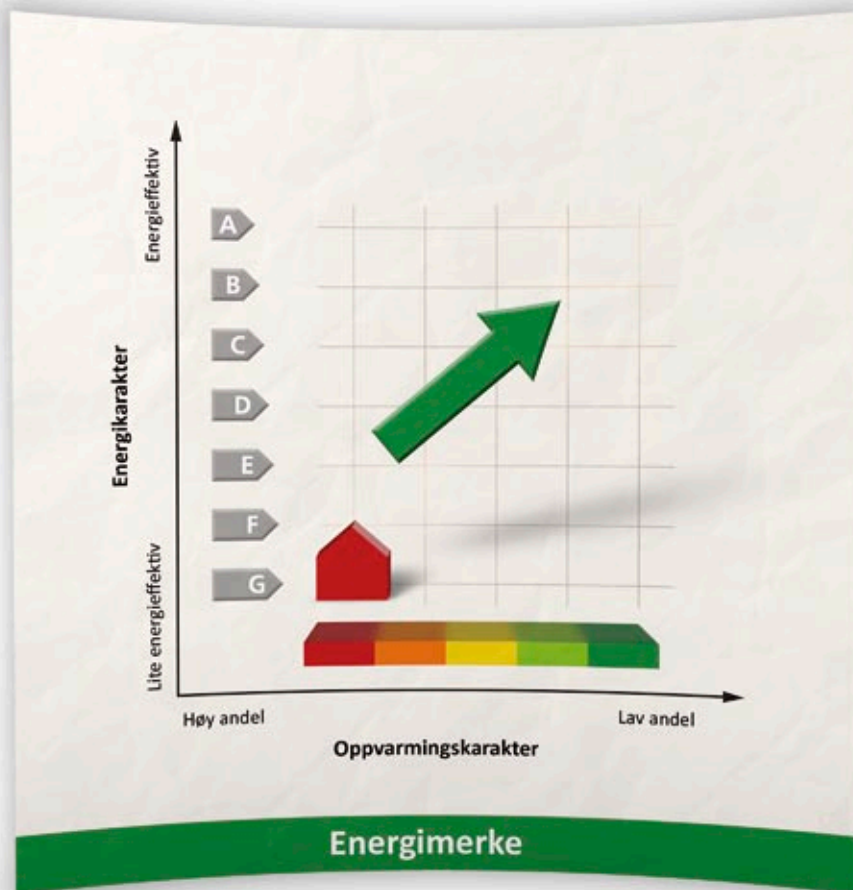


Fra C til A



En veileder for byggherrer
med energiambisjoner

Fremtidens eiendomsbransje er grønn



Miljøeffektive bygg er god økonomi – både for lommeboka, samfunnet og omdømmet. Grønn Byggallianse er Norges største nettverk for miljøbevisste eiendomsaktører.

Aldri tidligere har byggenæringen opplevd et sterkere miljøfokus – fra publikum, fra myndighetene og fra næringen selv. Våre medlemmer får førstehånds kunnskap om hva som skjer innen miljøområdet og hvilke konsekvenser og muligheter det gir for virksomheten, for eksempel i spørsmål om energibruk, miljøriktig materialvalg og klimanøytrale bygg – eller i spørsmål om hva som er lovkrav og hva som etterspørres i markedet. Vi hjelper med å gjøre kost/nytte vurderinger av miljøtiltak og å bestille og markedsføre miljøeffektive bygg.

Innhold

Forord	side 6
Energimerkeordningen – en kort innføring	side 7
– Energikarakteren	side 7
– Oppvarmingskarakteren	side 9
– Den reelle energibruken - teori versus praksis	side 9
Passivhus- og lavenerginivå	side 11
Hva skal til for å oppnå de ulike energikarakterene?	side 12
– Forklaring av beregningseksemplene	side 12
– Eksempel: Beregning for nybygg	side 14
– Nybygg – fra energikarakter C til A med varmepumpe	side 14
– Nybygg – fra energikarakter C til B med fjernvarme	side 15
– Nybygg – fra energikarakter C til A med fjernvarme	side 16
– Eksempel: Beregning for rehabilitering?	side 16
– Rehabilitering – med fjernvarme	side 17
– Rehabilitering – fra energikarakter C til A med varmepumpe	side 18
Gjennomgang av ulike energiltak	side 20
– Viktige energiltak og deres energisparepotensiale	side 20
– Sette målsetting – energiambisjon	side 20
– Bygningstekniske tiltak	side 21
– Bygningsform	side 21
– Overflate på bygget	side 21
– Vindusareal	side 22
– Solskjermning	side 22
– Bygningsteknikk	side 23
– Tetthet – lekkasjetall	side 23
– Kuldebroverdier	side 24
– Isolasjon av yttervegger, dekker og tak	side 25
– Vinduer – rehabilitering/nye	side 25
– Tekniske systemer	side 27
– Varmegjenvinning på ventilasjon	side 27
– Elbruk ventilasjon	side 27
– Elbruk belysning	side 28
– Ventilasjon fra CAV til VAV	side 29
– Lokal kjøling	side 29
Prosjektseksempler. Nye bygg i energiklasse A	side 30
– NSB Kompetansesenter, Drammen, energikarakter A	side 30
– Bellonahuset, Oslo, energikarakter A	side 32

Eksempler på A- og B-rehabilitering

– Middelthunsgate, Oslo, energikarakter B	side 35
– Lysaker Park, Bærum, energikarakter B	side 36
– Skatteetaten, Helsfyr, energikarakter A / passivhus	side 38
– Referanser	side 39
– Vedlegg 1: Modell TEK 10	side 40
– Vedlegg 2: Modell 90	side 41
– Vedlegg 3: Modell 60	side 42
– Vedlegg 2: Modell 30	side 43
– Vedlegg 5: Beregningsforutsetninger for ulike byggmodeller	side 44
– Vedlegg 6: Sammenligning av kriterier for energikarakter A og passivhus	side 45
– Vedlegg 7: Valg av målsetning for bygg A-krav eller passivhuskrav	side 48
– Vedlegg 8: Støtteordninger og program – Enova og Future Built	side 49



Forord

Denne veiledningen er skrevet for å gi byggherrer en kort innføring i energimerkeordningen og en formening om hvilke tiltak som skal til for å gå fra forskriftskrav og energimerke C, til et bedre energimerke; B eller A, for ulike bygningstyper.

Passivhus og lavenergibygg er begreper som er høyaktuelle og som veilederen gir en innføring i. Ved oppstart av nybygg- og rehabiliteringsprosjekter kan byggherren være usikker på hva som skal være energimålsetning for bygget; A-bygg, B-bygg, forskriftskrav, passivhus eller lavenergibygg. Veilederen viser hvilke forutsetninger som påvirker resultatet og kan hjelpe til å gjøre et godt valg.

Ved hjelp av veilederens beregningstabeller for ulike prototyper næringsbygg, kan byggherren gjøre overslagsberegninger i tidlig fase for å se hvilke tiltak som må til for å oppnå ønsket målsetning. Tiltakene er utdypet noe, men veilederen er ingen prosjekteringsanvisning. Prosjektgruppen må vurdere tiltakene nærmere før endelig valg og det må gjøres energiberegninger fortløpende for nøyaktig energibudsjett.

Dagens regler for energimerke, passivhusstandard og ENOVA-støtte vil trolig endre seg over tid og deler av veilederen kan da bli utdatert. Grønn Byggallianse vil derfor oppdatere veilederen på vår nettside: www.byggalliansen.no, når det kommer vesentlige regelendringer.

September 2011



Erik A. Hammer
Daglig leder
Grønn Byggallianse

Energimerkeordningen

- en kort innføring

Energimerkeordningen er obligatorisk for alle boliger og bygg over 50 kvadratmeter som skal selges eller leies ut. I tillegg skal alle yrkesbygg over 1000 kvadratmeter alltid ha gyldig energiattest. Ordningen trådte i kraft 1. juli 2010.

Yrkes- og næringsbygg skal merkes av en ekspert som oppfyller bestemte kompetansekrav. Det er en rekke aktører som tilbyr energimerking av bygg. Krav om hvordan merkingen skal gjøres og registreres finnes på www.energimerking.no.

Merkingen innebærer en gjennomgang av byggets tekniske og bygningsmessige kvalitet i forhold til energieffektivitet og bruk av fornybar energi til oppvarming. Etter gjennomført energimerking utstedes en energiattest som inneholder en energikarakter og en oppvarmingskarakter. Energikarakteren forteller hvor energieffektivt et bygg er, mens oppvarmingskarakteren forteller om det brukes andre energikilder til oppvarming enn olje, gass og elektrisitet.

Energikarakteren

Energikarakteren er et resultat av beregnet *levert energi* til boligen eller bygningen. Standarden NS 3031 angir hvordan beregningen skal gjøres. Tabellen nedenfor viser sammenhengen mellom beregnet levert energi per kvadratmeter og energikarakter for ulike bygningskategorier.

Bygningskategori	Levert Energi						
	A	B	C	D	E	F	G
	Løvere enn kWh/m ²	Løvere enn kWh/m ²	Løvere enn kWh/m ²	Løvere enn kWh/m ²	Løvere enn kWh/m ²	Løvere enn kWh/m ²	Løvere enn kWh/m ²
Småhus	79	118	158	231	305	458	Ingen grense
Boligblokker	67	100	134	194	235	353	Ingen grense
Barnehager	90	135	180	228	276	414	Ingen grense
Kontorbygg	84	126	168	215	263	395	Ingen grense
Skelebygg	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
Ferietingsbygg	129	194	258	309	360	540	Ingen grense
Kulturbygg	105	158	210	256	302	453	Ingen grense
Løst industr. verksteder	106	159	212	270	329	494	Ingen grense

Basert på nivå for TEK 2007

Tabell 1: Sammenhengen mellom beregnet levert energi og energikarakter for ulike bygningskategorier /14/

For eksempel må et kontorbygg ha beregnet levert energi mindre eller lik:

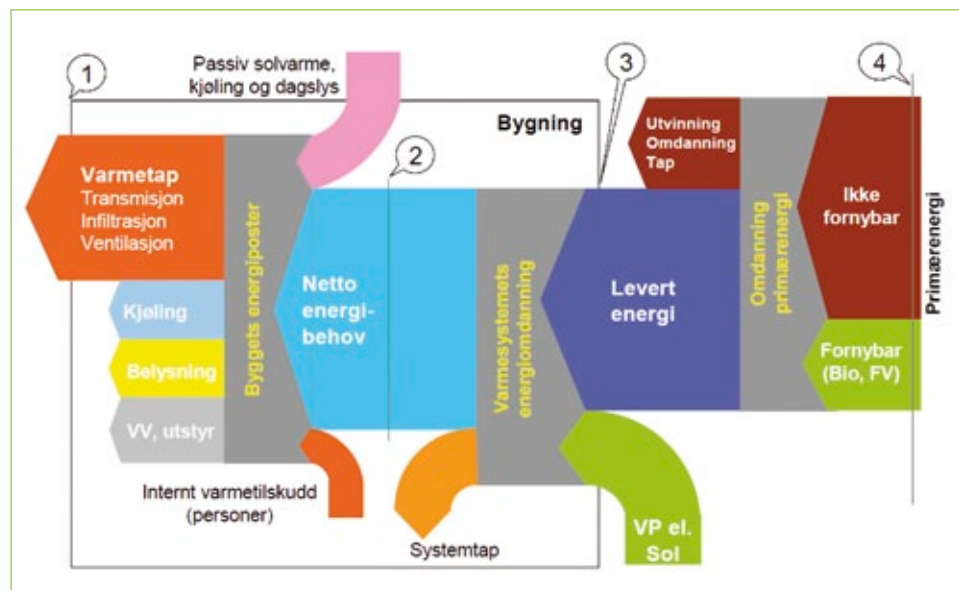
- 168 kWh pr. kvm oppvarmet areal for å få karakteren C
- 126 kWh pr. kvm oppvarmet areal for å få karakteren B
- 84 kWh pr. kvm oppvarmet areal for å få karakteren A

Skalaen går fra A til G, og er laget slik at en bygning som er bygget etter minimumskravene i TEK-07 (Byggteknisk forskrift -07), og ikke benytter solenergi eller varmepumpe til oppvarming, normalt vil oppnå karakteren C.

For å få karakteren B må bygningen ha ca 25 % bedre energistandard enn ved karakteren C, noe som ofte i praksis betyr installasjon av varmepumpe eller solenergi til oppvarming og/eller bedre isolasjon og vinduer enn kravene i byggeforskriftene. For å få energikarakter A, som tilsvarer ca 50 % mindre levert energi enn karakteren C, må det normalt gjøres tiltak både på bygningskropp, tekniske anlegg og energiforsyning. De fleste eksisterende bygninger vil få karakterer mellom D og G.

Levert energi er en teoretisk beregning, definert som *netto energibehov* for bygget (beregnet i henhold til NS 3031), pluss varmesystemets systemtap og minus eventuell egenprodusert energi (se figur 1.)

Figur 1: Forskjellen mellom netto energibehov, levert energi og primær energi. /14/



TEK-kravene refererer til *netto energibehov*. Forskjellen mellom levert energi og netto energibehov er i hovedsak at levert energi tar varmesystemets virkningsgrad med i beregningen, mens dette ikke inngår i netto energibehov. Forbrenning av olje, gass og biobrensel har alle et virkningsgradstap som innebærer at levert energi blir høyere enn netto energibehov. Direkte elektrisk oppvarming (elektriske panelovner eller varmekabler) har nær null i virkningsgradstap og påvirkes lite, mens solenergi og varmepumper kommer positivt ut ved at de utnytter solvarme og omgivelsesvarme.

Tabell 2 viser systemvirkningsgrader for ulike oppvarmingssystemer.

Tabell 2: Veiledende systemvirkningsgrader, omregning fra netto energibruk til levert energibruk /2/

Energiforsyning	Veiledende systemvirkningsgrad/ systemeffektfaktor
Fjernvarme	0,84 - 0,88
El oppvarming	< 0,98
El utstyr mm	1
Varmepumpe oppvarming	2,2 - 2,4
Kjølesystem	2,2 - 2,7
Solvarme	< 10

Veiledende systemvirkningsgrader er gitt i tabeller i NS 3031 /2/. Det er mulig å bruke andre verdier der det kan dokumenteres med en beregning etter NS EN15316.

Systemvirkningsgrader består av tre komponenter: produksjonsvirkningsgrad/effekt-faktor * distribusjonsvirkningsgrad * reguleringsvirkningsgrad (romvirkningsgrad).

Hvor det for eksempel velges en varmepumpe med større effektfaktor enn standardverdien som ligger til grunn for ovenstående, kan dette legges til grunn for beregning av samlet systemvirkningsgrad, og det kan nås høyere samlet systemvirkningsgrad.

I energimekereordningen er det i tillegg lagt inn en fortolkning hvor det fremkommer at man kan bruke faktor for lokal kjølemaskin ved bruk av frikjøling/fjernkjøling, dog aldri over verdiene som er oppgitt for lokal kjølemaskin i B.11 i /2/ (selv om reell beregning etter NS 15316 eller tilsvarende for VP kunne gitt kjølefaktor på både 15 og 20).

To bygninger med samme netto energibehov kan derfor få ulik energikarakter avhengig av hva slags oppvarmingssystem bygget har og virkningsgrad på dette. Tabell 3 viser forskjell på levert energi for en bygning med henholdsvis varmepumpe og fjernvarme til

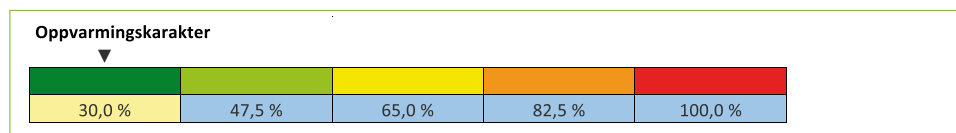
oppvarming. Netto energibehov er det samme. Med fjernvarme (FJV) får bygget energikarakter B ($\leq 126 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$), med varmepumpe oppnår bygget langt lavere verdi og det kreves kun noen få ekstra tiltak for å oppnå energikarakter A ($\leq 84 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$).

Energipost	Netto energibehov	Lvert energi		
		Fjernvarme	Varmepumpe	
1a Romoppvarming	28	31,8	11,7	kWh/m ²
1b Ventilasjonsvarme (varmebatterier)	8,3	9,4	3,5	kWh/m ²
2 Varmtvann (tappevann)	5	5,7	2,1	kWh/m ²
3a Vifter	10,6	10,6	10,6	kWh/m ²
3b Pumper	4,6	4,6	4,6	kWh/m ²
4 Belysning	20	20,0	20,0	kWh/m ²
5 Teknisk utstyr	34,4	34,4	34,4	kWh/m ²
6a Romkjøling	2,6	1,1	1,1	kWh/m ²
6b Ventilasjonkjøling (kjølebatterier)	8,2	3,4	3,4	kWh/m ²
Totalt netto energibehov, sum 1-6	121,8	121,0	91,3	kWh/m ²
Forutsetninger for omregning fra netto til levert:				
Faktor FJV		0,88		
Faktor VP		2,4		
Faktor kjøling		2,4		
Faktor el		1		

Tabell 3: Beregning av levert energi for et eksempelbygg med henholdsvis fjernvarme og varmepumpe til oppvarming

Oppvarmingskarakteren

Oppvarmingskarakteren rangeres i fem trinn – fra rødt til grønt. Beregningen av oppvarmingskarakteren baserer seg på hvilke systemer som er installert for oppvarming av rom og tappevann i bygningen. Beste karakter, grønn, blir gitt når bygningen har oppvarmingssystemer som bruker en høy andel av andre energikilder enn elektrisitet, olje eller gass. Bruker man kun fossilt brensel og/eller panelovner/varmekabler, klassifiserer bygningen til den dårligste oppvarmingskarakteren – rød. Karakteren settes uavhengig av energibehovet for bygningen og energikarakteren. Figur 2 viser grensene for elektrisk og fossil oppvarming, for å oppnå de ulike fargegraderingene.



Figur 2: Grensene for de ulike oppvarmingskarakterene. Andelen elektrisk og fossil oppvarming må ligge under viste verdier for å oppnå de ulike fargegraderingene /14/

Den reelle energibruken - teori versus praksis

Den reelle energibruken, dvs. forbruket som energiregningen er basert på, er som regel større enn både netto energibehov og beregnet levert energi, da ikke alle poster inngår i de standardiserte beregningene som danner grunnlag for disse (NS 3031). Oppfyllelse av energiklasse A eller passivhuskriterier er derfor ikke alene en garanti for et lite reelt energibehov. Før valg av energistrategi og konkrete energibesparende tiltak, bør man derfor også beregne forventet reell energibruk, der alle forventede energiposter inkluderes i regnskapet. Dersom målet er å spare energi, må man forsøke å minimere alle disse postene. El til utstyr (for eksempel IT-utstyr, standby forbruk på transformere, storskjermer og IP-telefoner), prosesskjøling i datarum og annet prosessforbruk kan utgjøre den største energiposten i et kontorbygg, men regnes som en fast verdi i NS 3031 og passivhusberegningene. Under prosjekteringsfasen er det vanskelig å stille krav til byggherrens eller brukernes senere innkjøp av apparater og utstyr. Energibruk til utstyr er også avhengig av brukeradferd, men det står for en meget stor og økende andel av den samlede energibruken og gir et stort varmeoverskudd som må kjøles bort. For å sikre fokus på denne energiposten, er det derfor viktig å synliggjøre den i en beregning av forventet reelt forbruk.

Tabell 4: Eksempel budsjett reelt energibruk.

Forventet reelt energibruk - budsjett	El Budsjett MWh/år	Fjernvarme Budsjett MWh/år	Fjernkjøling Budsjett MWh/år	Total Budsjett MWh/år
Romoppvarming		750		
Varmebatterier ventilasjon		200		
Vannoppvarming		110		
Vifter	180			
Pumper	25			
Belysning	370			
Teknisk utstyr	650			
Romkjøling			60	
Kjølebatterier			175	
Kjøkken -prosess	100	60		
Datarom - IT utstyr	150			
Datarom - kjøling			150	
Øvrigt prosess utstyr	60			
Utelys	25			
Snøsmeltning		50		
Øvrigt energibruk				
Budget samlet levert energi	<u>1.560</u>	<u>1.170</u>	<u>385</u>	<u>3.115</u>

Passivhus- og lavenerginivå

Norsk standard for passivhus og lavenergihus finnes per i dag kun for boliger /3/, men en norm for yrkesbygg er på vei. I perioden frem til standard for yrkesbygg er ferdig, er gjeldende kriterier for passivhus og lavenergi yrkesbygg beskrevet i *Sintef rapport 42, Kriterier for passivhus og lavenergi yrkesbygg /1/*.

Rapportens definisjon av lavenerginivå (LE), er et energinivå som ligger mellom dagens forskriftsnivå (TEK10) og passivhusnivå.

Kriteriene inkluderer krav til netto oppvarmingsbehov, netto kjølebehov, varmetapstall og CO₂-utslipp, i tillegg til at kriteriene inneholder minstekrav til enkeltkomponenter i bygget. Rapporten inneholder veiledende verdier for interne varmetilskudd og luftmengder, basert på det som er vurdert som best tilgjengelig teknologi i dag. Kriterier i Sintef rapport 42, legges til grunn for Enovas støtteprogram for passivhus og lavenergi næringsbygg. Det skal bemerkes at det interne varmetilskuddet som angis, er basert på meget lite energibehov til utstyr (for eksempel IT-utstyr, transformere, storskjermer, IP-telefoner) og det kreves stort fokus på innkjøp av energieffektivt utstyr for å oppnå så lave verdier.

En sentral forskjell mellom energikarakteren og passivhus-/lavenergikriteriene er at det ved energimerking kan oppnås fordeler ved valg av bestemte energiforsyninger, mens dette ikke er tilfelle for passivhuskriteriene. Passivhuskriteriene fokuserer på bygget. Det vil ofte være slik at:

- et bygg som oppfyller lavenergikriterier kan oppnå energikarakter B
- et bygg som oppfyller passivhuskriterier kan oppnå energikarakter A

Det omvendte er ikke alltid tilfelle.

Passivhusstrategien har fokus på å redusere oppvarmingsbehovet gjennom en kompakt, godt isolert bygningskropp og varmegjenvinning av ventilasjonsluften. Strategien har sin opprinnelse fra Tyskland og er først og fremst brukt på boliger. For kontorbygg kan imidlertid denne strategien gi et stort energibehov til belysning, ventilasjon og kjøling. Lite vindusareal, tykke yttervegger med dype vindusnisjer og kompakte bygningsformer med dype rom gir redusert dagslystilgang, og dermed økt behov for kunstig belysning med dertil hørende større energibehov og varmeavgivelser. En godt isolert bygningskropp har også vanskeligere for å bli kvitt overskuddsvarme deler av året, som da må kjøles bort mekanisk. Med stort kjølebehov, mange innenforliggende rom og lav takhøyde reduseres samtidig mulighet til å nytte naturlig ventilasjon med nattkjøling, da man her bør ha uhindret kryssventilasjon. Behovet for mekanisk ventilasjon og kjøling vil da kunne øke.

I et moderne kontorbygg utgjør som regel årlig energibehov til ventilasjon og kjøling mer enn energibehov til oppvarming. Man bør vurdere den energimessige konsekvensen av ulike energistrategier over hele året og ikke fokusere ensidig på redusert oppvarmingsbehov på vinteren. Den ideelle energisparestrategien vil variere med ulike typer bygg og ulike funksjoner og ulike klimasoner, og passivhusstrategien er ikke alltid den mest optimale for kontorbygg ut fra målet om å spare energi.

ENOVA knytter pt. sine tilskuddsmidler til passivhusstrategien. Målet om å utløse støttemidler kan derfor gjøre oppfyllelse av passivhuskriteriene til et strategisk valg. Målet om å fremstå som et pilotprosjekt med tydelig energifokus, kan gjøre oppnåelse av energiklasse A til et strategisk valg, da merkekarakterene er lette å kommunisere i markedet. Vedlegg 6 redegjør nærmere for kriteriene for henholdsvis energimerke A og passivhus, slik at man lettere kan velge tiltak ut fra strategisk målsetning. Vedlegg 7 fokuserer nærmere på valg av målsetning for bygget, slik at man lettere kan vurdere hvilken energistrategi bygget er egnet for.

Hva skal til for å oppnå de ulike energikarakterene?

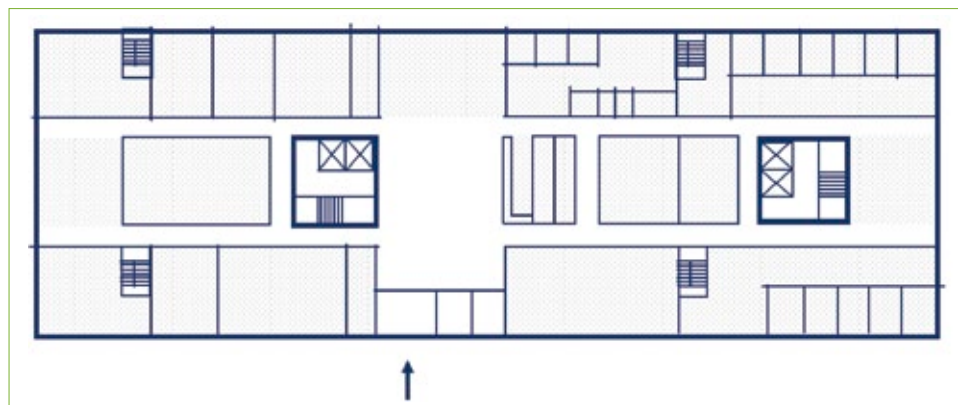
Forklaring av beregningseksemplene

Med utgangspunkt i noen generelle forutsetninger, typiske eksisterende bygg og et nytt TEK10-bygg, er det laget beregningseksempler på effekt av ulike energiltak. Det er valgt ut fire ulike case, som grunnlag for illustrative eksempler:

- rehabilitering av bygg fra 1930-tallet
- rehabilitering av bygg fra 1960-tallet
- rehabilitering av bygg fra 1990-tallet
- nybygg ihht TEK-10

Alle casene tar utgangspunkt i en tenkt bygningsmodell i tre etasjer med en grunnflate på 60 m x 20 m. Bygningsmodellene som tar utgangspunkt i "1960-tallet", "1990-tallet" og "TEK 10" har en parkeringskjeller. Bygningsmodellen som tar utgangspunkt i "1930-tallet" har en gulvflate på grunn. Plantegning av grunnmodellen for alle fire casene, er vist i figur 3.

Figur 3: Modell av en typisk etasje i et kontorbygg, med dimensjoner på 20 m x 60 m. Totalt bruttoareal (BRA) er på 3600 m² over 3 etasjer /1/



Bygningstekniske forutsetninger for grunnmodellen og tekniske anlegg varierer i de ulike casene. De ulike forutsetningene er vist i vedlegg 5. Med utgangspunkt i disse forutsetningene, er det for hver case beregnet årlig netto energibehov og levert energi for henholdsvis oppvarming med fjernvarme og varmepumpe. Resultatet er vist i tabell 5 under.

Tabell 5: Årlig netto energibehov og levert energi for de fire bygningsmodellene før tiltak

Egenskap	Enhet	Tek 10	"1990"	"1960"	"1930"
Netto energibehov	kWh/ m ² år	150	238	272	290
Levert energi - fjernvarme	kWh/ m ² år	146	245	292	312
Levert energi - varmepumpe	kWh/ m ² år	106	159	164	171
Forutsetninger for omregning fra netto til levert:					
Faktor FJV	0,88				
Faktor VP	2,4				
Faktor kjøling	2,4				
Faktor el	1				

Tabell 5 synliggjør at det er store forskjeller på levert energi avhengig av energikilde til oppvarming. Oppvarmingssystemet har derfor stor betydning for hvilke energibesparende tiltak som må gjennomføres for å oppnå et godt energimerke. Med utgangspunkt i "før modellene" er effekten av ulike energireducerende tiltak beregnet. Det er også gjort en grov kost/nytte-vurdering av de ulike tiltakene, illustrert som fargesymboler (rød-gul-grønn) for henholdsvis stor, middels og liten ekstrakostnad og liten, middels og stor energibesparelse. Energiberegninger og kostander er basert på erfaringstall fra tilsvarende prosjekter (Oslo-klima). Både kostnad og energibesparelse vil variere med bygningsmodell.

For eksempel vil ekstra god isolasjon normalt være et gunstig tiltak ved en rehabilitering av et bygg fra 1930-tallet, mens energieffektiv belysning normalt vil være et gunstige tiltak i et nybygg.

Tabellene som viser beregnet besparelse og kost/nytte av ulike tiltak, er lagt som vedlegg 1-4, ett vedlegg for hver bygningsmodell. Et utdrag fra en av tabellene er vist under.

Parameter variasjoner - reduksjoner i forhold til standardmodell - 1990 bygg (negative verdier viser økt energibruk)							
	Endring fra	Endring til	NS 3031 Red. netto kWh/m ²	FJV Red. levert kWh/m ²	VP Red. levert kWh/m ²	Ekstra kostnad	Energi sparring
Tiltak bygningsform							
Økning overflate yttervegger - Overflate / Volum	0,38	0,45	-6,4	-7,3	-2,7	-	●
Økning glassareal	19% av BRA	24% av BRA	-8,2	-8,2	-3,7	-	●
Reduksjon glassareal	19% av BRA	14% av BRA	7,7	7,7	3,4	-	●
Økning solskjerming samlet avskjerming - glass + persienne	Innvendig 0,35	Utvendig 0,1	-5,7	0,6	-2,8	●	●
Tiltak bygningsteknikk							
Lekkasjetall - n50	2	1	7,5	8,7	3,1	●	●
Lekkasjetall - n50	2	0,5	11,3	13,0	4,7	●	●
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,12	0,09	3,0	3,4	1,2	●	●
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,12	0,06	5,8	6,9	2,4	●	●
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,12	0,03	8,8	10,3	3,6	●	●

Med utgangspunkt i de fire tabellene, kan man gjøre en vurdering av hvilke energitiltak som er nødvendige for å nå ønsket energikarakter (A eller B).

I neste avsnitt er det vist eksempler på bruk i vedlegg 1-4. De ulike energitiltakene er beskrevet nærmere i kapittel 3.

Tabell 6: Utdrag av beregningstabell for 1990-bygg



Eksempel på 1990-bygg. Drammensveien 147. Foto: Inge Trondsen

Eksempel: Beregning for nybygg

Nybygg – fra energikarakter C til A med varmepumpe

Hvis man ønsker å foreta en vurdering av nødvendige tiltak for å oppnå energikarakter B eller A for et TEK10- bygg, kan tabellene i vedlegg 1, hjelpe med å gjøre et anslag. Tabellene er kun en veiledende tiltaksoversikt med omtrentlige verdier tenkt brukt i en tidlig vurderingsfase og må i detaljprosjekteringen suppleres av energiberegninger som samlet beregner alle tiltak mer nøyaktig.

Verdier i tabell 5 viser at for bygg som forsynes med energi fra varmepumpe, oppnås energiklasse B uten ekstra tiltak.

Ekstra tiltak for å oppnå energikarakter A:

- Tetthet/lekkasjetall forbedres fra 1,0 til 0,5 n_{50} verdi
- Kuldebroverdi endres fra 0,09 til 0,03 W/m² K
- Bedre vinduer med U-verdi 1,0 W/m² K
- Gjenvinning på varmegjenvinner økes fra 0,8 til 0,85
- SFP faktor (elbruk vifter reduseres fra 2,0 til 1,5 kW/ (m³/s)
- Lysstyring etter tilstedeværelse: 6,4 W/m²
- Bevisst vurdering av og begrensning av lokal kjøling

Disse tiltakene kan gjennomføres med middels til lave kostnader.

Konklusjonen er at det ikke er noen merkostnad å endre målsetning fra C til B-bygg dersom bygget forsynes med varme fra varmepumpe. Det kreves få ekstra tiltak og moderate ekstrakostnader å endre energikarakter fra B til A.

	Endring fra	Endring til	Energiklasse A Varmepumpe	Ekstra kostnad	Energi sparring	Meknad A - bygg
Tiltak bygningsform						
Økning overflate yttervegger - Overflate / Volum	0,38	0,45	-0,6			Avvik med større overflate
Tiltak bygningsteknikk						
Lekkasjetall - n50	1,50	0,50	1,6			
Kuldebroverdi - W/m2 K	0,09	0,03	1,1			
Nye vinduer i snitt U verdi - W/m2 K	1,20	1,00	1,0			
Tiltak teknisk system						
Bedre varmegjenvinner	0,70	0,85	7,9			
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/ m3/s	2,00	1,50	2,3			
Elbruk belysning - W/m2	8,00	6,40	5,7			
Lokal kjøling utgår / reduseres	100%	Redusert	3,1			
Samlet energireduksjon			22,1			
Energi bruk utgangspunkt			106			
Energi bruk med etter energitiltak			83,9			
Lokal energiproduksjon			0,0			
Samlet levert energibruk			83,9			
Krav energiklasse A			84			

Tabell 7: Veiledende energitiltak for å oppnå hhv energikarakter A, dersom energiforsyningen er varmepumpe

Nybygg – fra energikarakter C til B med fjernvarme

I tabell 8, er vist et eksempel på bruk av tabellen for et gitt nybygg forsynt med energi fra fjernvarme, der man ønsker energikarakter B.

Med basis i tabell i vedlegg 1, er det valgt ut noen kostnadseffektive energitiltak. Det aktuelle bygget man vil gjøre en vurdering av, har større overflate enn grunnmodellen og det gir negativ effekt på energibesparelsen (her anslått til -2,8 kWh/m² år). Effekten

	Endring fra	Endring til	Energiklasse B	Ekstra kostnad	Energi sparring
Tiltak bygningsform					
Økning overflate yttervegger - Overflate / Volum	0,38	0,45	-2,8	●	●
Tiltak bygningsteknikk					
Lekkasjetall - n ₅₀	1,50	1,00	2,9	●●	●●
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,09	0,06	2,4	●●	●●
Nye vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	1,20	1,00	3,6	●●	●●
Tiltak teknisk system					
Bedre varmegjenvinner	0,70	0,80	15,3	●●	●●
Elbruk belysning - W/m ²	8,00	6,40	4,2	●●	●●
Lokal kjøling utgår / reduseres	100 %	Redusert	3,7	●●	●●
Samlet energireduksjon			29,3		
Energibruk utgangspunkt			146		
Energibruk med etter energitiltak			116,7		
Lokal energiproduksjon			0,0		
Samlet levert energibruk			116,7		
Krav energiklasse B			126		

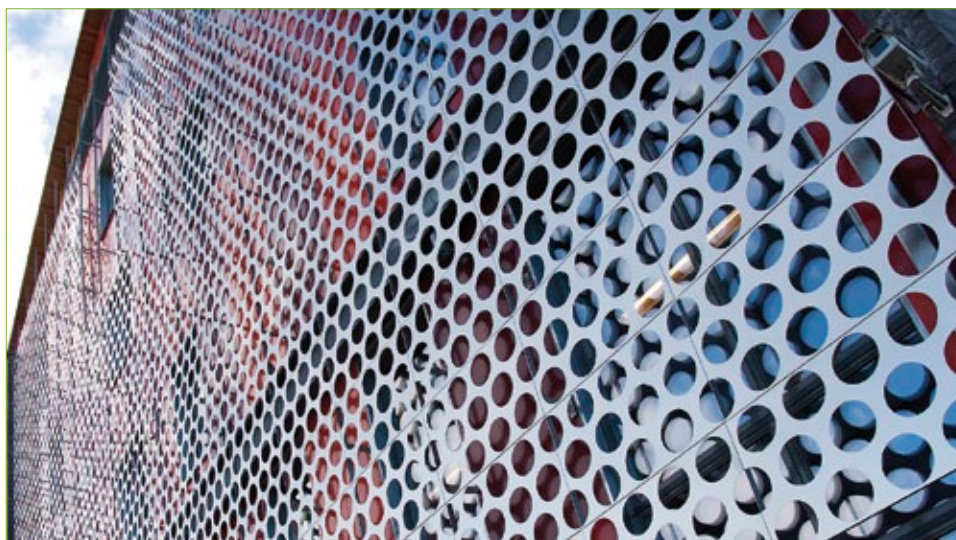
er summert (samlet energireduksjon=29,3 kWh/m² år). Fra tabell 5 hentes energibruk for TEK10 bygg og fjernvarme (146 kWh/m² år). Beregning av energibruk etter energitiltak (*energibruk utgangspunkt* minus *samlet energireduksjon* fra valgte tiltak) viser at energiklasse B kan oppnås ved bruk av kostnadseffektive tiltak alene.

Tabell B: Veiledende energitiltak for å oppnå energikarakter B for et TEK 10-bygg som ligger i et fjernvarme-område

Energiklasse B oppnås med god margin ved:

- Bedre lekkasjetall 1,0 n₅₀ verdi (lekkasjetallet er definert som antall luftvekslinger i timen ved 50 Pa trykkforskjell over klimaskjermen)
- Lavere kuldebroverdi, 0,06 W/m² K
- Bedre vinduer med U-verdi 1,0 W/m² k
- Bedre varmegjenvinnere, gjenvinning > 80%
- Belysningsstyring etter tilstedeværelse, 6,4 W/m²
- Bevisst vurdering av og begrenning av lokal kjøling

Konklusjonen er at det er liten merkostnad ved å endre målsetning fra C- til B-bygg, selv der bygget forsynes med fjernvarme.



NSB kompetansesenter i Drammen, Norges første ferdigstilte næringsbygg i energiklasse A. Bygget har en varmepumpe-løsning med ca 400 kW avgitt effekt som ivaretar byggets generelle varmebehov i kuldeperioder og kjølebehov i varmeperioder. Foto: Inge Trondsen

Nybygg – fra energikarakter C til A med fjernvarme

	Endring fra	Endring til	Energiklasse A	Ekstra kostnad	Energi sparring
Tiltak bygningsform					
Økning overflate yttervegger - Overflate / Volum	0,38	0,45	-2,8		
Reduksjon glassareal	19% af BRA	14% af BRA	5,1		
Tiltak bygningsteknikk					
Lekkasjetall - n ₅₀	1,50	0,50	5,9		
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,09	0,03	4,6		
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m ² K	0,18	0,12	1,4		
Nye vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	1,20	0,80	7,0		
Isolasjon / U- verdi tak - W/m ² K	0,13	0,09	1,2		
Tiltak teknisk system					
Bedre varmegjenvinner	0,70	0,85	22,0		
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/ m ³ /s	2,00	1,50	1,8		
Elbruk belysning - W/m ²	8,00	4,00	9,6		
Lokal kjøling utgår / reduseres	100 %	Ingen	7,3		
Samlet energireduksjon			63,2		
Energibruk utgangspunkt			146		
Energibruk etter energitiltak			82,8		
Lokal energiproduksjon			0,0		
Samlet levert energibruk			82,8		
Krav energiklasse A			84		

Tabell 9: Veiledende energitiltak for å oppnå energikarakter A for en TEK 10 bygning som er oppvarmet av fjernvarme

Overslag basert på erfaringer fra gjennomførte prosjekter, viser at det kreves forholdsvis kostbare tiltak å oppnå energikarakter A i bygg som forsynes med fjernvarme. Det kreves både byggetekniske tiltak og tiltak på teknisk system. I eksemplet er det vist at energiklasse A kan oppnås med:

- Lavt lekkasjetall, passivhusnivå $n_{50} = 0,5$
- Lavere kuldebroverdi, $0,03 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- Lave U-verdier i yttervegger, tak og golv, passivhusnivå
- Vinduer med lav U-verdi $0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, passivhusnivå
- Energieffektive varmegjenvinnere, 85 %
- Energieffektiv belysningsstyring etter dagslys og tilstedeværelse, $4,0 \text{ W/m}^2$
- Bevisst vurdering av og begrenning av lokal kjøling

Konklusjonen er at fjernvarmeforsynte bygg krever forholdsvis kostbare energitiltak både i forhold til byggteknikk og tekniske systemer, for å oppnå energiklasse A. Når et bygg med fjernvarme oppnår energikarakter A, vil det i hovedtrekk også tilfredsstillende krav til passivhus.

Eksempel: Beregning for rehabilitering

I et rehabiliteringsprosjekt er det ikke alltid opplagt å velge de samme energitiltakene som i et nybygg. Utfordringene er vanligvis større og det kreves en større investeringskostnad for å oppnå de ulike karakterene for eksisterende bygninger. Noen faktorer som påvirker er:

- Bygningsfysiske begrensninger
 - tekniske begrensninger for tilleggisolasjon
 - store investeringskostnader ved tilleggisolasjon
 - begrensninger fra Riksantikvar for verneverdige bygg for eksempel verneverdige vinduer hvor kun glasset kan endres

- Tekniske begrensninger
 - begrensninger i arealer og høyder
 - størrelsen på tekniske rom
 - interne varmebelastninger fra teknisk utstyr

Rehabilitering – med fjernvarme

Tabell 10 viser et eksempel på tiltak ved rehabilitering av et 1960-tallsbygg med fjernvarme, fra opprinnelig standard til energiklasse B.

	Endring fra	Endring til	Energiklasse B	Ekstra kostnad	Energi-sparring
Tiltak bygningsform					
Reduksjon glassareal	19% af BRA	16% af BRA	8,0	-	
Tiltak bygningsteknikk					
Lekkasjetall - n_{50}	2,50	1,00	14,4		
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m ² K	0,38	0,30	3,0		
Rehab vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	2,80	1,40	37,5		
Isolasjon dekke mot P kjeller - W/m ² K	1,00	0,25	33,3		
Isolasjon / U- verdi tak - W/m ² K	0,80	0,10	33,6		
Tiltak teknisk system					
Bedre varmegjenvinner	0,70	0,85	22,7		
Elbruk belysning - W/m ²	8,00	6,40	3,8		
Ventilasjonssystem CAV til VAV	CAV	VAV	14,0		
Lokal kjøling utgår / reduseres	Ingen	noget	-3,0		
Samlet energireduksjon			167,2		
Energibruk utgangspunkt			292		
Energibruk med etter energitiltak			124,8		
Lokal energiproduksjon			0,0		
Samlet levert energibruk			124,8		
Krav energiklasse B			126		

Eksempelen forutsetter at bygget er verneverdig, noe som gir klare begrensninger for hvilke endringer som kan gjennomføres med fasaden. Følgende forutsetninger gjelder:

- Bygningens form:
 - Glassareal er mindre en standard model ca. 16% av BRA. Besparelse for 19 – 14% fra tabell redusert relativt.
 - Bygget har optimal form som eksempelbygning.
- Bygningsteknikk:
 - Tetting av fasade er mulig å gjøre fra innsiden. Man vurderer at lekkasjetall 1,0 n_{50} kan nås.
 - Ingen mulighet for utvendig tilleggisolasjon av fasaden. Man vurderer at det med innvendig tilleggisolasjon kan oppnås U-verdi på 0,3 W/m² K.
 - Vinduer kan rehabiliteres med nytt glass, men det er ikke mulig å bytte vinduer/rammer/ karm. Man vurderer at man kan oppnå U-verdi på 1,4 W/m² K.
 - Tak kan tilleggisoleres. Oppnåelig U-verdi 0,1 W/m² K.
 - Dekke mot parkeringskjeller kan tilleggisoleres. Oppnåelig U-verdi 0,1 W/m² K.

Tabell 10: Veiledende energitiltak for å oppnå energikarakter B for fjernvarmeoppvarmet, verneverdig 1960-bygning

- Teknisk system:
 - Lokal kjøling er vurdert, det må etableres isvannkjøling i deler av bygget med store interne varmebelastninger.
 - Effektiv belysning er mulig i store områder av bygget, men i verneverdige områder kan man ikke skifte ut eksisterende belysning. Man vurderer at det kan oppnås en effekt på 6.4 W/m² i snitt for hele bygget.
 - Ventilasjonsanlegget byttes til et nytt energieffektivt system, med varmegjenvinning på 85 prosent.
 - Man må forvente krav til litt større luftmengder som følge av inneklimakrav, derfor vurderes besparelspotensialet fra CAV til VAV å være mindre enn standardtallene. Man vurderer at det kan oppnås 70 prosent besparelse av standard potensial.
- Energiforsyning fjernvarme

Tabell 10 viser et overslag over mulig samlet reduksjon i energibruk, dersom tiltakene som er beskrevet ovenfor gjennomføres. Tallene er tatt fra nøkkeltall i vedlegg 3, modell 1960.

Tabellen viser at det skal være mulig å oppnå energikarakteren B uten store ekstrakostnader ved rehabilitering av et kontorbygg fra 1960. Det vil være teknisk vanskelig å oppnå en vesentlig lavere energibruk dersom energiforsyningen er fjernvarme og bygget er verneverdig. Dersom fasaden kan skiftes, er det derimot mulig.

Tabell 11: Veiledende energitiltak for å oppnå energikarakter A for en verneverdig 1960-bygning med lokal energiproduksjon (varmepumpe og solenergi).

Rehabilitering – fra energikarakter C til A med varmepumpe

Tabell 11 viser eksempel på tiltak i blått som vil gi energiklasse B og tiltak i orange som vil gi energiklasse A. Det er også etablert lokal energiproduksjon, solceller for elproduksjon og solvarme for energi til varmt tappevann for å oppnå energiklasse A.

	Endring fra	Endring til	Energiklasse B Varmepumpe kWh/m ²	Energiklasse A Varmepumpe kWh/m ²	Ekstra kostnad	Energi sparing
Tiltak bygningsform						
Reduksjon glassareal	19% af BRA	14% af BRA	5,0	5,0		
Tiltak bygningsteknikk						
Lekkasjetall - n ₅₀	2,50	1,00	5,3	5,3		
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m2 K	0,38	0,30		1,1		
Rehab vinduer i snitt U verdi - W/m2 K	2,80	1,40	13,9	13,9		
Isolasjon dekke mot P kjeller - W/m2 K	1,00	0,25		12,3		
Isolasjon / U- verdi tak - W/m2 K	0,80	0,10	12,4	12,4		
Tiltak teknisk system						
Bedre varmegjenvinner	0,70	0,80	5,9			
Bedre varmegjenvinner	0,70	0,85		8,5		
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/ m3/s	3,00	1,50		6,9		
Elbruk belysning - W/m2	8,00	6,40	3,5	3,5		
Ventilasjonssystem CAV til VAV	CAV	VAV		11,5		
Lokal kjøling utgår / reduseres	Ingen	Ingen	-5,0	-5,0	-	-
Samlet energireduksjon			40,9	75,3		
Energibruk utgangspunkt			164,0	164		
Energibruk med etter energitiltak			123,1	88,7		
Lokal energiproduksjon - solceller (el) - solvarme (varmt tappevann)			0,0	5,0		
Samlet levert energibruk			123,1	83,7		
Krav energiklasse B / A			126,0	84		

Eksempelbygget oppnår så vidt energikarakter A. I praksis må man ha større margin som sikkerhet for at anslaget kan realiseres i det aktuelle bygget. Det er ingen enkel oppgave å realisere et så stort energikutt for et bygg fra denne perioden når det foreligger vernehensyn. Beregningen viser også at det er nødvendig å supplere med lokal energiproduksjon for å oppnå beste energikarakter i slike rehabiliteringsprosjekter. Dersom det ikke foreligger vernehensyn og det er mulig å rehabilitere til mer energieffektive fasader og vinduer, vil energimerke A kunne nås uten ekstra energiforsyning.

Gjennomgang av ulike energitiltak

Viktige energitiltak og deres energisparepotensiale

For å oppnå lavt energibehov, teoretisk som reelt, kreves en nyansert designstrategi og prosess. Lavt energibehov skal sammentenkes med behovet for godt termisk inneklima, gode dagslysforhold og lavest mulige kostnader.

I det foregående kapittelet og i tabellene i vedlegg, er det beregnet energisparepotensiale for en rekke energitiltak. Overordnet kan tiltakene fordeles på fire strategier som går fra det generelle prosessuelle til det mer tekniske.

Figur 4: Overordnede strategier for energi rehabilitering av bygg, med anslått sparepotensiale for de ulike strategiene

Hva er målet	Sette målsetting Miljøprogram Kravspesifikasjon Tverrfaglighet	Bygningsform Fasader Reduser kjøling – oppvarming	Bygningsteknikk Optimer teknikk Enkelt design	Teknisk system Optimer tekniske løsninger Rasjonell bruk
Hvilken strategi kan anvendes	Velge energiambisjon	- Overflate på bygg - Vindusareal - Solskjerming - Optimer dagslystilgang - Optimer passive egenskaper	- Lekkasjetall - Kuldebroverdi - Isolasjon – yttervegger – dekke - tak - U-verdi vinduer	- Varmegjenvinner - Elbruk ventilasjon - Elbruk belysning - Behovsstyring – ventilasjon - Reduser kjøling - Elbruk teknisk utstyr - Energiproduksjon på bygget - Strategi for kjøling
Hvor mye kan spares	Utgangspunkt er avhengig av bygningens alder	0-25 %	TEK 10: 0-15 % 90 bygg: 0-25 % 60 bygg: 0-50 % 30 bygg: 0-50 %	TEK 10: 0-30 % 90 bygg: 0-40 % 60 bygg: 0-20 % 30 bygg: 0-20 %

Avhengig av byggtipe har de enkelte strategiene ulik energisparepotensiale. Generelt gjelder at:

- bygningsform gir energibesparelse for alle byggtyper
- rehabilitering av eldre bygg får størst besparelser gjennom bygningstekniske tiltak
- rehabilitering av nyere bygg og nybygging får størst besparelse gjennom optimering av tekniske systemer, da forskriftskrav gir en relativt god bygningskropp i utgangspunktet

Sette målsetting – energiambisjon

Generelt er det viktig at alle prosjekter bygger på et gjennomarbeidet kvalitetsprogram der alle målsetninger og krav er diskutert og omforent i prosjektgruppen. Det vises til vedlegg 7 og Grønn Byggallianses mal for kvalitetsprogram og kravspesifikasjon /10/ og /11/.



Bygningstekniske tiltak

Bygningsform

Nybygging gir størst muligheter for å bruke formmessige virkemidler, men det er også mulig i rehabiliteringsprosjekter.

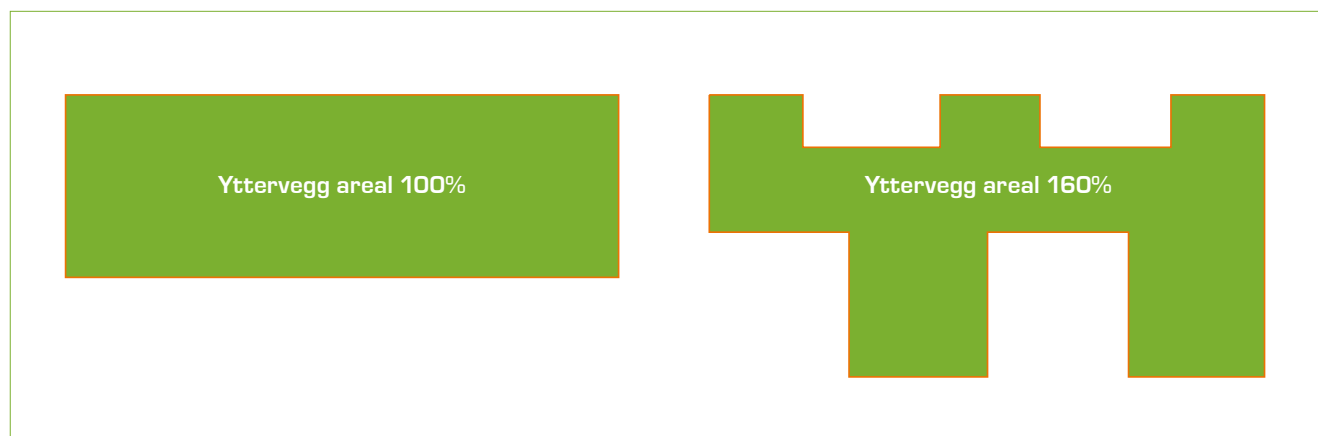
Viktige formmessige virkemidler er:

- optimering av glassareal ut fra mål om lavt energibruk og gode dagslysforhold
- minimering av overflate for å redusere varmetap på vinteren
- minimering av overflate for å forenkle sammenføyninger som gjør det lettere å oppnå god lufttetthet og lav kuldebroverdi
- riktig orientering av bygget

Overflate på bygget

I modellberegningene er det forutsatt en forholdsvis optimal form/overflate på bygget. I alminnelige byggeprosjekter avviker gjerne formen fra dette, på grunn av byggetomt, arkitektoniske grep mm.

For å vise konsekvensen av dette, er det for de ulike bygningene beregnet hvor mye det betyr at overflaten økes med ca. 60%, se tabell 12.



Tiltak	TEK 10	Modell 90	Modell 60	Modell 30
Økning overflate yttervegg	2,8 kWh/ m ² år	7,3 kWh/ m ² år	10,2 kWh/ m ² år	30,2 kWh/ m ² år

Tabell 12: Endring i energibruk (levert energi for fjernvarme) ved 60% økt overflate på yttervegg.

I beregningene er ikke medtatt elbruk til kunstig belysning, som trolig vil reduseres ved større yttervegsareal og dermed bedre dagslystilgang. For TEK 10-modellen kan bedre dagslys føre til en like stor energibesparelse som varmetapet, og dermed resultere i samme energibruk for stor og liten overflate.

Tabellen viser:

- økt overflate har større betydning for eldre bygg med dårlig isoleringsgrad
- økt overflate gir også noe økt energibruk for TEK10-bygg, men ikke mer enn at det kan balanseres av mindre energibruk til belysning hvis det arbeides bevisst med dagslys i design av bygget

Det er mulig å redusere overflaten og dermed energibruken i rehabiliteringsprosjekter ved å ”fortette bygget”. Et eksempel på dette er Skatteetatens kontorbygg på Helsefyr, som beskrives i kapittel 4.

Vindusareal

I modellberegningene er det forutsatt et vindusareal på 19% av BRA (bruttoareal). Konsekvenser for energibruk med mindre eller større vindusarealer er vist i tabell 13.

Tabell 13: Endring energibruk (levert energi for fjernvarme) ved redusert/økt vindusareal i forhold til vindusareal på 19% av BRA

Tiltak	TEK 10	Model 90	Model 60	Model 30
Vindusareal 14% av BRA	-5,1 kWh/ m ² år	-7,7 kWh/ m ² år	-13,5 kWh/ m ² år	-8,6 kWh/ m ² år
Vindusareal 24% av BRA	6,9 kWh/ m ² år	8,2 kWh/ m ² år	13,7 kWh/ m ² år	8,6 kWh/ m ² år

Negativ verdi viser en energibesparelse. I ovenstående energiberegninger, er forutsatt samme U-verdi på vindu, både før og etter endring i areal, for å vise hva vindusarealet betyr alene. Dette er i praksis ikke tillatt i henhold til TEK 10. TEK 10 har et øvre tak på mulig glassareal definert som produkt av "vindusareal av BRA x U-verdi for vindu". Dette produktet skal være mindre enn 0,24.

Det betyr i praksis at dersom U-verdi på vinduene er 1.2 W/m² K, skal vindusarealet være mindre enn 20% av BRA ($0,24 = 1,2 \times 0,20$), og dersom der velges vindusareal på 24% av BRA, skal U-verdi for vindu være mindre eller lik 1,0 W/m² K ($0,24 = 1,0 \times 0,24$).

Dersom det etableres lysstyring, vil økt glassareal gi redusert behov for kunstlys og dermed redusert energibruk til belysning. Det er ikke innregnet i beregningene.

Solskjermning

I modellberegningene er det forutsatt en fast samlet total solskjermning for glass og persienne på 0,1, eller med andre ord at innstrålt varme reduseres til 10% av varmen på utvendig overflate på glasset.

Effektiv solskjermning gir redusert energibehov til kjøling og økt energibehov til oppvarming for alle bygningstyper, som følge av redusert energitilskudd fra solen. Netto vil velisolerte bygg, som har tilstrekkelig kjølekapasitet til å opprettholde tilfredsstillende romtemperatur, få redusert energibehov ved god solskjermning. Dårlig isolerte bygg har større behov for soltilskudd (kan nyttigørre en større andel), og vil derfor ikke nødvendigvis få lavere energibehov ved dårligere solskjermning. Slike bygg vil dog ofte da ha for høye romtemperaturer og dermed dårlig innneklima. Effekten for eksemplebyggene er vist i tabell 14.

Tabell 14: Endring i energibruk (levert energi for fjernvarme) når total solskjermning endres fra 0,35 til 0,1

Tiltak	TEK 10	Modell 90	Modell 60	Modell 30
Bedret total solskjermning fra 0,35 til 0,1	Ikke relevant pga. TEK 10 krav til utvendig solskjermning	- 0,6 kWh/ m ² år	8,8 kWh/ m ² år	9,7 kWh/ m ² år

Endringen i energibruk er sammensatt av et økt energibehov til oppvarming, som følge av mindre tilskudd fra solvarme, og økt energibruk til lokal kjøling. For modell 90 er besparelsen på kjøling større enn økt energibruk til oppvarming og tiltaket gir en netto besparelse. Modell 60 og 30 har ikke lokal kjøling og energibehovet reduseres derfor ikke, men økes på grunn av redusert tilskudd fra passiv solvarme.

TEK 10 krever at solutsatte fasader skal ha solskjermning, og at samlet solfaktor skal være mindre enn 0,15 på solbelastet fasade. En slik samlet solfaktor kan nås med utvendig solskjermning med markise eller persienne, uten bekostning av lystransmittansen i glasset.

Med en hensiktsmessig styring av persiener kan effekt på oppvarming reduseres vesentlig, og samlet besparelse vil dermed øke.

Bygningsteknikk

Tetthet – lekkasjetall

Lekkasjetall eller tetthet er et mål for hvor tett bygningskonstruksjonen er. Tetthet oppgis i antall luftskifte ved spesifikk trykksetting av bygget med over- og undertrykk på 50 Pascal (50 Pa). Norsk standard NS-EN 13829 /20/ angir metode for måling av tetthet i bygg. Vanligvis brukes "Blower Door" testmetoden, som vist på figur 5.

TEK 10 krever en tetthet på 1,5 h-1 og passivhuskriterier en tetthet på 0,6 h-1. Resultater fra en rekke prosjekter i utlandet og i Norge viser at dette er realistiske krav.

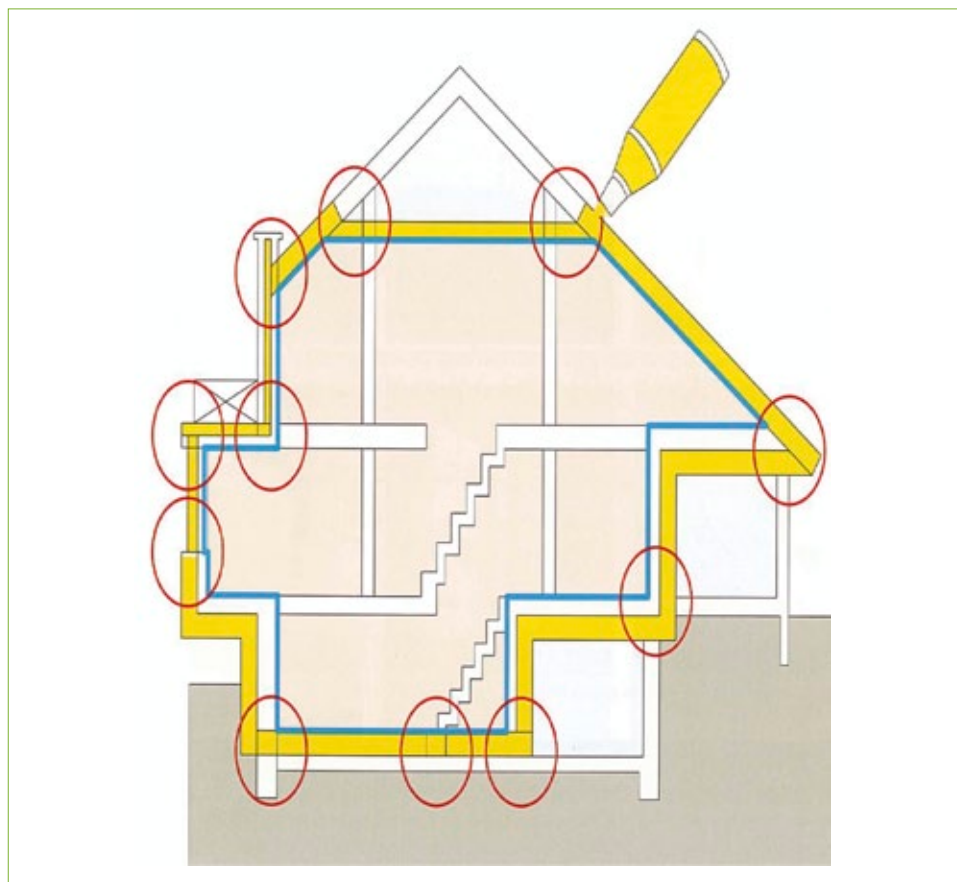
I modellberegningene er det forutsatt at bygget overholder krav i TEK 10. Energibesparelse for bedre tetthet på hhv 1,0 og 0,5 h-1, er vist i tabellen under.

Tiltak	TEK 10	Model 90	Model 60	Model 30
Lekkasjetall endret fra 1,5 til 1,0	-2,9 kWh/ m ² år	-8,7 kWh/ m ² år	-14,4 kWh/ m ² år	-29,2 kWh/ m ² år
Lekkasjetall endret fra 1,5 til 0,5	-5,9 kWh/ m ² år	-13,0 kWh/ m ² år	-19,3 kWh/ m ² år	-34,1 kWh/ m ² år

Bedre tetting gir vesentlige besparelser. Dersom man har fokus på tetthet fra starten av, er det også et rimelig tiltak.

Viktige retningslinjer for en lufttett klimaskjerm:

1. Det må være ett gjennomgående tetteskikt. Utettheter kan IKKE tettes med ekstra isolasjon utenpå eller bak det gjennomgående laget.
2. Det er fornuftig å plassere det lufttette laget på innvendig side av isolasjonen. Lufttette lag har normalt en forhøyet diffusjonsmotstand, og virker derfor også som dampbrems.
3. Når det lufttette laget ligger riktig, skal man populært sagt på en snittegning kunne tegne en strek hele veien langs klimaskjermen uten at pennen løftes fra papiret. Se figur 6.



Figur 5: Tetthet måling i bygg med "Blower door" utstyr /9/

Tabell 15: Endring i energibruk (levert energi for fjernvarme) ved forbedring av tetthet fra 1,5 til henholdsvis 1,0 og 0,5 luftvekslinger pr. time

Figur 6: Prinsipp for plassering av lufttetting, og kritiske detaljer /9/

Viktige detaljer for høy lufttetthet:

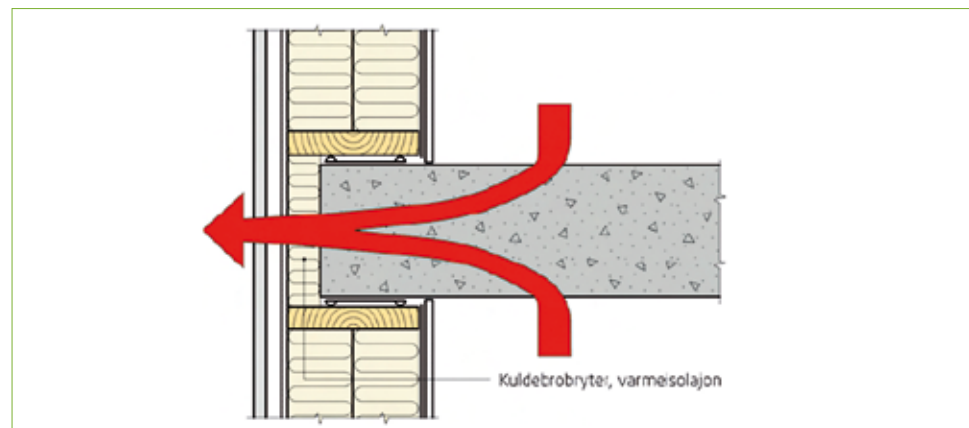
- Prosjektér enkle bygningsdetaljer
- Minimer antall og lengde på sammenføyninger
- Bruk retningslinjer/prinsipper gitt i Byggedetaljblad, se eks. Byggforsk - 523.255 *Bindingsverk av tre. Varmeisolering og tetting /15/*
- Der skal brukes overlappende lag, som tapes med sterk og bestandig tape
- Kontroller konstruksjonstegninger, lag detaljerte skisser av sammenføyninger og vurder arbeidets utførelse
- Avstem materialer og sammenføyninger
- Bryt klimaskjermen minst mulig
- Bruk standard tettemansjetter i alle gjennomføringer

Kuldebroverdier

En kuldebro er en del av klimaskjermen der varmemotstanden endres betydelig av en eller flere av følgende forhold:

- Klimaskjermen gjennomtrenges helt eller delvis av materialer med en dårligere isolasjonsverdi. Et eksempel på dette er der et etasjeskille møter en yttervegg, se figur 7.
- Forskjellig materialtykkelse på isolasjon på ytterveggen.
- Vindu montert i fasaden gir lavere isolasjonsverdi i sammenføyningen
- Overgangen mellom yttervegg, grunnmur og dekke mot grunn har dårlig isolasjonsverdi
- Forskjell mellom arealet på innvendige og utvendige overflater (geometrisk kuldebro), typisk i skjæringspunkter mellom konstruksjonsdeler, som ved hjørner og der vegg møter golv eller tak.

Figur 7: Eksempel på kuldebro der klimaskjermen gjennomtrenges av materialer med lavere isolasjonsverdi /B/



Å utbedre kuldebroer etter at bygget er ferdig, koster langt mer enn å ta hensyn til dem allerede i prosjekteringsfasen. Når man har fokus på kuldebroer tidlig, er dette et tiltak som vanligvis kan nås med liten eller ingen merkostnad.

I NS 3031 omregnes den samlede lengde kuldebroer til en normalisert kuldebroverdi, " Ψ ", som er summen av varmetapet fra alle kuldebroene, dividert med oppvarmet bruksareal.

Typisk kuldebroverdi for bygg er:

- TEK 10 $0,05 - 0,09 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- Lavenerginiivå/ passivhusnivå $0,03 - 0,05 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

I modellberegningene er det forutsatt en kuldebroverdi svarende til den periode de ulike byggene er bygd, med andre ord er utgangspunktet forskjellig for de forskjellige modellene.

I modellberegningene er det forutsatt en kuldebroverdi tilsvarende den periode de ulike byggene er bygd. Med andre ord er utgangspunktet forskjellig for de forskjellige modellene.

Tiltak	TEK 10 (start verdi 0,09)	Modell 90 (start verdi 0,12)	Modell 60 (start verdi 0,15)	Modell 30 (Start verdi 0,15)
Kuldebroverdi endret til 0,09 W/m ² K	-	-3,4 kWh/ m ² år	-6,7 kWh/ m ² år	-6,9 kWh/ m ² år
Kuldebroverdi endret til 0,06 W/m ² K	-2,4 kWh/ m ² år	-6,9 kWh/ m ² år	-10,1 kWh/ m ² år	-10,5 kWh/ m ² år
Kuldebroverdi endret til 0,03 W/m ² K	-4,6 kWh/ m ² år	-10,3 kWh/ m ² år	-13,5 kWh/ m ² år	-14,0 kWh/ m ² år

Tabell 16: Endring i energibruk (levert energi for fjernvarme) ved forbedring av kuldebroverdi fra startverdi til hhv 0,09, 0,06 og 0,03 W/m² K

Isolasjon av yttervegger, dekker og tak

Krav til isolasjon i TEK10 er strenge. For nye kontorbygg gir isolasjon ut over dagens forskriftskrav en relativt liten besparelse i forhold til besparelsen som kan oppnås gjennom andre tiltak.

Ved rehabilitering har etterisolering derimot stor effekt og andre tiltak har ofte liten effekt før bygget er etterisolert til TEK10 nivå. For eksempel er besparelsen ved et effektivt lysanlegg i et dårligt isolert bygg nær 0, fordi all energibruk til lys kan nyttiggjøres til oppvarming store deler av året.

I modellberegningene er det forutsatt U-verdier som er typisk for den perioden modellbygget er bygget.

Tabell 17, viser mulig reduksjon i energibruk ved forbedring av U-verdi for yttervegger. Tilsvarende besparelser for bedret U-verdi for tak og dekker, er vist i vedlegg 1-4.

Tiltak	TEK 10 (startverdi 0,18)	Model 90 (startverdi 0,28)	Model 60 (startverdi 0,38)	Model 30 (startverdi 1,0)
U – verdi forbedret til 0,3 W/m ² K	-	-	-3,0 kWh/ m ² år	-32,8 kWh/ m ² år
U – verdi forbedret til 0,18 W/m ² K	-	-3,7 kWh/ m ² år	-7,4 kWh/ m ² år	-37,5 kWh/ m ² år
U – verdi forbedret til 0,12 W/m ² K	-1,4 kWh/ m ² år	-5,8 kWh/ m ² år	-9,5 kWh/ m ² år	-40,0 kWh/ m ² år

Tabell 17: Endring i energibruk (levert energi for fjernvarme) ved bedret ytterveggs isolasjon fra startverdi til U-verdi på hhv 0,3, 0,18 og 0,12 W/m² K.

Det er vanskelig å gi noen generelle føringer på fornuftig strategi for etterisolering ved rehabilitering. Eksisterende konstruksjon og eventuelle vernekrav har stor betydning, og det må gjøres en spesifikk vurdering i hvert enkelt tilfelle.

Vinduer – rehabilitering/nye

I modellberegningene er det forutsatt U-verdier som er typisk for den perioden modellbygget er bygget.

Tabell 18, viser mulig reduksjon i energibruk ved forbedring av U-verdi for vinduer.

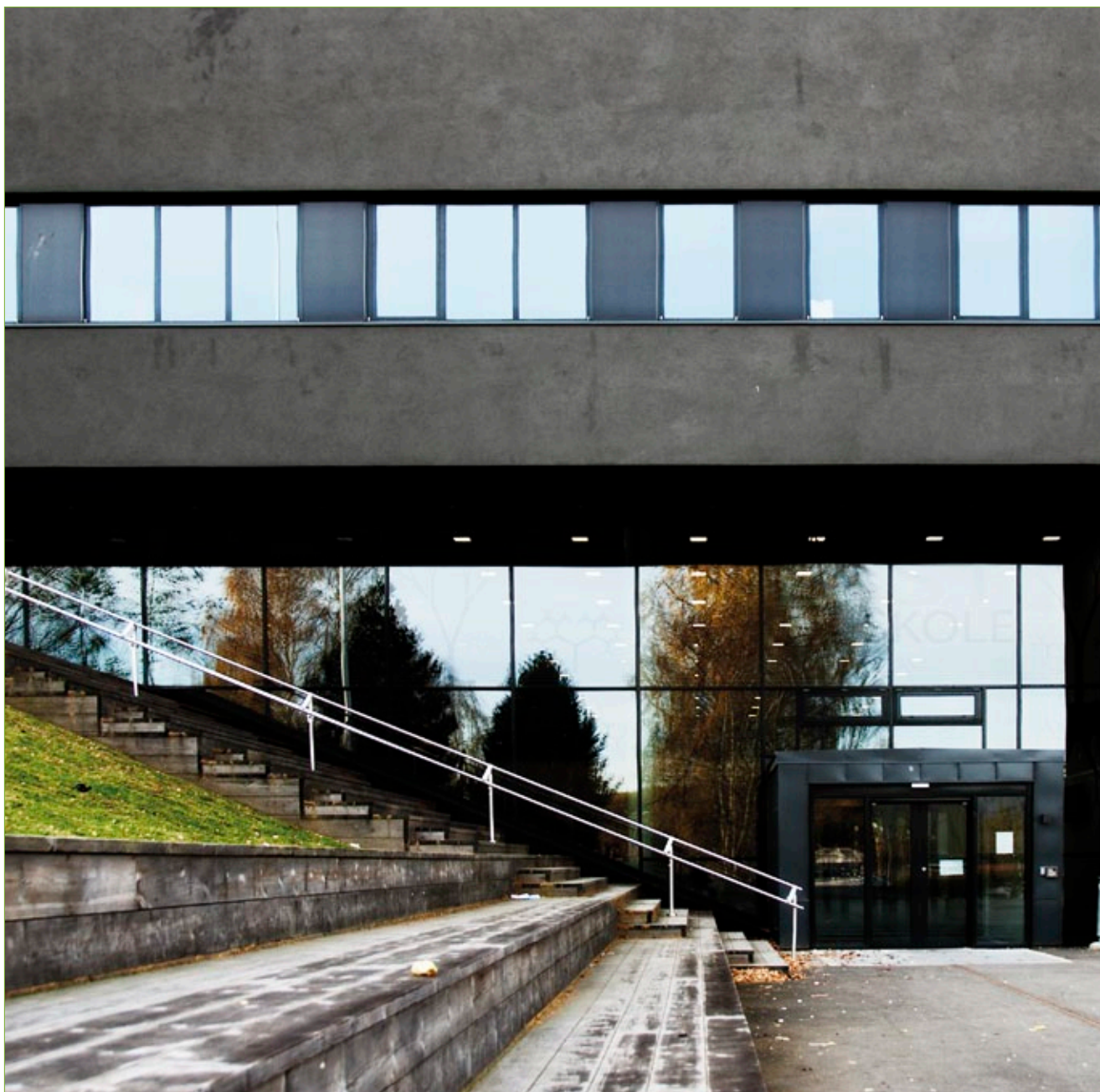
Tabell 18: Endring i energibruk (levert energi for fjernvarme) ved bedret U-verdi på vindu fra startverdi til U-verdi på hhv 1,4, 1,0 og 0,8 W/m² K. U-verdi gjelder glass inkl. ramme og karm

Tiltak	TEK 10 (startverdi 1,2)	Model 90 (startverdi 1,8)	Model 60 (startverdi 2,8)	Model 30 (startverdi 2,8)
U – verdi forbedret til 1,4 W/m ² K	-	- 9,8 kWh/ m ² år	-37,5 kWh/ m ² år	-38,0 kWh/ m ² år
U – verdi forbedret til 1,0 W/m ² K	-3,6 kWh/ m ² år	-19,3 kWh/ m ² år	-47,9 kWh/ m ² år	-48,8 kWh/ m ² år
U – verdi forbedret til 0,8 W/m ² K	-7,0 kWh/ m ² år	-24,1 kWh/ m ² år	-53,1 kWh/ m ² år	-54,2 kWh/ m ² år

For alle modellene oppnås vesentlige energireduksjoner med gode vinduer. Per i dag er det liten ekstra kostnad å velge vinduer med U-verdi på 1,0 W/m² K, i stedet for forskriftskrav på 1,2, og dette bør alltid være en målsetning.

Vanligvis er U-verdi for rammen høyere enn U-verdi for glasset og generelt er det derfor enklere å nå en lav U-verdi ved større vindusfelt enn små.

Gode vinduer: Marienlyst skole er den første skolen i Norge med passivhus-standard. Foto: Inge Trondsen



Tekniske systemer

Varmegjenvinning på ventilasjon

Effektiv varmegjenvinner på ventilasjonsanlegget er et tiltak med stor energibesparelse for alle bygningstypene.

I tabellen under er det beregnet effekt av å bedre varmegjenvinning fra vanlig min. gjenvinning på 70 % varmegjenvinning til henholdsvis 80% og 85% varmegjenvinning.

Tiltak	TEK 10	Modell 90	Modell 60	Modell 30
Varmegjenvinning 80%	-15,3 kWh/ m ² år	-15,1 kWh/ m ² år	-15,7 kWh/ m ² år	-15,4 kWh/ m ² år
Varmegjenvinning 85%	-22 kWh/ m ² år	-22 kWh/ m ² år	-22,7 kWh/ m ² år	-22,6 kWh/ m ² år

Tabell 19: Endring i energibruk (levert energi for fjernvarme) ved forbedret varmegjenvinning fra 70 % til hhv 80 % og 85 %. Alle bygg typer har samme ventilasjonsluftmengde

Høy gjenvinningsgrad oppnås ved å velge roterende varmegjenvinner eller motstrømsvekslere og et større aggregat, typisk en størrelse større enn vanlig.

Større aggregat gir større varmeoverføringsevne mellom avkast- og inntaksluft og dermed bedre varmegjenvinning. Et større aggregat medfører som regel ikke store merkostnader i seg selv. Utfordringen er ofte å få plass til større aggregat i teknisk rom, ikke minst i rehabiliteringsprosjekter, men det bør likevel tilstrebes, da besparelsen er vesentlig.

Elbruk ventilasjon

Elbruk til vifter angis normalt med faktoren SFP (specific fan power), og høy verdi betyr høyt elforbruk. Enkelt sagt er SFP-verdi et mål for hvor mye energi som går med til å transportere luft rundt i ventilasjonssystemet fra inntak til avkast.

TEK 10 har krav til SFP på maks 2,0 kW/ m³/s, men ventilasjonsanlegg i eldre bygg ofte har vesentlige dårligere SFP, ofte rundt 3,0. Det er derfor som regel større energipotensial i å bedre SFP-faktor i rehabiliteringsprosjekter enn i nybygg.

Lav SFP oppnås ved å ha fokus på dette både i forhold til valg av aggregat (60 -80 % av energitapet ligger i aggregat og teknisk rom), og ved dimensjonering av kanalsystem. Det er et mål å redusere motstand i aggregat og kanaler. I praksis betyr dette romslige tekniske rom (for å få plass til større aggregat, og for å sikre optimale kanalføringer for lavt trykktap), romslige aggregater (som også gir god varmegjenvinning) og romslige føringsveier med få bøyninger og bend, i loddrette sjakter og i vannrette føringer i de enkelte planene.

Med enkle tekniske grep er det mulig å nå SFP faktorer rundt 1,5. Lavere SFP faktorer krever fokus på dette i den samlede design av bygget;

- romslige tekniske rom
- fokus på trykktap ved tilretteleggelse av føringer i tekniske rom
- kortest mulige føringer
- føringer uten for mange retningsendringer, innsnevringer mm
- god plass til kanaler
- hybrid ventilasjon

Effekt ved optimering av SFP faktor er vist i tabell 20.

Tiltak	TEK 10 (startverdi 2,0)	Modell 90 (startverdi 3,0)	Modell 60 (startverdi 3,0)	Modell 30 (startverdi 3,0)
SFP faktor endret til 2,0 kW/m ³ /s	-	-3,5 kWh/ m ² år	-3,7 kWh/ m ² år	-3,5 kWh/ m ² år
SFP faktor endret til 1,5 kW/m ³ /s	-1,8 kWh/ m ² år	-5,2 kWh/ m ² år	-5,4 kWh/ m ² år	-5,3 kWh/ m ² år

Tabell 20: Endring i energibruk (levert energi for fjernvarme) ved forbedret SFP faktor på ventilasjonsanlegg. SFP faktor er forbedret til hhv 2,0 og 1,5

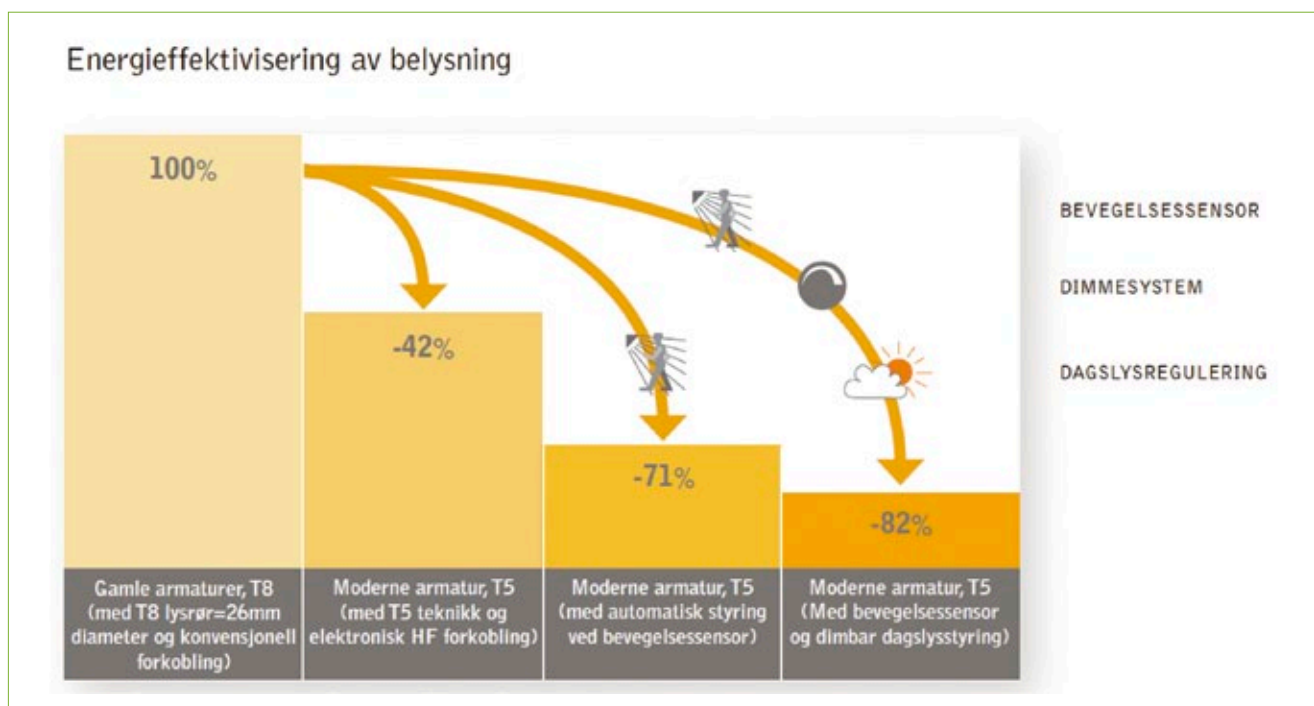
Elbruk belysning

Det brukes i utgangspunktet faste verdier i NS 3031-beregninger for elbruk til belysning. Verdien er pt. effektbruk på 8 W/m^2 , tilsvarende en årlig elbruk på $25 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$. Dersom det benyttes dagslysstyring eller styringssystem basert på tilstedeværelse, åpner NS 3031 for å redusere dette energibruket med 20% /2/.

NS 3031 åpner også for lavere prosjektspesifikke verdier, men da må det dokumenteres via en LENI beregning etter NS – EN 15193.

Fire strategier for å oppnå lavere energibruk til belysning, såvel beregningsmessig som i reell bruk, er:

1. Still energikrav til belysningsanlegget. I praksis betyr det å redusere krav fra 500 lux på alle flater som er vanlig praksis i dag, til et krav på 300 lux generelt, og 500 lux på arbeidsplassen. Dette vil i tillegg gi mere nyansert belysning, og er i samsvar med anbefalinger fra Norsk Lyskultur.
2. Velg energieffektivt belysningsanlegg. Moderne armaturer med T5-teknikk og elektronisk forkoblingsutstyr er mer enn 50% mer energieffektivt enn eldre varianter (T8) og det ligger stort sparepotensiale i å skifte ut gammelt anlegg.
3. Soning av belysningsanlegg i fornuftige soner, som muliggjør effektiv utnyttelse av tilstedeværelsesstyring og dagslysdimming.
4. God dagslystilgang på alle arbeidsplasser, som muliggjør en effektiv dagslysdimming.



Figur 8: Reell effekt av ulike tiltak på belysning/16/

Erfaringer fra prosjekter viser at det er fullt mulig å komme ned på omkring 50 % av den faste verdien i NS3031.

Tabell 21 viser beregningsmessig effekt av at effektforbruket til belysning endres fra 8 W/m^2 til henholdsvis 6.4 og $4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Tabell 21: Endring i energibruk (levert energi for fjernvarme) ved forbedret lysanlegg

Tiltak	TEK 10 (startverdi 8 W/m^2)	Modell 90 (startverdi 12 W/m^2)	Modell 60 (startverdi 12 W/m^2)	Modell 30 (startverdi 12 W/m^2)
Effekt belysning endret fra startverdi til $6.4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	$-4,2 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$	$-7,8 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$	$-3,8 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$	$-3,2 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$
Effekt belysning endret fra startverdi til $4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$	$-9,6 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$	$-9,9 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$	$-5,0 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$	$-4,1 \text{ kWh/m}^2 \text{ år}$

For eldre bygg er det forutsatt at de i utgangspunktet bruker mer energi til belysning, men til tross for dette, oppnår de ikke en vesentlig større besparelse enn nybygg. Dette henger sammen bygningenes generelle isoleringsgrad. For eldre bygg med dårligere U-verdier på vegger og tak, vil en større del av varmen fra belysningen kunne nyttiggjøres til oppvarming, og det oppnås derfor ikke fullt utslag for besparelsen. Det er derfor best å investere i effektive lysanlegg etter at det er gjort tiltak for at redusere byggets varmetap.

Ventilasjon fra CAV til VAV

Kontorbygg har generelt store variasjoner i luftbehov over dagen og året. Behovsregulering av ventilasjonsluftmengder vil kunne gi store energibesparelser, både beregningsmessig og reelt. Det krever en endring av ventilasjonsprinsipp fra konstant luftmengde CAV (Constant Air Volume) til variabel luftmengde VAV (Variable Air Volume).

For å få en god sammenheng mellom beregnede og reelle besparelser, er det viktig å gjøre en beregning som så langt som mulig tilsvarende byggets reelle drift. Det vil i praksis si en soning av bygget med en detaljering som tar høyde for områder med ulike driftstider, belastninger mm. Der det ikke er mulig kan man regne med standard reduserte luftmengder for VAV-anlegget, i henhold til regler i NS 3031/4/.

Tiltak	TEK 10	Modell 90	Modell 60	Modell 30
Endring ventilasjonsprinsipp VAV til CAV	-	-60,8 kWh/ m ² år	-20 kWh/ m ² år	-20,6 kWh/ m ² år

Tabell 22: Endring i energibruk (levert energi for fjernvarme) ved endring av ventilasjonsprinsipp fra CAV til VAV

For 1990-bygget er utgangspunktet for beregningen et CAV anlegg med konstant luftmengde på 12 m³/m² h, mens det for 1960- og 1930-bygget er et anlegg med luftmengde på 7 m³/m² h.

Der oppnås derfor større besparelser for 90-modellen. For TEK 10 bygg, er i det forutsatt VAV i utgangspunktet.

Hvis man rehabiliterer fra CAV til VAV, vil man høyst sannsynlig også forbedre varmegjenvinner fra virkningsgrad på 60% til minst 70%. Dette er derfor også regnet inn i besparelsen i tabellen over.

I VAV- løsningen varierer luftmengden mellom 7 og 12 m³/m² h.

Lokal kjøling

Lokal kjøling er vanligvis energidrivende for bygg, og man kan ofte se en sammenheng mellom stor kjølekapasitet og stort reelt energibehov til kjøling. Det økte energibehovet kommer også fram i energiberegningene, dog nominelt mindre, da forbruket reduseres med en faktor 2,4 (svarende til samlet systemvirkningsgraden for kjøling)/2/ når der omregnes fra netto til levert energi.

Det anbefales generelt å være kritisk til behovet for spesielt lokalkjøling, og som utgangspunkt aldri velge dette som et generelt prinsipp, men installere der det er særlige kjølebehov.

Ønskes det et A-bygg, er det ekstra viktig å kritisk vurdere hvor det er behov for lokalkjøling, og hvor luftbåren kjøling via ventilasjonsluft er tilstrekkelig.

Velges det en design med et vindusareal omkring 40 % av fasadearealet og en fornøftig utvendig solskjerming, kan komfortkrav vanligvis overholdes uten bruk av lokal kjøling. Aksept av større temperaturglidninger bør vurderes. Dersom det aksepteres inntil 80 timer i året med temperaturer over 26 °C, vil alle behov for kjøletiltak kunne reduseres vesentlig. I praksis vil ikke dette redusere komforten da disse timene i hovedsak faller i juli etter kl. 17.

I tabell 23, vises effekten ved å fjerne lokal kjøling. For 60-tallsbygg og 30-tallsbygg er det i utgangspunkt forutsatt at bygget ikke har lokal kjøling, og besparelsen er derfor 0.

Tiltak	TEK 10	Modell 90	Modell 60	Modell 30
Lokal kjøling utgår i hele bygget	-7,3 kWh/ m ² år	-3,6 kWh/ m ² år	0 kWh/ m ² år	0 kWh/ m ² år

Tabell 23: Endring i energibruk (levert energi for fjernvarme) når lokal kjøling utgår

Prosjekteksempler

Nye bygg i energiklasse A

NSB Kompetansesenter, Drammen, energikarakter A

Prosjektbeskrivelse

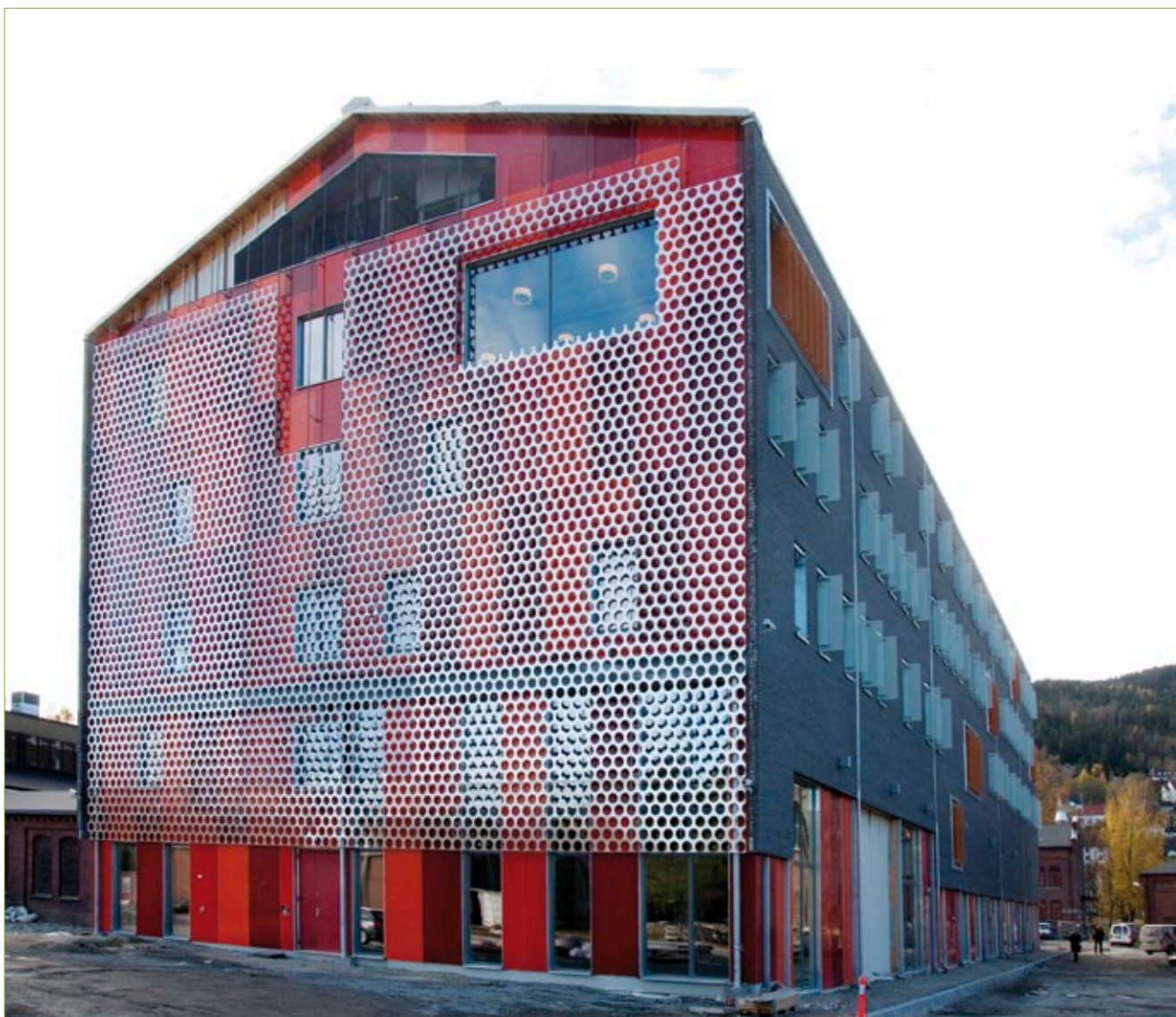
Jernbaneverkstedet på Sundland utenfor Drammen ble bygget 1909-1911, og i 2003 omregulert til byutviklingsområde. Parallelt med pågående revisjon av reguleringsplanen ble skisseprosjektering av ny skole for NSB igangsatt i 2009.

Byggherre hadde som målsetting at energiforbruk i bygget skulle være under 100kWh/m²år, og miljø har vært i fokus i programmerings-, skisse- og kontraheringsfasen, hvor til sist miljøsam arbeidet med totalentreprenøren ble konkretisert. Det lave energiforbruket er et resultat av godt samarbeid og systematisk bruk av tradisjonelle virkemidler.

De viktigste punktene fra prosjekteringen har vært:

- kompakt bygningskropp, lagt riktig i forhold til himmelretninger
- enkel geometri som forenkler tetting og isolering og gjør bygget mindre vindutsatt

NSB Kompetansesenter.
Foto: Inge Trondsen



Å tilfredsstille passivhusstandard var ikke et opprinnelig mål, men energiambisjonen ble oppjustert under prosjekteringen og oppnås nå ved mer isolasjon, gode kuldebroløsninger, gode vinduer og høye krav til tetthet. Bygningsfysiker ble engasjert for å beregne U-verdier og verdier for kuldebroer i alle bygningsdeler.

Energikilder

Det er valgt en varmepumpeløsning som luft-vannvarmepumpe med ca 400 kW avgitt effekt som skal ivareta byggets generelle varmebehov i kuldeperioder og kjølebehov i varmeperioder. I tillegg er det valgt et radiatoranlegg for å dekke opp for transmisjonstap og kulderas i bygget. Inngangspartiet har gulvvarme via vannbårent system. Når det gjelder strøm, forsynes bygget via kabel med systemspenning 400V.

Bygget har en blanding av lysrør for allmenn belysning og LED for effektbelysning. Belysningsanleggene er behovsstyrt med bevegelsesdetektor og luxføler i rom med større vindusflater og lysinnslipp.

Passive tiltak

Bygget er basert på passive tiltak og byggdetaljer er utviklet fra kjente prinsipper og grønt byggeri. Det er lagt vekt på trivselsfaktorer som byggets brukere skal føle hver dag, med for eksempel åpningsvinduer i alle rom. Energibruken vises dessuten på et eget energipanel som henger synlig ved resepsjonen.

Bygget har tykkere isolasjon (250 mm i gulv, 325 mm i vegg og 450 mm i tak), gode vinduer, godt gjenvinningsystem for varme, samt funksjonelle styringssystemer for lys og energi. Øvrige passive tiltak er:

- Utvendig solskjerming som reduserer kjølebehovet.

Energiltak for å nå energikarakter A - NSB kompetansesenter Drammen		
Energiforsyning		Merknad
El - teknisk utstyr, belysning, pumpe, vifter etc.	100%	
Fjernvarme oppvarming	0%	
VP oppvarming	100%	
Bio pellets oppvarming	0%	
VP kjøling	100%	
Fjernkjøling	0%	
Tiltak bygningsform		
Økning overflate yttervegger - Overflate / Volum	-	Nybygg
Økning glassareal	-	Glas ca 13% av BRA
Reduksjon glassareal	-	
Økning solskjerming samlet avskjerming - glass + persienne	ja	Utvendig solskjerming
Totalt varmetapstal W/m ² K	0,39	
Tiltak bygningsteknikk		
Lekkasjetall - n50	< 1,0	
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,03	
Isolasjon / U - verdi yttervegger - W/m ² k	0,12	
Rehab vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	0,79	
Isolasjon gulv/ grunn - W/m ² K	0,09	Vektet ekvivalent U-verdi
Isolasjon dekke mot P-kjeller- W/m ² K	-	
Isolasjon / U verdi tak - W/m ² K	0,1	
Tiltak teknisk system		
Varmegjenvinner	84,3	
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/ m ³ /s	1,5	
Spesifik pumpeeffekt, SPP - kW/(kg/s)	0,5	Snitt verdi
Elbruk belysning - W/m ²	6,4	
Ventilasjonssystem CAV til VAV	VAV	Hybrid ventilasjon
Lokal kjøling utgår / reduseres	Ja	
Netto energibruk beregnet	82	
Levert energibruk beregnet	69	
Krav energiklasse A (levert energi)	84	

Tabell 24: Gjennomførte energiltak for å oppnå energikarakter A, NSB-kompetansesenter i Drammen

-
- Eksponert bærekonstruksjon/dekker i betong som akkumulerer varme og kulde og jevner ut temperatursvingningene.
 - Romslige takhøyder som reduserer ventilasjons- og kjølebehov.
 - Valg av sunne og lavemitterende materialer.
 - Høye vinduer som bidrar til å spre godt med dagslys inn i lokalene.
 - Antall åpningsvinduer begrenset til ett per rom og gir bruker luftemuligheter.
 - Totalt vindusareal begrenset til "hull", bortsett fra i "fellesrom" som har store glassflater for best mulig kontakt inne-ute.

Virkemidlene som ble brukt for å redusere energiforbruket så mye at bygget oppnår energikarakter A, er vist i tabell 24. Mer informasjon finnes på www.arkitektur.no.

Bellonahuset, Oslo, energikarakter A

Prosjektbeskrivelse

Dette byggeprosjektet er med i FutureBuilt-programmet. I henhold til FutureBuilts kriterier skal alle deres prosjekter utarbeide et klimagassregnskap for et referansebygg, den prosjekterte bygningen, bygningen "as built" og bygningen etter ett års drift.

Bygget tilfredsstillte kravene til energiklasse A. Byggherren la opp til tverrfaglig samarbeid allerede tidlig i prosessen for å innfri kravene til A-merking, med fokus på energidesign og energiberegninger underveis i planleggingen. En ekstern og uavhengig energirådgiver har fulgt hele prosjektet fra tegnebrett til utføring.

Energi

Aktiv solenergi / solskjerming / ekstra isolering / fjernvarme / tett bygningskropp / varmepumpe / energibesparende utstyr / solfanger.

Det er gjennomført en rekke tiltak for at bygget skal klare seg med et lavt energibehov. Energiforbruket er omtrent halvparten av dagens forskriftskrav (TEK-10) og med levert energi på henholdsvis 68 og 104 kWh/m² for hhv. kontor og forretningsdelen er bygget på passivhusnivå og tilfredsstillte med god margin krav til A-merke i energimerkeordningen for både kontordelen og forretningsdelen.

Det mest iøynefallende ved bygningen er den sagtannformede sørfasaden, der glasspartiene vender nedover og skjermes mot overoppvarming ved hjelp av solfangerpaneler som danner en brem på oversiden. På den måten bidrar arkitekturen til å utnytte solvarmen på en kontrollert måte, samtidig som solbelastningen på vinduspartiene blir begrenset – til tross for de store sydvendte glassflatene.

Energibehov

Oppvarmingsbehovet i bygget er meget lavt på grunn av god isolasjon (tak 400 mm, vegger 270 mm), gode vinduer (U-verdi 0,8), minimering av kuldebroer og lav luftlekkasjefaktor (0,5-1,0). Det er valgt en meget god varmegjenvinner (virkningsgrad 87,6 prosent) som også er vesentlig for å få det lave oppvarmingsbehovet.

Kjølebehovet er redusert blant annet gjennom forholdsvis lite vindusareal (17 prosent av bruksareal i kontordelen), god utvendig solskjerming (automatiske persiener) og skrå vinduer på sydfasaden som virker som indirekte solskjerming.

Bygget har 50 prosent eksponert betonghimling som akkumulerer varme og jevner ut temperatur over døgnet, samt frikjøling om natten. Bruker har også akseptert noe større temperatur-svingninger enn vanlig praksis. Energiforbruket til drift av ventilasjonsanlegget er redusert gjennom behovsstyring og energieffektive vifter (SFP-faktor 1,5).

Det er valgt en meget energieffektiv belysning (3,8 W/m²) og behovsstyring av belysning i kontordelen. LED-belysning ble vurdert, men det viste seg at med dagens LED-teknologi, var T5 armaturer mest energieffektive.



EIDKKE

Energikilder

Den lokale energisentralen forsyner bygget med varme, kjøling og varmtvann. Energisentralen får energi fra solpaneler montert på Bellonahuset, en lokal grunnvannsvarmepumpe og fjernvarme fra Hafslund som spisslast. Energiforsyningen til Bellonahuset har følgende fordeling:

- energikilde til oppvarming: lokal varmepumpe (ca 50 prosent), solvarme (ca 23 prosent) og fjernvarme (ca 27 prosent)
- energikilde til varmtvann: solvarme (79 prosent), lokal varmepumpe (14 prosent) og fjernvarme (7 prosent)
- energikilde til kjøling: lokal varmepumpe
- energikilde til elbruk: kjøpt el

Virkemidlene som ble brukt for å redusere energiforbruket så mye at bygget oppnår energikarakter A, er vist i tabell 25. Mer informasjon finnes på www.arkitektur.no.

Tabell 25: Gjennomførte energiltak for å oppnå energikarakter A, Bellonahuset i Oslo

Energiltak for å nå energikarakter A - Belona huset		
Energiforsyning		
El - teknisk utstyr, belysning, pumpe, vifter etc.	100%	Merknad
Fjernvarme oppvarming + varmt vann	27%	79% til varmt vann
VP oppvarming + varmt vann	50%	14% til varmt vann
Solvarme til oppvarming + varmt vann	23%	7% til varmt vann
VP kjøling	100%	
Fjernkjøling	0%	
Tiltak bygningsform		
Økning overflate yttervegger - Overflate / Volum	-	Ny bygg
Økning glassareal	-	
Reduksjon glassareal	-	
Økning solskjerming samlet avskjerming - glass + persienne	-	
Totalt varmetapstal W/m ² K		
Tiltak bygningsteknikk		
Lekkasjetall - n50	< 0,5	
Kuldebroverdi - W/m ² K	-	
Isolasjon / U-verdi yttervegger - W/m ² K	0,15	
Rehab vinduer i snitt U-verdi - W/m ² K	0,8	
Isolasjon gulv/ grunn - W/m ² K	< 0,1	Vektet ekvivalent U-verdi
Isolasjon dekke mot P-kjeller - W/m ² K	-	
Isolasjon / U-verdi tak - W/m ² K	0,11	
Tiltak teknisk system		
Varmegjenvinner	0,88	
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/ m ³ /s	1,5	
Spesifik pumpeeffekt, SPP - kW/(kg/s)	-	Snitt verdi
Elbruk belysning - W/m ²	3,8	
Ventilasjonssystem CAV til VAV	VAV	
Lokal kjøling utgår / reduseres	ja	
Netto energibruk beregnet	83 / 138	Kontor / forretning
Leverte energibruk beregnet	68 / 104	Kontor / forretning
Krav energiklasse B (levert energi)	84 / 129	Kontor / forretning

Eksempler på A- og B-rehabilitering

Middelthunsgate, Oslo, energikarakter B

NVE-bygget i Middelthunsgate 29 er energirenovert i perioden 2008 – 2011. I utgangspunktet var målet for bygget å tilfredsstillte energikarakter C (B i forhold til vektet levert energi), men energiambisjonen ble oppjustert under prosjekteringen og oppnådd ved mer isolasjon, nytt glass i vinduer, høyere krav til tetthet og energieffektive tekniske systemer. Bygget er klassifisert verneverdig, og det ga begrensninger på hva som kunne gjøres med fasaden. Man kunne ikke:

- etterisolere fasaden utvendig
- skifte vinduer – glass kunne skiftes, men rammer skulle bevares
- skifte all belysning - i noen deler av bygget skulle gammel belysning bevares

I tillegg ligger bygningen i konsesjonsområde for fjernvarme, og det var derfor ekstra vanskelig å oppnå bedre energikarakter enn B. Tabell 26 viser hvilke virkemidler som ble brukt for å redusere energiforbruket slik at bygget oppnår energikarakter B.



Middelthunsgate 29

Energitiltak for å nå energikarakter B - Middelthunsgaten 29		
Energiforsyning		Merknad
El - teknisk utstyr, belysning, pumpe, vifter etc.	100%	
Fjernvarme oppvarming	100%	
VP oppvarming	0%	
Bio pellets oppvarming	0%	
VP kjøling	100%	
Fjernkjøling	0%	
Tiltak bygningsform		
Økning overflate yttervegger - Overflate / Volum	nej	
Økning glassareal	nej	Glas 15,4% av BRA
Reduksjon glassareal	nej	
Økning solskjerming samlet avskjerming - glass + persienne	ja	Utvendig solskjerming
Totalt varmetapstal W/m ² K	-	
Tiltak bygningsteknikk		
Lekkasjetall - n ₅₀	0,8	
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,09	
Isolasjon / U - verdi yttervegger - W/m ² k	0,38	Snitt, variation 0,19 - 0,7
Rehab vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	1,35	Snitt variation 0,73 - 1,3 - 6,3 (fredet glaskupel)
Isolasjon gulv/ grunn - W/m ² K	0,7	Vektet ekvivalent U-verdi
Isolasjon dekke mot P-kjeller- W/m ² K	0,28	
Isolasjon / U verdi tak - W/m ² K	0,18	Snitt variation 0,12 - 0,75
Tiltak teknisk system		
Varmegjenvinner	0,79	
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/ m ³ /s	1,8	
Spesifik pumpeeffekt, SPP - kW/(kg/s)	0,39	Snitt verdi
Elbruk belysning - W/m ²	5,5	
Ventilasjonssystem CAV til VAV	VAV	
Lokal kjøling utgår / reduseres	Ja	Økning i noen områder
Netto energibruk beregnet	116	
Levert energibruk beregnet	118	
Krav energiklasse B (levert energi)	126	

Tabell 26: Gjennomførte energitiltak for å oppnå energikarakter B i Middelthunsgate 29 i Oslo

Lysaker Park, Bærum, energikarakter B

Prosjektbeskrivelse

Storebrand har flyttet sitt hovedkontor fra Aker Brygge til Lysaker. Lav energibruk og bevisstgjøring omkring miljøspørsmål har vært hovedmålsettinger, sammen med ønsket om et moderne skandinavisk preget kontorbygg.

Byggherrens høye ambisjoner og konkrete kvalitetsmål har sammen med målrettet energirådgivning i tidligfase gitt mulighet for transformasjon av Aker Kværners gamle kontorbygg på Lysaker, fra 1980-tallet til et moderne og fremtidsrettet kontorbygg.

Energi

Utgangspunktet for prosjektet var en bygning fra 1980-tallet som ikke oppfylte krav til tetthet eller isolering. Også de tekniske installasjonene og energisystemene var utdaterte.

Energiambisjonene var store og man har oppnådd å kvalifisere til B-merke i energimerkingen.

Denne energireduksjonen er oppnådd primært gjennom å utfordre bransjenormer og holdninger om hva man "pleier" å gjøre. Man har redusert kjølebehovet til en tredjedel av "normalen" gjennom å velge energieffektivt utstyr og dermed redusere internlasten, akseptere inntil 80 timer i året med noe høyere temperaturer og med en god utvendig solskjerming. Solskjermingen er et kapittel for seg. Mange tror at et lavenergibygg krever små vinduer og tette persiennner. På Lysaker Park har man gjennom dagslyssimuleringer, avanserte klimaberegninger og energiberegninger definert funksjonskrav til en solskjerming som både slipper inn dagslys, gir utsyn og hindrer uønsket solinnstråling. Svaret er blitt vertikale glasslammeller som vrir seg etter solinnfallet. Lamellene fra Colt er 75 prosent transparente, slik at man også kan skimte konturer gjennom lamellene, og

Utvendig solskjerming på Lysaker Park. Foto: Arne Førland-Larsen



daglyset filtreres behagelig og mykt inn i lokalene. Med dagslysstyring på den kunstige belysningen spares mye energi på å utnytte dagslyset på denne måten. Med utgangspunkt i de tekniske vurderingene har arkitekten kunnet skape et tidsmessig uttrykk for de miljømessige gevinstene.

I tillegg er det gjennomført tiltak for å etterisolere bygningskroppen (25cm isolasjon), det er skiftet til vinduer med lav U-verdi (gjennomsnittlig $U=0,9$) og valgt energieffektiv ventilasjon med høy varmegjenvinning (83 prosent), lavt elbruk til vifter (SFP<2,0 (unntatt der gammelt system er beholdt)) og god behovsstyring. Også høy tetthet i utførelsen har vært vektlagt.

Samtidighet og mulighet for å ikke ha for strenge krav til romtemperaturer har vært diskutert med byggherren. Det er valgt en samtidighet på 80 prosent til grunn for dimensjonering og byggherren har også akseptert at maksimal temperatur overskrides i særlig varme perioder. Kravet er formulert ved beregningsmessig å akseptere 80 timer over 26 °C, og 25 timer (av disse) over 27 °C i kontorområder. Flere av disse timene faller dog utenfor normal arbeidstid og en del faller i juli måned når det vanligvis er ferietid. Dette har resultert i færre kvadratmeter med kjølehimling.

Det har vært et mål å få flest mulig fornybare energikilder, men siden bygget ligger innenfor konsesjonsområdet for fjernvarme og fjernvarmeproduksjonen skjer ved bla. fra en varmepumpe i sjøen, har ikke hovedenergikilden vært gjenstand for større diskusjon. Både varme og kjøling leveres fra fjernvarmenettet. Solfangere på taket av B-bygget leverer tappevann til kantina.

Tabell 27 viser hvilke virkemidler som ble brukt for å redusere energiforbruket så mye at bygget oppnår energikarakter B.

Energitiltak for å nå energikarakter B - Lysaker park		
Energiforsyning		Merknad
El - teknisk utstyr, belysning, pumpe, vifter etc.	100%	
El - kjøling eget kjøleanlegg	0%	
Fjernvarme oppvarming + varmt vann	99%	
Solvarme til varmt vann	1%	
VP oppvarming	0%	
Bio pellets oppvarming	0%	
VP kjøling	0%	
Fjernkjøling	100%	
Tiltak bygningsform		
Økning overflate yttervegger - Overflate / Volum	nej	
Økning glassareal	nej	Glas 16% av BRA
Reduksjon glassareal	nej	
Økning solskjerming samlet avskjerming - glass + persienne	ja	Utvendig solskjerming
Totalt varmetapstal $W/m^2 K$	0,72	
Tiltak bygningsteknikk		
Lekkasjetall - n_{50}	0,7	Snitt (0,5 - 1,5)
Kuldebroverdi - $W/m^2 K$	0,06	
Isolasjon / U-verdi yttervegger - $W/m^2 K$	0,2	Snitt (0,18 - 0,3)
Rehab vinduer i snitt U verdi - $W/m^2 K$	1,32	Snitt (0,8 - 1,9)
Isolasjon gulv/ grunn - $W/m^2 K$	0,22	Vektet ekvivalent U-verdi
Isolasjon dekke mot P-kjeller - $W/m^2 K$	0,25	Snitt (0,24 - 0,35)
Isolasjon / U verdi tak - $W/m^2 K$	0,16	Snitt (0,13 - 0,18)
Tiltak teknisk system		
Varmegjenvinner	0,81	
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - $kW/m^3/s$	2,18	
Spesifik pumpeeffekt, SPP - $kW/(kg/s)$	0,33	Snitt verdi
Elbruk belysning - W/m^2	5,1	
Ventilasjonssystem CAV til VAV	VAV	
Lokal kjøling utgår / reduseres	ja	
Netto energibruk beregnet	116	
Leverert energibruk beregnet	116	
Krav energiklasse B (leverert energi)	126	

Tabell 27: Gjennomførte energitiltak for å oppnå energikarakter B i Lysaker Park i Bærum



Skatteetaten sett fra motorveien. Et sentralt grep er å fortette bygningsmassen med nye innskutte etasjer mellom de fem høyblokkene

Skatteetaten, Helsingør, energikarakter A / passivhus

Det innledende bygningsmessige grepet er å optimere bygningens samlede overflate. Dette oppnås ved å fortette bygningsmassen med nye innskutte etasjer mellom de fem høyblokkene. Dette grepet reduserer bygningens samlede overflate vesentlig, de passive bygningsmessige energiegenskaper forbedres og det skapes et optimalt utgangspunkt for lavt energibruk på passivhusnivå.

For ytterligere å optimere bygningens passive egenskaper etableres nye energieffektive fasader på høyblokkene, eksisterende takflater etterisoleres, eksisterende murte gavler etterisoleres og vinduer skiftes til nye passivhusvinduer. Vindusarealer optimeres med hensyn til gode dagslysforhold og lavt energibruk, og her er de forholdsvis smale bygningkroppene i høyblokkene et godt utgangspunkt.

Eksisterende tekniske installasjoner skiftes med nye energieffektive installasjoner: ny behovsstyrt balansert mekanisk ventilasjon med effektive varmegjenvinnere, lave SFP faktorer, vannbåren varme, gjenvinning av varme fra datahall, redusert lokal kjøling og effektivt belysningsanlegg.

Kjølebehovet i bygningen reduseres mest mulig via passive tiltak, effektiv utvendig solskjerming, optimering av glassareal, delvis eksponert termisk masse (optimert i forhold til akustiske krav), effektiv nattkjøling og ikke minst en effektiv brukerprosess i forhold til reduksjon av interne varmebelastninger fra teknisk utstyr.

Det reduserte kjølebehovet gjør at et tilfredsstillende innneklima kan oppnås med minst mulig bruk av mekanisk kjøling, og i hovedsak alene med sentralkjøling. Men som følge av møbleringstetthet vil det være nødvendig å supplere den generelle sentralkjølingen med lokal romkjøling i mer krevende områder.

Tabell 28 viser hvilke virkemidler som ble brukt for å redusere energiforbruket så mye at bygget oppnår energikarakter A/ passivhus nivå.

Tabell 28: Gjennomførte energiltak for å oppnå energikarakter A

Energiltak for å nå energikarakter A / passivhus- Skatteetaten Helsfyr			
Energiforsyning			
El - teknisk utstyr, belysning, pumpe, vifter etc.	100%	Merknad Energimerke som fjernvarme Ikke medtatt i energimerke	
El - kjøling eget kjøleanlegg	100%		
Fjernvarme oppvarming	Maks. 20%		
Overskudsvarme datahal	Min. 80%		
VP oppvarming	0%		
Bio pellets oppvarming	0%		
VP kjøling	100%		
Fjernkjøling	0%		
Tiltak bygningsform			
Økning overflate yttervegger - Overflate / Volum	nej		Reduksjon
Økning glassareal	ja	Glas 14,3% av BRA, omfordelt	
Reduksjon glassareal	nej		
Økning solskjerming samlet avskjerming - glass + persienne	ja	Utvendig solskjerming	
Totalt varmetapstal W/m ² K	0,44		
Tiltak bygningsteknikk			
Lekkasjetall - n ₅₀	0,6		
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,03		
Isolasjon / U - verdi yttervegger - W/m ² k	0,15	Snitt verdi	
Rehab vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	0,8	Snitt verdi	
Isolasjon gulv/ grunn - W/m ² K	0,1	Vektet ekvivalent U-verdi	
Isolasjon dekke mot P-kjeller- W/m ² K	0,2		
Isolasjon / U verdi tak - W/m ² K	0,11	Snitt verdi	
Tiltak teknisk system			
Varmegjenvinner	0,85	Snitt verdi	
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/ m ³ /s	1,5		
Spesifik pumpeeffekt, SPP - kW/(kg/s)	0,3	Snitt verdi	
Elbruk belysning - W/m ²	5	Snitt verdi	
Ventilasjonssystem CAV til VAV	VAV		
Lokal kjøling utgår / reduseres	ja		
Netto energibruk beregnet	86		
Levert energibruk beregnet	83		

Referanser

- /1/ Dokka T. et. Al. (2009, Kriterier for passivhus- og lavenergibygg, Sintef rapport 42.
- /2/ NS 3031:2007. (2007). Beregning av bygningers energi energitelse. Metode og data. Standard Norge.
- /3/ NS 3700 (2010) Kriterier for lavenergi- og passivhus - Boliger. Standard Norge,
- /4/ Passivhaus Institut: www.passiv.de
- /5/ Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven (TEK10) med tilhørende veiledning, se www.be.no/beweb/info/energi.html
- /6/ Andresen I et. Al. (2009) INTEGRERT ENERGIDESIGN IED En introduksjon for arkitekter, rådgivere og utbyggere som vil realisere gode, energieffektive bygg.
- /7/ Byggforskserien og Byggdetaljer, 471.017, "Kuldebroer,Tabeller med kuldebroverdier"
- /8/ Byggforskserien og Byggdetaljer, 471.015 "Kuldebroer, Konsekvenser og dokumentasjon av energibehov".
- /9/ Isover, 2010, "Hvordan bygges et passivhus".
- /10/ GBA, 2010, Mal for miljøkvalitetsprogram
- /11/ GBA, 2010, Mal for kravspesifikasjon
- /12/ SIMIEN, Simulering av inneklima og energibruk i bygninger, Programbyggerne
- /13/ Marsh Rob(2011), Arkitektur og Energi: mod 2020 - lavenergi-strategi, Statens Byggeforskningsinstitutt, Aalborg Universitet.
- /14/ Energimerkeordningen, se www.energimerking.no.
- /15/ Byggforskserien, og Byggdetaljer, 523.255, "Bindingsverk av tre. Varmeisolering og tetting"
- /16/ Lyskultur, Enova, Norges naturvernforbund, (2010), En lysere fremtid
- /17/ www.arkitektur.no
- /18/ www.futurebuilt.no
- /19/ www.enova.no
- /20/ NS-EN 1382, 2000/2010, Bygningers termiske egenskaper - Bestemmelse av bygninger luftlekkasje - Differansetrykkmetode

Vedlegg 1: Modell TEK 10

Parameter variasjoner - reduksjoner i forhold til standard modell - TEK 10 Bygg (negative verdier viser økt energibruk)	Endring fra	Endring til	NS 3031 Red. netto kWh/m ²	FJV Red. levert kWh/m ²	VP Red. levert kWh/m ²	Elektra kostnad	Energisparing	Merknad
Tiltak bygningsform								
Økning overflate yttervegger - Overflate / Volum	0,38	0,45	-1,6	-2,8	-0,6	●	●	Økt energibruk for større overflate. Bør optimeres via integrert designprosess. Kostnad for reduksjon er lav ved nybygg/ høye ved rehab
Økning glassareal	19% av BRA	24% av BRA	-6,9	-5,8	-3,1	●	●	Redusert energibruk til belysning ikke medregnet
Reduksjon glassareal	19% av BRA	14% av BRA	6,1	5,1	2,6	●	●	Økt energibruk belysning ikke medregnet
Økning solskjerming samlet avskjerming- glass + persienne	Utvendig 0,1	Innvendig 0,35	-	-	-	●	●	Utvendig solskjerming krav i TEK10 på solutsatt fasader
Tiltak bygningsteknikk								
Lekkasjetall - n ₅₀	1,5	1	2,0	2,9	0,7	●	●	
Lekkasjetall - n ₅₀	1,5	0,5	3,8	5,9	1,6	●	●	
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,09	0,09	0,0	0,0	0,0	-	-	
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,09	0,06	1,5	2,4	0,6	●	●	
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,09	0,03	2,9	4,6	1,1	●	●	
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m ² K	0,18	0,18	0,0	0,0	0,0	-	-	
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m ² K	0,18	0,18	0,0	0,0	0,0	-	-	
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m ² K	0,18	0,12	1,0	1,4	0,5	●	●	
Rehab vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	1,2	1,4	0,0	0,0	0,0	-	-	
Nye vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	1,2	1	2,6	3,6	1,0	●	●	
Nye vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	1,2	0,8	5,0	7,0	2,0	●	●	
Isolasjon dekke mot P kjeller - W/m ² K	0,14	0,14	0,0	0,0	0,0	-	-	
Isolasjon / U- verdi tak - W/m ² K	0,13	0,13	0,0	0,0	0,0	-	-	
Isolasjon / U- verdi tak - W/m ² K	0,13	0,09	0,8	1,2	0,4	●	●	
Tiltak teknisk system								
Bedre varmegjenvinner	0,7	0,8	13,4	15,3	5,5	●	●	Forutsatt nytt anlegg
Bedre varmegjenvinner	0,7	0,85	19,4	22,0	7,9	●	●	Forutsatt nytt anlegg
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/ m ³ /s	2	2	0,0	0,0	0,0	-	-	Forutsatt nytt anlegg
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/ m ³ /s	2	1,5	1,9	1,8	2,3	●	●	Forutsatt nytt anlegg
Elbruk belysning - W/m ²	8	6,4	5,9	4,2	5,7	●	●	lystyring tilstedeværelse
Elbruk belysning - W/m ²	8	4	13,9	9,6	13,5	●	●	lystyring tilstedeværelse + dimming
Ventilasjonssystem CAV til VAV	VAV	VAV	0,0	0,0	0,0	-	-	I utgangspunkt VAV ventilasjon
Lokal kjøling utgår / reduseres	100 %	Ingen	15,1	7,3	5,1	●	●	Må vurderes i forhold til innelokalkrav
Forutsetninger omregning netto til levert								
Faktor FJV	0,88							
Faktor VP	2,4							
Faktor kjøling	2,4							
Faktor elbruk	1							
Veiledende vurdering av tiltak								
	●	Stor energibesparelse		FJV levert energibruk, besparelse > 5 kWh/m ² år				
	●	Liten ekstrakostnad						
	●	Middels energibesparelse		FJV levert energibruk 1 kWh/m ² år < besparelse < 5 kWh/m ² år				
	●	Middels ekstrakostnad.						
	●	Liten energibesparelse		FJV levert energibruk, besparelse < 1 kWh/m ² år				
	●	Stor ekstrakostnad						

Vedlegg 1: Modell TEK 10

Vedlegg 2: Modell 90

Parameter variasjoner - reduksjoner i forhold til standardmodell - 1990 bygg (negative verdier viser økt energibruk)	Endring fra	Endring til	NS 3031 Red. netto kWh/m ²	FJV Red. levert kWh/m ²	VP Red. levert kWh/m ²	Elektra kostnad	Energi sparing	Merknad
Tiltak bygningsform								
Økning overflate yttervegger - Overflate / Volum	0,38	0,45	-6,4	-7,3	-2,7	-	●	Økt energibruk for større overflate. Ber optimeres via integrert design prosess. Kostnader for reduksjon er lave ved nybygg/ høje ved rehab
Økning glassareal	19% av BRA	24% av BRA	-8,2	-8,2	-3,7	-	●	Redusert energibruk til belysning ikke medregnet
Reduksjon glassareal	19% av BRA	14% av BRA	7,7	7,7	3,4	-	●	Økt energibruk til belysning ikke medregnet
Økning solskjerming samlet avskjerming - glass + persienne	Utvendig 0,1	Innvendig 0,35	-5,7	0,6	-2,8	●	●	
Tiltak bygningsteknikk								
Lekkasjetall - n ₅₀	2	1	7,5	8,7	3,1	●	●	
Lekkasjetall - n ₅₀	2	0,5	11,3	13,0	4,7	●	●	
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,12	0,09	3,0	3,4	1,2	●	●	
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,12	0,06	5,8	6,9	2,4	●	●	
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,12	0,03	8,8	10,3	3,6	●	●	
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m ² K	0,28	0,3	0,0	0,0	0,0	-	-	
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m ² K	0,28	0,18	3,1	3,7	1,2	●	●	
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m ² K	0,28	0,12	4,9	5,8	1,9	●	●	
Rehab vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	1,8	1,4	8,4	9,8	3,5	●	●	Forutsatt rehabilitering av eksisterende vinduer
Nye vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	1,8	1	16,6	19,3	6,9	●	●	Forutsatt nye vinduer
Nye vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	1,8	0,8	20,6	24,1	8,7	●	●	Forutsatt nye vinduer
Isolasjon dekke mot P kjeller - W/m ² K	0,4	0,25	5,0	5,9	2,0	●	●	Moderat til stor ekstrakostnad
Isolasjon / U-verdi tak - W/m ² K	0,22	0,13	3,2	3,8	1,3	●	●	
Isolasjon / U-verdi tak - W/m ² K	0,22	0,1	4,5	5,2	1,8	●	●	
Tiltak teknisk system								
Bedre varmegjenvinner	0,7	0,8	13,3	15,1	5,6	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg
Bedre varmegjenvinner	0,7	0,85	19,4	22,0	8,2	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/ m ³ /s	3	2	3,9	3,5	4,5	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/ m ³ /s	3	1,5	5,8	5,2	6,7	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg
Elbruk belysning - W/m ²	8	6,4	11,6	7,8	4,3	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg. Reelt elbruk er ofte større enn 8 W/m ² på eks. anlegg.
Elbruk belysning - W/m ²	8	4	15,1	9,9	10,3	●	●	
Ventilasjonssystem CAV til VAV	CAV	VAV	55,4	60,8	35,2	●	●	Varmegjenvinner forbedres samtidig fra 0,5 til 0,1
Lokal kjøling utgår / reduseres	100%	Ingen	6,1	3,6	3,4	●	●	
Forutsetninger omregning netto til levert								
Faktor FJV	0,88							
Faktor VP	2,4							
Faktor kjøling	2,4							
Faktor elbruk	1							
Veiledende vurdering av tiltak								
	●		Stor energibesparelse	FJV levert energibruk, besparelse > 10 kWh/m ² år				
	●		Liten ekstrakostnad					
	●		Middels energibesparelse	FJV levert energibruk 1 kWh/m ² år < besparelse < 10 kWh/m ² år				
	●		Middels ekstrakostnad.					
	●		Liten energibesparelse	FJV levert energibruk, besparelse < 1 kWh/m ² år				
	●		Stor ekstrakostnad					

Vedlegg 2: Modell 90

Vedlegg 3: Modell 60

Parameter variasjoner - reduksjoner i forhold til standardmodell - 1960 bygg (negative verdier viser økt energibruk)	Endring fra	Endring til	NS 3031 Red. netto kWh/m ²	FJV Red. Levert kWh/m ²	VP Red. Levert kWh/m ²	Ekstra kostnad	Energi sparring	Merknad
Tiltak bygningsform								
Økning overflate yttervegger - Overflate / Volum	0,38	0,45	-9,0	-10,2	-3,8	-	●	Økt energibruk for større overflate. Bør optimeres via integrert designprosess. Kostnad for reduksjon er lav ved nybygg/ høy ved rehab
Økning glassareal	19% av BRA	24% av BRA	-12,0	-13,7	-5,1	-	●	Redusert energibruk til belysning ikke medregnet
Reduksjon glassareal	19% av BRA	14% av BRA	11,9	13,5	5,0	-	●	Økt energibruk til belysning ikke medregnet
Økning solskjerming samlet avskjerming - glass + persienne	Utvendig 0,1	Innvendig 0,35	7,7	8,8	3,2	●	●	
Tiltak bygningsteknikk								
Lekkasjetall - n ₅₀	2,5	1	12,8	14,4	5,3	●	●	
Lekkasjetall - n ₅₀	2,5	0,5	17,0	19,3	7,1	●	●	
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,15	0,09	6,0	6,7	2,5	●	●	
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,15	0,06	9,0	10,1	3,7	●	●	
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,15	0,03	12,0	13,5	5,0	●	●	
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m ² K	0,38	0,3	2,7	3,0	1,1	●	●	Innvendig etterisolasjon
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m ² K	0,38	0,18	6,6	7,4	2,7	●	●	
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m ² K	0,38	0,12	8,5	9,5	3,5	●	●	
Rehab vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	2,8	1,4	33,0	37,5	13,9	●	●	Forutsatt rehabilitering av eksisterende vinduer
Nye vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	2,8	1	42,2	47,9	17,7	●	●	Forutsatt nye vinduer
Nye vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	2,8	0,8	46,8	53,1	19,7	●	●	Forutsatt nye vinduer
Isolasjon dekke mot P kjeller - W/m ² K	1	0,25	29,4	33,3	12,3	●	●	Moderat til stor ekstrakostnad
Isolasjon / U-verdi tak - W/m ² K	0,8	0,13	28,2	31,9	11,8	●	●	
Isolasjon / U-verdi tak - W/m ² K	0,8	0,1	29,6	33,6	12,4	●	●	
Tiltak teknisk system								
Bedre varmegjenvinner	0,7	0,8	13,7	15,7	5,9	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg
Bedre varmegjenvinner	0,7	0,85	19,9	22,7	8,5	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/ m ³ /s	3	2	4,0	3,7	4,7	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/ m ³ /s	3	1,5	6,0	5,4	6,9	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg
Elbruk belysning - W/m ²	8	6,4	0,0	3,8	3,5	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg. Reelt elbruk er ofte større enn 8 W/m ² på eks. anlegg.
Elbruk belysning - W/m ²	8	4	2,0	5,0	8,7	●	●	
Ventilasjonssystem CAV til VAV	CAV	VAV	18,4	20,0	11,5	●	●	Varmegjenvinner forbedres samtidig fra 0,6 til 0,7.
Lokal kjøling utgår / reduseres	Ingen	Ingen	0,0	0,0	0,0	-	-	Ingen lokal kjøling i utgangspunkt
Forutsetninger omregning netto til levert								
Faktor FJV	0,88							
Faktor VP	2,4							
Faktor kjøling	2,4							
Faktor elbruk	1							
Veiledende vurdering av tiltak								
●	Stor energibesparelse	FJV levert energibruk, besparelse > 10 kWh/m ² år						
●	Liten ekstrakostnad							
●	Middels energibesparelse	FJV levert energibruk 1 kWh/m ² år < besparelse < 10 kWh/m ² år						
●	Middels ekstrakostnad							
●	Liten energibesparelse	FJV levert energibruk, besparelse < 1 kWh/m ² år						
●	Stor ekstrakostnad							

Vedlegg 4: Modell 30

Parameter variasjoner - reduksjoner i forhold til standardmodell 1930 Bygg (negative verdier viser økt energibruk)	Endring fra	Endring til	NS 3031 Red. netto kWh/m ²	FJV Red. levert kWh/m ²	VP Red. levert kWh/m ²	Ekstra kostnad	Energi sparing	Merknad
Tiltak bygningsform								
Økning overflate yttervegger - Overflate / Volum	0,38	0,45	-26,7	-30,2	-11,1	-	●	Økt energibruk for større overflate. Bør optimeres via integrert designprosess. Kostnad for reduksjon er lav ved nybygg/ høy ved rehab
Økning glassareal	19% av BRA	24% av BRA	-7,5	-8,6	-3,2	-	●	Redusert energibruk til belysning ikke medregnet
Reduksjon glassareal	19% av BRA	14% av BRA	7,6	8,6	3,2	-	●	Økt energibruk til belysning ikke medregnet
Økning solskjerming samlet avskjerming - glass+ persienne	Utvendig 0,1	Innvendig 0,35	8,5	9,7	3,5	●	●	
Tiltak bygningsteknikk								
Lekkasjetall - n ₅₀	4	1	25,8	29,2	10,8	●	●	
Lekkasjetall - n ₅₀	4	0,5	30,0	34,1	12,6	●	●	
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,15	0,09	6,1	6,9	2,5	●	●	
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,15	0,06	9,2	10,5	3,8	●	●	
Kuldebroverdi - W/m ² K	0,15	0,03	12,3	14,0	5,2	●	●	
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m ² K	1	0,3	29,0	32,8	12,1	●	●	
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m ² K	1	0,18	29,0	37,5	13,8	●	●	
Isolasjon/ U-verdi yttervegger - W/m ² K	1	0,12	35,1	40,0	14,8	●	●	
Rehab vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	2,8	1,4	33,5	38,0	14,1	●	●	Forutsatt rehabilitering av eksisterende vinduer
Nye vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	2,8	1	43,0	48,8	18,1	●	●	Forutsatt nye vinduer
Nye vinduer i snitt U verdi - W/m ² K	2,8	0,8	47,7	54,2	20,1	●	●	Forutsatt nye vinduer
Isolasjon dekke mot P kjeller - W/m ² K	0,2	0,25	0,0	0,0	0,0	-	-	Moderat til stor ekstrakostnad
Isolasjon/ U-verdi tak - W/m ² K	1	0,13	40,0	45,4	16,8	●	●	
Isolasjon/ U-verdi tak - W/m ² K	1	0,1	41,5	47,1	17,4	●	●	
Tiltak teknisk system								
Bedre varmegjenvinner	0,7	0,8	13,7	15,4	5,7	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg
Bedre varmegjenvinner	0,7	0,85	20,0	22,6	8,4	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/m ³ /s	3	2	3,9	3,5	4,5	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg
Elbruk vifter ventilasjon, SFP - kW/m ³ /s	3	1,5	5,8	5,3	6,8	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg
Elbruk belysning - W/m ²	8	6,4	4,8	3,2	3,5	●	●	Forutsatt ekstrakostnad for nytt anlegg. Reelt elbruk er ofte større enn 8 W/m ² på eks. anlegg.
Elbruk belysning - W/m ²	8	4	6,5	4,1	8,5	●	●	Varmegjenvinner forbedres samtidig fra 0,5 til 0,7.
Ventilasjonssystem CAV til VAV	CAV	VAV	19,1	20,6	12,0	●	●	
Lokal kjøling utgår / reduseres	Ingen	Ingen	0,0	0,0	0,0	-	-	Ingen lokal kjøling i utgangspunkt
Forutsetninger omregning netto til levert								
Faktor FJV	0,88							
Faktor VP	2,4							
Faktor kjøling	2,4							
Faktor elbruk	1							
Veiledende vurdering av tiltak								
	●	Stor energibesparelse		FJV levert energibruk, besparelse > 10 kWh/m ² år				
	●	Liten ekstrakostnad						
	●	Middels energibesparelse		FJV levert energibruk 1 kWh/m ² år < besparelse < 10 kWh/m ² år				
	●	Middels ekstrakostnad						
	●	Liten energibesparelse		FJV levert energibruk, besparelse < 1 kWh/m ² år				
	●	Stor ekstrakostnad						

Vedlegg 4: Modell 30

Vedlegg 5: Beregningsforutsetninger for ulike byggmodeller

Beregningsforutsetninger for ulike bygningsmodeller					
Egenskap	Enhet	Tek 10	"1990"	"1960"	"1930"
Bygningstekniske forutsetninger					
U-verdi yttervegg	W/ m ² K	0,18	0,28	0,38	1,00
U-verdi gulv	W/ m ² K	0,15	0,4	1,0 ¹⁾	0,35 ²⁾
U-verdi tak	W/ m ² K	0,13	0,22	0,80	1,00
U-verdi vindu	W/ m ² K	1,2	1,8	2,80	2,80
U-verdi dør	W/ m ² K	1,2	2	2,80	2,80
Normalisert kuldebroverdi	W/ m ² K	0,09	0,12	0,15	0,15
Lekkasjetall ved 50 Pa, n ₅₀	h ⁻¹	1,5	2,00	2,50	4,00
Tekniske anlegg - forutsetninger					
Virkningsgrad varmegjenvinner	%	70	60 / 70	60 / 70	60 / 70
Elbruk ventilasjonsanlegg (SFP faktor)	kW/m ³ /s	2	3	3	3
Luftmengde i driftstid	m ³ /h m ²	12 - 7 ³⁾	12 / 12 - 7 ³⁾	7 / 12 ³⁾	7 / 12 ³⁾
Elbruk belysning (W/m ²)	W/ m ²	8,0	8,0	8,0	8,0
Ventilasjonsprinsipp	-	VAV	CAV	CAV	CAV
Kjøling sentral	-	ja	ja	ja	ja
Kjøling desentral	-	ja	ja	nei	nei
Forutsetninger/ merknad					
1) Gulv mot p-kjeller					
2) Gulv på grunn. Ekvivalent U-verdi					
3) For å få gode resultater ved bruk av VAV-anlegg er det viktig at bygningen deles opp i soner, hvor rommene har tilnærmet lik varmetilskudd/personbelastning.					
Hvis dette ikke er mulig er det bedre å anslå en midlere luftmengde for anlegget og legge det inn som et CAV-anlegg (NS3031:2007 oppgir at man kan bruke 80% av maks. luftmengde for VAV-anlegg).					
I modellberegninger er modellen sonedelt med 3 soner med tilnærmet likt varmetilskudd/personbelastning					

Vedlegg 5: Beregningsforutsetninger for de fire bygningsmodellene som er brukt i veilederen

Vedlegg 6: Sammenligning av kriterier for energikarakter A og passivhus

Kontorbygg	Energikarakter A	Passivhuskriterier	TEK 10	Merknad
Bygningsform				
Vindus og dørrareal	TEK 10 krav gjelder	TEK 10 krav gjelder	U-verdi for glass/vindu/dør inkludert karm/ramme multiplisert med andel vindus- og dørrareal av bygningens oppvarmede BRA skal være mindre enn 0,24	
	TEK 10 krav gjelder	TEK 10 krav gjelder	Total solfaktor for glass/vindu (g_0) skal være mindre enn 0,15 på solbelastet fasade, med mindre det kan dokumenteres at bygningen ikke har kjølebehov	
Minstekrav bygningsdeler				
U-verdi yttervegg	TEK 10 krav gjelder	$\leq 0,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (snitt for bygg)	$\leq 0,18$ (0,22) $\text{W/m}^2 \text{ K}$	1) Lav verdi energitilskottmodell
U-verdi gulv	TEK 10 krav gjelder	$\leq 0,15 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (snitt for bygg)	$\leq 0,15$ (0,18) $\text{W/m}^2 \text{ K}$	1) og praksis. I parentes tillatt verd
U-verdi tak	TEK 10 krav gjelder	$\leq 0,13 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (snitt for bygg)	$\leq 0,13$ (0,18) $\text{W/m}^2 \text{ K}$	1) der energiramme-beregning
U-verdi vindu	TEK 10 krav gjelder	$\leq 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (snitt for bygg)	$\leq 1,2$ (1,6) $\text{W/m}^2 \text{ K}$	1) brukes til dokumentasjon av
U-verdi dør	TEK 10 krav gjelder	$\leq 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (snitt for bygg)	$\leq 1,2$ (1,6) $\text{W/m}^2 \text{ K}$	1) energikrav mot TEK 10
Normalisert kuldebroverdi	TEK 10 krav gjelder	$\leq 0,03 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (snitt for bygg)	$\leq 0,06 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (snitt for bygg)	
Lekkasjetall ved 50 Pa, n50	TEK 10 krav gjelder	$\leq 0,06 \text{ h}^{-1}$	$\leq 1,5$ (3,0) h^{-1}	1)
Varmetapstall samlet bygg	Ingen spesifikke krav	$\leq 0,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (snitt for hørp)	2) Ingen spesifikke krav	2) Høyeste tillate varmetapstall
Teknisk system				
Virkningsgrad varmegjenvinner	TEK 10 krav gjelder	$\geq 80 \%$	≥ 80 (70) %	1) Høy verdi energitilskott model
SFP faktor ventilasjonsanlegg	TEK 10 krav gjelder	$\leq 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$	$\leq 2,0$ (-) $(\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s}))$	1) og praksis. I parentes tillatt verd
Energibruk				
Maksimalt energibruk - samlet netto energi	Ingen krav TEK 10 gjelder	Ingen krav TEK 10 gjelder	$\leq 150 \text{ kWh}/\text{år m}^2 \text{ BRA}$	3) 3) Maksimalt krav mot TEK 10 (C bygg)
Maksimalt energibruk - levert energi	$\leq 84 \text{ kWh}/\text{år m}^2 \text{ BRA}$	Ingen krav	Ingen krav	
Maksimalt energibruk kjøling - netto energi	Ingen krav	$\leq 10 \text{ kWh}/\text{år m}^2 \text{ BRA}$	Ingen krav	
Maksimalt energibruk oppvarming - netto energi	Ingen krav	$\leq 15 \text{ kWh}/\text{år m}^2 \text{ BRA}$	Ingen krav	
Energiforsyning, CO₂- utslipp og fornybar energi				
Energiforsyning	TEK 10 krav gjelder	TEK 10 krav gjelder	Bygning over 500 m ² oppvarmet BRA skal prosjekteres og utføres slik at minimum 60 % av netto varmebehov kan dekkes med annen energiforsyning enn direktevirkende elektrisitet eller fossile brensler hos sluttbruker	
Virkningsgrad energiforsyning kan inngå i beregning	Ja	Nei	Ikke relevant	
CO ₂ - utslipp	Ingen spesifikke krav - men krav om 80 % annen energi enn el og fossil energi.	$\leq 25 \text{ kg}/(\text{m}^2 \text{ år})$	Ingen spesifikke krav - men krav om 60 % annen energi enn el og fossil energi	
Lokal energiproduksjon tillatt				
	Ja - lokal energi produksjon kan inngå i kontroll beregning. Eksempelvis kan lokal elproduksjon og solcelle anlegg redusere levert energibehov på bygget.	Nei lokal energi produksjon kan ikke inngå i kontrollberegning	-	
Kontrollberegninger, forutsetninger og faste verdier				
Beregningsmetode	NS3031	NS3031	NS3031	
Forutsetninger beregninger				
Luftmengder				
Minimum luftmengde drifttid	$7 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$	$6,0 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$	Frisklufttilførsel på grunn av forurensninger fra personer med lett aktivitet skal være minimum 26 m^3 pr. time pr. person. Friskluft på grunn av lukt og irritasjonseffekter fra stoffer som avgis fra bygningsmaterialer og inventar, skal minimum være $2,5 \text{ m}^3$ pr. time pr. m ² gulvareal når bygningen eller rommene er bruk.	
Minimum luftmengde u. drifttid	$2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$	$1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$	Frisklufttilførsel når bygningen eller rommene ikke er i bruk skal være minimum $0,7 \text{ m}^3$ pr. time pr. m ² gulvareal.	
Interne varmetilskudd				
Belysning	$8 - 6,4$ (4) W/m^2 $13 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ år})$	(25 - 4) 5 W/m^2 (15,7 $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ år})$)	5)	4) Der det nyttes energieffektiv belysning, og effektivitet dokumenteres med LENI beregning, kan lavere verdi enn $6,4 \text{ W/m}^2$ brukes.
				5) Det må forutsettes at nivå er dokumentert via LENI beregning.
Utstyr	11 W/m^2 $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ år})$	(34) 6 W/m^2 $\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ år})$	(18)	
Personer	8 W/m^2	4 W/m^2		
Driftstider	07.00 - 19.00	07.00 - 19.00	-	

Vedlegg 6 viser sentrale kriterier i forhold til *bygningsform*, *minstekrav bygningsdeler*, *teknisk system*, *krav energibruk* og *kontrollberegning*, *forutsetninger* og *faste verdier*. Samtidig vises gjeldende minimumskrav i TEK 10.

Med utgangspunkt i vedlegg 6 gjennomgås i det følgende de sentrale forskjellene og likhetene for kriterier for energikarakter A og kriterier for passivhus /1/.

Bygningsform

Der er ingen direkte og spesifikke krav til bygningsform i noen av kriteriene, utover de som gjelder generelt for TEK 10.

Vedlegg 6: Sammenligning av kriterier og krav for energikarakter A, passivhus og TEK 10

-
- U-verdi for glass/vindu/dør inkludert karm/ramme multiplisert med andelen vindus- og dørareal av bygningens oppvarmede BRA skal være mindre enn 0,24
 - Total solfaktor for glass/vindu (gt) skal være mindre enn 0,15 på solbelastet fasade, med mindre det kan dokumenteres at bygningen ikke har kjølebehov

Dette betyr ikke at design av bygningsform ikke er viktig, og det anbefales at metoden for integrert energidesign brukes i alle prosjekter. Integrert energidesign er nødvendig for å takle de komplekse, tverrfaglige problemstillingene som kommer opp når man skal prosjektere bygg med høye energi- og miljøambisjoner. I slike prosesser vektlegges de tidlige fasene i prosjekteringen. Det er i den aller tidligste prosjekteringsfasen at man med relativ liten innsats virkelig har mulighet til å påvirke den endelige ytelsen til bygningen. Erfaringer fra prosjekter hvor integrert energidesign er brukt, viser at man oppnår gode resultater med en reduksjon i energibehovet på inntil 60-70 prosent i forhold til vanlige bygg. Spesielt viktig er tidlige diskusjoner av program, mål og hovedføringer for design, hvor både byggherre, arkitekt og konsulenter er med. Det bidrar til å identifisere den optimale form og design for et lavenergibygg /6/.

Minstekrav bygningsdeler

Minstekrav til bygningsdeler er en av de sentrale forskjellene mellom kriterier for energikarakter A og passivhus.

- Energikarakter A har ikke noen spesifikke krav utover det som gjelder i TEK 10. Det betyr at minstekrav i TEK 10 kan legges til grunn for isolasjonstykkelse i yttervegger, tak og gulv. Tilsvarende legges tetthetskrav i TEK 10 til grunn for krav til tetthet. I praksis er det likevel vanskelig å nå karakter A med isolasjonstykkelse som svarer til minimumskravene i TEK 10.
- Passivhuskriteriene inneholder strengere krav til snitt U-verdier for yttervegg og vinduer/dører enn TEK10. I tillegg stilles det krav til samlet varmetapstall for bygget som helhet. Det betyr at passivhuskriteriene gir høyere krav til isolasjon og tetthet av bygningens ytterskall – populært kalt byggets passive egenskaper (derfor navnet passivhus).

Tilleggsisolasjon ut over krav i TEK10 kan ha en dårligere kost/nytte-verdi enn tekniske tiltak for reduksjon av energibruk (bedre varmegjenvinner, mer energieffektiv belysning, varmepumpe ol.).

Kriterier og krav til tekniske systemer

Generelle krav til tekniske systemer:

- Energikarakter A har ikke minimumskrav til varmegjenvinning og SFP utover kravet i TEK 10. Det er i praksis likevel ikke mulig å nå energikarakter A, uten vesentlig bedre varmegjenvinning, da dette gir et stort utslag i energiberegningen. Ofte må man også velge bedre SFP, selv om bedre SFP slår mindre ut i energiberegningen.
- Kriterier for passivhus har krav til minimums varmegjenvinning ($\geq 80\%$) som TEK10, men strengere og krav til maksimal SFP ($\leq 1,5 \text{ kW/m}^3/\text{s}$) for ventilasjonsanlegg.

Kontrollberegninger, forutsetninger og faste verdier

Hovedprinsippene for hvordan man beregner energibruk er de samme både for beregning av energikarakter og passivhus. Men det er forskjell på forutsetningene og inndata som legges til grunn for beregningene.

- Minste luftmengde i driftstid og utenom driftstid er høyere for beregning av energikarakter enn beregning av passivhus. Dette betyr at hvis godt inneklime kan tilfredsstilles med mindre luftmengder enn det som kreves i standard forutsetninger for energiberegninger, da kan de reduserte luftmengdene brukes i beregningene. Det betyr lavere beregnet energibruk til ventilasjonsvarme og viftedrift, spesielt utenom driftstid.
- Standardverdien for elektrisitet til belysning er høyere i beregning av energikarak-

ter enn i beregning av passivhus. Ved beregning av energikarakter kan det likevel benyttes lavere verdier :

- det gis 20 prosent reduksjon på effektbehov dersom det benyttes styrings-system for utnyttelse av dagslys eller styringssystem basert på tilstedeværelse. /2/.
- ytterligere reduksjon gis hvis det brukes energieffektiv belysning og dette er dokumentert ved beregning etter NS – EN 15193, LENI beregning /2/.

I passivhuskriteriene stilles det per i dag ikke krav til dokumentasjon av energieffektivitet på belysningsanlegg, men det bør kunne dokumenteres at lys oppfyller kriterier via beregning /1/.

- Standardverdier for elektrisitet til utstyr er høyere i beregning av energikarakter enn beregning av passivhus. Det betyr at delposten elbruk til teknisk utstyr er lavere i beregninger av passivhus og at varmetilskuddet er tilsvarende lavere. Lavere varmetilskudd vil bety et noe økt energibruk til oppvarming. Dette er en av grunnene til at man bruker lavere verdier på utstyr i beregning av passivhus. Det skal ikke være mulig å nå et lavt energibruk til oppvarming ved å sette inn store, interne varmelaster. I praksis er det vanskelig å komme ned i så lavt elbruk til teknisk utstyr som passivhusstandarder opererer med.

Vedlegg 7: Valg av målsetning for bygg A-krav eller passivhuskrav

Det kan være vanskelig å gi spesifikke retningslinjer for valg av energimålsetning for bygg generelt. Det må alltid gjøres en spesifikk vurdering for det enkelte bygg. Men man kan gi noen generelle føringer.

Nybygg

Hvis bygget ligger i et konsesjonsområde for fjernvarme, eller har energiforsyning fra fjernvarme, er det ikke de store forskjellene på kravene til energikarakter A og passivhusnivå. Målsetningen kan være:

Bygget skal oppnå energiklasse A ihht. energimerkeordningen /passivhusnivå

Energi klasse A tilsvarer pt. 84 kWh/m² år i levert energi for kontorbygg, og passivhusnivå tilsvarer pt. oppfyllelse av krav i henhold til Sintef rapport 42 "Kriterier for passivhus- og lavenergibygg – Yrkesbygg". Hovedmålet er et robust energieffektivt bygg.

Hvis bygget ikke ligger i konsesjonsområde for fjernvarme og har energiforsyning fra varmpumpe er det som oftest store forskjeller på stille krav til energikarakter A og til passivhus. Målsetningen kan være:

Bygget skal oppnå energikarakter A ihht. energimerkeordningen/ lavenerginivå

Energi karakter A tilsvarer pt. 84 kWh/m² år i levert energi for kontorbygg, og lavenerginivå tilsvarer pt. oppfyllelse av krav i henhold til Sintef rapport 42 "Kriterier for passivhus- og lavenergibygg – Yrkesbygg". Hovedmålet er et robust energieffektivt bygg.

Rehabilitering

For rehabiliterte bygg er det ofte vanskelig å nå passivhusnivå på grunn av spesifikke krav til U-verdier på bygningsdeler. Kravet for passivhus er krav til snittverdier. Det betyr at en dårlig U-verdi på en vegg som ikke er mulig å tilleggisolere kan kompenseres av en bedre U-verdi på andre vegger. Men det er vanskelig å nå passivhusnivå uten å tilleggisolere mesteparten av byggets ytterflater. Kravet til isolasjonstykkelser er lik krav/nivå for nybygg. Målsetningen kan være:

Bygget skal oppnå energikarakter A (B) ihht. energimerkeordningen / lavenerginivå

Energi karakter A tilsvarer pt. 84 (126) kWh/m² år i levert energi for kontorbygg, og lavenerginivå tilsvarer pt. oppfyllelse av krav i henhold til Sintef rapport 42 "Kriterier for passivhus- og lavenergibygg – Yrkesbygg". Hovedmålet er et robust energieffektivt bygg.

Vedlegg 8: Støtteordninger og program – Enova og Future Built

Enova

Støtte til passivhus og lavenergibygg

Enova eies av Olje- og energidepartementet og er etablert for å fremme en miljøvennlig omlegging av energibruk og energiproduksjon i Norge. Enova har som mål at det skal bli lettere for både husholdninger, næringsliv og offentlige virksomheter å velge enkle, energieffektive og miljøriktige løsninger.

Enova tilbyr investeringsstøtte for å oppnå passivhus eller lavenergibygg innenfor alle bygningskategorier. Søker skal være den som tar beslutninger og gjør investeringer i prosjektet og som dokumenterer og rapporterer resultatene. Rådgivere og andre kompetente aktører kan bistå prosjekteier, men kan ikke stå som søker.

For å få støtte må komplett søknad sendes via Enovas søknadssenter på nett. Det skal vedlegges en økonomiberegning og en prosjektbeskrivelse etter mal. Man kan få støtte opp til følgende nivåer:

Passivhus	Nybygg	Omfattende rehabilitering
Boliger og barnehager	450 NOK/m ² + rådgiving	700 NOK/m ² + rådgiving
Yrkesbygg	350 NOK/m ² + rådgiving	550 NOK/m ² + rådgiving

Lavenergibygg	Nybygg	Omfattende rehabilitering
Boliger og barnehager	300 NOK/m ²	600 NOK/m ²
Yrkesbygg	150 NOK/m ²	450 NOK/m ²

Støtten inkludert rådgiverstøtte kan maksimalt utgjøre 60 % av merkostnaden ved å bygge passivhus eller lavenergibygg.

Støtte til rådgiving

For prosjekter med ambisjon om å oppnå passivhusnivå kan det i tillegg til investeringsstøtten søkes om støtte til ekstra rådgiving. Rådgivningen kan benyttes til:

- Veiledning i prosjektering av passivhus
- Kvalitetssikring av energistrategi, energiregnskap osv. ved milepæler i prosjektet
- Oppfølging ved å være tilgjengelig for de prosjekterende (epost, møter, telefon)
- Opplæring av håndverkere på byggeplass

Rådgivningen kan utføres av Enovas rådgiverteam eller andre kompetente rådgivere som er godkjent av Enova.



Mer informasjon om Enovas støtteordninger finner du på www.enova.no. Nedlastbare brosjyrer, blant annet brosjyren "Støtte til passivhus og lavenergibygg", finner du under Publikasjoner.

Støtteprogrammer for området bygg

Programmene bygger opp under Enovas mål om å effektivisere energibruken i bygninger og skal bidra til varige markedsendringer:

1. Støtte til utredning av passivhus
2. Støtte til passivhus og lavenergibygg
 - Investeringsstøtte passivhus
 - Investeringsstøtte lavenergibygg
 - Rådgiving ved bygging av passivhus
3. Støtte til eksisterende bygg og anlegg
 - Investeringsstøtte til planlagte tiltak i bygg og anlegg

Future built

Programbeskrivelse

Menneskeskapte klimaendringer er en av de største utfordringene vi står overfor, og våre utslipp av klimagasser må reduseres dramatisk. Dette får store konsekvenser for byutvikling og arkitektur.

FutureBUILTs visjon er å vise at det er mulig å utvikle klimanøytrale byområder og arkitektur med høy kvalitet. Målet er å realisere forbildeprosjekter – både områder og enkeltbygg – som skal redusere klimagassutslipp med minimum 50 prosent innen områdene **transport, energibruk og materialbruk**.

Dette betyr:

- God lokalisering i forhold til høyfrekvent kollektivknutepunkt og tiltak for vesentlig redusert bilbruk
- Passivhusnivå eller tilsvarende
- Bruk av klimaeffektive byggematerialer

Det tas sikte på å øke ambisjonsnivået gradvis, med klimanøytralitet som langsiktig målsetning. Forbildeprosjektene i FutureBuilt skal også bidra til et godt bymiljø med gode livskvaliteter, og ha høy arkitektonisk og miljømessig kvalitet.

FutureBuilt er et tiårig program som går fram til 2020. Programmet er en arena for kompetanseutvikling og innovasjon og et utstillingsvindu nasjonalt og internasjonalt. FutureBuilt er en del av Framtidens byer.

Kvalitetskriteriene for Future built

Kvalitetskriteriene i FutureBuilt angir ambisjonsnivået for forbildeprosjektene som inngår i programmet. Forbildeprosjektene skal minimum redusere klimagassutslippene med 50 prosent.

FutureBuilt kvalitetskriterier angir ambisjonsnivået for forbildeprosjektene som inngår i programmet. Kriteriene er dynamiske og vil bli videreutviklet i programperioden.

Hovedkriterium

På kort sikt skal det realiseres prosjekter med 50 prosent reduksjon av klimagassutslipp fra transport, energibruk og materialbruk i forhold til dagens praksis.

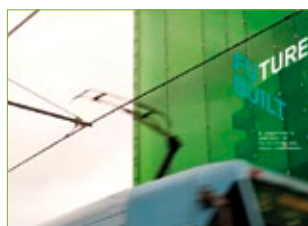
Dette betyr:

- God lokalisering i forhold til høyfrekvent kollektivknutepunkt og tiltak for vesentlig redusert bilbruk
- Passivhusstandard eller tilsvarende
- Bruk av klimaeffektive byggematerialer

Det tas sikte på å øke ambisjonsnivået gradvis gjennom utstillingsperioden, med klimanøytralitet som langsiktig målsetning.

Øvrige kriterier

Forbildeprosjektene i FutureBuilt skal bidra til et godt bymiljø med gode livskvaliteter.



Prosjektene skal ha høy arkitektonisk og miljømessig kvalitet.

Prosess og arbeidsmåte

For å oppfylle ovennevnte kriterier må det:

- Utarbeides kvalitetsprogram med tydelige miljø- og kvalitetsmål for hvert prosjekt
- Avholdes arkitekturkonkurranser
- Utarbeides klimagassregnskap som en integrert del av planleggings- prosjekterings- og byggeprosessen.
- Fokuseres på tverrfaglighet og integrert design fra et tidlig stadium av planleggings- og prosjekteringsprosessen
- Innhentes miljødokumentasjon for de viktigste bygningsproduktene (EPD)

Det oppfordres også til:

- Å gjennomføre gode medvirkningsprosesser, der forbildeprosjektene berører eksisterende by- og bomiljøer
- Bruk av bygningsinformasjonsmodeller (BIM) for å sikre god informasjonsflyt og høy kvalitet

For utfyllende informasjon, se: Mal for kvalitetsoppfølgingsplan i FutureBuilt, Konsept for arkitekturkonkurranser i FutureBuilt /18/.

Tilbud fra Futurebuilt til utbyggerne

De utbyggerne (kommunale og private) som går inn i FutureBuilt vil få betydelig kompetanseheving og vil bli synlige som innovative og framtidrettede aktører som tar samfunnsansvar.

Utbyggerne kan få:

- Gratis support fra fagekspertise innenfor temaene som dekkes av kvalitetskriteriene
- Tilbud om kompetanseutvikling gjennom FutureBuilts fagutviklingsprogram som omfatter prosjektsamlinger, studieturer, seminarer og frokostmøter
- Smidig kommunal saksbehandling
- Bistand til å utløse energitilskudd og andre utviklingstilskudd
- Tilbud om kobling av byggeprosjektet til FOU-prosjekter innenfor praktisk forskning
- Omdømmebygging og mediaprofilering

Faglig oppfølging og rådgivning

FutureBuilt vil etablere et tilbud for faglig oppfølging og rådgivning rettet mot utbyggere og prosjekteringsteam som knyttes til de mest sentrale temaene i kvalitetskriteriene:

- Transport- og mobilitetsplanlegging
- Stasjonær energibruk og energistystemer
- Materialbruk
- Klimagassberegninger
- Miljø- og kvalitetsprogrammering og oppfølging

Rådgiving vil skje gjennom workshops, prosjektsamlinger og løpende støtte.

I tillegg vil forbildeprosjektene få tilgang til et fagutviklingsprogram med kurs, seminarer, konferanser og studieturer knyttet opp til de temaene som omhandles i FutureBuilts kvalitetskriterier. Dette er et tilbud som er åpent også for andre interesserte i bransjen.

For mer informasjon se /18/.



Eiendomsbransjens nettverk for miljøkunnskap og handling

Grønn Byggallianse (GBA) er et miljønettverk bestående av de største utbyggerne og forvalterne i Norge. Alliansen er en arena for aktive utbygger som ønsker å være i front på miljøområdet. GBA er et kompetanse- og informasjonssenter for medlemmene og myndighetenes sparringpartner i byggenæringen innen miljøspørsmål. 42 av Norges største eiendomsaktører, med en bygningsmasse på over 25 millioner kvadratmeter, er i dag medlemmer i Grønn Byggallianse.

Utgitt av:



Kongens gate 9, 0153 Oslo
E-post: post@byggalliansen.no
Web: www.byggalliansen.no

Daglig leder

Erik A. Hammer
Tlf.: +47 909 83 275
erik.hammer@byggalliansen.no



Rådgiver

Katharina Th. Bramslev
Tlf.: +47 977 58 897
katharina.bramslev@byggalliansen.no



Rådgiver

Arne Førland-Larsen
Tlf.: +47 957 86 601
af@iha.dk

