

Energikonsept for et nytt kontorbygg

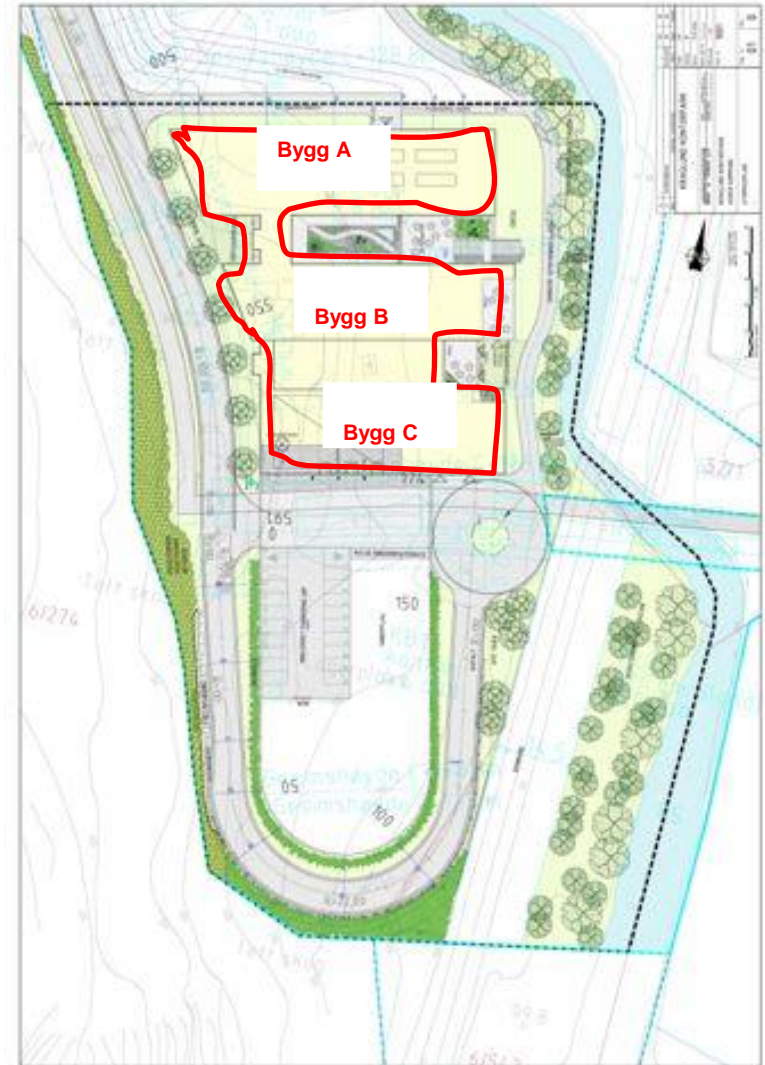
Casestudie: Hagaløkkveien 28 i Asker

- **Generell informasjon om bygget**
- **Byggets utforming**
- **Opprinnelig energimål (faktor 2)**
- **Utvidet energimål**
- **Resultater**



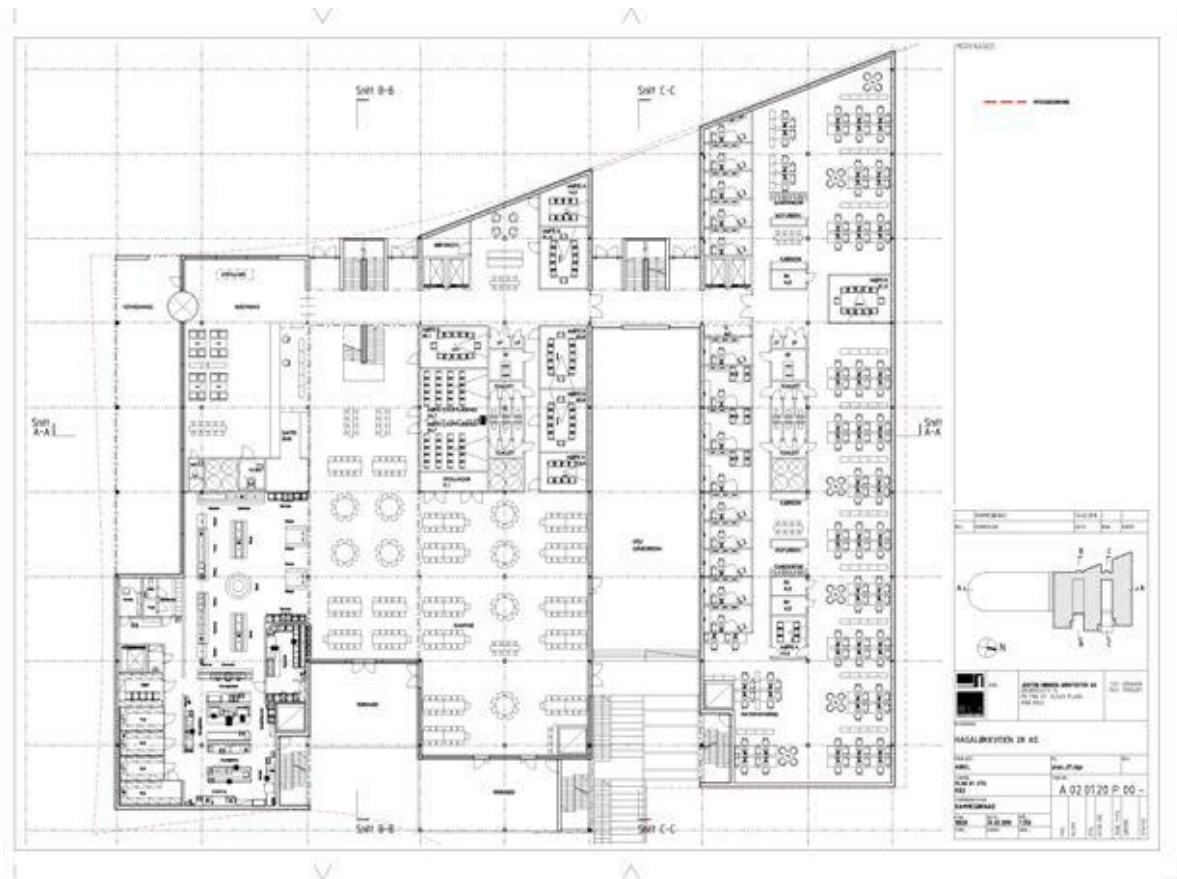
Eie- og driftsforhold

- Eier: Ferd
- Utbygger: Skanska
- Leietager: Aibel AS ønsker å samlokalisere sin virksomhet i Oslo-området og vil leie hele bygget.



Byggets utforming

- Bygget går over 7 planer med 5 etasjer over bakkeplan og 2 underetasjer.
- Oppvarmet bruksareal er ca. 13.500 m².
- Bygget vil bestå i sin helhet av kontorer, med en kantine og storkjøkken på plan 1 og et trimsenter på U1.
- Parkeringsplasser ligger på U2.



Opprinnelig energimål (faktor 2)

- Kravspesifikasjon for bygget
- Gjeldende energikrav
- Samsvar mellom kravspesifikasjon og gjeldende energikrav
- Sammenligning med eksisterende bygninger

Opprinnelig energimål (faktor 2)

Forskrift	Forskriftens krav	Intensjon Hagaløkkveien 28	Samsvar mellom forskriften og intensjon?
TEK07 Energiramme	Netto energibehov $\leq 165 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$	Lvert energi $\leq 154 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$	Ja ¹⁾
TEK10 Energiramme	Netto energibehov $\leq 150 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$	Lvert energi $\leq 154 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{år}$	Ja ¹⁾
Minstekrav	Isolasjon av rør, utstyr og kanaler	Isolasjon av tekniske rør, utstyr og kanaler inngår i tilbudsforespørsel fra Hjellnes Consult AS	Ja
Minstekrav	Avindu * Uvindu $\leq 0,24$	Avindu = 20,7% Uvindu = $1,1 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ Avindu * Uvindu = 0,228	Ja
Minstekrav	Total solfaktor $g_t \leq 0,15$ på solbelastet fasade	Glasstype er ikke bestemt. Utvendig solavskjerming i form av persienner på alle solbelastede fasader/tak	Ja
Energiforsyning	Ikke fossilt brensel til grunnlast	Vann-til-vann varmepumpe basert på grunnvarme	Ja
Energiforsyning	Minimum 60 % av netto varmebehov kan dekkes med alternativ energiforsyning	Varmepumpe dimensjonert for å dekke 80% av rom- og ventilasjonsoppvarming, samt 100% av varmtvannsoppvarming og kjøling	Ja

Parameter	Enhet	Bygg		
Navn		Aibel	Bravida	Hagaløkkveien 28
Sted		Sandnes	Fredrikstad	Asker
Antall graddager Normal 61-90		3.565	3.885	4.335
Byggeår		2006	2002	Planlagt ferdig 2011
U-verdi gulv	[W/(m ² ·K)]	0,14	0,15	0,08
U-verdi vegg	[W/(m ² ·K)]	0,22	0,20	0,18
U-verdi yttertak	[W/(m ² ·K)]	0,16	0,20	0,13
Vindu:				
U-verdi	[W/(m ² ·K)]	1,25	1,60	1,10
g-verdi glass	[%]	33	48	33
lystransmisjon	[%]	48	71	66
Glassfelter: U-verdi	[W/(m ² ·K)]	-	1,40	1,10
g-verdi glass	[%]	-	32 (øst); 60 (vest)	33
Lystransmisjon	[%]	-	60 (øst); 80 (vest)	66
Glasstak: U-verdi	[W/(m ² ·K)]	1,60	1,40	n.å.
g-verdi glass	[%]	56	60	n.å.
Normalisert kuldebroverdi	[W/(m ² ·K)]	0,06	0,12	0,06 (mål)
Lekkasjetall ved 50Pa, n ₅₀	[h ⁻¹]	1,00	1,5 (TEK 1997)	1,0 (mål)
Varmetapstall uten ventilasjon	[W/(m ² ·K)]	0,41	0,71	0,49 ¹⁾
Varmetapstall	[W/(m ² ·K)]	0,84 ²⁾	1,25 ²⁾	1,03 ³⁾

Parameter	Enhet	Bygg		
Navn		Aibel	Bravida	Hagaløkkveien 28
Bygningsform		Nesten kvadratisk	Rektangulær	Består av 3 fløy
Orientering hovedfasadene		Øst - vest	Øst - vest	Syd - nord
Beliggenhet		Fritt uten tilliggende nabobygg	Fritt uten tilliggende nabobygg	Fritt uten tilliggende nabobygg
Antall etasjer over bakkeplan		6	3	5
Antall underetasjer		1	0	2
Oppvarmet bruksareal (BRA)	[m ²]	23.300	5.677	11.821 ¹⁾ 13.500 ²⁾
Oppvarmet romvolum	[m ³]	80.680	17.785	41.924 ¹⁾
Fasadeareal, inkludert glass- og vindusareal	[m ²]	5.262	3.045	6.557 ¹⁾
Samlet glass-, vindus- og dørareal	[m ²]	2.816	1.081	2.452 ^{1) 3)}
Antall faste arbeidsplasser		1.000	92	754
Fasadeareal / Oppvarmet romvolum	[m ² /m ³]	0,065	0,171	0,156
Surface-to-volume ratio	[m ² /m ³]	0,16	0,41	0,31
Samlet glass-, vindus- og dørandel	[%]	12,08	19,0	20,7 (11.821) 18,2 (13.500)
Arealeffektivitet	[m ² /arb.pl.]	23,3	61,7	15,7 (11.821) 17,9 (13.500)

Parameter	Enhet	Bygg		
Navn		Aibel	Bravida	Hagaløkkveien 28
Energiforsyning		Fjernvarme Fjernkjøling Elektrisitet	Varmepumpe Oljekjel Solfanger (ikke i bruk) Elektrisitet	Varmepumpe Back-up oppvarming? Elektrisitet
Vannbåren varme		Ja	Ja	Ja
Oppvarming				
• Ønsket romtemperatur	[°C]	I området 20-23°C	I gjennomsnitt 23°C	Min 20°C Maks 24°C Natt 15°C
Ventilasjon				
• Spesifikk • luftmengde i brukstiden	[m ³ /(h·m ²)]	8,6	7,4	Kontor: 12 Møterom: 20 80% samtidighet
• Spesifikk • luftmengde utenfor brukstiden	[m ³ /(h·m ²)]	Redusert kapasitet 0,86 ¹⁾	0	Min. innstilt verdi (forutsatt 30% av dimensjonerende luftmengde?)
Brukstid	[timer/uke]	85	75	60

Parameter	Enhet	Bygg		
Navn		Aibel	Bravida	Hagaløkkveien 28
Styring		Behovsstyring Bevegelsesdetektor i cellekontorer CO ₂ -føler i landskap	Behovsstyring Bevegelses-detektor i cellekontorer	Behovsstyring Bevegelsesdetektor i cellekontorer CO ₂ -føler i landskap +temperaturføler
Kanalføring for avtrekksluft		Ingen kanalføring	Tradisjonell kanalføring	n.a.
Type varmegjenvinner		Econet	Roterende	Kantine: kryss Kontor: roterende
Temperatur-virkningsgrad på varmegjenvinner, gjennomsnitt	[%]	64 (nominell verdi)	61 (registrert ved SD-anlegg)	Kantine: 65 Kontor: 80
Antatt SFP	[kW/(m ³ /s)]	2,0	2,0	2,0
Kjøling				
Lokal romkjøling		Nei	Ja	Ja
Kan oppvarming og kjøling benyttes samtidig?		Nei	Nei	Nei

Parameter	Enhet	Aibel	Bygg	Hagaløkkveien 28
Navn		Aibel	Bravida	Hagaløkkveien 28
Belysning				
• Installert effekt	[W/m ²]	10	7,1	15
• Styring		Bevegelses-detektor i cellekontorer	Bevegelses-detektor i cellekontorer Manuell stryking i korridor og gangarealer	Behovs-styring Bevegelses-detektor i cellekontorer
Utstyr				
• Installert effekt • Kontor	[W/m ²]	6	2	20
• Installert effekt • Serverrom	[kW]	50	20 (antatt)	0 (datasentral er ute av huset)
Tilstedeværelse				
• Brukstid	[timer/uke]	85	40	60 (12 timer, 5 dager i uken)

Parameter	Enhet	Bygg		
Navn		Aibel	Bravida	Hagaløkkveien 28
Sted		Sandnes	Fredrikstad	Asker
Klimasone iht. byggeforskrift av 1969 ¹⁾		Sone IV	Sone III	Sone III
Antall graddager Normal 61-90		3.565	3.885	4.335
Leverert energi, planlagt	[kWh/(m ² ·år)]	108 ²⁾	100	154
Leverert energi, målt	[kWh/(m ² ·år)]	131 ³⁾	140	-
Leverert energi, termisk formål	[kWh/(m ² ·år)]	46	36	-
Leverert energi, el.spesifikk	[kWh/(m ² ·år)]	85	104	-
Leverert energi, graddagskorrigert	[kWh/(m ² ·år)]	134	144	-
Leverert energi, simulert	[kWh/(m ² ·år)]	132	144	154
Netto energibehov Reelle driftbetingelser	[kWh/(m ² ·år)]	126	194	176
Netto energibehov ved normert drift og Oslo klima ⁴⁾	[kWh/(m ² ·år)]	171	227	143
Netto energibehov ved normert drift ≤165kWh/(m ² ·år)? ⁵⁾		Nei	Nei	Ja
Netto energibehov ved normert drift ≤ 150kWh/(m ² ·år)? ⁶⁾		Nei	Nei	Ja

Skanskas åtte grep som må ivaretas for å bygge energieffektivt:

1. Optimal utforming og plassering av bygningen
2. God lufttetthet
3. God varmeisolasjon
4. Effektiv ventilasjon med varmegjenvinning
5. Redusert el-bruk til utstyr og belysning
6. Passiv oppvarming og kjøling
7. Bevisstgjøring av energiforbruk for brukere og driftspersonalet
8. Valg av miljøvennlig og effektivt energiforsyningssystem

Skanska utarbeidet i september 2009 et notat ved navn *Energistrategi Kraglund kontorbygg*

Grep 1. Optimal utforming og plassering av bygningen

Surface-to-volume ratio = 0,31

Kommentarer

Surface-to-volume ratio $< 0,2$ anses som svært energieffektivt. Verdien 0,31 kan bedømmes som energieffektiv. Utformingen anses som låst på nåværende tidspunkt.

Grep 2. God lufttetthet

Lekkasje-tall.
Fastsatt mål for $n_{50} = 1,0$ oms/t.

Kommentarer

Det er ikke mulig å forutsi lekkasjetallet. Sluttresultatet er avhengig av utførelsen på byggeplassen. Målet som er fastsatt her er lavere enn forskriftens krav og kan sies å være ambisiøst. Det er mulig å oppnå lavere tall enn 1,0 oms/t., men energibudsjettet bør helst baseres på et "konservativt" anslag. Det brukes 1,0 oms/t i beregningene. Betydning av et lavere lekkasje-tall simuleres (0,8 og 0,6 oms/t.)

Grep 3. God varmeisolasjon

<p>U-verdi vegg 0,18 W/(m²·K)</p>	<p>Kommentarer Forskriftsnivå TEK07 og TEK10. Isolasjonsnivået til veggene anses som låst på nåværende tidspunkt og U-verdi lik 0,18 W/(m²·K) brukes i beregningene.</p>
<p>U-verdi gulv 0,08 W/(m²·K)</p>	<p>Kommentarer Passivhusnivå. Det er uklart hvilket gulv dette gjelder for. Gulvet til første plan er etasjeskilleren mellom parkeringsplan i U1 og 1.etasje. Beregningene kjøres med en U-verdi lik 0,25 W/(m²·K) og en vintertemperatur i U1 på 10°C.</p>
<p>U-verdi yttertak 0,13 W/(m²·K)</p>	<p>Kommentarer Forskriftsnivå TEK07 og TEK10 Isolasjonsnivået til yttertak anses som låst på nåværende tidspunkt og U-verdi lik 0,13 W/(m²·K) brukes i beregningene.</p>
<p>Normalisert kuldebroverdi lik 0,06W/(m²·K)</p>	<p>Kommentarer Intensjon iht. forskriftsnivå TEK07 og TEK10. Det er behov for detaljert beregning ved overgangsdetaljer.</p>

Grep 3. God varmeisolasjon

Kommentarer

Varmetapstall uten ventilasjon er lik $0,49 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ og vinduene/glassfelt utgjør $0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, altså 47% av varmetapstallet uten ventilasjon.

U-verdi vinduer
 $1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Ved å velge vinduer med U-verdi lik $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ kan varmetapstallet uten ventilasjon reduseres til $0,43 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Vinduene/glassfelt utgjør da $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, altså 39% av varmetapstallet uten ventilasjon.

Valg av vindustyper anses som IKKE låst. Energiberegningene kjøres med forskjellige U-verdier for vinduene.

Kommentarer

20% glassandel

Glassandelen ligger på ca. 20% og kan sies å være fornuftig.

Vindushøyden mot kontorarealer er vanskelig å redusere av hensyn til dagslysbehov. Vindusfeltene mot syd og vest i 1.etasje kan evt. bygges med brystning. Glassfeltene mot glassgård anses som vanskelig å endre av hensyn til behov for dagslys inntrenging til de innvendige arealene.

Er fasadetegningene låst på nåværende tidspunkt? Eksisterende fasadetegninger brukes i beregningene. Betydning av mindre vindushøyder på plan 1 simuleres.

Grep 4. Effektiv ventilasjon med varmegevinst

Kommentarer

Valg av lavemitterende materialer/behandlinger av alle overflater er et forskriftskrav i TEK10 (§ 13-1. Generelle krav til ventilasjon, ledd 2, Pkt g, Materialer og produkter skal ha egenskaper som gir lav eller ingen forurensning til inneluften)

Materialvalget er foreløpig ukjent. Kravet må videreformidles til materialleverandørene. Det er behov for dokumentasjon av emisjoner fra materialet.

Materialvalg

Etterbehandlings- og rengjøringsprosedyrer, samt prosesser, vil også kunne påvirke ventilasjonsbehovet og må velges, i likhet med materialene, slik at de gir minst mulig uønskede emisjoner til inneluften.

Luftmengde i brukstid er satt lik $10\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ i beregningene, dvs. 80% av dimensjonerende luftmengde på $12\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$.

Materialvalget kan tillatte mindre ventilasjonsmengder enn det som brukes i beregningen. Parameter er vanskelig å kontrollere og er derfor ikke medregnet. Verdien på $10\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ tilfredsstiller ventilasjonsbehovet for "ikke lavt forurensende bygning" oppgitt i NS-EN 15251:2007

Kommentarer

Kravspesifikasjon fra Hjellnes Consult nevner at alle rom og soner i prinsippet har behovsstyrt ventilasjon.

Behovsstyrt ventilasjonsanlegg

Hensikten med å bruke behovsstyring for driften av ventilasjonsanlegget er prisverdig. Det finnes imidlertid forskjellige styringsprinsipper for ventilasjonsanlegg med behovsstyring (timer, trykkstyring, mengderegulering, kontinuerlig innregulering osv.). Disse har ulik effektivitet, både i forhold til den totale luftmengden som går gjennom viften og i forhold til luftmengdene som blir fordelt til hvert rom.

Frekvensen som viftemotoren opererer med er som regel registrert i SD-anlegget og kan omregnes til den totale luftmengden som går gjennom viften. Men det finnes lite dokumentasjon om luftfordelingen mellom rommene i bruksfasen er slik den var tenkt i prosjekteringsfasen. Byggherren må forsikre seg at SD-anlegget leveres med mulighet for kontroll av den totale luftmengden gjennom viften og kontroll av luftmengde til hver rom (i det minste med mulighet for avlesning av spjeld posisjon til enhver tid), slik at man legger til rette for etterevaluering av dette tiltaket.

Luftmengde i brukstid er lik $10\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ i beregningene, dvs. 80% av dimensjonerende luftmengde på $12\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$. Potensialet for behovsstyring utenom brukstiden beregnes for noen alternativer.

Kommentarer

Årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for gjenvinnere = 80%

Kravspesifikasjonene fra Aibel og Hjellnes Consult nevner at minimum virkningsgrad skal være 80%. Det er uklart om kravspesifikasjonene refererer til årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for gjenvinnere.

En årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad lik 80% tilsvarer forskriftsnivå i TEK10. Det finnes lite dokumentasjon på at så høy virkningsgrad oppnås over tid ved reelle driftsforhold. Byggherren må forsikre seg at leverandøren kan dokumentere/ garantere at den årsgjennomsnittlige temperaturvirkningsgrad blir 80% ved reelle driftsforhold.

En årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad lik 80% brukes i beregningene.

<p>SFP-faktor på maks 1,5 kW/(m³/s)</p>	<p>Kommentarer Kravspesifikasjon fra Hjellnes Consult nevner at luftbehandlingsanleggene skal ha SFP-faktor ved dimensjonerende luftmengde mindre eller lik 2,0 kW/(m³/s) ved nye filter og 300Pa eksternt trykkfall. Siden ventilasjonsanleggene skal behovsstyres kan man forvente at SFP vil ligge under 2,0 kW/(m³/s) ved vanlig drift. Kravspesifikasjon fra Hjellnes Consult nevner imidlertid ikke målet på 1,5 kW/(m³/s).</p> <p>For å oppnå SFP lik 2,0 kW/(m³/s) ved igangsetting av ventilasjonsanlegget må det prosjekteres for en lavere SFP (ta høyde for uforutsette endringer ved utførelse). Videre er det behov for å beregne eksternt trykkfall i prosjekteringsfasen.</p> <p>Hensikten med behovsregulering av ventilasjon er å redusere energibruk til klimatisering av ventilasjonsluften, energibruk til viftdrift og energibruk til øvrig drift av luftbehandlingsanlegget. NS 3031 tillater at gjennomsnittlig luftmengde i driftstiden reduseres med 20% i forhold til dimensjonerende luftmengde hvis ikke nærmere beregninger eller simuleringer gjøres. Formelverk fra NS 3031 der vifteeffekten kan beregnes ut i fra forholdet mellom ventilasjonsluftmengde i driftstiden og dimensjonerende luftmengde er uavhengig av reguleringsprinsippet som velges (trykkstyring, mengderegulering eller kontinuerlig innregulering) og virker uøyaktig. Reell energibruk til viftdrift som funksjon av tilført luftmengde er sjeldent målt og er lite dokumentert. Følgende spørsmål trenger avklaring: Hvilket styringsprinsipp skal velges? Byggherren må forsikre seg at leverandøren av ventilasjonsanlegget og leverandøren av automatikken kan dokumentere/ garantere den reelle energibruken til viftdrift, og at SD-anlegget leveres med mulighet for måling av vifteeffekt og måling av den totale luftmengden gjennom viften.</p> <p>Energiberegningene kjøres med forskjellige SFP-faktorer. Men det beregnes med uendret effektuttak ved viften i brukstiden.</p>
<p>SPP-faktor på maks 1,0 kW/(l/s)</p>	<p>Kommentarer Energiberegningene kjøres med SPP-verdiene oppgitt i NS3031, tillegg I.</p> <p>Standarden opererer med SPP-faktor lavere enn 1,0 kW/(l/s).</p>
<p>Energibruk til belysning 15 kWh/m².år Installert effekt 5 W/m² Energibruk til utstyr 34 kWh/m².år Installert effekt 11 W/m² Sum lys og utstyr = 49 kWh/m².år</p>	<p>Kommentarer Målte verdier fra Miljøbudget i Prof.Brochs qt.2 (tatt i bruk i september 2009) viser at el. forbruk til hhv. belysning og stikkontakter varierer fra 10 til 22 kWh/m².år (belysning) og fra 12 til 32 kWh/m².år (øvrig el) mellom de forskjellige kontorarealene. Det finnes en etasje i Miljøbudget der sum lys og utstyr er lik ca. 27 kWh/m².år. Det er fullt mulig å ha en lavere el.forbruk til lys og utstyr enn 49 kWh/m².år. Trenden går mot lavere forbruk til disse formålene. Det må imidlertid tas høyde for at en andel spesifikk el.forbruk som er nødvendig for å drifte budget, ikke oppstår i arealene dedikert til arbeidsplasser (for eksempel datasentral, nødlys, heis osv.). Dette forbruket påvirker ikke varmebalansen som energiberegningene bygger på men er likevel tilstedet og vil bli målt når energibruken i driftsfasen kontrolleres.</p> <p>Valg av belysningsarmatur og datautstyr anses som IKKE låst. Energiberegningene kjøres med forskjellige interne belastninger.</p>

Grep 6. Passiv oppvarming og kjøling

Eksponert
betongtak

Kommentarer

Tiltaket er tatt i bruk i noen nyere energieffektive prosjekter for å dempe temperatursvingninger i bygget, blant annet i Miljøbygget i Prof. Brochs gt.2 i Trondheim og i det nye kontorbygget til Bellona i Oslo. Erfaringer så langt fra Miljøbygget viser at det ikke er behov for kjøling utover ventilasjonskjøling i vanlige kontorarealer.

Valg av himlingstype anses som IKKE låst. Energiberegningene kjøres med forskjellige dekningsprosjenter for betongdekke.

Utvendig
solskjerming

Kommentarer

Utvendig solskjerming brukes i beregningene. Disse har automatisk styring og går ned når solintensiteten på fasaden er høyere enn 200W/m².

Grep 7. Bevisstgjøring av energiforbruk for brukere og driftspersonalet

<p>Valg av vaktmester eller vaktmestertjeneste</p>	<p>Kommentarer</p> <p>Erfaring fra Bassengbakken [2] viser at en oppvakt vaktmester kan påvirke den reelle energibruken. Byggherren må sørge for at et system for energioppfølging etableres og brukes.</p> <p>Energiberegningene kjøres med optimal driftsstyring.</p>
<p>Informasjonsstrategi til brukere</p>	<p>Kommentarer</p> <p>Hvordan skal energibruken meldes tilbake til brukere? Skjerm som viser energibruken per etasje eller per område? Regelmessig tilbakemelding (ukentlig / månedlig / kvartalsvis) via e-post? Fast punkt på agenda ved interne møter?</p> <p>Energiberegningene kjøres med optimal driftsstyring.</p>

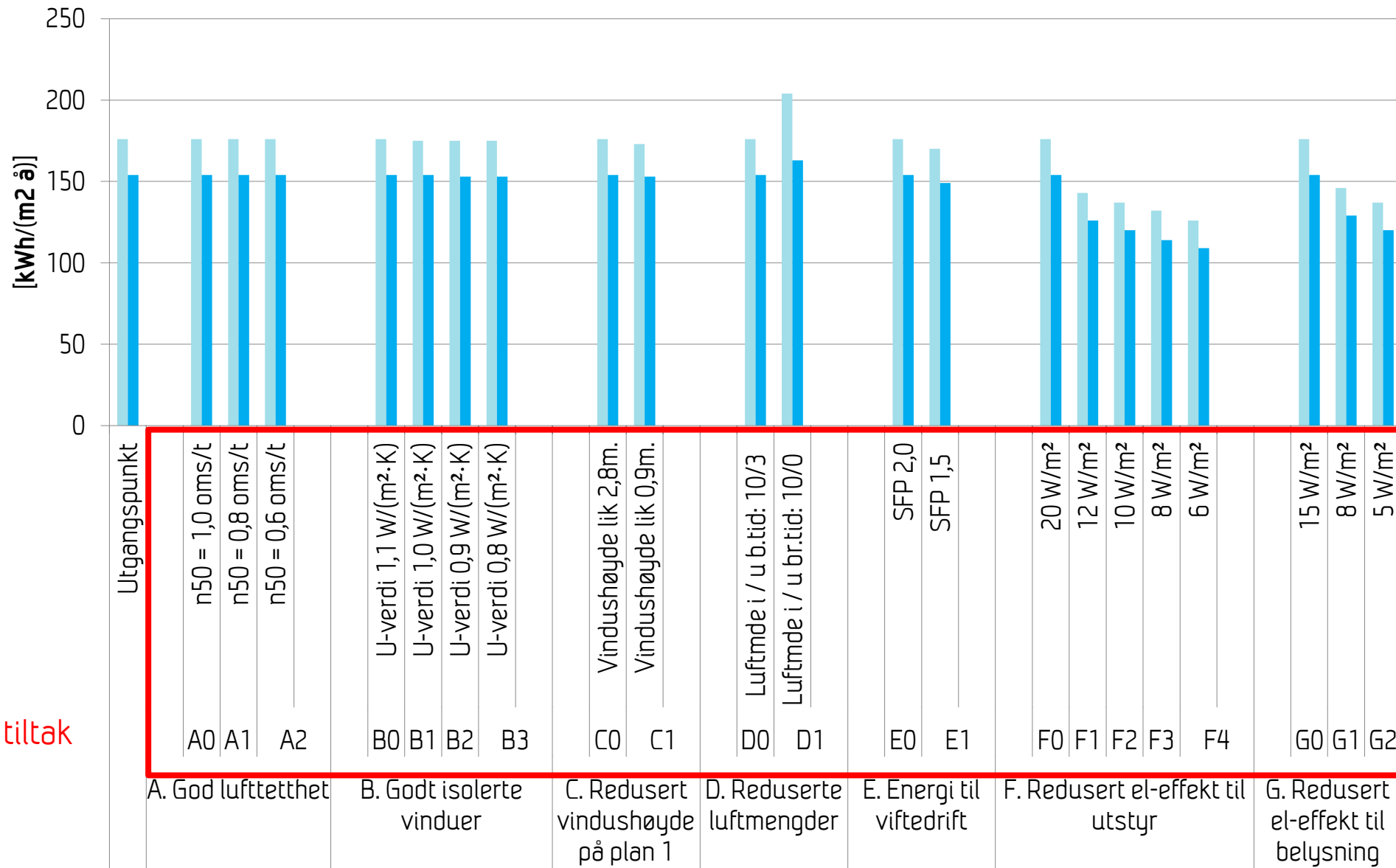
Grep 8. Valg av miljøvennlig og effektivt energiforsyningssystem

Valg av varmepumpe

Kommentarer

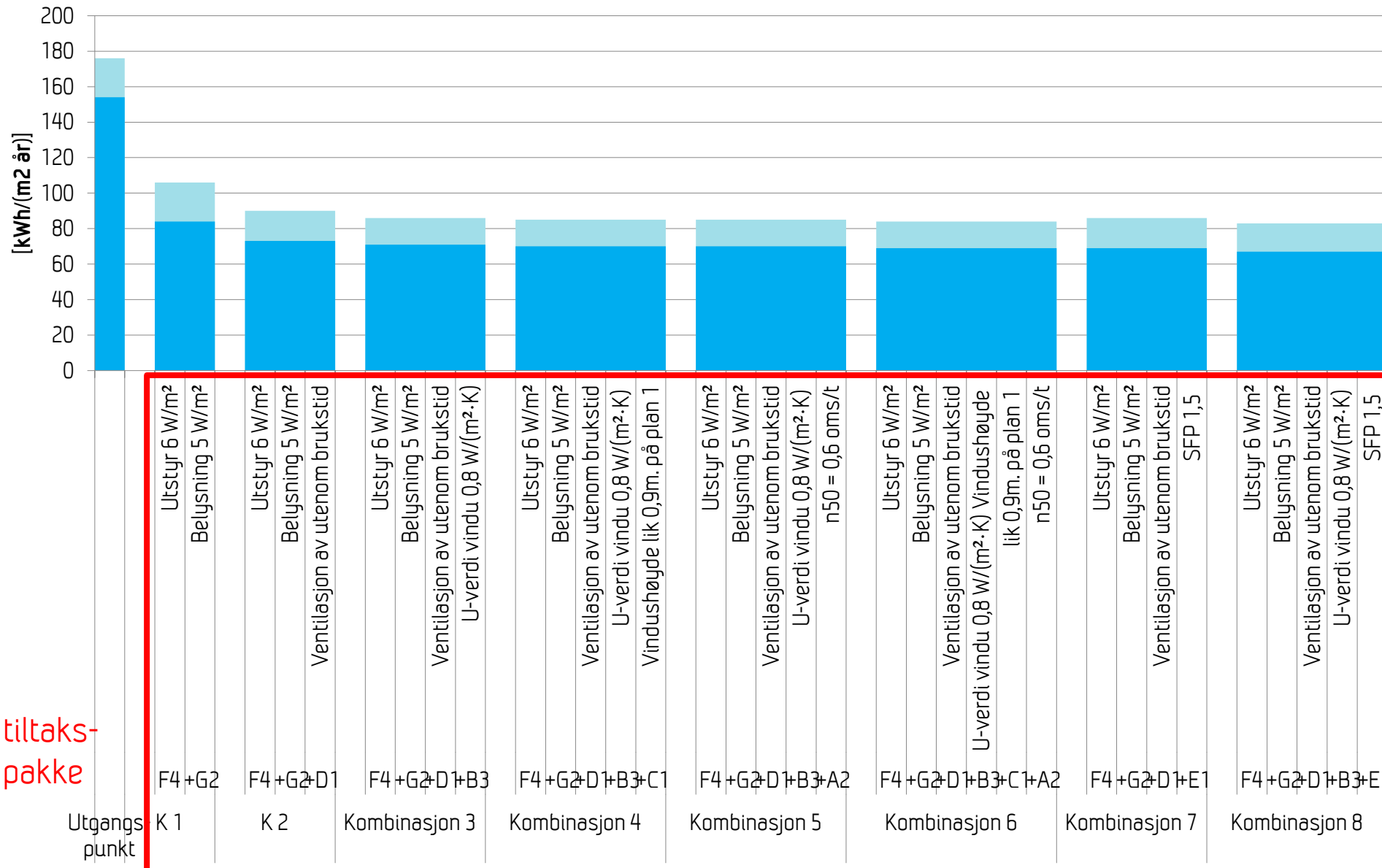
Byggets termisk energibehov blir dekket via varmepumpe. Hvilken andel varmepumpen klarer å håndtere vil avhenge av klimatiske og driftsforhold. Byggherren må forsikre seg om at varmepumpens leverandør kan dokumentere virkningsgraden (COP) til varmepumpen, og at SD-anlegget leveres med mulighet for måling av vannmengder og temperaturer (mulighet for å etterprøve varmepumpens termisk leveranse til bygget).

I beregningene dekker varmepumpe 80% av varmebehovet (både romoppvarming og ventilasjonsoppvarming) og 100% av kjølebehovet (både romkjøling og ventilasjonskjøling).



tiltak

Netto energibehov Levert energi



tiltaks-
pakke

Resultater

- Tabell 9 viser at rekkefølgen på de tre postene som havner øverst i energibudsjettet blir dynamisk og at hvert tiltak merkes.
- Når netto energibehovet blir lav nok (under 100 kWh/m²·år.) vil hver energipost være så liten at det er behov for en betydelig innsats for å optimalisere energibruken ytterligere.
 - Pareto's prinsippet (80/20 regelen) betyr at man antar at 80% av virkningene kommer av 20% av årsakene, eller at man med 20% innsats får 80% av det beste oppnåelige resultat.
 - Prinsippet kan sies å gjelde også for energieffektivisering av bygg.
- Det er svært kostbar å hente energisparepotensialet som ligger igjen etter at det mest åpenbart og overflødig er skummet bort.

Resultater

- Kombinasjon 1 og 2 anses som fullt mulig å realisere, til en minimal kostnad.
- Netto energibehovet til utstyr og lys som er lagt til grunn i beregningene ligger noe høyere enn det som er faktisk målt i deler av Miljøbygget i Trondheim.
- Tallene er fullt oppnåelig ved bruk av dagens teknologi.
- Natt- og helgestans av ventilasjonsanlegget anses også som et svært enkelt tiltak å iverksette for et nytt ventilasjonsanlegg med sentral driftskontroll.
- Tiltaket er per i dag noe kontroversielt siden dagens forskrift (TEK 10) fastsetter at en minste friskluftmengde lik $0,7\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ må tilføyes yrkesbygg når disse ikke er i bruk.
- Bakgrunnen for dette kravet er begrunnet i svært liten grad og bygger ikke på anerkjente forskningsresultater.

Resultater

- Kombinasjoner 3, 4, 5, 6, 7 og 8 er beregnet for å vise hvordan energibruken kan optimaliseres, men tiltakene blir sannsynligvis ikke lønnsomme i forhold til energibruken.
- Investering i vinduer med svært lav U-verdi eller felles innsats på byggeplass for å oppnå et lav lekkasjetall gir en marginal utbedring på hele energibruken.
- Men tiltakene kan ha betydning for den opplevde termiske komforten og kan forsvares av andre hensyn enn selve energimålet.
- Møbleringsmuligheter og fleksibilitet i romløsningene blir større når faste arbeidsplasser kan ligge helt inntil vinduer.