

STF22 A04509

# RAPPORT



## *Evaluering av Kvernhuset ungdomsskole – energi og miljø*

Inger Andresen

***Bygg og miljø***  
Arkitektur og byggteknikk

April 2004



**SINTEF Bygg og miljø**  
Arkitektur og byggteknikk

Postadresse: 7465 Trondheim  
Besøksadresse: Alfred Getz vei 3  
Telefon: 73 59 26 20  
Telefaks: 73 59 82 85

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

# SINTEF RAPPORT

TITTEL

**Evaluering av Kvernhuset ungdomsskole – energi og miljø.**

FORFATTER(E)

Inger Andresen

OPPDRAGSGIVER(E)

Norges forskningsråd

RAPPORTNR. <b>STF22 A04509</b>	GRADERING <b>Åpen</b>	OPPDRAGSGIVERS REF. <b>Jørn Lindstad</b>	
GRADER. DENNE SIDE <b>Åpen</b>	ISBN <b>82-14-03414-0</b>	PROSJEKTNR. <b>224096.07</b>	ANTALL SIDER OG BILAG <b>24</b>
ELEKTRONISK ARKIVKODE RAPPORT_Kvernhuset		PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) <b>Anne Grete Hestnes</b>	VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) <b>Karin Buvik</b>
ARKIVKODE	DATO <b>2004-04-30</b>	GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) <b>Siri. H. Blakstad, forskningssjef</b>	

## SAMMENDRAG

Rapporten gir en evaluering av energi- og miljørelaterte forhold for byggeprosjektet Kvernhuset ungdomsskole i Fredrikstad. Evalueringen er basert på et utvalg sakspapirer, befarung samt intervjuer av sentrale aktører i planleggings- og byggeprosessen.

Prosjektet Kvernhuset skole karakteriseres ved en sterk miljøprofil og ved en stor grad av brukermedvirkning i planleggings- og byggeprosessen. Bygget har fått flere priser for arkitektur og miljø, og brukerne er i stor grad meget fornøyd med resultatet. Prosjektet er banebrytende både med hensyn til utprøving av nye tekniske løsninger for energi og miljø, og med hensyn til å synliggjøre miljøtankegangen i selve bygget.

Rapporten beskriver både prosess-relaterte og tekniske forhold.

Rapporten inngår i prosjektet "Smarte og energieffektive bygninger" ved NTNU og SINTEF, under delprosjektene "Integrert prosjektering" og "Miljøkriterier".

STIKKORD	NORSK	ENGELSK
GRUPPE 1	Bygninger	Buildings
GRUPPE 2	Miljø	Environment
EGENVALGTE	Design	Design
	Skoler	Schools
	Energi	Energy

## **INNHOLDSFORTEGNELSE**

<b>INNLEDNING</b> .....	<b>3</b>
<b>PROSJEKTETS MILJØMÅLSETNINGER</b> .....	<b>4</b>
<b>STRATEGIER FOR Å NÅ MILJØMÅL</b> .....	<b>5</b>
Planarbeidet .....	5
Funksjonsprogram .....	6
Arkitektkonkurranse .....	6
Forprosjekt .....	8
FoU-prosjekt .....	8
Detaljprosjekt.....	13
<b>VURDERING AV OPPNÅDD RESULTAT</b> .....	<b>15</b>
Bygg .....	15
Planleggings- og byggeprosessen .....	18
<b>Sluttkommentarer</b> .....	<b>20</b>
<b>VEDLEGG 1: Bakgrunnsdokumenter</b> .....	<b>21</b>
<b>VEDLEGG 2: Intervjuguider</b> .....	<b>23</b>

## INNLEDNING

Rapporten inngår i delprosjektene ”2.1 Integrated design” og ”1.2 Miljøkriterier” i prosjektet Smarte energieffektive bygninger (Smartbygg)<sup>1</sup>.

Formålet med evalueringen er å kartlegge hvilke strategier og tiltak som er gjort med hensyn på energi og miljø, hva som har vært vellykket/mindre vellykket, og hvorfor.

Evalueringen er gjort på bakgrunn av intervjuer med sentrale aktører i byggeprosjektet i november 2003, befaring på bygget i november 2003, samt foreliggende dokumentasjon (se vedlegg 1).

Følgende personer ble intervjuet:

- Dagfinn Jørgensen, VVS-konsulent
- Terje Moland Pedersen, kommunepolitiker, leder av plan- og byggekomiteen
- Atle Magnussen, driftsansvarlig Kvernhuset skole
- Terje Heen, miljøkoordinator Fredrikstad kommune
- Steinar Ekeberg, rektor Kvernhuset skole
- Lars Kristiansen, byggeleder, Prokon AS
- Mette Melandsø, arkitekt, PIR II Arkitektkontor

Det ble også gjort mer uformelle samtaler med elever, lærere og andre konsulenter.

Intervjuguide som ble brukt som grunnlag for intervjuene er gitt i vedlegg 2. Spørsmålene dreide seg hovedsaklig omkring hvordan de ulike aktørene oppfattet planleggings- og byggeprosessen, samt det endelige resultatet. Intervjuene ble tatt opp på bånd og transkribert av Helene Tronstad Moe, Institutt for tverrfaglige kulturstudier, NTNU. Helene Tronstad Moe ledet intervjuene og deltok i befaringen. Hun arbeider med en dr.grad. innefor delprosjekt ”1.2 Miljøkriterier”.



Kvernhuset skole i Fredrikstad, hovedinngang. Foto: Terje Heen.

Kvernhuset ungdomsskole i Fredrikstad er planlagt for 450-500 elever (maks 18 klasser).

Skolens bruttoareal er 6 865 m<sup>2</sup>, og treningshallen har et bruttoareal på 1 913 m<sup>2</sup>. Kulverter kommer i tillegg.

Byggekostnadene kom på 201 millioner kroner inkl. tomt og tilgrensende infrastruktur. Opprinnelig ble kostnadene kalkulert til 167 mill.

Planleggingen startet i 1995. Arkitektkonkurransen ble holdt høsten -98. Byggingen startet oktober 2000, og bygget ble tatt i bruk fra januar 2003.

<sup>1</sup> [http://www.ntnu.no/satsingsomraader/energi\\_miljo/\\_n\\_y/\\_fokus/smartbygg/index.htm](http://www.ntnu.no/satsingsomraader/energi_miljo/_n_y/_fokus/smartbygg/index.htm).

## PROSJEKTETS MILJØMÅLSETNINGER

Som en av 5 miljøbyer hadde Fredrikstad gjennom "Miljøbyprosjektet" fått i oppdrag å stake ut kursen for en bærekraftig utvikling. Kommunen ville bygge en skole som skulle inngå i programmet for Lokal Agenda 21; de ville bygge en miljøskole.

Visjon og målsetninger for skolebygget ble formulert i funksjons- og arealprogrammet. Hovedvisjon var formulert som:

**"Elevene skal ledes til bevisst eller ubevisst å gjøre de riktige valgene. Gjennom dette skal de prege og påvirke sine omgivelser".**

I programmet var det videre formulert 2 hovedmålsetninger:

- 1) Å bygge et skolebygg som minimerer bruk av energi, materielle og økonomiske ressurser i byggets levetid. Eller sagt på en annen måte, i størst mulig utstrekning bruke fornybare ressurser.
- 2) Å bygge et skolebygg der bygget er et læremiddel i en bærekraftig utvikling.

For FoU-prosjektet som var knyttet til byggeprosjektet, ble det formulert egne delmål:

- 1) I forhold til standardløsninger skal skolebygningen være arealeffektiv og tilpasningsdyktig med hensyn til ulike former for arbeid og samvær.
- 2) I henhold til vurderingsmetoden ØkoProfil skal skolebygningen oppnå høyeste kvalitetsklasse for hvert av de tre hovedområdene: «Ytre miljø», «Ressurser» og «Inneklima».
- 3) Skolebygningen skal ha lav energibruk til romoppvarming, ventilasjon og kunstlys. Nye fornybare energikilder skal tas i bruk.
- 4) Skoleanlegget skal tas i bruk som læremiddel til støtte for miljølære.

# STRATEGIER FOR Å NÅ MILJØMÅL

## Planarbeidet

Plankomiteen som ble nedsatt i 1995 bestod av to politikere, ansattrepresentanter, og representanter for foreldre og elever. Plankomiteens mandat var i første omgang å ta stilling til tomtealternativer for skolen, samt lage et byggeprogram og en kostnadskalkyle. Plankomiteen bestemte raskt at for å få til en helhetstenkning som et slikt prosjekt trenger, måtte de involvere et bredt spektrum av ”brukere”. I tillegg til å involvere elever, lærere, ansatte og foreldre, tok man også inn kommunale saksbehandlere og ledere, samt grunneiere, frivillige lag og organisasjoner. Plankomiteen hadde et arbeidsutvalg bestående av 4 personer med erfaring fra prosjektledelse og skoleledelse.

Plankomiteen var på ekskursjoner til ulike steder i Sverige og Norge for å se på eksisterende skoler med naturlig ventilasjon og andre miljøvennlige løsninger.

Parallelt med plankomiteens arbeid med funksjonanalyse, ble det organisert en rekke administrative arbeidsgrupper som skulle gjennomføre ulike planprosjekter. Sekretær i plankomiteen ledet planprosjektene. Gruppene skulle komme frem til alternative og anbefalte løsninger i forhold til bærekraftsbegrepet. De skulle bl.a. foreslå løsninger i forhold til:

- inneklimaproblematikken
- energibruk
- avfallsbehandling
- avløpsproblematikken
- redusert bilbruk

Gruppene skulle også arbeide med hvordan de ulike løsningsalternativene kunne bli ”leselige” slik at de skulle være forenlige med målet om at bygget skulle bli et læremiddel i en bærekraftig utvikling.

Det ble utført en klimaanalyse av stedet og kartlegging av biologisk mangfold på tomta.

Foreldrene organiserte arbeidsgrupper, ikke bare ved egen skole, men også ved barneskolene som skulle levere elever til den nye skolen. I hver enkelt klasse tok elevrådsrepresentanter ansvar for å få medelevers syn på hvilke kvaliteter som skulle vektlegges for at skolen og læringsmiljøet skulle fremstå slik de mente den burde. Brukermedvirkningsprosessen ble dokumentert av et film-team.

I samarbeid med NABU<sup>2</sup> ble det arrangert 3 verkstedssdager i Fredrikstad. Mange arkitekter deltok. Den første dagen ble det foretatt befaring på tomta. Den andre dagen ble viet til diskusjon av brukerbehov. Her deltok personale, elevrådet, representanter fra foreldre og for de ulike arbeidsgruppene, samt eksterne foredragsholdere. Den tredje dagen diskuterte man konkrete løsningsalternativer for ventilasjon, behandling av avløp, materialvalg, o.l. Sammen med bidragene fra arbeidsgruppene dannet disse verksteddagene grunnlaget for byggeprogrammet.

En håndfull arkitektkontorer ble valgt ut til å delta i en arkitektkonkurranse. For disse ble det avholdt et heldags seminar hvor det ble gitt en innføring i miljøarbeidet i kommunen, det nye læreplanverket, og materiell som var utarbeidet ble utdelt.

---

<sup>2</sup> Norske Arkitekter for en Bærekraftig Utvikling

## Funksjonsprogram

I funksjonsprogrammet ble følgende strategier spesifisert med tanke på å nå miljømålsetningene:

- Alle tekniske løsninger skal være "lesbare" slik at de kan utnyttes i det pedagogiske arbeidet. Skolen skal fokusere på og synliggjøre ulike former for sluttede kretsløp.
- Det skal være et naturlig ventilasjonsanlegg basert på kulvertløsning på hele eller deler av skolen.
- Det skal være et vannbårent varmeanlegg
- Lysarmaturer med elektronisk forkobling
- Det skal vurderes å installere bevegelsesdetektorer for styring av lys
- Det skal legges vekt på maksimal utnyttelse av dagslyset
- Energiforsyningen skal i størst mulig grad baseres på fornybare energikilder
- Naturbaserte avløpssystemer skal utredes
- Materialvalg skal baseres på slitasjestyrke, renholdvennlighet, resirkulerbarhet, minimum vedlikeholdskostnader, og miljøvennlige komponenter (Svanemerke).
- Materialer skal velges for å få best mulig inneklima
- Løsninger skal muliggjøre fleksibilitet, sambruk og flerbruk.

Hjemmebasene for elevene deles inn i 3 hovedområder, som betegnes avdeling "gul", "grønn" og "blå". Fagbetegnelsene er ment å gi assosiasjon til sentrale temaer i en miljøskole. Den gule avdelingen symboliserer energi, den grønne symboliserer vekst, og den blå symboliserer vann.

## Arkitektkonkurranse

Vinnerutkastet i den innbudte arkitektkonkurransen kom fra PIR II Arkitektkontor i samarbeid med Duncan Lewis and Associates. Utkastet la vekt på ta i bruk tomtas vesentlige kvaliteter – berget, skogen og lyset – innenfor begrepet bærekraftig utvikling.

Skoleanlegget ble plassert i forbindelse med det markante høydedraget på tomta. Skogen skjermer for vind, støv og lyd, -høyden gir dagslys filtrert gjennom glissen furuskog. Skolens førsteetasje skjærer berget i bakkant, massen fjernes og berget gjenoppstår som bygninger kledd med sprengstein fra skjæringen. Svevende over denne "natursteinsmuren" ligger klassefløyene "blå", "gul" og "grønn", 3 langstrakte bygningskropper som strekker seg innover i skogen.



Figur 1. Perspektiv av skolebygget med 3 klasseromsfløyer i andre etasje: avdeling grønn mot sør, avdeling gul mot nord og avdeling blå i midten. Fra vinnerutkastet i arkitektkonkurransen (PIR II).

Planene for klassefløyene (hjemmearealene) ble organisert med trafikkareal og desentraliserte innganger som ligger ut mot sørfasaden. Mellom trafikkarealet og sørfasaden ligger en "tung" kjerne. Arealene er fleksible med mange muligheter for oppdeling og forskjellig bruk.

Det følgende er et utvalg av energi/miljørelaterte løsninger som er beskrevet i vinnerutkastet:

- *Fornybare energikilder* på tomten: sol, vind, bergvarme, og dagslys.
- *Varmepumpe*. Det foreslås at man benytter en varmepumpe som henter varme fra grunnen.
- *Ventilasjon*: I vinnerutkastet spesifiseres det at basearealene skal være naturlig/hybrid ventilert, mens resten av lokalene har tradisjonelt mekanisk ventilasjonssystem. Luften skal trekkes inn gjennom et inntakstårn 50-100 m fra skolen gjennom en underjordisk tilluftskulvert av betongelementer. I den varme årstiden vil nattventilasjon kjøle ned kulvertveggene som dagen etter avgir kulde til tilluften. Om vinteren vil kulverten kunne bidra med en mindre temperaturøkning på luften. Kulverten tar opp en del tyngre partikler og er lett å rengjøre. Brukt oppvarmet luft i det øverste sjiktet strømmer opp i avtrekkstårnene. Her er det plassert spjeld, avtrekksvifte og varmegjenvinner. Den øvre delen av tårnene er dreibar, og en værehane sørger for at avtrekksåpningen alltid er i le.
- *Belysning*: Vinnerutkastet fremhever dagslys som en viktig faktor for helse og velvære. Som en følge av dette er basearealene relativt smale og gjennomlyst med sidelys fra nord og sør gjennom store vindusflater. Den nedre delen av sørfasaden og oppholdsarealene mot sør er skjermet mot direkte sollys av et utragende letak på utsiden og en såkalt lyshylle på innsiden. Fasadene mot øst og vest er korte slik at problemer med solavskjerming mot lave solhøyder minimaliseres.
- *Overflater*: Det legges vekt på at overflater innendørs skal være lette å rengjøre. Rommene skal ikke ha støvsamlende himlingsplater. Takflaten er av perforerte korrugerte stålplater med akustisk isolasjon bak og demping på deler av undersiden.
- *Luftfuktighet*: Planter og vann innendørs bidrar til å regulere fuktnivået og øke trivselen. Kjernene i basearealene er i eksponert mellombrent tegl som har gode fuktregulerende egenskaper.
- *Materialer*: Bygningen er i lavemisjonsmaterialer og innetemperaturen holdes på rundt 20°C for å minske avgassing. Vått skotøy og våte klær etterlates ute i vindvangene.



- *Vann:* I avløpene holdes gråvann og svartvann separert. Det foreslås at gråvannet skal brukes til å forvarme varmtvannet i en varmeveksler.

## FoU-prosjekt

Det ble knyttet et forsknings- og utviklingsprosjekt (FoU-prosjekt) til planleggingen av skoleanlegget. FoU-prosjektet fikk støtte fra utviklingsprogrammet ØkoBygg. Det overordnede målet for FoU-prosjektet var å bygge opp kunnskap om ressurs- og miljøvennlige skoleanlegg, og å formidle denne kunnskapen til de som planlegger skoler, samt å sette temaet på dagsorden for elevene. I FoU-prosjektet ble det fokusert på funksjonalitet med tanke på pedagogisk virksomhet og på tiltak for å gjøre skoleanlegget miljøvennlig. Det ble gjort analyser og beregninger av dagslysforhold, innemiljø, materialbruk, energibruk og bruk av fornybare energikilder. Dette ble dokumentert i flere rapporter og innlegg på konferanser (se vedlegg 1). Forskningsprosjektet var godt integrert med den praktiske prosjekteringen, og flere av forskningsresultatene fikk betydning for valg av løsninger i prosjektet.

## Forprosjekt

Det følgende er et utvalg av energi/miljø-relevante løsninger som ble spesifisert i forprosjektbeskrivelsen.

### *Grunn og fundamenter:*

1. etasje av skolebygning og treningshall sprenges inn i fjell. Søylofundamenter utføres i plasstøpt betong med/bolter i fjell. Ringmur i betong. Gulv støpes som isolert gulv på grunn med tiltak mot radongass. Grøfter for kulverter sprenges/graves ut.

### *Bæresystem:*

Betongvegger og innspente stålkonstruksjoner. Tak av huldekkelementer, lettak, og plasstøpt betong.

### *Yttervegger i 1. etg:*

Plasstøpt betong. Utvendig asfaltpapp og 200 mm ekstrudert polystyren. Forblendet med gabionmur fylt med granitt fra tomten.  $U = 0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



Figur 2. Yttervegger i 1. etg. med gabionforblending.

*Yttervegger 2. etg:*

Bindingsverk i tre, glassvegger, isoflex-vegger med 60-80 mm klar eller fargetet isoflex. U-verdi ikke spesifisert, kun angitt "iht krav".



Figur 3. Yttervegger i 2. etg. med bindingsverk, glassfelt med isoflex (ser grå-blå ut på bildet), og glassfelt med plast-trær (gule felt).



Figur 4. Nærbilde av Isoflex-element (Foto: Pir II arkitekter).

*Vinduer (1.etg):*

Lys- og varmereflekerende glass mot sør, øst og vest Lavemisjonsglass mot nord. Aluminiumsbeslått trekarm.  $U < 1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

*Overlys:*

Akrylbelagte polykarbonatplater,  $U < 1.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



Figur 4. Overlys/luftavtrekk.

#### *Solavskjerming:*

Eksisterende nåletrær gir noe skygge mot sol. Utvendig solavskjerming der ekstra avskjerming er nødvendig.



Figur 1. Fasade mot sør, avdeling GUL (Foto: Terje Heen).

#### *Utomhusarealer:*

Mest mulig av eksisterende vegetasjon på tomta skal bevares. Trær sikres helt inn til bygningskroppen. Lokal disponering av overflatevann – minst mulig asfaltering. Utsprengt stein og utvirket tømmer fra tomta skal benyttes i anlegget.

#### *Varmtvann:*

Varmes opp fra energisentral med varmepumpe, elektrisk og fossilt brensel. Vanntemperaturen på vann til personlig hygiene er forutsatt 55°C.

#### *Varmeanlegg:*

Det er forutsatt å benytte tradisjonell varmesentral med kombinert elektrisk og fossilt brensel (olje). I tillegg til basisanlegget skal følgende løsninger vurderes:

- varmepumpe med bergvarmekollektor i grunnen

- varmpumpe med grunnvann direkte på normaldybde
- varmpumpe med en kombinasjon av bergvarme/grunnvann (kollektor)
- solenergi fanget opp i solpaneler for oppvarming

Det tas sikte på at varmpumpen blir dimensjonert for å dekke 50-60% av effektforbruket.

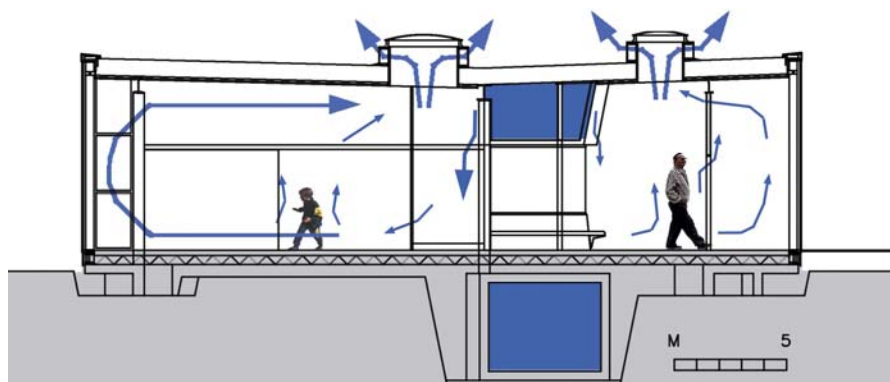
Alle rom oppvarmes med gulvvarme eller radiatorer. Romtemperatur forutsatt 21°C i alle rom ved dimensjonerende utetemperatur -20°C.

I forbindelse med FoU-prosjektet ble det gjort en analyse av 7 ulike systemer for bruk av fornybar energi til oppvarming: pellets/olje, pellets/fastkraft, pellets og uprioritert el, bergvarmepumpe og fastkraft, bergvarmepumpe og uprioritert el, samt solenergi.

#### *Luftbehandlingsanlegg:*

Det er forutsatt at skolen ventileres med et behovsstyrt og årstidstilpasset ventilasjonsanlegg (naturlig/termisk/hybrid ventilasjon). For å utnytte grunnens muligheter til oppvarming av ventilasjonsluften vinterstid og avkjøling sommerstid skal luften tas inn via et luftinntakstårn plassert på treningshallens vegg og forbindes via en støpt kulvert til betongkulverter under skolebygget. Luften tilføres rommene via sjakter i tunge veggkonstruksjoner og høytsittende tilluftventiler. Temperaturen på tilluften er alltid lavere enn romluften og vil derfor "flyte" ut i rommet langs gulv. På grunn av termiske krefter vil den brukte luften stige til taket og bli evakuert gjennom åpninger i takoppbygg/lanterniner. Ventilasjonsluftmengden til rommet vil bestemmes av åpningsarealet i oppbygget på taket.

For å sikre riktig tilluftstemperatur og forsering av luftmengder i sommerhalvåret er det forutsatt at det installeres varmebatterier til hvert klasserom og turtallsregulerte vifter i kulvertens luftinntak. For å opprettholde ønsket relativ fuktighet i vinterhalvåret (30%) må tilført luftmengde i denne perioden reduseres i forhold til anbefalte minimums luftmengder. Helsemyndighetenes krav til max CO<sub>2</sub>-innhold på 1800 mg/m<sup>3</sup> vil derfor i vinterhalvåret overskrides. Alle klasserom utstyres med CO<sub>2</sub>-, temperatur- og RH-følere slik at verdien kan kontrolleres og overføres til SD-anlegg.



Figur 5. Tverrsnitt av klasseromsfløy som viser prinsipp for ventilasjonsluft.



Figur 2. Kulvert nær inntak med spjeld og tilluftsvifter.

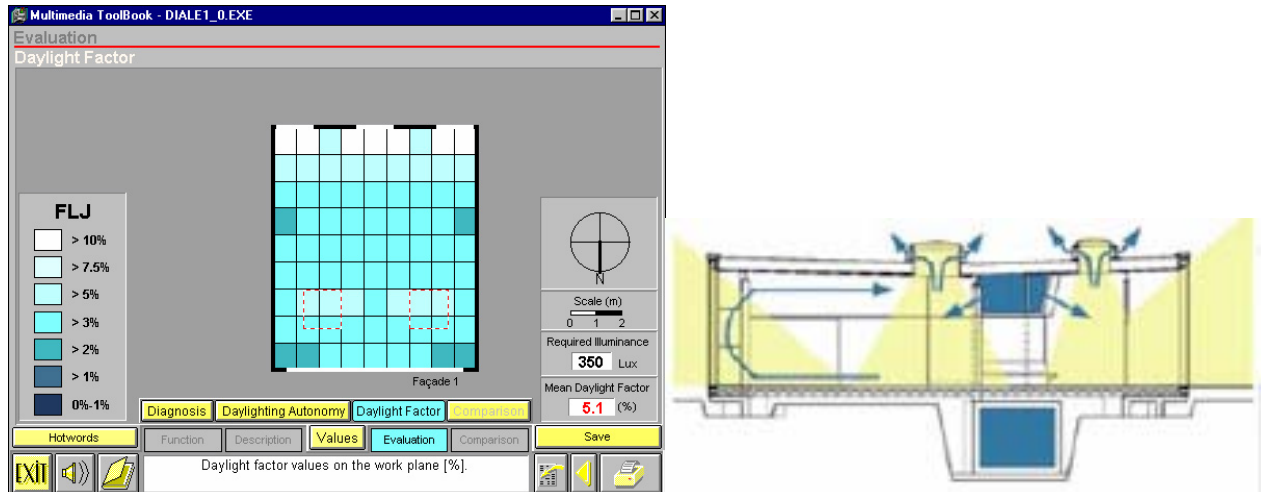
#### *Lysanlegg:*

Belysningen i klasserom styres automatisk med hensyn til tilstedeværelse og dagslysnivå, men med mulighet for overstyring både av og på. For belysning i klasserom foreslås benyttet T5-lysrør med opp- og nedlys. Disse lar seg imidlertid ikke dempe, slik at dagslysstyringen vil bestå i at automatikken tenner eller slukker det kunstige lyset. Hvis det derimot er ønskelig å benytte armaturer som lar seg dempe i takt med graden av solinnfall, må det benyttes armaturer med standard lysrør. Dette vil koste vesentlig mer.

I forbindelse med forprosjektet ble det også gjort en utredning omkring dagslysforhold i skolen. Dette var en del av det tilknyttede FoU-prosjektet hos SINTEF. Rapporten vektlegger dagslysets betydning for helse, trivsel, og visuelt inntrykk. Det anbefales en gjennomsnittlig dagslysfaktor for klasserommene på 5%, og minimum 2%. Andre forhold som er omtalt er luminansfordeling, blending, modellering og lysfarge. Dataprogrammet LESO-DIAL ble benyttet til å studere dagslysforhold for alternative utforminger av basearealer, kontorer, verksteder og gymnastikksal.

Utredningen konkluderer med at det enkleste og mest effektive alternativet for hjemmebasene er overlys-kupler i bakre del av arealet (dette var ikke angitt i konkurranseutkastet). I administrasjons- og personalavdelingen anbefales det å utforme veggene med store vertikale smyg på begge sider av vinduene og bruk av glass mot en godt belyst allmenning. Disse anbefalingene ble tatt til følge.

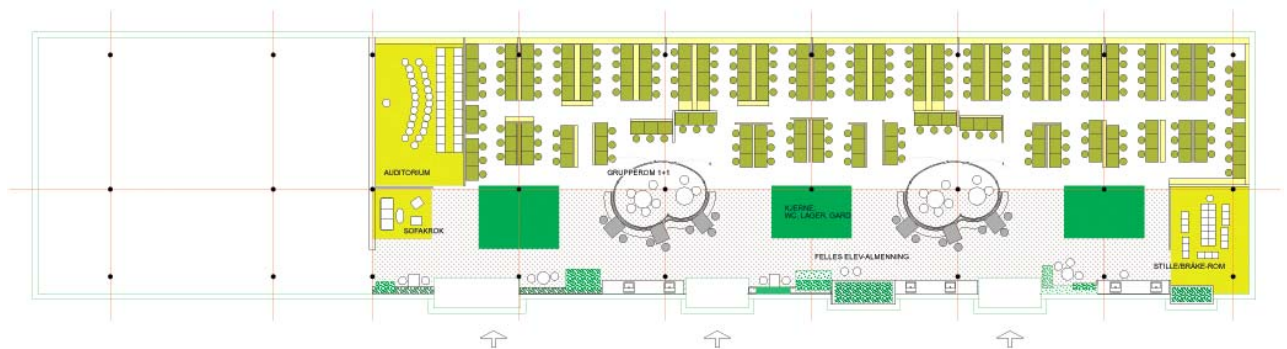
Rapporten omfatter også en overslagsmessig beregning av kostnadsbesparelser ved dagslysstyring av elektrisk belysning. Energisparepotensialet i et klasserom på 84 m<sup>2</sup> er beregnet til 750 kWh/år for av/på lysstyring og 880 kWh/år for lysstyring med dimming. Ekstrakostnader for et lysstyringssystem (dimme-anlegg), ble anslått til 9240 kr/klasserom.



Figur 6. Analyse av dagslysfaktor i et klasserom med overlys ved hjelp av programmet LESO-DIAL.

### Planløsning:

Hvert årstrinn deles i tre storteam, og rommene skal gi plass til et variert antall elever. Klasseromsfløyene består av tre langsgående soner: klasserareal, ”ryggrad” og allmenning. Klasserarealet er et fleksibelt areal som kan endres fra år til år. Allmenningen er et multifunksjonelt areal der det kan foregå noe røffere aktiviteter. Mellom klassearealet og allmenningen er det en lav og tung ”ryggrad” som inneholder toaletter, lagerrom og ventilasjonssjakter. Det er mulig å sette opp tette vegger i hovedakser og ellers der klassearealet har kontakt med til- og fraluft. Dette betyr at et avdelt rom må grense til ”ryggraden” for å få tilluft, og samtidig ha tilgang til evakueringsluke for fraluft i taket.



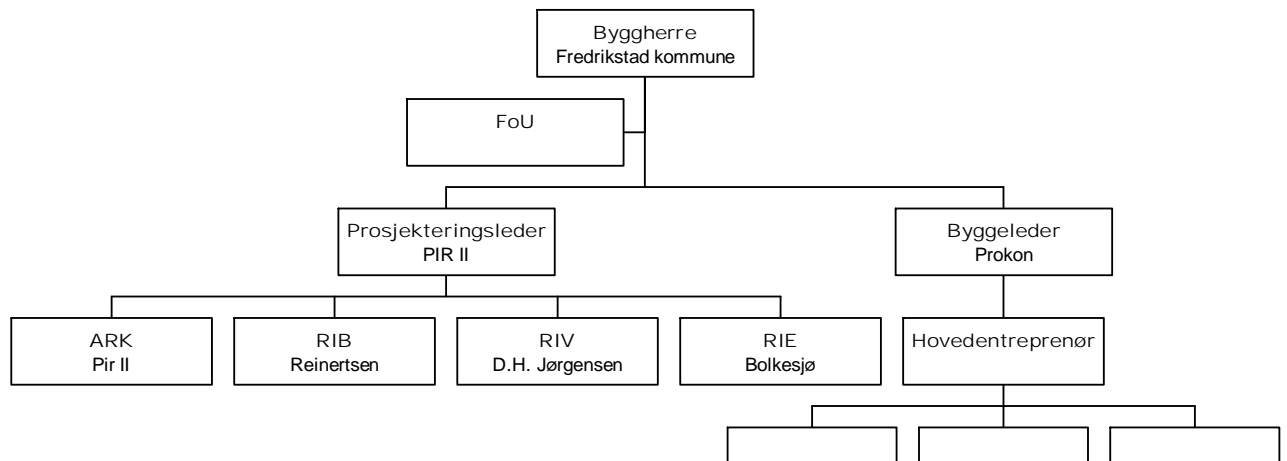
Figur 3. Eksempel på en av mange mulige løsninger for romoppdeling for av en av skolefløyene.

## Detaljprosjekt

På grunn av de spesielle miljøutfordringene ved prosjektet, valgte man å videreføre plankomiteen i byggekomiteen. Komiteen ble supplert med en representant fra fagforeningene og en HMS-ansvarlig fra kommunen. Det var månedlige byggekomitemøter med rapportering om fremdrift og økonomi. Byggekomiteen valgte entreprisform etter en lengre diskusjon. Prosjektet ble organisert som en hovedentreprise, se figur 4. K202 Bygningmessige arbeider var hovedentreprenør. Øvrige entrepriser ble kontrahert av byggherren og tiltransportert K202 som underentreprenører eller administrerte sideentreprenører. Følgende 10 entrepriser ble kontrahert:

- K201 Klargjøring av tomt
- K202 Bygningmessige arbeider
- K203 Snekker- maler og metallarbeider
- K301 Sanitær- og varmeanlegg. Brannslukking

K302 Luftbehandlingsanlegg. Luftkjøling  
 K401 Kraft- og teletekniske anlegg  
 K501 Automatisering  
 K601 Heis  
 K730 Utendørs VVS  
 K760 Utomhusanlegg



Figur 4. Organisering av byggesaken.

## VURDERING AV OPPNÅDD RESULTAT

### Bygg

I løpet av prosjekteringsprosessen ble det foretatt flere endringer i forhold til det som ble beskrevet i konkurranseutkast og forprosjekt. Luftinntaket til det hybride ventilasjonsanlegget ble ikke lagt i forbindelse med treningshallen, - men luften ble tatt inn gjennom en glassboks i forbindelse med inngangspartiet. På denne måten gjorde man ventilasjonsløsningen enda mer synlig. Det ble ikke installert varmegjenvinning på ventilasjonssystemet, hovedsaklig fordi dette ble vurdert som for kostbart i forhold til mengden varme man kunne gjenvinne. Av samme grunn installerte man heller ikke varmegjenvinning på gråvannet.



Figur 5. Luftinntak i forbindelse med inngangsparti.

I forprosjektet ble det spesifisert at glassfasadene skulle ha karm- og rammeprofiler i tre. En energi-utredning i forbindelse med FoU-prosjektet understøttet dette. Det ble til slutt valgt et karm/rammesystem i aluminium, noe som gir betydelig høyere varmetap enn tre-rammer. Hva som var årsaken til dette valget er uklart.

Lyshyllene som ble spesifisert i arkitektkonkurransen, ble erstattet med overlys som er langt mer effektive m.h.t. å gi gode dagslysforhold innendørs. Dette ble grundig dokumentert i FoU-prosjektet.

Bygget fremstår som meget tiltalende og spennende med hensyn til arkitektur og estetikk. Spesielt har man lyktes i å få uttrykt visjonen om å bruke bygget som læremiddel. Alle de tekniske installasjonene er lett tilgjengelige og tydelig merket, og de er utstyrt med "titteluker" hvor elevene kan studere de tekniske detaljene på innsiden. Noen veggpartier har også tilsvarende titteluker hvor man kan se oppbygningen av konstruksjonen og rørføringer inne i veggen. Dette er bare noen eksempler på et utrolig mangfold av spennende oppdagelser man kan gjøre når man beveger seg rundt i lokalene. "Skolen bobler av kreativitet og glød", som en av dem som ble intervjuet uttrykte det.





*Figur 6. Eksempel på en av de mange kreative løsningene ved å bruke bygget som læremiddel. Utsnitt av trestammer ble innfelt i golvet for å vise at her har det stått et tre. Et annet eksempel (ikke vist her) er at bergarter fra ulike deler av landet former et norgeskart i golvet. Ideen til dette kom fra en av lærerne.*

Bygget har fått flere priser, både for arkitektur og miljø. Skolearealene fremstår som rene, lyse og tiltalende, og luften føles frisk.

Brukerne uttrykte spesiell tilfredshet med den gode fleksibiliteten som bygget hadde fått – det at man har stor frihet til å benytte lokalene på ulike måter.

Ved befaring, dvs. ca. 10 måneder etter overtakelse, var ventilasjonsanlegget ikke ferdig innregulert. Det naturlige/hybride ventilasjonsanlegget var heller ikke i drift på dette tidspunktet, på grunn av at flere av styrings-armene til ventilasjons-spjeldene i luftavkast over tak var defekte. VVS-rådgiver bemerket at løsningen med avkast-spjeld ikke var optimal på grunn av manglende regntetthet og dårlig U-verdi.



*Figur 7. Spjeld for luftavkast i forbindelse med overlys.*

SD-anlegget var heller ikke ferdig innregulert ved befaring, og man var ikke kommet i gang med registreringer av energibruk. Man regnet med å få satt dette i drift utpå nyåret (dvs. til ett-års befaringen). Det er derfor vanskelig å si noe bestemt om energibruken. To forhold som tilsier relativt høyt energibruk er de forholdsvise store ytterflatene med store glassarealer, og at ventilasjonsanlegget ikke har varmegjenvinning. Dette kan oppveies av at man har en effektiv varmepumpe, samt at ventilasjonsluften forvarmes/forkjøles i kulvert i tillegg til at ventilasjonen er behovsstyrt. Varmepumpen var imidlertid ute av drift ved befaring fordi kjølemediet i den ene kompressoren hadde lekt ut.

Driftsansvarlig bemerket at varmepumpen var støyende, at den kunne høres i klasserommet over, og at det var problemer med å høre om andre motorer i det tekniske rommet fusket. Varmepumpen kunne med fordel ha vært bygget inn.



Figur 8. Varmepumpen.

Én stor pumpe sørger for sirkulasjon i det vannbårne oppvarmingssystemet. Systemet er derfor sårbart med hensyn til driftstans på denne pumpen.

Det ble uttrykt misnøye med at SD-anlegget og ventilasjonsanlegget ikke var ferdig innregulert. Årsaken kan muligens være uklare ansvarsforhold omkring dette.

Det ble også uttrykt noe misnøye med at styringssystemene kunne vært bedre integrert, dvs. at man kunne ha fått bedre samkjøring mellom styring av lys, luft, oppvarming, brann og sikkerhet.

Andre forhold som ble nevnt var støyende aluminiumstrapper, samt at veggene i grupperommene gir ubehagelige lydforhold inne i grupperommene.



Figur 9. Aluminiumstrapp mellom 1. og 2. etg. (til venstre) og grupperom (til høyre).

Det ble lagt ned mye arbeid i å finne materialer med minst mulig belastning på inneklimaet. Overflate-egenskaper til golv-, tak- og veggmaterialer ble nøye vurdert med hensyn til å finne løsninger som gav minst mulig forurensninger. Etter at bygget var satt i drift, oppdaget man at inntaksviftene i kulverten gav noe støy når de ble kjørt på full effekt. Det ble derfor installert en rekke store paneler med en overflate av svart gummi – med den hensikt å få til bedre lydisolering. Ved befaring merket vi en viss lukt fra disse panelene. Lukten vil trolig avta og forsvinne etter en

tid, men man kunne med fordel funnet løsning som var mer ”inneklimavennlig”. Dette er kanskje nokså betegnende for flere prosjekter, - at man lett kan komme til å forringe et gjennomtenkt helhetsdesign med raske og ubetenksomme beslutninger i en hektisk oppstartsituasjon.



Figur 10. Gummipaneler i inntakskulvert (til venstre).

Prosjektet hadde en viss kostnadsoverskridelse, noe som kan ha flere årsaker. Delvis skyldes det nok at prosjektet tok inn i seg mange nye og forholdsvis uutprøvde løsninger, som krevde ekstra ressurser både i planlegging og utførelse. Prosjektets fokus på helhetsløsninger som skulle virke sammen, stilte spesielle krav til samarbeid på tvers av faggrensene. Dette er det relativt liten erfaring med i den norske byggebransjen. En tid måtte man avvike fra anbudet og kjøre med timepris, fordi det var flere forhold som ikke var detaljert nok beskrevet i anbudsgrunnlaget. De totale kostnadene for prosjektet var imidlertid ikke høyere enn andre nye skoleprosjekter i distriktet.

Som helhet fremstår bygget som en stor suksess, noe som understrekes av at følgende sentrale suksesskriterier er oppfylt:

- skolen har opplevd stor søking av lærerkrefter
- folk flytter på seg for at barna skal få plass på skolen
- skolen får søknader fra hele byen fra familier som ønsker at barna skal få plass på skolen
- elevene, lærere, og annet personale virker oppriktig glad i og stolt av skolen sin
- elevene som ble brukt som omvisere viste en imponerende kunnskap om skolebygget

## Planleggings- og byggeprosessen

Det som spesielt skiller planleggingsarbeidet i dette prosjektet fra en tradisjonell prosess er den store graden og bredden av brukermedvirkning. Det er brukt mye tid på å involvere ulike brukere, samt å definere brukerbehov og miljømålsetninger. Den store brukermedvirkningen har hatt sine positive og negative sider. På den positive siden har brukernes deltakelse i planprosessen helt tydelig bidratt med mange gode ideer og konstruktive innspill til utformingen. Det at brukerne har vært sterkt inkludert i planprosessen har også medvirket til å styrke deres eierforhold til det ferdige bygget. I tillegg har man oppnådd en bred spredning og opplæring omkring temaet miljøvennlig bygging. På den annen side har brukermedvirkningen helt klart vært ressurskrevende. Fra de utførendes side ble det pekt på som problematisk at brukermedvirkningen gikk langt inn i byggeprosessen.

Ellers var alle intervjuobjektene stort sett fornøyd med samarbeidet med de andre aktørene i planleggings- og byggeprosessen.

Det ble imidlertid vurdert som en ulempe at noen av rådgiverne og arkitekter var lokalisert langt unna prosjektet, noe som skapte problemer når det oppstod uavklarte ting på byggeplassen, og man trengte dem raskt på stedet.

I tillegg skiller prosjekteringsarbeidet i dette prosjektet seg fra andre prosjekter ved at man tok inn et bredt spektrum av miljøvurderinger, og at man hadde et tilknyttet FoU-prosjekt. Samarbeidet mellom deltakerne i FoU-prosjektet og de prosjekterende ser ut til å ha fungert meget bra. Flere av de prosjekterende trakk frem dette samarbeidet som positivt.

De viktigste beslutningene med hensyn til energibruk ble tatt i tidlig planleggingsfase. For eksempel var vannbåren varme og naturlig/hybrid ventilasjon et premiss allerede i arkitektkonkurransen. Det ble ikke satt noen konkrete kvantifiserte mål med hensyn til energibruk (kWh/m<sup>2</sup>) eller miljø før i forprosjektet, og da som en del av det tilknyttede FoU-prosjektet. VVS-konsulent uttrykte ønske om å ha blitt med tidligere i prosessen, for å kunne være med å påvirke de viktige føringene som ble lagt i arkitektkonkurransen.

Prosjektet ble ferdigstilt ½ år senere enn planlagt. Det er vanskelig å peke på en enkelt faktor som årsak til dette. Det er klart at man har mindre kontroll over ressursforbruk i et prosjekt hvor man prøver ut løsninger som det er liten erfaring med, noe som krever ekstra innsats både i planlegging og produksjon. Et forhold som viste seg å bli ekstra komplisert, var grunnarbeidene. I utgangspunktet ville man sprengte slik at deler av fjellet skulle stå igjen inne i skolens vestibyle. Dette viste seg å bli problematisk, fordi fjellet ikke var homogent, men hadde sprekkmønster vertikalt og horisontalt. Etter 8 uker med forsiktig sprenging rundt to fjellsøyler, besluttet byggherren å heller ta vare på store fjellblokker som erstatning for fjellpartiene. I tillegg var man uheldig med været – det regnet i ukesvis. Det viste seg at grunnvannet stod høyere enn antatt, og man var redd for å endre vannstanden og dermed påvirke sårbare biotoper i området.

Til slutt må det nevnes at prosjektet ikke ville blitt gjennomført med den store andel av nyskaping og den sterke miljøprofilen uten en betydelig innsats fra en rekke ildsjeler. Flere personer bidro med stor innsats og glød som var avgjørende for å få drevet prosjektet gjennom, både opp mot politikere, byråkrater, og andre som trengte overbevisning eller inspirasjon.

## Sluttkommentarer

Prosjekter som vektlegger en sterk energi- og miljøprofil er spesielt krevende både med hensyn til kompetanse hos de prosjekterende, og ikke minst vilje og evne til samarbeid på tvers av faggrensene. Det er relativt lite erfaring med energi- og miljøvennlig bygging i Norge, og man har ingen veletablerte arbeidsmåter eller metoder å støtte seg på. Gode energi/miljøløsninger krever tett samarbeid spesielt mellom arkitekt og VVS-konsulent, men også bygg- og el-konsulent, samt driftsansvarlig (og selvsagt byggherre) bør involveres allerede fra tidlig prosjekteringsfase. Ansvarsfordelingen kan bli uklar - det kan være vanskelig å avgjøre hvem som har det overordnede ansvaret for en energiløsning som griper inn i både bygningsutformingen, lufttilførsel, belyningsanlegg og oppvarmingsanlegg. Det stilles større krav til samarbeid og informasjonsutveksling. Kunnskap om nye energi/miljøløsninger må kommuniseres og integreres i de ulike fag, både gjennom prosjektering, bygging, og idriftsettelse. Etter hvert har man så smått begynt å få verktøy som kan brukes for å sette miljømål og følge opp disse. I Norge har man i større byggeprosjekter bl.a. brukt miljøoppfølgingsplaner og miljøkontrollplaner. Slike verktøy kan også være nyttige i mindre prosjekter, og kunne ha forenklet prosessen på Kvernhuset skole.

I Canada har man innført en ny rolle som med hell har vært benyttet i noen prosjekter med innovative energi/miljøløsninger. Denne rollen har fått navnet ”design facilitator”, som på norsk best kan betegnes energi/miljø-koordinator. Dette er en person som har bred kunnskap om energi- og miljøløsninger, og som har evne til å identifisere og kommunisere helhetlige energi/miljøløsninger i prosjekteringen. Koordinatoren vil også hjelpe byggherren og prosjekteringsteamet å sette opp realistiske energi- og miljømål, gjøre avveininger mellom ulike mål, samt sørge for at målene følges opp gjennom planleggings- og byggeprosessen. En slik rolle vil være spesielt nyttig hvis byggherre og prosjektleder har lite erfaring med energi/miljøprosjekter. Kanskje kan en slik rolle også være nyttig for denne type prosjekter i Norge?

I andre land (og så vidt også i Norge) har man begynt å prøve ut en ny type kontrakter, som kalles ”performance contracting”. Dette er en form for resultatbasert kontrakt hvor leverandøren får betalt i forhold til ytelsen til det ferdige bygget. Hvis bygget ikke oppfyller de gitte krav til for eksempel energibruk, vil honoraret til leverandøren(e) blir redusert. Videreutvikling og utforming av slike kontrakter for prosjekter hvor man har energi- og miljøløsninger som er avhengige av tverrfaglig samarbeid, er en utfordring som bør studeres nærmere.

## VEDLEGG 1: Bakgrunnsdokumenter

Tittel på dokument	Forfattere	Innhold	Dato
Funksjons- og arealprogram	SINTEF og Prokon AS, i samarbeid med en plankomite bestående av 2 politikere, kommunedelsjef, rektor, elevrådsrepresentant, forelderådsrepresentant, tillitsvalgt og sekretær. Assistert av Fredrikstad kommune.	Funksjonsprogram, konkurransetekniske bestemmelser, arealprogram. 32 sider.	25.06.98
Etablering av rensespark – et bærekraftig alternativ for avløshåndtering fra nye Kvernhuset Ungdomsskole	NAVA, Naturbasert Avløpsteknologi AS.	Analyse av mulighetene for å etablere en naturbasert renseløsning for å håndtere forurenset avløp fra skolen. Det foreslås å benytte et anlegg bestående av slamavskiller, pumpekum, og våtmarksfilter med nivåikum, samt fangdammer. Den foreslåtte løsningen kostnadberegnes til 1 mill kr. 14 sider.	15.11.98
Vinnerutkast arkitektkonkurranse	PIR II Arkitektkontor, Duncan Lewis and Associates	"Nyhetens hage", 17 sider	Høsten -98
Forprosjektbeskrivelse	ARK, RIB, RIV, RIE, LARK	Beskriver konstruksjoner og installasjoner – oppbygging, og egenskaper mht. varme, lyd, lys, luft og brann. Grunnlag for rammesøknad. Ca. 50 sider.	15.02.99
Oppdaterte beregninger av energi- og effektbehov for ventilasjon og romoppvarming for Kvernhuset skole – skolebygningen	Per O. Tjellflaat, SINTEF Energiforskning	Tabeller som viser energi- og effektbehov for 4 alternative ventilasjonsløsninger: 1) Varmegjenvinning 60%, omrøring 2) Uten varmegjenvinning, omrøring 3) Varmegjenvinning 60%, fortregning 4) Uten varmegjenvinning, fortregning Alt 3 anbefales.	09.03.99
Oppdaterte beregninger av energi- og effektbehov for ventilasjon og romoppvarming for Kvernhuset skole – skolebygningen	Per O. Tjellflaat, SINTEF Energiforskning	Som over med justerte glassarealer.	14.03.99
Nye fornybare energikilder. Aktuelle løsninger. Beslutningsgrunnlag.	Jan Erik Tonby, Fredrikstad Energitjenester	Teknisk/økonomisk og miljømessig vurdering av 7 ulike systemer for bruk av fornybar energi til oppvarming (pellets/olje, pellets/fastkraft, pellets/upr.el., bergvarmepumpe/faskraft, bergvarmepumpe/upr.el, solenergi. Anbefaling: Varmepumpe evt. i kombinasjon med solenergianlegg.	22.03.99
Dagslys i Kvernhuset ungdomsskole, SINTEF Rapport A99508	Barbara Matusiak, NTNU, Institutt for byggekunst, historie og teknologi	Kravspesifikasjoner for dagslysutteltelse i skolen og forslag til løsninger som forbedrer dagslys-nivået med utgangspunkt i konkurranseprosjektet. 30 sider	16.04.99
BOK 0	ARK, RIB, RIE, RIV, LARK	Anbudsgrunnlag for alle entreprisene. Oversikt over byggherre og engasjerte rådgivere. Kort beskrivelse av prosjektet, bygninger og tekniske anlegg, fremdrift, entreprisreform, miljøkrav, kvalitetssikring, fdv-dokumentasjon, anbudsregler og kontraktsbestemmelser. 26 sider.	29.04.00
K202 Hovedentreprise, Bygningmessige arbeider	ARK, RIB, RIE, RIV, LARK	Anbudsgrunnlag for bygningsmessige arbeider. Ca. 350 sider.	03.05.00
K302 Luftbehandlingsanlegg, reguleringsanlegg	RIV	Anbudsgrunnlag for luftbehandlings- og reguleringsanleggene	25.05.00

<b>Tittel på dokument</b>	<b>Forfattere</b>	<b>Innhold</b>	<b>Dato</b>
Kvernhuset U-skole i Fredrikstad Miljøhensyn i alle faser - Vinner av Økobyggprisen 2000	Terje Moland Pedersen	Innlegg på seminaret "Ny energiteknologi – grunnlag for næringsvekst", 27-28 november 2000, Oslo.	28.11.00
Miljøvurdering av Kvernhuset Ungdomsskole	Inger Andresen, SINTEF Bygg og miljø	Forenklet miljøvurdering av det prosjekterte bygget basert på Økoprofil-metoden. 14 sider.	12.01.01
Energianalyse av Kvernhuset Ungdomsskole	Inger Andresen og Tor Helge Dokka, SINTEF Bygg og miljø	Beregninger av brutto og netto energibehov for bygget under visse forutsetninger. Råd om hva man bør legge vekt på for å oppnå lavt energibruk. 10 sider.	11.06.01
Plan for envaluering av inneklimate og energibruk	Karin Buvik, SINTEF Bygg og miljø	Målformuleringer, ytelseskrav og anbefalinger med tanke på skolens inneklimate og energibruk, samt liste over planlagte energi- og miljøtiltak. Metoder for etterprøving. 17 sider	04.06.02
Miljøvennlige skoleanlegg – Kvernhuset Ungdomsskole i Fredrikstad	Karin Buvik, SINTEF Bygg og miljø	Beskriver kort skoleanlegget og FoU-resultatene. 22 sider.	15.03.03
Kvernhuset ungdomsskole – Sammendrag av FoU- prosjekt knyttet til planlegging av skoleanlegget. SINTEF-rapport STF22 A03521	Karin Buvik, SINTEF Bygg og miljø	Nøkkelinformasjon om skoleanlegget og sammendrag av FoU-prosjektet. Målformuleringer og ytelsesskrav med tanke på skolens miljøprofil, samt strategier og lister over tiltak for å nå målene.	25.11.03

## VEDLEGG 2: Intervjuguider

Intervjuguide arkitekt / rådgivende ing./ prosjekteringsleder / byggeleder

Utformet av Helene Tronstad Moe

### Design og planleggingsprosess

- Fortell litt om prosjektet...
- Hva har vært din rolle i dette prosjektet?
- Hvordan var prosjektet organisert?
- Hvilke andre aktører har vært sentrale i prosjektet?
- I hvilken grad opplevde du at dere hadde frihet til å velge løsninger. Hvilke arkitektoniske og tekniske "hovedgrep" var fastlagt på forhånd?
- Oppstod det uenigheter om hvilke alternative løsninger som burde velges?
- Hvordan kom dere frem til valg av:
  - dagslysproblematikk (bruk av glass)
  - (oppvarmingsløsning - RIV)
  - ventilasjonsløsning (anlegg - RIV)
  - type og ant cm isolasjon
  - materialvalg
- Hvorfor ble akkurat disse løsningene valgt?
- Hvordan fungerte samarbeidet med de andre aktørene?
- Hvordan fungerer vanligvis samarbeidet med de øvrige aktørene i en byggeprosess?
- Hvem synes du burde ha ansvaret for at bygget som reises blir miljøvennlig? Hvorfor?

### Byggeprosess

- Hvordan var byggingen organisert?
- Hvilke andre aktører har vært sentrale i prosjektet under bygging?
- I hvilken grad opplevde du at entreprenører hadde frihet til å velge løsninger? (Ble løsning fra prosjekteringsgruppen valgt slavisk, eller ble forslag fra entreprenører valgt? Mix av disse to)?
- Oppstod det uenigheter om hvilke alternative løsninger som burde velges?
  - materialvalg
- Hvorfor ble akkurat disse løsningene valgt?
- Hvordan fungerte samarbeidet med de andre aktørene?
- Hvordan fungerer vanligvis samarbeidet med de øvrige aktørene i en byggeprosess?

### Kriterier for miljøvennlige bygg

- Hva innebærer god arkitektur for deg?
- Knytter du begrepet miljøkriterier til byggeprosessen? Hvorfor?
- På hvilken måte representerer bygninger et viktig miljøproblem?
- Hva synes du er miljøvennlige bygg?
- Hva synes du er riktig energibruk i bygg?
- Hvor viktig er byggets energieffektivitet sammenlignet med andre aspekter ved bygget?



- Hva skiller miljøvennlige bygg fra mindre miljøvennlige bygg?
- Hvordan kan vi oppnå miljøvennlige bygg?
- Er det mulig å kvantifisere miljø? Hvorfor?

### **Forskrifter og rammebetingelser**

- Opplever du at dagens forskrifter bidrar til å redusere energiforbruket i bygninger i tilstrekkelig grad? Hvorfor?
- Har du noen gang tatt initiativ til å designe bygg som bruker mindre energi enn hva forskriftene krever?
- Tror du dagens kontraktsinngåelse i byggebransjen påvirker hensynet til energieffektivisering? På hvilken måte?
- Har du opplevd at utbygger og leietager har hatt motstridende interesser?
- Hvordan tror du det kan unngås?

### **Arbeid med miljøkriterier**

- Hvordan jobbes det med utforming av miljøkriterier i dag?
- Hvordan burde man ideelt sett arbeidet med miljøkriterier?
- Hva tror du skal til for at man skal designe mer energieffektive og miljøvennlige bygg i fremtiden?

### **Bærekraftsbegrepet**

- Hva legger du i begrepet ”bærekraftig utvikling”?