

Bygningsintegreerte Energisystem

i smarte, energieffektive bygg

Bjørn Jenssen Wachenfeldt, Forsker
Arkitektur og byggteknikk

Disposisjon

- Hva er bygningintegreerte energisystem i smarte, energieffektive bygg?
- Sentrale teknologier
- Pågående pilotprosjekt: *Mæla smartbygg*

Bygningsintegreerte energisystem i smarte, energieffektive bygg

Energisystem integrert i bygningskonstruksjonen som sikrer godt innemiljø og samtidig utnytter tilgjengelig fornybar energi på stedet på en måte som reduserer behovet for ekstern energitilførsel

Sentrale teknologier

- Isolasjon og tetthet
- Termisk solenergi
- Lagring av varme/kulde i konstruksjonselementer
- Solceller
- Naturlig belysning
- Solavskjerming
- Naturlig og hybrid ventilasjon

Isolasjon



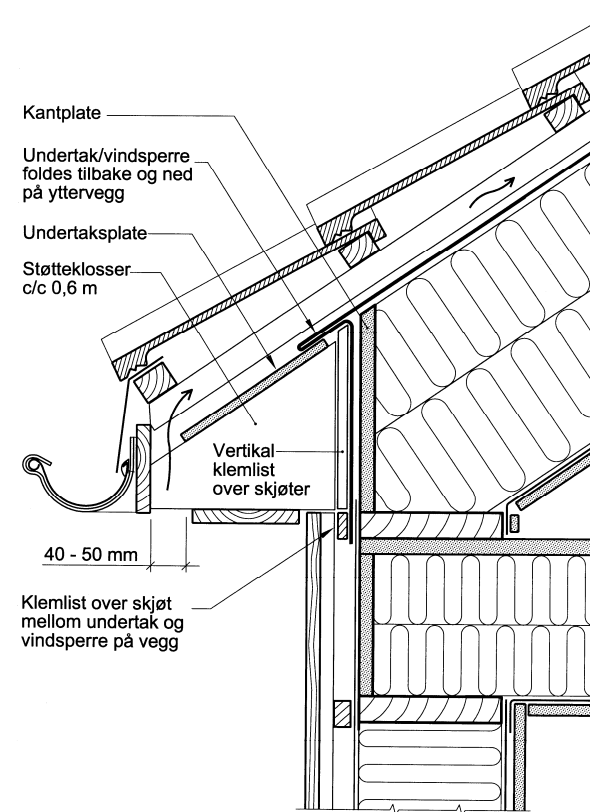
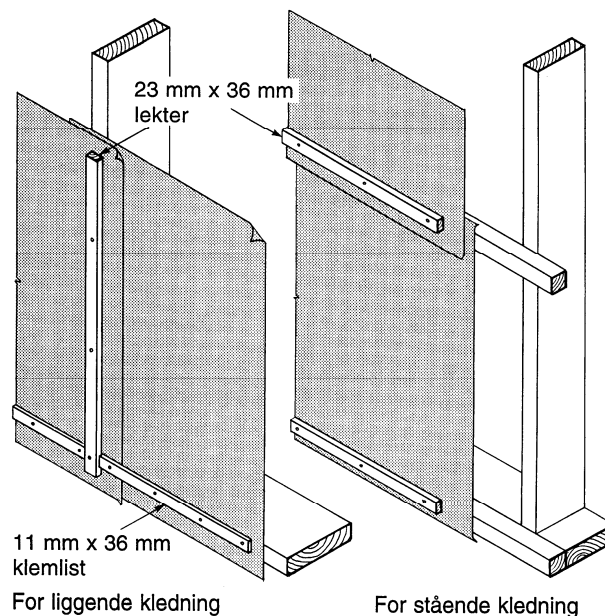
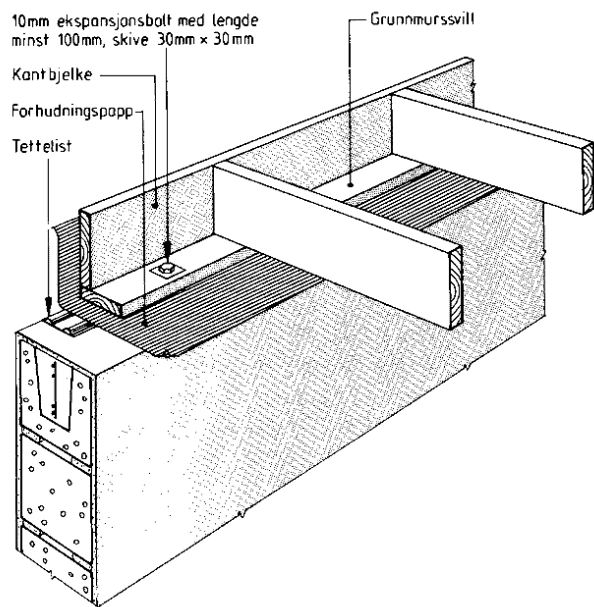
Rockwools nye forskningscenter fik et *tykt lag isolering i alle vægge (450 mm), lofter (500 mm) og gulve (250 mm)*. Ydermere blev der anvendt trelags energiruder til de store vinduespartier.

På Rockwool var der derfor stor *forbløffelse* da det efter den første sæson viste sig at byggeriets faktiske *varmeforbrug var tre gange større end forventet* (50 /15 kWh/kvm).

Målinger vist at der var et meget lille varmetab gennem de højisolerede konstruktioner. Derimod fandt forskerne *alvorlige kuldebroer* langs fundamenter, vinduer og varmeapparater. Kuldebroen langs fundamenterne skyldtes bl.a. at der, trods god isolering under terrændækket og på ydersiden af facaden, var direkte kontakt mellem betonfundamentet og jorden.

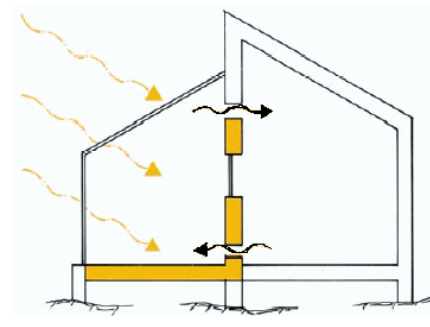
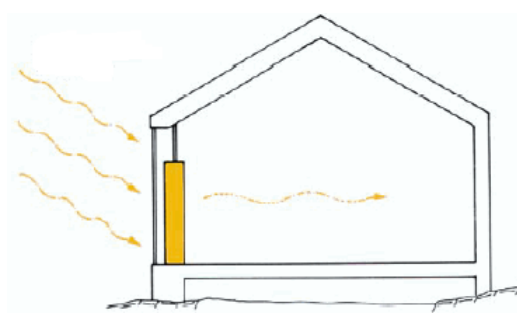
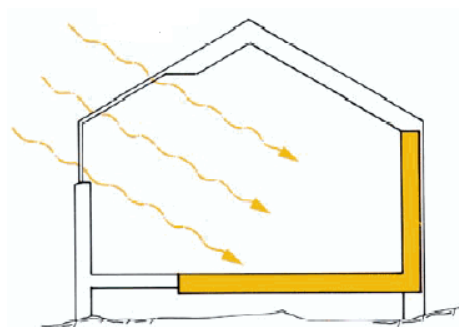
Sagen illustrerer at man kan proppe nok så meget isoleringsmateriale ind i et byggeri uden at det får den ønskede virkning, hvis ikke man samtidig foretager omhyggelige beregninger og reducerer varmetabet gennem kuldebroern.

Tetthet



Termisk solenergi

- Aktive systemer
 - Termiske solfangere
- Passive systemer
 - Vinduer
 - Solrom
 - Atrium



Lagring av varme/kulde i konstruksjonselementer

- Termisk masse kan utnyttes til å absorbere overskuddsvarme dagtid, og således eliminere/ redusere kjølebehovet
- Den opplagrede varmen vil avgis når det er oppvarmingsbehov, slik at også dette reduseres
- Kan utnyttes mer effektivt når kombinert med ventilasjon



Solceller

- Takelementer
- Veggelementer
- Dobbeltfasader
- Avskjermings-
elementer



Naturlig belysning

- Glass (fasade/overlys)
- Transparent isolasjon
- Dagslyssystemer



Solavskjerming

- Overheng



Solavskjerming

- Overheng
- Utvendige i fasaden



Solavskjerming

- Overheng
- Utvendige i fasaden



Solavskjerming

- Overheng
- Utvendige i fasaden
- I dobbeltfasade



Solavskjerming

- Overheng
- Utvendige i fasaden
- I dobbeltfasade
- Film
- Tilbaketrukne vindu
- Markiser
- Gardiner
- Planter
- Trær

Naturlig og hybrid ventilasjon



- Drivkraft (vind, termisk oppdrift, hjelpevifter)
- Ventilasjonsprinsipp (ensidig, kryss, skorstein)
- Karakteristiske elementer (dobbeltfasader, skorsteiner, atrium etc)

Mæla smartbygg

Ny ungdomsskole på Mæla i Skien

Pir II Arkitektkontor
COWI (RiV,RiE)
Myklebust AS (RiB)
Agraff AS (LARK)





Hovedmålsetninger

- Godt innemiljø
- Totalt energibehov $< 80 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$ (gjennomsnitt for tilsvarende bygg $\sim 200 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$)
- Ingen mekanisk kjøling
- Mest mulig bruk av fornybar energi til romoppvarming
- Lønnsomhet for byggherre

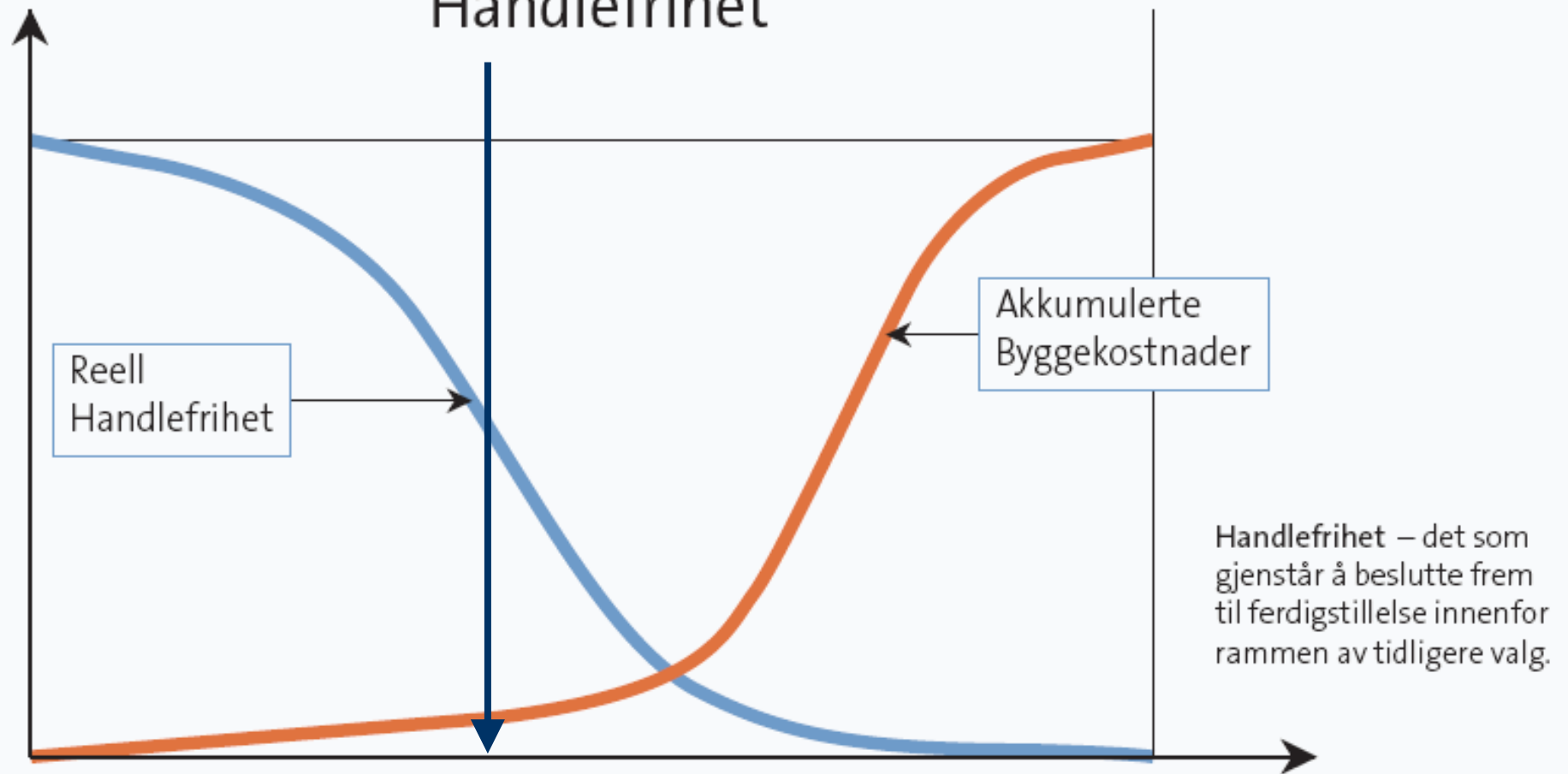
Utfordring: oppnå mer enn halvert energibruk med marginale merkostnader

..... men hvordan?

Jo, -Strategi!



Handlefrihet



TIDLIGFASE
identifiseringsfase
visjoner - mål - rammer
ytre premisser

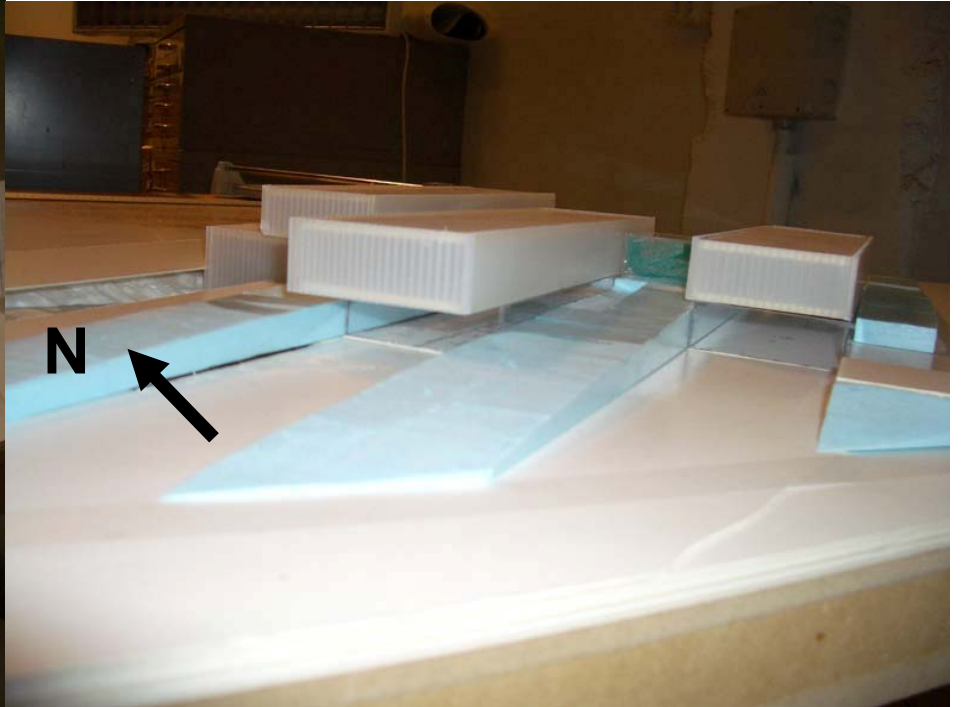
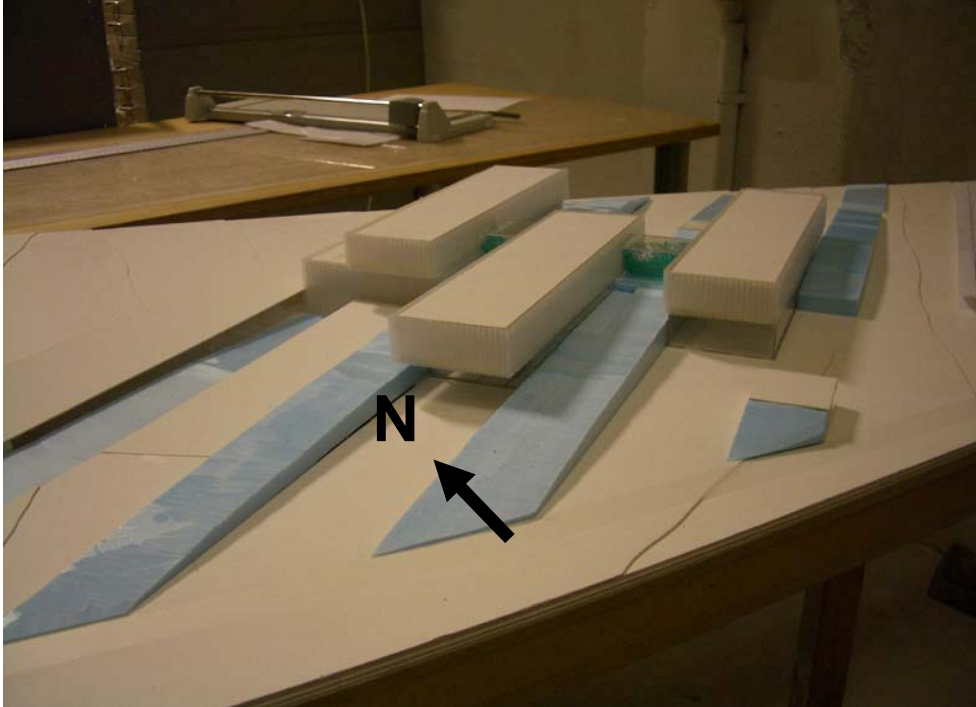
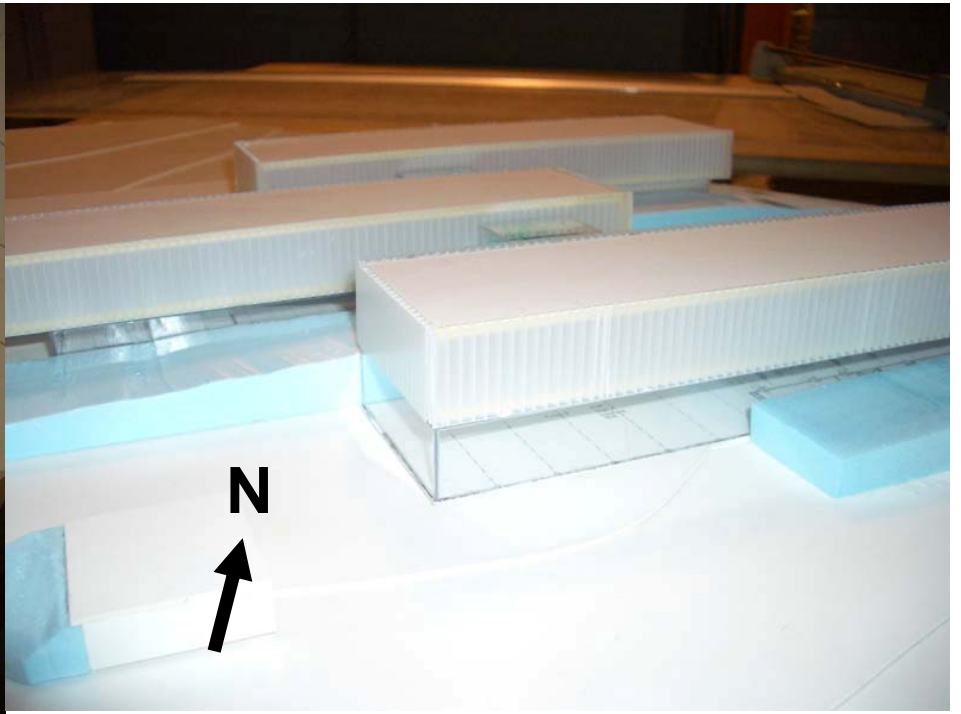
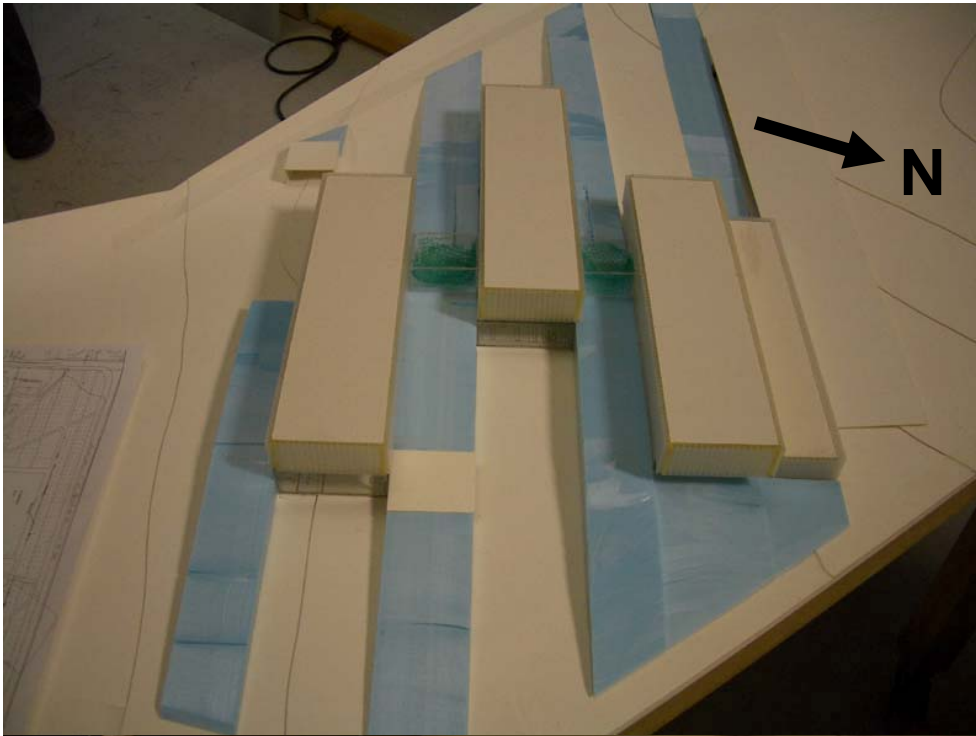
UTVIKLINGSFASE
defineringsfase
fysiske løsninger
ytre premisser

PRODUKSJONSFASE
detaljprosjektering
fysisk produksjon og
montasje

BRUKSFASE
reklamasjoner
FDV

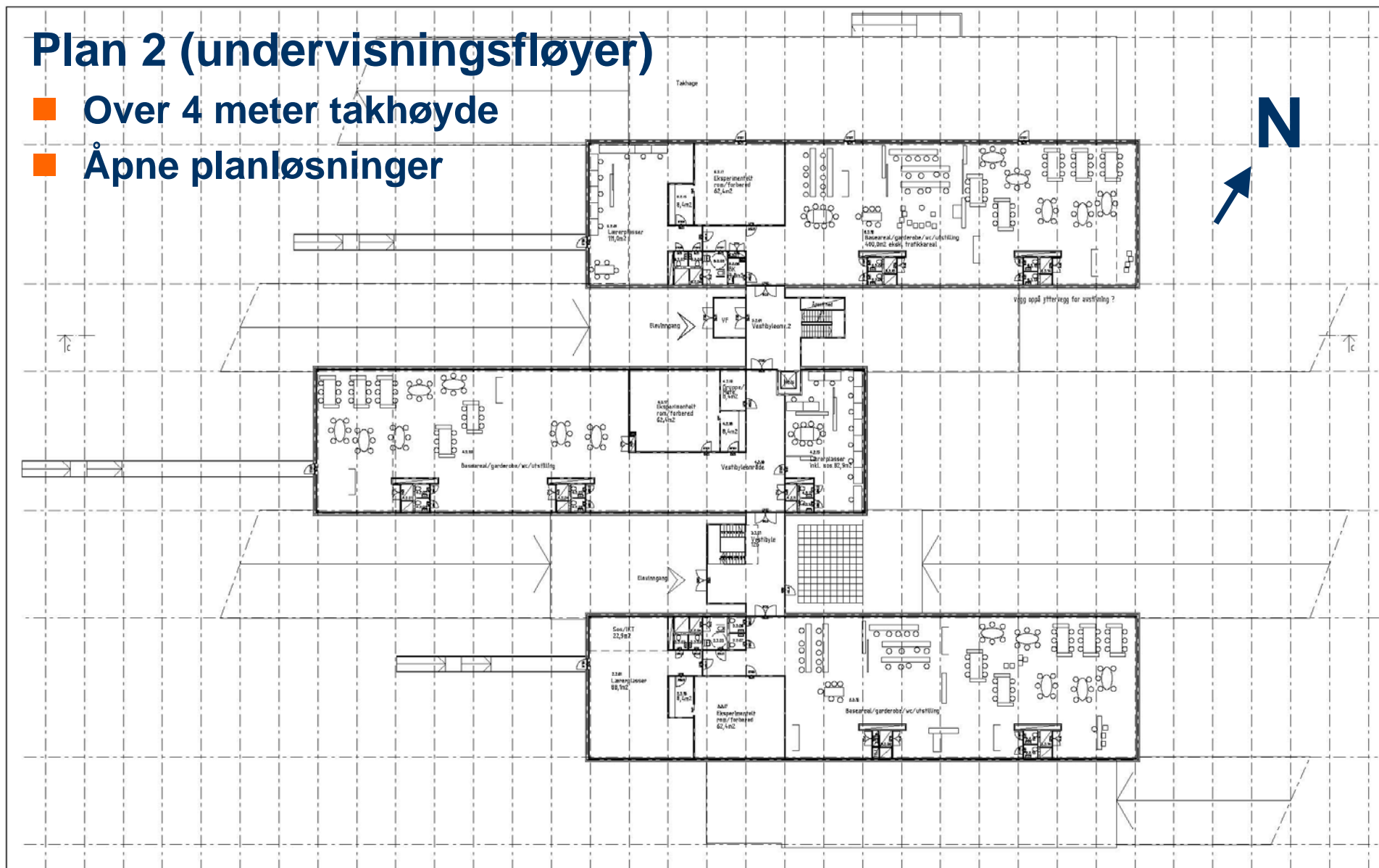
Kilde: Byggstudien 2002, Enova SF

Tiltak/område	SPEK	Aktuelle løsninger og aktuell teknologi
Yttervegg, alt. 1 Yttervegg, alt. 2	$U < 0.13 \text{ W/m}^2\text{K}$ $U < 0.28 \text{ W/m}^2\text{K}$	Alt. 1. Bindingsverksvegg med til sammen 300 mm isolasjon. (Aluminiums vindusfelt og fasader anbefales ikke!) Alt. 2. 200 mm ISOFLEX transparent isolasjon. Effektiv U-verdi kan bli lavere pga. solabsorpsjon.
Yttertak	$U < 0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$	For eksempel oppforet tak med 450-500 mm isolasjon.
Gulv på grunn	$U < 0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$	Gulv på grunn med 250-300 mm isolasjon (EPS)
Vegger under grunnen	$U < 0.10 \text{ W/m}^2\text{K}$	Betongvegger mot grunnen med 250-300 mm isolasjon (EPS), event. kombinert med. innv. isolering
Vinduer	$U < 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$ Ikke kaldras	Tre lags koblet rute (4-12-4-38), 2 lav E-belegg, krypton-gass, rustfri stål-spacer, ekstra tykk koblet trekarm. I rom for stillesittende arbeid skal vindushøyde begrenses slik at ikke genererende kaldras oppstår selv uten oppvarming.
Dører	$U < 0.85 \text{ W/m}^2\text{K}$	Godt isolerte dører med ekstra isolering og glassdører med superisolert glass og rustfri stålspacer.
Kuldebroer	$\psi < 0.01 \text{ W/mK}$	Alle betong og stålkonstruksjoner må ha minimum 100 mm isolasjonsbrudd, helst mer. Ingen gjennomgående eller utkragede bygningsdeler i stål, aluminium eller betong. Aluminiums vindusfelt og fasader anbefales ikke!
Lufttetthet	$N_{50} < 0.6 \text{ oms/h}$	Dobbel vindtetting gjennomført der mulig, rullprodukt på vegg, bunnfyllingslist + fugemasse og klemt "papp" rundt vinduer og dører, meget nøye tetting rundt tekniske gjennomføringer, prosjekterte og KS løsninger overgang mur/tre. KS av håndtverksmessig utførelse.
Ventilasjonsanlegg	Luft: $9/2 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ $\eta > 83 \%$, $\text{SFP} < 1.5 \text{ kW/m}^3/\text{S}$	Høyeffektivt roterende gjenvinner, noe overdimensjonert aggregat med lite systemtap (trykk), korte føringsveier(kanaler) med lite trykktap. Behovsstyrt ventilasjon etter tilstedeværelsesstyring og tidsstyring.
Belysning	$Q_{\text{lys}} < 7 \text{ kWh/m}^2$	Energieffektiv belysning (T5-rør) med minimum tilstedeværelsesstyring, event. dagslysstyring.
Oppvarming, alt. 1 Oppvarming alt. 2	$Q_{\text{oppv}} < 15 \text{ kWh/m}^2$ $Q_{\text{oppv}} < 20 \text{ kWh/m}^2$	Kan dekkes av et små radiatorer i hvert rom. Anbefales ikke å bruke vannbåren gulvvarme, bortsett fra i våtrom og eventuelt garderobe.
Energiforsyning	Fornybar energi som dekker deler av termisk behov	Biopellets eller varmepumpeløsning som dekker det meste av tappevannsforbruket og deler av oppvarmingsbehovet. Unngå oljekjel, har en negativ miljøprofil!
Totalt energibehov alt. 1 Totalt energibehov alt. 2	$Q_{\text{tot}} < 60 \text{ kWh/m}^2$ $Q_{\text{tot}} < 75 \text{ kWh/m}^2$	Kjøpt energi, oppnås med kravspek vist over.



Plan 2 (undervisningsfløyer)

- Over 4 meter takhøyde
- Åpne planløsninger



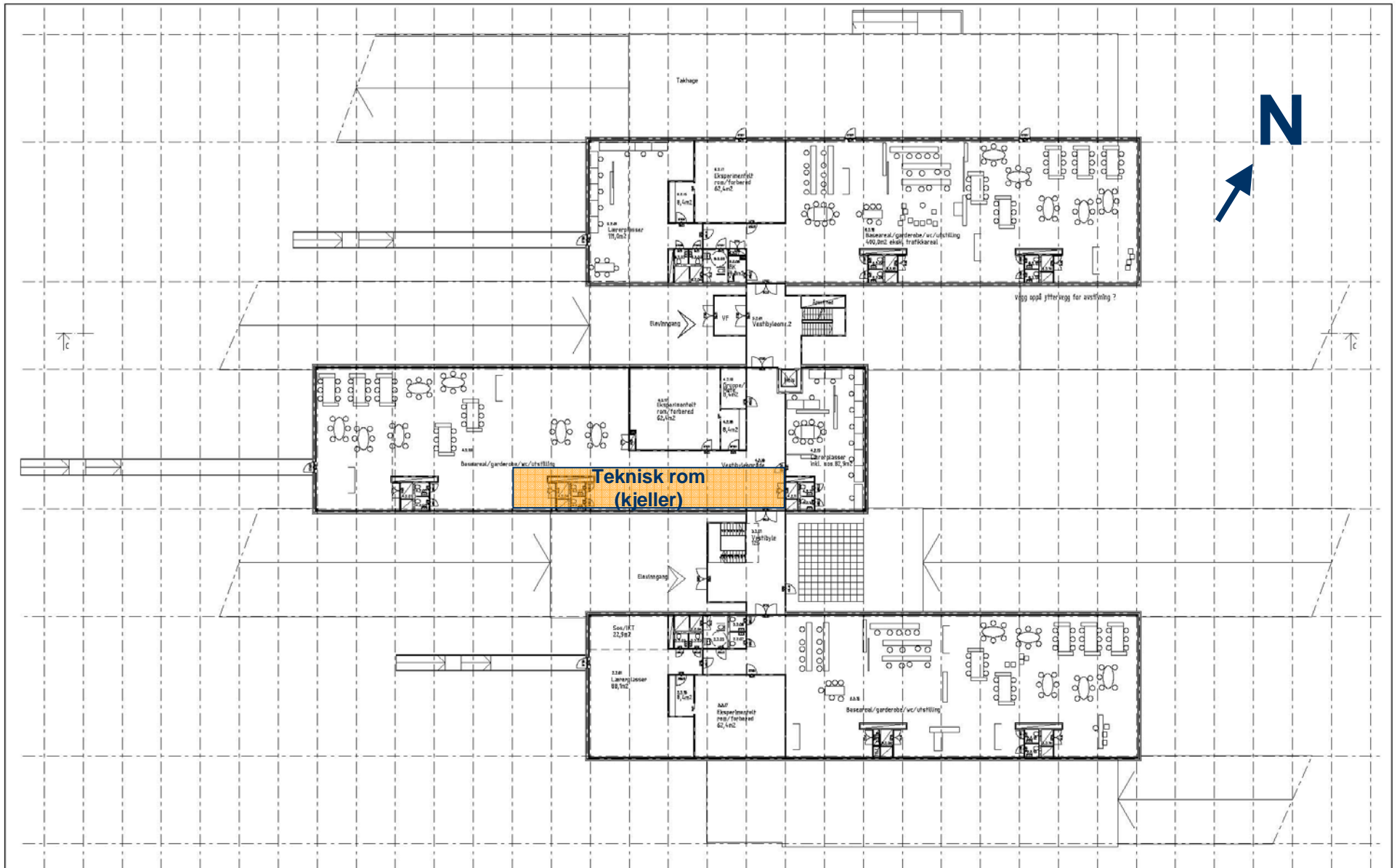
Ventilasjon for sikring av luftkvalitet

Energi

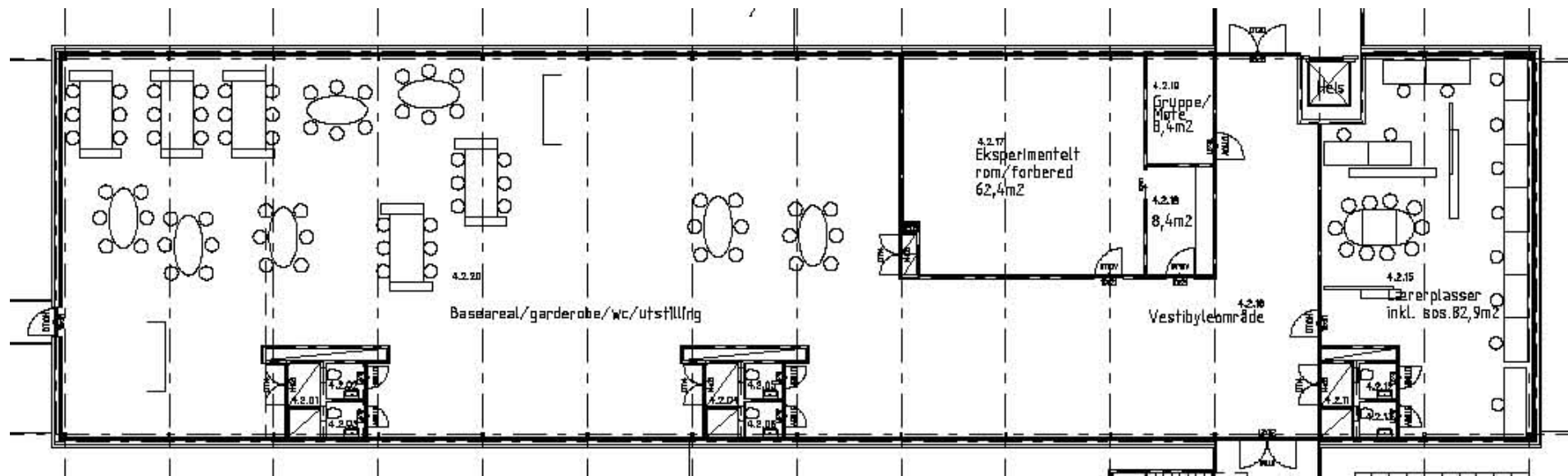
- Høyeffektiv varmegjenvinning
- Lavest mulig energibruk til viftdrift
- Redusere luftmengdebehovet gjennom behovsstyring, effektiv ventilasjon og bruk av lavemitterende materialer

Arkitektoniske aspekter og luftkvalitet

- Ikke ønskelig med synlige horisontale ventilasjonskanaler
- Ikke ønskelig med nedsenket himling

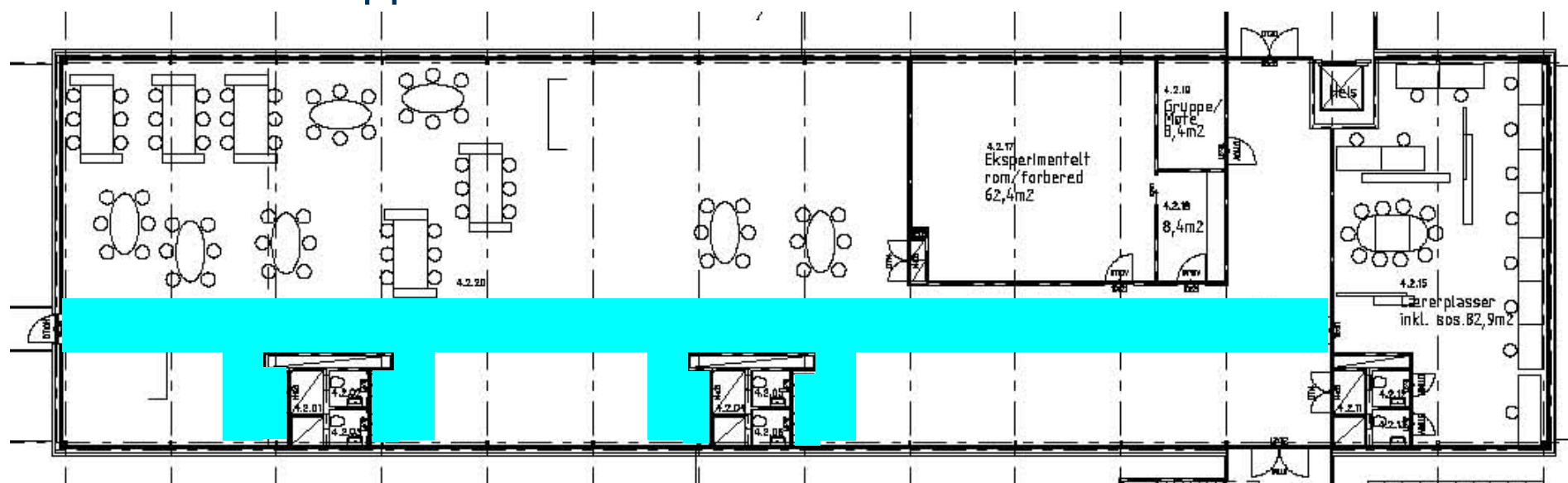


Eks: midtre undervisningsfløy



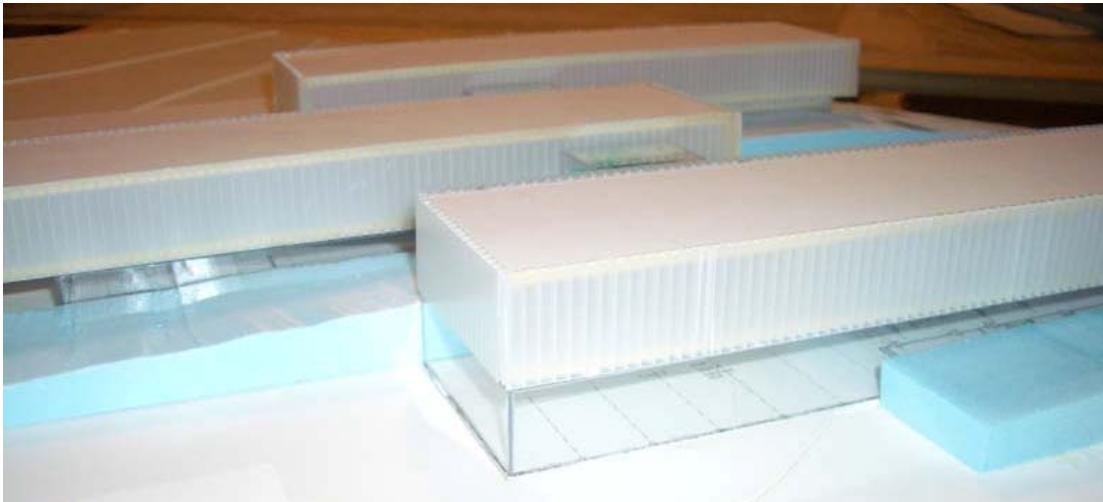
Løsning

- Desentraliserte aggregater med høyeffektiv varmegjenvinner i tilknytning til toalettene
- Plassering og utforming av fortrekningsventiler ved gulv for å fordele luften best mulig via sonene der folk ikke sitter
- Avtrekk oppunder tak



Fordeler

- Eliminasjon av horisontale ventilasjonskanaler
- Lavt trykfall og høyeffektiv varmegjenvinning
- Effektiv ventilasjon som gir lave luftmengdebehov



Utfordringer

- Termisk komfort på varme dager pga. omfattende bruk av glass/transparent isolasjon
- Løsningen med fortregningsventilasjon er lite egnet til kjøling pga. risiko for trekk ved lav tilluftstemperatur/høye luftmengder

Aktuelle tiltak for sikring av termisk komfort

- Naturlig ventilasjon
- Solavskjerming
 - Utvendig screen
 - Persienser integrert i koblet ramme
 - Planter
- Utnyttelse av termisk masse
- Redusere andelen av transparent isolasjon/glass i fasader

Beslutninger basert på

- Analyse ved hjelp av dynamiske simuleringer
- Tverrfaglige diskusjoner og vurderinger i prosjekteringsgruppa
- Kost/nytte vurderinger

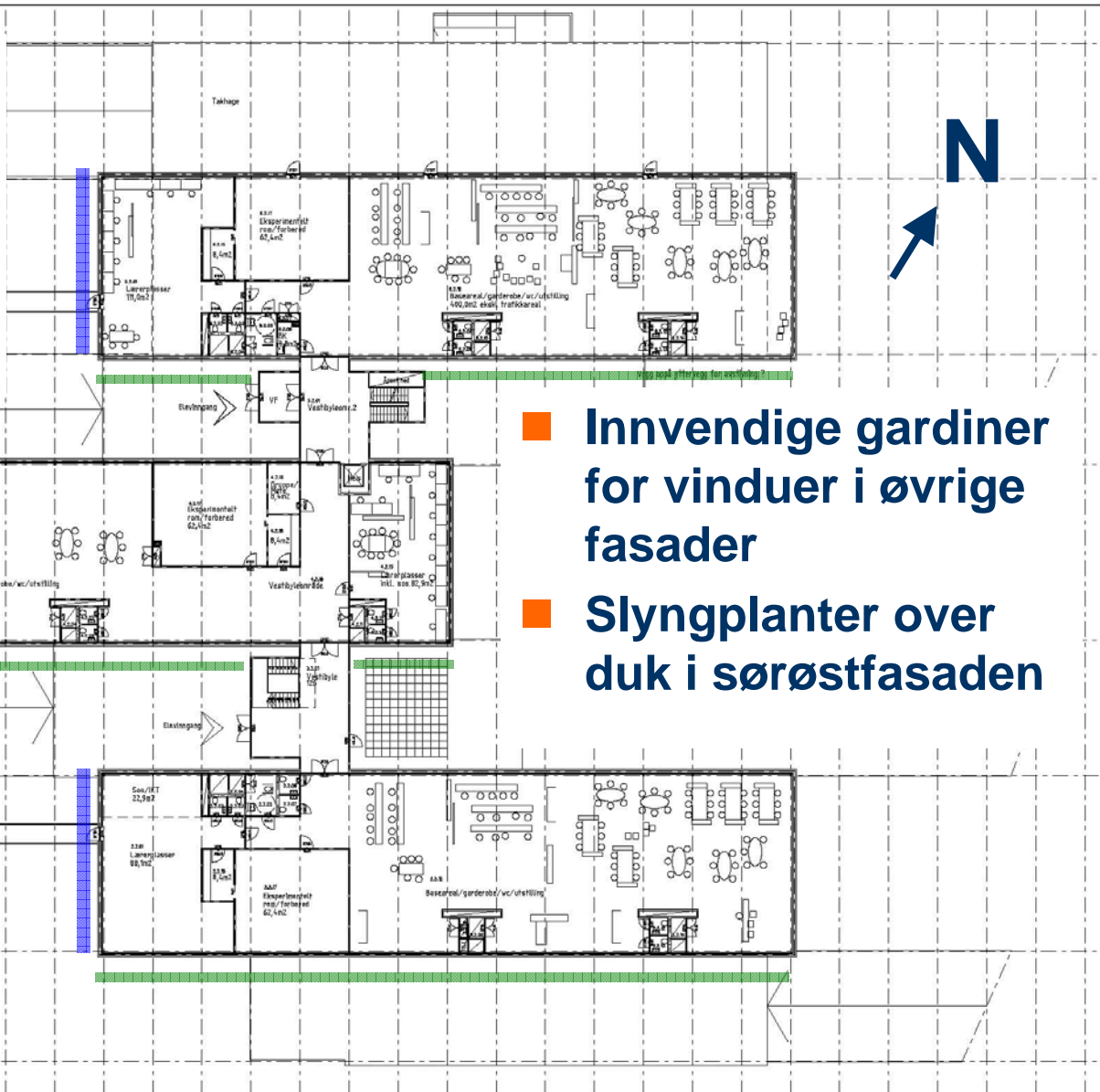
Løsninger/tiltak

- Krysslufting (gjennomtrekk) via høyt plasserte vinduer (åpning 4 meter over gulv) som styres automatisk
- Muligheter for å supplere med manuell lufting via åpningsbare vinduer i oppholdssonen



Avskjermingstiltak

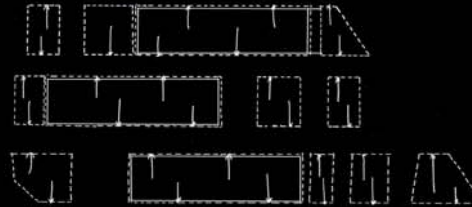
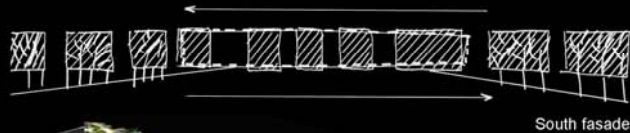
- Utvendig automatisk styrt solavskjerming av fasadene mot sørvest



- Innvendige gardiner for vinduer i øvrige fasader
- Slyngplanter over duk i sørøstfasaden

SOUTH FASADE first year

Different plants planted on the limites of the roof bring on important colours factor to the fasades through seasonal colour change
 We can also use the natural process of evergreen and deciduous plant life in relationship to sun screening



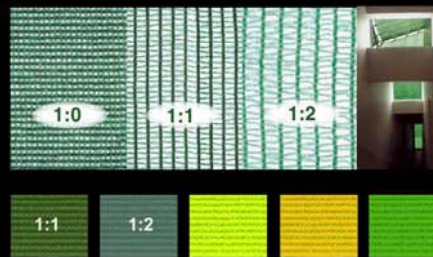
Site Plan



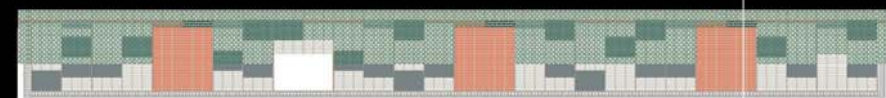
Plants well adapted can be chosen in relation to climatic, colour and local feasibility



Colour can be brought into the quality of the facade before adult plants growth



The use of horticultural agrotexiles helps to reduce the impact of the sun and wind, upon the upper windows, before adult plant growth.



South fasade



South fasade with metal support

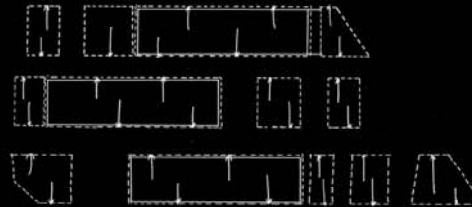
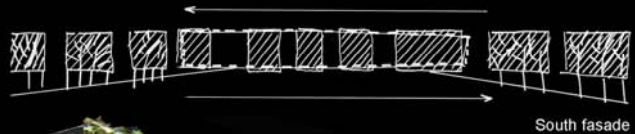


South fasade with different densities of horticultural geotextiles

With alternations of density, colour and texture, for the south, west, east and north fasades.
 On important colour element can be used on the fasades during the first few years of the plant growth

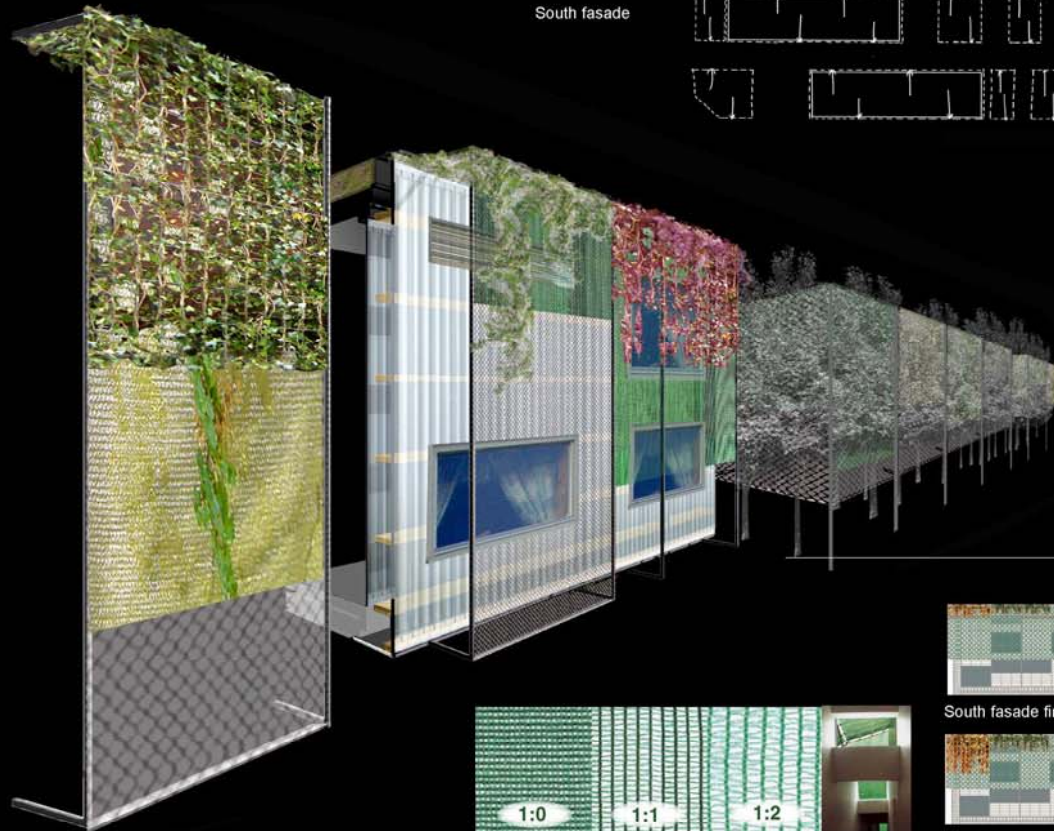
SOUTH FASADE fourth year

Different plants planted on the limites of the roof bring on important colours factor to the fasades through seasonal colour change
 We can also use the natural processe of evergreen and deciduous plant life in relationship to sun screening



Site Plan

Plants well adapted can be chosen in relation to climatic, colour and local feasibility



Colour can be brought into the quality of the fasade befor adult plants growth



The use of horticultural agrotexiles help to reduce the impact of the sun and wind, upon the uper windows. Befor plant growth.

With alternations of density, colour and texture, for the south, west, east and north fasades. On importante colour element can we used on the fasades during the first few years of the plant growth



South fasade first year

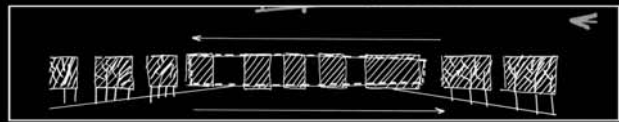


South fasade fourth year

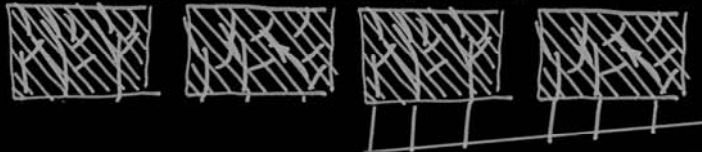


South fasade with different densities of horticultural geotextiles

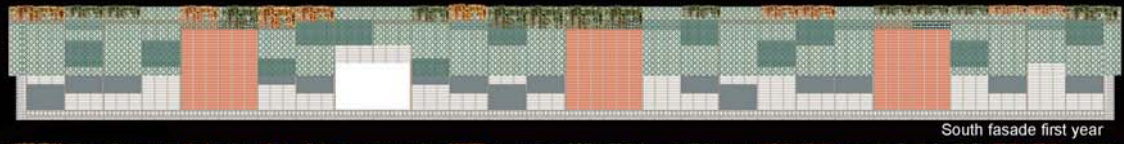
EVOLUTION OF FASADE



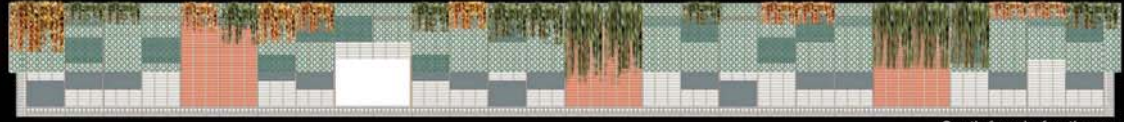
South Fasade : the form of the land scape links directly to the building



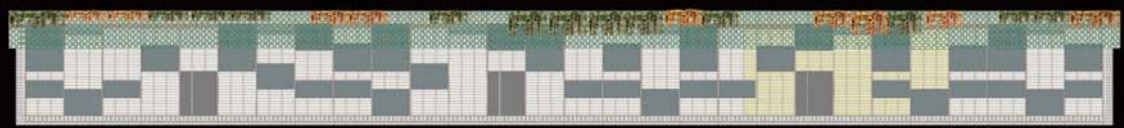
North Fasade : the form of the land scape links directly to the building



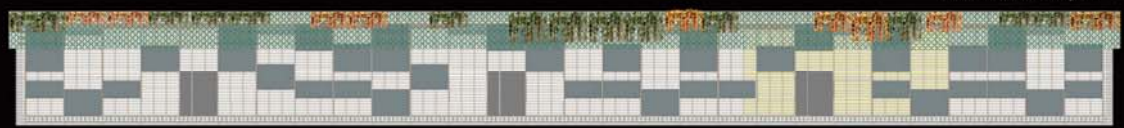
South fasade first year



South fasade fourth year



North fasade first year



North fasade fourth year



Printed:
 ENKAMAT 7220
 COLBOND GO SYNTHETICS PARIS FRANCE
 Tel: +33 149 48 24 30
 Web site: www.colbond.com

AZCOOS AGROTEXILES
 40, rue de l'abbé LEMIRE 59110 LA MADELEINE FRANCE
 Tel: +33 321 05 03 99
 Web site: www.azcoos.fr
 Applications: sound protection, wind protection, stabilisation of earth and dunes, protection against birds etc.
 Characteristics: 100% PE-HD, treated anti UV, resistant to bacteria attack, and mildew, permeable to rain water and watering.



East fasade first year



West fasade first year



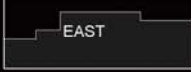
East fasade fourth year



West fasade fourth year



The combination of the geotextile and the type of plants used affect the colour of the interior spaces



Development of fasade in relationship to lighfiltering needs

Oppsummering – Mæla smartbygg

- Fokus på gode byggtekniske løsninger
 - Reduserte investeringskostnader til tekniske installasjoner
 - Lavere energiforbruk
 - Bedre komfort
- Fokus på passive løsninger
 - Bedre komfort (dagslys, luftkvalitet) med lavere energiforbruk
 - Reduserte investeringskostnader til tekniske installasjoner
 - Mer robuste løsninger gir færre driftsproblemer og lavere investeringskostnader
- Tilpasning av systemtekniske løsninger
 - Redusert energiforbruk
 - Estetikk, romfølelse og komfort
 - Frigjøring av plass
 - Større fleksibilitet
- Grundig planlegging av effektiv styring og drifting
- Kvalitetssikring og testing i byggeperioden

Konklusjon

- Kunnskap og tverrfaglig tilnærming bidrar til gode bygg og bygningsintegreerte løsninger som er optimale for
 - Brukere
 - Byggherre
 - Miljøet

