



Krav til energieffektivitet ved energirammer (totalt netto energibehov)

Byggforskserien

Byggdetaljer – juni 2011

471.024

0 Generelt

01 Innhold

Denne anvisningen forklarer og gir eksempel på hvordan man dokumenterer at krav til energieffektivitet ved energirammer (totalt netto energibehov) er oppfylt i henhold til forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK10). Anvisningen gir ikke en fullstendig beskrivelse av hvordan beregning av netto energibehov for bygninger skal utføres, men utdyper hvordan standarder og forskrift skal forstås og benyttes ved dokumentasjon av bygningers energieffektivitet.

Oversikt over energikravene til bygninger og andre energikrav vedrørende energiforsyning og fjernvarme er gitt i Byggdetaljer 471.018.

02 Henvisninger

Lov om planlegging og byggesaksbehandling (pbl)
Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK10) med veiledning

Standarder:

NS 3031 Beregning av bygningers energiytelse – Metode og data

NS 3940 Areal- og volumberegning av bygninger

NS-EN 13829 Bygningers termiske egenskaper – Bestemmelse av bygningers luftlekkasje – Differanstrykkmetode

NS-EN 15193 Bygningers energiytelse – Energiforbruk i lysanlegg

NS-EN 15265 Bygningers energiytelse – Beregning av bygningers energibehov til romoppvarming og -kjøling – Generelle kriterier og valideringsprosedyrer

NS-EN ISO 13790 Bygningers termiske egenskaper – Beregning av bygningers energibehov til romoppvarming

Byggdetaljer:

471.008 Beregning av U-verdier etter NS-EN ISO 6946

471.009 Beregning av U-verdi og varmestrøm for konstruksjoner mot grunnen etter NS-EN ISO 13370

471.010 Varmekonduktivitet og varmemotstand for bygningsmaterialer

471.011 U-verdier. Etasjeskillere

471.012 U-verdier. Vegger over terreng

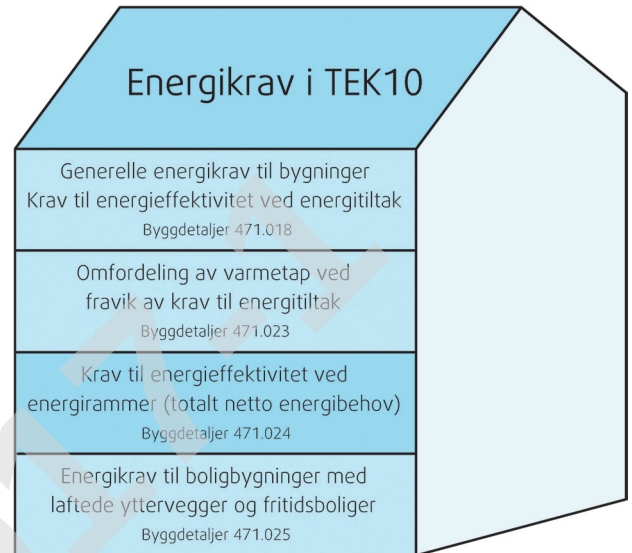
471.013 U-verdier. Tak

471.014 U-verdier. Bygningsdeler under terreng

471.016 Kuldebroer. Metoder for å bestemme kuldebroverdi

471.017 Kuldebroer. Tabeller med kuldebroverdier

471.018 Generelle energikrav til bygninger. Krav til energieffektivitet ved energitiltak



552.340 Varmegjenvinnere i ventilasjonsanlegg

Byggforvaltning:

720.035 Måling av bygningers lufttetthet. Trykkmetoden

1 Energirammer

11 Generelt

Krav til bygningers energieffektivitet i henhold til TEK10 er oppfylt hvis man dokumenterer at beregnet netto energibehov ikke overskrider en fastsatt energiramme (rammekrav) for den aktuelle bygningskategorien, se pkt. 12. I tillegg er det gitt visse minstekrav, se pkt. 13.

Kravene til energieffektivitet gjelder for bygninger over 30 m² som varmes opp. Unntak er bygninger som ut fra forutsatt bruk skal holde lav innetemperatur (<15 °C) og der det er tilrettelagt slik at energibehovet holdes på et forsvarlig nivå.

Totalt netto energibehov tilsvarer den energimengden som beregnes utnyttet direkte på forbruksstedet. I netto energibehov tas det ikke hensyn til virkningsgrader i varme- og kjøleanlegg. Totalt netto energibehov skal oppgis per kvadratmeter oppvarmet del av bruksareal (BRA), A_{fl}.

Dokumentasjon av energieffektivitet i henhold til totalt netto energibehov gir stor frihet ved valg av løsninger for bygningskropp og installasjoner. Dokumentasjon

etter denne metoden gir også grunnlag for beregning av forventet energibruk med tilhørende energikostnader.

12 Krav til totalt netto energibehov (energirammen)

Energirammen er øvre grense for totalt netto energibehov i de 13 vanligste bygningskategoriene, se tabell 12. Kravet er gitt som årlig totalt netto energibehov per kvadratmeter oppvarmet del av bruksareal (BRA), A_{fl} . Er det ikke gitt energiramme for den bygningstypen som skal dokumenteres, benytter man energirammen for den bygningskategorien som ligger nærmest med hensyn til type drift.

For en bygning som består av ulike bruksfunksjoner, for eksempel boliger, kontorer og forretningsarealer, skal det dokumenteres at totalt netto energibehov for de ulike delene av bygningen ikke overstiger energirammen for den aktuelle bygningskategorien.

Underlaget for energirammene er hovedsakelig det samme som kravene til «Energitiltak» i henhold til TEK10, se Byggdetaljer 471.018. Det gjelder krav for:

- glass-, vindus- og dørarealer
- varmeisolasjon
- kuldebroer
- lekkasjetall
- spesifikk vifteeffekt i ventilasjonsanlegg
- årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg
- styring av innetemperaturer

Ulike bygningskategorier har ulike energirammer på grunn av ulike driftsbetingelser, som ventilasjonsluftmengder, driftstider, innetemperaturer og energibehov til belysning og utstyr. Typisk bygningsform er også ulik for ulike bygningskategorier.

Tabell 12

Energirammer for 13 bygningskategorier¹⁾

Bygningskategori	Totalt netto energibehov (kWh/m ²)
Småhus, fritidsbolig over 150 m ² BRA	120 + 1 600 / A_{fl}
Boligblokker	115
Barnehager	140
Kontorbygninger	150
Skolebygninger	120
Universiteter/høgskoler	160
Sykehus	300 (335) ²⁾
Sykehjem	215 (250) ²⁾
Hoteller	220
Idrettsbygninger	170
Forretningsbygninger	210
Kulturbygninger	165
Lett industri / verksteder	175 (190) ²⁾

¹⁾ Gjelder bygninger over 30 m² som varmes opp. Gjelder ikke bygninger som ut fra forutsatt bruk skal holde lav innetemperatur (<15 °C) og der det er tilrettelagt slik at energibehovet holdes på et forsvarlig nivå

²⁾ Tall i parentes gjelder for arealer der varmegjenvinning av ventilasjonsluft medfører risiko for spredning av forurensning/smitte

13 Minstekrav

I tillegg til at bygningens totale netto energibehov ikke skal overskride energirammene gitt i tabell 12, er det gitt en rekke minstekrav som vist i tabell 13.

Tabell 13
Minstekrav

	Krav ²⁾
U-verdi, yttervegg ¹⁾	– Maks 0,22 W/(m ² K) ³⁾
U-verdi, tak ¹⁾	– Maks 0,18 W/(m ² K) ³⁾
U-verdi, golv på grunnen og mot det fri ¹⁾	– Maks 0,18 W/(m ² K) ³⁾
U-verdi, glass/vinduer/dører ¹⁾	– Maks 1,60 W/(m ² K) ³⁾ – Bygning som ikke er småhus: U-verdi glass/vindu/dør × arealandel glass/vindu/dør i forhold til oppvarmet del av bruksareal (BRA), A_{fl} , skal være maks 0,24 W/(m ² K)
Lekkasjetall	– Maks 3,0 luftvekslinger per time ved 50 Pa trykkforskjell
Total solfaktor for glass/vindu og solskjerming, $\bar{g}_t$	– Bygning som ikke er småhus: Maks 0,15 på solbelastet fasade, med mindre det dokumenteres at bygningen ikke har kjølebehov ³⁾
Isolering av rør, utstyr og kanaler knyttet til bygningens varme- og distribusjonssystem	– Isoleres for å hindre unødig varmetap

¹⁾ U-verdiene uttrykkes som gjennomsnitt for bygningsdelen. For glass/vinduer/dører er det inkludert karm/ramme.

²⁾ Gjelder ikke bygninger som ut fra forutsatt bruk skal holde lav innetemperatur (<15 °C) og der det er tilrettelagt slik at energibehovet holdes på et forsvarlig nivå

³⁾ Gjelder ikke bygning under 30 m²

2 Dokumentasjon

21 Kontrollberegning, energibudsjett og skjema for sentrale inndata

En kontrollberegning utføres for å dokumentere at totalt netto energibehov for bygningen er innenfor energirammen. All energi som er nødvendig for å tilfredsstille kravene til funksjon og komfort i bygningen, skal inkluderes.

NS 3031 angir regler for beregning av energibehov for kontroll mot energirammen. Kontrollberegningen foretas på grunnlag av standardverdier for driftsbetingelser og klima, og representerer derfor ikke nødvendigvis bygningens faktiske forventede energibruk.

I henhold til NS 3031 skal beregnet netto energibehov fra kontrollberegningen dokumenteres ved bruk av energibudsjett og skjema for sentrale inndata i kontrollberegningen. Standarden angir regler for energibudsjett og skjema for inndata.

De enkelte postene i energibudsjettet blir nærmere gjennomgått i pkt. 3. Eksempel på energibudsjett er vist i tabell 5, og eksempel på skjema for inndata er vist i tabell 6.

22 Beregningsmetode

221 *Stasjonær eller dynamisk beregningsmetode.* I henhold til NS 3031 kan man benytte forskjellige metoder for beregning av oppvarmings- og kjølebehov:

- månedsberegning, ved stasjonær metode etter NS-EN ISO 13790 (månedsstasjonær metode). I NS 3031 er denne metoden beskrevet i detalj.
- forenklet timesberegning, ved dynamisk metode etter NS-EN ISO 13790

- detaljerte validerte beregningsmetoder, ved dynamisk metode etter NS-EN 15265

I månedsstasjonære beregninger benyttes gjennomsnittsverdier for temperaturer, solstrålingsdata, energibehov for og varmetilskudd fra belysning og utstyr. Med dynamiske metoder simuleres temperaturer og effekter til oppvarming og kjøling av bygningen med en oppløsning på én time eller kortere tidssteg.

- 222 *Valg av beregningsmetode* avhenger av bygningens og installasjonenes kompleksitet. I tillegg stiller NS 3031 krav om hvilken metode som skal benyttes ved beregning av oppvarmings- og kjølebehov, se tabell 222 a. For en del bygningskategorier kan man velge mellom månedsstasjonær og dynamisk beregningsmetode ut fra visse kriterier, se tabell 222 b. Ved bruk av ventilasjonskjøling må man bruke dynamisk beregningsmetode.

Tabell 222 a

Beregningsmetode i forhold til bygningskategori

Beregningsmetode	Bygningskategori
Månedsstasjonær eller dynamisk ¹⁾	Småhus, boligblokker, barnehager, skolebygninger, sykehjem, idrettsbygninger, kulturbygninger, lett industri/verksteder
Dynamisk	Kontorbygninger, universiteter/høgskoler, sykehus, hoteller, forretningsbygninger

¹⁾ Ved ventilasjonskjøling må man benytte dynamisk beregningsmetode.

Tabell 222 b

Bruksområder og kriterier for månedsstasjonær eller dynamisk metode

Beregningsmetode	
Månedsstasjonær	Dynamisk
For enkle bygninger (med liten grad av dynamiske påvirkninger) uten kjølesystem og med normalt glassareal i klimaskjermen	For komplekse bygninger med styringssystemer for klimainstallasjoner, store glassarealer og stort og varierende varmetilskudd
Samme utnyttingsfaktor og settpunkttemperatur ved beregning av energiposter	Betingelsene for romoppvarming og ventilasjonsvarme er ikke like, eller det er av andre årsaker behov for å skille mellom disse energipostene.
Kun lokal romkjøling ¹⁾	Ventilasjonskjøling ²⁾ , eventuelt kombinert med lokal romkjøling

¹⁾ Lokal romkjøling er kjøling av inneluft ved lokale kjøleabfer eller kjøleaggregater.

²⁾ Ventilasjonskjøling er kjøling av ventilasjonsluften med ventilasjonssystemets kjølebatterier, også kalt sentral kjøling.

23 Beregningsforutsetninger og inndata

- 231 *Generelt*. NS 3031 beskriver beregningsmetodikk og faste inndata som skal brukes ved beregning av oppvarmings- og kjølebehov.
- 232 *Soneinndeling*. Bygningen deles inn i soner dersom solvarmetilskudd, tekniske installasjonssystemer eller liknende varierer vesentlig mellom ulike deler av bygningen. Krav til soneinndeling er gitt i NS 3031.
- 233 *Driftsbetingelser*. I kontrollberegningen bruker man standardverdier for driftsbetingelser, gitt i NS 3031. Betingelsene gjelder:
- driftstider
 - settpunkttemperaturer for oppvarming og kjøling
 - energibehov til belysning, utstyr og varmtvann

- varmetilskudd fra belysning, utstyr, personer og varmtvann

- 234 *Klima*. Kontrollberegningen utføres for standard referanseklimate som tar utgangspunkt i klimadata fra Oslo, gitt i Tillegg M i NS 3031. Dessuten beregnes størrelsen på luftlekkasjer (infiltrasjon) på grunnlag av standardverdier for vindforhold rundt bygningen, gitt i Tillegg A i NS 3031.

24 Arealer og volumer

- 241 *Arealer*. Når man beregner arealer for yttervegger, golv og tak, bruker man innvendig areal. For yttervegger måler man vegg høyden fra overkant av nederste golv til underkant av øverste himling. Eventuelt areal over nedfôret himling under etasjeskilleren skal inkluderes. For vinduer, dører og glassfelter skal man regne med utvendige karmmåler.

Oppvarmet del av bruksareal (BRA), A_{Bv} , er den delen av BRA som tilføres varme fra bygningens varmesystem og som er omsluttet av bygningens klimaskjerm. A_{Bv} beregnes etter måleverdige deler etter regler gitt i NS 3940, og baseres på bruksareal (BRA).

Uoppvarmede eller delvis oppvarmede arealer som boder, parkeringsgarasje og uinnredet kjeller beregner man etter regler gitt i NS 3031.

- 242 *Luftvolum*. Når man beregner varmetap på grunn av infiltrasjon (luftlekkasjer) og ventilasjon, brukes oppvarmet luftvolum, V .

Oppvarmet luftvolum er volumet av luft i den målte bygningen eller i en del av bygningen. Oppvarmet luftvolum beregnes som luftvolum over oppvarmet del av BRA etter NS 3940, målt mellom overkant av golvet og underkant av overliggende dekkekonstruksjon. Ved nedfôret himling skal man ikke trekke fra volumet mellom nedfôret himling og overliggende dekkekonstruksjon. Volumet som er opptatt av innvendige etasjeskillere, skal ikke tas med ved beregning av innvendig volum.

Oppvarmet luftvolum er det samme som innvendig volum som brukes for å beregne lekkasjetall, n_{50} , etter NS-EN 13829.

3 Kontrollberegning – poster i energibudsjett

31 Generelt

Når man kontrollberegner totalt netto energibehov, skal man inkludere alle bygningens energiposter for innendørs energibehov. Disse energipostene omfatter energi til:

- romoppvarming og ventilasjonsvarme, se pkt. 32
- varmtvann, se pkt. 33
- vifter, se pkt. 34
- pumper i varme- og kjøleanlegg, se pkt. 35
- belysning, se pkt. 36
- teknisk utstyr, se pkt. 37
- kjøling, se pkt. 38

Punkt 4 viser et eksempel på kontrollberegning av netto energibehov for en skolebygning, pkt. 5 viser energibudsjettet og pkt. 6 viser sentrale inndata for den samme skolebygningen.

I denne anvisningen er dynamisk beregningsmetode lagt til grunn. Det henvises til NS 3031 for komplett formelverk.

32 Romoppvarming og ventilasjonsvarme

321 *Energibehov til romoppvarming og ventilasjonsvarme*, $Q_{H,nd}$, er summen av energibehovet for alle månedene i året. Energibehov til oppvarming for måned i , $Q_{H,nd,i}$, regnes som:

$$Q_{H,nd,i} = Q_{H,ls,i} - \eta_{H,i} \cdot Q_{gn,i} \quad (\text{kWh})$$

hvor:

- $Q_{H,ls,i}$ er totalt varmetap for måned i (kWh), se pkt. 322
- $Q_{gn,i}$ er totalt varmetilskudd for måned i (kWh), se pkt. 323
- $\eta_{H,i}$ er utnyttingsfaktoren, se pkt. 324

322 *Varmetapet*, $Q_{H,ls}$, skyldes varmetransmisjon gjennom bygningens klimaskjerm, ventilasjon og infiltrasjon. Formler for beregning er gitt i NS 3031. Faktorer som påvirker varmetapet, er:

- bygningsform. Jo mindre arealet av varmetapsflatene er i forhold til bruksarealet, desto mindre blir varmetapet.
- graden av varmeisolasjon, gitt ved de enkelte konstruksjonsdelenes U-verdier. U-verdier kan beregnes, se Byggdetaljer 471.008, 471.009 og 471.010. Eventuelt kan man vise til for eksempel løsninger vist i Byggdetaljer 471.011, 471.012, 471.013 og 471.014.
- omfanget av kuldebroer. Normalisert kuldebroverdi, Ψ , beregnes ut fra kuldebroverdi, Ψ , ved overgang mellom ulike bygningskonstruksjoner. Kuldebroverdier kan beregnes etter Byggdetaljer 471.016 eller finnes i Byggdetaljer 471.017. Beregner man ikke effekten av kuldebroer detaljert, bruker man standardverdier for normalisert kuldebro, gitt i NS 3031.
- bygningens lekkasjetall, n_{50} , kan bestemmes ved lufttetthetsmålinger etter NS-EN 13829, se også Byggforvaltning 720.035. Veiledende verdier for bygningens lekkasjetall er gitt i NS 3031.
- bygningens ventilasjonsluftmengde, $\dot{V}$. Ventilasjonsluftmengder skal settes ut fra krav til inn klima, men NS 3031 angir minste luftmengder som skal brukes i kontrollberegningen mot rammekravet. I kontrollberegningen kan det tas hensyn til energisparing ved bruk av behovsstyrt ventilasjon, såkalte VAV-anlegg.
- temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinner i ventilasjonsanlegg, η_T . Regler for beregning av temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinnere er gitt i NS 3031. Se også Byggdetaljer 552.340.
- temperaturdifferansen mellom inne og ute. For inne-temperaturer benyttes standardverdier for settpunkttemperaturer, se pkt. 233. For utetemperaturer benyttes data fra standard referanseklima, gitt i NS 3031.
- vindforhold, se pkt. 234

323 *Varmetilskudd*, Q_{gn} , skyldes solinnstråling og varme tilført fra belysning, teknisk utstyr og personer. Varmetilskudd for måned i , $Q_{gn,i}$, er:

$$Q_{gn,i} = Q_{sol,i} + Q_{int,i} \quad (\text{kWh})$$

hvor:

- $Q_{sol,i}$ er varmetilskudd fra solinnstråling. Solvarmetilskuddet beregnes etter formel gitt i NS 3031. Solvarmetilskuddet er gitt av glassarealet, solfaktor for glassrutene, avskjerming fra terreng og bygninger samt solinnstråling. Veiledende verdier er gitt i NS 3031. For solstrålingsdata benyttes strålingsdata fra standard referanseklima.
 - $Q_{int,i}$ er internt varmetilskudd fra belysning, teknisk utstyr og personer. Standardverdier fins i NS 3031.
- 324 *Utnyttingsfaktoren*, η_H , viser hvor stor andel av varmetilskuddet som lar seg utnytte til oppvarming, og avhenger av bygningens varmetreghet og forholdet mellom varmetap og varmetilskudd. Se NS 3031 for beregning.

33 Varmtvann

Energibehov til varmtvann, $Q_{W,nd}$, beregnes på grunnlag av standardverdier for effektbehov, gitt i NS 3031.

34 Vifter

Energibehov til vifter i ventilasjonsanlegget, E_{fan} , avhenger av spesifikk vifteeffekt, ventilasjonsluftmengder og driftstiden for viftene summert for alle månedene i året. Energibehovet til vifter for måned i , $E_{fan,i}$, beregnes som:

$$E_{fan,i} = \frac{\dot{V}_{on} \cdot SFP_{on} \cdot t_{i,on} + \dot{V}_{red} \cdot SFP_{red} \cdot t_{i,red}}{3600} \quad (\text{kWh})$$

hvor:

- SFP_{on} er spesifikk vifteeffekt relatert til luftmengder i driftstid (kW/(m³/s))
 - SFP_{red} er spesifikk vifteeffekt relatert til luftmengder utenfor driftstid (kW/(m³/s))
 - $\dot{V}_{on}$ er luftmengder i driftstid (m³/h)
 - $\dot{V}_{red}$ er luftmengder utenfor driftstid (m³/h)
 - $t_{i,on}$ er antall timer i driftstiden i måned i (h)
 - $t_{i,red}$ er antall timer utenfor driftstiden i måned i (h)
- For å oppnå lav spesifikk vifteeffekt, SFP, er det viktig at ventilasjonsanlegget har lav luftmotstand. I tillegg er det viktig å velge vifter og motorer med høy virkningsgrad. NS 3031 angir veiledende verdier for SFP og ventilasjonsluftmengder.

35 Pumper i varme- og kjøleanlegg

Energibehov til pumper i vannbaserte varme- og kjøleanlegg, E_p , beregnes som:

$$E_p = \dot{V}_W \cdot SPP \cdot t_{dr} \quad (\text{kWh})$$

hvor:

- $\dot{V}_W$ er sirkulert vannmengde i det vannbaserte varme- eller kjøleanlegget (l/s)
 - SPP er spesifikk pumpeeffekt (kW/(l/s))
 - t_{dr} er antall driftstimer for pumpa i året (h)
- Sirkulert vannmengde, $\dot{V}_W$, avhenger av dimensjonerende effektbehov til oppvarming eller kjøling og temperaturdifferanse mellom tur og retur for væsekretsen, se formel i NS 3031. Lav spesifikk pumpeeffekt, SPP, kan oppnås ved å ha små trykktap i det vannbaserte systemet og ved å bruke pumper med høy virkningsgrad. NS 3031 angir veiledende verdier for SPP og antall driftstimer for pumper i ulike bygningskategorier.

36 Belysning

Energibehov til belysning, E_l , beregnes på grunnlag av standardverdier for effektbehov, gitt i NS 3031. Kan man dokumentere styringssystem for dagslysutnyttelse og/eller tilstedeværelse, kan man redusere energibehovet til belysning med 20 %. Eventuelt kan man dokumentere andre verdier for belysning gjennom beregninger etter NS-EN 15193 eller tilsvarende.

37 Teknisk utstyr

Energibehov til teknisk utstyr, E_{eq} , beregnes på grunnlag av standardverdier for effektbehov, gitt i NS 3031.

38 Kjøling

Energibehov til kjøling, $Q_{C,nd}$, beregnes som summen av energibehovet for alle månedene i året. Energibehov til kjøling for måned i , $Q_{C,nd,i}$, beregnes som:

$$Q_{C,nd,i} = Q_{gn,i} - \eta_{C,i} \cdot Q_{C,ls,i} \quad (\text{kWh})$$

hvor:

- $Q_{gn,i}$ er totalt varmetilskudd for måned i (kWh)
- $\eta_{C,i}$ er utnyttingsfaktoren, se NS 3031
- $Q_{C,ls,i}$ er totalt varmetap for måned i (kWh)

Behovet for kjøling avhenger av de samme faktorene som gjelder for oppvarming, se pkt. 32. Beregning av varmetilskudd og varmetap gjøres i utgangspunktet som for oppvarmingsbehovet. Når man beregner varmetapet, bruker man imidlertid settpunkttemperaturen for kjølesystemet.

4 Skolebygning – kontrollberegning

41 Generelt

- 411 *Beregningsforutsetninger.* Som eksempel på kontrollberegning av netto energibehov mot rammekravet brukes en toetasjes skolebygning. Tiltak som utvendig solskjerming, utstrakt bruk av utildekkede flater i betong eller mur inne i bygningen, moderate vindusflater mot solrike orienteringer og relativt høye luftmengder i brukstiden forhindrer overoppvarming. Komfortkjøling er derfor unødvendig. De ulike delene av bygningen er også forutsatt å ha ensartet bruk med hensyn til settpunkttemperaturer for oppvarming, ventilasjonsluftmengder og så videre. Det er forutsatt bruk av behovsstyrt ventilasjon, det vil si bruk av VAV-anlegg. Inndeling av bygningen i flere temperatursoner er i henhold til NS 3031 ikke nødvendig. Det benyttes dynamisk beregningsmetode.

Resultat av kontrollberegning i form av energibudsjett med beregnet netto energibehov er vist i tabell 5. Inndataverdier til beregningen er vist i tabell 6.

- 412 *Arealer og volumer.* Skolebygningen er forutsatt bygd med golv på grunnen og har to fulle etasjer, flatt tak og etasjeskiller av betong. Grunnflaten (innvendige mål) er 20 m × 60 m, og bygningen har langfasadene mot henholdsvis øst og vest, se mål gitt i tabell 412 a. Bygningens arealer og volumer er beregnet og vist i tabell 412 b.

Tabell 412 a

Mål for skolebygning

Grunnflate (innvendig areal)	20 m × 60 m =	1 200 m ²
Netto innvendig romhøyde		2,7 m
Etasjeskiller		0,25 m
Nedføret himling		0,25 m
Sum vindusareal mot vest og øst	174 m ² + 174 m ² =	348 m ²
Sum vindusareal mot nord og sør	42 m ² + 42 m ² =	84 m ²
Sum dørareal		24 m ²

Tabell 412 b

Beregnete arealer og volumer for skolebygning

Oppvarmet del av bruksareal (BRA), A_{Π}	2 × 20 m × 60 m =	2 400 m ²
Total vegg-høyde	2 × 2,7 m + 3 × 0,25 m =	6,15 m
Brutto veggareal (inkl. vinduer og dører)	2 × 6,15 m × (20 m + 60 m) =	984 m ²
Samlet areal for vindu og dører	348 m ² + 84 m ² + 24 m ² =	456 m ²
Samlet areal for yttervegger	984 m ² - 456 m ² =	528 m ²
Vindus- og dørareal i forhold til A_{Π}	456 m ² / 2 400 m ² =	19 %
Oppvarmet luftvolum	2 × (2,7 m + 0,25 m) × 20 m × 60 m =	7 080 m ³

42 Romoppvarming og ventilasjonsvarme

- 421 *Ytterkonstruksjonens U-verdier.* Yttervegger er forutsatt utført som utfyllende bindingsverk med trestendere mellom bærekonstruksjoner i stål. Varveisolasjon og U-verdier for ulike bygningsdeler er vist i tabell 421.

Tabell 421

Gjennomsnittlig U-verdi for ytterkonstruksjoner, eksklusive kuldebroer

Bygningsdel	U-verdi W/(m ² K)
Yttervegger (200 mm varveisolasjon)	0,18
Tak (300 mm varveisolasjon)	0,13
Golv på grunnen (100 mm varveisolasjon (EPS), isolert ringmur)	0,13
Dører (isolerte dører i tre, uten glass)	1,2
Vinduer (karm og ramme i tre, tolags isolerruter med argon)	1,2

- 422 *Kuldebroer.* Varmetap på grunn av kuldebroer beregnes ikke i dette eksemplet, og det er derfor brukt standardverdi for normalisert kuldebroverdi, Ψ'' , gitt i NS 3031. For bygninger med bærekonstruksjoner i stål og med 100 mm kuldebroer i fasadene er standardverdien gitt til 0,09 W/(m²K) (gitt per kvadratmeter oppvarmet del av bruksareal (BRA), A_{Π}).

- 423 *Bygningens lekkasjetall* er 1,5 luftvekslinger per time ved 50 Pa, n_{50} . Med standardverdier for skjermingsfaktorer

etter NS 3031 gir dette en infiltrasjon på 0,11 luftvekslinger per time. Infiltrasjonen er beregnet i henhold til formel gitt i NS 3031.

424 *Bygningens varmekapasitet.* Bygningen kan karakteriseres som mellomtung bygning, jamfør definisjon i NS 3031. Effektiv varmekapasitet, C'' , utgjør 65 Wh/(m²K). Denne verdien brukes ved utregning av utnyttingsfaktoren, se pkt. 32 og 38.

425 *Ventilasjonsluftmengde.* I driftstiden brukes behovsstyrt ventilasjon, VAV-anlegg. Gjennomsnittlig luftmengde kan da i henhold til NS 3031 ikke settes lavere enn 80 % av dimensjonerende luftmengde. Dimensjonerende luftmengde er den luftmengden et ventilasjonsanlegg med konstante luftmengder, CAV-anlegg, ville hatt for den samme bygningen i driftstiden. Som dimensjonerende luftmengde brukes veiledende verdier for spesifikk luftmengde for skolebygninger, gitt i NS 3031. Denne luftmengden utgjør 16 m³/(m²h) oppvarmet bruksareal i driftstiden og 3 m³/(m²h) utenfor driftstiden.

I driftstiden er den gjennomsnittlige spesifikke ventilasjonsluftmengden lik $0,8 \cdot 16 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h}) = 12,8 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h})$, og den totale gjennomsnittlige luftmengden, $\dot{V}_{\text{on}} = 12,8 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h}) \cdot 2\,400 \text{ m}^2 = 30\,720 \text{ m}^3/\text{h}$. Utenfor driftstiden er den totale gjennomsnittlige luftmengden, $\dot{V}_{\text{red}} = 3 \text{ m}^3/(\text{m}^2\text{h}) \cdot 2\,400 \text{ m}^2 = 7\,200 \text{ m}^3/\text{h}$.

Driftstiden for skolebygninger er i henhold til NS 3031, 10/5/44 (timer per døgn / dager per uke / uker per år). For de 8 ukene som mangler kan for eksempel 7 uker plasseres i sommerferien og 1 uke i desember.

Gjennomsnittlig ventilasjonsluftmengde, $\dot{V}$, beregnes som:

$$\dot{V} = \frac{\dot{V}_{\text{on}} \cdot t_{\text{on}} + \dot{V}_{\text{red}} \cdot t_{\text{red}}}{t_{\text{on}} + t_{\text{red}}} \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

hvor:

- $\dot{V}_{\text{on}}$ er luftmengder i driftstiden (m³/h)
- $\dot{V}_{\text{red}}$ er luftmengder utenfor driftstiden (m³/h)
- t_{on} er antall timer i måneden i driftstiden (h)
- t_{red} er antall timer i måneden utenfor driftstiden (h)

I henhold til NS 3031 er settpunkttemperaturen for oppvarming 21 °C i driftstiden og 19 °C utenfor driftstiden. Gjennomsnittlig settpunkttemperatur per måned beregnes på tilsvarende måte som for ventilasjonsluftmengder.

426 *Virkningsgrad varmegjenvinning.* For gjenvinning av varmen i det balanserte ventilasjonsanlegget er det forutsatt bruk av roterende varmegjenvinner med en gjennomsnittlig årsvirkningsgrad, η_{v} , på 80 %.

427 *Varmetilsudd.* Når oppvarmingsbehovet beregnes, tas hensyn til solvarmetilsuddet gjennom vinduene, se pkt. 323. Bygningen har lyse, utvendige persiennner som styres automatisk.

Total solfaktor, $\bar{g}_i$, for tolags isolerrute og utvendig persienne er 0,06, gitt i NS 3031. Det er forutsatt at karm/ramme-arealfraksjon av vindu, F_{p} , er 75, det vil si at lysarealet utgjør 75 % av vindusarealet. Videre forutsettes det at solskjermingsfaktoren for horisontnærliggende bygninger, vegetasjon og eventuelle bygningsutspring, F_{s} , utgjør 0,76.

For varmetilsudd fra belysning, teknisk utstyr, varmtvann og personer i driftstiden brukes standardverdier gitt i NS 3031, se tabell 427. Utenfor driftstiden er verdi-

ene lik null. Gjennomsnittlig varmetilsudd per måned beregnes på tilsvarende måte som for ventilasjonsluftmengder og innetemperaturer.

Tabell 427

Varmetilsudd fra belysning, teknisk utstyr, varmtvann og personer i driftstiden. Standardverdier for skolebygninger (NS 3031)

Internlaster	Varmetilsudd i driftstiden W/m ²
Belysning	10
Teknisk utstyr	6
Varmtvann	0
Personer	12

43 Varmtvann

Effektbehov til varmtvann fins som standardverdier i NS 3031. For skolebygninger bruker man et effektbehov lik 4,5 W/m² i driftstiden. Gjennomsnittlig effektbehov til varmtvann per måned beregnes på tilsvarende måte som for ventilasjonsluftmengder og innetemperaturer.

44 Vifter

Spesifikk vifteeffekt for ventilasjonsvifter, SFP, er i driftstiden for skolebygningen forutsatt lik 2,0 kW/(m³/s) og utenfor driftstiden 1,0 kW/(m³/s). Gjennomsnittlig vifteeffekt per måned beregnes på tilsvarende måte som for ventilasjonsluftmengder og settpunkttemperaturer.

45 Pumper

Til romoppvarming brukes vannbåret varme og radiatorer. Varmebatteriet i det sentrale ventilasjonsaggregatet er også vannbasert. Spesifikk pumpeeffekt, SPP, for varmeanlegget er forutsatt lik 0,5 kW/(l/s) i henhold til veiledende verdier gitt i NS 3031. Sirkulert vannmengde er i henhold til NS 3031 beregnet til 1,9 l/s, basert på temperaturdifferanse tur-retur i væsekretsen på 20 K og dimensjonerende effektbehov til oppvarming på 65 W/m². Effektbehovet er fordelt på 40 W/m² til romoppvarming og 25 W/m² til varmbatteri. Driftstiden for pumper er i tillegg antatt lik 4 500 timer i henhold til veiledende verdier gitt i NS 3031. Energibehovet til drift av pumper beregnes som vist i pkt. 35.

46 Belysning

For effektbehov til belysning skal man bruke standardverdier gitt i NS 3031. For skolebygninger brukes et effektbehov lik 10,0 W/m² i driftstiden. Utenfor driftstiden er effektbehovet lik null. Gjennomsnittlig effektbehov til belysning per måned beregnes på tilsvarende måte som for ventilasjonsluftmengder og innetemperaturer.

47 Teknisk utstyr

For effektbehov til teknisk utstyr skal man også bruke standardverdier gitt i NS 3031. For skolebygninger brukes et effektbehov lik 6 W/m² i driftstiden. Utenfor driftstiden er effektbehovet null. Gjennomsnittlig effektbehov til teknisk utstyr per måned beregnes på tilsvarende måte som for ventilasjonsluftmengder og innetemperaturer.

48 Kjøling

Bruken av vinduer (spesielt mot solrike orienteringer)

og utvendig solskjerming er moderat. Det er imidlertid utstrakt bruk av betong og mur innvendig i bygningen og relativt høye ventilasjonsluftmengder. Dette gjør at perioder med overtemperaturer ligger innenfor det som kan aksepteres i henhold til veiledningen til TEK10, og man unngår komfortkjøling i dette eksemplet.

5 Skolebygning – energibudsjett

Basert på bygningsmodellen og de øvrige beregningsforutsetningene er beregnet årlig netto energibehov på 117 kWh/m². Dette energibehovet er lavere enn energirammen for skolebygninger på 120 kWh/m². Netto energibehov fordelt på de ulike energipostene er vist i tabell 5.

Tabell 5
Beregnet netto energibehov vist i energibudsjett¹⁾

Energipost	Energibehov kWh/år	Spesifikt energibehov kWh/(m ² år)
Romoppvarming og ventilasjonsvarme	121 200	50
Varmtvann	24 240	10
Vifter	49 680	21
Pumper	2 160	1
Belysning	53 040	22
Teknisk utstyr	31 920	13
Kjøling	0	0
Totalt netto energibehov	281 760	117

¹⁾ Beregnet med SIMIEN [721]

6 Skolebygning – sentrale inndata

Skjema for inndata, som i henhold til NS 3031 skal foreligge som dokumentasjon ved kontrollberegning mot rammekrav, er vist i tabell 6.

7 Referanser

71 Utarbeidelse

Denne anvisningen er utarbeidet av Marit Thyholt og oppdatert av Igor Sartori og Brit Roald. Den erstatter anvisning med samme nummer, utgitt i 2007. Faglig redigering ble avsluttet i juni 2011.

72 Litteratur

721 SIMIEN. Simuleringsprogram. ProgramByggerne

Tabell 6 Skjema for inndata i energiberegningene for skolebygning

Størrelser		Inndata	Pkt.	Hvordan dokumentert
Arealer (m ²)	Yttervegger	528	412	I henhold til tegninger
	Tak	1 200	412	I henhold til tegninger
	Golv	1 200	412	I henhold til tegninger
	Vinduer, dører og glassfelter	456	412	I henhold til tegninger
Oppvarmet bruksareal, A _{fi} (m ²)		2 400	412	I henhold til tegninger
Oppvarmet luftvolum, V (m ³)		7 080	412	I henhold til tegninger
U-verdi for bygningsdeler (W/(m ² K))	Yttervegger	0,18	421	Bindingsverk med 200 mm varmeisolasjon i henhold til Byggdetaljer 471.012
	Tak	0,13	421	Kompakt tak på dekke av betong, 300 mm varmeisolasjon, i henhold til Byggdetaljer 471.013
	Golv	0,13	421	Golv på grunnen, 100 mm EPS, isolert ringmur. Beregnet i henhold til NS 3031
	Gjennomsnittlig U-verdi for vinduer, dører og glassfelter	1,2	421	Dokumentert av dør- og vindusleverandør
Areal av vinduer, dører og glassfelter i forhold til oppvarmet bruksareal (%)		19	412	–
Normalisert kuldebroverdi, Ψ'' (W/(m ² K))		0,09	422	NS 3031, Tillegg A
Normalisert varmekapasitet, C'' (Wh/(m ² K))		65	424	Veiledende verdier i NS 3031, Tillegg B
Lekkasjetall, n ₅₀ (h ⁻¹)		1,5	423	Måling av lufttetthet iht. NS-EN 13829
Temperaturvirkningsgrad, η _T , for varmegjenvinner (%)		80	426	NS 3031, Tillegg H
Estimert årsgjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad for varmegjenvinning på grunn av frostsikring (%)		80	426	NS 3031, Tillegg H
Spesifikk vifteeffekt, SFP, relatert til luftmengder, i driftstiden (kW/(m ³ /s))		2,0	44	
Spesifikk vifteeffekt, SFP, relatert til luftmengder, utenfor driftstiden (kW/(m ³ /s))		1,0	44	Dokumentert av ansvarlig prosjekterende
Gjennomsnittlig spesifikk ventilasjonsluftmengde, i driftstiden, $\frac{\dot{V}_{on}}{A_{fi}}$ (m ³ /(m ² h))		12,8	425	VAV, 80 % av CAV. Dokumentert av ansvarlig prosjekterende
Spesifikk ventilasjonsluftmengde utenfor driftstiden, $\frac{\dot{V}_{red}}{A_{fi}}$ (m ³ /(m ² h))		3,0	425	Dokumentert av ansvarlig prosjekterende
Årsgjennomsnittlig systemvirkningsgrad, η, for oppvarmingssystemet (%)		–		Ikke relevant for netto energibehov
Installert effekt for romoppvarming og ventilasjonsvarme (varmebatteri) (W/m ²)		65	45	Beregnet med egnet programvare
Settpunkttemperaturer for oppvarming (°C)		21/19	425	NS 3031, Tillegg A
Årsgjennomsnittlig kjølefaktor for kjølesystemet (%)		–		Ikke relevant
Settpunkttemperatur for kjøling (°C)		–		Ikke relevant
Installert effekt for romkjøling og ventilasjonskjøling (W/m ²)		–		Ikke relevant
Spesifikk pumpeeffekt, SPP (kW/(l/s))		0,5	45	
Driftstid for ventilasjon, oppvarming, kjøling, lys, utstyr, varmtvann og personer (timer/døgn/uker)		10/5/44	425	NS 3031, Tillegg A
Spesifikt effektbehov for belysning i driftstiden (W/m ²)		10	46	Ikke styring etter dagslys eller tilstedeværelse
Spesifikt varmetilskudd fra belysning i driftstiden, q _{lys} (W/m ²)		10	427	NS 3031, Tillegg A
Spesifikt effektbehov for utstyr i driftstiden (W/m ²)		6	47	NS 3031, Tillegg A
Spesifikt varmetilskudd fra utstyr i driftstiden, q'' _{uts} (W/m ²)		6	427	NS 3031, Tillegg A
Spesifikt effektbehov for varmtvann i driftstiden, q'' _w (W/m ²)		4,5	43	NS 3031, Tillegg A
Varmetilskudd fra varmtvann i driftstiden (W/m ²)		0	427	NS 3031, Tillegg A
Varmetilskudd fra personer i driftstiden, q'' _{pers} (W/m ²)		12	427	NS 3031, Tillegg A
Total solfaktor, $\bar{g}_s$, for vindu og solskjerming (Ø/S/V/N) (%)		0,06	427	NS 3031, Tillegg E
Gjennomsnittlig karmfaktor, F _F		75	427	Vindustegninger
Solskjermingsfaktor på grunn av horisont, nærliggende bygninger, vegetasjon og eventuelle bygningsutspring, F _S		0,76	427	NS 3031, Tillegg E. Gjennomsnittlig horisontvinkel er lavere enn 20°.