvarelageret	66
3.6 Forsterkning av bæresystem i Verket	77



Del 4: Teori om energi og miljøbetraktninger	81
4.1 Dagens energifokus	81
4.1.1 Energikrav i Teknisk forskrift	81
4.1.2 Lavenergi bolig, passivhus, pluss-hus	83
4.1.3 Energimerkeordning	85
4.1.4 Enovas støtteprogram for bolig, bygg og anlegg	87
4.1.5 Energiltak kontorbygg	87
4.2 Aktuelle metoder for energisparing i bygninger	88
4.2.1 Solceller	89
4.2.2 Solfangere	91
4.2.3 Energibrønner	91
4.2.4 Varmepumper	92
4.2.5 Turbiner/Mikrokraftverk	94
4.2.6 Ventilasjon	95
4.2.7 Styringssystemer	97
4.2.8 Bygningstekniske prinsipper	98
4.2.9 Kostnad vs. Energispareeffekt	99
4.3 Programvare for energiberegning	102
4.3.1 SIMIEN	102
4.3.2 Eco-designer og VIP-energy	103
4.3.3 Prosjektert energiforbruk vs. Faktisk energiforbruk	103
4.4 Material- og ressursforbruk	104
4.4.1 Energieffektive produkter	105
4.4.2 Miljøriktige materialer	106
4.5 Eksempler på energieffektive bygninger	108
4.5.1 KLP-Bygget, Trondheim	109
4.5.2 Bellona-bygget, Oslo	109
4.5.3 ”Slippen”, Porsgrunn	110
Del 5: Forslag til energiltak og resultater av energiberegninger	112
5.1 Energisparende tiltak i casebyggene	112
5.1.1 Bygningstekniske løsninger i Ferdigvarelageret	112
5.1.2 Bygningstekniske løsninger i Verket	113
5.1.3 Etterisolering av teglveggene i Verket	115
5.2 Elva som ressurs	122
5.2.1 Kollektorer	122
5.2.2 Turbiner	123
5.3 Tekniske installasjoner	124
5.4 Energiberegning	125
5.4.1 Forutsetninger for energiberegningene i Verket og Ferdigvarelageret	125
5.4.2 Resultater av beregninger, VIP-energy	128
5.4.3 Resultater av beregninger, SIMIEN	130
5.4.3 Resultater av beregninger, Sintefs regneark	136
Diskusjon og konklusjon	137
Forslag til videre arbeider	140
Referanser	141
Vedlegg	144



Del 1: Innledning

1.1 Bakgrunn

Norge har i løpet av knappe 200 år gått fra bondesamfunn til industrisamfunn, og derfra til det velferdssamfunnet vi har i dag. I løpet av denne industrialiseringen av landet har det blitt bygget mange industribygninger, alt fra enkeltstående papirfabrikker til store industriparkeer. Industribygg er en viktig del av vår kulturarv i Norge. Dette er forseggjorte og solide konstruksjoner som i mange tilfeller står like godt den dag i dag. Byer har oppstått der industrien har slått rot, derfor burde slike bygg tas vare på for å vise den historiske utviklingen byer har gjennomgått.

På 1970-tallet nådde industrien i Norge sitt toppunkt. Fra da av har samfunnet gått i retning av å bli et postindustrielt servicesamfunn. Dette betegner overgangen fra en industrialisert hverdag til en hverdag hvor industri ikke lenger spiller hovedrollen. På bakgrunn av dette har mange industribygg blitt stående tomme, etter at industrien har blitt lagt ned eller flyttet til utlandet. En stor bygningsmasse har blitt frigjort og kan tjene nye formål som blant annet kultur, næring og bolig.

Hovedandelen av bygningsmassen i 2050 er allerede bygget. Dette betyr at en stor del av byggenæringen i fremtiden vil bestå av gjenbruk og rehabilitering. Kravene til dagens bygninger blir stadig strengere, noe som gjør det mer utfordrende å bruke eldre bygninger på nytt. Ny plan- og bygningslov og teknisk forskrift setter store krav til energibruk, bæresystem og universell utforming. Det er ikke bare i Norge at disse kravene gjør seg gjeldende. Kyoto-protokollen fra 2005 og København forhandlingene i 2009 viser at det er et internasjonalt fokus på miljø og energiforbruk.

Bygningsmassen i Norge står for ca 40 % av det totale energiforbruket. Skal det totale energiforbruket bli lavere må vi derfor gjøre noe med eksisterende og fremtidig bygningsmasse. Rehabilitering og gjenbruk er stort sett alltid mer miljøvennlig enn riving med påfølgende nybygg.

1.juli 2010 blir energimerking obligatorisk for nybygg og omfattende rehabiliteringer. Dette vil føre til at bygninger med en god energimerking vil bli mer attraktive for salg og utleie enn bygninger som havner lavere på skalaen.



1.2 Asplan Viak og Borgestad Næringspark

Borgestad Næringspark har beliggenhet på Borgestad i Skien kommune. Næringsparken ligger langs Skienselva som er en del av Telemarksvassdraget.

Borgestad næringspark ble etablert i mars 2003, ettersom produksjonen av ildfaste materialer ved Borgestad Fabrikker da opphørte. Næringsparken er en del av Borgestad konsernet. Utviklingen som nå foregår ved Borgestad næringspark er en transformasjonsprosess der området vil gå fra å være et industriområde til å bli en topp moderne næringspark med attraktive lokaler til utleie. Det satses på gjenbruk av bygningsmassen på området. Asplan Viak i Skien er engasjert for å være med på å utvikle området. Vi skriver vår masteroppgave for Asplan Viak i Skien, som vi kontaktet for å finne ut om de hadde noen aktuelle temaer for oppgave. Etter et møte hvor vi presenterte våre interessefelt og ønsker, kom vi frem til at Borgestad Næringspark var et bra utgangspunkt for en masteroppgave.



1.3 Målsetning og problemstilling

Etter en femårig utdanning med *Byggeteknikk og arkitektur* ved UMB føler vi at vi har en bred kompetanse innen byggingeniør- og arkitektfaget. Vårt mål har hele tiden vært å ha en bred tilnærming på vår masteroppgave. Derfor har vi valgt en kompleks oppgave, hvor det er utfordringer innen flere temaer som må løses. Dette har aldri tidligere vært gjort ved *Instituttet for matematiske realfag og teknologi*, i like utstrakt grad som det blir gjort i denne oppgaven. Vi håper at vårt arbeid vil være med på å vise bredden av hva vårt studieprogram har å by på.

Borgestad Næringspark har et ønske om å ha en grønn profil for sin næringspark. I vår oppgave ønsker vi å finne frem til mulighetene for å oppnå dette, ved å bruke de tilgjengelige ressurser som finnes i tilknytning til området.

Det er en klar målsetning at det opprinnelige arkitektoniske uttrykket på området skal bevares. I alt for mange tilfeller går økonomiske forhold fremfor vern av norsk kultur- og industrihistorie, noe som medfører at ærverdige bygninger blir revet.

Ved gjenbruk er det flere utfordringer for å oppnå en god energikarakter enn ved nybygging. Formen for bygningene er i stor grad gitt, og man må også ta hensyn til de materialene som er benyttet i bygningene. Vi håper å komme frem til en teoretisk god energikarakter for våre to bygg, samtidig som det arkitektoniske uttrykket bevares. Det hadde vært spesielt gledelig dersom noen av våre planer blir realisert, slik at man kan sammenligne teoretisk energikarakter med faktisk energiforbruk.

I arbeidet med denne masteroppgaven har vi jobbet spesifikt med følgende problemstilling:

Hvor god energikarakter er det realistisk å oppnå for våre to bygninger ved gjenbruk?

For at dette skal være realistisk må vi først løse utfordringer som lokasjon, arkitektur, ny planløsning, bæresystem og tekniske installasjoner.

1.4 Materialer og metode

I oppgaven har vi benyttet to casebygg fra Borgestad Næringspark. Disse har vi i oppgaven omtalt som Verket og Ferdigvarelageret, dette er de opprinnelige navnene på bygningene fra den gang det var industriproduksjon på området.

Gjennomføring av oppgaven startet med innsamling av informasjon om området og bygningsmassen. Vi målte opp byggene, fotograferte, fremskaffet originale tegninger og beregninger, i tillegg til å ha samtaler med interessenter.

Vi gjennomførte et litteraturstudium om gjenbruk, for å få et bedre grunnlag til å løse oppgaven. I tillegg besøkte vi et utvalg av allerede gjennomførte gjenbruksprosjekter.

Energiforbruk i bygninger har vært hovedfokus gjennom hele oppgaven. Vi har gjennomført energieffektive tiltak for Verket og Ferdigvarelageret, og gjort energiberegninger for å estimere totalt energiforbruk.

Forslag til ombygging vil vi vise ved vedlagte tegningssett og renderinger som er flettet inn i teksten. Disse har vi jobbet med gjennom hele perioden, parallelt med litteraturstudium og energiberegninger. Styrkemessige beregninger er utført for å vise at det vi har planlagt er gjennomførbart.

Vi har vektlagt å benytte egenprodusert materiale i oppgaven, slik som fotografier, tegninger, renderinger, tabeller og resultater fra energi- og styrkeberegninger. Dette materialet er merket på følgende måte; (*Skårdal og Strand*). Alt materiale som er hentet fra eksterne kilder er merket med referanser.

Programvaren som har blitt benyttet til styrkeberegning er Focus 2D Konstruksjon og FEM-design. Opptegning av eksisterende bygninger og forslag til ombygging har blitt gjort med ArchiCad13.

Energiberegningene ble gjort i Eco-designer, VIP-energy, SIMIEN og regneark fra Sintef. Med de to førstnevnte hadde vi muligheten til å bruke tegningsmodellen fra ArchiCad og fikk dermed brukt BIM i praksis. Ved å benytte oss av flere programmer og dermed gjøre flere energiberegninger hadde vi muligheten til å sammenligne resultater.

For å undersøke problematikken rundt etterisolering av de gamle teglveggene benyttet vi programmet WUFI. Dette tar for seg varme og fukttransport i bygninger.

Gjennom hele oppgaven har vi søkt den nyeste og mest oppdaterte litteraturen innenfor samtlige temaer vi har belyst.

1.5 Avgrensning av oppgaven

Teori om gjenbruk er noe vi har vektlagt. Fokuset har ligget på de materialtypene som er aktuelle i vårt prosjekt.

Noe av det vi har sett bort fra i prosjektet er fundamentering. Vi sitter allikevel på noe informasjon om dette som vi fant da vi lette i arkivene på Borgestad. Dette er et viktig tema når man bygger så nær en elv og må derfor kartlegges grundig.

Når det gjelder bærekonstruksjonen har vi jobbet mye med beregning av eksisterende bærekonstruksjon og metoder for forsterkning av denne. Vi har ikke gått i detalj på hvordan nye etasjer skal bygges inn i eksisterende konstruksjoner. Konstruksjonsdetaljer og forbindelser er heller ikke tatt med.

Energiteori er et stort fagfelt. I denne oppgaven har vi tatt med tiltak og metoder som er aktuelle og relevante. En del tekniske tiltak er kun beskrevet generelt, mens valgene vi har gjort på våre eksempelbygg har blitt gjennomgått grundigere.

Det økonomiske perspektivet har ikke vært hovedfokuset, men det har allikevel ligget til grunn ved valgene vi har tatt. Det ligger en økonomisk vurdering bak, både når det gjelder forsterkning av bærekonstruksjon og energitiltak.



1.6 Begrepsavklaring

Vi ser at når vi skal behandle et tema som gjenbruk er det viktig å foreta noen begrepsavklaringer. Gjennom litteraturstudiet av gjenbruk, har vi oppdaget at begrepene innenfor emnet gjenbruk brukes både upresist og galt.

Definisjonene vi har valgt å bruke er i hovedsak de samme som blir brukt av myndigheter og fagmiljøer. Vi har også valgt å ta med ord som ikke er direkte knyttet til gjenbruk, men som er greit å få en forklaring på.

Definisjonene er hentet fra ”Prosjektering for ombruk og gjenvinning”, (Leland 2008), Statsbyggs rapport ”Designstrategi for bruk av gjenbruksmaterialer” (Statsbygg 2002a), boka ”Bygningsadministrasjon”(Wigen 1992) og NS3031.

Bioakkumulerende:	Stoffer som er bioakkumulerende samler seg opp i kroppen, uten at kroppen kan kvitte seg med dem.
Byggebransjen:	Betegnelse på hele næringsområdet innenfor bygg- og anleggssektoren, om de bedrifter og yrkesutøvere som er med på å gjennomføre hele byggeprosessen.
Byggeindustrien:	Betegnelse på de bedrifter og yrkesutøvere som har som næringsvirksomhet å utføre bygningsarbeider og/eller anlegg eller produsere varer og komponenter for dette.
Deponering:	Endelig plassering av avfall på fyllplass.
Driftstid:	Den andelen av en driftsperiode bygningen har normal personbelastning med tilhørende behov for ventilasjon og innetemperatur.
Elastisitet:	Beskriver struktur som kan krympe/vokse i henhold til nye funksjoner.
Energiutnyttelse:	Utnyttelse av energien i avfallet gjennom forbrenning.
Fleksibilitet:	Beskriver struktur som med enkle bygningsmessige inngrep kan endres innenfor hoveddrammene.
Fossilt brensel:	Hydrokarbonholdige stoffer som kull, olje og naturgass.
Fotoelektrisk effekt:	Når et metall avgir elektroner under påvirkning av lys. Utnyttes i solceller for å produsere strøm.
Funksjonell levetid:	Bruksmessig livstid for en komponent eller bygning.
Generalitet:	Beskriver strukturer som uten bygningsmessige inngrep kan benyttes til flere funksjoner.
Gjenbruk:	Nyttiggjøring av materialer og andre restprodukter ved både ombruk og gjenvinning.



Gjenvinning:	Ved direkte gjenvinning brukes materialet som råstoff for tilsvarende produkter. Ved indirekte gjenvinning brukes materialet som råstoff til andre typer produkter.
Hormonhermende:	Stoffer som kan ha hormoneffekt, uten å være naturlige hormoner. Kan føre til reproduksjonsforstyrrelser hos en rekke fiske- og dyrearter.
Infiltrasjon:	Utsiktet luftveksling gjennom utettheter i klimaskjermen utenom ventilasjonssystemet.
Internt varmetilskudd:	Varmetilskudd innenfor oppvarmet del av BRA som skyldes varmeavgivelse fra mennesker, utstyr og prosesser.
Klimaskjerm:	Primære bygningsdeler etter NS 3451 som beskytter oppvarmet del BRA mot utvendig klima.
Komfortkjøling:	Kjøling av romluft og/eller tilluft ved hjelp av kjølmaskiner.
Kuldebroverdi:	Lineær varmegjennomgangskoeffisient for felter med lavere isolasjonsevne enn omkringliggende konstruksjon/bygningsdel.
Lekkasjetall:	Luftvolum per innvendig volum og per tidsenhet som lekker gjennom klimaskjermen ved referansetrykkdifferansen over klimaskjermen.
Levert energi:	Summen av energi, uttrykt per energivare, levert over bygningens systemgrenser for å dekke bygningens samlede energibehov inkludert systemtap som ikke gjenvinnes.
Lokal kjøling:	Kjøling av inneluften ved bruk av lokale kjølebafler eller kjøleaggregater.
Miljømessig forsvarlig levetid:	Den levetiden som forsvarer miljøbelastninger for et materiale.
Mobilitet:	Bygningsstrukturer som kan demonteres og monteres for samme bruk på et annet sted.
Netto energibehov:	Bygningens energibehov uten hensyn til energisystemets virkningsgrad eller tap i energikjeden.
Ombruk:	Ny utnyttelse av et produkt i sin opprinnelige form.
Ressursutnyttelse:	Nyttiggjøring av materialer og andre restprodukter ved ombruk, gjenvinning eller energiutnyttelse.
Selektiv riving:	En rivemetode der materialer/bygningsdeler demonteres og avfall sorteres med fokus på størst mulig gjenbruk.

- SFP-faktor: ”Specific Fan Power” - beskriver viftens effektforbruk i forhold til levert luftmengde.
- Teknisk levetid: Livstid knyttet til teknisk holdbarhet for en komponent eller bygning.
- Varmegjenvinning: Varme fra avluft som overføres til tilluft for å redusere varmetap på grunn av ventilasjon.
- Varmetapstall: Varmetransportkoeffisienten for transmisjon, infiltrasjon og ventilasjon dividert på oppvarmet del av BRA.
- Varmetransmisjon: Varmetransport som skyldes varmegjennomgang i bygningsdeler.



Del 2: Teori om gjenbruk av bygninger

2.1 Litteraturstudium

Litteraturstudiet er gjort for å finne relevant og konstruktiv informasjon om gjenbruk. Vi har blant annet gjort oss kjent med de begreper som er vanlige å bruke i denne sammenheng, slik at vi kan presentere stoffet korrekt og entydig.

Utgangspunktet vårt er en skallkonstruksjon i betong og et teglsteinsbygg med takkonstruksjon av stål. Fokuset vårt har derfor i hovedsak vært på gjenbruk av denne typen materialer og industribygninger. Samtidig har vi et fokus på fremtidig gjenbruk, de valgene vi tar vil ha konsekvenser for om fremtidig gjenbruk er mulig.

I tillegg har vi sett på miljøaspektet når det gjelder gjenbruk. Da spesielt miljømessig gevinst av gjenbruk, energibruk ved fremstilling og sanering, avfallshåndtering og farlige stoffer.

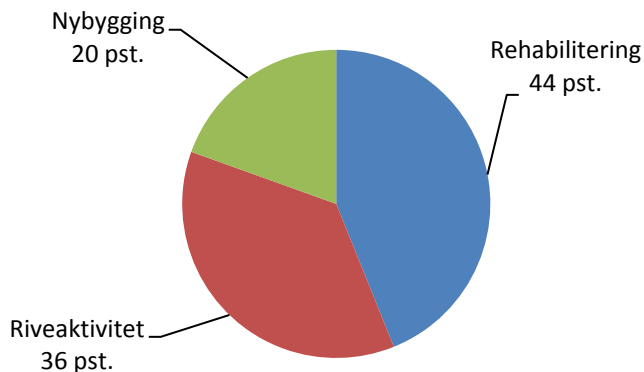
For å kunne tegne og dimensjonere byggene hadde vi behov for tilstrekkelig underlag i form av tegninger og beregninger. Disse har vi funnet ved å lete i arkivene på Borgestad Næringspark i Skien, og hos Dr. techn. Olav Olsen på Skøyen, som er kjent for sine slanke skallkonstruksjoner.

Som inspirasjon har vi gjennomført ulike feltekskursjoner. Flere ganger har vi vært på Borgestad for å gjøre oss kjent med bygningene våre. Vi har målt opp det vi ikke har funnet ut fra gamle tegninger, sett på muligheter, begrensninger og omkringliggende bebyggelse. Vi har gått langs Akerselva fra Grønland til Nydalen. Her er det en rekke eksempler på gjenbruk. Vi kikket blant annet på Norsk design- og arkitektursenter, Arkitektur- og designhøyskolen, industriområdet på Vulkan, studentsiloen på Grünerløkka, gamle Lilleborg fabrikker og de gamle teglbygningene i Nydalen. I Drammen fikk vi en omvisning på Union Scene som er en gammel papirfabrikk i tegl, bygget om til å romme ulike kulturtilbud. I Fredrikstad så vi på det gamle "Værste", som nå har blitt bla. Fredrikstad Stadion. For å se på noe som er prosjektert for ombruk og gjenbruk, så vi på Snøhettas VM-paviljong i Oslo. Tate Modern har lokaler i et nedlagt kraftverk i London, dette var til stor inspirasjon ved et London besøk. I Porsgrunn Næringspark bygges "Slippen", et kontorbygg som av Enova er utpekt til regionalt forbildeprosjekt. Der fikk vi en grundig omvisning av firmaet YIT, som leverer alt av tekniske installasjoner til bygget.

2.2 Miljøaspekter

Avfall

I 2004 medførte byggevirksomhet 1,24 millioner tonn avfall, dette utgjorde 14 % av de totale avfallsmengdene i Norge i 2004. Mesteparten av dette avfallet består av rene materialer som kan brukes om igjen eller deponeres uten spesielle miljøsyn. Man må allikevel ikke glemme at en del bygningsmaterialer kan inneholde miljøgifter som må håndteres på en forsvarlig måte. (Stave 2006)

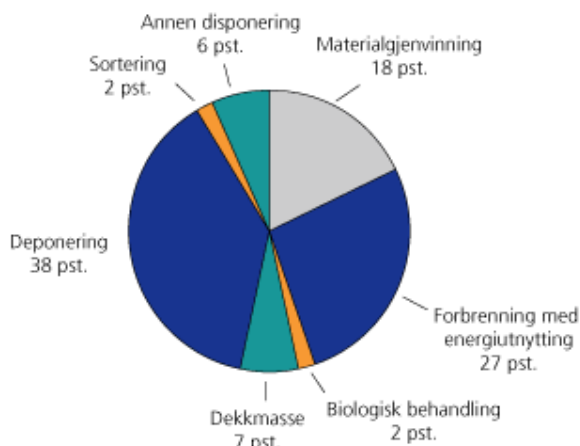


Figur 1: Viser fordelingen av avfallsmengdene fra ulike byggevirksomheter i 2004. (Stave 2006)

Som vi ser av sektordiagrammet ovenfor var det rehabilitering som bidro med mest avfall i 2004 med 44 % av total avfallsmengde. Deretter fulgte riving og nybygging med henholdsvis 36 % og 20 % av total avfallsmengde.

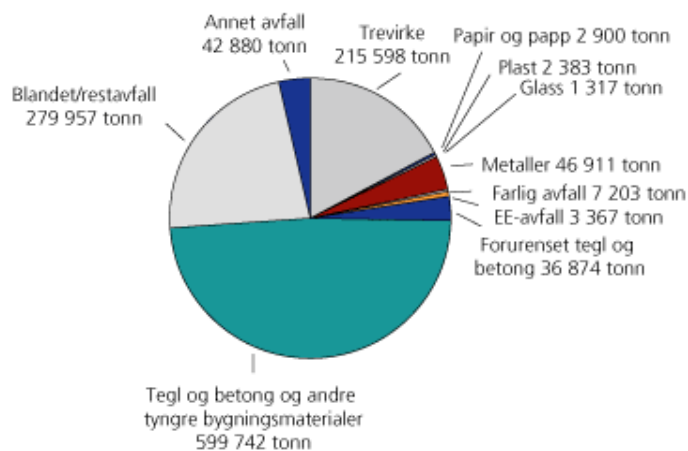
SSB har utgitt statistikk også for årene 1998 og 2000. I 1998 var total avfallsmengde fra byggevirksomhet 1,54 millioner tonn, i år 2000 var tilsvarende mengde 0,94 millioner tonn.

Det er en viss usikkerhet knyttet til statistikken over avfall fra byggevirksomhet. Datagrunnlaget regnes som svakt, men har blitt noe bedre med årene. Statistikken for 2004 regnes som den mest riktige. Det er ventet å komme bedre datagrunnlag, etter at det nå har blitt pålagt å ha avfallsplaner for byggeprosjekter i alle kommuner.



Figur 2: Behandling av avfall fra nybygging, rehabilitering og riving i 2004. (Stave 2006)

Vi ser av figur 2 at 45 % av avfallet fra byggevirksomhet gikk til materialgjenvinning i 2004. I 2001 ble det gjennomført en lignende beregning som viste at 27 % av avfallet fra byggvirksomhet gikk til material- eller energigjenvinning, mens 49 % gikk til deponi.

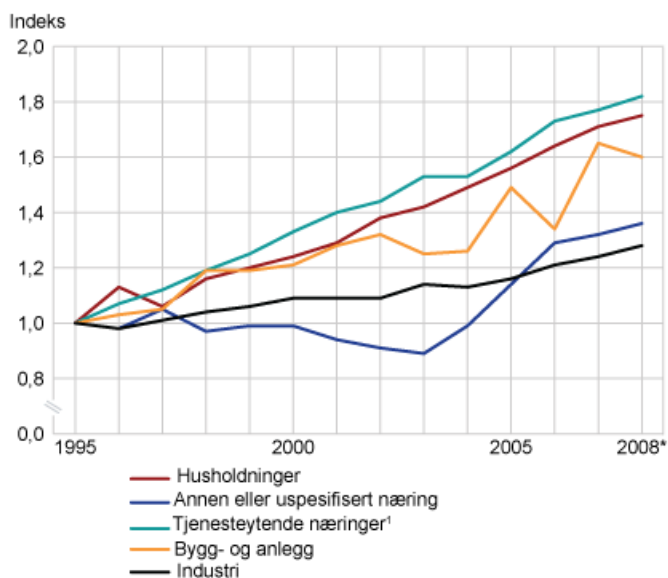


Figur 3: Genererte mengder avfall fra nybygging, rehabilitering og riving i 2004. (Stave 2006)

Som vi ser av figur 3 er det tegl, betong og andre tunge bygningsmaterialer som står for størstedelen av avfallet som genereres i byggebransjen.

Hvorfor bygge med gjenbruksmaterialer?

Avfallsmengden til deponi må ned, vi kan ikke tillate oss at veksten av avfall fortsetter. Fra 1995 til 2008 var den totale avfallsveksten i Norge på 48 %. Gjenbruk og forlenget levetid på materialer og bygningsdeler bidrar til bedre ressursutnyttelse og vil være med på å få ned avfallsmengden som leveres til deponi.



Figur 4: Genererte avfallsmengder i Norge etter kilde. (SSB 2008)

Et eksisterende bygg kan sees på som en ressurs eller et problem, avhengig av hvordan man velger innfallsvinkel og hva slags type bygg man har. Det er viktig å se et prosjekt fra ulike vinkler. Dersom man klarer å finne frem til kvaliteter med et eksisterende bygg og benytte seg

av materialene som allerede finnes i bygget vil man stå ovenfor en verdifull ressurs som man kan utnytte.

Miljømessig kan det være mye å spare ved å se på et eksisterende bygg som en ressurs, istedenfor å se på det som et problem som må bort – altså rives.

2.3 Materialer

Tegl



Foto 1: Teglstein (Multibbygg)

Av den totale avfallsmengden på 1,24 millioner tonn fra byggvirksomhet i 2004 var omtrent 600 000 tonn tegl- og betongavfall. (Stave 2006)

Teglstein har en energikrevende produksjon og er egnet for ombruk dersom den er murt med en mørtel som er svakere enn selve teglsteinen, for eksempel kalkmørtel. Sementmørtel er sterkere enn teglsteinen og det er av den grunn vanskelig å skille teglsteinen fra mørtelen. Sementmørtel ble alminnelig i bruk rundt 1920. Teglstein fra før denne tid egner seg derfor godt til ombruk. Det finnes svakere typer av sementmørtel som egner seg til muring av teglstein, dersom steinen brukes i et prosjekt som prosjekteres for ombruk eller gjenvinning.

På Naturlig byggeri sine hjemmesider, om mineralske byggematerialer, skriver Øyvind Holmstad at det i dag ikke er utviklet noen effektiv metode for rensing av gammel tegl. Dette må derfor utføres for hånd. Gjenbruksstein er først og fremst aktuelt for innvendige skillevegger, bakmurer og lignende der de horisontelle kreftene er små. I porene vil det nemlig være igjen rester etter gammel mørtel som har gått i kjemisk forbindelse med teglen. Det gir en dårligere heft til ny mørtel. (Holmstad 2009)

Siden rensing av tegl må gjøres for hånd, kan dette være passende jobb for vernede bedrifter og eventuelt for sysselsetting arbeidsledige.

Steinen kan også knuses til tilslag, men dette er ikke like optimalt som ombruk fordi mye av energipotensialet da går tapt. (Leland 2008)

Teglstein kan ombrukes til innervegger, yttervegger eller som flis på gulv. Ved ombruk av teglstein i yttervegger er det teglsteinens frostmotstandsevne som er kritisk. Teglsteinen må sorteres i for- og bakstein ved riving, da det kun er teglstein som tidligere er brukt i yttermur som kan forventes å være frostsikker. Et alternativ for å sikre seg at ombrukt teglstein har tilfredsstillende kvalitet er å brenne den på nytt. Dette innebærer en stor kostnad.

Gjenbrukstegl fra bygninger bygget før 1925 bør ombrennes for å sikre tilstrekkelig kvalitet. (Statsbygg 2002b)

Betong



Foto 2: Betong. (SV Betong)

Betong har en svært energikrevende produksjon, betongelementer bør derfor planlegges for demontering og remontering. Betong kan knuses om til tilslag, men dette er ikke optimalt i forhold til ombruk fordi mye av energipotensialet i betongen da går tapt. En positiv effekt av knusing er at betongen da rekarboniserer, det vil si at den tar opp i seg CO₂ som ble sluppet ut under produksjonen. Betongen må knuses ned til 1-8 mm størrelse for at dette har noen effekt, 60-80 % av CO₂ utslippet tas da opp igjen i betongen. Vanligvis knuses betongen til 32 mm eller større, men dette vil ha liten effekt med tanke på rekarbonisering. (Leland 2008)

Etter knusing kan betongen brukes i ubunden eller bunden bruk. Ubunden bruk er å benytte knust betong i ulike former for utlegging og mekanisk stabilisering. Bunden bruk er som tilslag i en blanding som er sement- eller asfaltbasert.

Ubunden bruk:

- Veier og plasser
- VA – grøfter
- Drenerende masser

Bunden bruk:

- Konstruksjonsbetong
- Sprøytebetong
- Bygningsblokker

Hele betongelementer kan også ombrukes, men dette er ikke vanlig å gjøre. De viktigste grunnene til dette er (Skallerud 2000):

- Sammenføyningene er ikke demonterbare.
- Løftepunktene kan være i ustand eller fjernet
- Det kreves mye manuelt arbeid for å separere elementene
- Regelverket stimulerer ikke til ombruk av elementbygg
- Bransjens aktører har generelt liten erfaring med ombruk av betongelementer
- Bærekonstruksjonen i elementbygg utgjør en liten del av de totale kostnadene for bygget

Det er gjennomført noen prosjekter med ombruk av betongelementer. To pilotprosjekter finnes i nærheten av Berlin, i henholdsvis Mehrow og Schildow. I begge prosjektene ble betongelementer ombrukt til dekker og veggelementer og deretter etterisolert utvendig og pusset.

Erfaringer fra rivingen av elementene (Leland 2008):

- Komponenter som kun kan ombrukes med sin geometri intakt er vanskelig å ombruke. Eksempler er baderomsenheter, trapper og takkomponenter
- Vegger som er tynnere enn 5 cm er vanskelig å demontere uten at de skades.
- Dekker og innvendige vegger har vist seg lette å ombruke. Disse elementene utgjør 42 % av hele bygningsmassen.
- Riving av bygg isolert med mineralull er komplisert da det må iverksettes spesielle sikkerhetstiltak for å beskytte bygningsarbeiderne mot helseskader ved riving av mineralull siden ullen er klassifisert som kreftfremkallende.

Erfaringer fra ombruk av elementene (Leland 2008):

- Utformingen ble bedre ved noen endringer av elementenes geometri ved å sage i elementene for justering av størrelse.
- Tilføyelse av nye komponenter som for eksempel trapper tilførte kvaliteter.
- Det å bruke elementene på en annen måte enn opprinnelig for eksempel ved å bruke dekkeelementer som vegger, kunne gi gode løsninger.
- Det var fordelaktig at dekkene var av spennbetong med kontinuerlig heftforbindelse uten endeforankring. Da kunne dekkene kappes uten tap av spennkraft. Det var tilsvarende for innvendige vegger, disse var utelukkende levert med armering for transport og ringanker armering. Ved kutting måtte det sikres for at de fortsatt kan transporteres.
- Det ble laget et nytt system for reversible forbindelser mellom elementene.

2.4 utfordringer ved ombygging

En ombygging vil kunne by på en rekke problemstillinger som kan være mer problematiske å løse enn for et tradisjonelt byggeprosjekt. Det er spesielt problemstillinger knyttet til tekniske forskrifter og installasjoner som kan være utfordrende å løse. Vi kontaktet Jan Solgård som har jobbet med "Gjenbruksprosjektet" hos Riksantikvaren og forsøkte å finne svar på om teknisk forskrift gjelder fullt og helt ved ombygging.

" Dette er de bevarende myndigheters evige dilemma. Hvert enkelt gjenbrukstilfelle er unikt. Det er vanskelig å oppnå at TEK skal gjelde fullt og helt ved gjenbruk. Det blir en "gi og ta" situasjon, hvor interessentene blir enige om hva man kan gi dispensasjon for og hva som må bevares. Man blir alltid enige om et kompromiss. Dersom tekniske forskrifter skal gjelde uansett, så ville mange flere ha revet de gamle bygningene og bygget nytt istedenfor å tenke gjenbruk." (Solgård 2010)

Transformasjonen til Borgestad Næringspark vil kunne bli et av de første gjenbruksprosjektene som gjennomføres etter at ny teknisk forskrift trådte i kraft 1. august 2009. Prosjektet har mulighet til å bli et referanseprosjekt innenfor gjenbruk dersom man gjør de rette valgene underveis.

2.4.1 Bæresystem

Vi har forsøkt å finne ut hvilke krav som gjelder til dimensjonering av bæresystem ved rehabilitering av eksisterende bygninger. Egenlastene vil så godt som alltid bli større ved en rehabilitering, da det er stadig økte krav til isolasjonstykkelse og mye nytt teknisk utstyr som skal inn i bygget. Det var ikke lett å finne et konkret svar på dette, så vi sendte en e-post til Statens Bygningstekniske Etat, BE, og lurte på følgende spørsmål:

Vi skriver en masteroppgave som omfatter rehabilitering av et gammelt bygg fra 60-tallet. Vi lurer på om dagens krav til laster må oppfylles fullt ut, da spesielt snølast? Vårt bygg er dimensjonert til $1,5 \text{ kN/m}^2$.

I tillegg lurer vi på om teknisk forskrift må oppfylles ved rehabilitering av et bygg som fra før ikke oppfyller kravene.

"Pbl § 87 omhandler denne typen, og § 88 omhandler en forenklet dispensasjonsadgang ved rehabilitering. Denne belyser bl.a. at en bygning ikke må settes i semre stand enn da bygningen ble oppført. Denne gir kommunen anledning til å sette ekstra krav i vedtak, vedtak på vilkår.

Nå må man være klar over, at ved en rehabilitering/ombygging skal det gjøres en vurdering av hele tiltaket. Denne vurderingen skal begrunnes, og konkludere med hva som skal rehabiliteres, hvorvidt eksisterende bygning avviker fra gjeldende TEK, hvordan dette skal utføres, og om bygningen tåler de nye laster man ønsker å påføre.



Dersom det skal skiftes eksempelvis tak, må det nye taket dimensjoneres etter gjeldende TEK, og ikke TEK fra da bygningen først var byggegodkjent. Forskriften med veiledning henviser til bruk av nasjonale standarder der dette er utgitt.”(Henriksen 2010)

Byggforsk har også noen blader som omfatter rehabilitering og hvordan man bør gå frem for å kartlegge hvordan en eksisterende konstruksjon er bygget opp og hvilke materialer den består av.

”Man bør starte med å sjekke eventuelle tegninger og beskrivelser. Det er imidlertid ikke alltid samsvar mellom tegninger og faktiske konstruksjoner. Ofte er det gjort forandringer underveis i byggeperioden og i den tiden bygningen har vært i bruk. Man bør derfor undersøke om tegningene/beskrivelsene stemmer med bygget som står der.” (Solvik 1999)

2.4.2 Metoder for forsterkning

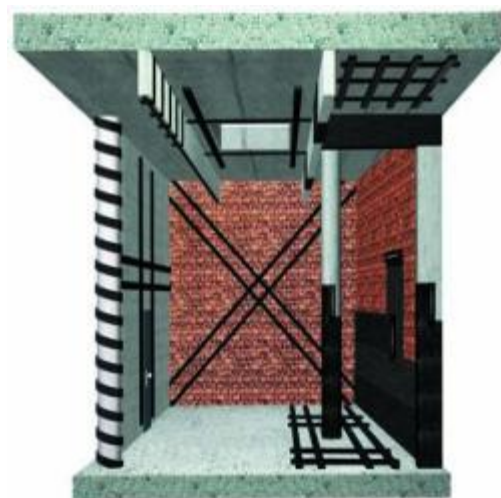
Denne litteraturen består av et utdrag fra Norsk betongforenings ”Forsterkning av betongkonstruksjoner”, publikasjon nr. 36, april 2006 (Thorenfeldt. Täljsten. Rødsætre. Sandaker 2006).

Tidlig på 1960-tallet begynte man med forsterkning av bygningskonstruksjoner. Dette ble vanlig fordi man skjønnte at det ofte ikke ville være økonomisk lønnsomt å erstatte den eksisterende konstruksjonen med en ny. Grunner til behov for forsterkning kan skyldes skader, feilkonstruksjoner, bruksendringer eller strengere regelverk. utfordringene ligger i å definere den best egnede metoden for det aktuelle objektet. Et problem kan blant annet være at identiske konstruksjonsdeler i samme konstruksjon kan ha ulik levetid grunnet ulikt mikroklima. Det er derfor viktig å analysere problemet og konstruksjonen grundig for å kunne velge rett metode.

Følgende metoder er vanlig å bruke ved utbedring av konstruksjoner:

- Tverrsnittøkning
- Påført trykkraft
- Endring av statisk system
- Utskifting av konstruksjonsdeler
- Nøyaktigere beregningsmetoder
- Ny utenpåliggende armering

Den vanligste formen for forsterkning har vært å bruke utenpåliggende armering i form av plater, skiver eller stag av stål. Enten ved bruk av bolting eller ved påliming. Dette har en del ulemper og mindre gunstige sider. Blant annet at det er vanskelig å montere på grunn av høy egenvekt, det er lite fleksibelt, vanskelig å tilpasse til ujevnheter, svekkelse av limfugen på grunn av korrosjon og behovet for vedlikehold.



Figur 5: Illustrasjon av anvendelsesområder for utenpåliggende komposittarmering. (Sika 2010)

De siste 10-15 årene har forsterkning med pålimte plater, bånd eller duker av komposittmaterialer blitt en vanlig forsterkningsmetode. Et komposittmateriale består som regel av fibre som er innstøpt i en matrise av herdeplast (polyester, vinylester, epoksy, melaminplast), dette kalles FRP (Fiber Reinforced Polymers). De vanligste typene av FRP er laget av glass, karbon eller aramid. Komposittene er som oftest anisotrope, det vil si at de har ulike styrkeegenskaper i ulike retninger.

Anvendelsesspekteret for utenpåliggende armering:

- Ved hulltagning i dekker
- Forsterkning av teglvegg
- Forsterkning av etasjeskiller eller plate
- Ved hulltagning i vegg
- Ved forsterkning av søyler
- Ved forsterkning av bjelker for skjær
- Pålimt stålkraue for å øke gjennomlokkingskapasiteten
- Laminat i overflaten av dekker
- Forsterkning av bjelker for bøyning

Anvendelsesspekteret for utenpåliggende armering dekker stort sett det man har behov for ved forsterkning av eldre industribygninger av betong. Bruk av komposittmaterialer har mange fordeler fremfor tradisjonelle reparasjonsmaterialer. Styrke i forhold til vekt er unikt, det er lett å forme, lett å påføre og bygger lite i volum. Skal man trekke frem noen negative sider ved komposittmaterialer så må det være at prisen er høy og brannmotstanden dårlig.

Når det gjelder forsterkning av stålkonstruksjoner vil det som oftest lønne seg å endre det statiske systemet eller øke tverrsnittet i form av påsveising. Utfordringene ved gjenbruk ligger derfor i hovedsak på forsterkning av betong.

2.4.3 Arkitektur

Gjenbruk er trendy i disse dager. Gjenbruk gir mulighet for forbrukere å ha unike produkter, som kan styrke den personlige identiteten. I tillegg signaliserer ordet gjenbruk, en miljømessig bevissthet og i noen tilfeller en økonomisk gevinst.

Dette kan vi også se av hvordan man pusser opp eldre leiligheter, spesielt i Oslo. Gamle teglvegger hentes frem, nedsenkede himlinger fjernes, og gamle gulv får igjen se dagens lys. Folk setter pris på det gamle og solide.

Når man skal gjenbruke industribygninger i den form at man beholder skjellett og skall, starter man allerede med noen begrensninger og rammer. I vårt eksempel skal vi holde oss innenfor de arealer som allerede er bestemt ut ifra den eksisterende bebyggelse. I tillegg skal formen på byggene bestå, med varierende grad av nye fasader. Dette fører til at det ikke er mulig å bygge akkurat som man ønsker og kanskje ikke slik at det blir optimalt etter dagens ønsker og vaner. I stedet må man ta hensyn til det som opprinnelig var tenkt for byggene, og utvikle de kvaliteter og muligheter byggene allerede har.

En arkitekt jobber gjerne på oppdrag fra en tiltakshaver som stiller krav til utforming, funksjonalitet og økonomi. Kravene er i utgangspunktet ikke noe problem å oppfylle ved et



nybygg. Ved gjenbruk av bygningsmasse er derimot disse kravene vanskeligere å oppnå. Hovedtrekkene til utformingen kan allerede være gitt, som kan ha nedsatt funksjonalitet ut ifra det byggets formål skal være i dag. Utfordringene ligger blant annet i å kunne oppnå universell utforming, få inn tilstrekkelig med dagslys, energi og oppvarming, og mulighet for en moderne planløsning som forventes i dag.

Gjenbruk kan også gjøres ved at materialene demonteres og bygges opp på nytt slik man ønsker det. Dette kan gjøres fordi tilstanden på det som er bygget er for dårlig, fordi man ønsker ny funksjon og form, eller fordi materialene skal brukes et annet sted. En slik form for gjenbruk vil kunne være med på å gi et bygg særpreg og identitet, med en god miljøgevinst.

Felles for begge måter å gjenbruke på, er at det er store utfordringer med kostnader i forhold til nybygg. Gjenbruk vil ikke nødvendigvis gi en økonomisk gevinst. Derfor må miljø, kvalitet og identitet være tilhørende motivasjonsfaktorer når man skal drive gjenbruk.

Resultatet av gjenbruk behøver ikke å bli umoderne. Den beste måten å drive gjenbruk på er å beholde det beste av byggets opprinnelige kvaliteter, og fornye det resterende for å skape sunne, vakre og varige bygg.

Gamle industribygninger har ofte sentrale tomter og god beliggenhet. Kvalitetene ved disse byggene er ofte enorme rent arkitektonisk, noe vi i dag ikke ser snev av i moderne industribygg. De gamle industribygningene ble gjerne tegnet av de fremste arkitekter, mens dagens industribygg for det meste består av ferdighaller uten noen form for særpreg. Nettopp derfor er det viktig å ta vare på gamle bygninger. De har ofte kvaliteter og en detaljrikdom som ikke er vanlig ved moderne bygg.

2.4.4 Tilpasningsdyktige kontorlokaler

Et viktig mål med dette prosjektet er å komme frem til løsninger som er tilpasningsdyktige i forhold til endringer i krav fra brukerne av bygningsmassen. Det er fortsatt uvisst hvilke type næringer som skal inn i lokalene, men det er nærliggende å tro at man vil ende opp med kontorlokaler. Det kan dreie seg om store firmaer som har behov for å benytte et helt bygg, en hel etasje av et bygg eller mindre firmaer som kun har behov for en liten seksjon av et bygg eller kun noen få kontorplasser. Utfordringen ligger i å få til løsninger som vil fungere for ulike bedrifter med de rammene som de eksisterende byggene allerede representerer.

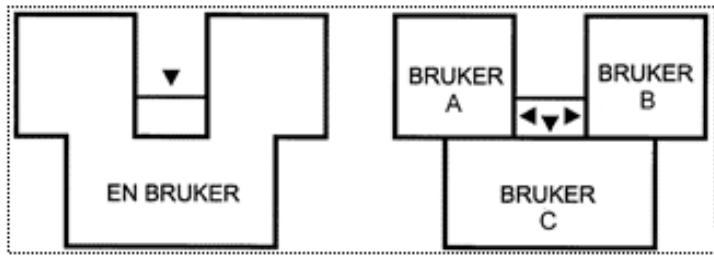
Byggforsk har utarbeidet bladet "Tilpasningsdyktige kontorbygninger" som behandler forhold som bidrar til å gjøre kontorbygninger tilpasningsdyktige i forhold til endringer i brukerkrav. Her nevnes det at bedrifter og organisasjoner stadig endrer seg i takt med dynamikken i samfunnet, konkurransen i markedet og den teknologiske utviklingen. En naturlig konsekvens av dette er at bygninger må kunne tilpasses nye krav fra brukerne. Tilpasningsdyktige bygninger gjelder også andre bygninger enn kontorbygninger, fordi tilpasningsdyktige bygninger har en lengre funksjonell levetid enn andre bygninger. For å gjøre dette mulig må tilpasningsdyktige bygninger ha noe romsligere dimensjoner for å kunne romme ulike typer funksjoner og innredningsløsninger. (Arge 2004)



Prinsipper for tilpasningsdyktighet

I tilpasningsdyktige bygninger har man kombinert *elastisitet*, *generalitet* og *fleksibilitet* på en god måte.

Elastisitet vil si at man har mulighet til å øke eller redusere bruksarealene i en bygning. Figur 6 viser hvordan et etasjeplan som har en bruker, enkelt kan få tre brukere dersom det blir behov for det.

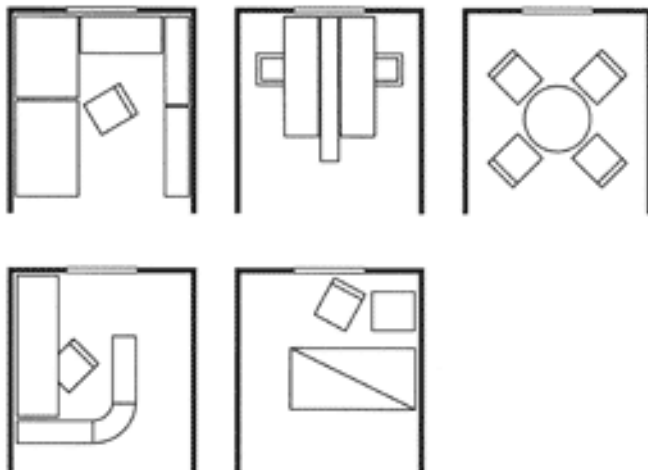


Figur 6: Illustrasjon av elastisitet. (Arge 2004)

Tiltak som bidrar til elastisitet:

- Utbyggingsmønster, utvidelsesmuligheter, oppdelingsmuligheter og plassering av funksjoner
- Bygningsautomatisering
- Fulldekkende sprinkleranlegg

Generalitet vil si at et areal kan brukes til ulike formål og på ulike måter uten at selve rommet endres. Figur 7 viser ulike innredningsmønstre for et rom.

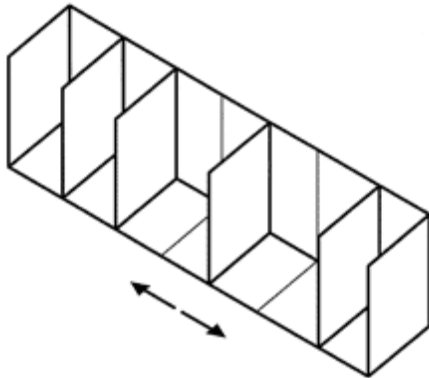


Figur 7: Illustrasjon av generalitet. (Arge 2004)

Tiltak som bidrar til generalitet:

- Brutto etasjehøyde
- Bygningsbredde
- Installasjonsgulv
- Teknisk grid
- Sonebasert og tredimensjonal forsyningsstruktur for EL og IKT.

Fleksibilitet vil si at man kan møte nye brukerkrav ved å endre på selve bygningen. Dette kan gjøres ved å flytte på innvendige vegger og dermed lage nye planløsninger og rom.



Figur 8: Illustrasjon av funksjonalitet. (Arge 2004)

Tiltak som bidrar til funksjonalitet:

- Planleggingsmodul
- ”Plug-in” bygningselementer- og komponenter
- Flat og lydtett himling.

Plassbehov og plassering av funksjoner

Funksjonene i en kontorbygning deles ofte i tre ulike hovedkategorier, disse er:
Arbeidsplasser med tilhørende funksjoner, slik som toaletter, tekjøkken og mindre møterom
Fellesfunksjoner som betjener alle i bygningen, slik som resepsjon, kantine, godt utstyrte møterom og auditorium.

Spesialfunksjoner, slik som laboratorier, datarom, overvåkningssentraler og tekniske rom.

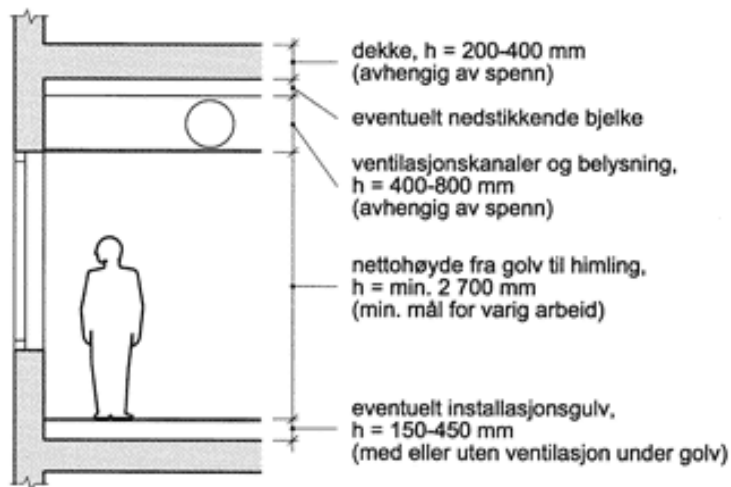
Fellesfunksjoner og spesialfunksjoner bør samles på et sted i bygningen og ikke være en del av arbeidsplassområdene. Faste elementer som trapper, heiser, toaletter og våtrom bør plasseres i utkanten av arbeidsplassområdene.

Kontorbygninger deles opp i bruksenheter, slik at hver bedrift/bruker har sin egen enhet.

Størrelsen på disse avhenger av markedssituasjonen. I Oslo har typiske utleieenheter størrelse på 500-1000 m², i mindre byer er de vanligvis mindre og har en størrelse på 150-200 m². (Arge 2004)

Kontorer kan være tradisjonelle cellekontorer eller bestå av åpne kontorlandskap. For kontorer burde det brukes en planleggingsmodul basert på arbeidsplassenheter med størrelse 2,4x2,4 m eller 2,4x3 m. Dette gir større generalitet enn en modul basert på faste cellekontorer fordi den åpner for flere innredningsmuligheter og kontorløsninger. (Arge 2004)

I lokaler hvor det utføres varig arbeid er det krav om fri etasjehøyde på 2,7 m. Ved skråtak må midlere etasjehøyde være 2,7 m. For å oppnå dette burde bruttoetasjehøyde være 3,6 m for å få plass til tekniske installasjoner. (Statens bygningstekniske etat 2007b)



Figur 9: Illustrasjon av nødvendig etasjehøyde. (Arge 2004)

2.5 Hvordan prosjektere for fremtidig gjenbruk

Prosjektering for fremtidig ombruk er en ny måte å tenke prosjektering på i forhold til dagens konvensjonelle byggeteknikk. Alt for ofte er det en kortsiktig kapitalistisk tankemåte som ligger til grunn når et byggeprosjekt skal gjennomføres. De siste årene har det vært et stadig økende miljøfokus både nasjonalt og internasjonalt. Byggenæringen er en av de største bidragsyterne av avfall i Norge. (Leland 2008)

”Ved å prosjektere og bygge løsninger som øker bygningers og materialers ombruks- og gjenvinningspotensial, vil man oppnå reduksjon av avfallsmengder og miljøbelastninger.” (Leland 2008)

Bygge- og anleggsbransjen ønsker selv å være med på en positiv og miljøriktig utvikling av bransjen. Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall er utarbeidet av og for byggenæringen og kom i revidert utgave 15. mai 2007. Næringen har satt seg følgende mål (NHP Nettverket 2007):

- Alt farlig avfall skal tas hånd om på en forsvarlig og sikker måte.
- Alt bygg- og anleggsavfall skal søkes minimert og sikres høyeste mulig gjenvinning og forsvarlig håndtering
- Innen 01.01.2012 skal minst 80 % av byggavfallet gå til gjenvinning.

Slike krav vil føre til at avfallsbehandling og riving blir langt dyrere, spesielt dersom bygningene ikke er planlagt for ombruk og gjenvinning.

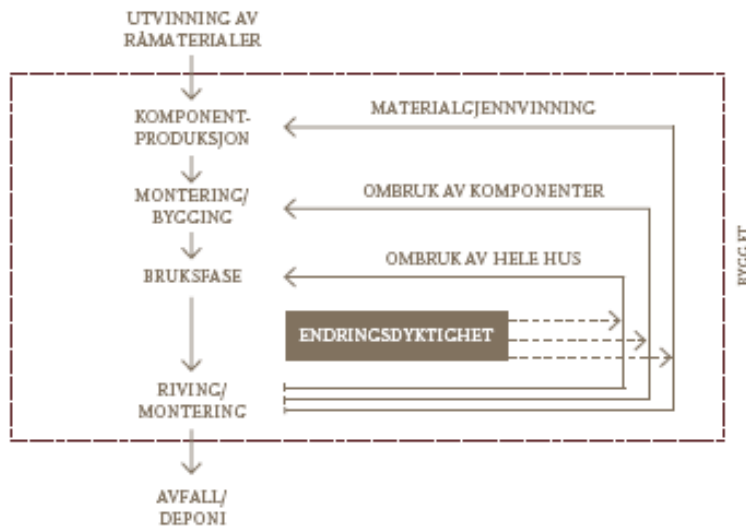
Bygninger blir ofte bygget for å romme en spesiell aktivitet. Det er sjeldent man tenker på at denne aktiviteten kan opphøre eller endres, slik at det blir behov for et bygg med andre kvaliteter. Endringsdyktighet er et vesentlig kriterium som må tas hensyn til ved prosjektering. For å få til endringsdyktige bygg må man tenke på generalitet, fleksibilitet, elastisitet og mobilitet.

Andre kulturer enn den vestlige har vært mer opptatt av å lage generelle rom som kan benyttes til ulike aktiviteter over en viss periode. Et eksempel er den japanske arkitekturen, hvor man designet generelle rom som ble brukt ulikt over døgnet. Sovemattene ble rullet ut om kvelden og sammen igjen om morgenen.

I november 2002 kom *Norsk offentlig utredning Avfallsforebygging*. Utvalget mener at dagens produktutviklere i større grad må designe sine produkter for lengre levetid slik at de kan gjenvinnestedenfor å ende som søppel. Oppstått avfall bør i større grad behandles som en ressurs og benyttes til produksjon av nye produkter. (Miljøverndepartementet 2002)

En hovedmålsetning med denne rapporten er at flere tiltakshavere skal bli inspirert til å tenke og praktisere gjenbruk. Å fokusere på gjenbruk når man skal bygge et nytt bygg kan gjøres både ved å ta i bruk gjenbruksmaterialer i det nye bygget og ved å tilrettelegge det nye bygget til at det i fremtiden vil være enkelt å demontere og gjenbruke de ulike elementene og materialene.





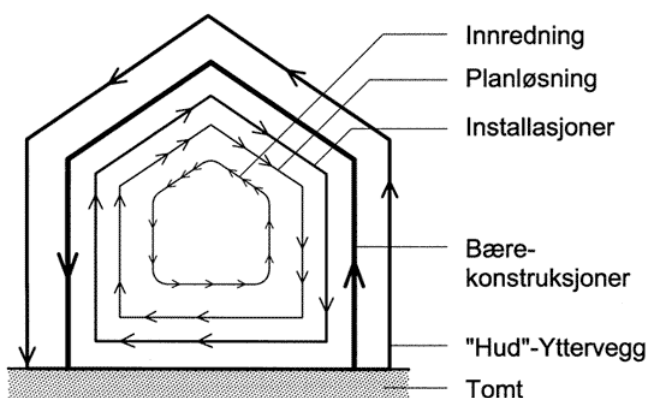
Figur 10: Viser materialflyten gjennom de ulike fasene av en bygnings livsløp. (Nordby 2007)

Bestandighet er et viktig kriterium for bygninger som prosjekteres for ombruk og gjenvinning, og her er materialvalg spesielt viktig. Sivilarkitekt Bente Nuth Leland foreslår følgende kriterier for valg av materialer. (Leland 2008):

- Velg materialer som erfaringsmessig har vist seg bestandige og som tåler de klimapåkjenningene de over tid blir utsatt for
- Eller velg materialer med miljødeklarasjon og antatt lang levetid.

Det er også viktig at de delene av konstruksjonen som man erfaringsmessig vet trenger hyppig utskiftning er lett tilgjengelig for vedlikehold/utskiftning uten at man må rive de øvrige delene av konstruksjonen.

Figuren under viser bygningers lagdelte struktur slik at det skal være lett å bytte ut enkeltkomponenter. Større hyppighet av piler betyr hyppigere utskifting av den aktuelle komponenten.



Figur 11: Levetid for byggets ulike deler. (Haagenrud 2004)

2.6 Eksempler på gjenbruksprosjekter

Det finnes en rekke vellykkede prosjekter som omfatter industribygninger som blir transformert til nye formål. Vi har valgt å se nærmere på noen prosjekter, både for å tilegne oss kunnskap og for å få inspirasjon. Alle disse prosjektene er besøkt for å få et realistisk inntrykk. De tre første eksemplene går direkte på gjenbruk av industribygninger, med mange likhetstrekk som vår oppgave. Det fjerde eksempelet er et nesten nytt bygg som er prosjektert med tanke på ombruk og/eller gjenbruk. Tilslutt viser vi et av de største gjenbruksprosjektene som er gjennomført i Europa.

2.6.1 Union Scene, Drammen

Vi dro til Union Scene tidlig i masterperioden fordi vi hørte at dette var et godt gjenbrukseksempel. Bygget ligger langs Drammenselva, på samme måte som våre bygg ligger langs Skienselva. Union Scene er i utgangspunktet en papirfabrikk som i dag er bygget om til kultursenter. Fabrikkhallene har siden 1905 stadig blitt utviklet og påbygd i løpet av årene frem til nedleggelsen i 1989. Byggene er oppført i teglstein med etasjeskillere og takkonstruksjoner av tre.



Foto 3: Glassoverbygg i Union Scene. (Skårdal og Strand)

Ved besøket snakket vi med en rekke brukere av bygget. Alle var av den oppfatningen at dette bygget hadde sjarm og arkitektoniske kvaliteter man ikke ville funnet ved et nybygg. En av brukerne klagde imidlertid på kaldras fra vinduene mot elva. Dette er en vanlig problemstilling i denne typen bygg, derfor er det viktig å ta hensyn til dette.

Arne Finn Solli AS er arkitektfirmaet bak ombyggingen. Vi sendte en e-post og spurte om tankegangen bak ombyggingen:

”Et kjent prinsipp ved behandling av eldre bygninger er å føre dem tilbake til den tidsepoken som er best dokumentert i anlegget. I vårt tilfelle ble det fort klart at noen restaurering ikke var aktuelt. Det var vanskelig å finne en dominerende epoke siden alle hallene var reist til forskjellige tider gjennom en periode på nesten hundre år. Vi valgte derfor å betrakte bygningsmassen som ei ”historiebok” hvor hvert byggetrinn er et eget kapittel i beretningen, og hvor alle tidsepokene har like stor verdi. Tilbygg og endringer fra 50- 60- og 70 tallet er derfor like synlige som de opprinnelige konstruksjonene fra 1905 og forandringene som ble utført i mellomkrigstiden. På samme måte har vi valgt å utforme det som blir bygd i dag, som moderne konstruksjoner reist etter dagens idealer og med et moderne formspråk. Således fremstår de gamle, rustikke teglveggene i sterk kontrast til det moderne glassbyggets presise avslutninger. Gamle murvegger er reparert med ny stein og dårlige trekonstruksjoner skjøtt på med nytt treverk uten å skjule det faktum at dette er gjort i 2004. Slik sett blir dagens inngripen i anlegget dokumentert på lik linje med tidligere tiders endringer. Tiden går sin gang og ”historieboka” får stadig nye kapitler.” (Solli 2010)

Denne betraktningen synes vi var veldig interessant, særlig fordi industriområdet vi skal ta for oss også er bygget og endret i en periode på ca. 100 år. Vi har derfor valgt å følge samme tankegang i vårt prosjekt.

Videre spurte vi om utfordringer ved gjenbruk av denne typen bygg, og svaret var som forventet:

”En særlig utfordring har det vært å tilpasse alle de tekniske installasjoner som er påkrevd for å tilfredsstillende moderne krav til lyd, lys, akustikk, brann, varme og ventilasjon uten å forringe de 100 år gamle fabrikkhallenes arkitektoniske kvaliteter.”(Solli 2010)



Foto 4: Glass binder teglbyggene sammen. (Skårdal og Strand)

2.6.2 Kornsiloeene, Grünerløkka

Kornsiloen av betong ble bygget i 1953. Den er 53 meter høy og rager høyt over annen bebyggelse på Grünerløkka. Det er HRTP-arkitekter som har stått for den utfordrende omvandlingen fra kornsilos til studentboliger. I 2002 ble det tildelt Oslo bys Arkitekturpris, hvor temaet var omvandling og gjenbruk.

I en artikkel fra Aftenposten blir arkitekten intervjuet og får spørsmål om hva som har vært de største utfordringene:

”Annerledes utfordringer, svarer han og forteller at det faktum at bygningens form var gitt på forhånd, har gjort at man er kommet fram til nye, mer spennende og ofte uventede løsninger. - Vi har arbeidet mye med å få møblene til å fungere i de runde rommene. Det var ikke mulig å kjøpe ferdige møbler som passer, skyter Lovstad inn. Hun har derfor spesialdesignet alle siloens flatemøbler inkludert skap, bokhyller og benkeplater.” (Tidemann 2001)



Foto 5: Kornsiloeene. (Skårdal og Strand)

Selv om studentsiloen tilsynelatende ser vellykket ut har det vært en rekke problemer knyttet til vannlekkasjer. I 2008 ble det avdekket en rekke feil, og mange av leilighetene hadde så store problemer at de ikke var bebolige.

Direktør Tom Olstad i Studentboligene sa følgende til iOslo.no:

”Vi hadde noen fuktproblemer i tilknytning til toalett-cisterner. Disse er innebygd i veggen, og det er mye som tyder på at cisternene har hatt produksjons- eller konstruksjonsfeil. Disse har slått sprekker, og sakte men sikkert har det dryppet ut av disse sprekken. Muggpartiklene i luften var såpass konsentrert at det dessverre ikke var anbefalt å bo der. I tillegg til sprekker i toaletttopplegget i veggen, har ikke entreprenøren greid å legge tykk nok membran i samtlige bad.”(iOslo.no 2008)

Disse problemene har vært alvorlige for prosjektet, men har etter vår oppfatning ingenting knyttet direkte til gjenbruksproblematikk å gjøre. Derfor føler vi at dette i bunn og grunn er et vellykket prosjekt, som dessverre ble utsatt for dårlige tekniske løsninger og slurvete arbeid.

2.6.3 ”Værste”, Fredrikstad

”Værste” var opprinnelig et kallenavn befolkningen hadde på Fredrikstad Mekaniske Verksted på Kråkerøy i Fredrikstad. Navnet brukes fortsatt på tomtene og den gamle bebyggelsen som til sammen er over dobbelt så stort som Fredrikstad sentrum. Området har vært gjennom en transformasjon og fremstår i dag som en moderne og unik bydel.

Området består av både gamle og nye bygg, men det er gjenbruk av industrihallene vi valgte å se nærmere på. Mye av dette har blitt bygget om til nye Fredrikstad stadion.



Foto 6: Sammenkobling av eksisterende bebyggelse. (Skårdal og Strand)

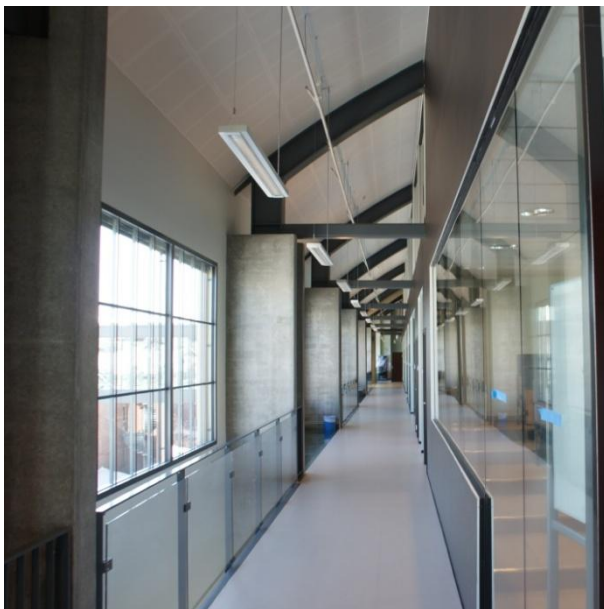


Foto 7: Eksisterende bærekonstruksjon kan være en utfordring. (Skårdal og Strand)

Vi kontaktet siv. arkitekt Sigridur Anna Eggertsdottir fra Griff Arkitektur AS, som har vært ansvarlig arkitekt, og spurte om utfordringer og erfaringer rundt hallene på ”Værste”:

”Det har vært en stor utfordring å få til en god løsning og funksjonssammenheng innenfor de gitte rammene som var hallenes opprinnelige form, spesielt også i høyden mht. siktlinjer og

vinkler på tribuneanlegget, opp i mot romhøyder og funksjoner innvendig, og optimalisering av konstruksjoner i forhold til dette. Et tribuneanlegg med adkomst utført som gjennomslag gjennom bygningen har også vært en utfordring i forhold til oppvarmet og uoppvarmet areal under tribunen og sammenhenger her. Det å utforme overganger mellom ny prefabrikkert struktur og eksisterende struktur med sine skjevheter og diverse avvik har vært en utfordring. Vi har benyttet 3D verktøy hovedsakelig for grov visualisering i dette prosjektet, og ser at det hadde vært mange fordeler ved at alle involverte i prosjekteringen hadde prosjektert i 3D.”(Eggertsdottir 2010)

Som en gjenganger får vi høre at utfordringer ligger i å få god løsning innenfor gitte rammer. Det samme ser vi gjelder varme/kulde problematikken. En utfordring vi ikke hadde tenkt på før vi snakket med Griff var kombinasjonen mellom eksisterende struktur og ny prefabrikkert struktur.

Hvordan et gammelt industriområde kan forvandles til fotballstadion:

”De gamle verftshallene på Værste skapte en unik mulighet for å lage et anlegg skreddersydd for Fredrikstad. Det viste seg at produksjonshallene sto med en innbyrdes avstand på 70m. Dette stemte med UEFA/FIFA krav til banebredde og ga mulighet for å etablere tribuner inne i de eksisterende hallene. Den korte avstanden til bysentrum på bare 400 m ga også en fantastisk mulighet til å veve stadion inn i byveven og utnytte både eksisterende infrastruktur og byens tilbud med serveringssteder og butikker. Nærheten til Vesterelva gir en flott ramme rundt anlegget og adkomsten til Stadion. Hovedadkomst er via ny gangbru fra Stortorvet i sentrum samt via kommende ny gang og kjørebru som lander like ved stadion. Det er også kommunale planer for utvidelse av fergetilbudet i byen slik at mye transport til anlegget kan foregå via vannveien. Siden området allerede var ferdig regulert ble det nødvendig med et større antall dispensasjoner fra gjeldende reguleringsplan både mht. utforming og plassering. Med smidighet fra Fredrikstad kommune og en klar strategi for å bevare de intensjoner som lå til grunn for opprinnelig plan ble det mulig å gå videre uten å måtte omregulere arealet.”(Eggertsdottir 2010)

Om konstruksjonen:

”Hovedkonstruksjoner er betong prefabelementer satt inn i og forankret i opprinnelige strukturer. Det var nødvendig med en utstrakt bruk av ny peling og fundamentering. Både pga begrenset mulighet for å få kontroll på beskaffenhet av tidligere peling men også pga. moderne krav til stabilitet og lastkriterier. Totalt 30.000 m med peler er gått med. Anlegget er det første store anlegget i Norge som ferdigstilles iht. de nye europeiske reglene for jordskjelv beskyttelse og dette ga store utfordringer med hensyn til avstiving av konstruksjonen. Pga. kravet til null søyler i siktsonen for tribunen var det ikke mulig å benytte opprinnelige

takkonstruksjoner så disse ble skiftet ut med en ny stålkonstruksjon. Består av en primær midtstilt romfagverksdrager som spenner 110 m mellom fireoppleggspunkter. Dette har gitt to midtstilte søyler på hver tribune men dette ble et minste felles multiplum for å kunne beholde et symmetrisk buetak.”(Eggertsdottir 2010)



2.6.4 Paviljong for ski VM 2011, Oslo

Vinteren 2009 stod den midlertidige paviljongen for ski VM 2011 ferdig. Den er tegnet av Snøhetta, og er plassert på 7. juniplassen utenfor utenriksdepartementet i Oslo. Bygget er et 2 etasjes massivtrebygg på ca. 250 kvm. Bygget skal plasseres på en duk for å hindre skader på underlaget, slik at bygningen enkelt kan monteres ned når bygget har gjort sin nytte.



Foto 8: VM-Paviljongen fra slottsparken (Skårdal og Strand)

”VM-Paviljongens funksjon skal endres over tid, og er inndelt i tre faser (Bjørkum 2008):

Fase 1: Oppkjøringsperioden. Paviljongen skal i 2009 markedsføre Ski-VM 2011, Oslo og Holmenkollen. Bygget skal være en arena for informasjon, utstillinger og aktiviteter.

Fase 2: 2010 er nedtellingsperiode. Det vil da være mer informasjon om, og større fokus på Ski-VM og Prøve-VM i mars 2010. Nedtelling, billettsalg, konkurranser etc.

Fase 3: er konkurranseperioden. Under selve mesterskapet skal paviljongen fungere som bykontor for Ski-VM, informasjonssenter og billettsalg. Det skal tilrettelegges for aktiviteter og feiring i Oslo sentrum.”

Allerede før bygget er oppført er det planlagt at funksjonen skal endres over tid. Bygget er et prefabrikkert byggesett som gir en rask og effektiv byggeprosess med minimalt med avfall. Det gir bygget en mobilitet som gjør at kun fantasien setter grenser for ny bruk. Det er lagt opp til en fleksibel planløsning som gir en generalitet de færreste bygg har i dag.



Foto 9: VM-Paviljongen sett fra utenriksdepartementet. (Skårdal og Strand)

Hver bygningsdel kan settes opp separat eller samlet, og kan anvendes til nye formål. På tross av dette har Snøhetta klart å skape et vakkert og unikt bygg.

Av teknisk utstyr som er verdt å merke seg, er heisen et flott eksempel. Den er av typen ”TKS apollo” som er plassbesparende og gir nye muligheter til arkitektoniske utforminger. Den krever ikke eget maskinrom eller heissjakt, og kan derfor enkelt flyttes og ombrukes.

Dette er virkelig et prosjekt byggebransjen bør beundre og hente inspirasjon fra.



Foto 10: Demonterbar heis inkludert i interiøret. (Skårdal og Strand)

2.6.5 Tate Modern, London

Bygningen som i dag er Tate Modern ble opprinnelig bygget som kraftverk mellom 1947 og 1963, og fungerte som det frem til 1981. Arkitekten bak var Sir Giles Gilbert Scott som blant annet er kjent for de røde telefonkioskene.

Tate er en institusjon som bevarer og stiller ut Englands nasjonale samling av britisk kunst og internasjonal moderne kunst. På slutten av 1980-tallet hadde institusjonen behov for mer plass til kunsten sin. De så seg om etter aktuelle tomter hvor det kunne bygges et nytt museum, eller eksisterende bygninger som kunne transformeres. Valget falt på det da nedlagte kraftverket på sørsiden av Themsen. Det ble utlyst en arkitektkonkurranse som ble vunnet av sveitserne Herzog og de Meuron. Deres konsept gikk ut på å bevare bygningen slik som den hadde vært utvendig, og bygge på to etasjer med glassfasader på toppen. I 2000 ble Tate Modern åpnet som Storbritannias nasjonale museum for moderne kunst.

Det transformerte kraftverket fremstår i dag som en topp moderne bygning. Utvendig ser den store bygningen mørk og trist ut, men innvendig er det forbløffende lyst. Dette har man fått til med kreative vindusplasseringer, fargebruk og kunstig belysning. I første etasje er den store turbinhallen bevart. Dette gir et røft industrielt uttrykk og gir plass for store utstillingsobjekter. Hver av etasjene inneholder utstillinger. Fornuftig plasserte trapper og rulletrapper sørger for en effektiv transport av mennesker mellom etasjene.



Foto 11: Innvendig i Tate Modern, det hentes lys inn fra den store turbinhallen. (Skårdal og Strand)

Transformasjonen av det gamle kraftverket har skapt nye arbeidsplasser og gitt et nytt liv i denne delen av London. Museet har blitt knyttet sammen med resten av London med The Millennium Bridge som spenner over Themsen.

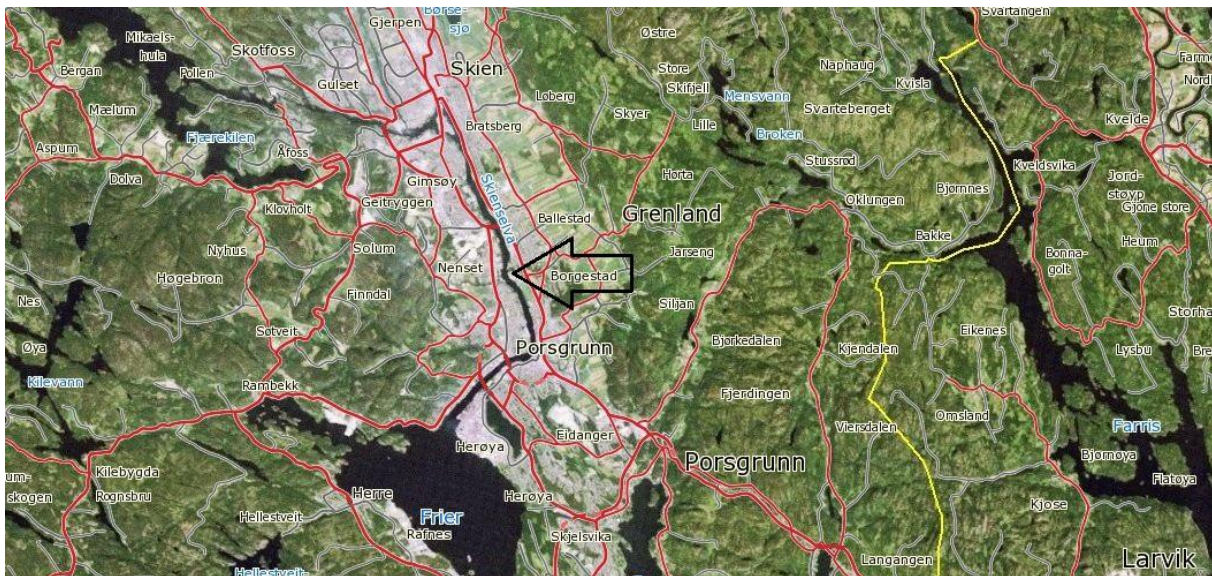


Foto 12: Tate Modern sett fra Millennium Bridge. (Skårdal og Strand)

Del 3: Forslag til ombygning av casebygg

3.1 Utgangspunkt

Borgestad ligger sentralt i Grenland, som er Norges femte største byområde. Våre respektive bygg ligger vakkert til på en halvøy i telemarksvassdraget midt mellom Porsgrunn og Skien. Bygningsmassen ligger ca. 2 meter over elvas middelvannstand og på det nærmeste ca. 10 meter fra elvebredden. Beliggenheten har stor estetisk verdi og i tillegg store energiressursmessige fordeler. Elva kan blant annet brukes til oppvarming, kjøling og til kraftutvinning. Samtidig ligger det noen utfordringer ved å bygge og drifte et bygg så nærme et vassdrag.



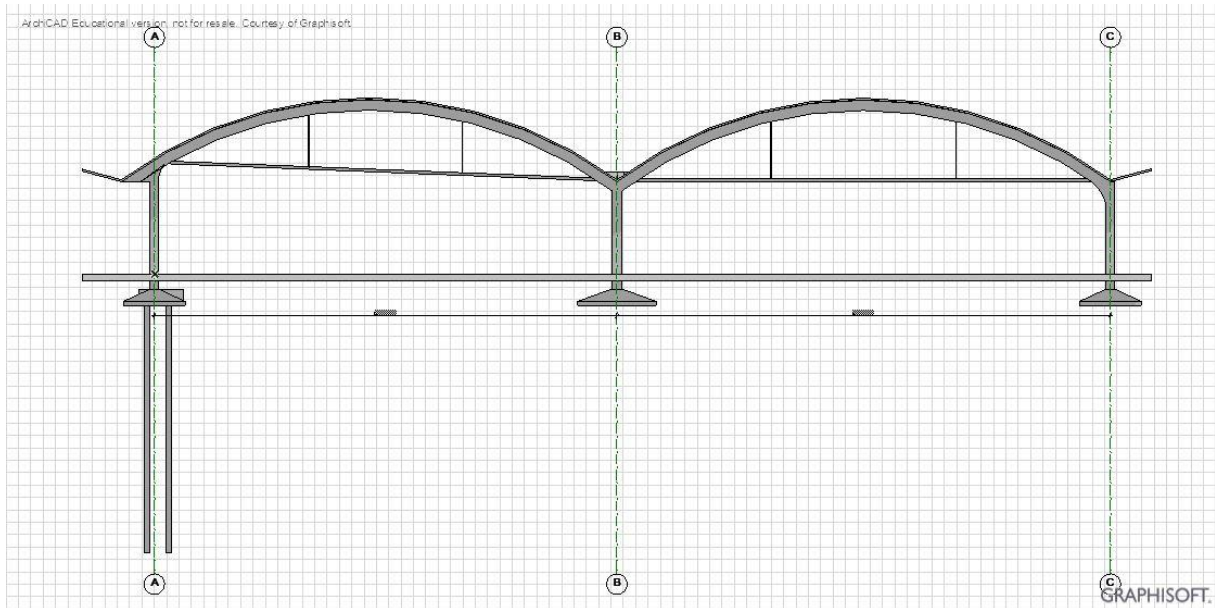
Figur 12: Pilen viser hvor Borgestad ligger i forhold til Porsgrunn og Skien.



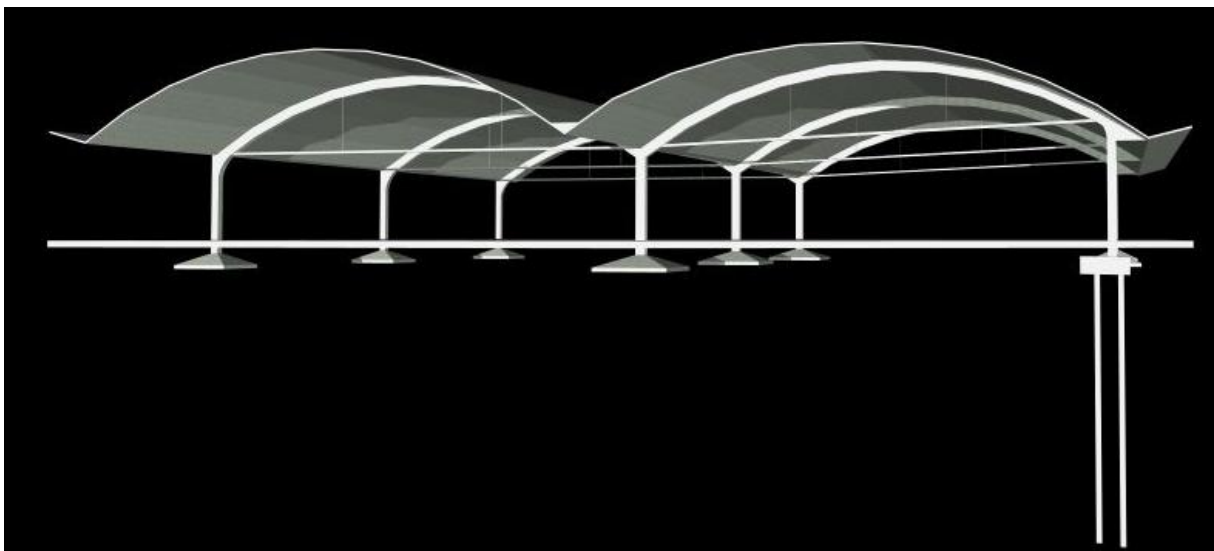
Figur 13: Pilen viser hvor på Borgestad byggene ligger. (Fjelddalen 2005)

3.1.1 Eksisterende arkitektur

For å få et klart bilde av hvordan casebygningene er bygget opp, valgte vi å tegne disse opp på nytt. Dette gjorde vi på bakgrunn av gamle tegninger og egne oppmålinger. For ferdigvarelageret har vi god kontroll på hvordan hele bygget er prosjektert og utført, alt fra fundamentene til dimensjonene for hvert enkelt armeringsjern. I Verket vet vi hvordan vegger og tak er utført, men vi har ikke kjennskap til hvordan dette bygget er fundamentert. Figur 14 – 16 og foto 13, viser fasadene til de to byggene på bakgrunn av våre opptegninger i ArchiCad og bilder vi har tatt på området.



Figur 14: Fotorendring av Ferdigvarelageret, østfasade. (Skårdal og Strand)



Figur 15: Fotorendring av Ferdigvarelageret fra elvesiden. (Skårdal og Strand)



Foto 13: Fasadene på Verket. (Skårdal og Strand)



Figur 16: Fotorendring av Verket. (Skårdal og Strand)

3.1.2 Tilstand for byggene

Ferdigvarelageret:

Ferdigvarelageret er i relativt god stand alderen tatt i betraktning. Både betongskallet og søylene har lite sår og overflatene er fine. Konstruksjonen må sannsynligvis forsterkes fordi den kun er dimensjonert for $1,5 \text{ kN/m}^2$ snølast.

Kommunen og Borgestad Næringspark har et ønske om å bevare uttrykket til bygget ved den karakteristiske bueformen med kinavipp, ellers er det ikke noen spesielle hensyn å ta.

Verket:

Verket er et lappverk med tanke på konstruksjon og fasader. Konstruksjonen har ulike søyledimensjoner, og ser ut til å ha fått usystematiske utbedringer opp gjennom tiden. Takkonstruksjonen er dimensjonert for $2,0 \text{ kN/m}^2$ og trenger sannsynligvis forsterkning.



Foto 14: Illustrerer skadene som er på teglveggen. (Skårdal og Strand)

Østveggen og en liten del av nordveggen har fått erstattet opprinnelig teglmur med en brystning av mur med sandwichelementer opp til taket. Ellers har fasadene en rekke skader i form av sprekker i fugene, slik vi kan se av foto 14. Fasadene har fått murt igjen tidligere åpninger og er av den grunn ikke spesielt vakker å se på. I tillegg er teglsteinen tilgriset og ujevn i fargemønsteret.

Kommunen og Borgestad Næringspark har et ønske om at fasaden mot elva i størst mulig grad skal bevares og tilbakeføres til det opprinnelige. Dette vil i hovedsak dreie seg om å åpne opp gjenmurte lysåpninger, og bevare eksisterende teglstein.

3.1.3 Grunnforhold

Langs vassdraget fra Skien til Porsgrunn finnes det en rekke potensielt skredfarlige kvikkleiresoner. Odd Gregersen har skrevet en rapport for Norges geotekniske institutt: ”Program for økt sikkerhet mot Leirskred, Evaluering av risiko for kvikkleireskred Skien kommune”, hvor han har foretatt en evaluering av risiko for leirskred i Skien kommune. Borgestadjordet ligger bare noen hundre meter lenger syd på samme side av elva og har blitt merket som et området med middels risiko for leirskred. Områdene Tollnes og Bugta på motsatt side av elva, har fått lav skredfareklasse.

Tabell over kvikkleiresoner i Skien kommune

ID	Faresone	Skredfare-klasse	Skredkonsekvens-klasse	Skredrisiko-klasse
48	Gråtenmoen	Lav	Meget alvorlig	3
49	Goberg	Lav	Meget alvorlig	3
51	Bugta	Lav	Meget alvorlig	2
52	Tollnes	Lav	Meget alvorlig	1
53	Stadion	Lav	Alvorlig	2
55	Follestad	Lav	Alvorlig	3
56	Bøle	Middels	Meget alvorlig	5
57	Borgestadjordet	Middels	Mindre alvorlig	3
673	Riple	Middels	Mindre alvorlig	1
674	Røra	Middels	Alvorlig	3
675	Melpall	Lav	Alvorlig	3
676	Stokkan	Lav	Mindre alvorlig	2
677	Hustveit	Lav	Alvorlig	3
678	Dolva Syd	Middels	Mindre alvorlig	2
679	Dolva	Middels	Mindre alvorlig	2
680	Kåsene	Middels	Mindre alvorlig	2
681	Strømstad	Lav	Mindre alvorlig	2
682	Mælum	Lav	Alvorlig	3
683	Hauklia	Lav	Alvorlig	3
684	Bergan	Lav	Alvorlig	3
685	Siljan	Lav	Alvorlig	3
686	Svea	Lav	Mindre alvorlig	2
687	Bruset	Lav	Alvorlig	3
688	Falkum	Lav	Alvorlig	2
689	Gulset	Lav	Alvorlig	3
690	Søndre Hyni	Lav	Alvorlig	2
691	Lundedalen	Lav	Meget alvorlig	1
692	Kverndalen	Lav	Meget alvorlig	1
693	Meen	Middels	Alvorlig	3
694	Riis	Høy	Alvorlig	3
697	Sandi	Høy	Alvorlig	4
698	Søndre Bjørntvedt	Lav	Alvorlig	2
699	Kongerød	Lav	Alvorlig	2
700	Klyve	Lav	Alvorlig	2
701	Ånnerød	Middels	Mindre alvorlig	2
1039	Lensmannsdalen sør	Middels	Alvorlig	3



Tegnforklaring

Faregrad

- Lav
- Middels
- Høy

Figur 17: Skredutsatte områder i Skien kommune. (Gregersen 2005)

Dette betyr at våre bygg ikke ligger i noen faresone, men allikevel i et utsatt område. Dette sier rapporten om områder utenfor faresonene:

”Det skal gjøres oppmerksom på at det kan finnes skredfarlige kvikkleireområder også utenfor de angitte faresonene. Faresonene er resultat av en regional kartlegging og har først og fremst hatt som mål å lokalisere og klassifisere områder hvor det kan være fare for store skred. Det er derfor alltid nødvendig at forekomster av kvikkleire kartlegges og skredfare vurderes ved inngrep i områder med marin leire. Dersom kvikkleire blir påvist og topografien tilsier at skredfare kan være tilstede, anbefales at de samme krav legges til grunn for den geotekniske prosjekteringen som ved byggevirksomhet innenfor faresoner.”

3.1.4 Klimatiske forhold Borgestad



Foto 15: Våre to bygg sett fra motsatt side av elven. (Skårdal og Strand)

Snølast

Karakteristisk snølast på mark er 4 kN/m^2

Vind

Refereansevindhastigheten, v_{REF} , er 22 m/s

Det er ikke ført statistikk over vindretning og vindhastighet i Skien så derfor har vi ikke kunnet undersøke dette nærmere. ”I vår statistikk er Grenland et sort hull”, sier førstekonsulent, Stein Kristiansen, ved Meteorologisk Institutt til Porsgrunns Dagblad 06.01.2010.

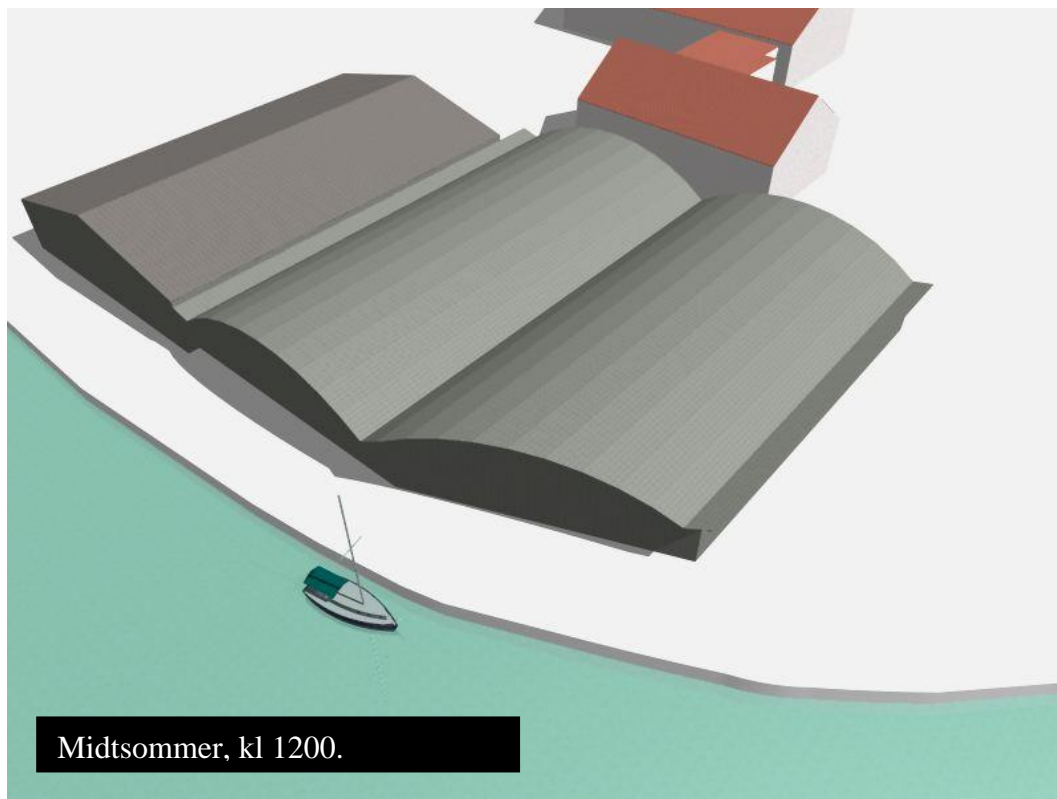
For planlegging av utearealene hadde det vært gunstig å hatt statistikk over dominerende vindretning.

Sol

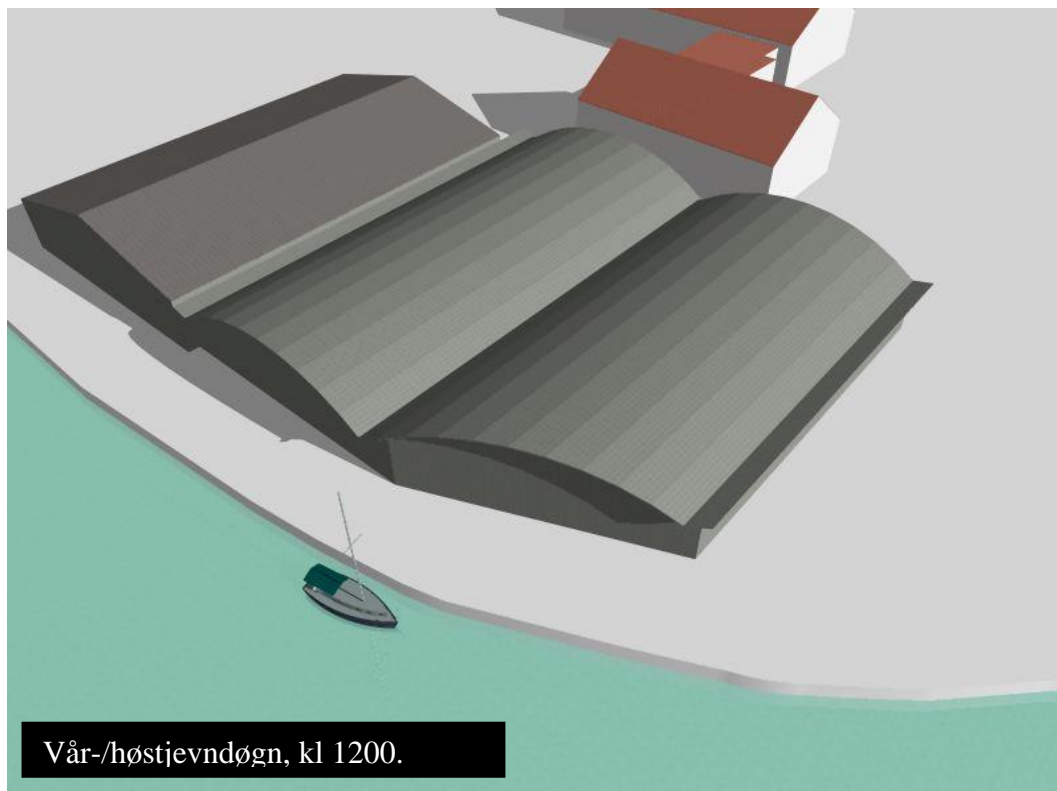
Solforholdene er generelt sett veldig gode, og tomte har få eller ingen topografiske hindringer eller omkringliggende bygninger som kaster skygger. Solinnstrålingen for området er også bra. Perpetum energi og miljø AS sier følgende om innstråling og intensitet:

”Den årlige solinnstrålingen i Skien-distriktet er i området 1100 kWh/m^2 pr. år, og på en god skyfri junidag omlag $8,5 \text{ kWh/m}^2$ pr. dag, mens det en overskyet vinterdag kan være helt nede i $0,02 \text{ kWh/m}^2$ pr.dag. Intensiteten i solvarmen varierer fra om lag 1000 W/m^2 til nær null.” (Perpetum Energi og Miljø AS 2005)

Figur 18 og 19, viser hvordan solforholdene er på området ved gitte klokkeslett og datoer.



Figur 18: Solforhold midtsommers kl 1200. (Skårdal og Strand)



Figur 19: Solforhold vår-/høstjevndøgn kl 1200. (Skårdal og Strand)

3.1.5 Flom

Flom er en trussel man alltid må ta hensyn til for bebyggelse som ligger nærheten av, eller i lav høyde over vassdrag. Selv elver med tilsynelatende stabil vannføring vil før eller siden få økt vannføring som kan føre til flom og problemer i nærliggende områder.

Norges Vassdrags- og Energidirektorat har utarbeidet flomsonekart for Skiensvassdraget. Fra dette kartet ser vi at bygningsmassen på Borgestad Næringspark ligger mellom tverrprofilnummer 9 og 10. Avstanden fra sjøen er 4000 meter. Allerede ved en 10 års flom vil våre bygg kunne oversvømmes. Kartene bør brukes til å utrede arealbruk og flomtiltak på området.

”Skiensvassdraget er regulert. Det er forutsatt at reguleringene demper de mindre og mellomstore flommene i vassdraget, men når de største flommene opptrer, slik som 100-årsflom og større, har reguleringene liten dempingeffekt.” (Stokseth. Nie. Øydivin 2004)



Foto 16: Viser flommen i 1927, her ved langbryggene i Skien som ligger ca. 5 km lenger opp i elva. (Telemarksbilder 2010)

3.2 Ny arkitektur



Figur 20: Verket og Ferdigvarelageret plassert på et 2D kart for området. (Skårdal og Strand)



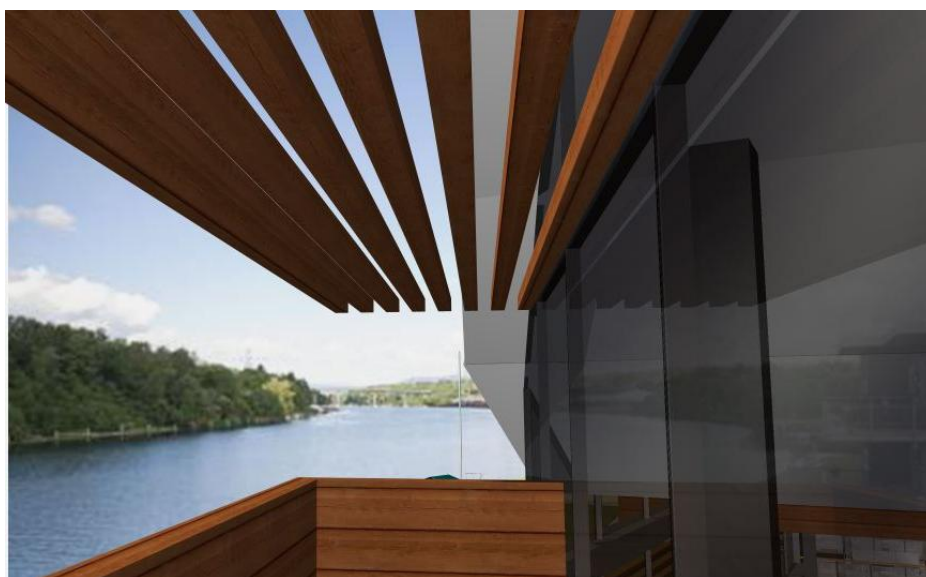
Figur 21: Verket og Ferdigvarelageret sett fra elven. (Skårdal og Strand)



Figur 22: Verket sett fra nordvest. Ferdigvarelageret ved siden av. (Skårdal og Strand)



Figur 23: Verket og Ferdigvarelageret sett i fugleperspektiv fra øst. (Skårdal og Strand)



Figur 24: Utsikten oppover elva fra balkongen til Ferdigvarelageret. (Skårdal og Strand)

3.2.1 Ferdigvarelageret



Figur 25: Ferdigvarelageret sett fra sydøst. (Skårdal og Strand)

Romprogrammet for Ferdigvarelageret er her presentert i tabell 1. Ombyggingen er gjort på en slik måte at endringer etter ønsker og behov vil være lett å gjennomføre. Her er et eksempel på hvordan det kan gjøres ved å dele inn til 4 ulike kontorsoner:

Romprogram

Sone	Innhold	Areal	Kommentar
Kontor 1	Samlet areal	603,9 m ²	
	Åpent kontorlandskap		10-15 plasser ved vinduene på østveggen.
	Cellekontorer		20 cellekontorer
	Møterom		2 møterom med plass til 6 og 10 personer.
	Tekjokken		Kjøkken med sitteplass til 20 personer.
	Gang-/vrimleplass		
	Kopi og arkivrom		Kopimaskiner, printere osv.
Kontor 2	Samlet areal	539,8 m ²	
	Åpent kontorlandskap		Opptil 24 plasser ved vinduene på sørveggen.
	Cellekontorer		10 cellekontorer
	Møterom		Møterom med plass til 10 personer
	Tekjokken		Kjøkken med sitteplass til 18 personer.
	Gang-/vrimleareal		
	Kopi og arkivrom		Kopimaskiner, printere osv.
Kontor 3	Samlet areal	591,2 m ²	
	Åpent kontorlandskap		28-35 plasser
	Cellekontorer		3 cellekontorer
	Møterom		Møterom med plass til 10 personer.
	Gang-/vrimleareal		
	Kopi og arkivrom		Kopimaskiner, printere osv.

Sone	Innhold	Areal	Kommentar
Kontor 4	Samlet areal	598,3 m ²	
	Åpent kontorlandskap		34-40 plasser
	Cellekontorer		8 cellekontorer
	Møterom		Møterom med plass til 10 personer
	Gang-/vringleareal		
	Kopi og arkivrom		Kopimaskiner, printere osv.
Fellesareal 1. etg	Kantine	341,5 m ²	Bord med stoler til 96 personer, sofagrunder og benker til 20 personer.
	Kantinekjøkken	23,1 m ²	Kjøkken for å tilberede måltider.
	Korridor	179,7 m ²	Korridor i midten med trapper og heis.
	Auditorium	78,7 m ²	Auditorium med 45 sitteplasser med stigning.
	Resepsjon, vringleareal, trapp/heis og hovedinngang.	190,7 m ²	Resepsjonsdisk og sitteplasser.
	Resepsjonskontor	20,9 m ²	
	Vaskekott	9,4 m ²	
Dusj		15,2 m ²	Til sammen 4 dusjer
Toaletter	Herre/kvinne	60,1 m ²	10 toaletter + 1 handicap toalett
Teknisk rom		150,8 m ²	Ventilasjon, varmpumpe/kjølemaskin, tavlerom for begge bygningene.
Fellesareal 2. etg	Mesaniner	145,1 m ²	
	Møterom	76,8 m ²	
	Diverse teknisk	55,7 m ²	

Tabell 1: Romprogram for Ferdigvarelageret. (Skårdal og Strand)

Ferdigvarelageret var prosjektert som en lagerhall for lagring av blant annet teglstein. Dr. Techn. Olav Olsen hadde nok neppe i tankene under prosjekteringen, at dette en gang i fremtiden skulle omvandles til næringsbygg eller annet lignende formål. Nettopp derfor har utfordringene vært flere. På grunn av buene og deres lave takhøyde har det ikke vært mulig å prosjektere to etasjer hele veien. Buene har i tillegg strekkbånd som ligger høyere enn naturlig etasjehøyde som har ført til enda en utfordring med å bygge en andre etasje. Mot nord ligger Verket vegg-i-vegg, så mulighetene til å hente inn lys er begrenset til de andre veggene.

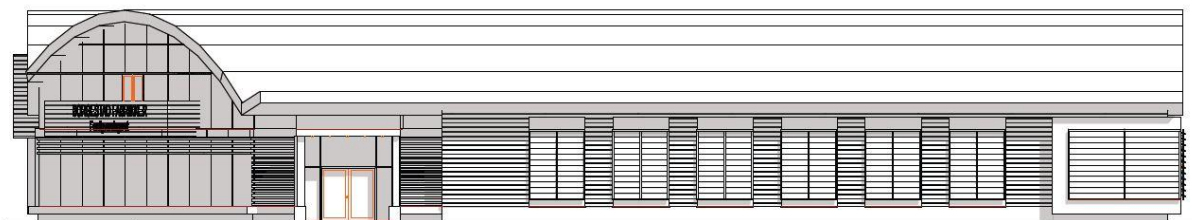
Til tross for store utfordringer har det også vært unike muligheter til å skape noe flott. Beliggenheten er som kjent praktfull med utsikt mot elva fra to sider. Sola skinner på bygget hele dagen, uten annen bebyggelse eller vegetasjon som kaster skygge.



Figur 26: Bygget sett fra sør. (Skårdal og Strand)

Buene med sin karakteristiske vipp er ganske unik, og bygget i sin helhet representerer byggeskikk og materialbruk for tidsepoken. Denne tidsepoken har ofte vært utskjelt arkitektonisk sett, og det har derfor vært spennende å skape noe nytt, samtidig som elementene fra tiden har blitt bevart.

Mot elva var det både nødvendig og naturlig med mye glass i fasaden. Dette fordi det er omtrent eneste måte for å gi lys til 2. etasje, og også videre innover i lokalet. I tillegg er det god utsikt og det bidrar til at buene kommer til sin rett uten noen tunge elementer som stjeler oppmerksomheten. Takutstikket er 90 cm. Det er bygget en 60 cm høy brytning med et utspring som glassveggen er plassert på. Dette gir glassveggen en flott innramming og glassfasaden blir litt redusert. Glassfasaden går langs hele vestveggen og litt inn på sørveggen forbi inngangspartiet. Her er det tenkt at utvendige screens kan brukes som solavskjerming.



Figur 27: Sydfasaden. (Skårdal og Strand)

Sørveggen er trukket 110 cm inn under vippet, noe som gjør at vippet kommer tydelig frem og kan fungere som beskyttelse mot sol og slagregn. Der glassveggen slutter starter en bindingsverkvegg med mørk trekledning. Veggene har seks store vinduer med utvendige persiener. På hjørnet mellom sørveggen og østveggen er det en boks som bryter den slette sørveggen og henter inn lys fra morgenen av. Den er kledd med mørke fibersementplater som man finner igjen under og over vinduene ellers på bygget.

Østveggen har samme type vegg som sørveggen, med tilsvarende vinduer i første etasje og noe mindre vinduer i 2. etasje. På midten av denne vegg er det et glassparti med alternativ inngang som danner en lyskorridor gjennom hele bygget.



Figur 28: Sydøstfasaden. (Skårdal og Strand)

Nordveggen til Ferdigvarelageret, er sørveggen til Verket. Store deler av denne vil aldri være synlig på grunn av at det tekniske rommet skal ligge langs denne. Det er kun den vestre delen som vil være synlig og her er døren som er bindeleddet mellom byggene. Her er teglsteinen hvitmalt og tar seg godt ut.

Figur 29, 30 og 31 viser 3D plantegning for første og andre etasje samt et 3D snitt for det forslaget vi har laget for Verket.

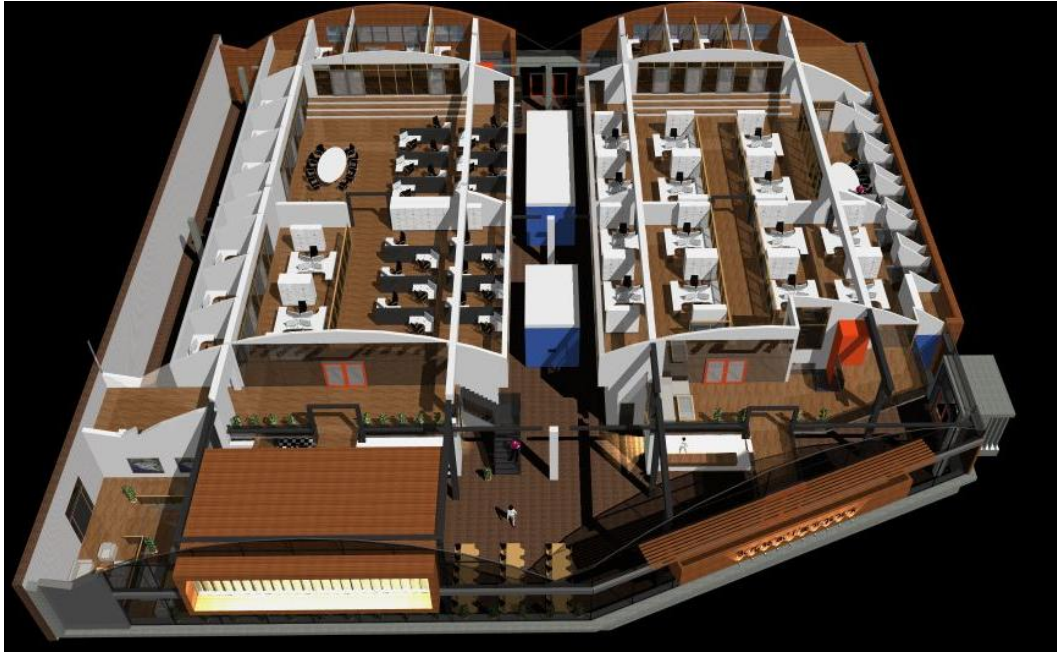


Figur 29: Plan over første etasje i det sydlige skallet. (Skårdal og Strand)



Figur 30: Plan over første etasje i det nordlige skallet. (Skårdal og Strand)

Hovedinngangen er som nevnt på sørveggen lengst ut mot elva. Her kommer man inn i et rom som strekker seg langs hele vestveggen og inn langs midten av bygget ut til østveggen. Dette er fellesarealet hvor man finner toaletter, heiser, trapper og restaurant/kafeteria. På gulvet i disse arealene er det tenkt at det skal brukes teglstein fra et bygg, som ble revet på området for noen år siden. Dette vil gi et lunt og historisk særpreget i fellesarealene. Både resepsjonen og kafeteriaen ligger mot vest, og får dermed panoramautsikt over elva.



Figur 31: 3d plan over andre etasje. (Skårdal og Strand)

Bygget er delt inn i fire ulike kontorer som igjen kan deles opp i mindre enheter. Hvert kontorlokale har både cellekontorer, åpent kontorlandskap, grupperom, vrimleplasser og tekjøkken. Ellers er det et auditorium ved den alternative inngangen på østveggen. Dette kan leies ut eller brukes internt til kurs og lignende.



Figur 32: Utsikt fra møterom i boksen. (Skårdal og Strand)

På vestveggen i den nederste buen, er det en balkong som gir utsikt sørover. I den øverste buen er det en boks som er tenkt som møterom. Her er det glass fra gulv til tak, som vil gi en flott opplevelse å være inne i.



Figur 33: Glassgulv i etasjeskilleren for å slippe inn lys fra sydfasaden til andre etasje. (Skårdal og Strand)



Figur 34: Snitt av det sydlige skallet. (Skårdal og Strand)

Figur 34 viser snittet av det sydlige skallet. I den østre delen vises det hvordan etasjeskilleren ligger høyere for ikke å komme i konflikt med strekkbånd. Strekkbåndet ligger her i etasjeskilleren. Dette gjør at rommet i andre etasje blir mindre, mens takhøyden i første etasje blir høyere. Dette er gunstig siden auditoriumet har stolrekker som er trappet oppover.



Figur 35: Kantineområdet. (Skårdal og Strand)

3.2.2 Verket



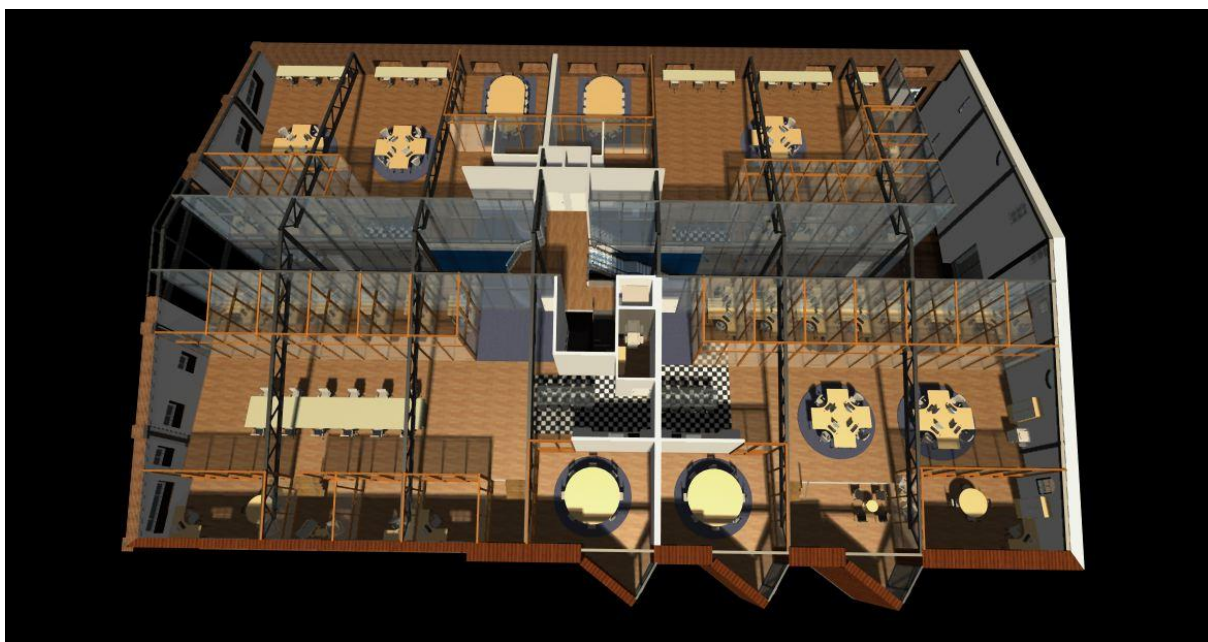
Figur 36: Verket. (Skårdal og Strand)

Verket er et gammelt produksjonslokale bygget i teglstein fra 1890. Vi ønsker å bygge om Verket til et kontorbygg med en fleksibel romløsning. Vi har basert vårt forslag på nettopp dette. Verket blir delt inn i totalt åtte kontorlokaler. Det er mulig å slå disse sammen to og to, slik at man får fire kontorlokaler, alt etter leietakers behov. Det blir en felles resepsjon ved inngangen, denne skal betjene alle leietakerne i bygget. Det er fullt mulig å endre planløsningen dersom man ønsker det. På grunn av brannhensyn og krav til rømning av bygget vil det være en fordel å sprinkle hele bygget. Da sikrer man at man står så fritt som mulig til å endre planløsningen.

Figur 37, 38 og 39 viser 3D plantegning for første og andre etasje samt et 3D snitt for det forslaget vi har laget for Verket. Tabell 2 viser vårt forslag til romprogram.



Figur 37: Plantegning av første etasje i Verket. (Skårdal og Strand)



Figur 38: Plantegning av andre etasje i Verket. (Skårdal og Strand)



Figur 39: 3D snitt av Verket. (Skårdal og Strand)

Romprogram

Sone	Innhold	Areal	Kommentar
Kontor 1	Samlet areal	214,5 m ²	
	Åpent kontorlandskap		10 arbeidsplasser
	Cellekontorer		8 cellekontorer
	Møterom		20 møtedeltakere
	Tekjøkken		Kjøkkenkrok med sitteplass til 10 personer
	Gang-/vrimleplass		
	Kopi og arkivrom		Kopimaskin og hylleplass til arkiv
Kontor 2	Samlet areal	280,2 m ²	
	Åpent kontorlandskap		12 arbeidsplasser
	Cellekontorer		11 cellekontorer
	Møterom		20 møtedeltakere
	Tekjøkken		Kjøkkenkrok med sitteplass til 10 personer
	Gang-/vrimleplass		
	Kopi og arkivrom		Kopimaskin og hylleplass til arkiv
Kontor 3	Samlet areal	189,5 m ²	
	Åpent kontorlandskap		6 arbeidsplasser
	Cellekontorer		7 cellekontorer
	Møterom		18 møtedeltakere
	Tekjøkken		Kjøkkenkrok med sitteplass til 10 personer
	Gang-/vrimleareal		
	Kopi og arkivrom		Kopimaskin og hylleplass til arkiv
Kontor 4	Samlet areal	215,0 m ²	
	Åpent kontorlandskap		10 arbeidsplasser
	Cellekontorer		9 cellekontorer
	Møterom		18 møtedeltakere
	Tekjøkken		Kjøkkenkrok med sitteplass til 8 personer
	Gang-/vrimleareal		
	Kopi og arkivrom		Kopimaskin og hylleplass til arkiv
Kontor 5	Samlet areal	238,6 m ²	
	Åpent kontorlandskap		8 arbeidsplasser
	Cellekontorer		8 cellekontorer
	Møterom		8 møtedeltakere
	Tekjøkken		Kjøkkenkrok med sitteplass til 10 personer
	Gang-/vrimleareal		
	Kopi og arkivrom		Kopimaskin og hylleplass til arkiv

Sone	Innhold	Areal	Kommentar
Kontor 6	Samlet areal	280,2 m ²	
	Åpent kontorlandskap		12 arbeidsplasser
	Cellekontorer		9 cellekontorer
	Møterom		8 møtedeltakere
	Tekjøkken		Kjøkkenkrok med sitteplass til 10 personer
	Gang-/vrimleareal		
	Kopi og arkivrom		Kopimaskin og hylleplass til arkiv
Kontor 7	Samlet areal	212,5 m ²	
	Åpent kontorlandskap		14 arbeidsplasser
	Cellekontorer		3 cellekontorer
	Møterom		18 møtedeltakere
	Tekjøkken		Kjøkkenkrok med sitteplass til 5 personer
	Gang-/vrimleareal		
Kontor 8	Samlet areal	237,5 m ²	
	Åpent kontorlandskap		11 arbeidsplasser
	Cellekontorer		5 cellekontorer
	Møterom		18 møtedeltakere
	Tekjøkken		Kjøkkenkrok med sitteplass til 5 personer
	Gang-/vrimleareal		
Fellesarealer	Samlet areal	341,5 m ²	
	Resepsjon	11,9 m ²	Resepsjon og fellestjenester til kontorene
	Korridor	270,8 m ²	Felles gangarealer
	Toaletter, herrer	17,5 m ²	3 toaletter, 2 urinaler
	Toaletter, damer	20,0 m ²	5 toaletter
	Toaletter, handicap	5,5 m ²	1 handicap toalett
	Garderobe, herrer	7,9 m ²	Omkledningsrom og 2 dusjer
Garderobe, damer	7,9 m ²	Omkledningsrom og 2 dusjer	

Tabell 2: Romprogram for Verket. (Skårdal og Strand)

Siden sydveggen til Verket grenser mot Ferdigvarelageret så har det vært utfordrende å få nok lys inn i bygget. Vi har løst dette ved å lage en midtkorridor som slipper inn lys i hver ende. Alle kontorlokalene har glassvegg mot denne midtkorridoren, for å gjøre kontorlokalene så lyse og trivelige som mulig.

Lav etasjehøyde ut mot langveggene, i kombinasjon med synlige fagverksdragere har vært spesielt utfordrende med andre etasje. Løsningen har blitt å "senke" den ytterste delen av andre etasje mot nord. Mot syd har vi benyttet plassen ut mot langveggen til åpent kontorlandskap, slik at ikke for lav takhøyde blir et problem.

Veggene i Verket er bygget av teglstein. Vi ønsker å bevare teglsteinsveggene best mulig, slik at det opprinnelige uttrykket bevares. Dette er utfordrende da det er vanskelig å oppnå lav U-verdi ved innvendig etterisolering av teglsteinsvegger. Grunnen til det er at det oppstår fare for fuktskader i veggene eller frostsprengning i teglsteinen dersom man etterisolerer innvendig med for stor isolasjonstykkelse. Vi har derfor kommet frem til at det kun er teglfasaden mot elva, altså vest, som etterisoleres innvendig og dermed får opprinnelig teglstein synlig fra utsiden. Nordfasaden bygges som bindingsverksvegg utenpå den



eksisterende teglsteinsveggen, med ny trekledning. Det blir dermed synlig teglstein innvendig mot kontorene, noe som gir et gammelt og røft preg på lokalene. Mot øst vil vi fjerne den eksisterende veggen av sandwichelementer, og bygge opp denne som en bindingsverksvegg forblendet med teglstein. Sydfasaden vender mot Ferdigvarelageret. Denne beholdes som en synlig teglvegg innvendig, men den delen av veggen som er eksponert for uteklimatetterisoleres utvendig på lik linje som nordveggen.



Figur 40: Verket. (Skårdal og Strand)



Figur 41: Verket. (Skårdal og Strand)

Vestfasaden blir værende veldig lik slik den alltid har vært. Av vinduene på figur 42 er det kun de tre rektangulære vinduene øverst på gavlveggen, og det runde vinduet oppe til høyre som er der pr. dags dato. De andre vinduene er gjenmurte, men det finnes spor av disse. Vi ønsker at gjenmurte åpninger åpnes opp igjen og brukes til vinduer. Inngangspartiet blir moderne i glass, i sterk kontrast til resten av fasaden. Til venstre på figuren kan vi se et av totalt tre glassarealer på nordveggen som brukes for å hente lys inn i kontorlokalene.



Figur 42: Vestfasaden til Verket. (Skårdal og Strand)

I 1990 fikk Verket nytt tak og bæresystem bestående av fagverksdragere. Vi ønsker å beholde fagverksdragerne slik at disse blir synlige innvendig. Dette gir lokalene et røft industrielt preg. Taket bygges opp som et nytt tak oppå det eksisterende. Det blir lysåpninger i taket for å slippe inn mest mulig lys i midtkorridoren, som for øvrig fungerer som en trafikkåre i bygningen.



Figur 43: Fra resepsjonen i Verket. (Skårdal og Strand)

3.3 Eksisterende bæresystem i Ferdigvarelageret

Ferdigvarelageret er et såkalt enkeltkrumt skall av betong som bæres oppe av totalt ni betongsøyler. Skallkonstruksjoner kjennetegnes ved at tykkelsen t er liten i forhold til dimensjonene i de andre retningene. Dimensjonering av slike konstruksjoner resulterer i kompliserte differensialligninger som er vanskelig å løse selv etter forenklinger.

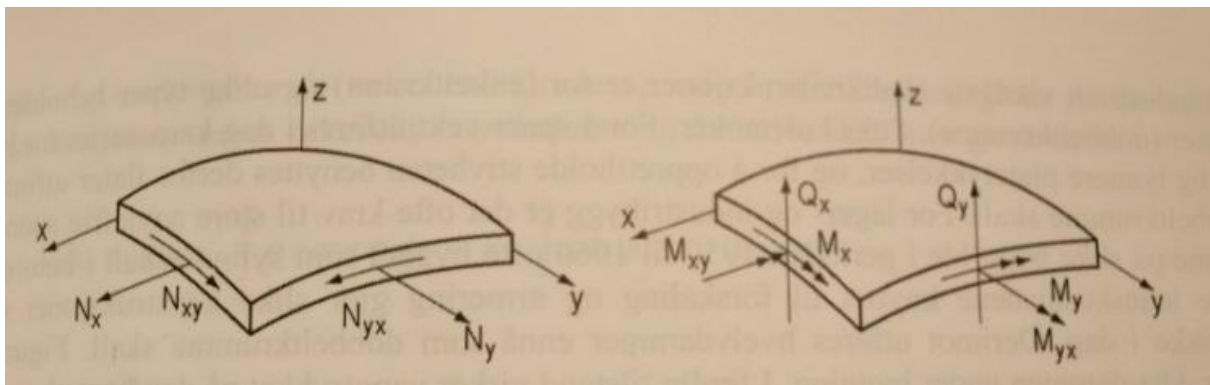
Klassisk skallteori er stort sett knyttet til tynne skall:

$$\frac{t}{R} < \frac{1}{20}$$

hvor *Kirchhoff* hypotese ligger til grunn.

Figur 44: Betingelse for tynne skall. Skallets tykkelse dividert på radius skal være mindre enn forholdet 1 dividert på 20. (Skeie 2007)

”Skallets bærevirking består av en membrantilstand med spenningsresultater N_x , N_y , N_{xy} , og en bøyetilstand med momentene M_x , M_y , M_{xy} og skjærkreftene Q_x , Q_y .



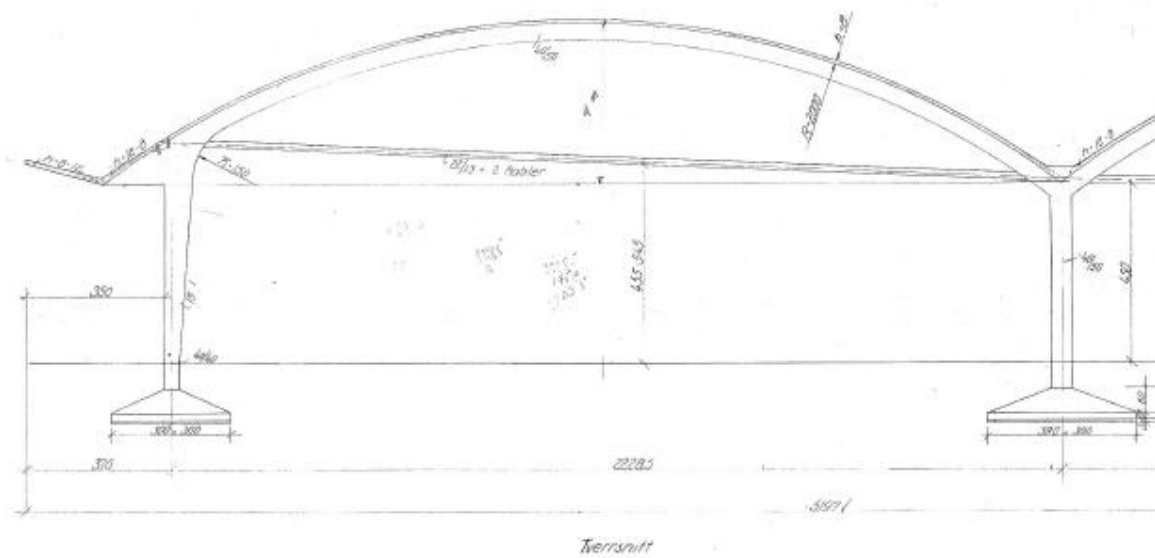
Figur 45: Membrankrefter, momenter og skjærkrefter i skallflaten. (Larsen 2004)

Så lenge de ytre lastene bæres av membrankreftene har skallene en meget stor bæreevne i forhold til materialforbruket, men bæreevnen reduseres betydelig dersom momentene blir store.” (Larsen 2008).

For lager- og industribygg er det ofte krav til store søylefrie spenn, og takene på slike bygg ble i perioden 1950 til 1960 ofte bygget som sylinderskall. Dette var ypperlig i en tid hvor arbeidskapasiteten var stor, mens material- og ressursknapphet var desto større. I dag er lønnskostnadene knyttet til forskalling og armering for stor, og derfor ikke lenger økonomisk lønnsomt.

Åtte av søylene har sålefundamenter av betong. Søylene i det sydvestre hjørnet er fundamentert på tre betongpåler. I beskrivelsen for byggeprosjektet som er utarbeidet i 1967 av Dr. techn. Olav Olsen står det følgende i kapittelet om grunnforhold og fundamentering:

”Grunnen består for det meste av opprinnelig terreng av elvesand. Søylene i sydvestre hjørne, nærmest elva, skal fundamenteres på tre betongpåler med ca. 600 cm² tverrsnitt og pålelengde 12 m. Pålene rammes ned til bæredyktig grunn, men ikke til fjell. De øvrige åtte søylene fundamenteres på sålefundamenter beregnet for 15 t/m² grunntrykk.” (Olsen 1967)



Figur 46: Snitt gjennom Ferdigvarelageret. (Olsen 1967)

3.4 Eksisterende bæresystem i Verket

Fra Verket ble bygget i 1890 og frem til 1990 hadde det hatt den samme takkonstruksjonen. I 1990 ble dette utbedret av sivilingeniør Tore Mathisen.



Foto 17: Takkonstruksjonen i Verket. (Skårdal og Strand)

Taket er bygget opp av fagverksdragere som hviler på midtsøyler. Det er et tradisjonelt saltak med vinkel på 13,7 grader. Fagverkene har en c/c-avstand fra 6,0 til 6,8 m. Midtsøylene som holder fagverksdragerne oppe består av en eldre søylerekke hvor nye søyler har blitt montert oppå de eksisterende. Taket består av korrugerte metallplater, det er isolert med 10 cm mineralull og tekket med 1 lag asfaltbelegg. Begge langveggene er bærende teglvegger. På langveggene ligger det en fordelingsdrager for å fordele lastene som kommer fra fagverkene.

Fordelingsdrageren er av typen INP 300. I gavlveggene er det søyler med c/c avstand fra 4,73 til 4,75 m, disse søylene bærer oppe en sperre med lik vinkel som resten av taket.



Foto 18: To ulike eksempler på hvordan de nye søylene er montert oppå den eksisterende søylerekka. (Skårdal og Strand)

Beregninger fra Tore Mathisen har gitt oss mye verdifull informasjon om bæresystemet i Verket. Noe av det viktigste var å finne ut hvilke laster fagverket er dimensjonert for og hvordan dette er bygget opp.

1. BELASTNINGER

SAK: Borgestad Fabrikker

KONSTRUKSJONSDEL: Fagverksdragere

BEREGNET ETTER NS 3472 OG NS 3479

Belastn. art	statisk last	dynam. last	lastkoeff.			Div.	bruddgr. last
			NS 3474-1,8	Makurlast NS 3474-4	Dynam. NS 3472-4,2		
Snø, 1	2,5 $\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$		1,6	1,2			4,8 $\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
Snø, 2	2,5 "		1,6	0,8			3,2 "
Egenvekt tak	0,4 "		1,2				0,48 "
Egenvekt fagverk	0,7 $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$		1,2				0,84 $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$

$q_1 = (4,8 + 0,48) 6,36 + 0,84 = 34,42 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$
 $q_2 = (3,2 + 0,48) 6,36 + 0,84 = 24,25 "$

Her ser vi at:

- Snølast er $2,5 \text{ kN/m}^2$
- Egenvekt tak er $0,4 \text{ kN/m}^2$
- Egenvekt fagverk er $0,7 \text{ kN/m}$

Figur 47: Belastninger for fagverksdragere (Mathisen 1990)

3.5 Forsterkning av bæresystem i Ferdigvarelageret

For å kontrollere det eksisterende betongskallet har vi benyttet oss av 3D Structure som er en del av programvaren i FEM-design. Modellen vi bygde opp bestod av halvparten av det ene skallet og med de tre underliggende ribbene. Vi satte inn opplegg der hvor søylene og strekkbåndene er. I tillegg satte vi inn et linjeopplegg i toppen av buen, som illustrerer at buen fortsetter og er en del av et større skall. Ved å dele skallet opp i to, og modellere halve skallet var det lettere å hente ut fornuftige resultater.

I 3D Structure kan man hente ut statikkresultater slik som opplagsreaksjoner, skjærkrefter og momenter. Det er også mulig å hente ut dimensjonerende verdier, slik som dimensjonerende moment. 3D Structure kan dimensjonere alle elementer i modellen, slik kan vi for eksempel få ut nødvendige armeringsmengder.

Når det gjelder forsterkning har vi forsøkt å vise to ganske ulike forslag både estetisk og kostnadmessig.

For å undersøke hvor mye armering man kan forvente at det finnes i det eksisterende skallet gjorde vi en beregning med tilsvarende laster som Olav Olsen brukte. (Olsen 1967)

Deretter gjorde vi en beregning med dagens laster for å finne ut hvor mye mer armering det er behov for dersom skallet skulle blitt bygget i dag.

Karakteristisk snølast på mark er 4 kN/m^2 for Skien. Vi har brukt $3,2 \text{ kN/m}^2$ fordi vi har multiplisert med formfaktoren som er lik 0,8 for buetak. Egenvekt på taket er summen av ny isolasjon og takteking. Betongskallets egenvekt blir generert av programvaren.

Vi har sett bort i fra vindlaster i denne utregningen.

I tabell 3 vises lastene Olav Olsen benyttet. I tabell 4 vises dagens laster.

Load cases,

No.	Name	Type	Duration class
1	Snølast, jevnt fordelt	Ordinary	Medium-term
2	Egenvekt tak	+Dead load	Permanent

Surface loads,

No.	q1	q2	q3	Load case	Intensity
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]
1	1.500	1.500	1.500	Snølast, jevnt fordelt	Perpendicular
2	1.500	1.500	1.500	Snølast, jevnt fordelt	Perpendicular
3	1.500	1.500	1.500	Snølast, jevnt fordelt	Perpendicular
4	1.500	1.500	1.500	Snølast, jevnt fordelt	Perpendicular
5	1.500	1.500	1.500	Snølast, jevnt fordelt	Perpendicular
6	0.150	0.150	0.150	Egenvekt tak	Action
7	0.150	0.150	0.150	Egenvekt tak	Action
8	0.150	0.150	0.150	Egenvekt tak	Action
9	0.150	0.150	0.150	Egenvekt tak	Action
10	0.150	0.150	0.150	Egenvekt tak	Action

Load combinations,

No.	Name	Type	Factor	Load cases
1	Jevn snølast, bruddgrense	Ultimate	1.500	Snølast, jevnt fordelt
			1.200	Egenvekt tak+Dead load
2	Jevn snølast, bruksgrense	Serviceability	1.000	Snølast, jevnt fordelt
			1.000	Egenvekt tak+Dead load
3	Uten snø, bruddgrense	Ultimate	1.200	Egenvekt tak+Dead load
			1.000	Egenvekt tak+Dead load
4	Uten snø, bruksgrense	Serviceability	1.000	Egenvekt tak+Dead load
			1.000	Egenvekt tak+Dead load

Tabell 3: Lasttilfelle, laststørrelse og lastkombinasjoner som Olav Olsen brukte i 1967. (Skårdal og Strand)

Load cases,

No.	Name	Type	Duration class
1	Snølast, jevnt fordelt	Ordinary	Medium-term
2	Egenvekt tak	+Dead load	Permanent

Surface loads,

No.	q1	q2	q3	Load case	Intensity
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[-]	[-]
1	0.150	0.150	0.150	Egenvekt tak	Action
2	0.150	0.150	0.150	Egenvekt tak	Action
3	0.150	0.150	0.150	Egenvekt tak	Action
4	0.150	0.150	0.150	Egenvekt tak	Action
5	0.150	0.150	0.150	Egenvekt tak	Action
6	3.200	3.200	3.200	Snølast, jevnt fordelt	Perpendicular
7	3.200	3.200	3.200	Snølast, jevnt fordelt	Perpendicular
8	3.200	3.200	3.200	Snølast, jevnt fordelt	Perpendicular
9	3.200	3.200	3.200	Snølast, jevnt fordelt	Perpendicular
10	3.200	3.200	3.200	Snølast, jevnt fordelt	Perpendicular

Load combinations

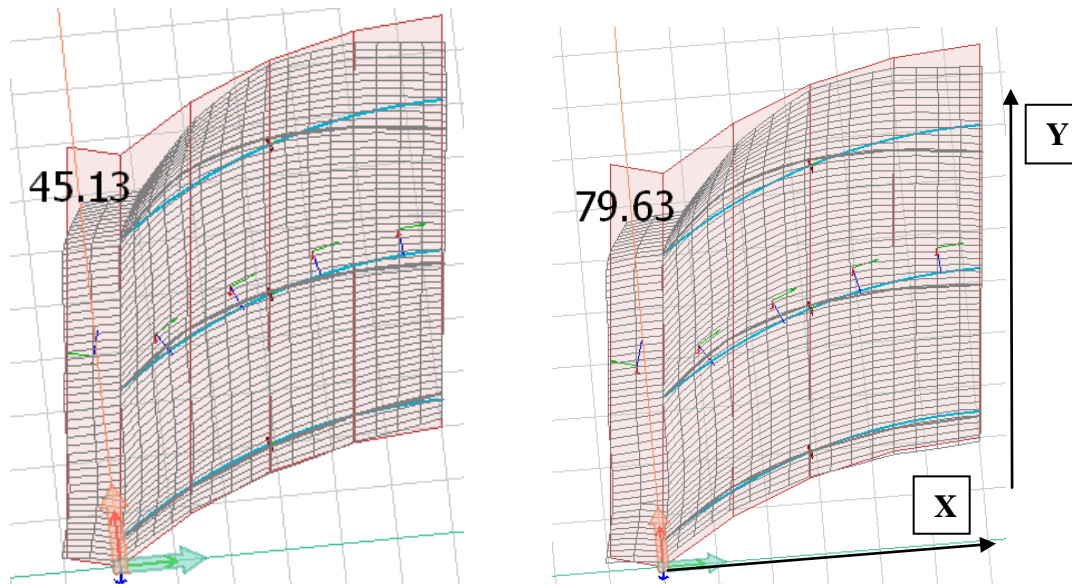
No.	Name	Type	Factor	Load cases
1	Jevn snølast, bruddgrense	Ultimate	1.500	Snølast, jevnt fordelt
			1.200	Egenvekt tak+Dead load
2	Jevn snølast, bruksgrense	Serviceability	1.000	Snølast, jevnt fordelt
			1.000	Egenvekt tak+Dead load
3	Uten snø, bruddgrense	Ultimate	1.200	Egenvekt tak+Dead load
			1.000	Egenvekt tak+Dead load
4	Uten snø, bruksgrense	Serviceability	1.000	Egenvekt tak+Dead load
			1.000	Egenvekt tak+Dead load

Tabell 4: Lasttilfelle, laststørrelse og lastkombinasjoner fra dagens laster. (Skårdal og Strand)



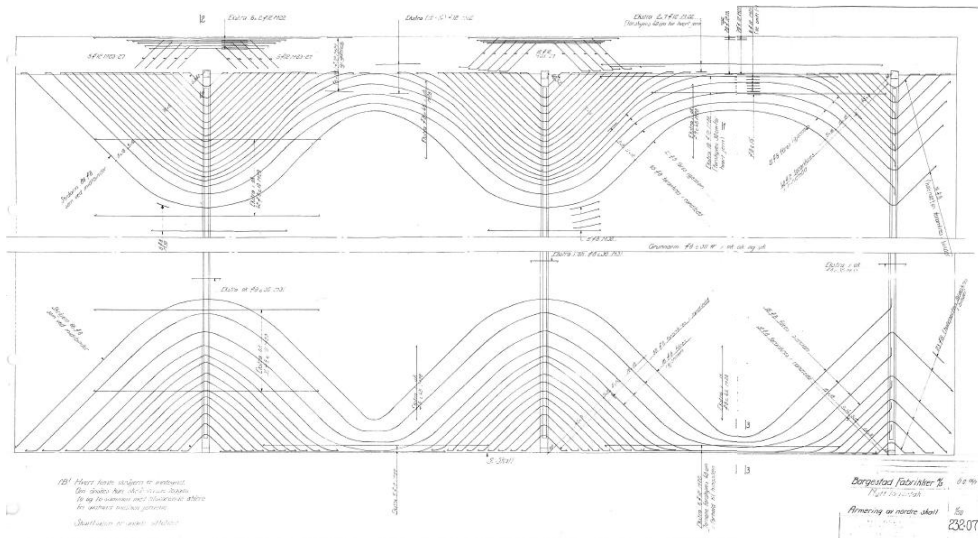
Vi har ikke klart å finne frem til den maksimale nedbøyningen som Olav Olsen har regnet seg frem til. Men vi kan sammenligne nedbøyning for de to beregningene med dagens krav til nedbøyning, som er $L/200$.

Vi så først på nedbøyning i bruksgrensetilstanden for å danne oss et bilde av hvordan deformasjonene i konstruksjonen blir. Deformasjonen er størst i hjørnet ut mot elva. Denne deformasjonen skal ikke overskride $9995/200 = 50$ mm.

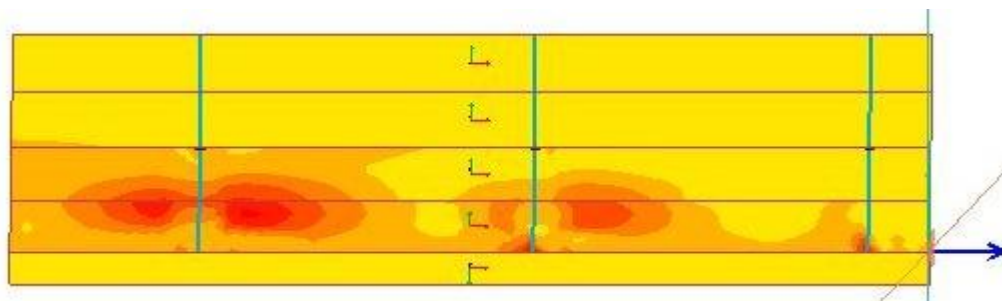


Figur 48: Deformasjon med gamle og nye laster. Vi ser at med dagens laster blir deformasjonen for stor. (Skårdal og Strand)

Vi har sett på armeringstegningene som det ble bygget etter i 1967. Armeringen er veldig optimalisert. Jernene er bøyd til slik at disse følger strekkspenningslinjene til konstruksjonen best mulig. (Tor Ole Olsen 2010) Dette er også slik man armerte bjelker før ca. 1960, da man gikk over til å benytte bøylearmering, slik man gjør den dag i dag. I tillegg er det lagt armeringsjern i x- og y-retning (figur 25). Vi har funnet det problematisk å legge inn armeringen på denne måten ved modellering i FEM-design. Vår modell har derfor kun fått armering lagt i x- og y-retning. Allikevel ser vi at armeringsbehovet i vår modell er størst der hvor også Olav Olsen har lagt inn mest armering, det tyder på at vår modell er en god tilnærming til det virkelige skallet. Figur 49 og 50 illustrerer dette.



Figur 49: Armeringstegninger fra Olav Olsen. Tegningen viser et helt skall. (Olsen 1967)



Figur 50: Figuren viser hvor i modellen det er størst armeringsbehov. Desto mørkere farge, desto større armeringsbehov. Denne modellen viser halvparten av skallet i figur 33. (Skårdal og Strand)

Vi har sammenlignet nødvendig armeringsmengde for lastene fra 1967 versus nødvendig armeringsmengde for dagens laster. Dette gjorde vi for å få et inntrykk av hvor mye armering som mangler i konstruksjonen for å oppfylle dagens krav til laster. Tabell 5 viser armeringsmengdene vi kom frem til.

Olav Olsen			Dagens laster		
X _{bunn}	1297	mm ² /m	X _{bunn}	1867	mm ² /m
X _{topp}	1290	mm ² /m	X _{topp}	2056	mm ² /m
Sum x-retning	2587	mm ² /m	Sum x-retning	3923	mm ² /m
Y _{bunn}	2233	mm ² /m	Y _{bunn}	5272	mm ² /m
Y _{topp}	2680	mm ² /m	Y _{topp}	5890	mm ² /m
Sum y-retning	4913	mm ² /m	Sum y-retning	11162	mm ² /m

Tabell 5: Armeringsmengder i x- og y-retning. (Skårdal og Strand)

Som vi ser av tabell 5, er det ikke tilstrekkelige mengder armeringsjern i skallkonstruksjonen til å oppfylle dagens krav til laster. Dersom Ferdigvarelageret skal bygges om, må

skallkonstruksjonen forsterkes for å oppfylle dagens krav til laster. Egenlastene vil også øke, avhengig av forsterkningsmetode.

Forenklet håndberegning av skallet

For å få en indikasjon av hvilke krefter som opptrer og hvor mye armering som må til i skalltaket gjorde vi en manuell beregning i et regneark. Dette gjorde vi for å kunne sammenligne med resultatene fra FEM-design. I de manuelle beregningene brukte vi dagens snølast på mark som er 4 kN/m^2 multiplisert med formfaktor for buetak som er lik 0,8. Vi så bort fra vindlast. Vi så på en 1 meter bred stripe av taket i lengderetningen og på tvers av taket. Denne 1 meters stripen betraktet vi som en bjelke. Resultatene er derfor på ingen måte direkte sammenlignbare med resultatene fra FEM-design. Regnearket vi laget ligger som vedlegg.

Armering	A (mm ²)	Antall jern, tr.	Avstand, tr.	Antall jern,st.	Avstand, st.
10	79	104	-0,4	115	-95,8
12	113	72	1,9	80	-60,2
14	154	53	5,0	59	-36,5
16	201	40	8,9	45	-18,7
20	314	26	19,3	29	9,1
25	491	17	37,6	18	39,8
32	804	10	74,1	11	86,4
40	1256	6	135,2	7	153,7

Tabell 6: Nødvendig armering på bjelkens strekk- og trykkside, og avstand mellom hvert armeringsjern. (Skårdal og Strand)

NS3473 Prosjektering av betongkonstruksjoner angir at horisontal avstand mellom armeringsjern i samme lag skal være minimum 2 x armeringsdiameteren. (NS3473 2003) Dersom dette skal følges så ser vi av tabell 6 at vi på tvers av skallet må velge armeringsjern med diameter 32 mm for bjelkens trykkside, det samme gjelder for strekksiden. Problemet er da at det ikke blir tilstrekkelig overdekning over armeringsjernene. Minimum overdekning av betong for denne typen konstruksjoner er 25 mm.

I tabell 7 ser vi resultatene for en bjelke med lengde 22,485 m, altså i skallets lengderetning. Vi ser at vi i skallets lengderetning må velge armering med diameter 40 mm både på trykk- og strekksiden. Dette vil ikke gi tilstrekkelig overdekning.

Armering	A (mm ²)	Antall jern, tr.	Avstand, tr.	Antall jern,st.	Avstand, st.
10	79	169	-4,1	180	-164,2
12	113	117	-3,5	125	-110,1
14	154	86	-2,4	92	-76,1
16	201	66	-0,8	70	-52,5
20	314	42	3,8	45	-20,5
25	491	27	12,5	29	7,9
32	804	16	30,5	18	42,7
40	1256	11	60,5	11	85,8

Tabell 7: Nødvendig armering på bjelkens strekk- og trykkside, og avstand mellom hvert armeringsjern. (Skårdal og Strand)

Denne håndberegningen gir oss en indikasjon på at skallet er veldig optimalisert, slik at det er vanskelig å få plassert nødvendig armeringsmengde.

Forslag til forsterkning, alternativ 1

Målsetningen med denne forsterkningen er å beholde den åpne planløsningen som er i Ferdigvarelageret nå. Dette vil vi gjøre ved å forsterke skalletaket, men ikke sette inn flere søyler eller bjelker innvendig.

Dersom vi ser på den armeringsmengden som er i betongskallet nå, og den som behøves for å oppfylle kravene i dagens laststandarder så er det ikke så mye som mangler. Vi kan gå for en forsterkningsmetode der vi støper på høyfast betong oppå det eksisterende skallet. Vi armerer med den mengden som mangler og støper på så mye som må til for å få tilstrekkelig overdekning. Dette gjøres i kombinasjon med dybler som gyses fast i det eksisterende skallet for å sørge for samvirke mellom eksisterende og nytt betongskall.

Jerndiameter for armering i påstøpen	Y-retning		X-retning	
Nødvendig armeringsareal	6249	mm ² /m	1336	mm ² /m
Armeringsdiameter	24	mm	10	mm
Areal av et jern	452	mm ²	79	mm ²
Antall jern	14	stk	17	stk
Avstand mellom hvert jern	48	mm	40	mm
Total avstand mellom jern	615	mm	641	mm
Total plass jernene tar	332	mm	170	mm
Armeringen er OK dersom mindre enn 1000 mm	947	mm	811	mm

Tabell 8: Nødvendig armering for påstøpen. (Skårdal og Strand)

Ut i fra nødvendig armeringsmengde regnet vi oss frem til jerndiameter for armering i x- og y-retning, se tabell 8. I x-retning kom vi frem til at man må armere med 14 stk. 24 mm armeringsjern pr meter. I y-retning må det armeres med 18 stk. 10 mm armeringsjern pr meter.

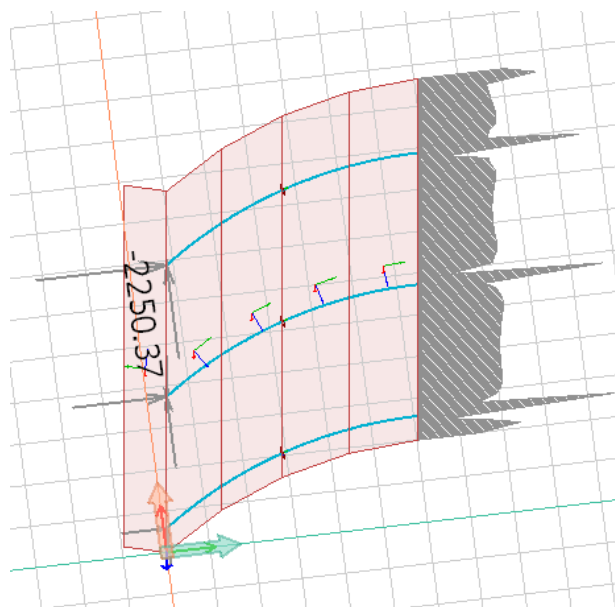
Nødvendig tykkelse for påstøpen		
Avstand eksisterende betong til armering	18	mm
Armering i x-retning	8	mm
Armering i y-retning	18	mm
Overdekning	25	mm
SUM	69	mm

Tabell 9: Nødvendig tykkelse på påstøp. (Skårдал og Strand)

Overdekning og armeringsjernenes diameter medfører at total påstøp av høyfast betong blir 70 mm. Betongskallet blir da totalt 150 mm tykt. Deretter må dette isoleres, noe som er behandlet i kapittel 5.1.1.

Søyler

Vi har også sjekket om søylene må forsterkes da disse vil få større laster som følge av at skalltaket forsterkes. Vi brukte modellen vår i 3D Structure til å finne den aksialkraften som vil virke på søylene etter at taket er forsterket.



Figur 51: Aksialkraft som virker på søyla lengst ut mot elva. (Skårдал og Strand)

For å kontrollere om modellen er riktig gjorde vi manuell beregning av hvor stor last den aktuelle søylen skulle få. Vi regnet egenvekten av taket etter at det er forsterket med påstøp og etterisolert, i tillegg til at den mest ugunstige lastkombinasjonen ble lagt til grunn. Vi regnet lasten på søylen til å bli 2328 kN, mens modellen regnet denne lasten til 2250 kN, ikke store avviker. I tabell 10 har vi vist manuell fremregning av lasten som virker på søylen.

Skallets egenvekt		
Tykkelse	0,15	m
Betongens egenvekt	24,00	kN/m ³
SUM	3,60	kN/m ²

Laster		
Skallets egenvekt	3,60	kN/m ²
Etterisolering og takteking	0,15	kN/m ²
Snølast ved skjevlast	4,52	kN/m ²
SUM	8,27	kN/m ²

Last på søyle		
Laster	8,27	kN/m ²
Areal	281,51	m ²
SUM	2328,05	kN

Tabell 10: Manuell fremregning av laster på søyle. (Skårdal og Strand)

Den aktuelle søylen har dimensjon 400x400 mm, og er dimensjonert ut ifra at den får en aksialkraft på 1073 kN og et moment på 27 kNm. I søylen er det benyttet armeringsmengde 12,6 cm², dette tilsvarer nødvendig minimumsarmering. (Olsen 1967)

Forslag til forsterkning av søyler

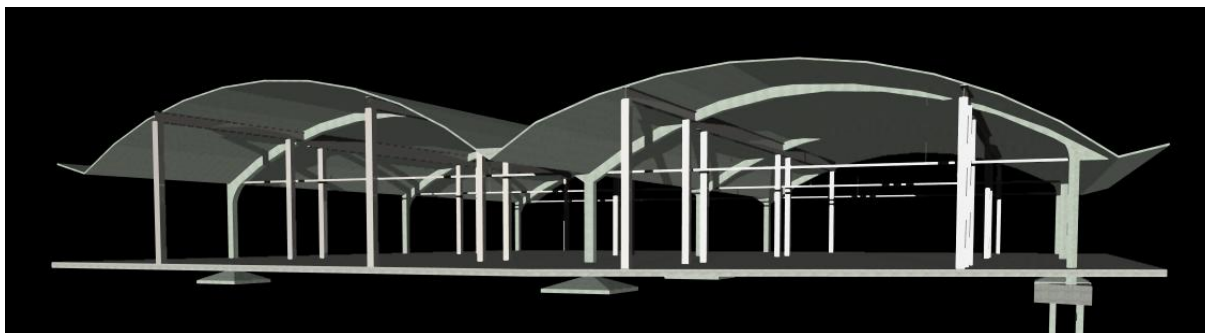
Ved forsterkningsalternativ 1, vil søylene få en dobling i aksialkraft, 2250 kN – 1073 kN = 1177 kN. Det må forsterkes tilstrekkelig til å ta opp denne ekstra lasten. Dette kan enten gjøres ved ekstra påstøp slik at dimensjonen til søylen økes, eller ved ny utenpåliggende armering. Utenpåliggende armering kan være plater, skiver eller stag av stål. Disse festes til søylen med bolter eller ved påliming. En ny form for utenpåliggende armering er påliming av duker, plater eller bånd av komposittmaterialer, for eksempel karbonfiber.

Forsterkning, Alternativ 2

Målsetningen er å forsterke konstruksjonen på en økonomisk gunstig måte, og samtidig beholde det slanke uttrykket ved å ikke øke tykkelsen på selve skallet.

Alternativ 2 går ut på å endre det statiske systemet. Prinsippet innebærer å legge bjelker av stål oppå nye søyler av stål. Dette gjøres i takets lengderetning. Lengden på bjelkene er tilpasset avstanden mellom de opprinnelige betongribbene i taket. Bjelkene boltes fast i skallet, slik at de blir fastholdt mot vipping og knekning. Totalt vil dette kreve 12 bjelker som hver har 2 søyler. Strekkbåndene skiftes ut med hulprofiler av stål som får sveiset på rektangulære døråpninger der det er behov. Disse vil da fungere som strekkbånd på lik linje med dagens strekkbånd.

Et alternativ til stålbejelker kan være fagverk, dette vil se slankere ut og sannsynligvis slippe inn mer dagslys dersom man går for en veldig åpen planløsning.

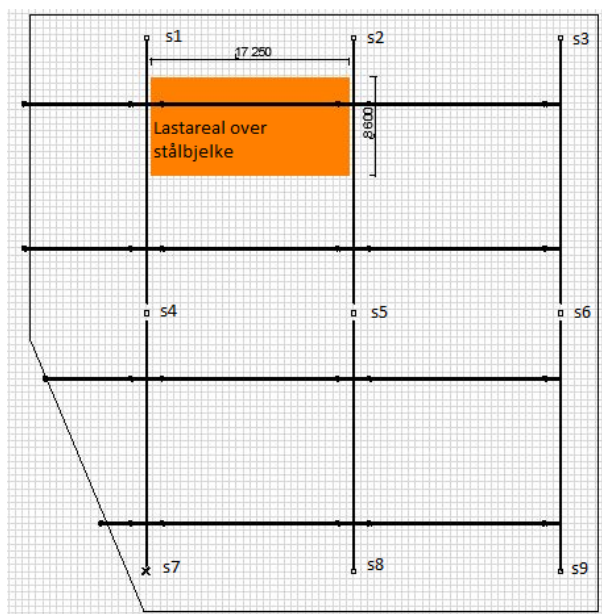


Figur 52: Fotorendring av alternativ 2, nytt søyle/bjelke system. (Skårdal og Strand)

Resultater for nye stålbjelker og søyler

Vi delte taket opp i arealer etter hvordan kreftene fordeler seg til de nye bjelkene. Stålbjelkene ligger horisontalt og hviler på 2 søyler hver. Opprinnelige betongsøyler er markert med S1 – S9. Det oransje feltet illustrerer lastarealet over den stålbjelken som får størst last.

I tabell 11 er lasttilfellene som virker på de nye bjelkene satt opp. Vi dimensjonerte de nye bjelkene i Focus 2D Konstruksjon.



Figur 53: Viser hvilket lastareal en av de nye bjelkene får. (Skårdal og Strand)

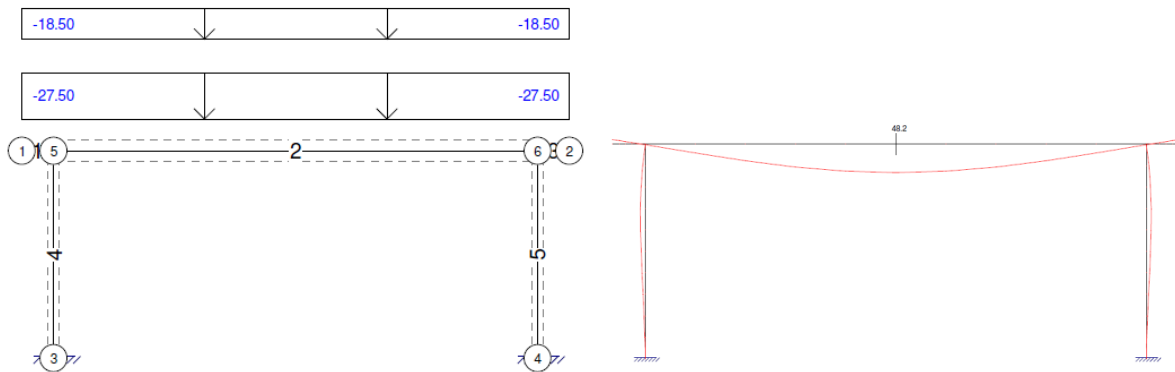
Lasttilfelle	Verdi for last	Lastutbredelse	Lastfaktor for bruddgrense
Egenlast tak	2,15 kN/m ²	8,6 m	1,2
Egenlast bjelke	Generert automatisk	-	1,2
Snø på tak	4 kN/m ²	8,6 m	1,5

Tabell 11: Lastvirkning for de nye bjelkene. (Skårdal og Strand)

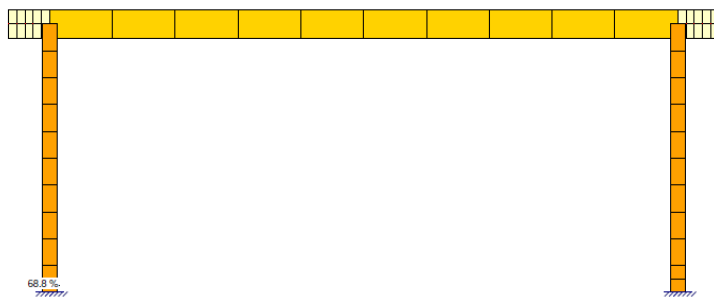
Karakteristisk snølast på mark er 4 kN/m² for Skien. Vi har brukt 3,2 kN/m² fordi vi har multiplisert med formfaktoren for buetak som er 0,8. Egenlasten på taket er summen av egenvekten til betongskallet, 50 cm isolasjon og 3 lags tekking. Vi har sett bort i fra vindlaster i denne utregningen.

Resultatene viste at vi trenger å bruke en HEB700 bjelke. Dette er en bjelke med veldig høyt tverrsnitt, det er mulig å konstruere et fagverk dersom man heller ønsker seg dette enn en massiv stålbejelke. Søylene som trengs for å holde de nye stålbejelkene oppe må ha dimensjon HUP 350x350x10.

Figur av vår modell, forskyvningsdiagram og kapasitetsutnyttelse for søyler og bjelke er vist under.



Figur 54: Laster på ny stålbejelke til venstre. Til høyre vises maks nedbøyning som er 48mm. (Skårdal og Strand)



Figur 55: Maksimal kapasitetsutnyttelse. (Skårdal og Strand)

Kontroll av nytt strekkbånd:

Beregning utført etter NS 3472 "Prosjektering av stålkonstruksjoner", 12.2.3.1
Strekkbelastede staver. (NS3472 2001)

Kreftene som hvert strekkbånd skal ta opp er 1706 kN. Denne kraften er hentet ut i fra FEM-design modellen.

$$N_f \leq N_d \qquad N_d = (f_y / \gamma_{M1}) * A$$

Hvor:

$$N_f = 2435 \text{ kN}$$

$$N_d = N_f$$

$$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_{M1} = 1.1$$

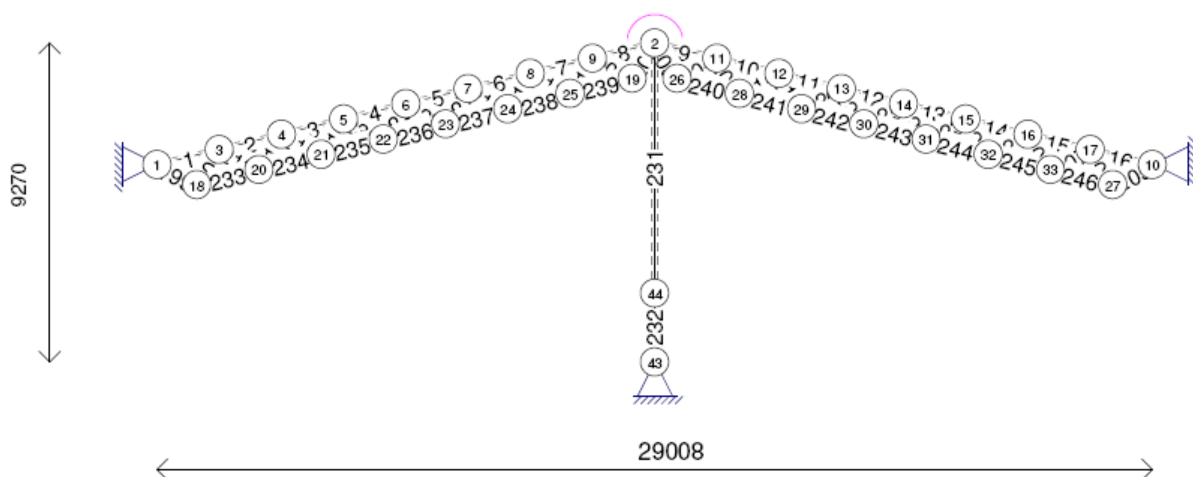
$$A = N_d / (f_y / \gamma_{M1}) = \underline{7545 \text{ mm}^2}$$

Vi har nå funnet det nødvendige tverrsnittet til strekkbåndet for å oppta aksialkreftene som vil opptre i strekkbåndene. Vi har valgt å benytte VFHUP 200x200x12 som strekkbånd.

3.6 Forsterkning av bæresystem i Verket

Vi har benyttet Focus 2D Konstruksjon til dimensjonering av stålkonstruksjonene i Verket. Dette er et program som baserer seg på lineær beregningsteori, og som egner seg til å dimensjonere plane konstruksjoner. Vi har bygget opp en modell med fagverksdragere som bæres opp av søyler på midten.

Vi har satt som krav at lokal forskyvning ikke skal overskride $l/300$. Dette er egentlig et krav for enkeltstående hovedbjelker under variabel last hentet fra trestandarden NS 3470-1. Etter samtale med Dr. ing. Christian Sørensen kom vi frem til at dette er greit å bruke, da det ikke er satt opp noen krav til nedbøyning i stålstandarden NS 3472. For fagverksdragerne vil tillatt nedbøyning bli $14929 \text{ mm}/300 = 49,8 \text{ mm}$. Forskyvninger er beregnet i bruksgrensetilstanden.



Figur 56: Modell fra Focus 2D som viser oppbygging av eksisterende fagverk og søyle. (Skårdal og Strand)

Det eksisterende fagverket består av følgende konstruksjonsdeler:

Overgurt	HEA160, S275
Undergurt	HEA140, S275
Diagonaler	HUP 100x100x4, S275
Diagonaler	HUP 80x80x4, S275
Diagonaler	HUP 60x60x3,2, S275
Diagonaler	HUP 50x50x3,2, S275
Søyle, nedre del	HUP 180x180x6,3, S275
Søyle, øvre del	HEA200, S275

Tabell 12: Oversikt over fagverkets oppbygging. (Skårdal og Strand)

Diagonalene har størst dimensjoner ytterst i fagverket, og blir gradvis mindre inn mot midten.

Målsetning

For å gjøre lokalene så tilpassningsdyktige som mulig er det en stor fordel å ha en åpen planløsning. Det er avgjørende at man ikke får for mange søyler som ødelegger mulighetene for inndeling av rom, samtidig må man tenke på hvor man plasserer eventuelle nye søyler.

Dimensjonering

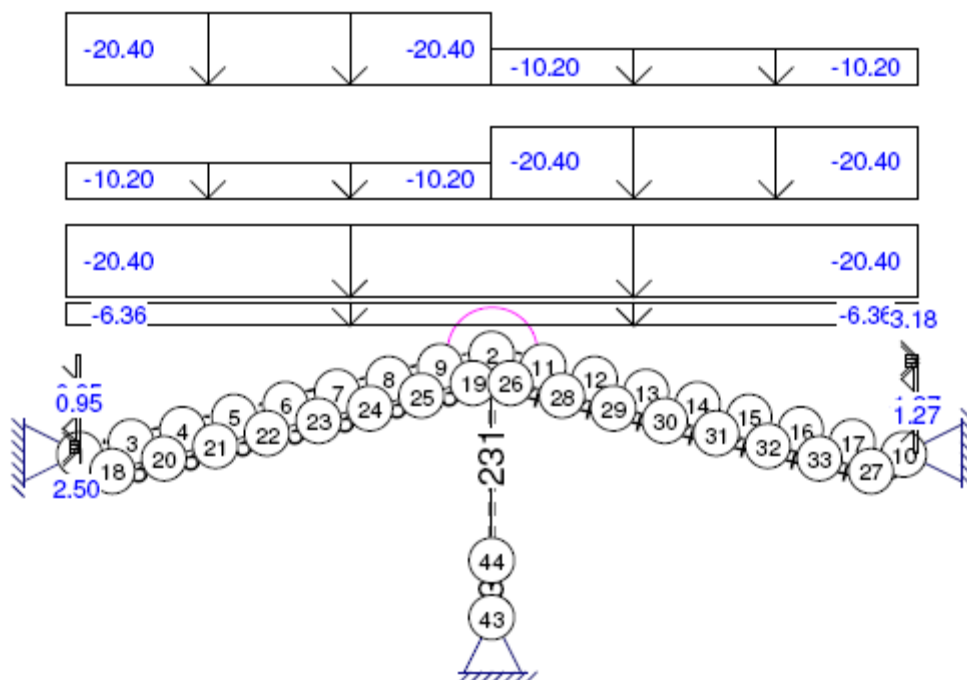
Vi kontrollerte det eksisterende fagverket ved å bygge opp en modell i Focus, slik som figur 56 viser. Dimensjonerende vind- og snølast ble funnet i henholdsvis NS3491-4 og NS3491-3, egenlast fagverk ble generert i Focus, mens egenlast tak har vi beregnet på egenhånd, basert på en antatt isolasjonstykkelse på 500 mm XPS og 3-lags taktekkning med asfaltapp.

Lasttilfelle	Verdi for last	Lastutbredelse	Lastfaktor for bruddgr.
Egenlast fagverk	Generert automatisk	-	1,2
Egenlast tak	1,0 kN/m ²	6,36 m	1,2
Snø	3,2 kN/m ²	6,36 m	1,5
Vind, G	0,4 kN/m ²	6,36 m	1,5
Vind, H	0,15 kN/m ²	6,36 m	1,5
Vind, J	0,5 kN/m ²	6,36 m	1,5
Vind, I	0,2 kN/m ²	6,36 m	1,5

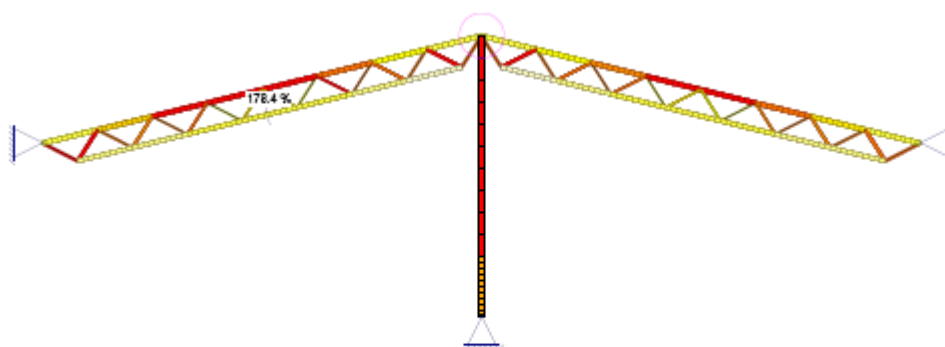
Tabell 13: Lastene på taket. (Skårdal og Strand)

Vi lagde lastkombinasjoner på bakgrunn av lasttilfellene. Vi endte opp med seks ulike lastkombinasjoner, disse har følgende innhold.

- 1) Jevnt fordelt snølast uten vind
- 2) Jevnt fordelt snølast med vind
- 3) Snø høyre uten vind
- 4) Snø høyre med vind
- 5) Snø venstre uten vind
- 6) Snø venstre med vind



Figur 57: Modell av eksisterende fagverk med de ulike lasttilfeller. (Skårdal og Strand)



Maksimal kapasitetsutnyttelse: 178,4 %

Figur 58: Modell av eksisterende fagverk som viser maksimal kapasitetsutnyttelse. (Skårdal og Strand)

Det eksisterende fagverket ble kontrollert, maksimal kapasitetsutnyttelse viste seg å være på hele 178,4 %. Største nedbøyning ble funnet til å være 62,7 mm. Fagverket må altså forsterkes.

Konklusjon

Vi har vurdert ulike løsninger for forsterkning av eksisterende bæresystem og har kommet frem til to ulike alternativer.

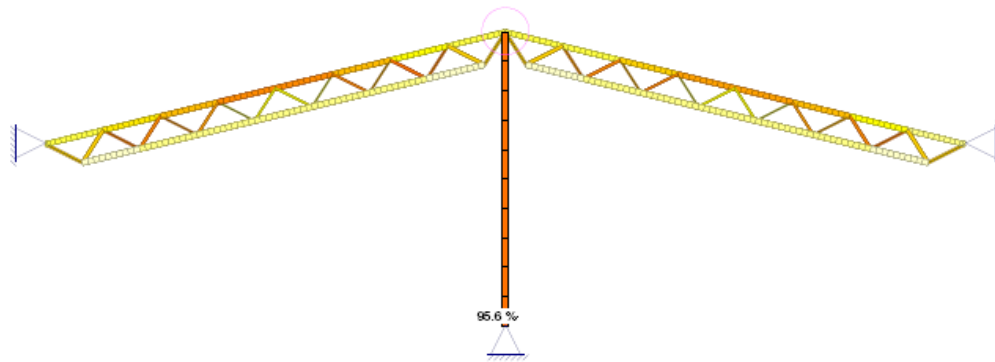
Alternativ 1:

Dette alternativet går ut på at man forsterker konstruksjonsdelene i det eksisterende fagverket ved å benytte seg av utenpåliggende armering. Dette kan gjøres ved å lime på karbonfiber på konstruksjonsdelene, eller ved å sveise på mer stål slik at tverrsnittene økes. Det vil være en fordel om fagverkene monteres ned, slik at det blir lettere å utbedre disse. Da kan også fagverkene sandblåses og males på nytt. Tabellen under viser nødvendige tverrsnittsdimensjoner som skal til for at fagverket ikke skal bli overbelastet med eksisterende spennvidder, nytt tak og dagens krav til snø- og vindlast.

Overgurt	HEB160, S275
Undergurt	HEB180, S275
Diagonaler	HUP 100x100x8, S275
Diagonaler	HUP 80x80x4, S275
Diagonaler	HUP 60x60x4, S275
Diagonaler	HUP 50x50x4, S275
Søyle	HUP 200x200x12,5, S275

Tabell 14: Oversikt over nødvendige tverrsnittsdimensjoner etter dagens krav. (Skårdal og Strand)

Med disse dimensjonene blir maksimal kapasitetsutnyttelse 95,6 %, og største nedbøyning er på 35,6 mm.



Maksimal kapasitetsutnyttelse: 95.6 %

Figur 59: Maksimal kapasitetsutnyttelse for alternativ 1. (Skårdal og Strand)

Alternativ 2:

Dette alternativet baserer seg på at man monterer inn et nytt fagverk ved siden av det eksisterende fagverket. Det vil si at det blir to fagverk tett inntil hverandre. Søylene må da forsterkes eller byttes ut. Vi anbefaler at eksisterende fagverk demonteres slik at disse kan sandblåses og overflatebehandles, og at eksisterende søyler fjernes og erstattes med nye søyler som er sterke nok til å holde eksisterende og nye fagverk oppe. For å modellere dette doblet vi konstruksjonens tyngde ved å bruke lastfaktor 2,4 for konstruksjonens tyngde. Lastutbredelsen ble også redusert fra 6,36 m til 3,18 m når vi setter inn nye fagverk. Det er tilstrekkelig at det nye fagverket som monteres inn har lik dimensjon som det eksisterende fagverket. Største beregnede forskyvning ved dette alternativet blir 32 mm.

Del 4: Teori om energi og miljøbetraktninger

4.1 Dagens energifokus

Fokuset på energiforbruk i bygninger har aldri vært større enn det er i dag. Dette er en konsekvens av et internasjonalt fokus på å kutte ned på utslipp av klimagasser. Selv om det tidligere år har kommet tekniske forskrifter som har hatt som intensjon at energiforbruket i bygninger skal reduseres, så har det faktiske energiforbruket vært økende de siste tiårene. Ny teknisk forskrift stiller strengere energikrav enn noensinne. Hva skal til for å oppnå disse? Og hvorfor ikke strekke seg etter en bedre energikarakter enn det minimumskravene legger opp til?

4.1.1 Energikrav i Teknisk forskrift

I 2007 ble deler av teknisk forskrift til Plan- og bygningsloven revidert, og blant endringene var nye og skjerpede energikrav. Disse kravene, som ofte blir kalt TEK07, trådte i kraft 1. februar 2007.

Forskriften gjelder for oppvarmet bruksareal (BRA). Dette omfatter alle bruksarealer som tilføres varme fra bygningens varmesystem og som er omsluttet av bygningens klimaskjerm.

I TEK07 er det beskrevet 2 måter å energiberegne bygg på. I ”Temaveileder Energi” utgitt av BE fra 2007 blir disse metodene beskrevet slik (Statens bygningstekniske etat 2007a):

Rammekravsmodellen

Rammekravsmodellen forutsetter at det utføres en energiberegning av bygget ihht. NS 3031. Denne beregningen må dokumentere at byggets forventede netto energiforbruk er lavere enn rammekravet for den aktuelle bygningstypen.

Energirammer i TEK § 8-21 b

(kWh pr m² oppvarmet BRA per år):

- Småhus: 125 + 1600/oppvarmet BRA
- Boligblokk: 120
- Barnehage: 150
- **Kontorbygg: 165**
- Skolebygg: 135
- Universitet/Høyskole: 180
- Sykehus: 325
- Sykehjem: 235
- Hoteller: 240
- Idrettsbygg: 185
- Forretningsbygg: 235
- Kulturbygg: 180
- Lett industri/verksteder: 185

Figur 60: Energirammer på ulike bygg. (Statens bygningstekniske etat 2007a)

Tiltaksmodellen

Tiltaksmodellen tar ikke hensyn til byggets funksjon, men handler om å oppfylle en rekke enkelttiltak. Det er imidlertid tillatt å omfordele innenfor disse tiltakene. Tiltaksmodellen tar ikke hensyn til bruk av lokal kjøling. Dersom man har behov for lokal kjøling må forskriftskravet dokumenteres oppfylt gjennom rammekravsmodellen.

Oppfylles enkelttiltakene vil en energiberegning være unødvendig.

Energiltak i TEK § 8-21 a

- Samlet glass-, vindus- og dørareal: maksimalt 20 % av bygningens oppvarmede BRA
- U-verdi yttervegg: 0,18 W/m²K
- U-verdi tak: 0,13 W/m²K
- U-verdi gulv på grunn og mot det fri: 0,15 W/m²K
- U-verdi glass/vindu/dør: 1,2 W/m²K
- Normalisert kuldebroverdi
 - 0,06 W/m²(BRA)K
 - 0,03 W/m²(BRA)K for småhus
- Lufttetthet:
 - 1,5 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell
 - 2,5 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell for småhus
- Gjenvinning av 70 % av varmen i ventilasjonsluften
- SFP faktor
 - 2,0/1,0 kW/(m³/s) for næringsbygg (dag/natt)
 - 2,5 kW/(m³/s) for bolig (hele døgnet)
- Automatisk utvendig solavskjermingsutstyr eller andre tiltak for å oppfylle krav til termisk komfort uten bruk av lokalkjøling
- Natt- og helgesenking av innetemperatur

Figur 61: Kravene til energiltak etter tiltaksmodellen. (Statens bygningstekniske etat 2007a)

Absolutte minimumskrav

Selv om man oppfylder energiltakene eller holder seg innenfor energirammene gitt i rammekravsmodellen, så er det visse minstekrav som må oppfylles. Minstekravene er absolutte, og regnes som et gjennomsnitt av de ulike bygningsdelene. Hensikten med minstekravene er å sikre god isolasjonsstandard og tetthet i alle bygg.

Minstekrav (bygning) i TEK § 8-21 c

- U-verdi yttervegg: 0,22 W/m²K
- U-verdi tak: 0,18 W/m²K
- U-verdi gulv på grunn og mot det fri: 0,18 W/m²K
- U-verdi glass/vindu/dør: 1,6 W/m²K
- Lufttetthet: 3,0 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell

Figur 62: Absolutte minstekrav til bygningsdeler. (Statens bygningstekniske etat 2007a)

Dagens energibruk i kontorbygg

Behovet for å kutte energiforbruket i kontorbygninger er stort. I 2007 kartla Enova energiforbruket i kontorbygg i Norge og kom frem til at snittforbruket lå på 283 kWh/m². Det mest skremmende var at de nyeste kontorene hadde forbruk opp i mot 300 – 325 kWh/m².

Dette viste derfor at bygningene brukte 20 % mer energi i 2007 enn hva de gjorde i 1997.

Grunnen til denne utviklingen er i hovedsak større glassfasader, økt bruk av kjøling, økt ventilasjon, komfortkrav og gamle vaner. (Henriksen 2009)

I denne sammenheng kan dagens krav på 165 kWh/m² virke vanskelig å oppnå, men det er ikke tilfelle. Det finnes eksempler på at det kan bygges kontorbygg som har et forbruk på halvparten av kravet i TEK 07, bare ved hjelp av velkjente produkter og systemer.

Krav til energiforsyning

TEK 07 stiller krav til energiforsyning. I ”Temaveileder Energi” beskrives kravet slik at ca. halvparten, men minimum 40 % av bygningens romoppvarming og varmtvann skal kunne dekkes av annen energiforsyning enn elektrisitet og/eller fossilt brensel. (Statens bygningstekniske etat 2007a)

Typiske energiforsyningsmuligheter kan alene eller i kombinasjon være: solfangere, solceller, fjernvarme, varmepumper, biokjeler, biopellets-kamin eller vedovn.

Det finnes unntaksmuligheter fra kravet om energiforsyning.

Flytskjema krav til energiforsyning



Figur 63: Kravet til energiforsyning. (Norsk teknologi 2008)

4.1.2 Lavenergibolig, passivhus, pluss-hus

Potensialet er stort for å skape bedre bygg enn hva minstekravene i TEK07 legger opp til.

Potensialet er faktisk så stort at det også i Norge kan skapes bygg som avgir mer energi enn de forbruker, såkalte pluss-hus.

Lavenergihus

Lavenergihus er boliger med betydelig lavere energiforbruk enn ordinære boliger. Vanligvis defineres dette som boliger som har et totalt energiforbruk under 100 kWh/m^2 . (Dokka. Hermastad 2006)

Passivhus

Passivhus er mye bedre enn lavenergihus og har et totalt energiforbruk under 65 kWh/m^2 . Behovet for installert oppvarmingseffekt skal ikke overskride 10 W/m^2 . (Dokka. Hermastad 2006)

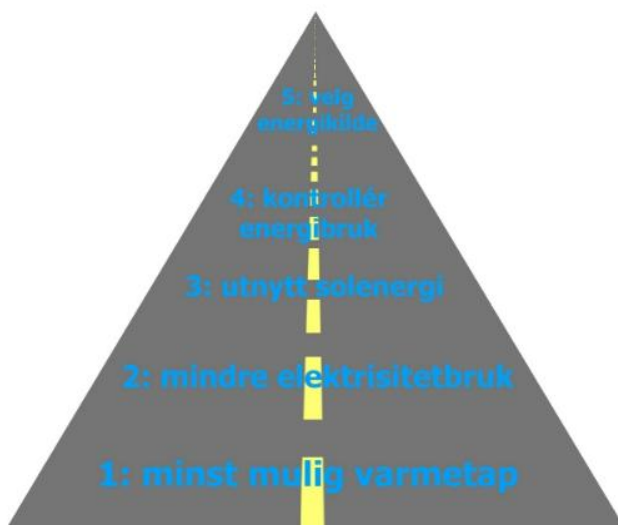
Regjeringen har gått inn for at alle nybygg fra 2020 skal bygges som passivhus og har varslet en opptrapping av energikravene til byggsektoren fram mot 2020. I tillegg kan vi lese på Oslo kommunes hjemmesider at bystyret har vedtatt at alle kommunens nye bygg skal bygges med passivhusstandard fra 2014. (Oslo kommune 2010)

Plusshus

Plusshus er bygninger som i løpet av sin levetid generer mer energi enn de forbruker.

I Zeros rapport om plusshus fra 2009 viser de at det er mulig å bygge plusshus de fleste steder langs kysten av Norge, opp til et godt stykke inn i Nord-Norge. Også noen steder i innlandet hvor de svært kalde vinterne ikke forekommer vil det være mulig. (Nordby 2009)

Både lavenergihus, passivhus og plusshus følger de samme prinsippene for energidesign:



Figur 64: Fremgangsmåte for passiv energidesign. (Dokka. Wigenstad 2006)

”**Steg 1** er å redusere varmetapet fra boligen mest mulig. Dette innebærer vanligvis kompakt bygningsform med arealeffektiv planløsning, ekstraisolert klimaskjerm, superisolerte vinduer og dører, meget lufttett klimaskjerm og balansert ventilasjon med høyeffektiv varmegjenvinner. Balansert ventilasjon har en økende markedsandel i nye boliger, og undersøkelser viser en høy grad av fornøyde brukere, men det er viktig at anleggene er enkle å inspisere og vedlikeholde. Fokus på korte luftføringsveier og lite trykkfall er også viktig for å unngå støyproblemer og høyt energibruk til vifter.

Steg 2 er å redusere elektrisitetsforbruket ved å bruke energieffektive hvitevarer og belysning. Det er mulig å velge meget energieffektive hvitevarer og sparepærer (med EU's energimerke A), uten at dette medfører nevneverdige ekstrakostnader. For lavenergiboliger er dette særlig viktig da man i alle tilfeller har liten nytte av varmetilskuddet fra belysning og utstyr til oppvarming.

Steg 3 er å utnytte gratis solvarme gjennom boligens utforming, plassering og orientering av fasader og vinduer. Solfangere til forvarming av tappevann er også aktuelt. Solceller kan dekke en del av elektrisitetsbehovet, men er pga. investeringskostnaden pr. i dag lite regningssvarende.

Steg 4 er å velge et system som gir brukerne enkel og lett forståelig tilbakemelding på energiforbruk og bruksmønster. Det er også aktuelt med systemer for behovsstyring av oppvarming, belysning, utstyr og ventilasjon. Slike systemer kalles i dag ofte for smarthusteknologi eller intelligente hjem.

Steg 5 er å velge riktig energikilde og oppvarmingssystem. Det resterende oppvarmingsbehovet er nå meget lavt, i området: 15–25 kWh/m²/år. Energikilden bør velges ut fra eksisterende infrastruktur, og lokal tilgjengelighet, og kan f.eks. være fjernvarme i større byer og biobrensel (pellets eller ved) i distriktene. Også elektrisk oppvarming kan være akseptabelt på grunn av det lave oppvarmingsbehovet. El-oppvarming har også den fordel at den er meget enkelt å regulere.”(Dokka. Wigenstad 2006)

4.1.3 Energimerkeordning

Energimerking av bygninger er et EU-direktiv. I Norge vil det bli innført obligatorisk energimerking fra 1. juli 2010, dette er dermed høyaktuelt i dag. Energimerkingen vil i første omgang være obligatorisk for alle boliger og yrkesbygg, som skal selges eller leies ut. Det er eier av bygget som har ansvaret, men ekspertise som skal utføre merkingen. For å synliggjøre dette skal attesten henges opp et sted slik at den er synlig for byggets brukere.

I praksis betyr dette at som kjøper/leietager har du krav på å se en energiattest som skal gi en indikasjon på tilstanden til bygget og hvilken energikarakter det har fått. Energimerket beregnes uavhengig av hvordan bygget blir brukt, og tar heller ikke hensyn til klimavariasjoner. Det er ”Oslo-klima” som legges til grunn for beregningene.

Målet med innføringen av energimerkeordningen er i følge NVE:

”Energimerking er et konkret miljøtiltak for å øke bevisstheten om energibruken og hva som kan gjøres for å få en mer energieffektiv bolig. Det kan bidra til at samlet energiforbruk i boliger og bygninger går ned og miljøet spares ved at behovet for å bygge ut ny energi blir mindre.”(NVE 2009)

På NVEs hjemmeside har de utarbeidet et forslag til hva en energiattest skal inneholde, men understreker at det kan bli endringer frem til lansering av ordningen. De to viktigste punktene vil være energimerket og oppvarmingsmerket. I tillegg vil den inneholde informasjon om

energibruken til brukerne, mulige tiltak for forbedring og et sammendrag av bolig og bygningsdata.

Energimerket

Selve karakterskalaen vil gå fra A til G, hvor A er den beste og G er den dårligste. Et bygg som blir bygget etter TEK07 skal i utgangspunktet havne på en C. Karakteren er en samlet vurdering av bygget og er basert på antall kilowatt-timer som bygget trenger per kvadratmeter ved normal bruk. Beregningen utføres etter bestemmelser i NS 3032.

Bygningskategori	Leverte 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

Figur 65: Sammenhengen mellom levert energi pr. kvm. og energimerke for de ulike bygningskategoriene. (NVE 2009)

Oppvarmingsmerket

Oppvarmingsmerket gis med en femdelte rangering fra rødt til grønt. Grønt merke er beste karakter og gis der bygningen har systemer hvor en kan bruke en høy andel av andre energivarer enn elektrisitet, olje eller gass, mens bruk av fossilt brensel og direkte bruk av elektrisitet gir rødt karakter.



Figur 66: Oppvarmingsmerke. (NVE 2009)

Det er for øvrig ingen sammenheng mellom energimerket og oppvarmingsmerket. Derfor kan et bygg som får et dårlig energimerke, allikevel få en god rangering på oppvarmingsmerket.

4.1.4 Enovas støtteprogram for bolig, bygg og anlegg

En grunn til at mange vegrer seg for å skape energieffektive bygninger er på grunn av at investeringskostnadene ofte blir større. En mulighet for å redusere disse investeringskostnadene, er å søke økonomisk støtte gjennom Enova.

På Enovas hjemmeside kan vi lese at både eksisterende og nye prosjekter dekkes av programmet. Enova prioriterer prosjekter som sparer et høyt antall kWh.

Målgruppen er dem som tar beslutninger og gjør investeringer i prosjekt med energimål. Rådgivere, arkitekter, entreprenører, produsenter og vareleverandører er viktige pådrivere for utviklingen og gjennomføringen av prosjektene. Rådgivere og andre kompetente aktører kan søke på vegne av en prosjekteier når søknaden er tilstrekkelig forankret hos prosjektets eier.

Videre står det at støttenivået ligger normalt mellom 0,2 og 0,5 kr/kWh redusert energibruk og/eller produsert fornybar varme årlig. Summen av redusert energibruk og bruk/produksjon av fornybar varme utgjør energimålet. Utbetalingen av støtten gis i forhold til framdriften i prosjektet og resultatoppnåelse. (Enova 2010)

Programmet er delt inn i tre delprogrammer (Enova 2010):

1. Prosjekt med energimål over 2 GWh/år
2. Prosjekt med energimål mellom 0,5 og 2 GWh/år
3. Forbildeprosjekt

4.1.5 Energiltak kontorbygg

”Temaveileder Energi” utgitt av BE fra 2007 inneholder et eget delkapittel om energiltak i kontorbygninger. Der fremkommer det at både U-verdikrav, nødvendige isolasjonstykkelser og råd for å oppnå energieffektive løsninger er de samme som for småhus. Den eneste forskjellen for kontorbygninger er at kravet til lufttetthet er strengere. For alle andre bygninger enn småhus, inkludert kontorbygninger skal ikke lekkasjetallet være større enn 1,5 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell. For småhus skal ikke lekkasjetallet overstige 2,5 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell. (Statens bygningstekniske etat 2007a)

Veilederen gir imidlertid en mer utfyllende beskrivelse for typiske løsninger i et kontorbygg.

”Energibehovet til vifter i moderne næringsbygg kan utgjøre 15-20 % av byggets totale energibehov. Optimalt vifte- og motorvalg, gunstig utformede vifteutløp og gjennomtenkt komponentvalg langs den kanalveien som har høyest trykkfall, kan redusere energibehovet til viftedrift betydelig. Som regel lønner det seg også å optimalisere plassering av tekniske rom og sjakter, øke aggregatstørrelsen m.m. I tillegg gir energieffektive anlegg generelt mindre støy enn tradisjonelle anlegg.” (Statens bygningstekniske etat 2007a).

Selv om maksimumskravet til SFP faktor på dagtid for næringsbygg er $2,0 \text{ kW(m}^3/\text{s)}$, anbefales det at prosjekteringsmålet for SFP faktor settes til $1,7 \text{ kW(m}^3/\text{s)}$. Dette burde gjøres fordi man ikke har full kontroll over alle parameterne som påvirker SFP faktoren.



Den beste måten å tilfredsstille maksimumskravet til SFP faktor utenom driftstid som er 1,0 kW(m³/s), er å regulere ned turtallet på viften slik at luftmengden reduseres. Dette vil kreve at man har frekvensomformer for turtallsregulering av viften. Ved å gjøre det på denne måten vil man også holde seg innenfor maksimumskravet til SFP faktor utenom driftstid, forutsatt at ventilasjonsanlegget holder seg innenfor maksimumskravet til SFP faktor på dagtid. En konsekvens av å benytte turtallsregulering er at det er fordyrende og medfører et energitap, men det vil også gi disse fordelene (Statens bygningstekniske etat 2007a):

- Mulighet til å regulere ned luftmengden til et minimumsnivå framfor å stenge anlegget helt, noe som reduserer faren for mikrobiell vekst og slitasje på aggregatet
- Mulighet for å forsere luftmengden i perioder med spesielle behov, for eksempel kjøling
- Optimal virkningsgrad på viftemotor
- Mulighet for behovsstyring

I tillegg gir temaveilederen følgende råd for prosjektering og utførelse for kontorbygninger (Statens bygningstekniske etat 2007a):

- Dimensjoner kanalnettet for lav hastighet, maksimal 1 Pa pr. meter
- Utform kanalnettet for lavt trykkfall, dvs. planlegg med kortest mulig føringsveier og reduser antall bend, T-stykker, overganger, etc. til et minimum
- Ikke bruk fleksikanaler, selv ikke ved ventilavslutning
- Velg vifter med utforming som gir små systemtap
- Unngå filter med høyt trykkfall

4.2 Aktuelle metoder for energisparing i bygninger

Det finnes en rekke metoder for å spare energi i nye og eksisterende bygg. Mange tiltak er installasjoner, mens andre går direkte på hvordan man bygger. Her er det materialvalg, nøyaktig utførelse og planlegging som vil være avgjørende faktorer. De byggetekniske faktorene vil være de rimeligste metodene for energisparing. Tekniske installasjoner er ofte dyre og har relativt kort levetid i forhold til resten av bygget.

I tillegg bør ethvert byggeprosjekt ha en eller flere personer som har det overordnede ansvaret for energibruk. Hvis ikke vil det fort kunne oppstå kompetansekaos, som resulterer i dårlige valg. Energibruken må være i fokus under hele prosessen, være tema på byggemøter og være konkrete energimål i kontrakter med entreprenører og leverandører.

Vi har sett på forskjellige muligheter, og ut i fra det fått kjennskap til metoder som videre har ført til valg av løsninger i våre eksempelbygg.

4.2.1 Solceller

Solceller omdanner solenergi direkte til elektrisitet ved hjelp av den fotoelektriske effekten. Bruken av solceller i bygninger var i mange år avgrenset til kun å gjelde områder hvor det ikke var mulig å koble seg til det elektriske nettet, slik som for hytter på fjellet og langs sjøen. Det er særlig prisen og virkningsgraden for solcellesystemer som har bidratt til at dette ikke har fått en større utbredelse så langt.

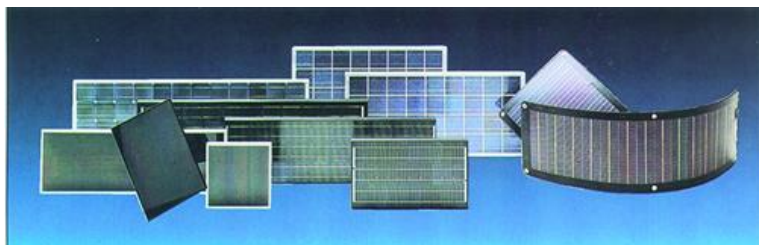
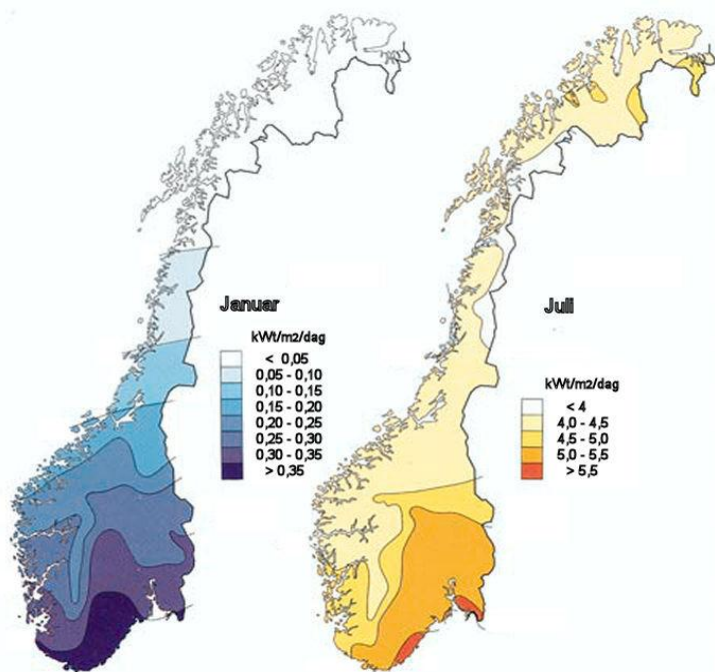


Foto 19: Solceller. (Fornybar.no 2010c)

I løpet av et år mottar Norges landareal energi i form av solinnstråling som er 1500 ganger større enn den energimengden vi bruker. Solinnstrålingen varierer sterkt med årstiden, og det er store forskjeller mellom nord og sør i landet. I sør er den årlige solinnstrålingen ca. 1100 kWh/m² mens den i nord ligger på ca. 700 kWh/m². I forhold til solinnstrålingen ved ekvator tilsvarer dette 30-50 %. I Norge er det også store variasjoner i solinnstråling i løpet av døgnet og året, helt fra 8,5 kWh/m² på en skyfri sommerdag til 0,02 kWh/m² på en overskyet vinterdag. (Norsk Solenergiforening 2010)



Figur 67: Solinnstråling i Norge. (Norsk Solenergiforening 2010)

Uavhengig av om solinnstrålingen er stor eller liten, så er det solcellesystemets virkningsgrad som avgjør hvor mye elektrisitet som blir produsert. Virkningsgraden er forholdet mellom

solinnstråling og produsert strøm. Virkningsgraden varierer for de ulike typene av solceller. De viktigste typene av solceller er krystallinske solceller og tynnfilmteknologier. På fornybar.no kan vi lese om forskjellen mellom disse typene av solceller.

”Krystallinske solceller og tynnfilmteknologier

De krystallinske solcellene lages av silisiumskiver, og det finnes to hovedtyper: monokrystallinske og multikrystallinske. Forskjellen ligger i krystallstrukturen; silisiumskiven i den monokrystallinske solcellen består av en eneste krystall med ett homogent krystallgitter, mens den multikrystallinske silisiumskiven består av mange små krystaller.

- Monokrystallinske celler har lavere tap og kan derfor omvandle noe mer av sollyset til elektrisitet enn de multikrystallinske. De krever imidlertid mer energi i produksjonsprosessen enn den multikrystallinske, og er derfor dyrere. I følge interesseorganisasjonen for solcelleindustrien i Europa, EPIA, har de monokrystallinske cellene høyest virkningsgrad (15 – 18 %), men er også mest material- og tidkrevende.
- Multikrystallinske solceller fremstilles av et rimeligere materiale enn monokrystaller av silisium, men virkningsgraden blir noe dårligere, ca. 14 %.

Det finnes en rekke ulike tynnfilmteknologier. Den første som ble kommersialisert var amorfe silisiumceller (a-Si). De amorfe silisiumcellene har lav virkningsgrad (ca 7 %) og begrenset levetid (ca. 10–15 år). Den største fordel er at de kun behøver 1 – 5 % av råstoffet som behøves i en krystallinsk celle.” (Fornybar.no 2010c)

”Den viktigste fordel med tynnfilmteknologi i forhold til krystallinske silisiumceller er at det brukes mye mindre av kostbare råvarer i produksjonen. En annen fordel er at det er teoretisk mulig å lage store flater i en operasjon, noe som åpner for mer rasjonelle produksjonsprosesser. Videre kan flatene produseres slik at de kan bøyes, og for eksempel legges over buede tak. Selv om den oppgitte virkningsgraden er noe under virkningsgraden for krystallinske celler, behøver ikke årsproduksjonen av elektrisitet å være tilsvarende lav. Som nevnt ovenfor benytter bransjen maksimal elektrisitetsproduksjon under ideelle forhold som grunnlag for oppgitt virkningsgrad. Under mindre ideelle forhold, som diffus innstråling, kan tynnfilm-systemene i noen tilfeller produsere mer elektrisitet enn de krystallinske, som er mer avhengig av direkte innstråling. Levetiden er imidlertid en svakhet for mens de krystallinske har minst 25 års levetid, har tynnfilmcellene 10-15 års levetid.” (Fornybar.no 2010c)

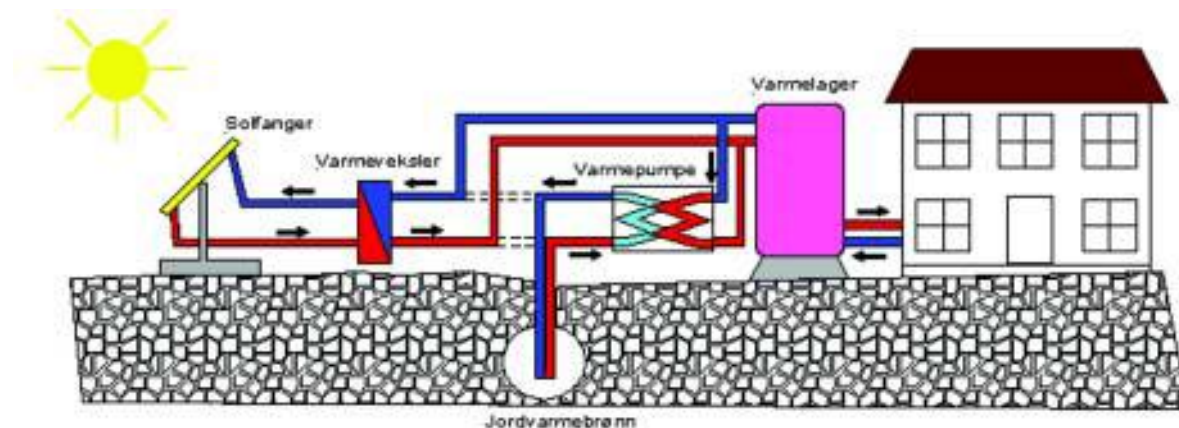
Det forskes mye på solceller for å bedre virkningsgraden slik at en større andel av solenergien som treffer jordens overflate kan omdannes til elektrisk strøm. Det er også en utfordring å finne alternative metoder for å lagre produsert strøm, slik at denne kan benyttes når det er behov for den. Etter hvert som teknologien utvikles ytterligere vil solcellesystemer bli enda mer interessante å benytte som en del av energikildene i norske bygninger, enn hva som er tilfellet pr dags dato.

4.2.2 Solfangere

Solfangere er det vi kaller et aktivt solvarmesystem. Solfangersystemet består forenklet sett av en solfanger, et varmelager, en varmeveksler og et varmfordelingssystem. Solfangeren kan plasseres på tak, fasader eller frittstående. Solfangeren er fylt med vann blandet med ulike typer frostvæsker som varmes opp av sola og deretter transporteres videre til et varmelager. Varmelageret er som oftest en form for varmtvannsbereder. Dette varme vannet kan da brukes til vannbåren varme og oppvarming av tappevann.

”For å kunne sammenligne installert kapasitet av termiske solfangere med andre energikilder (solceller, vind etc), er det nå internasjonal enighet om å bruke $0,7 \text{ kWth/m}^2$ for å vise den nominelle kapasiteten for installerte solfangere. (kWth står for kW termisk.) Dette betyr at en kvadratmeter solfangerareal tilsvarer installert kapasitet lik $0,7 \text{ kWth}$. Den faktiske varmeproduksjonen vil variere betydelig avhengig av solfangertype, systemutforming og geografisk plassering. For å maksimere utbyttet av solfangeren, må også retningsorientering og helningsvinkel optimaliseres.” (Fornybar.no 2010d)

For at solfangere skal kunne fungere til oppvarming av boliger gjennom hele året i Norge må det brukes sesongvarmelagre. Et slikt system kan oppnås ved bruk av energibrønn og varmepumpe.



Figur 68: Prinsippkisse for solfangersystem med energibrønn. (Energiparken 2003)

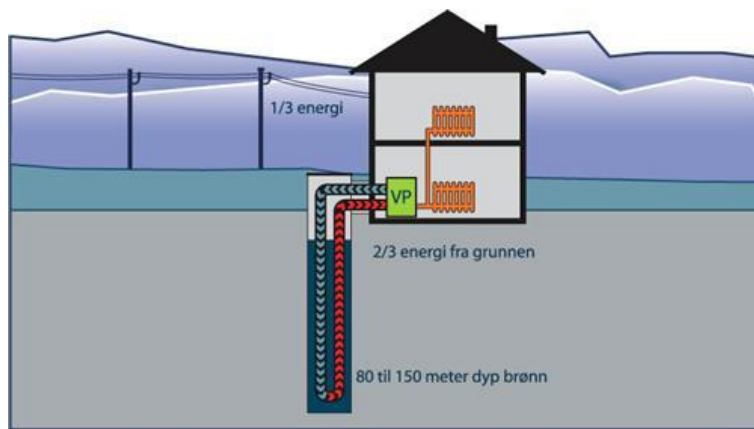
Hvis man ikke har sesongvarmelagre, kan solfangeren brukes i kombinasjon med andre miljøvennlig løsninger. For eksempel er kombinasjonen med biobrensel et veldig miljøvennlig alternativ som kan gi tilnærmet null klimagassutslipp.

4.2.3 Energibrønner

Grunnvarme er utnyttelse av lavtemperatur energi (mellom $5 - 30 \text{ }^\circ\text{C}$) i grunnen; i øvre jordlag, i grunnvannsreservoarer eller i borehull i fjell.

Energibrønner med temperaturer over $40 \text{ }^\circ\text{C}$ kan utnyttes direkte til oppvarmingsformål. Dersom energikilden holder lavere temperatur enn man trenger, kan man benytte en varmepumpe for å heve temperaturen slik at energien kan utnyttes, for eksempel til oppvarmingsformål eller prosessvarme. Dette kan skje ved oppumping av grunnvann i såkalte

åpne systemer, eller i lukkede systemer der en frostvæske sirkulerer i en lukket krets mellom varmekilden og varmepumpens fordamper.



Figur 69: Energibrønn. (Fornybar.no 2010a)

Anleggene kan også bygges for å dekke kjølebehov. Da føres energi tilbake til grunnen, som brukes som energilager for oppvarming på et senere tidspunkt eller et annet sted. Dette vil redusere nedbetalingstiden, både ved at brønncapasiteten og dermed investeringskostnaden kan reduseres, og fordi høyere temperatur i brønnen gir økt energieffektivitet og dermed lavere driftskostnader. Et grunnvarmeanlegg vil i mange tilfeller dekke hele eller store deler av kjølebehovet i bygninger med frikjøling. Frikjøling innebærer at den lave temperaturen i energibrønnen eller grunnvannet varmeveksles med kjøleanlegget i bygget uten at varmepumpen må brukes som kjølemaskin, og behovet for tilført elektrisk energi er derfor minimalt.

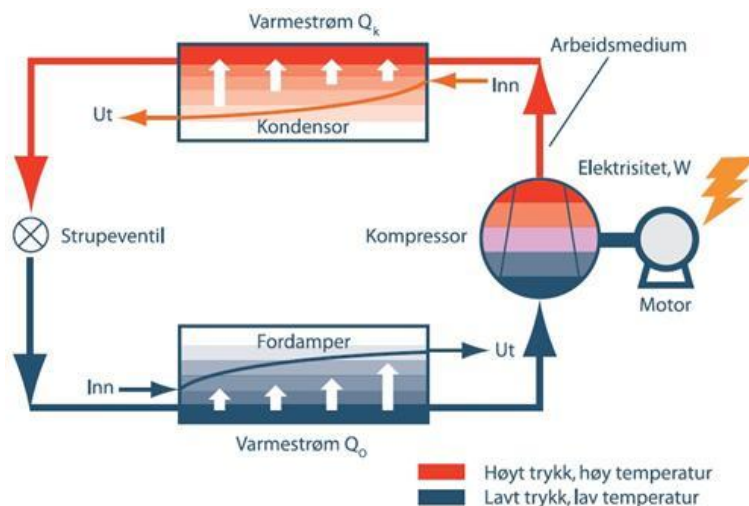
Størrelsen på anleggene kan variere fra en enkelt energibrønn for punktoppvarming av et hus, og opp til kombinerte varme- og kjøleanlegg med hundretalls energibrønner. De største anleggene kan dekke varme- og kjølebehovet for næringsparker eller sykehuskompleks, alternativt forsyne sluttbrukere via et fjernvarme- og fjernkjølenett. (Fornybar.no 2010a)

4.2.4 Varmepumper

”Varmepumpen er en viktig bidragsyter til energisparing. EUs fornybardirektiv som ble lansert i 2008, definerer imidlertid både grunnvarme og for første gang også varmekildene luft og vann (brukt i forbindelse med varmepumpe), som fornybar energi. Men energiproduksjonen fra et varmepumpeanlegg godkjennes kun som fornybar energi i de tilfeller hvor varmepumpens varmeproduksjon overstiger mengden tilført energi med 15 %. Videre regnes kun en andel av varmepumpens varmeproduksjon som fornybar energi, energien som konsumeres av varmepumpen trekkes fra. EU Kommisjonen vil utarbeide standard beregningsmetoder for fornybar energi fra varmepumper innen januar 2013.” (Fornybar.no 2010e)

Varmepumper utnytter varmen i omgivelsene ved hjelp av tilført elektrisk energi. Varmepumper består i prinsippet av hovedkomponentene kondensator, strupeventil,

fordamper og kompressor. Det sitter en varmeveksler i kondensatoren og fordamperen. Prinsippet bak varmepumper er sammenhengen mellom trykk og temperatur for væsker og gasser. I varmepumpen er det et arbeidsmedium i en lukket krets som kondenserer og fordamper ved gitte trykk og temperaturer. Når en gass komprimeres og får høyere trykk vil også temperaturen stige, mens temperaturen vil synke når trykket synker.



Figur 70: Prinsippskisse som viser hvordan en varmepumpe fungerer. (Fornybar.no 2010e)

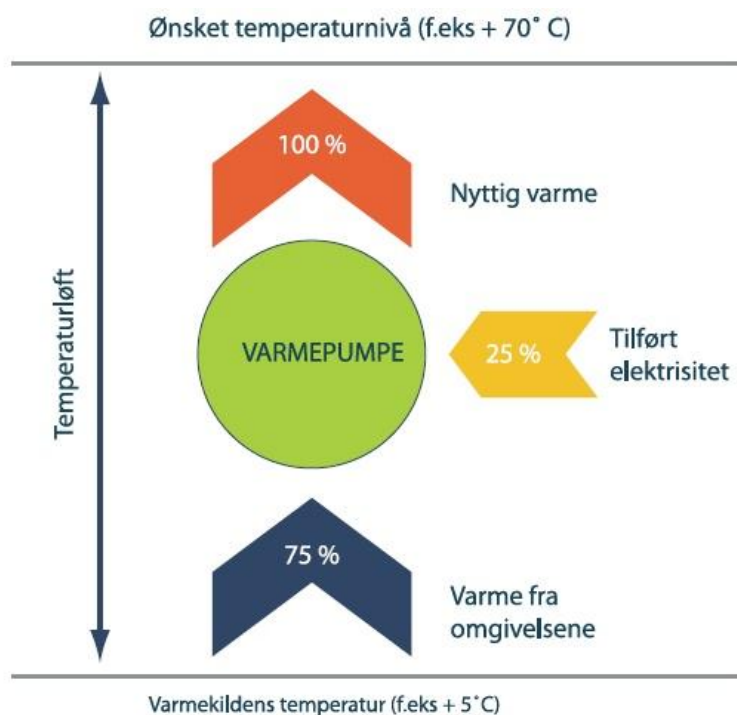
Varmepumpen er satt sammen av hovedkomponentene kondensator, strupeventil, fordamper og pumpe. Arbeidsmediet sirkulerer i kretsen og sørger for varmetransporten.

Ulike typer varmepumper

Luft/luft varmepumper er den typen som det selges flest av i Norge. Den henter energi fra uteluften og leverer varm luft innendørs. Disse varmepumpene er på 4 kW til 7 kW og kan typisk levere 50 kW varmeeffekt. Luft/luft varmepumper får dårligere effekt ettersom temperaturen utendørs synker.

Luft/vann varmepumper henter også energi fra uteluften, men brukes til romoppvarming i form av vannbåren varme innendørs og/eller til å varme opp varmtvann. Dette krever naturlig nok litt større investeringer innendørs og egner seg derfor best dersom det allerede finnes et system for å fordele varmt vann i bygningen eller ved nybygging eller store ombygninger.

Vann/vann varmepumper er de meste effektive varmepumpene, men samtidig også de dyreste systemene å installere. Disse pumpene henter termisk energi fra vannbårne kilder som grunnvann, ferskvann eller sjøvann. Vannbårne kilder har en lavere og jevnere temperatur enn hva uteluften har, det er dette som gjør disse varmepumpene så effektive.



Figur 71: Varmepumpeprinsippet. Ved å tilføre elektrisitet kan energi flyttes fra et reservoar med lav temperatur til en mottager med høy temperatur. (Barstad 2010)

4.2.5 Turbiner/Mikrokraftverk

Fra tidlig 1900-tall har vi utnyttet vannkraft til å produsere energi her til lands, enten ved fossekraft eller oppdemning. Resultatet har blitt store naturinngrep og ødeleggelser av flotte vassdrag. Den senere tid har også mindre kraftverk blitt bygget av private grunneiere. Disse kalles mikrokraftverk eller minikraftverk, alt etter hvor stor effekt de har.

”Små vannkraftverk etableres ofte i bekker og mindre elver uten reguleringsmagasiner. Kraftverkene produksjon vil da variere med tilsiget av vann. Siden disse kraftverkene sjeldent magasinerer vannet, kan de ofte bygges uten store konsekvenser for natur og miljø. Men det gjør også at kraftverkene kun produserer strøm når det er nok vann i elva. En stor del av potensialet for ny vannkraft er fra relativt små kraftverk. For å øke utbyggingsinteressen har myndighetene blant annet forenklet konsesjonsbehandlingen.

For små kraftverk er utfordringen ofte å finne turbiner som har god virkningsgrad ved varierende vannføringer, mer enn høy toppvirkningsgrad. Dette har ført til noe bruk av turbin typer som tverrstrømturbinen. En tverrstrømturbin (Crossflowturbin) overlapper delvis bruksområdet til Kaplan-, Francis- og Pelton turbinene, men har lavere virkningsgrad. Den håndterer stor variasjon i vannmengde og en fallhøyde på 2–100 meter. Tverrstrømturbiner benyttes i uregulerte små kraftverk. Det er også utviklet en såkalt plateturbin for kraftverk under 4 MW. Denne typen dekker et fallhøydeområde på mellom 50 og 240 meter. Plateturbinen er en forenklet Francisturbin som er utviklet innen universitets- og forskningsmiljøet i Trondheim.” (Fornybar.no 2010b)

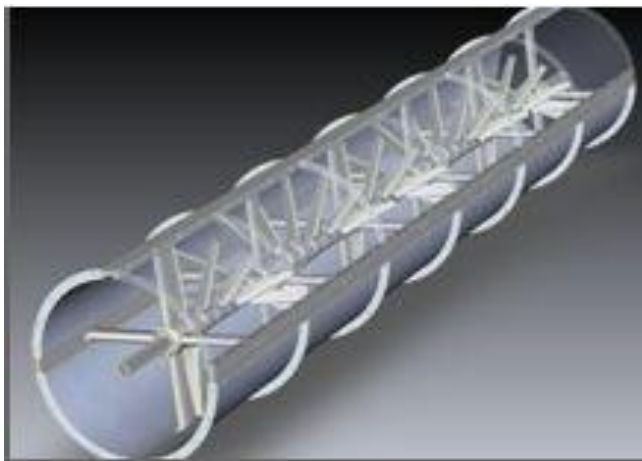
Også i de kolossale vannmassene som driver sakte gjennom elver i byene, er det enorme energimengder. Disse blir sjeldent utnyttet til å generere strøm. Dette bør kunne utnyttes ved turbiner uten de store naturinngrepene.

I Teknisk Ukeblad fra 2007 kan vi lese om Smartkraft sitt nedsenkbare mikrokraftverk: (Nilsen 2007)

”Turbinene krever ikke nevneverdig fall, men litt større vannmengde. Det lille vannkraftverket består av et rør som er åpent i begge ender, så vannet kan strømme gjennom. Inne i røret er det festet et visst antall blader i spiralform som drives rundt av vannet som strømmer igjennom røret.

Avhengig av vannhastighet og mengde, kan bladene dreie rundt 200-300 ganger per minutt og produsere opp mot 50 kW strøm, nok til fem hus.

Den enkleste monteringen er å senke hele vannkraftverket ned i en elv, mens det fortøyes til for eksempel to pongtonger på overflaten. Slik vil ikke vannkraftverket synes eller høres, eller medføre store inngrep i naturen. Prototypen er relativt stor, seks meter lang og en meter i diameter. I første omgang tror Smartkraft at det største markedet vil være blant virksomheter og kommuner, som et supplement til eksisterende strømproduksjon.”



Figur 72: Smartkraft sitt nedsenkbare mikrokraftverk. (Nilsen 2007)

4.2.6 Ventilasjon

TEK 07

I Tek 07 står det ikke at det er et krav til balansert ventilasjon, men det er i praksis vanskelig å unngå bruk av balansert ventilasjon. Kravet til byggets tetthet er for strengt for å få tilstrekkelig luftutskifting ved naturlig eller mekanisk ventilasjon. Balansert ventilasjon vil derfor utgjøre betydelig del av byggets totale energi forbruk.

Kravet til gjenvinning av 70 % av varmen i ventilasjonsluften er et krav i TEK07 og vil sannsynligvis øke til 80 % i næringsbygg i den kommende TEK10.

Lokal kjøling

Tiltaksmodellen tar som tidligere nevnt ikke hensyn til bruk av lokal kjøling. Har man behov for lokal kjøling må man derfor oppfylle forskriftene gjennom rammekravsmoellen. Med dagens utforming av bygninger med store glassflater kan det være vanskelig å unngå bruk av lokal kjøling.

Tiltak for å unngå bruk av lokal kjøling i kontorbygg er enkle grep som:

- Ulike typer skjerming mot sola
- Glass med lav solfaktor
- Mulighet for gjennomlufting av bygningen
- Benytte eksponert termisk masse i konstruksjoner
- Unngå utvendige flater med høy absorpsjonsfaktor
- Energieffektiv og behovsstyrt belysning
- Nattventilering av bygget
- Utforme ventilasjonsanlegget slik at temperaturstigning i anlegget pga. høy utetemperatur blir minimal

Varmegjenvinnere

Roterende varmegjenvinnere består av en rotor som varmes opp av avtrekksluften og denne varmen avgis igjen til den kalde innkommende uteluften. Disse har vanligvis en stabil høy virkningsgrad 75-85 %. Denne gjenvinneren kan også overføre noe fuktighet fra avtrekksluften til tilluften. Dette kan være gunstig for å unngå tørr luft innendørs i de kalde vintermånedene.

Motstrømsvarmeveksler fører luftstrømmene fra avtrekk og tilluft parallelt og mot hverandre. Luftstrømmene er fysisk avskilt med metallplater som fungerer som varmeoverføringsflate mellom avtrekk og tilluft. Disse varmevekslerne har en virkningsgrad på 75-80 %.

Kryssvarmeveksler er lik motstrømsvarmeveksler men luftstrømmene fra avtrekk og tilluft krysser hverandre med en vinkel på 90 grader. Denne har dårligere virkningsgrad som er på ca 70 %.

Kammervarmegjenvinner består av kammere som blir varmet opp av en varm avtrekksluft, som i neste omgang varmer opp kald uteluft. Denne har relativt høy virkningsgrad, 75-85 %. (Dokka. Hermstad 2006)

Optimal kanalføring

En viktig del av et vellykket ventilasjonsanlegg er riktig plassering av ventilasjonsaggregat og design av kanalsystem. Dette bør plasseres på innsiden av klimaskjermen, noe som gir mindre varmetap og man slipper gjennomføring i klimaskjermen. Planlegging av ventilasjonssystem bør derfor dras inn tidlig i planleggingsfasen. Teknisk rom bør ligge sentralt og en gjennomgående teknisk kanal kan være lurt å ha. Dette kan redusere føringslengdene ned til 1/3.

I tillegg til korte kanaler er det viktig med god strømnings teknisk utforming av kanalanlegg for å redusere trykktap og dermed spare vifteenergi. Skarpe bend, innsnevring og mange skarpe avgreininger bør unngås. (Dokka. Hermstad 2006)

4.2.7 Styringsystemer

”Undersøkelser viser at opptil 50 % av store bygg står ubrukt hver dag, fordi menneskene er ute på reiser, i møter o.l. På kveldstid er det ofte noen som må jobbe overtid eller skift på et begrenset antall rom. Da er det som regel betydelig større prosentandel av arealene som er ledige. Å kjøre full oppvarming, ventilasjon og lys i de ledige rommene, er unødvendig.” (ISITech 2010)

Det enkleste, mest effektive og billigste for å redusere strømforbruket er en enkel av og på bryter med innstillingene ”ute” og ”inne”. Dette kan ofte være det lureste med tanke på småhus og småkontorer. Dette vil derimot ikke være optimalt på et større kontor med mange ansatte, fordi det er mange mennesker og ulikt bruksmønster. Enkelhet bør allikevel etterstrebes. Hvis systemene blir for avanserte vil bruken kunne bli en utfordring.

Styringsystemer vil være nødvendige for å kontrollere alt av tekniske installasjoner i et moderne kontorbygg.

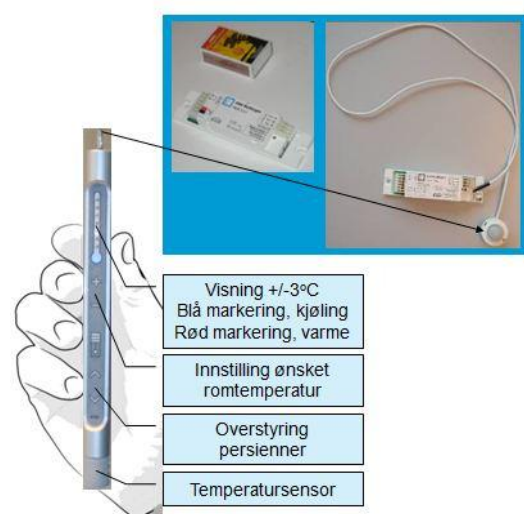
Behovsstyring

Bygninger har varierende bruk. Antallet mennesker i bygningene varierer og folk har også ulike ønsker om innetemperatur. For ikke å sløse med unødvendige mengder energi bør solavskjerming, oppvarming, ventilasjon og belysningen være behovsstyrt. Styringen bør da styres av sensorer som kan overstyres ved behov.

Behovsstyrt ventilasjon kan gjøres ved å plassere CO₂- og temperatursensorer i alle rom. CO₂ sensorer registrerer antall CO₂ partikler fra menneskers utånding ved hjelp av infrarødt lys. Deretter vil det sendes signaler til en sentral enhet som styrer ventilasjonsspeldene. Dette gir store energibesparelser og optimalt inn klima.

Behovsstyrt belysning bør planlegges med bevegelsessensorer med tidsforsinkelse og eventuelt noe permanent belysning. Utvending belysning kan for eksempel komme på når det blir mørkt.

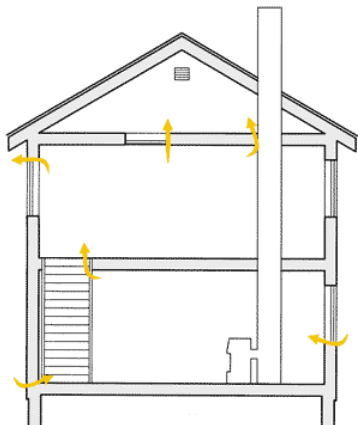
I praksis betyr dette at hvis et kontor er tomt vil lyset være avslått, spjeld til ventilasjon være på et minimum og temperaturen kan være som nattetemperatur. For at dette ikke skal resultere i mange brytere og sensorer som er lite brukervennlige, finnes det enkle styringsenheter som kan betjenes rett fra kontorstolen. Hvert cellekontor kan derfor utstyres med et lite panel som gjør at hver enkel bruker får tilgang til å justere lys, varme, ventilasjon og persienner etter eget ønske. Et slikt panel kan være koblet opp mot lysarmaturen og er meget enkel i bruk.



Figur 73: Panel for brukere. (YIT 2009)

4.2.8 Bygningstekniske prinsipper

Solceller, solfangere, energibrønner, varmepumper, ventilasjonsanlegg og styringssystemer er alle eksempler på tekniske installasjoner som bidrar til å kutte energiforbruket dersom de brukes på den rette måten. Men det hjelper lite med tekniske installasjoner dersom ikke selve bygningskroppen er god. Det viktigste er at bygningen er tett og godt isolert, slik at man ikke får kald trekk inn, eller slipper ut oppvarmet luft på en utilsiktet måte. Lufttettheten i mange eksisterende bygninger og bolighus er langt dårligere enn kravene i teknisk forskrift som er 1,5 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell. For småhus er kravet 2,5 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell.



Figur 74: Illustrasjon av utettheter i et hus. Kald luft trekker inn gjennom utettheter i de lavere delene, og varm luft strømmes ut i de øvre delene av huset. (Pettersen 2010)

Man bør være spesielt oppmerksom for luftlekkasjer på følgende steder:

- Ved golv- og taklister
- Omkring vinduer og dører
- Ved utsparinger for pipe
- Ved loftsluke
- Ved gjennomføringer
- Ved tilslutninger mellom bygningsdeler

Det er mulig å gjøre tetttiltak som ikke krever store bygningsmessige arbeider, slik som å legge tettelister rundt dører og vinduer og i fuger mellom karm og vegg.

Byggforskeren har et blad om energisparende tiltak i boliger, her nevnes det energisparende tiltak som krever større bygningsmessige arbeider. ”Energisparende tiltak som omfatter bygningskonstruksjonen, innebærer enten etterisolering av en eller flere av ytterflatene, skifte eller utbedring av vinduene eller en kombinasjon av disse tiltakene. Slike tiltak medfører som regel at luftlekkasjer tettes, noe som senker energibehovet ytterligere” (Pettersen 2010)

Man må være oppmerksom på at etterisolering og tetting kan gi fuktskader dersom dette ikke utføres på den rette måten. Bygningskonstruksjonen vil få endrede temperatur- og fuktforhold. Det er spesielt ved innvendig etterisolering at det er fare for fuktskader.

For å unngå at man må bruke unødvendige mengder energi på å kjøle ned bygninger på varme dager er det viktig at man benytter utvendig solavskjerming. Utvendig solavskjerming i kombinasjon med moderat bruk av glassarealer bidrar til at det ikke blir for varmt innendørs.

Som en oppsummering kan vi si at følgende punkter kjennetegner energimessig gode bygg:

- Tett og godt isolert klimaskjerm
- Moderat bruk av glass
- God U-verdi på vegger og vinduer
- Utvendig solavskjerming

4.2.9 Kostnad vs. Energispareeffekt

Norsk næringsliv har tatt klimautfordringene på alvor, og skjønt at de kan spille en nøkkelrolle for å redusere utslippene gjennom mer effektiv energibruk og nye tekniske løsninger. I 2007 ble derfor Næringslivets klimapanel etablert, med representanter fra de største og viktigste norske selskaper.

I 2009 gav de ut et temahefte med navn ”Energieffektiv utforming og bruk av bygg”.

I dette temahefte beskrives henholdsvis tekniske og ikke-tekniske tiltak for energieffektivisering og reduksjon av CO₂-utslipp for nye og eksisterende bygg. Det er gitt grove anslag på investeringskostnadene og effekten av de ulike tiltakene. Kostnad og effekt av tiltak vil selvfølgelig variere av type bygg, og om det er nybygg eller rehabilitering. I tillegg angir den om tiltakene kan implementeres og gi effekt på kort, mellomlang eller lang sikt.

Tabellene i figur 75 og 76 gir en pekepinn på hva som vil lønne seg både med tanke på energi og investeringskostnader. Disse er etter vårt syn foreløpig litt for lite spesifikke og det bør utarbeides en noe mer grundig og detaljert rapport. Slike rapporter har absolutt stor nytteverdi både for private og profesjonelle.

Tiltak		Kostnad	Kunnskaps- og utviklingsbehov	Energi- spareeffekt	Igangsetting/virkning Kort- Medium- Lang sikt
Bygningsutforming- og plassering	Klimatilpasning Planløsning – soning - kompakthet	Lav	Kunnskapsbehov	Stor	Kort (nybygg)
Bygningskropp	Bedre tetthetsløsninger	Lav	Kunnskapsbehov og noe utviklings- behov	Stor	Kort (nybygg)
	Reduksjon av kuldebroer	Lav	Kunnskapsbehov	Stor	Kort
	Bedre isolasjonsløsninger	Middels	Utviklingsbehov	Middels – stor	Medium – lang
	Bedre glass- og vindusteknologi	Middels/ høy	Utviklingsbehov	Stor	Kort – medium
	Bedre solavskjermings- og dagslys- systemer	Middels/ høy	Kunnskaps- og utviklingsbehov	Middels – stor	Medium
Ventilasjon	Effektiv varmegjenvinning Variabel ytelse i hht behov Effektive vifter Behovsstyring Kortere og mindre energikrevende føringsveier	Lav	Noe utviklingsbehov	Stor	Kort
Oppvarming	Effektive oppvarmings-systemer for små og korte varmelaster Solvarme/bio/geo, varmepumper	Middels/ høy	Utviklingsbehov	Middels	Kort – medium – lang
Kjøling	Passiv kjøling (solavskjerming, termisk masse, hybrid ventilasjon) Frikjøling vann/luft Varmepumper	Lav/ middels	Kunnskapsbehov, noe utviklings- behov	Stor	Kort – medium
Varmtvann	Aktiv sol Varmepumper Bio Ko-/multigenerering	Middels/ høy	Kunnskapsbehov og utviklings- behov	Middels	Kort – lang
Lys	Effektive lyskilder Utnyttelse av dagslys Behovsstyring/tidsstyring	Middels	Kunnskaps- og utviklingsbehov	Middels – stor	Kort-medium
Utstyr	Effektivt og styrt	Lav	Kunnskaps- og utviklingsbehov	Middels – stor	Kort – medium – lang
Styring og visualisering av energibruk	Integrerte systemer oppvarming, kjøling, ventilasjon, lys, brann, etc. Enkle, robuste og intuitive løsninger for leietakere	Middels	Kunnskaps- og utviklingsbehov	Stor	Kort
Fornybar elektrisitet	Solceller, vind, kogenerering fra bio	Høy	Kunnskaps- og utviklingsbehov	Middels – stor	Lang

Figur 75: Oversikt over kostnad vs. energispareeffekt ved tekniske tiltak. (Hilde Reine, Christian Joys, Sverre Tiltmes, Ranveig Ravnanger Landet 2009)

Tiltak		Kostnad	Kunnskaps- og utviklingsbehov	Energispareeffekt	Igangsetting/virkning Kort- Medium- Lang sikt
Prosjektering	Integrert energidesign BuildingSMART og BIM Energy performance contracts Samspillmodeller i tidligfase	Lav	Kunnskapsbehov	Stor	Kort/Medium
Bygging	Energi kontroll/ oppfølging (for eksempel tetthetsprøving)	Lav	Kunnskapsbehov		Kort
Drift	Energioppfølging Etterprøving Visualisering Brukerveiledning og -tilpasning for bygg	Lav/ middels	Kunnskapsbehov og utviklingsbehov	Stor	Kort
Økonomiske virkemidler	Tilskuddordninger til energieffektivisering Avskrivningsregler Tilskudd til rådgivning Tilskudd til opplæring/kompetanse Skattefradrag for energieffektivisering	Lav		Stor	Kort
Standardisering Testing og sertifisering Forskrifter Innkjøpsregler for offentlige anskaffelser Kompetanse-heving (virkemidler)	Norsk standard for lavenergi- og passivhus Energi merkeordning Miljøklassifisering av byggverk Testing og sertifisering av komponenter Revidering av teknisk forskrift minst hvert 5. år Det offentlige som pådrivere ved egne innkjøp Helse- og komfortkrav i forskrifter må revideres (inn klima) Systematisk etter- og videreutdanning av fagarbeidere	Lav/ middels	Kunnskapsbehov og utviklingsbehov	Stor	Kort

Figur 76: Oversikt over kostnad vs. energispareeffekt ved ikke tekniske tiltak. (Reine, Joys, Tiltmes, Ravnanger Landet 2009)

4.3 Programvare for energiberegning

Fokuset vårt på energiforbruk har vært stort, og vi har gjennomført energiberegninger. For å få så realistiske tall som mulig ønsket vi å bruke flere programmer for å se om det ble store forskjeller. Vi har også gjennomført kontrollberegning av energiforbruket med et regneark fra Sintef Byggforsk. Dette regnearket ligger som vedlegg.

4.3.1 SIMIEN

SIMIEN er et simuleringsprogram for beregning av energibruk, effektbehov og inneklime i bygninger. Programmet er norsk og inneholder en database med nasjonale klimadata og typiske bygningskonstruksjoner. Til forskjell fra Eco-designer og VIP-energy bruker vi ikke en ferdig bygningsmodell. Bygningene defineres i stedet i inndataark for ulike temaer, og resultatene av beregningene fremstilles i tabeller og diagrammer.

SIMIEN bygger på den dynamiske beregningsmetoden beskrevet i NS3031:2007.

Simuleringene utføres ved at tilstanden i hver enkelt sone beregnes med intervaller på 15 minutter. Tilstanden påvirkes av klima utenfor bygningen, bygningskroppens egenskaper og tekniske installasjoner i bygningen.

Den dynamiske beregningsmetoden egner seg godt for komplekse bygninger med styringssystemer for klimainstallasjoner, store glassarealer i klimaskjermen med korresponderende stort soltilskudd, eller bygninger med stort og varierende internt varmetilskudd.

Det er mulig å dele opp bygningen i rom/soner, noe som er lurt hvis:

- Ulike tekniske installasjonssystemer betjener forskjellige deler av bygningen.
- Det er betydelig forskjell på interne varmetilskudd i ulike deler av bygningen.
- Det er store forskjeller på soltilskudd i ulike deler av bygningen.
- Bygningen har flere ulike funksjoner

Det er fem simuleringstyper. Disse gir litt ulike resultater:

- Dimensjonerende vinterforhold: Simulering av 1-30 døgn i vinterhalvåret.
- Dimensjonerende sommerforhold: Simulering av 1-30 døgn i sommerhalvåret.
- Årssimulering: Simulering av et helt kalenderår. Beregner netto energibruk (energibehov) og levert energi til bygningen.
- Evaluering mot forskrifter: Bygningen sammenlignes mot de reviderte byggeforskriftene (TEK07). Det evalueres mot energitiltak, energirammer og minstekrav.
- Energimerkesimulering: Beregner en energiattest for bygningen etter reglene i energimerkeordningen. Ved beregning av bygningens energibehov brukes de normerte verdiene fra tillegg A i NS3031:2007:

4.3.2 Eco-designer og VIP-energy

Siden vi har brukt ArchiCad til å modellere byggene, ønsket vi å bruke energiberegningsprogrammene Eco-designer og VIP-energy til å gjøre beregninger på byggene våre. Vi benyttet manualen til programvaren for å lære oss disse programmene.

Dette sier Graphisoft om Eco-designer:

Eco-designer er et hjelpeverktøy for å teste ut design og løsninger iht. energiforbruk i en tidligfase og bidrar til å ta det første riktige skrittet mot et miljøvennlig bygg. Hovedhensikten med Eco-designer er å anslå i en tidlig fase hvor energieffektivt designet er og den gir muligheter for endring av designet slik at man kan forbedre energieresultatene ut fra sluttrapporten som Eco-designer produserer.

Eco-designer benytter en beregningsmotor som heter VIPCore. Denne beregningsmotoren beregner energibalansen og utfører beregningene som sluttrapporten er basert på. Beregningsmotoren VIPCore utfører dynamiske energianalyser.

Energibalansen i sluttrapporten består av:

- *Tilført energi: oppvarming, soloppvarming, varmegjenvinning, innvendig varme (pc, lamper, personer) og elektrisitet*
- *Avgitt energi: transmisjon, infiltrasjon og varmtvannskjøling (Graphisoft 2010)*

Dette sier Graphisoft om VIP-energy i sin manual:

VIP-energy er et beregningsprogram som gir muligheten til å studere resultatene fra Eco-designer nøyere, men er også et selvstendig program hvor man kan taste alle inndata inn manuelt dersom man ikke benytter Eco-designer. VIP-energy er et godkjent program som kan brukes til å dokumentere energibehovet for bygg i Norge. Den norske versjonen av VIP-energy som jeg benytter til sammenligning av resultater, bruker beregningsmodellene etter NS3031:2007, og sammenligner resultatene mot TEK 2007. VIP-energy er ikke ment for dimensjonering av varme- eller kjølesystemer, programmet er optimert for beregning av energibehov i bygninger.

Forskjellen mellom Eco-designer og VIP-energy er beregningsmodellene. Eco-designer benytter internasjonale beregningsmodeller mens VIP-energy benytter NS3031:2007. Dermed får vi et avvik i sluttresultatene. (Graphisoft 2010)

4.3.3 Prosjektert energiforbruk vs. Faktisk energiforbruk

Det jobbes i dag både nasjonalt og internasjonalt for å finne frem til praktiske metoder for å sette opp energi- og miljøregnskaper for bygg. De senere år man også skjönt at både materialer, produkter og selve bygningen i hele sin levetid skal bidra til at det går med minst mulig energi og skapes så lite forurensning som mulig. Finner man en god metode for å regne ut dette, kan den brukes til å vurdere alternative produkter og tekniske løsninger med tanke på å oppnå bygg som belaster miljøet på minst mulig måte.

Det blir i disse dager stadig skrevet nyhetsoppslag om nye bygninger som skal bruke godt under 100 kWh/m². Dette høres flott ut og gir selvfølgelig god PR for bygget. Men det er vanskelig å vite om dette blir det faktiske forbruket. Dette vil vi først vite med sikkerhet når



bygget er tatt i bruk, og energiforbruket er registrert over flere år. I tillegg vil et forbruk som måles i kWh/m², være feil når man sammenligner for eksempel en skole som brukes 40 timer i uka og et kontorbygg som brukes 80 timer i uka. En viktig faktor vil uansett være å gjøre brukerne bevisste på hva man gjør for å holde forbruket nede.

4.4 Material- og ressursforbruk

Ressursknapphet på materialer blir det ikke snakket mye om i Norge i dag. Det er fordi vi har relativt god tilgang på det meste vi trenger av materialer. I dag brukes det enorme mengder stein, sand og pukk til vei, bygg og kommunaltekniske formål.

”På grunn av stort forbruk og nedbygging av forekomster er det knapphet på sand og grus mange steder, særlig nær byer og tettsteder. Det resulterer i at masse må transporteres over stadig lengre avstander for at behovet skal dekkes. Det er derfor nødvendig å øke levetiden på de ressursene som finnes og det trengs derfor en bevisstgjøring som hindrer sløsing med sand- og grusforekomstene. Dette kan gjøres ved at ved at masser med en bestemt kvalitet kun brukes til formål hvor det settes krav om den gitte kvaliteten.” (NGU 2007)

Transportvei og fremstilling er en avgjørende faktor mange glemmer når det gjelder det totale CO₂ fotavtrykket ved et byggeprosjekt. Materialer bør derfor i den grad det er mulig være produsert lokalt.

”I motsetning til i andre land har det vært lite fokus på gjenbruk av byggematerialer i Norge. Årlig produseres det ca. 1,1 million tonn rivningsavfall av betong og tegl. Av dette er bare 10 % levert til gjenvinning de siste årene, mens resten er blitt deponert på fyllplasser eller dumpet mer eller mindre lovlig andre steder.” (NGU 2007)

Ved å øke mengden som går til gjenbruk vil de lokal ressursene vare lenger.

I Norge har vi tilgang på en enorm mengde skog. Allikevel importerer Norge store mengder trelast og byggevarer av regnskogtømmer. Dette bør være helt unødvendig når vi i dag har materialer som Kebony, som er et varig alternativ til impregnert, overflatebehandlet eller tropisk trevirke. Kebony produseres fra trevirke som kommer fra bærekraftig skogbruk i Norge.

Vi håper at det kan bli tatt gode og miljøriktige valg når byggingen starter på Borgestad, slik at Borgestad Næringspark kan gå foran som et godt miljøeksempel.



4.4.1 Energieffektive produkter

Belysning

”Belysning står for ca 15-20 % av energibruken i bygninger. Utskiftningstakten på belysningen i norske bygg er i dag ca. 33 år. Samtidig har utvikling innenfor belysning vært formidabel de senere årene. Et armatur fra 70-80-tallet bruker i dag opp mot 80 % mer energi enn et moderne armatur med tilstedeværelsessensor og daglysdimming. Belysning er i så måte en av de enkleste og billigste måtene å redusere energikostnadene i bygg i dag.” (EL-løftet 2010)

I EU har en gradvis utfasing av glødepærer begynt. Denne utfasingen skal også Norge rette seg etter. Tabell 15 viser tidsplanen for denne utfasingen.

Dato	Hva skjer
1. september 2009	Forbud mot alle matte glødepærer, og klare glødepærer over 100 W
1. september 2010	Forbud mot glødepærer på 75 W
1. september 2011	Forbud mot glødepærer på 60 W
1. september 2012	Forbud mot alle glødepærer
1. september 2013	Skjerpede krav til lavenergipærer og LED pærer
1. september 2016	Skjerpede krav til blant annet halogenpærer

Tabell 15: Viser EUs tidsplan for utfasing av glødepærer. (Regjeringen.no 2009)

Det finnes i dag en rekke gode alternativer til glødepærene. Halogenpærer og lavenergipærer er blant dem. Lysdiodeteknologien, som ofte omtales LED (Light Emitting Diode) er under stadig utvikling og blir stadig vanligere. Lysdioden har både lengre levetid og bruker mindre strøm enn halogenpærer. De avgir minimalt med varme som kan gjøre behovet for kjøling mindre, men dermed også øke behovet for oppvarming. Fargede lysdioder er meget effektive og fungerer godt til effektbelysning innvendig og utvendig.

På El-løftets hjemmeside kan vi lese at det også finnes andre måter å spare strøm på. Det er blant annet ved å optimalisere plassering av lysarmatur. På en vanlig arbeidsplass trenger man i dag en lysstyrke på ca 500 lux, mens man kan klare seg med langt lavere lysstyrke i øvrige deler av lokalet. Ved å plassere armaturen optimalt i forhold til arbeidsplassen kan en ofte redusere antall armaturer og likevel få tilstrekkelig arbeidslys der en trenger det.

Den beste løsningen sammen med energieffektiv belysning, vil som tidligere nevnt være å benytte behovsstyrt belysning.

Utstyr

I kontorbygg vil det ofte være minst like mange datamaskiner som mennesker. Disse bruker til sammen masse energi og avgir mye varme. På toppen av dette kommer kopimaskiner, printere osv. Her kan man velge energieffektive produkter og spare masse. Her finner man også energimerkeordninger som blant annet EnergyStar.

Hvite- og brunevarer har også energimerkeordning fra A til G. Ett A++ kjøleskap bruker 55 % mindre strøm enn et B kjøleskap. I kontorbygg vil det ikke være så mange hvite- og brunevarer, men når man teller opp er det nok ofte flere enn man tror.



4.4.2 Miljøriktige materialer

Miljøhensyn skal man alltid være fokusert og bevisst på uansett hva slags prosjekt man skal i gang med, eller hva slags tilnærming man har til prosjektet. Myndighetene angir miljøkrav som alle plikter å etterleve, men det er ikke slik at man skal nøye seg med kun å oppfylle minimumskrav. Det burde være et større fokus etter å gjennomføre prosjekter med høyere miljømål enn hva som er minimumskrav.

En ombygging på Borgestad Næringspark vil innebære at svært mange bygninger skal rehabiliteres. Bygningene er i ulik tilstand, bygget i ulike tidsperioder og består av ulike materialer. Det vil ikke være overraskende om man støter på materialer som krever spesialbehandling ved demontering. Det er allikevel viktig å understreke at det ikke er noen mistanke om at man vil finne mer av dette på Borgestad Næringspark enn for andre tilsvarende prosjekter rundt om i landet.

Det er et stort antall produkter og materialer som er benyttet i byggebransjen opp gjennom årene, og vareutvalget bare øker og øker. Det er ikke dermed sagt at alle byggematerialer er miljømessig egnet i forhold til sine omgivelser. Produkter og materialer består av en rekke ulike stoffer, noen av disse stoffene er mer skadelig enn andre og enkelte er direkte farlige.

Norske myndigheter utgir kjemikalielister for i overkant av 3500 stoffer som benyttes i ulike sammenhenger i Norge. På markedet finnes det totalt 8000-10000 forskjellige kjemiske stoffer, langt fra alle er vurdert av myndighetene. Det er med andre ord fullt mulig å bruke stoffer som kan ha mulige skadevirkninger på miljøet som vi enda ikke vet om.

Kjemikalielistene er delt opp i ”Stofflisten”, ”OBS-listen” og ”Prioritetslisten”. På ”Stofflisten” finner vi ca. 3500 stoffer. Disse er klassifisert og merket som helse- eller miljøskadelige. På ”OBS-listen” finner vi 250 stoffer fra ”Stofflisten” som vi skal være spesielt oppmerksomme på. Disse 250 stoffene bør erstattes med mindre farlige alternativer. Stoffene brukes i en slik utstrekning at de kan representere problemer på nasjonalt nivå. På ”Prioritetslisten” finner vi ca. 30 stoffer, disse er de mest helse- og miljøskadelige stoffene som er i bruk. Stoffene på ”Prioritetslisten” omfattes av nasjonale målsetninger om utslippsreduksjoner og stans av utslipp i henholdsvis 2010 og 2020. (Miljøstatus Norge 2010)

På et foredrag ved Viel Sørensen, som er seniorrådgiver ved Direktoratet for forvaltning og IKT ble vi oppmerksomme på hva som kjennetegner farlige stoffer og kjemikalier:

Kjennetegn farlige stoffer og kjemikalier (Sørensen 2009):

- Fettløselige – brytes nesten ikke ned
- Bioakkumuleres – oppkonsentreres i næringskjeden
- Hormonliknende
- Subtile effekter (eksempel: redusert immunforsvar)

På neste side er det vist eksempler på stoffer som er sannsynlig at man vil møte på i byggebransjen, samt i hva slags byggeprodukter og –materialer disse finnes.



Stoffnavn	Kan finnes i:	Stoffnavn	Kan finnes i:
Krom	Fargepigment i maling, fliser, rustbeskyttelse	Bromerte flammehemmere	Kretskort, elektriske kabler, cellegummi, EPS
Kadmium	Fargepigment i glasserte fliser, plastledninger, oppladbare batterier (NiCd)	Klorerte parafiner	Fugeskum, elektriske kabler, lim, membraner, tapet
Ftalater	Vinylbelegg, elektriske kabler, maling, lim	Bisfenol A	Maling, lakk, primer

Figur 77: Vanlige bioakkumulerende stoffer som bør unngås. (Sørensen 2009)

Stoffnavn	Kan finnes i:
<u>Ftalater</u>	Vinylbelegg, elektriske kabler, maling, lim
Bromerte flammehemmere	Kretskort, elektriske kabler, cellegummi, EPS
<u>Bisfenol A</u>	Maling, lakk, primer,

Figur 78: Vanlige hormonhermende stoffer som bør unngås. (Sørensen 2009)

4.5 Eksempler på energieffektive bygninger

Det er foreløpig ikke mange kontorbygninger som har et lavt energiforbruk per kvadratmeter. Med lavt energiforbruk mener vi bygninger som ikke har høyere energiforbruk enn 168 kWh/m²/år, og som dermed ville oppnådd karakteren C i den nye energimerkeskalaen.

Teknisk ukeblad referer i en artikkel fra 10.11.2009 (Seehusen 2009) til en liste over de mest energieffektive kontorbygningene i landet, hentet fra Enova sin statistikk. Som vi ser av faktaboksen under så er det i Enova sin statistikk kun fire eksisterende kontorbygg her i landet som har et energiforbruk som tilsvarende karakter C eller bedre.

ENOVAs toppliste

Enova har en database med energidata for 16 000 bygg i Norge. Her er de beste i kategoriene kontorbygg, kjøpesentre og skoler:

Kontor

1. KLP-bygget i Trondheim med et energiforbruk på 83 kWh/m²/år. Bygget 2009
2. Myrdalsveien 2, Nyborg med et energiforbruk på 87 kWh/m²/år. Bygget 2005S
3. Vetco Aibel i Sandnes med et energiforbruk på 133 kWh/m²/år. Bygget 2006
4. Byporten i Oslo med et energiforbruk på 167 kWh/m²/år. Bygget i 1996.

Figur 79: ENOVAs toppliste over kontorbygninger med lavt energiforbruk. (Seehusen 2009)

Det er imidlertid en rekke nye kontorbygninger under prosjektering eller utførelse som vil få et lavt energiforbruk når de ferdigstilles. Vi har sett nærmere på hva som er gjort for å få et lavt energiforbruk i det ferdigstilte KLP-bygget i Trondheim og to prosjekter som nå er i utførelsesfasen, Bellona-bygget i Oslo og det noe mindre kjente kontorbygget ”Slippen” i Porsgrunn.

4.5.1 KLP-Bygget, Trondheim

KLP bygget er beregnet til å skulle bruke 106 kWh/m²/år ifølge beregningsmodellene i NS3031. Det faktiske forbruket er estimert enda lavere, til kun 83 kWh/m²/år. KLP bygget har fått sitt lave energiforbruk ved enkle hjelpemidler og bevissthet fra alle involverte om at det var et mål å bygge et bygg med lavt energiforbruk.

Prosjekteringsleder for KLP-bygget i Trondheim, Bjørnar Gullbrekken trekker i et intervju med Teknisk Ukeblad 10.11.2009 (Seehusen 2009) frem følgende faktorer som førte til det lave energiforbruket:

- Kjøleanlegget er plassert på taket, oppå hvit takpapp. Temperaturen på innluften blir dermed redusert med fem grader på solrike dager, og kjølebehovet reduseres med 40 %.
- Håndverkerne var med å bestemme noen av kravene slik at de var bevisste på hva som var viktig. De bestemte seg for å bygge med en tetthet på 0,8 istedenfor kravet som er 1,5. Resultatet ble en tetthet på 0,4. Det ble gjort trykktesting og termofotografering underveis. På bakgrunn av dette fant man ut at klossene mellom vinduene og stenderne sto for langt ut og presset på vindspærren. Dermed ble klossene flyttet lenger inn mot rommet på alle 560 vinduer.
- Ingen innvendige himlingsplater, kun malt betong. Luftstrømmen styres slik at betongen kan ta opp varme eller kulde etter behov, slik at romtemperaturen holder seg.
- Serverrommet er plassert ved siden av varmesentralen i kjelleren, slik at overskuddsvarme fra serverne er med på å bidra til oppvarming av bygningen.
- Et bra styringsanlegg med sensorer som registrerer om hvert enkelt kontor er i bruk eller ikke, temperatur, lys og solavskjerming styres på bakgrunn av dette.



Foto 20: KLP-bygget i Trondheim. (Seehusen 2009)

4.5.2 Bellona-bygget, Oslo

På Vulkan området på Grünerløkka i Oslo har byggarbeidene startet for miljøorganisasjonen Bellona sitt nye signalbygg. Fredric Hauge i Bellona har en klar mening om hvor bra Bellona bygget skal bli. Dette sa han i et intervju med Teknisk Ukeblad i en artikkel fra 07.05.2009

”Vi kan ikke nøye oss, som regjeringen, med å kanskje klare klasse B på nye bygninger. Vi klarer klasse A.” (Hovland 2009) Målet er at Bellona-bygget ikke skal bruke mer enn 80 kWh/m²/år når det står ferdig i oktober 2010. For å oppnå dette er det lagt vekt på følgende tiltak i Bellona bygget:

- Ekstraisolerte vinduer, vegger og tak
- Styringssystemer for lys, varme og ventilasjon
- Bygget er tilpasset naturlige solforhold og solfangere sørger for ekstra oppvarming.



Figur 80: Illustrasjon av det nye Bellona bygget. (LPO arkitekter 2009)

4.5.3 ”Slippen”, Porsgrunn

”Slippen” er siste tilskudd av kontorbygg i Porsgrunn Næringspark og er tegnet av arkitektkontoret Børve og Borchsenius AS. Enova har utpekt bygget som et regionalt forbildeprosjekt, og dermed gitt økonomisk støtte til prosjektet. Energimålet for kontorbygget er 83 kWh/m²/år, og det skal være innflyttingsklart i løpet av sommeren 2010. I dette prosjektet er elva benyttet som ressurs, det var en av de viktigste grunnene til at vi besøkte nettopp dette bygget. Det er plassert tre kollektorer på en betongplate som senkes ned i elva. Varmepumpesystemet består av glykol som går i plastrør ut i elva og videre til kollektorene. Dermed brukes elva som varmereservoar til å skaffe varmt vann til radiatorer og varmtvannsberedere. På varme dager vil varmepumpen kunne brukes som kjølemaskin.

Viktige energitiltak på ”Slippen” er:

- Ekstraisolerte vinduer og vegger
- Solavskjerming
- Et godt styringsanlegg



Figur 81: Illustrasjon av "Slippen" i Porsgrunn. (Arkitektkontoret Børve og Borchsenius 2009)

Del 5: Forslag til energiltak og resultater av energiberegninger

5.1 Energisparende tiltak i casebyggene

Vi har valgt å gjennomføre en rekke energisparende tiltak i våre bygg. Vi har ikke kun gjennomført energiltakene i TEK, vi har valgt løsninger som er bedre enn minimumsløsningene der det er mulig. Det viktigste energibesparende tiltaket blir å sørge for en godt isolert klimaskjerm og vinduer med lav U-verdi. Dette har medført enkelte utfordringer ved etterisolering av teglsteinsveggene i Verket. Vi har valgt å benytte tekniske installasjoner som vi mener utnytter energipotensialet i elva på en god måte. Den kritiske faktoren er å få styringssystemet til å virke på en god måte, slik at alle tekniske installasjoner samarbeider på en optimal måte. Energisparende tiltak vil først få full effekt når de alle samvirker optimalt.

Tettheten må dokumenteres i etterkant med en trykktest. Denne utføres ved at alle byggets åpninger lukkes og man setter inn en blåsemaskin som skaper overtrykk. Deretter kan man måle luftlekkasjen. Dersom ikke vårt mål på 1,5 luftskiftninger per time er oppnådd, må forbedringstiltak utføres.

Bygningen kan deretter termofotograferes for å finne ut hvor luftlekkasjene er størst. For å få til god lufttetthet kan man gjøre det på følgende måte:

- Kontinuerlig tett dampsperre
- Kontinuerlig tett vindsperre
- Alle fuger må utføres med to-trinns tetting
- Korrekt og nøyaktig utførelse med tilfredsstillende utførelseskontroll

5.1.1 Bygningstekniske løsninger i Ferdigvarelageret

Ferdigvarelageret er et ganske enkelt gjenbruksprosjekt med tanke på å oppnå gode byggtekniske løsninger. Dette fordi utgangspunktet kun er et tak. Derfor har vi stått fritt til å bygge opp vegger og gulv på grunn slik vi ønsker.

Dekke

Dekket er bygget som gulv på grunnen. Eksisterende betonggulv bør pigges opp. Dette er lurt å gjøre siden det ikke er altfor mye å gå på når det gjelder takhøyde. Nye søyler må ha fundamenter og de eksisterende fundamentene må forsterkes, så gulvet må allikevel pigges opp. Gulvet skal bygges opp av:

- Gulvbelegg, parkett eller tegl
- Betonggulv 100 mm
- Fuktsperre 0,2 mm
- XPS, 350 mm

U-verdien vil da være 0,08 W/m²K.



Yttervegger

Ytterveggen i Ferdigvarelageret består av glassfasader og bindingsverkvegger med unntak av nordveggen som er den eksisterende teglveggen Verket. Bindingsverksveggen er bygget opp som en vegg med passivhusstandard for å få lav U-verdi. I tillegg bør I-profiler benyttes til stenderne, dette reduserer kuldebroene. Dette gjør at det også er mulig å bruke såpass mye glass i fasaden.

Hva	Hvor	Hvordan	U-verdi
Bindingsverkvegg	Sør- og østfasade, nederste del av vestfasade	Innvendig kledning 0,12 mm Dampsperre 0,15 mm I-profil med mineralull 148 mm I-profil med mineralull 198 mm Vindsperre 2 mm Luftsjikt 36 mm Ytterkledning 22 mm	0,11 W/m ² K
Glassfasade med plater	Vestfasade og deler av Sør- og østfasade.	Glasstype: 44 mm (8/12/4/12/8) fyllt med argongass og varmkant kunststoff spacer Plater: 400 mm isolerte sandwich elementer	0,9 W/m ² K 0,12 W/m ² K
Teglvegg	Nordfasade	510 mm teglstein	

Tabell 16: Veggoppbygging i Ferdigvarelageret (Skårdal og Strand)

Tak

Taket er gunstig med tanke på tett bygningskropp. Det er en veldig stor del av bygningens utvendig areal og vil heller ikke ha noe særlig kuldebroproblem. Det kritiske vil være overgangen fra vegg til tak. Taket bygges opp på følgende måte:

- Betongskall 10 mm
- Dampsperre 0,15 mm
- XPS 500 mm
- Taktekking 12 mm

U-verdien vil da være 0,08 W/m²K.

Dører og vinduer

Vi har benyttet dører og vinduer med U-verdi 0,8 W/m²K.

For å skape et så tett bygg med lavt energiforbruk som mulig stilles det strenge krav til arkitektene og ingeniører så vel som håndverkere. Vindsperre, isolasjon og dampsperre krever nøyaktig planlegging og utføring. I dette bygget vil utfordringene ligge i sammenføyninger mellom gammelt og nytt. I tillegg er utfordringene store ved bruk av slike glassfasader som er i vestfasaden.

5.1.2 Bygningstekniske løsninger i Verket

Bygningstekniske løsninger er valgt med utgangspunkt i at vi skal ende opp med energieffektive bygninger, samtidig som bygningenes uttrykk skal bevares for fremtiden. Vi har lagt til grunn kjente prinsipper for oppbygging av konstruksjonene.



Dekke

Dekket er bygget som gulv på grunnen. En utfordring for å få til en lav U-verdi for denne delen av bygget er at det eksisterende dekket sannsynligvis ikke er isolert. Vi har valgt å etterisolere med 350 mm XPS. Dette kan gjøres ved å legge isolasjon oppå det eksisterende dekket, for deretter å støpe et nytt dekke på toppen. Et annet alternativ er å pigge opp det eksisterende gulvet, grave ut nødvendige masser og isolere med 350 mm XPS og deretter støpe nytt dekke. U-verdien blir da 0,08 W/m²K. Dette krever en del mer jobb, men man vil da ikke tape noe høyde i bygget.

Vegger

Gavlveggen mot elva, vestfasaden er den eneste veggen som vil ha den opprinnelige teglsteinen synlig på utsiden. For å få til det etterisolerer vi med 50 mm mineralull innvendig. Dette er ytterligere behandlet i kapittel 5.1.3. Resten av veggene etterisoleres utvendig, eller bygges som nye vegger som enten har trekledning eller er forblendet med gjenbruksteglstein. Vi har valgt større isolasjonstykkelse enn hva minstekravene krever. Dette har vi gjort for å få så lavt energiforbruk som mulig. Det er en rekke ulike veggoppbygginger i Verket, disse er fremstilt i tabell nr 17.

Hva	Hvor	Oppbygging, innside til utside	U-verdi
Bindingsverksvegg med trekledning.	Nordfasade	Innvendig platekledning Dampsperre 148 mm isolert bindingsverk 198 mm isolert bindingsverk Vindsperre Luftsjikt Ytterkledning	0,12 W/m ² K
Bindingsverksvegg forblendet med teglstein.	Østfasade	Innvendig platekledning Dampsperre 148 mm isolert bindingsverk 198 mm isolert bindingsverk Vindsperre Murplate Luftsjikt Teglstein	0,10 W/m ² K
Innvendig isolert teglvegg	Vestfasade	Innvendig platekledning Dampsperre 48 mm isolert bindingsverk Teglstein	0,44 W/m ² K
Utvendig isolert teglvegg	Nord- og sydfasade	Teglstein 248 mm isolert bindingsverk Vindsperre Luftsjikt Ytterkledning	0,14 W/m ² K
Glassfasade	Øst- og vestfasade	Glasstype: 44 mm (8/12/4/12/8), fylt med argongass og varmkant kunststoffspacer.	0,9 W/m ² K

Tabell 17: Veggoppbygging i Verket. (Skårdal og Strand)



Tak

Det aller mest energieffektive tiltaket er å isolere taket godt. Derfor har vi benyttet oss av 500 mm mineralull i taket. Vi ønsker å beholde bærekonstruksjonen synlig innvendig. Derfor skal taket isoleres over fagverksdragerne, slik at disse blir synlige også etter ombygging. U-verdien for taket blir da 0,07.

Dører og vinduer

Vi ser ingen grunn til at ikke dører og vinduer også skal velges til å være så gode som mulig. Derfor har vi benyttet dører og vinduer med U-verdi 0,8. Dette blir i dag levert av de fleste leverandører. Dersom man benytter dører og vinduer med U-verdi 1,2 vil man spare en del økonomisk sett, men man vil få et høyere energiforbruk.

5.1.3 Etterisolering av teglveggene i Verket

Det var et ønske om å beholde bygningens arkitektur, vi besluttet derfor å prøve å finne ut om det er mulig å etterisolere teglveggene i Verket tilstrekkelig innvendig.

Forarbeid:

En tilstandsvurdering er ofte helt avgjørende for å sikre at nødvendige utbedringsarbeider blir gjennomført før en etterisolering.

Teglfasaden har en rekke setninger. Dette kan skyldes mangelfull oppdeling med bevegesfuger og en konstruktiv binding til konstruksjoner med andre fukt- og temperaturbevegelser enn teglmurverk.

Utettheter i muren på Verket bør utbedres. Det vil da dreie seg om en omfuging/spekking som kan gjøres på følgende måte.

1. Fugene krasses ut i minst 20 mm dybde.
2. Ufylte fuger fylles opp med mørtel
3. Fugene rengjøres.
4. Veggen vannes. På svakt sugende stein tynngrunnes fugeflatene.
5. Fugemørtlene trykkes på plass og bearbeides med spekkskje.

Hvis veggen mangler fuktsperresjikt på grunnmurskronen, samt kapilærsugende materialer i grunnmuren, er veggen utsatt for markfukt. Dette har vi ikke fått undersøkt, men om dette er tilfelle må dette utbedres ved en av følgende metoder:

- a) Delvis ommuring hvor man legger beslag og en egnet papp inn i fuger over grunnmuren.
- b) Innpressing av korrugert metallplate i en liggefuge ved sokkelen.
- c) Injeksjon med vannavvisende eller tettende materialer
- d) Etablering av et elektrisk felt som nedsetter kapillærsugingen i veggen.

(Waldum 1998)

Innvendig etterisolering har noen ulemper. I dette tilfellet vil vi gå glipp av innvendig bruksareal, som igjen betyr tapt leieinntekt per m². Ved en etterisolering vil det være fare for kuldebroproblemer, spesielt ved etasjeskillene. Dette har vi valgt å løse ved at annen etasje i Verket er bygget som en selv bærende konstruksjon. Kuldebroene kan bety et varmetap som nesten kan være like stort som varmetapet fra hele veggen forøvrig. Det fører også til ubehag på gulvet nær yttervegger og øker faren for kondens.



Hvis man isolerer innvendig, fører det også til at den opprinnelige veggen får lavere minimumstemperatur, med dårligere uttørkingsmuligheter. Ved etterisolering av teglvegger skal man derfor alltid undersøke teglveggenes frostbestandighet. Vi er ikke sikre på frostbestandigheten i teglen som er brukt her, men historisk sett ble det ofte brukt frostbestandig tegl i den ytterste delen av veggen. I tillegg er det viktig at man får til en god klemming av dampsperra. Mangelfull klemming gir luftlekkasjer til varmeisolasjonssiktet og fare for kondensering mot murveggen. Dette er viktig å presisere ovenfor eventuelle entreprenører. (Kvande 2003)

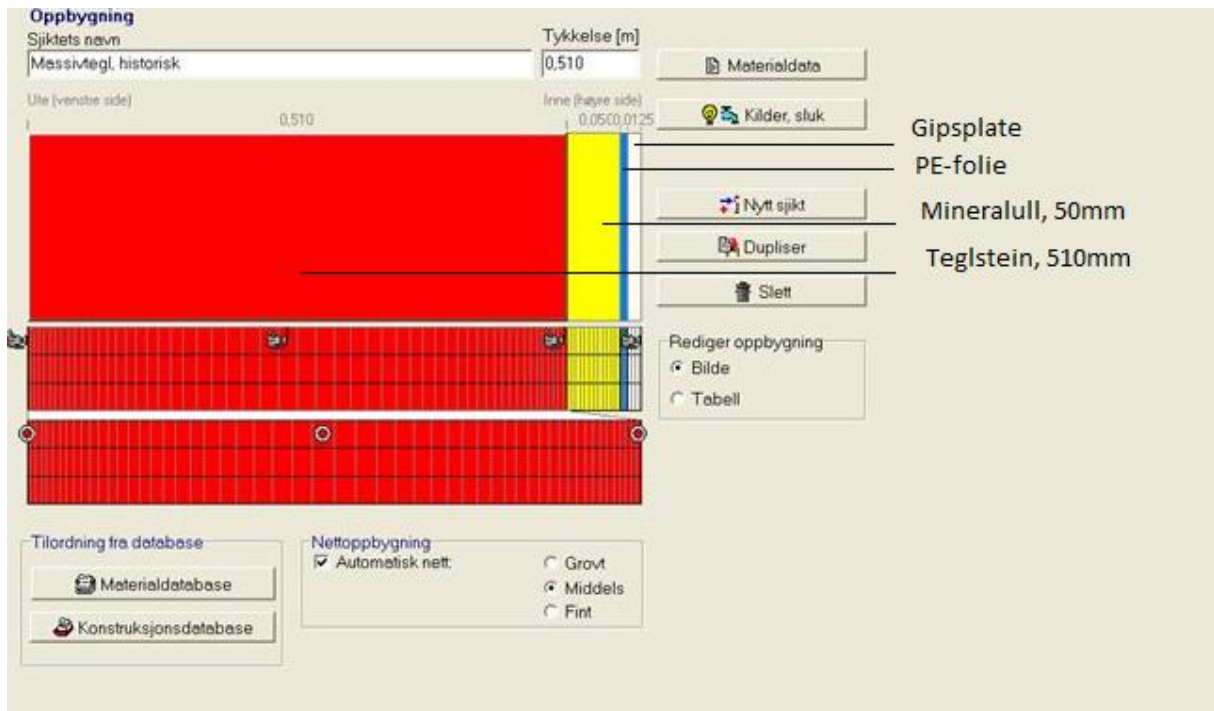
Fuktundersøkelser

Fukt- og varmetransporten i en bygningsdel påvirker hverandre. Et høyt fuktinnhold øker varmekonduktiviteten for materialene, fordamping og kondensasjon innvirker på temperaturen og temperaturforskjeller gir opphav til fukttransport. For å få et best bilde av forholdene bør derfor varme- og fukttransport betraktes i sammenheng.

Til dette har vi brukt programmet WUFI (Wärme und Feuchte Instationär). WUFI gjør det mulig å utføre transiente (beregninger over tid) beregninger av hygrotermiske forhold i bygningsskomponenter. (Thue. Oustad. Gustavsen 2007)

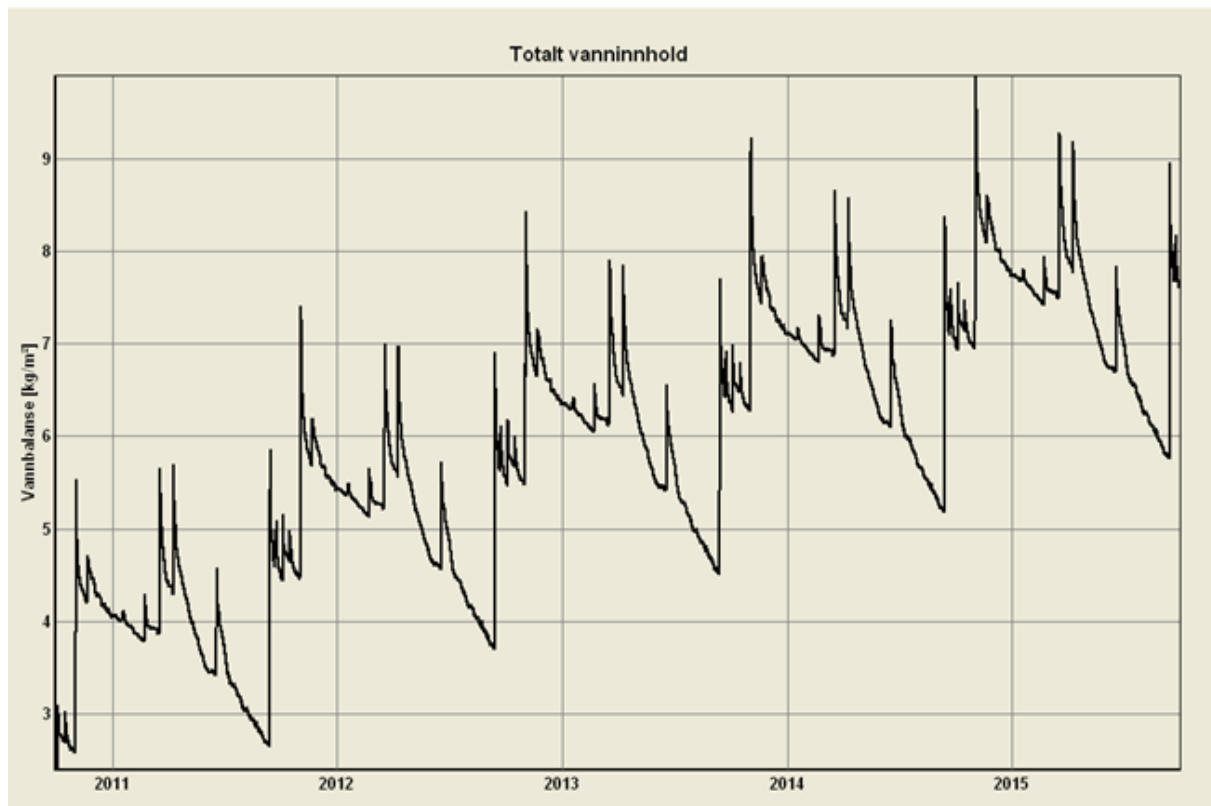
”WUFI baserer seg på den nyeste kunnskapen om fukttransport ved vanndampdiffusjon og kapillærledning i bygningsmaterialer. Programmet benytter både faste og fuktavhengige materialparametre i beregningsgrunnlaget. Dette inkluderer også slagregn og stråling i de utvendige klimadata, og sørger for at klimabelastningen i større grad tilsvarer en realistisk situasjon. WUFI er verifisert gjennom omfattende sammenligninger med målinger i laboratorium og felt.” (Thue. Oustad. Gustavsen 2007)

Vi undersøkte hvilke hygrotermiske konsekvenser innvendig etterisolering ville få ved ulike isolasjonstykkelser. Vi startet med et eksempel med 150 mm innvendig etterisolering med mineralull. Dette gav ikke tilfredsstillende resultater, og vi jobbet oss derfor nedover i isolasjonstykkelse til 50 mm. Selv med kun 50 mm etterisolering fikk vi resultater som tyder på at dette vil bli problematisk. Figur 80 viser oppbygningen av teglveggen med 50 mm innvendig isolering.



Figur 82: Oppbygning av veggkonstruksjonen med innvendig etterisolering. (Skårдал og Strand)

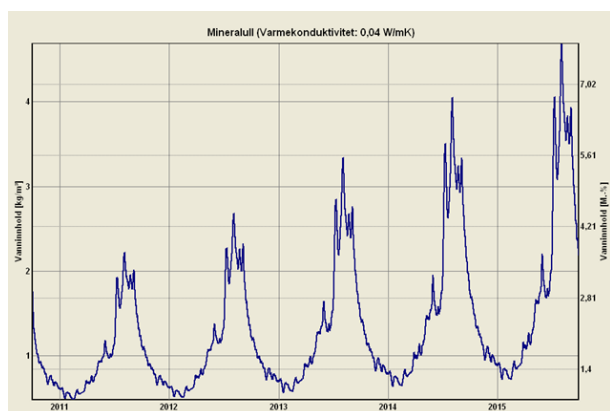
Det første vi undersøkte var det totale vanninnholdet i denne konstruksjonen over en 5 års periode. Vi ser av grafen i figur 83 at denne er stigende. Det er ikke bra, fordi det betyr at det samler seg opp fukt i konstruksjonen over tid.



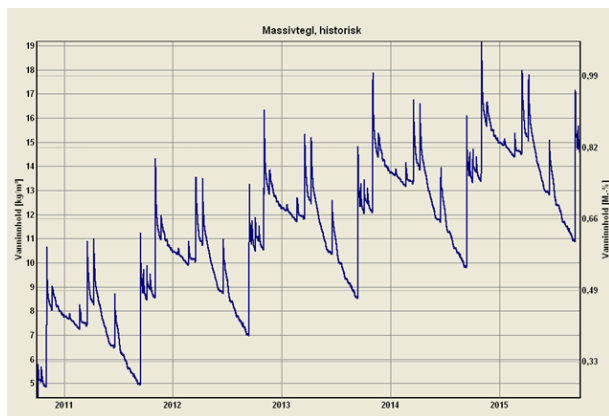
Figur 83: Totalt vanninnhold i hele veggkonstruksjonen. (Skårdal og Strand)

Deretter så vi på vanninnholdet i henholdsvis tegl- og isolasjonssjiktet. Det er viktig at vanninnholdet gitt i vektprosent ikke overskrider 9 % i teglsteinen og 5,65 % i mineralullen.

Som vi ser av figur 84 og 85 er vanninnholdet i mineralullen stigende fra 1,4 % opp mot 7 % i løpet av fem år. For teglsteinen er tilsvarende tall synkende fra 0,33 % opp mot 1 %.

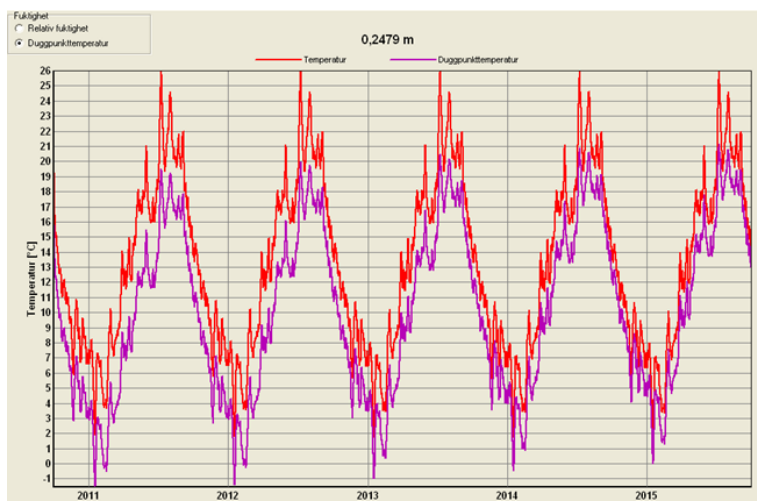


Figur 84: Vanninnhold i mineralullsjiktet. (Skårdal og Strand)



Figur 85: Vanninnhold i teglsteinsjiktet. (Skårdal og Strand)

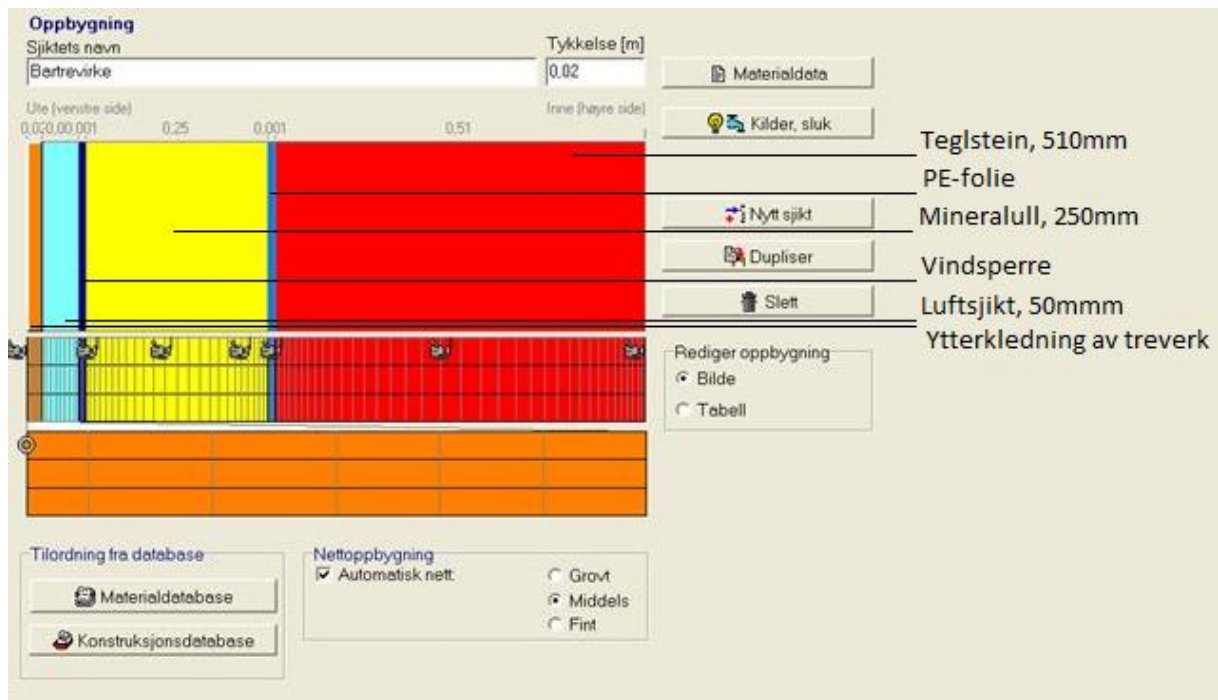
Til slutt sjekket vi temperatur mot duggpunkttemperatur gjennom hele konstruksjonen. Det er viktig at duggpunkttemperaturen aldri overstiger temperaturen. Da vil det oppstå kondens som kan føre til råte i bindingsverkveggen og fare for frostsprengning av teglsteinsveggen.



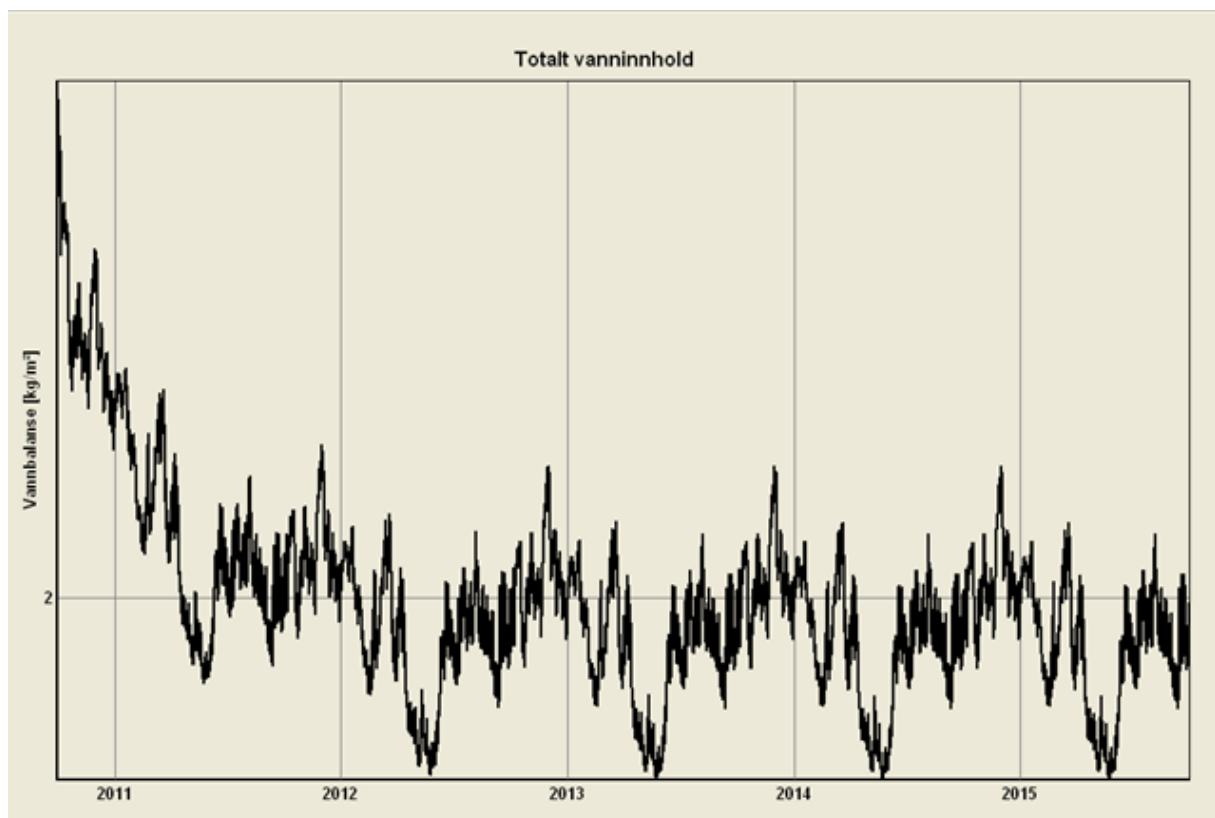
Figur 86: Sammenligning av temperatur (rød graf) og duggpunkttemperatur (lilla graf). (Skårdal og Strand)

Våre funn tyder på at det vil bli problematisk å etterisolere 50 mm mineralull på innsiden. Sintef Byggforsk anbefaler generelt sett ikke å etterisolere innvendig. Men de sier samtidig at det sannsynligvis vil gå greit å etterisolere med 50 mm mineralull innvendig, dersom det skal etterisoleres ytterligere må det gjøres fuktundersøkelser av veggen.

Utvendig etterisolering byr ikke på langt nær på de samme problemene som ved innvendig etterisolering. Det er også viktig å oppnå lav nok U-verdi. For å få til dette må vi isolere med langt mer isolasjon enn 50 mm innvendig. Vi har derfor også sett på utvendig etterisolering. Vi prøvde oss frem med ulike isolasjonstykkelser, og endte opp med 250 mm utvendig isolasjon. Figur 87 viser oppbygning av veggen.

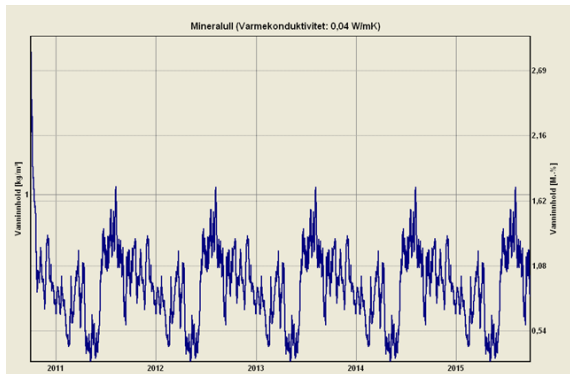


Figur 87: Oppbygning av veggkonstruksjon med utvendig etterisolering. (Skårdal og Strand)

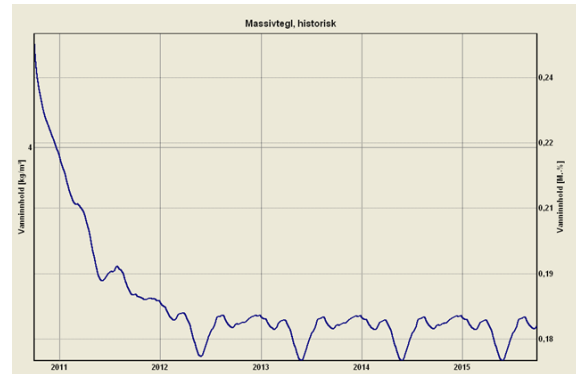


Figur 88: Totalt vanninnhold i hele veggkonstruksjonen. (Skårdal og Strand)

Det totale vanninnholdet i veggene er synkende ved utvendig etterisolering.

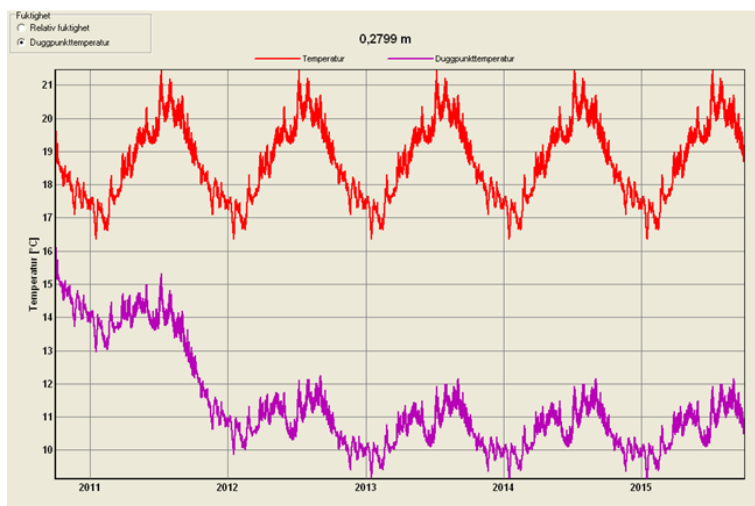


Figur 89: Vanninnhold i mineralullsiktet. (Skårdal og Strand)



Figur 90: Vanninnhold i teglsteinssiktet. (Skårdal og Strand)

Vanninnholdet i mineralullsiktet og teglsteinssiktet er synkende, noe som viser at det ikke samler seg opp fukt i konstruksjonen over tid.



Figur 91: Sammenligning av temperatur (rød graf) og duggpunkttemperatur (lilla graf). (Skårdal og Strand)

Duggpunkttemperaturen ligger godt under temperaturen. Dermed er det ikke fare for kondens i veggkonstruksjonen.

5.2 Elva som ressurs

5.2.1 Kollektorer

Borgestad Næringspark har en unik beliggenhet i forhold til elva. Elva har både en potensiell estetisk og funksjonell funksjon.

Etter litt undersøkelser fant vi ut at elva både kunne brukes til oppvarming og til kjøling av bygg. Dette baserer seg på en vann-til-vann varmpumpe som tar varmen fra elva. Elva vil ha en relativt stabil temperatur og varmefaktoren vil derfor kunne være relativt høy og stabil gjennom året.

Temperturforholdene i elva har vi ikke funnet ut, men lenger ned i elva, nærmere utløpet i Porsgrunn har temperaturen blitt registrert fra 6-9 grader Celsius på vinterstid. I sommerhalvåret vil ikke temperaturen bli veldig høy, og elva vil da kunne fungere som kuldekilde.

For å lære mer om dette prinsippet kontaktet vi YIT som har levert alle tekniske systemer til forbildeprosjektet ”Slippen” i Porsgrunn. Vi har derfor brukt en del av deres forutsetninger og prinsipper, siden våre bygg ligger ved samme elv.

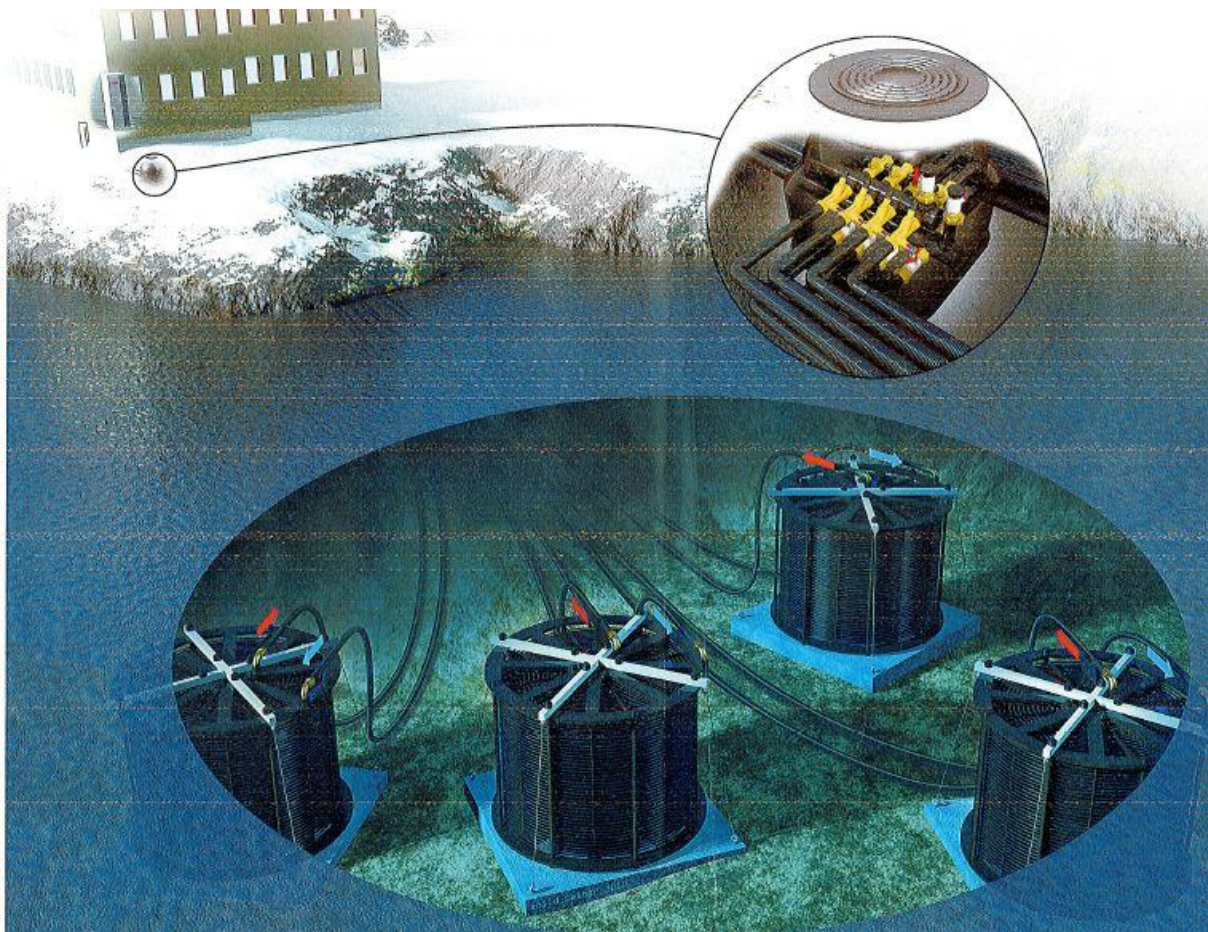
I elva tenker vi at det skal plasseres 2-3 kollektorer. På ”Slippen” ble kollektorene plassert på 6 meters dyp, 20 meter ut fra bryggekannten. På Borgestad er det større dyp, som man kan se av kartet på figur 92. Hvis kollektorene plasseres rett ut for bygningene, kommer man raskt ut på dypt vann. Midt i elva rett ut for bygningene er dybden på 22 meter. Større dybder gir mer stabile temperaturer, men uansett må hensynet til nyttetraffic på elva gå foran plasseringen. Kollektorene bør settes så horisontalt som mulig på et betongfundament på elvebunnen. YIT mente at et beskyttelseslokk over kollektorene kunne være lurt med tanke på småbåter med dregg og lignende.



Figur 92: Dybdekart over elva utenfor byggene. (Skien kommune 2010)

Inne i kollektorene sirkulerer det glykol i et rørsystem. Det blir tatt opp varme/kulde fra elva. Herfra blir varmen overført inn til varmepumpen/kjølemaskinen via en kompressor/varmeveksler som er inne i varmesentralen i det tekniske rommet i Ferdigvarelageret. Rørene som kommer fra kollektorene er gravet ned og føres inn lengst nord på vestveggen i en kulvert i gulvet på Ferdigvarelageret. Som sikkerhet må det også være en el. kjel som kan brukes ved problemer. Varmen sendes ut til radiatorer og konvektorer rundt om i begge byggene.

En slik løsning med 3 kollektorer i elv, og rørføringer inn til yttervegg ble i følge YIT anslått til en kostnad på 1,2 millioner. Et slikt system vil kunne benyttes på enkelt bygg eller på hele området. Antall kollektorer må dimensjoneres ut i fra hvor stor del av området som skal ha dette systemet.



Figur 93: Illustrasjon av kollektorer på elvebunn. (YIT 2010)

5.2.2 Turbiner

Turbinene vi skrev om i kapittel 4.2.5 som Smartkraft har utviklet, synes vi virker spennende. Slik vi forstår systemet burde dette fungere godt for Skienselva. Det må da benyttes store dimensjoner, da det er store vannmasser men liten bevegelse i elva.

Vi kontaktet med Smartkraft for å finne ut mer om systemet. De hadde begrenset med informasjon å komme med, men vi fikk følgende svar:

”Vi takker for din henvendelse og interesse for vår turbin. Det er alltid inspirerende å få forespørslers, og at det er så stor interesse for vårt arbeide med å skape muligheter for fornybar energi. Våre siste tester av turbinen har gitt veldig gode resultat, vi vil i løpet 2010 kunne slippe den første modellen på markedet. Deretter kommer vi med flere modeller.

Rolf N. Enersen, Daglig leder Smartkraft AS



Foto 21: Produksjon av turbin. (Smartkraft AS 2010)

Det hadde vært interessant og sett nærmere på dette systemet. Da kunne vi gått inn på hvor mye energi dette konseptet kunne bidratt med i vårt prosjekt og lignende prosjekter.

5.3 Tekniske installasjoner

Dersom man allerede har valgt optimale bygningstekniske løsninger og klart å utnytte elva som en ressurs så er det kun de tekniske installasjonene som gjenstår for å gjøre bygningene våre optimale med tanke på energivennlighet. Vi har etter vurderinger kommet frem til at følgende tekniske installasjoner burde legges til grunn i dette prosjektet:

Hva	Viktige moment	Hvorfor velge dette?
Ventilasjonsanlegg med roterende varmegjenvinner og lav SFP faktor	Velge varmegjenvinner med høyest mulig gjenvinningsgrad. Opp mot 90 %. SFP faktor < 2,0/1,0 (dag/natt).	Roterende varmegjenvinnere er de mest effektive. Lav SFP faktor reduserer trykktap og sparer vifteenergi i ventilasjonsanlegget.
Behovsstyring av lys, varme og ventilasjon	Enkelt i bruk. Et oversiktlig betjeningspanel for hver kontor plass.	Bruker ikke unødvendig energi i tomme lokaler.
Utvendig solavskjerming	Automatisk styring	Slipper ikke inn for mye varme, bidrar til at man unngår energibruk til lokal kjøling.
Klimatak	YIT har patent på dette systemet	Lavt energibehov. Gir fleksibel romløsning og enkel ombygging.
Vann/vann varmepumpe	Kollektorer på elvebunnen må ikke komme i konflikt med trafikk på elva.	Meget effektiv varmepumpe løsning. Elva er dyp og holder forholdsvis stabil temperatur. Kan dimensjoneres til å betjene hele området.
Turbiner i elva	Det må være velutviklet og tilgjengelig på markedet.	Kan forsyne byggene med energi.

Tabell 18: Tekniske installasjoner. (Skårdal og Strand)



5.4 Energiberegning

For å kunne gjennomføre energiberegningene har vi måttet velge eller angi mange ulike parametre. Disse er forsøkt angitt så nøyaktig og korrekt som mulig.

5.4.1 Forutsetninger for energiberegningene i Verket og Ferdigvarelageret

Energiberegninger i Eco-designer, VIP-energy og SIMIEN krever at vi angir en rekke parametere. Dette gjelder alt fra byggetekniske valg til klimadata og tekniske installasjoner. Dette er helt avgjørende for sluttresultatet.

Først ble modellen analysert i Eco-designer hvor en del grunnleggende parametre blir satt. Eco-designer bruker vi kun for å overføre resultater til VIP-energy. Resultatene fra Eco-designer er som tidligere nevnt beregnet ut i fra internasjonale standarder og derfor unyttige for oss i denne sammenheng. Tabell 19 viser parametre vi har angitt i Eco-designer.

Inndata: Eco-designer	Parameter	Våre valg
Lokasjon	By	Skien
	Orientering	Nordfasade ligger dreid 13 grader mot vest.
	Vindskjerming	Delvis beskyttet
	Omgivelser	Ved vannet
	Skyggeforhold Kompleksitet	Angitt etter hvor de ligger. Angitt etter hvor de ligger.
Byggets funksjon	Type bygg Oppvarmingsprofil	Kontor Natt- og helgesenking
Bygningskonstruksjoner	Oppbygging av bygningsdeler Areal Tykkelse U-verdi Overflate Infiltrasjon Varmeovergangsmotstand innv. Varmeovergangsmotstand utv.	0,13 m ² K/W 0,04 m ² K/W
Dør- og vindusåpninger	Orientering Åpningstype Areal Solavskjermingstype Glassandel i åpning U-verdi LT-faktor Infiltrasjon	Utvendig solavskjerming
Varmtvannsintervall	Kaldtvannstemperatur Varmtvannstemperatur	10 grader 65 grader
Ventilasjonssystem	Type	Balansert ventilasjon 1,0 luftskifte i timen
Varmegjenvinningssystem	Type Effektivitet	Roterende 85 %
Varmepumpe	Kilde Kapasitet Mål	Sjø (elv er ikke et alternativ) 110 kW Oppvarming
Energikilde oppvarming	Elektrisitet	100 %
Energikilde annet	Elektristet	100 % (eventuelt turbiner)

Tabell 19: Parameterene vi har angitt i Eco-designer. (Skårdal og Strand)



Videre fører vi modellen inn i VIP-Energy hvor vi kan ta parametrene til et nytt nivå for en mer grundig gjennomgang. Her presenterer vi de viktigste valgene som ligger til grunn som ikke allerede er tatt i Eco-designer:

Inndata: VIP-energy	Parameter	Våre valg
Klimadata	Solinnstråling	NS 3031
	Utetemperatur	NS 3031
	Vindhastighet	NS 3031
	Relativ fuktighet	NS 3031
Varmepumpe	Utetemperatur	5 grader
	Kondensatoreffekt	110000 W
	Varmefaktor varmesystem	3,3
	Varmefaktor tappevann	2,5
	Tapskoeffisient	0
	Stopptemperatur	-50
Ventilasjon	Viftetrykk	500 Pa
	Virkningsgrad vifte	50 %
	Laveste tilluftstemperatur	16 grader
	Behovstyrt ventilasjon	Ja

Tabell 20: Parameterene vi har angitt i VIP-energy. (Skårdal og Strand)

Før vi startet å angi de ulike parametrene i SIMIEN delte vi opp Verket og Ferdigvarelageret i ulike soner, og anga arealer for de ulike sonene. Verket ble delt opp i fire kontorsoner og en korridorsoner. Ferdigvarelageret ble delt opp i totalt syv soner, fellesareal, auditorium, teknisk og fire kontorsoner.

Inndata: SIMIEN	Parameter	Våre valg
Klimasted	Klimadata for ulike steder	Sandefjord, Torp
Prosjektdata	Bygningskategori	Kontorbygning
Energiforsyning	Energikilder	Elektrisitet og varmpumpe
Energikilde, elektrisitet	Systemvirkningsgrad oppvarming	0,88
	Systemeffektfaktor kjøling	2,4
	Romoppvarming	10 %
	Oppvarming tappevann	30 %
Energikilde, varmpumpe	Systemvirkningsgrad oppvarming	2,2
	Systemeffektfaktor kjøling	2,5
	Romoppvarming	90 %
	Oppvarming tappevann	70 %
Inndata for sone	Lekkasjetall	1,00
	Møbler og interiør	Middels møblert rom
	Driftsdager	5 dagers uke, ingen ferie
Inndata for fasade	Normalisert kuldebroverdi	0,03
	Konstruksjon	Angitt ulike U-verdier for de ulike veggtypene
	Himmelretning og horisont	Angitt himmelretning og horisontlinje for de ulike fasadene
Inndata for vinduer	Vindusstørrelser	Angitt størrelsen for de ulike vinduene
	Varmetapsegenskaper	3 lags glass, argongass, 2 lavemisjonsbelegg. Isolert trekarm, varmkant (superspacer)
	Varmetilkuddsegenskaper	Utvendige persienner
	Bygningsutspring	Angitt utspring over vinduer

Inndata: SIMIEN fortsetter	Parameter	Våre valg
Inndata for gulv	Gulvtype	Gulv på grunnen
	Konstruksjon	U-verdi 0,08
	Grunnforhold	Leire/silt
	Kantisolasjon	Ekstra isolering langs gulvets ytterkant: 50mm XPS
Inndata for himling	Himlingen vender mot	Rom/sone med samme temperatur
	Konstruksjon	Lett himling
Innvendige vegger	Sonekobling	Velger hvilke soner veggen grenser mot
	Konstruksjon	Lett vegg
	Akkumulerende sjikt	Lett vegg
	Åpninger	Angitt dører som er i veggen
	Infiltrasjon	10m ³ /h (Ukontrollert luftskifte mellom de to sonene)
Etasjeskiller	Etasjeskilleren vender mot	Rom/sone med samme temperatur
	Konstruksjon	Mellomtungt gulv
Internlaster	Belysning	6,4 W/m ² (NS3031, tab. A1)
	Teknisk utstyr	11 W/m ² (NS3031, tab. A1)
	Tappevann	1,6 W/m ² (NS3031, tab. A1)
	Varmetilskudd personer	4 W/m ² (NS3031, tab. A2)
Oppvarmingsanlegg	Maksimal avgitt effekt	60 W/m ²
	Settpunkttemperatur driftstid/utenfor driftstid	21/19 grader C
Ventilasjonsanlegg	Max CO ₂ nivå	< 1000 ppm
	Max romlufttemperautr	< 24
	Maks luftmengde driftstid	10 m ³ /hm ²
	Min luftmengde driftstid	7 m ³ /hm ²
	Luftmengde utenfor driftstid	2 m ³ /hm ²
	SFP faktor vifter	1,5 kW/m ² /s
	Tilluftstemperatur	17
	Driftstid	0600-1800
	Varmegjenvinner	85 %

Tabell 21: Parameterene vi har angitt i SIMIEN. (Skårdal og Strand)



5.4.2 Resultater av beregninger, VIP-energy

Verket

Bygningskategori		Kontorbygg	
Totalt netto energibehov skal sammenlignes med rammekrav			
NETTO ENERGIBUDSJETT			
Romoppvarming:	33525	[kWh/år]	30.59 [kWh/(m ² år)]
Ventilasjonsvarme:	5535	[kWh/år]	5.05 [kWh/(m ² år)]
Varmtvann:	5491	[kWh/år]	5.01 [kWh/(m ² år)]
Vifter:	11738	[kWh/år]	10.71 [kWh/(m ² år)]
Pumper:	6910	[kWh/år]	6.31 [kWh/(m ² år)]
Belysning:	27457	[kWh/år]	25.06 [kWh/(m ² år)]
Teknisk utstyr:	37754	[kWh/år]	34.45 [kWh/(m ² år)]
TOTALT NETTO ENERGIBEHOV:	128409	[kWh/år]	117.18 [kWh/(m²år)]
RAMMEKRAV:	180812	[kWh/år]	165.00 [kWh/(m²år)]
ENERGIFORSYNING TIL VARMEBEHOV			
El. till varmpumpe:	3384	[kWh/år]	3.09 [kWh/(m ² år)]
Elektrisitet:	0	[kWh/år]	0.00 [kWh/(m ² år)]
Olje:	0	[kWh/år]	0.00 [kWh/(m ² år)]
Gass:	0	[kWh/år]	0.00 [kWh/(m ² år)]
Fjernvarme:	0	[kWh/år]	0.00 [kWh/(m ² år)]
Biobrensel:	0	[kWh/år]	0.00 [kWh/(m ² år)]
Andre Energivarer:	36903	[kWh/år]	33.68 [kWh/(m ² år)]
NØKKELTALL			
Spesifikk vitteeffekt [kW/m ² /s]:	0.47		
Lekkasjetall ved n50 Pa [1/h]:	0.61		
		Minstekrav	Høyeste verdi
U-verdi yttervegg, W/m ² K		0.220	0.443
U-verdi tak, W/m ² K		0.180	0.074
U-verdi gulv på grunn, W/m ² K		0.180	0.078
U-verdi vindu, W/m ² K		1.600	0.750

Figur 94: Netto energibudsjett for Verket simulert i VIP-energy. (Skårdal og Strand)

Ferdigvarelageret

Bygningskategori		Kontorbygg	
Totalt netto energibehov skal sammenlignes med rammekrav			
NETTO ENERGIBUDSJETT			
Romoppvarming:	7814	[kWh/år]	2.24 [kWh/(m ² år)]
Ventilasjonsvarme:	4390	[kWh/år]	1.26 [kWh/(m ² år)]
Varmtvann:	17519	[kWh/år]	5.01 [kWh/(m ² år)]
Vifter:	35444	[kWh/år]	10.14 [kWh/(m ² år)]
Pumper:	2195	[kWh/år]	0.63 [kWh/(m ² år)]
Belysning:	87596	[kWh/år]	25.06 [kWh/(m ² år)]
Teknisk utstyr:	120444	[kWh/år]	34.45 [kWh/(m ² år)]
TOTALT NETTO ENERGIBEHOV:	275402	[kWh/år]	78.78 [kWh/(m²år)]
RAMMEKRAV:	576840	[kWh/år]	165.00 [kWh/(m²år)]
ENERGIFORSYNING TIL VARMEBEHOV			
El. till varmpumpe:	6884	[kWh/år]	1.97 [kWh/(m ² år)]
Elektrisitet:	14165	[kWh/år]	4.05 [kWh/(m ² år)]
Olje:	0	[kWh/år]	0.00 [kWh/(m ² år)]
Gass:	0	[kWh/år]	0.00 [kWh/(m ² år)]
Fjernvarme:	0	[kWh/år]	0.00 [kWh/(m ² år)]
Biobrensel:	0	[kWh/år]	0.00 [kWh/(m ² år)]
Andre Energivarer:	0	[kWh/år]	0.00 [kWh/(m ² år)]
NØKKELTALL			
Spesifikk vitteeffekt [kW/m ² /s]:	1.10		
Lekkasjetall ved n50 Pa [1/h]:	0.24		
		Minstekrav	Høyeste verdi
U-verdi yttervegg, W/m ² K		0.220	0.109
U-verdi tak, W/m ² K		0.180	0.081
U-verdi gulv på grunn, W/m ² K		0.180	0.078
U-verdi vindu, W/m ² K		1.600	0.760

Figur 95: Netto energibudsjett for Ferdigvarelageret simulert i VIP-energy. (Skårdal og Strand)

Etter å ha gjennomført beregninger i VIP-energy fikk vi ut resultatene. Man kan velge ulike fremstillinger av resultatene. Det mest interessante resultatet for vår del er å velge en fremstilling av resultatene som sammenligner resultatet med forskriftskravet. Dette er gjort i figur 94 og 95. Som vi ser av figur 94 ender Verket opp med et beregnet netto energiforbruk på 117 kWh/m^2 . Dette tilsvarer karakteren B etter det nye energimerkesystemet. Ferdigvarelageret ender på et beregnet netto energiforbruk på 79 kWh/m^2 , slik vi ser av figur 95. Dette tilsvarer karakteren A etter det nye energimerkesystemet.

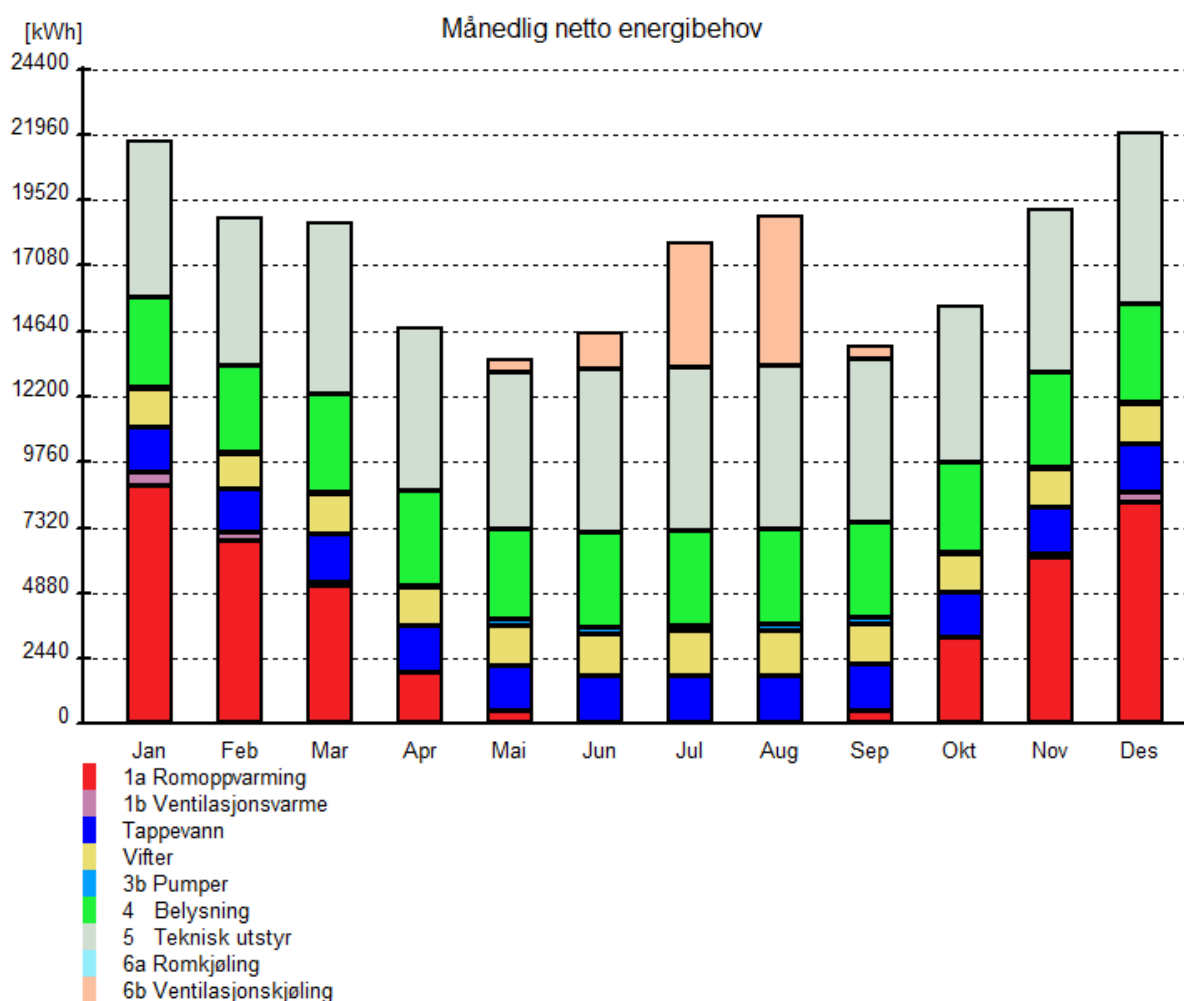


5.4.3 Resultater av beregninger, SIMIEN

Verket

Energibudsjett			
Energipost		Energibehov	Spesifikt energibehov
1a Romoppvarming		41197 kWh	19,5 kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)		1650 kWh	0,8 kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)		21138 kWh	10,0 kWh/m ²
3a Vifter		18430 kWh	8,7 kWh/m ²
3b Pumper		1801 kWh	0,9 kWh/m ²
4 Belysning		42272 kWh	20,0 kWh/m ²
5 Teknisk utstyr		72654 kWh	34,4 kWh/m ²
6a Romkjøling		0 kWh	0,0 kWh/m ²
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)		12847 kWh	6,1 kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6		211990 kWh	100,5 kWh/m²

Figur 96: Energibudsjett for Verket viser at totalt netto energibehov er 100,5 kWh/m². (Skårdal og Strand)



Figur 97: Det månedlige netto energibehovet angitt i kWh. (Skårdal og Strand)

Resultater av evalueringen	
Evaluering av	Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstillter ikke kravene til energiltak i paragraf §8-21 a
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstillter omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §8-21 a
Energiramme	Bygningen tilfredsstillter energirammen ihht. §8-21 b
Minstekrav	Bygningen tilfredsstillter ikke minstekravene i §8-21 c
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstillter minstekrav gitt i NS3031:2007 (tabell A.6)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstillter ikke byggeforskriftenes energikrav

Figur 98: Verket tilfredsstillter ikke minstekravene, og tilfredsstillter dermed ikke byggeforskriftenes energikrav. (Skårдал og Strand)

Energiltak (§8-21 a)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Samlet glass-, vindus og dørareal delt på bruksarealet [%]	15,5	20,0
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,27	0,18
U-verdi tak [W/m ² K]	0,07	0,13
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,05	0,15
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,71	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,03	0,06
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,41	1,50
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	85	70
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,50	2,00

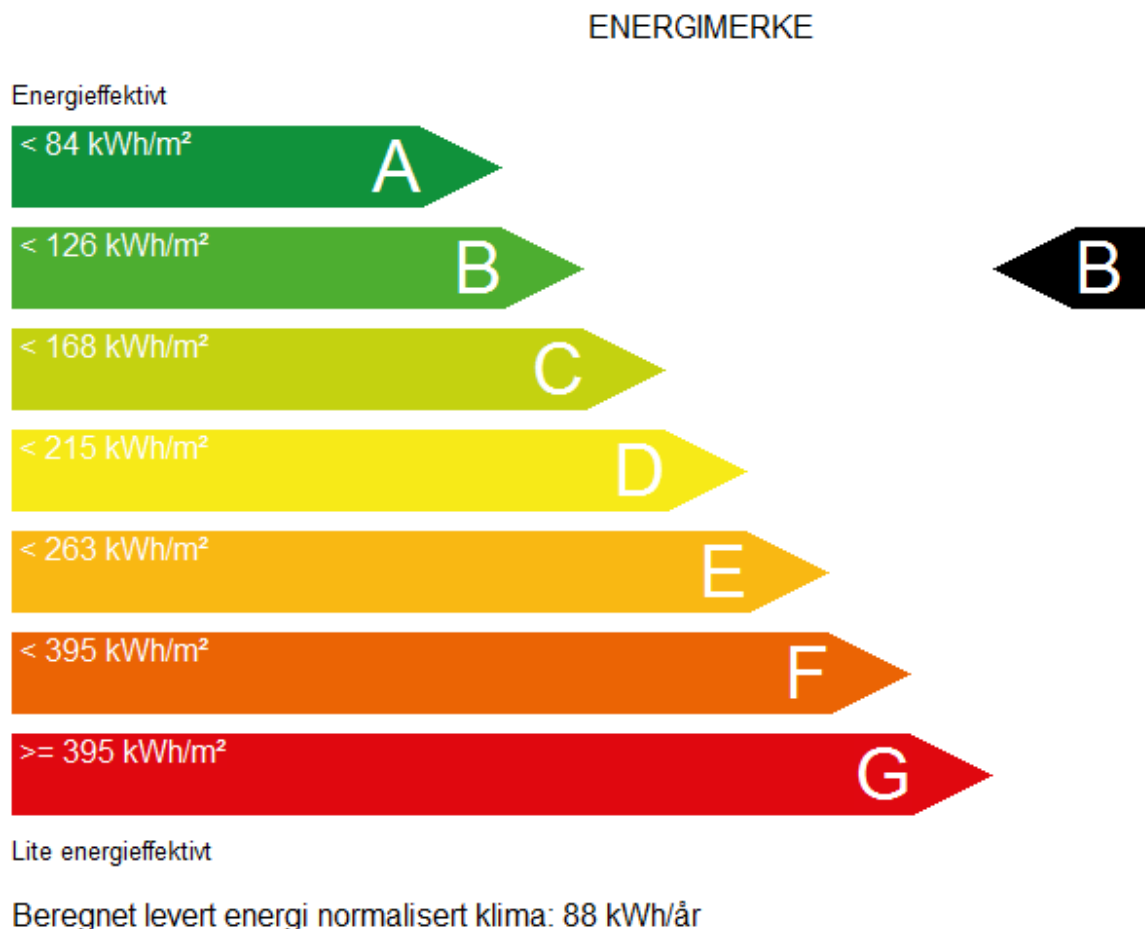
Figur 99: Samtlige energiltak er oppfylt, bortsett fra U-verdi yttervegg. Verdien er et gjennomsnitt av alle vegger. (Skårдал og Strand)

Energiramme (§8-21 b, samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	20,8 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	1,3 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	5,0 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	8,9 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	1,1 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	25,1 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	34,4 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	7,9 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov, sum 1-6	104,5 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	165,0 kWh/m ²

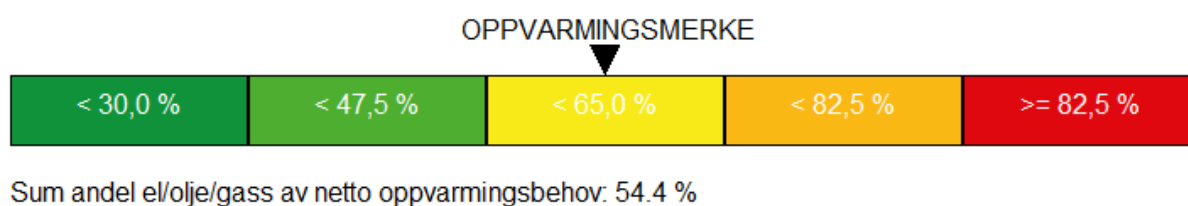
Figur 100: Totalt beregnet energibehov etter energiramme er 109,0 kWh/m². (Skårдал og Strand)

Minstekrav (§8-21 c)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,27	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,07	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,05	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,71	1,60
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,41	3,00

Figur 101: U-verdi for minstekravene. Det er teglveggen mot elva som trekker gjennomsnittet ned. (Skårдал og Strand)



Figur 102: Verket fikk energimerke B etter energimerke simuleringen. (Skårдал og Strand)

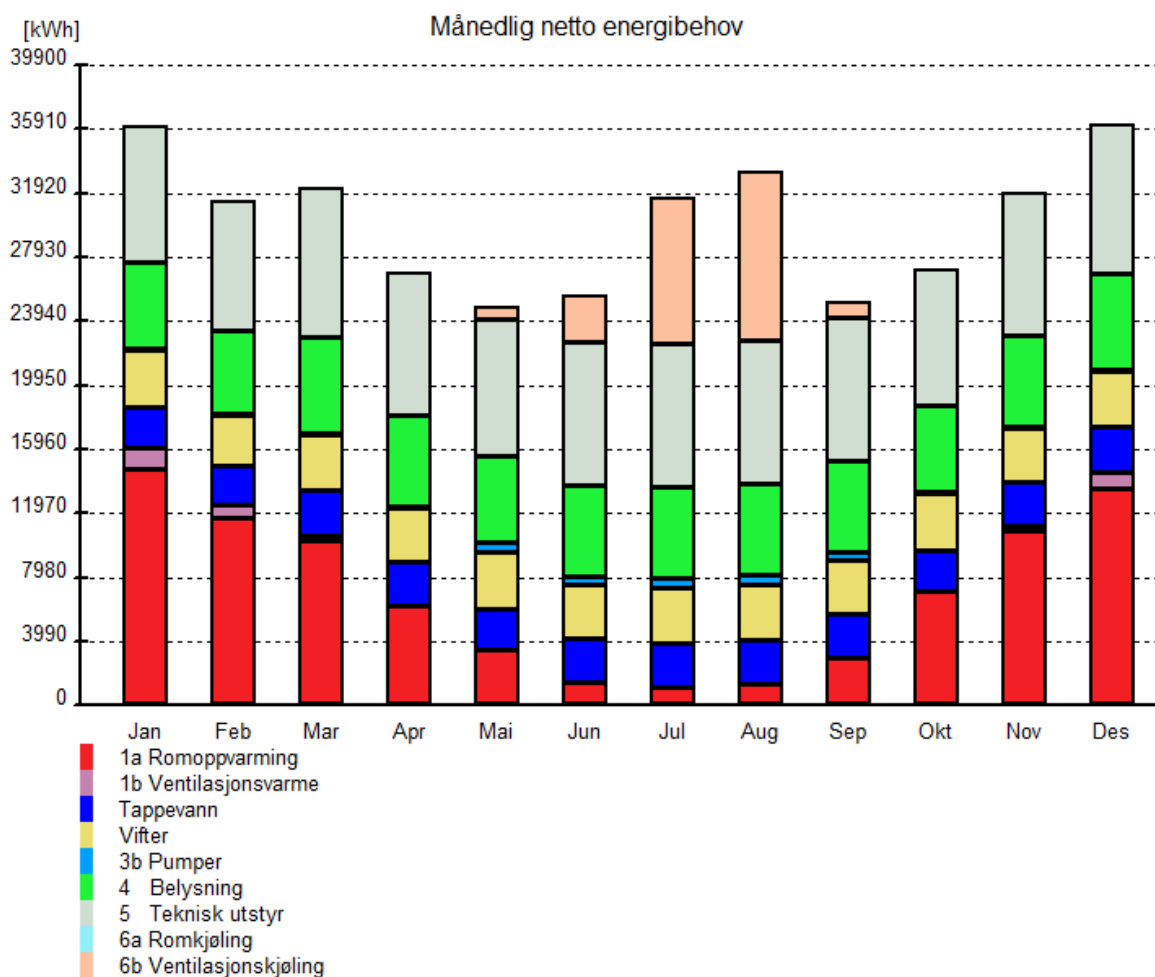


Figur 103: Verket havnet ganske midt på skalaen for oppvarmingsmerke. (Skårдал og Strand)

Ut i fra resultatene kan vi se at Verket er beregnet til å bruke 104,5 kWh/m²/år etter beregningsmetodene i NS 3031. Det faktiske forbruket er estimert enda lavere, til 100,5 kWh/m²/år. Verket oppnår karakteren B i det nye energimerkesystemet, med et beregnet levert energibehov på 88 kWh/m²/år.

Ferdigvarelageret

Energibudsjett			
Energipost	Energibehov	Spesifikt energibehov	
1a Romoppvarming	83764 kWh	24,0 kWh/m ²	
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	4101 kWh	1,2 kWh/m ²	
2 Varmtvann (tappevann)	32753 kWh	9,4 kWh/m ²	
3a Vifter	41288 kWh	11,8 kWh/m ²	
3b Pumper	3948 kWh	1,1 kWh/m ²	
4 Belysning	68012 kWh	19,5 kWh/m ²	
5 Teknisk utstyr	106039 kWh	30,3 kWh/m ²	
6a Romkjøling	0 kWh	0,0 kWh/m ²	
6b Ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	24807 kWh	7,1 kWh/m ²	
Totalt netto energibehov, sum 1-6	364712 kWh	104,3 kWh/m²	

Figur 104: Energibudsjettet for Ferdigvarelageret viser at totalt netto energibehov er 104,3 kWh/m². (Skårdal og Strand)

Figur 105: Det månedlige netto energibehovet i kWh. (Skårdal og Strand)

Resultater av evalueringen	
Evaluering av	Beskrivelse
Energiltak	Bygningen tilfredsstiller kravene til energiltak i paragraf §8-21 a
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller omfordeling energiltak (varmetapstall) ihht. §8-21 a
Energiramme	Bygningen tilfredsstiller energirammen ihht. §8-21 b
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekravene i §8-21 c
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3031:2007 (tabell A.6)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller byggeforskriftenes energikrav

Figur 106: Ferdigvarelageret tilfredsstiller samtlige krav. (Skårдал og Strand)

Omfordeling energiltak (§8-21 a, varmetapstall)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Varmetapstall yttervegger	0,01	0,01
Varmetapstall tak	0,05	0,08
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,03	0,07
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,12	0,24
Varmetapstall kuldebroer	0,03	0,06
Varmetapstall infiltrasjon	0,09	0,14
Varmetapstall ventilasjon	0,23	0,47
Totalt varmetapstall	0,57	1,07

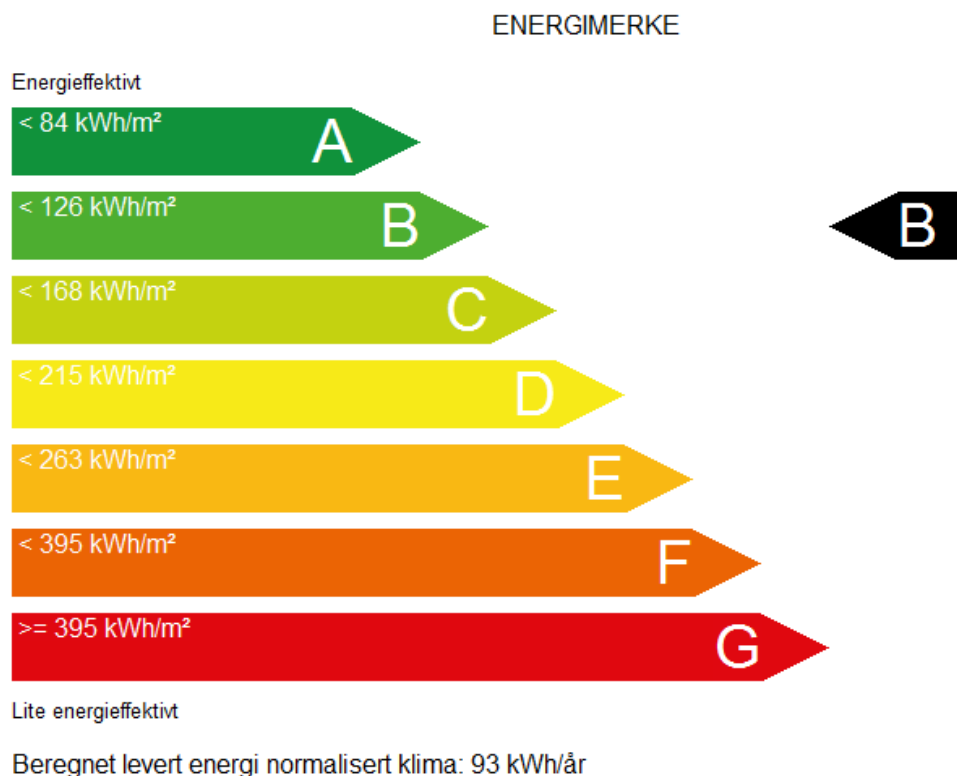
Figur 107: Varmetapstallene ligger godt under kravene. (Skårдал og Strand)

Energiramme (§8-21 b, samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	19,5 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	2,2 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	5,0 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	12,1 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	1,4 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	25,1 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	34,5 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	9,3 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov, sum 1-6	109,0 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	165,0 kWh/m ²

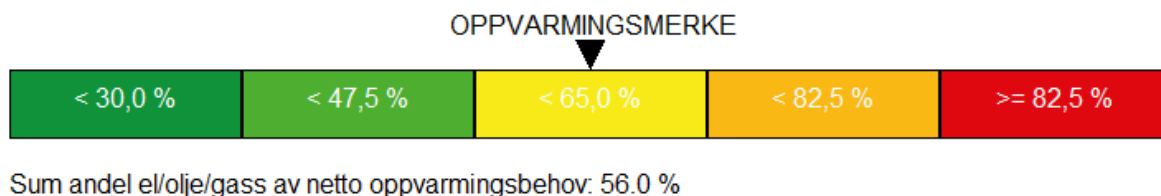
Figur 108: Totalt beregnet energibehov etter energiramme er 109,0 kWh/m². (Skårдал og Strand)

Minstekrav (§8-21 c)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,12	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,08	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,06	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,77	1,60
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,00	3,00

Figur 109: Ferdigvarelagerets U-verdi og lekkasjetall ligger godt under kravene. (Skårдал og Strand)



Figur 110: Ferdigvarelageret fikk energimerke B etter energimerke simuleringen. (Skårдал og Strand)



Figur 111: Ferdigvarelageret havnet ganske midt på skalaen for oppvarmingsmerke. (Skårдал og Strand)

Ut i fra resultatene kan vi se at Ferdigvarelageret er beregnet til å bruke 109 kWh/m²/år etter beregningsmetodene i NS 3031. Det faktiske forbruket er estimert enda lavere, til 104,3 kWh/m²/år. Verket oppnår karakteren B i det nye energimerkesystemet, med et beregnet levert energibehov på 93 kWh/m²/år.

5.4.3 Resultater av beregninger, Sintefs regneark

For å undersøke om energisimuleringene i Eco-designer, VIP-energy og SIMIEN gir rimelige korrekte tall har vi tatt en energikontroll i Sintefs regneark ”Energitiltak og netto energibehov”

Verkets samlede netto energibehov: 106,0 kWh/m²/år

Ferdigvarelagerets samlede netto energibehov: 94,0 kWh/m²/år



Diskusjon og konklusjon

Gjenbruk av bygningsmasse er i mange tilfeller energi- og miljøriktig i seg selv. Det kreves mengder av energi for å rive eksisterende bygninger og bygge nytt. Ved å nyttiggjøre seg av det som allerede finnes kan man spare mye arbeid og krevende arbeidsprosesser. Det er likevel vanskelig å vite på forhånd hvilken gevinst man får ved gjenbruk fremfor nybygg. Enkelte prosjekter er mer egnede enn andre. Kompleksitet og utbedringsbehov spiller en viktig rolle her.

Gjenbruk av eksisterende industribygninger har vært utfordrende på flere områder. Samspeillet mellom bæresystem og planløsning har vært utfordrende fordi innvendige høyder og tilgjengelig plass til de ulike funksjonene har vært gitt ved de rammene som bygningene allerede representerer. I Verket har løsningen blitt å senke deler av andre etasje, slik at etasjehøyden blir stor nok til at hele andre etasje kan benyttes. I Ferdigvarelageret har buene gitt begrensninger for hvor stor del av andre etasje som er utnyttbar. Samtidig skal lysforholdene være gode i kontorlokalene, noe som er utfordrende da en yttervegg faller bort som følge av at bygningene ligger inntil hverandre. Vi kunne valgt kun å planlegge for en etasje, eller gjort andre etasjen mindre. Vi har allikevel valgt å lage en annen etasje som er så stor som mulig, samtidig som lysforholdene er gode. Dette bidrar til å gjøre utleiearealene så store som mulige.

Forsterkningsmetodene vi har valgt bidrar til at plassen i bygningen kan utnyttes best mulig. Fremtidige endringer av planløsningen som følge av endrede behov for leietaker er også gjennomførbart, da bæresystemet ikke utgjør noen særlig begrensning. Ved å vise to ulike forsterkningsalternativer for begge byggene er det mulig å innhente pris for å velge mellom det mest smakfulle eller økonomisk mest fordelaktige alternativet.

I Ferdigvarelageret har vi valgt å gå for løsningen med et nytt søyle-/dragarsystem i stål, slik som alternativ 2 viser i kapittel 3.5. Vi mener dette vil være det mest gunstige alternativet, da man slipper å forsterke skalltaket og eksisterende søyler. Noe som ville blitt både kostbart og krevende. Nye søyler og dragere i Ferdigvarelageret er ikke kritisk for planløsningen, denne fungerer allikevel godt. Negative sider ved denne metoden vil være at dragerne har et høyt tverrsnitt, og dermed stjeler litt takhøyde og lys. Dette har vi løst ved å bygge vegger der dragerne havner.

I Verket har vi valgt å forsterke det eksisterende fagverket slik som alternativ 1 viser i kapittel 3.6. Dette gjøres ved å sveise på ekstra stålmateriale på fagverket slik at kapasiteten økes. Vi anbefaler å montere ned fagverkene slik at det er lettere å utføre forsterkningsjobben, samt at også søylene kan skiftes ut.

Ved å gjøre ny arkitektur slik vi har vist, mener vi at man beholder det opprinnelige uttrykket for bygningene, samtidig som det kommer klart frem hva som er nytt. Et skalltak i betong ville sannsynligvis aldri blitt bygget i dag, derfor er det viktig å bevare nettopp dette.



Energiberegningene har vi gjort for å vise at konseptet som helhet vil fungere. Når energimerkesystemet er satt i funksjon vil energieffektive bygninger bli mer ettertraktet, både når det gjelder utleie og salg. Derfor er det avgjørende at dette også vektlegges betydelig ved gjenbruk og ikke bare i nybygg.

Til sommeren skal bygningers energimerke henge godt synlig ved inngangspartiet. Det kan være en idé at man henger en huskeliste sammen med energimerket, med tiltak man kan gjøre for å holde energiforbruket nede. Et annet forslag er å ha en moderne utgave av Wattmeteret som kan vise elektrisitets- og varmeforbruket sist uke, sist måned og siste år. Dette kunne vært plassert som en liten LCD-skjerm samme sted. Det er viktig at folk ikke har en oppfattelse av at bygget, uavhengig av bruk ikke bruker mer energi enn det energimerket tilsier. Det er til syvende og sist bruken av bygget som avgjøre hvor stort energiforbruket blir.

Elva er en dominerende ressurs som vi har valgt å utnytte til sitt fulle. Dette har vi gjort ved å bruke kollektorer på elvebunnen, slik at elva brukes til å hente varme til oppvarming. Av øvrige energitiltak så er det stor isolasjonstykkel og tetthet av bygningene vi har valgt å vektlegge. For gjenbruksprosjekter vil det kunne være vanskelig å oppnå god lufttetthet, pga overganger mellom gamle og nye konstruksjoner og utfordringer ved å tette eksisterende bygningsdeler. Tallet vi har brukt i energiberegningene som er 1,0 kan være noe ambisiøst, men vi håper det er mulig å få bygget så tett.

Vi har fokusert på å unngå bruk av lokal kjøling, noe vi har oppnådd. Komforttemperaturen innendørs vil aldri bli for høy. Men i de varmeste periodene om sommeren må man tåle at innetemperaturen ligger opp mot 25 grader Celsius. Dette har vi unngått ved å gjøre følgende tiltak: utvendig solavskjerming, lavenergibelysning og –utstyr, behovsstyring av ventilasjon og belysning. Vi vil allikevel presisere at dersom det blir behov så kan varmpumpeanlegget som vi har lagt opp til, brukes til kjøling.

Dersom vi ikke hadde hatt elva som ressurs ville vi sett nærmere på solceller og solfangeranlegg. Hvert enkelt byggeprosjekt er unikt, man må velge energitiltak ut i fra de ressursene som hvert enkelt prosjekt har. Vi ser ikke behovet for å velge alt som finnes av tilgjengelige energitiltak, man må ikke glemme at investeringskostnadene er betydelige for slike tiltak og at gevinsten ikke alltid står i forhold til investeringen.

Turbiner i elver for å produsere elektrisitet utvikles stadig, og de første modellene er snart klare for det kommersielle markedet. Når disse er klare til å tas i bruk, så er dette et høyaktuelt tiltak å benytte. På sikt vil disse turbinene forhåpentligvis bli så gode at de kan produsere nok strøm til at bygninger og større områder kan være selvforsynte. Dette vil redusere behovet for levert energi betraktelig, mens forbruket naturligvis vil forbli det samme.

Resultatene fra energiberegningen viser at estimert forbruk for Verket varierer mellom 100,5 og 118 kWh/m². For Ferdigvarelageret er tilsvarende tall en variasjon mellom 79 og 104 kWh/m². Alle beregningene er gjort opp mot evaluering av byggeforskriftene av 2007. Resultatene for energiforbruk blir ulike avhengig av hva slags simulering man benytter. Ved evaluering opp mot den nye energimerkeskalaen som trer i kraft 1. juli 2010 ble både Verket



og Ferdigvarelageret klassifisert som bygg som oppfyller kravene til karakteren B. Differansen i resultatene skyldes at det er ulike muligheter for å angi inndata i de forskjellige programmene, slik at det er vanskelig å vite om man sammenligner med helt like forutsetninger. Vi mener at resultatet for ”Totalt netto energibehov” fra ”Energibudsjetten” i SIMIEN er det mest realistiske resultatet. Dette resultatet viser at Verket ender med et totalt netto energibehov på 100,5 kWh/m²/år. Tilsvarende tall for Ferdigvarelageret er 104,3 kWh/m²/år. Disse resultatene stemmer nokså godt overens med resultatene vi fikk fra Sintefs regneark.

Det er viktig å merke seg at Verket ikke oppfyller alle energiltakene etter energiltaksmodellen. Energirammeene er derimot oppfylt, men minstekravene klarer vi ikke å oppfylle med de valgene vi har tatt. Dette skyldes at teglveggen mot vest er for dårlig isolert, noe som bidrar til at gjennomsnittlig U-verdi for ytterveggene blir 0,27. Det absolutte minstekravet er en gjennomsnittlig U-verdi på 0,22 for yttervegger. Den aktuelle teglveggen er etterisolert med 50 mm mineralull på innsiden. Dette kan ikke økes uten at det er fare for fuktproblemer i veggen. Veggen kunne blitt etterisolert med en større mengde isolasjon utvendig, slik som det er gjort for resten av bygget, men da ville ikke noen av teglveggene blitt bevart med opprinnelig teglstein synlig på utsiden.

Bevaring av teglveggen slik at denne forteller byggets historie burde veie tyngre enn at minstekravene er oppfylt. Dette burde være et godt argument dersom det skulle bli noen problemer med å realisere planene slik som vi har tenkt.

*Konklusjonen blir at det er mulig å oppnå karakteren **B** for både Verket og Ferdigvarelageret. Resultatene våre tyder på at man ligger godt innenfor karakteren B, slik at det er litt å gå på dersom utførelsen ikke blir helt lik de parametrene vi har lagt til grunn for våre energiberegninger.*

Forslag til videre arbeider

Ved arbeidet med denne oppgaven har vi vært innom mange spennende temaer, som i seg selv er mer enn omfattende nok til å kunne være tema for en masteroppgave. Vi mener at noen av temaene er mer spennende å se nærmere på enn andre. Vi har følgende forslag til videre arbeider:

- Realistisk testing av fuktproblemer i vegger ved rehabilitering. Bør man bruke dampsperre eller ikke? Hvor mye kan man etterisolere innvendig?
- Kvalitetsundersøkelse av teglstein i teglsteinsvegger. Er det mulig å finne ut kvaliteten på teglsteinene ytterst i veggen? Dette er viktig for å vite om frostsprengning i teglsteinen kan bli et problem.
- Sammenligne teoretisk energiforbruk med faktisk. Når energimerkeordningen trer i kraft for fullt vil det bli et enda større fokus på bygninger med lavt energiforbruk. Hvor pålitelige er energiberegningene som er utført for oppførte bygninger? Stemmer beregnet energiforbruk med det faktiske energiforbruket?



Referanser

- Arge, K. (2004). 344.110 Tilpasningsdyktige kontorbygninger. I: *Byggforsk kunnskapssystemer* (lest 17.03.2010).
- Arkitektkontoret Børve og Borchsenius. (2009). Tilgjengelig fra: http://www.ark-bb.no/prosjekt.php?filter=filter&side=prosjekter&p_kat=2&submit=Velg.
- Barstad, E. (2010). *Illustrasjon av varmepumpeprinsippet*. Tilgjengelig fra: <http://fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1917>.
- Bjørkum, S. (2008). *Byggestart for VM-paviljong*. Tilgjengelig fra: <http://www.arkitektnytt.no/page/page/preview/10831/news-4-2655.html> (lest 17.03.2010).
- Dokka. Hermestad. (2006). Energieffektive boliger for fremtiden.
- Dokka. Wigenstad. (2006). Faktor 4 boliger.
- Eggertsdottir, S. A. (2010). *Henvendelse til Griff Arkitektur AS angående ombyggingen av "Vørste" i Fredrikstad* (19.01.10).
- EL-loftet. (2010). Tilgjengelig fra: <http://www.el-loftet.no/belysning-i-kommunen/category128.html>.
- Energiparken. (2003). Solfangere.
- Enova. (2010). *Enovas støtteprogram for Bolig, bygg og anlegg*. Tilgjengelig fra: <http://naring.enova.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1260> (lest 05.03.10).
- Fjelddalen, I. (2005). *Flyfoto over Borgestad*: Telemarksavisa.
- Fornybar.no. (2010a). Energibrønner.
- Fornybar.no. (2010b). *Fornybar*. Tilgjengelig fra: <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1862> (lest 12.04.10).
- Fornybar.no. (2010c). *Solceller* Tilgjengelig fra: <http://www.fornybar.no/sitepageview.aspx?sitePageID=1670> (lest 10.03.10).
- Fornybar.no. (2010d). Solfangere.
- Fornybar.no. (2010e). Varmepumper.
- Graphisoft. (2010). Ecodesigner, Norsk brukermanual.
- Gregersen, O. (2005). Program for økt sikkerhet mot leirskred - Evaluering av risiko for kvikkleireskred Skien kommune. Tilgjengelig fra: <http://www.nve.no/PageFiles/4152/Skien%20kommune%20rapport.pdf?epslanguage=no> (lest 05.02.2010).
- Haagenrud, S. E. (2004). 700.307 Definisjoner, etablering og bruk av levetidsdata for bygg og bygningsdeler. I: *Byggforsk kunnskapssystemer*.
- Henriksen, G. (2010). *Henvendelse til Statens Bygningstekniske Etat ved Gunnhild Henriksen* (E-mail 02.02.2010).
- Henriksen, P. (2009). *Vil ha strengere krav til energibruk*. Tilgjengelig fra: <http://www.vvs-forum.no/vil-ha-strengere-krav-til-energibruk.4563971-84371.html> (lest 15.03.2010).
- Hilde Reine. Christian Joys. Sverre Tiltnes. Ranveig Ravnanger Landet. (2009). Energieffektiv utforming og bruk av bygg.
- Holmstad, Ø. (2009). *Mineralske byggematerialer*. Tilgjengelig fra: <http://www.naturligbyggeri.no/tema/Mineralske%20materialer.html> (lest 27.01.2010).
- Hovland, K. M. (2009). Bellona med signalbygg. *Teknisk Ukeblad*.
- iOslo.no. (2008). Gigantsmell for muggen «silo».
- ISI-tech. (2010). *Behovsstyring*. Tilgjengelig fra: <http://isi-tech.no/behovsstyring%20i%20rom.htm> (lest 31.03.10).
- Kvande, T. (2003). 723.312 Etterisolering av betong- og murvegger. . I: *Byggforsk kunnskapssystemer*.
- Larsen, P. K. (2004). *Konstruksjonsteknikk - Laster og bæresystemer*: Tapir akademisk forlag.



- Larsen, P. K. (2008). *Konstruksjonsteknikk - Laster og bæresystemer*, b. 2: Tapir akademisk forlag.
- Leland, B. N. (2008). *Prosjektering for ombruk og gjenvinning*. Tilgjengelig fra: <http://www.byggemiljo.no/article.php?articleID=499&categoryID=6>.
- LPO arkitekter. (2009). Tilgjengelig fra: <http://www.lpo.no/prosjekter/bellonahuset-article249-110.html> (lest 17.03.2010).
- Mathisen, T. (1990). Borgestad fabrikk- fagverksdragere.
- Miljøstatus Norge. (2010). Kjemikalielister. Tilgjengelig fra: <http://www.miljostatus.no/Tema/Kjemikalier/Kjemikalielister/>.
- Miljøverndepartementet. (2002). *Avfallsforebygging - En visjon om livskvalitet, forbrukerbevissthet og kretsløpstenkning*.
- Multibygg. *Teglstein*. Tilgjengelig fra: http://www.multibygg.no/bilder/nye/www_teglstein_2.jpg (lest 03.02.2010).
- NGU. (2007). *Georessurser*. Tilgjengelig fra: <http://www.ngu.no/no/hm/Georessurser/Sand-grus-og-pukk/Ressursknapphet---alternative-materialer/> (lest 19.04.10).
- NHP Nettverket. (2007). *Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall 2007-2012*: Byggenæringens Landsforening, BNL.
- Nilsen, J. (2007). Få ditt eget vannkraftverk
- Nordby, A. S. (2007). Byggematerialer: klimabelastning, miljømessig forsvarlig levetid og design for gjenbruk.
- Nordby, K. (2009). Zero-Rapport PLUSSHUS.
- Norsk Solenergiforening. (2010). *Enorme energimengder*. Tilgjengelig fra: <http://www.solenergi.no/om-solenergi/> (lest 29.03.10).
- Norsk teknologi. (2008). Energibruk i bygg - rammer, krav og muligheter.
- NS3472. (2001). *Prosjektering av stålkonstruksjoner*: Norsk Standard.
- NS3473. (2003). *NS3473 Prosjektering av betongkonstruksjoner*: Norsk Standard.
- NVE. (2009). Energimerking av bygg.
- Olsen, D. t. O. (1967). Olav Olsen sine tegninger og beregninger til Ferdigvarelageret.
- Oslo kommune. (2010). *Oslo satser stort på passivhus*.
- Perpetum Energi og Miljø AS. (2005). Klima og energiplan Skien kommune. Tilgjengelig fra: <http://skien.kommune.no/Dokumentbase-og-Fellesinformasjon/Planer-og-prosjekter/Byutvikling/Framtidens-byer1/Klima--og-energiplan-Skien-og-Porsgrunn/> (lest 16.12.2009).
- Pettersen, T. D. (2010). 701.266 Energisparende tiltak i boliger. I: *Byggforsk kunnskapsystemer*.
- Regjeringen.no. (2009). Tilgjengelig fra: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/oed/aktuelt/nyheter/2009/tradisjonelle-glodeparer-fases-ut-.html?id=574759> (lest 01.04.2010).
- Reine. Joys. Tiltnes. Ravnanger Landet. (2009). Energieffektiv utforming og bruk av bygg.
- Seehusen, J. (2009). Her er landets beste bygg. *Teknisk Ukeblad*.
- Sika. (2010). Tilgjengelig fra: <http://www.sika.no/forsterkning.asp> (lest 10.03.2010).
- Skallerud, M. (2000). *Ombruk av elementbygg i betong*: NTNU, Institutt for bygg- og anleggsteknikk.
- Skeie, G. (2007). Elementmetoden i faststoffmekanikk. Tilgjengelig fra: http://folk.uio.no/ges/MEK4560/MEK4560_7.pdf.
- Skien kommune. (2010). *Dybdekart*. Tilgjengelig fra: <http://www.grenlandskart.no> (lest 31.03.2010).
- Smartkraft AS. (2010). *Hamann-turbin*. Tilgjengelig fra: http://www.smartkraft.no/index_media.htm (lest 13.04.2010).
- Solgård, J. (2010). *Telefonsamtale om gjenbruk av bygninger*.

- Solli, A. F. (2010). *Henvendelse til sivilarkitekt Arne Finn Solli om ombyggingen av Union Scene i Drammen.*
- Solvik, F. (1999). 720.612 Oppbygning av konstruksjoner. Kartlegging og undersøkelse. I: *Byggforsk kunnskapssystemer.*
- SSB. (2008). *Avfallsregnskap for Norge. Endelige tall 1995-2007, foreløpige tall 2008.* Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/emner/01/05/40/avfregno/> (lest 03.02.2010).
- Statens bygningstekniske etat. (2007a). *Temaveiledning-Energi.* Tilgjengelig fra: <http://www.be.no/beweb/regler/meldinger/071energi.pdf> (lest 12.03.2010).
- Statens bygningstekniske etat. (2007b). *Veiledning til teknisk forskrift 1997:* Statens bygningstekniske etat. Tilgjengelig fra: <http://www.be.no/beweb/regler/veil/tekveil07/tekveilinnh2007.html>.
- Statsbygg. (2002a). Designstrategi for bruk av gjenbruksmaterialer. Tilgjengelig fra: http://www.statsbygg.no/FilSystem/files/prosjekter/fouprosj/miljo/10166_Rapport2_Designstrategi2.pdf (lest 02.02.2010).
- Statsbygg. (2002b). Gjenbruk i byggebransjen - State of Art. Tilgjengelig fra: http://www.statsbygg.no/FilSystem/files/prosjekter/fouprosj/miljo/10166_Rapport_StateOfArt.pdf.
- Stave, S. E. (2006). *Avfall fra byggvirksomhet, 2004. Foreløpige tall:* Statistisk Sentralbyrå. Tilgjengelig fra: <http://www.ssb.no/emner/01/05/avfbygganl/art-2006-04-27-01.html#noter>.
- Stokseth, Nie. Øydvin. (2004). Flomsonekart - Delprosjekt Skien. Tilgjengelig fra: <http://www.nve.no/PageFiles/5014/Flomsonekartrapport%20Skien%2010-2004.pdf?epslanguage=no> (lest 15.02.2010).
- SV Betong. *Betong.* Tilgjengelig fra: http://svbetong.no/uploads/images/prosjekter/referanser/2007/SV_Betong_Giske_Skole_1.jpg (lest 04.02.2010).
- Sørensen, V. (2009). *Foredrag om miljøhensyn i byggeprosjekter.*
- Telemarksbilder. (2010). Tilgjengelig fra: http://telemarksbilder.origo.no/-/explore/posts?sandbox_id=31024&query=1927 (lest 15.02.2010).
- Thorenfeldt. Täljsten. Rødsætre. Sandaker. (2006). Forsterkning av betongkonstruksjoner: Norsk Betongforening.
- Thue. Oustad. Gustavsen. (2007). *WUFI 1D Pro 4.1 Brukermanual.*
- Tidemann, G. (2001). Hypermoderne studentbolig. *Uniforum.*
- Tor Ole Olsen. (2010). *Samtale med Tor Ole Olsen om tankegangen bak skalltakene.*
- Waldum, A. M. (1998). 723.235 Murte vegger. Skader og utberdringsalternativer. I: *Byggforsk kunnskapssystemer.*
- Wigen, R. (1992). *Bygningsadministrasjon:* Tapir Forlag.
- YIT. (2009). *Styringsystemer.* Upublisert manuskript.
- YIT. (2010). *Omvisning på Slippen i Porsgrunn og samtale om kollektorer i elv.:* Nicolai Hodne.

Vedlegg

Vedlegg 1: Manuell kontroll av skalltaket

Vedlegg 2: SINTEF regneark, Ferdigvarelageret

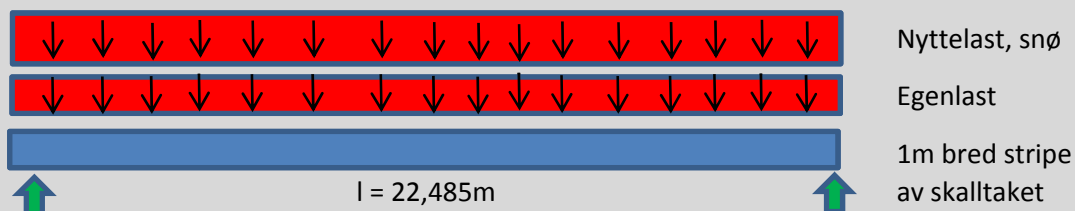
Vedlegg 3: SINTEF regneark, Verket

Vedlegg 4: Plan-, snitt- og fasadetegning av Ferdigvarelageret

Vedlegg 5: Plan-, snitt- og fasadetegning av Verket



Manuell kontroll av skalltaket X-retning

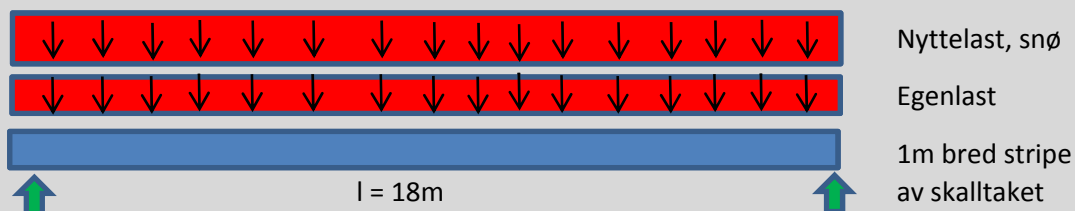


Lasttype		Lastfaktor	
Snølast	1,5 kN/m	1,5	2,25 kN/m
Egenlast	1,88 kN/m	1,2	2,256 kN/m
b =	1 m		
l =	22,485 m		
h =	0,08 m		
Overdekning	10 mm		
Antatt armering	10 mm		
$f_{cn} =$	23,8 N/mm ²	B30 betong	
$f_{sk} =$	500 N/mm ²		
γ_m betong	1,4		
γ_m stål	1,25		
d =	0,065 m	Effektiv tverrsnittshøyde	
h` =	0,050 m	Valgt indre momentarm	
$f_{cd} =$	17 N/mm ²		
$f_{sd} =$	400 N/mm ²		
$M_f = ql^2/8 =$	284,8 kNm	Opptredende moment	
$M_{cd} = 0,275bd^2f_{cd} =$	19,75 kNm	Betongbjelkens momentkapasitet	
$\Delta M = M_f - M_{cd} =$	265,01 kNm	Hvis; $M_f > M_{cd}$ så er betongtrykksonens momentkapasitet fullt utnyttet	
Armering			
$A_s` = \Delta M/h`f_{sd} =$	13251 mm ²	Nødvendig armeringsareal, trykksiden	
$A_s = A_s` + M_{cd}/0,835df_{sd} =$	14160 mm ²	Nødvendig armeringsareal, strekksiden	

Armering	A (mm ²)	Antall jern, tr.	Avstand, tr.	Antall jern, st.	Avstand, st.
10	79	169	-4,1	180	-164,2
12	113	117	-3,5	125	-110,1
14	154	86	-2,4	92	-76,1
16	201	66	-0,8	70	-52,5
20	314	42	3,8	45	-20,5
25	491	27	12,5	29	7,9
32	804	16	30,5	18	42,7
40	1256	11	60,5	11	85,8

Tabellen viser nødvendig antall armeringsjern på bjelkens trykk- og strekkside, samt avstanden som blir mellom hvert armeringsjern.

Manuell kontroll av skalltaket Y-retning



Lasttype		Lastfaktor	
Snølast	1,5 kN/m	1,5	2,25 kN/m
Egenlast	1,88 kN/m	1,2	2,256 kN/m
b =	1 m		
l =	18 m		
h =	0,08 m		
Overdekning	10 mm		
Antatt armering	10 mm		
$f_{cn} =$	23,8 N/mm ²	B30 betong	
$f_{sk} =$	500 N/mm ²		
γ_m betong	1,4		
γ_m stål	1,25		
d =	0,065 m	Effektiv tverrsnittshøyde	
h` =	0,050 m	Valgt indre momentarm	
$f_{cd} =$	17 N/mm ²		
$f_{sd} =$	400 N/mm ²		
$M_f = ql^2/8 =$	182,5 kNm	Opptredende moment	
$M_{cd} = 0,275bd^2f_{cd} =$	19,75 kNm	Betongbjelkens momentkapasitet	
$\Delta M = M_f - M_{cd} =$	162,74 kNm	Hvis; $M_f > M_{cd}$ så er betongtrykksonens momentkapasitet fullt utnyttet	
Armering			
$A_s` = \Delta M/h`f_{sd} =$	8137 mm ²	Nødvendig armeringsareal, trykksiden	
$A_s = A_s` + M_{cd}/0,835df_{sd} =$	9047 mm ²	Nødvendig armeringsareal, strekksiden	

Armering	A (mm ²)	Antall jern, tr.	Avstand, tr.	Antall jern, st.	Avstand, st.
10	79	104	-0,4	115	-95,8
12	113	72	1,9	80	-60,2
14	154	53	5,0	59	-36,5
16	201	40	8,9	45	-18,7
20	314	26	19,3	29	9,1
25	491	17	37,6	18	39,8
32	804	10	74,1	11	86,4
40	1256	6	135,2	7	153,7

Tabellen viser nødvendig antall armeringsjern på bjelkens trykk- og strekkside, samt avstanden som blir mellom hvert armeringsjern.

Energiltak og samlet netto energibehov

Kontroll og dokumentasjon av bygningers energieffektivitet i henhold til TEK



Type bygning:

Oppvarmet bruksareal (m²):

Oppvarmet volum (m³):

Eksponert omkrets (m)

Lett industri

3496

14094

145

Prosjektbeskrivelse

Ferdigvarelager

Energiltak

Krav i TEK

Bygningsdeler	Netto areal m ²	U-verdi W/(m ² K)	Varmetap W/K	U-verdi W/(m ² K)	Varmetap (W/K)	Kommentar
Yttervegger		0,1200	36,60	0,18	23,36	
Yttervegg mot terreng						
Yttervegg	305	0,12				
Yttervegg						
Yttervegg						
Yttervegg						
Vinduer og dører	15 %	0,76	398,24	1,20	839,04	
Vindu/dør						
Vindu/dør	524	0,76				
Vindu/dør						
Vindu/dør						
Vindu/dør						
Vindu/dør						
Vindu i skråtak						
Tak		0,08	180,64	0,13	293,54	
Isolert takflate/loftsbjelkelag	2258	0,08				
Isolert takflate/loftsbjelkelag						
Isolert takflate/loftsbjelkelag						
Golv		0,05	94,14	0,15	259,50	
Golv mot grunnen	1730	0,08				
Kuldebroer	W/(m ² K)					
Normalisert kuldebroverdi	0,03		104,88	0,06	209,76	
Lufttetthet	Luftveksling per time (1/h)			1/h		
Lekkasjetall n ₅₀	1		325,57	1,50	488,36	
Ventilasjon				%		
Varmegjenvinning	85 %		648,95	70,00	1297,89	
Luftmengde	3,8 (m ³ /(m ² h))					
Totalt varmetap						
Bygningens varmetransportkoeffisient (W/K)			1789		3411	
Bygningens varmetapstall (W/(m²K))			0,51		0,98	Energiltak tilfredsstilt

Samlet netto energibehov

Ventilasjon og varmekapasitet					
Bygningens varmekapasitet	112	Wh/(m ² K)			
Spesifikk vifteeffekt (SFP)	1,5	kW/(m ³ /s)			
Soltilskudd	Himmelretning	Lysåpning m ²	Solfaktor glass	Type solavskjerming	
Nordvendt fasade	N			Ingen avskjerming	
Østvendt fasade	Ø	122	0,50	Utvendige persienner	
Sydvendt fasade	S	72	0,50	Utvendige persienner	
Vestvendt fasade	V	325	0,50	Utvendige persienner	
Takvindu	S			Ingen avskjerming	
Bygningens samlede netto energibehov			94	kWh/(m ² år)	
Forskriftens energiramme			185	kWh/(m ² år)	Energirammen er tilfredsstilt

Kravet til energieffektivitet er tilfredsstilt

Sted

Dato

--	--

--

Sign.

Energiltak og samlet netto energibehov



Kontroll og dokumentasjon av bygningers energieffektivitet i henhold til TEK

Type bygning:	Lett industri
Oppvarmet bruksareal (m ²):	2109
Oppvarmet volum (m ³):	8120
Eksponert omkrets (m)	119

Prosjektbeskrivelse
Verket

Energiltak

Krav i TEK

Bygningsdeler	Netto areal m ²	U-verdi W/(m ² K)	Varmetap W/K	U-verdi W/(m ² K)	Varmetap (W/K)	Kommentar
Yttervegger		0,2453	158,59	0,18	121,15	
Yttervegg mot terreng						
Yttervegg	116,16	0,14				
Yttervegg	156,6	0,16				
Yttervegg	213	0,46				
Yttervegg	160,8	0,12				
Yttervegg						
Vinduer og dører	10 %	0,73	239,51	1,20	506,16	
Vindu/dør	206,5	0,75				
Vindu/dør						
Vindu/dør						
Vindu/dør						
Vindu/dør						
Vindu/dør						
Vindu i skråtak	120,9	0,7				
Tak		0,09	105,84	0,13	152,88	
Isolert takflate/loftsbjelkelag	1176	0,09				
Isolert takflate/loftsbjelkelag						
Isolert takflate/loftsbjelkelag						
Golv		0,06	67,72	0,15	177,45	
Golv mot grunnen	1183	0,08				
Kuldebroer	W/(m ² K)					
Normalisert kuldebroverdi	0,03		63,27	0,06	126,54	
Lufttetthet	Luftveksling per time (1/h)			1/h		
Lekkasjetall n ₅₀	1		187,57	1,50	281,36	
Ventilasjon				%		
Varmegjenvinning	85 %		391,48	70,00	782,97	
Luftmengde	3,8 (m ³ /(m ² h))					
Totalt varmetap						
Bygningens varmetransportkoeffisient (W/K)			1214		2149	
Bygningens varmetapstall (W/(m²K))			0,58		1,02	Energiltak ikke tilfredsstillt

Samlet netto energibehov

Ventilasjon og varmekapasitet					
Bygningens varmekapasitet	112	Wh/(m ² K)			
Spesifikk vifteeffekt (SFP)	1,5	kW/(m ³ /s)			
Soltilskudd					
	Himmelretning	Lysåpning m ²	Solfaktor glass	Type solavskjerming	
Nordvendt fasade	N	48,6		Ingen avskjerming	
Østvendt fasade	Ø	106		Utvendige persienner	
Sydvendt fasade	S	4,7		Utvendige persienner	
Vestvendt fasade	V	47,1		Utvendige persienner	
Takvindu	S	120,9		Ingen avskjerming	
Bygningens samlede netto energibehov				106 kWh/(m²år)	
Forskriftens energiramme				185 kWh/(m²år)	-

Bygningsdel for dårlig isolert

Sted	Dato

--

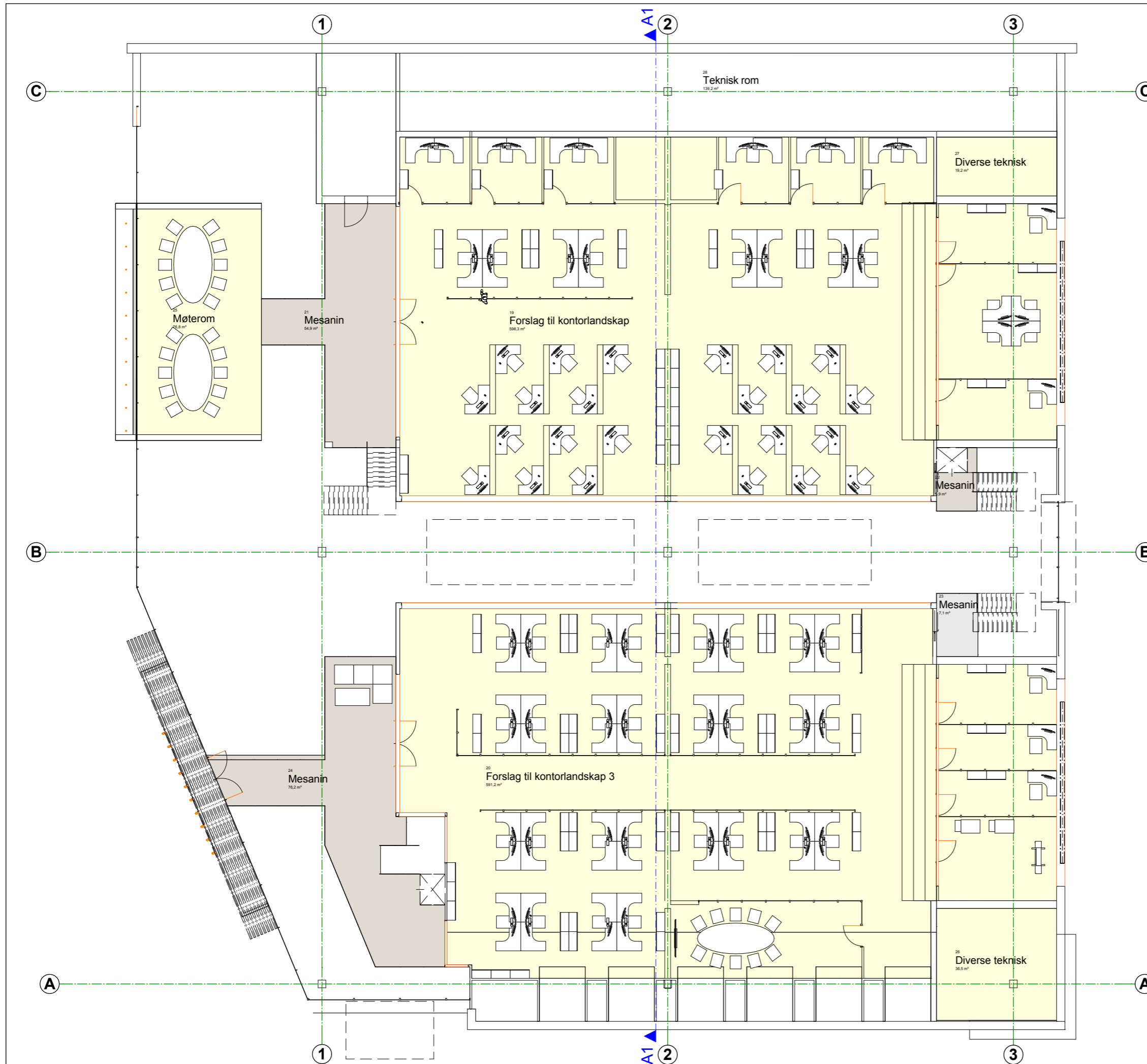
Sign.



Borgestad Næringspark
Skårdal og Strand
Masteroppgave 2010



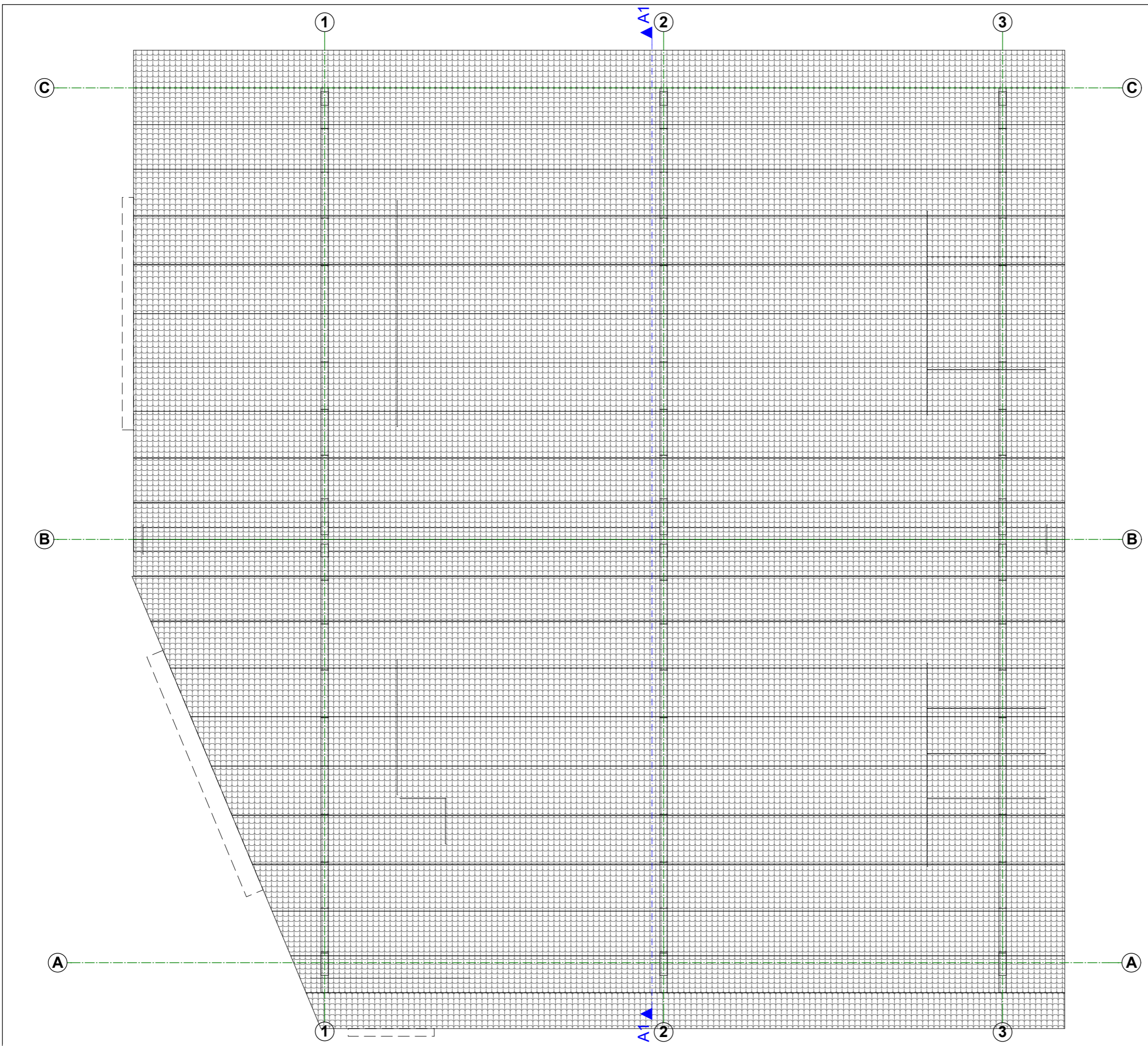
Tegningsnr.: FVL 01	Filnavn: Plantegninger.pln
Type tegning: Plan 1. etg	Dato: 11.05.2010
	Målestokk: 1:200



Borgestad Næringspark
Skårdal og Strand
Masteroppgave 2010



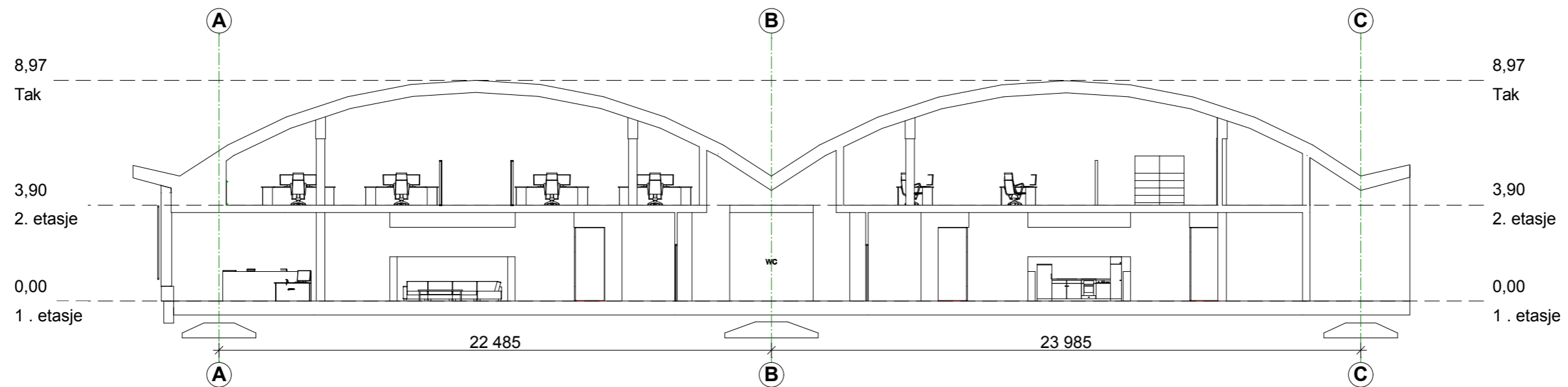
Tegningsnr.: FVL 02	Filnavn: Plantegninger.pln
Type tegning: Plan 2. etg	Dato: 11.05.2010
	Målestokk: 1:200



**Borgestad Næringspark
Skårdal og Strand
Masteroppgave 2010**



Tegningsnr.: Tak 03	Filnavn: Plantegninger.pln
Type tegning: Plan tak	Dato: 11.05.2010
	Målestokk: 1:200



Borgestad Næringspark
Skårdal og Strand
Masteroppgave 2010

Tegningsnr.:
FVL 04

Filnavn:
Plantegninger.pln

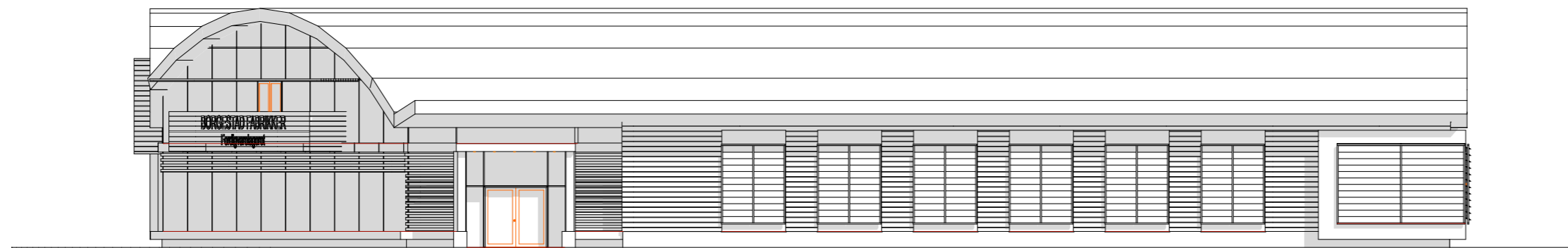
Dato:
11.05.2010

Type tegning:
Snitt A1

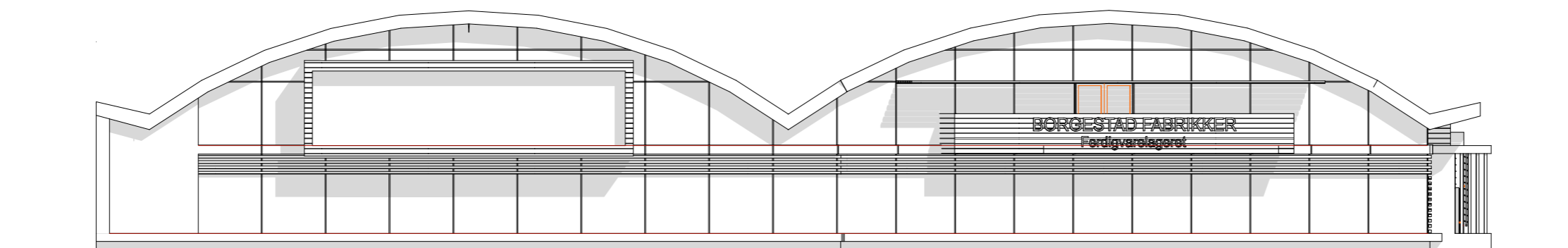
Målestokk:
1:200



Fasade øst



Fasade sør



Fasade vest

**Borgestad Næringspark
Skårdal og Strand
Masteroppgave 2010**

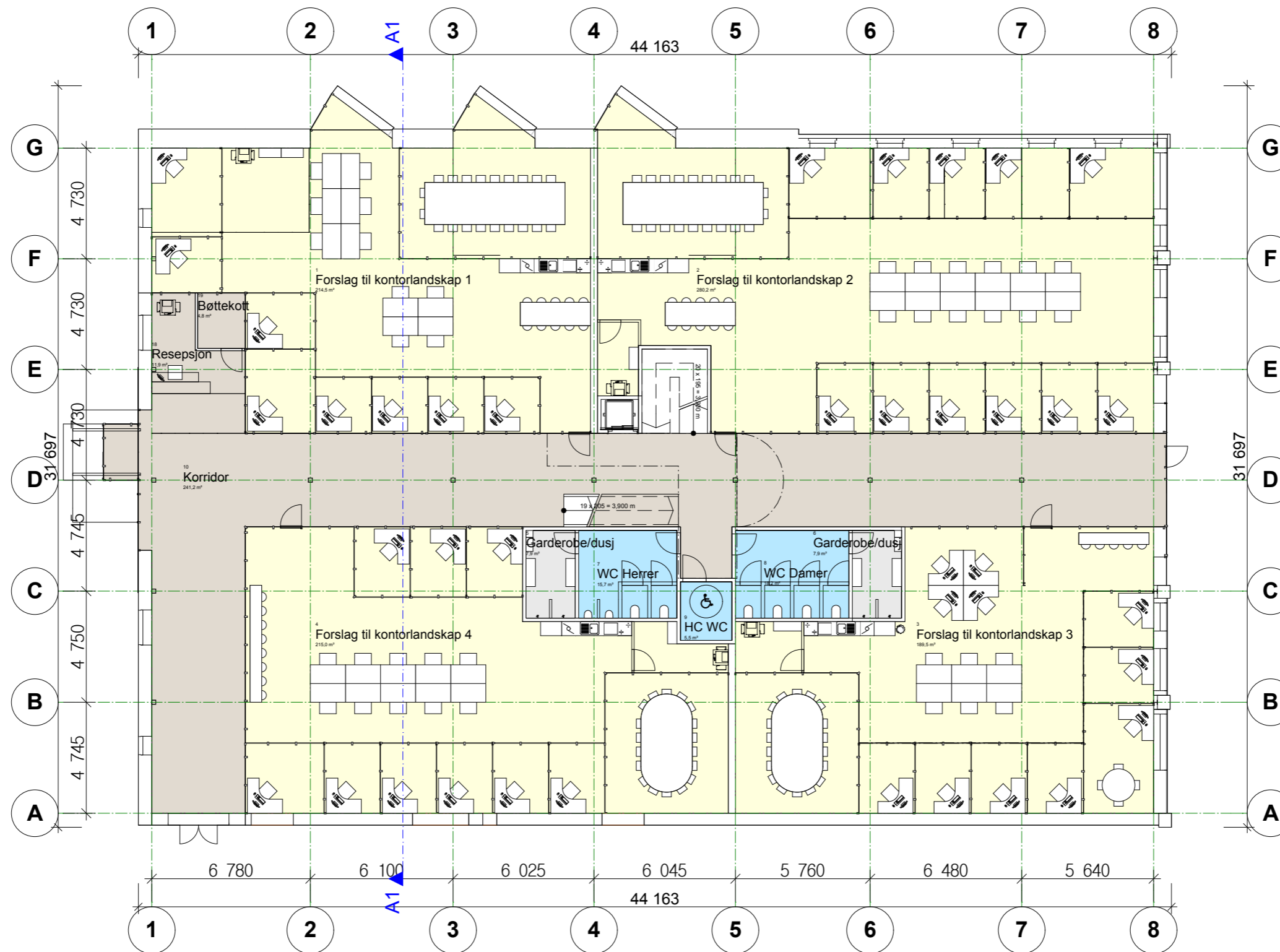
Tegningsnr.:
FVL 05

Filnavn:
fasade-øst.pln

Dato:
11.05.2010

Type tegning:
Fasade øst, sør, vest

Målestokk:
1:200



Borgestad Næringspark
Skårdal og Strand
Masteroppgave 2010



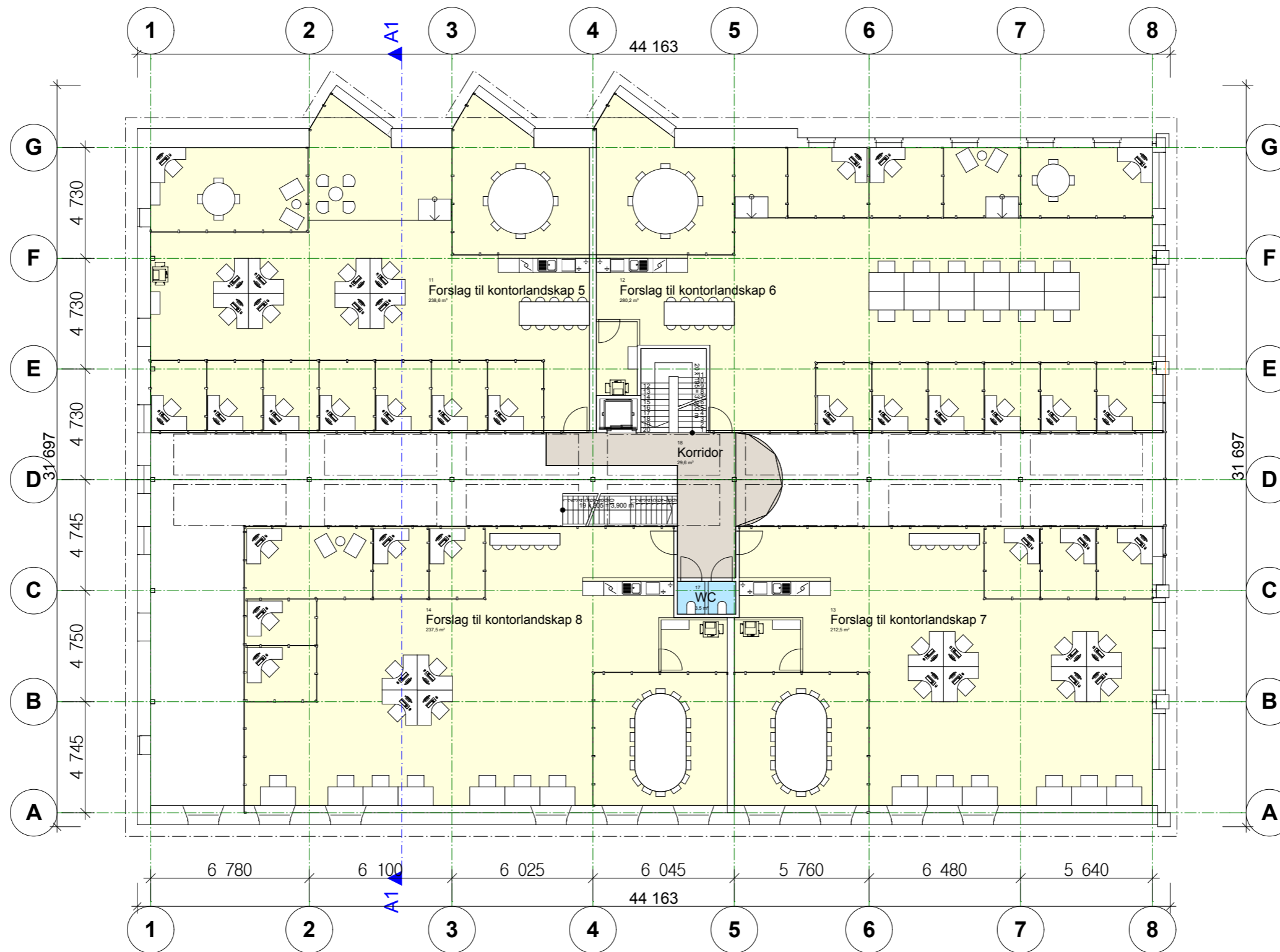
Tegningsnr.:
VERKET 01

Filnavn:
Plantegninger.pln

Type tegning:
Plan 1.etg

Dato:
11.05.2010

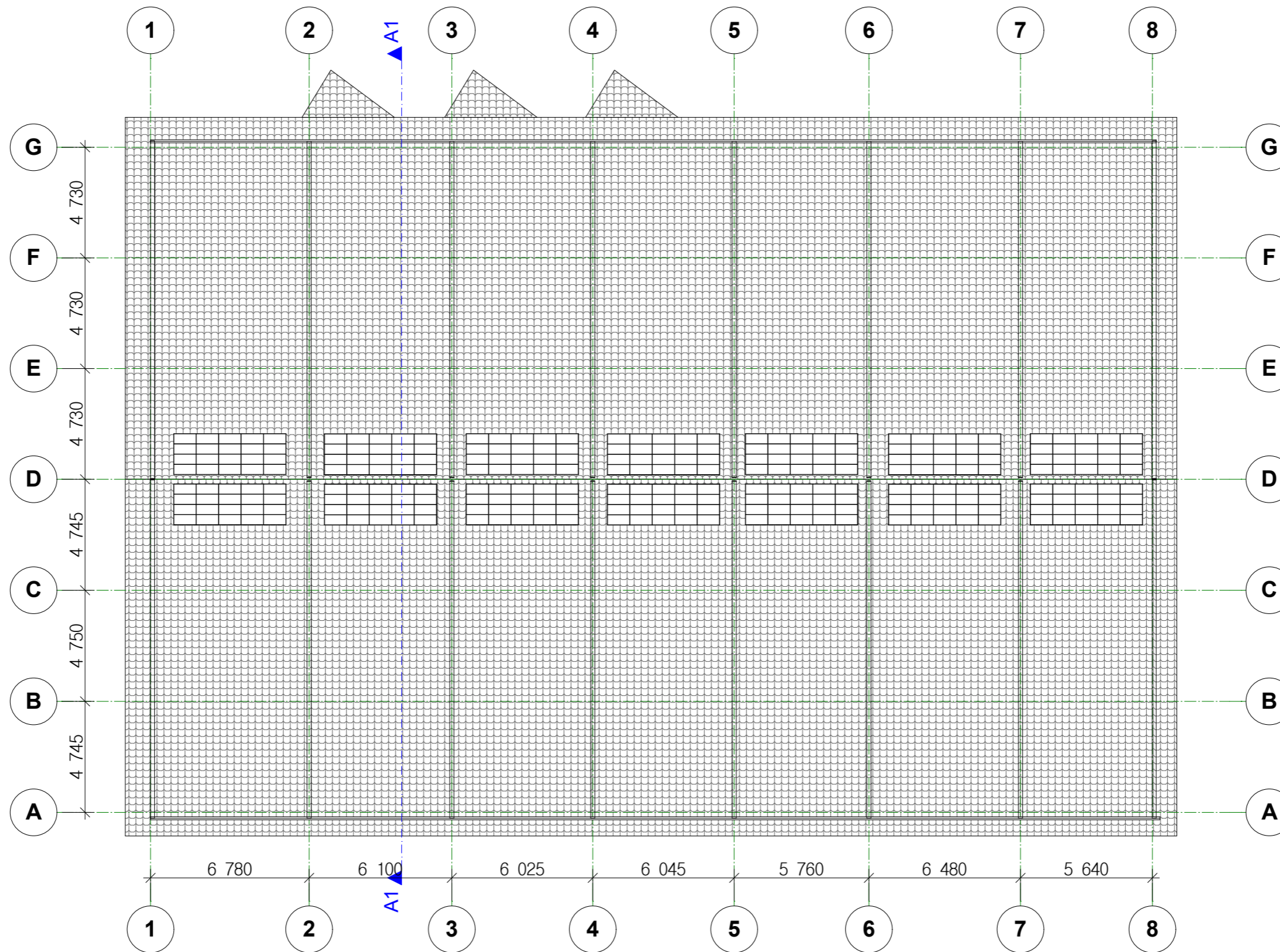
Målestokk:
1:200



Borgestad Næringspark
Skårdal og Strand
Masteroppgave 2010



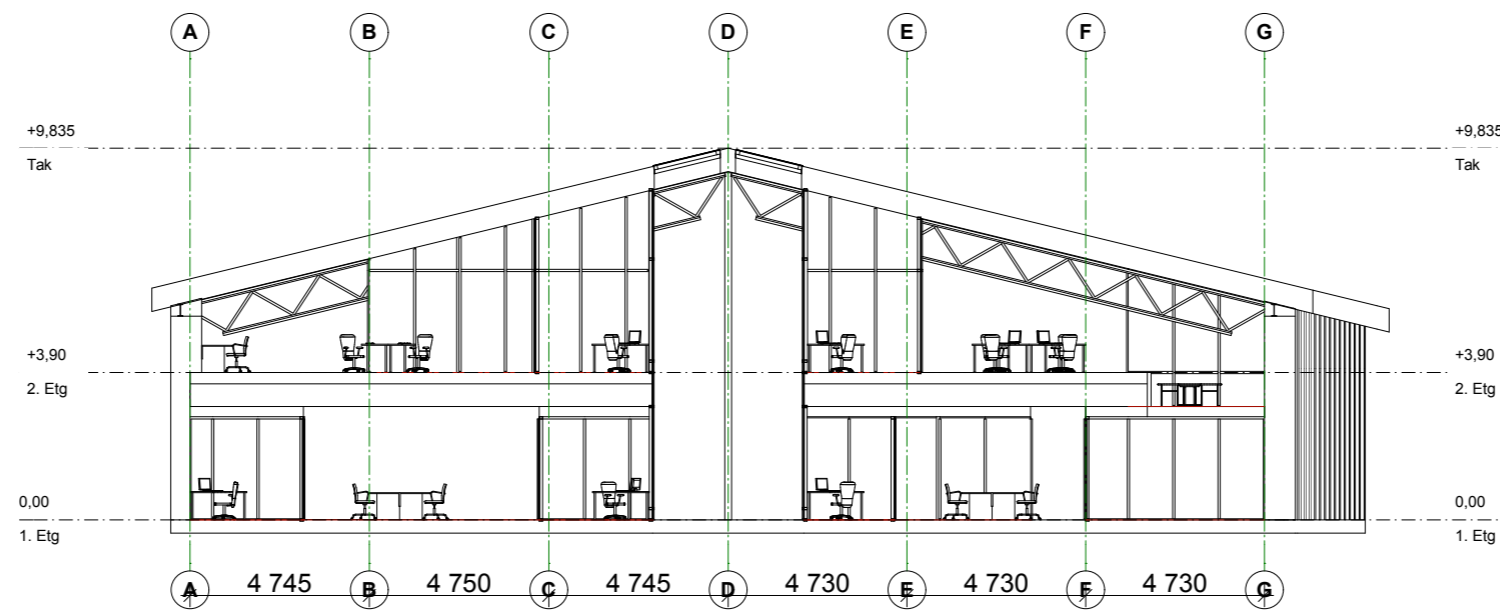
Tegningsnr.: VERKET 02	Filnavn: Plantegninger.pln
Type tegning: Plan 2.etg	Dato: 11.05.2010
	Målestokk: 1:200



Borgestad Næringspark
Skårdal og Strand
Masteroppgave 2010



Tegningsnr.: VERKET 03	Filnavn: Plantegninger.pln
Type tegning: Takplan	Dato: 11.05.2010
	Målestokk: 1:200



Borgestad Næringspark
Skårdal og Strand
Masteroppgave 2010

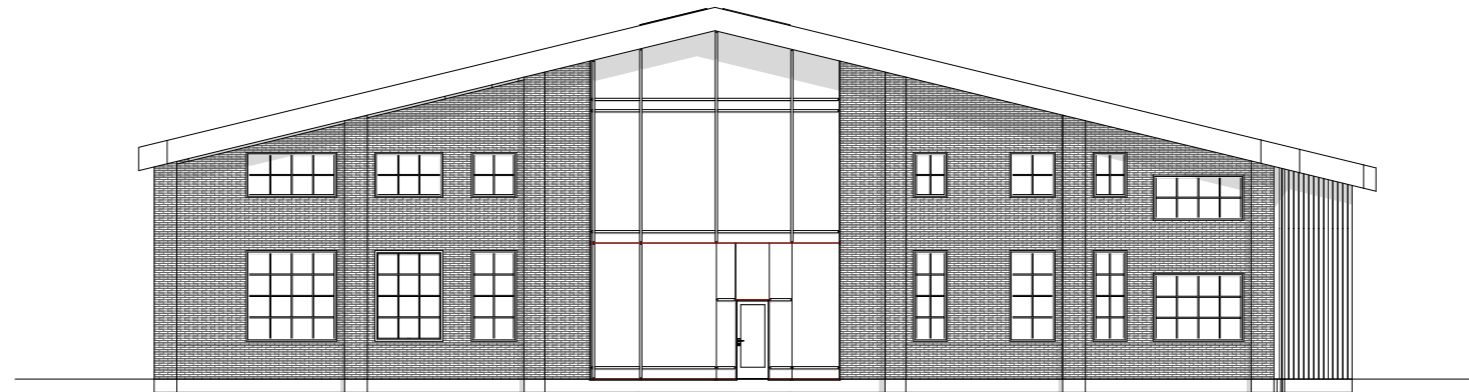
Tegningsnr.:
VERKET 05

Filnavn:
Snitt.pln

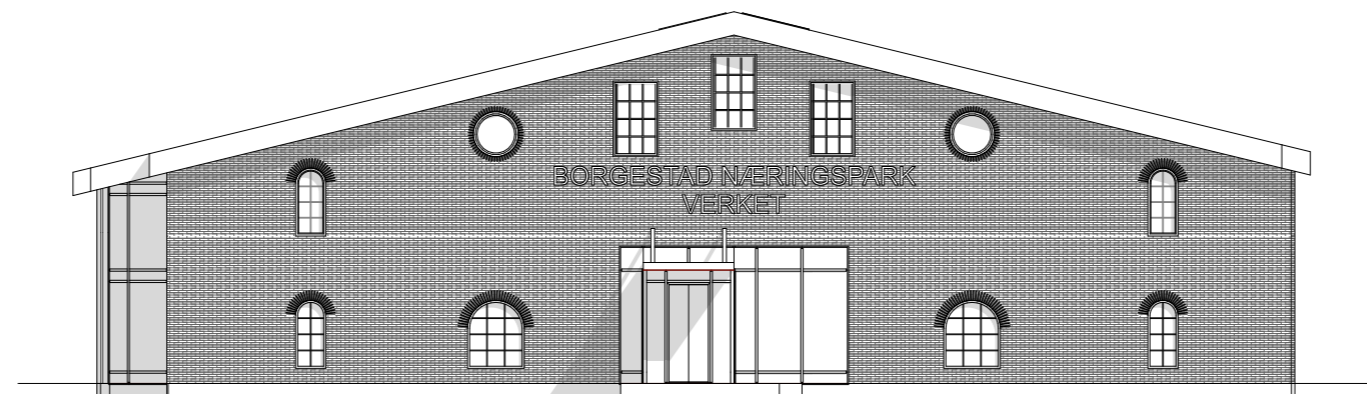
Dato:
11.05.2010

Type tegning:
Snitt A1

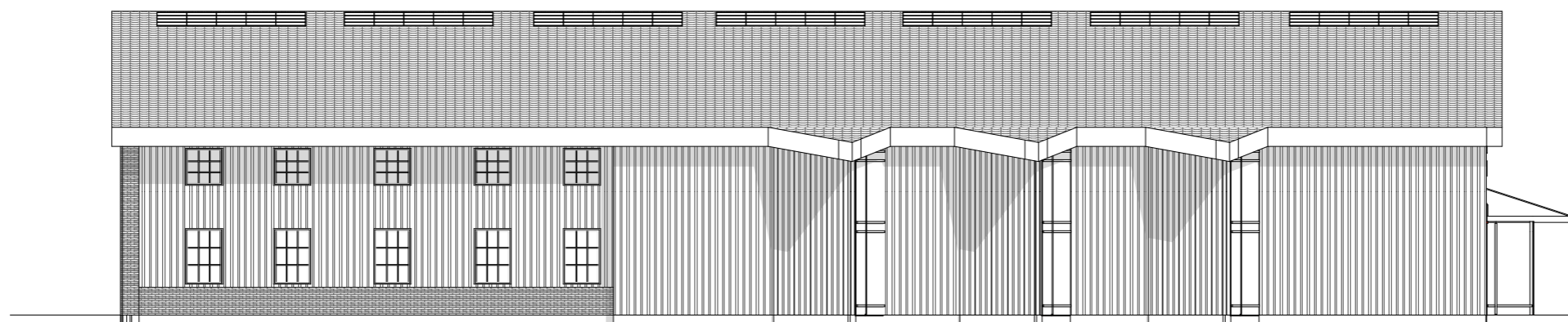
Målestokk:
1:200



Fasade øst



Fasade vest



Fasade nord

**Borgestad Næringspark
Skårdal og Strand
Masteroppgave 2010**

Tegningsnr.:
VERKET 05

Filnavn:
Fasader.pln

Dato:
11.05.2010

Type tegning:
Fasade øst, vest, nord

Målestokk:
1:200