
RAPPORT

Eidsvåg skole – Nybygg, rehabilitering og stor idrettshall

OPPDRA GSGIVER

Bergen Kommune - Etat for Utbygging

EMNE

Energikonsept og kontroll av energistandard

DATO / REVISJON: 13. mars 2020 / 01

DOKUMENTKODE: 617029-RIBfy-RAP-003



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG	Eidsvåg skole – Nybygg, rehabilitering og stor idrettshall	DOKUMENTKODE	617029-RIBfy-RAP-001
EMNE	Energikonsept og kontroll av energistandard	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Bergen Kommune - Etat for Utbygging	OPPDRAAGSLEDER	Tom Arne Olsen
KONTAKTPERSON	Siv Stavseng	UTARBEIDET AV	Hanne Liland Bottolfsen
		ANSVARLIG ENHET	10233043 Bergen Bygningsforvaltning og bygningsfysikk

SAMMENDRAG

Foreliggende rapport omhandler energikonsept og kontroll av energistandard for Eidsvåg skole i Bergen. Prosjektet består av totalt tre bygninger, hvorav to er nybygg og ett er en rehabilitering av et eksisterende bygg. Det eksisterende 52-bygget er vurdert til å ha en høy arkitektonisk og arkitekturhistorisk verdi.

Det er sett på tre løsninger som mulig energiforsyning til byggene. For å dekke oppvarmingsbehovet er en varmepumpe som enten benytter energibrønner eller uteluft som energikilde vurdert. Som termisk energiforsyning anbefales det å gå videre med en væske-vann varmepumpe og energibrønner, gitt at grunnforholdene på tomten er egnet.

Energiberegningene viser at både nybygget og idrettshallen tilfredsstillere energikravene gitt i TEK 17.

52-bygget tilfredsstillere verken minstekrav eller energirammen gitt i TEK 17. Dette skyldes byggets arkitektoniske og arkitekturhistoriske verdi hvor tiltak på utvendige konstruksjoner, som fasade, ikke vil kunne gjennomføres.

Nybygget skal i tillegg tilfredsstillere passivhuskriterier iht. NS 3701. Ved å følge premissene gitt i denne rapporten og Multiconsult sin rapport 617029-RIBfy-RAP-002, rev. 02, oppnås alle krav til passivhus under de gitte forutsetningene.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
01	13.03.2020	Oppdatering av energiberegninger for nytt skolebygg iht. tegninger à 26.06.2018	Tonje M. Tredal	Marte Wigen Nilsson	Tom Arne Olsen
00	06.11.2017	Utsendt	Hanne L. Bottolfsen	Bjarne Høstmark	Tom Arne Olsen

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
1.1	Om prosjektet	5
2	Energivåer og klassifiseringer	6
2.1	TEK 17	6
2.2	Passivhus	7
3	Energikonsept	8
3.1	Energiforsyning	8
3.1.1	Varmepumpe med energibrønner	8
3.1.2	Luft-vann varmepumpe	8
3.1.3	Sammenligning av alternativer	9
3.2	Ventilasjon	10
3.3	Bygningskropp / klimaskall	11
3.3.1	Yttervegger	11
3.3.2	Yttetak	12
3.3.3	Gulv på grunn og mot det fri	12
3.3.4	Dekker og vegg mot uoppvarmet areal	13
3.3.5	Vinduer, dører og porter	13
3.3.6	Normalisert kuldebroverdi og lekkasjetall	13
3.3.7	Solskjerming	14
4	Kontroll av energistandard	15
4.1	Generelt	15
4.1.1	Simuleringsverktøy	15
4.2	52-bygget	15
4.2.1	Inputverdier	15
4.2.2	Evaluering mot energikrav TEK17	15
4.3	Nybygget	17
4.3.1	Inputverdier	17
4.3.2	Evaluering mot energikrav i TEK 17	17
4.3.3	Evaluering mot passivhuskriterier iht. NS 3107:2012	18
4.4	Idrettshall	19
4.4.1	Inputverdier	19
4.4.2	Evaluering mot energikrav i TEK 17	19
5	Oppsummering	21

1 Innledning

Foreliggende rapport omhandler energikonsept og innledende energiberegninger for Eidsvåg skole i Bergen. Prosjektet består av totalt tre bygninger, hvorav to er nybygg og ett er en rehabilitering av eksisterende bygg.

De tre byggene er modellert i energiberegningsprogrammet SIMIEN, med utgangspunkt i tegninger fra ARK datert 23.10.2017 og IFC-modell opplastet på prosjekthotell 24.10.2017.

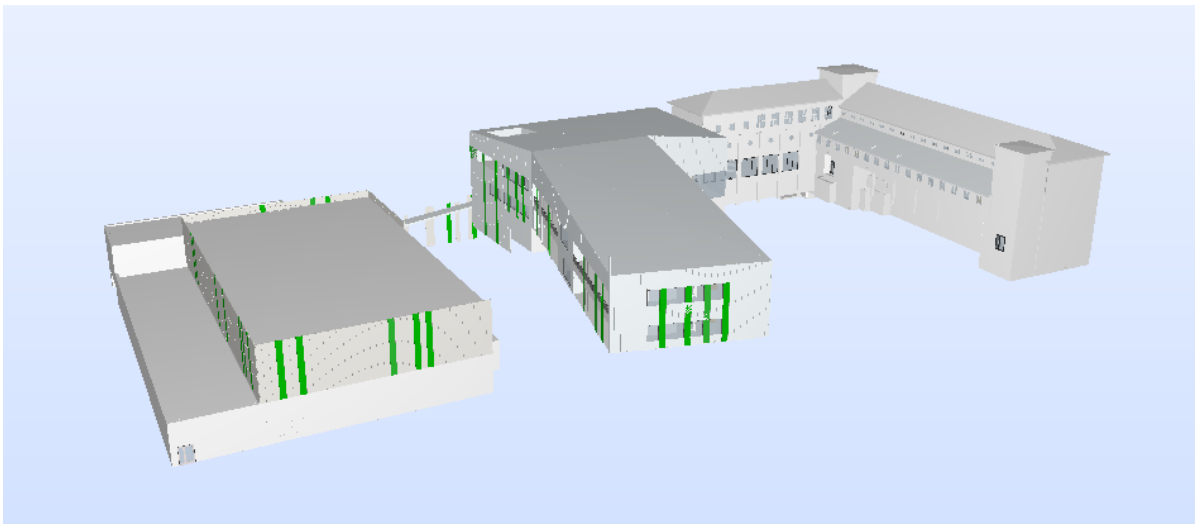
Gjeldende teknisk forskrift for prosjektet er Teknisk forskrift av 2017 (heretter benevnt TEK 17). Det er utført vurdering av byggenes energistandard opp mot energikravene gitt i TEK 17. Prosjektet har i tillegg et krav om at det nye skolebygget som oppføres skal oppfylle passivhusstandard iht. NS 3701:2012.

1.1 Om prosjektet

Eidsvåg skole fungerte frem til 2016 som både barne- og ungdomsskole. I de nye planene for skolen vil Eidsvåg skole kun omfatte barneskoletrinnene 1. – 7. klasse. Prosjektet omfatter totalt tre bygg bestående av et nytt skolebygg (omtalt som nybygget), en ny stor idrettshall (omtalt som idrettshall) og rehabilitering av eksisterende bygg (omtalt som 52-bygget).

Byantikvaren har på vegne av Bergen kommune gjort en vurdering av antikvarisk verdi for Eidsvåg skole, og det fremkommer av dokumentasjonen etter vurderingen at 52-bygget har «...svært høy arkitektonisk og arkitekturhistorisk verdi som lokalt eksempel på skolearkitektur fra 1930-tallet».

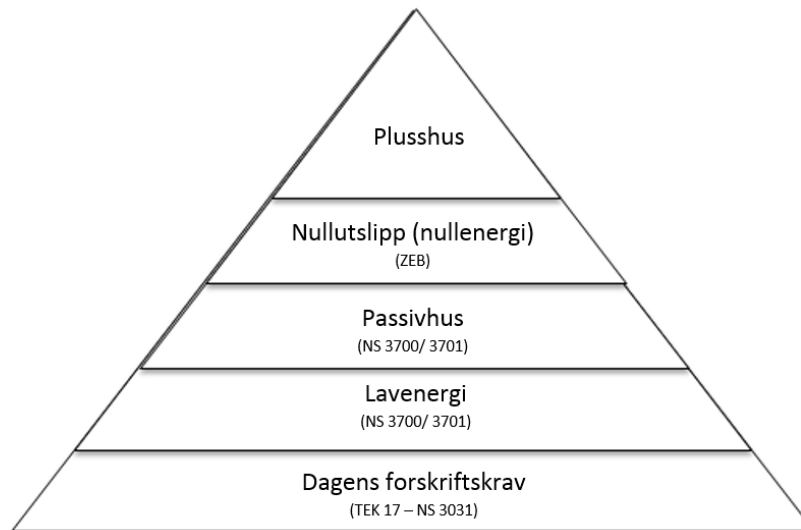
Nybygget inneholder læringsarealer for 1. – 4. trinn i tillegg kantine og skolekjøkken. 52-bygget inneholder kontor- og administrasjonsfunksjoner, i tillegg til undervisning for 5.- 7. trinn. Begge byggene faller inn under bygningskategorien Skolebygg. Idrettshallen består i hovedsak av en idrettshall med tilhørende garderobefasiliteter og faller inn under bygningskategorien Idrettsbygg.



Figur 1 Oversiktsbilde. Fra høyre: 52-bygget, nybygget og idrettshall.

2 Energinivåer og klassifiseringer

Alle nybygg og større rehabiliteringer må tilfredsstillere krav til energieffektivitet i Kapittel 14 i TEK 17. Bergen Kommune har i tillegg utarbeidet en egen klima- og miljøplan hvor det stilles krav til at alle nybygg skal oppføres som passivhus. Figur 2 illustrerer ulike nivåer med tanke på energiytelse for bygg, der dagens forskriftskrav er minimumskrav. Plassering høyt i pyramiden medfører strenge krav til energiytelse både med tanke på bygningsutforming og energiforsyning.



Figur 2 Nivåer energiytelse

2.1 TEK 17

Gjeldende teknisk forskrift for byggene er *Forskrift om tekniske krav til byggverk av 2017* (TEK17). I forskriftens kapittel 14 er det gitt bestemmelser om varmeisolering og energibruk. Som et minimum må alle nybygg tilfredsstillere krav til samlet netto energibehov (rammekrav). Rammekravene for netto energibehov for skolebygg og idrettsbygg er hhv. 110 kWh/m² og 145 kWh/m².

52-bygget har status som verneverdig, og fra punkt 5 i §14.1 i TEK17 finner man da at dersom kravene i kapittel 14 ikke kan forenes med bevaring av kulturminner og antikvariske verdier, gjelder kravene så langt de passer.

I tillegg til energirammekravet foreligger det minimumskrav som byggene må oppfylle, blant annet krav til U-verdier og lekkasjetall, se Tabell 1

Tabell 1 Minstekrav U-verdier og lekkasjetall i TEK 17

Beskrivelse	Minimumskrav TEK 17
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,18
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,18
U-verdi vinduer og dører [W/m ² K]	1,20
Lekkasjetall [h ⁻¹]	1,50

2.2 Passivhus

Passivhus er kjent som miljøvennlige bygninger av høy kvalitet, godt inneklime og lavt energibehov. Sammenlignet med bygninger av TEK 17-standard stilles det for passivhus strengere krav til U-verdi for vinduer og dører, kuldebroverdi, virkningsgrad i varmegjenvinner, SFP- faktor og lekkasjetall, se Tabell 2. For passivhus stilles det i tillegg krav til energibehov til oppvarming, kjøling og varmetapstall for transmisjons- og infiltrasjonstap. Norsk Standard NS 3701:2012, gir kriterier for passivhus og lavenergibygninger som defineres som yrkesbygninger.

Maksimalt oppvarmingsbehov etter lokalt klima (romoppvarming og ventilasjonsvarme) beregnes etter formel som bestemmes av årsmiddeltemperatur og oppvarmet BRA. For Eidsvåg skole benyttes klimadata for Bergen. Varmetapstallet omfatter iht. NS 3701 kun transmisjons- og infiltrasjonsvarmetap, og avhenger også av størrelsen på bygget. Krav til høyeste netto spesifikt energibehov til kjøling beregnes etter dimensjonerende utetemperatur ved sommerforhold i det lokale klimaet.

For evaluering mot passivhusstandarden NS 3701 benyttes det standardverdier for internt varmetilskudd fra belysning og teknisk utstyr. Energibehov til belysning beregnes etter NS-EN 15193 med driftstider fra NS 3031. Dersom det ikke kan dokumenteres eller vises til standarder eller anerkjente metoder, skal det benyttes metoder og predefinerte verdier fra NS-EN 15193. NS 3701 har også andre minstekrav enn NS 3031 til gjennomsnittlig luftmengde i og utenfor driftstid til bruk i beregningen.

Tabell 2 Minstekrav passivhus

Beskrivelse	Passivhus
U-verdi vinduer og dører [W/m ² K]	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,03
Lekkasjetall [h ⁻¹]	0,60
Virkningsgrad varmegjenvinner [%]	80
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	1,50

3 Energikonsept

3.1 Energiforsyning

Eksisterende skolebygg har i dag installert pelletskjel og el.kjel for oppvarming. Det er i hovedsak elkjelen som benyttes for å dekke oppvarmingsbehovet i eksisterende bygg. I forbindelse med rehabilitering og oppføring av nytt skolebygg og flerbrukshall skal en ny oppvarmingsløsning for byggene installeres.

Iht. TEK 17 § 14-4 må følgende krav til energiforsyning være tilfredsstillt:

(1) Det er ikke tillatt å installere varmeinstallasjon for fossilt brensel

(2) Bygning med over 1 000 m² oppvarmet BRA skal ha energifleksible varmesystemer og det skal tilrettelegges for bruk av lavtemperatur varmeløsninger.

Ledd (2) tilsier at det må tilrettelegges for at varmebehovet skal kunne dekkes med ulike varmekilder og energifleksible systemer må dekke minimum 60 % av normert netto varmebehov.

Det er ikke tilgjengelig fjernvarme i området hvor Eidsvåg skole ligger. Følgende løsninger vurderes som aktuelle oppvarmingsløsninger:

- Varmepumpe væske-vann med energibrønner som energikilde.
- Varmepumpe luft-vann med uteluft som energikilde.

Det forutsettes, uavhengig av valgt varmepumpeløsning, et lavtemperatur varmeanlegg hvor et naturlig kuldemedium benyttes (eks. ammoniakk eller CO₂) og at en elkjel dekker spisslasten. Evaluering mot energirammekravene i TEK 17 og mot passivhuskriteriene iht. NS 3701 påvirkes ikke av valgt energiforsyningsløsning.

Basert på tegninger fra ARK, datert 23.10.2017, er det avsatt et rom i underetasjen for nybygget til varmeanlegg og sprinkler på ca. 100 m². Det forutsettes derfor at en eventuell varmesentral plasseres her.

3.1.1 Varmepumpe med energibrønner

For å benytte en varmepumpe med energibrønner som energikilde må det bores energibrønner i grunnen/ fjellet, hvor så energien hentes ut fra brønnene. Bruk av energibrønner har gunstige temperaturnivåer og en stabil temperatur over året og medfører en høy årlig COP for varmepumpen. Energibrønner bores typisk til en dybde på 100 – 250 meter og avhengig av grunnforhold er effektuttak ca. 30 - 40 W/m.

For å avdekke effektuttak for Eidsvåg skole må det gjennomføres grunnundersøkelser hvor grunnen kartlegges i detalj, i tillegg må det være tilgjengelig areal for boring. Fordelen med energibrønnene er at de kan plasseres under de nye byggene som skal oppføres og på denne måten opptar de ikke noe plass. Med tanke på det visuelle vil det være få eller ingen synlige installasjoner på utsiden av bygget.

Det er vanlig å dimensjonere brønnparken til å kunne dekke 80 - 90 % av oppvarmingsbehovet. I tillegg kan energibrønnene benyttes til frikjøling mot kjølebatterier i ventilasjonsanleggene.

3.1.2 Luft-vann varmepumpe

Klima på Vestlandet er godt egnet for bruk av uteluft som fornybar energikilde for bygningsoppvarming med bruk av varmepumpe. En luft-varmepumpe avgir imidlertid mindre varme ved synkende utetemperaturer og må ofte stoppes på de kaldeste dagene med størst varmebehov.

Ved de laveste utetemperaturene vil en luft-vann varmepumpe ha en lavere energidekning og sammenlignet med energibrønner vil varmepumpen ha en lavere virkningsgrad.

Grunnet utedelen for varmeveksling mot uteluften vil denne løsningen kreve noe areal på uteområdene, typisk langs yttervegg eller på tak. I tillegg må det monteres støvavskjerming for varmepumpen ettersom utedelen skaper noe støy. Dette vil kunne påvirke det arkitektoniske uttrykket for byggene.

3.1.3 Sammenligning av alternativer

Energi

For sammenligning av alternativene er det benyttet virkningsgrader iht. NS 3031. Basert på beregningene utført i det følgende kapitlet, Kapittel 4, er levert energi til oppvarming beregnet. Totalt netto energibehov til oppvarming er beregnet til ca. 557 000 kWh/år. Det forutsettes en energidekningsgrad på 80 % for begge løsninger. For uteluft-vann varmepumpen forutsettes 50 % dekningsgrad for oppvarming av tappevann.

Tabell 3 Sammenligning energiforsyning - energi

	Energibrønner	Uteluft
Dekningsgrad oppvarmingsbehov	80 %	80 % (50 % for tappevann)
COP (iht. NS 3031)	3,0	2,40
Beregnet levert energi til oppvarming [kWh]	288 000	354 000
Beregnet levert energi til oppvarming [kWh/m ²]	43	53

Kostander

For kostnadsberegningene er følgende forutsetninger lagt til grunn:

- Kostnader er oppgitt eks. mva.
- Varmepumpe på størrelse 100 kW
- Kalkulasjonsrente: 4 %
- Økonomisk levetid: 20 år
- Drifts- og vedlikeholdskostnader er lik for begge løsninger
- Kostnad el. levert til varmepumpe: 0,95 kr/kWh

Varmepumpeløsningen med energibrønner har en betydelig høyere investeringskostnad enn løsningen hvor uteluft benyttes som energikilde. Besparelsen ved å investere i energibrønner er knyttet til lavere energikostnad grunnet en høyere COP.

Kostandene for de to alternativene er presentert i Tabell 4. Beregnet årskostnad for løsningen med energibrønner er ca. 60 000 kr høyere enn løsningen med uteluft.

Tabell 4 Sammenligning energiforsyning - kostander

Kostnad	Energibrønner	Uteluft
Investeringskostnad [kr]	2 000 000	300 000
Kapitalkostnad [kr/år]	147 000	22 000
Energikostnad [kr/år]	274 000	336 000
Årskostnad [kr]	421 000	358 000

3.2 Ventilasjon

Det er planlagt behovsstyrt ventilasjon, VAV, i oppholdsrommene for de tre byggene. I beregningene er ventilasjonen i byggene modellert som CAV med gjennomsnittlig luftmengde satt til 80 % av dimensjonerende luftmengde.

Det er for evaluering mot TEK 17 benyttet luftmengder i driftstiden som opplyst fra RIV eller iht. Tabell A.6/ Tabell B1 i NS 3031. Gjennomsnittlig SFP og gjennomsnittlig temperaturvirkningsgrad er beregnet basert på opplysninger fra RIV. Utenfor driftstid er det benyttet luftmengder iht. Tabell A.6 i NS 3031.

Frostsikringstemperatur er satt til -10 °C for roterende varmegjenvinner og til 0 °C for plateveksler iht. NS 3031. Plateveksler er kun benyttet i aggregatet som betjener kantine/skolekjøkken i nybygget.

I passivhusevalueringen av nybygget er det benyttet minste tillatte luftmengde iht. NS 3701.

3.3 Bygningskropp / klimaskall

Iht. TEK 17 skal en bygning være så energieffektiv at den tilfredsstiller krav til samlet netto energibehov. I tillegg skal minstekrav til U-verdier som oppgitt i Tabell 1 tilfredsstilles.

I rapportene 617029-RIBfy-RAP-001 og 617029-RIBfy-RAP-002 utarbeidet av Multiconsult er bygningsfysiske premisser og krav til U-verdier for bygningsdeler for de tre byggene satt. I følgende beregninger er U-verdier som gitt i Tabell 5 benyttet. Nybygget skal i tillegg tilfredsstille krav til passivhus og dette vil derfor være dimensjonerende for nybygget.

Tabell 5 U-verdier benyttet i energiberegninger

Beskrivelse	52-bygget	Nybygget	Idrettshall
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	1,17	0,10	0,18
U-verdi tak [W/m ² K]	0,29	0,08	0,13
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,11	0,08	0,09
U-verdi vinduer og dører [W/m ² K]	1,20	0,75	1,00
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,09	0,03	0,09
Lekkasjetall [h ⁻¹]	1,50	0,60	1,0

U-verdiene gjelder som et gjennomsnitt for bygningsdelene. Dette betyr at for eksempel enkelte yttervegger kan ha lavere varmemotstand og dårligere U-verdi, så fremt gjennomsnittet av alle yttervegger i oppvarmede soner er iht. verdier angitt i Tabell 5. For enkelte av U-verdiene i Tabell 5 vil det kunne være muligheter for en viss omfordeling senere i prosjektet, dersom behovet oppstår.

For arealer som defineres som oppvarmet areal (selv om de ikke er fullt oppvarmet) er det krav til U-verdier for bygningsdeler. Definisjon av oppvarmede arealer finnes i TEK 17 og NS 3031. Parkeringskjellere og eventuelle andre soner som ikke skal varmes opp eller kjøles inngår ikke i bygningens oppvarmede areal. Det stilles derfor heller ikke energi- og varmemotstandskrav til disse. Imidlertid må oppvarmede arealer med skillekonstruksjoner mot uoppvarmede arealer ha bygningsdeler med varmemotstand som om de var bygningsdeler mot det fri. Uavhengig av energi- og varmemotstandskrav bør uoppvarmede arealer generelt sett isoleres noe for å redusere risikoen for kondensdannelse. Generelt er tekniske rom, som ventilasjon- og tavlerom, ikke medtatt som en del av oppvarmet BRA.

3.3.1 Yttervegger

52-bygget

Krav til U-verdi for yttervegger er satt til 1,20 W/m²K.

Yttervegger er bygget opp av hulsteinsmur, antatt bergenshulmur. Grunnet arkitektonisk og arkitekturhistorisk verdi kan ikke ytterveggene etterisoleres utvendig, og innvendig etterisolering er ikke anbefalt. Minstekrav til U-verdi på 0,22 W/m²K for yttervegger iht. TEK 17 er ikke tilfredsstilt.

Nybygget

Krav til U-verdi for yttervegger i bygget er satt til 0,10 W/m²K.

Bygget er planlagt oppført med massivtrevegger. Kravet kan tilfredsstilles ved bruk av 300 mm kontinuerlig utvendig isolasjon av trykfstabe isolasjonsplater av mineralull.

Idrettshall

For yttervegger over terreng er krav til U-verdi satt til $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Yttervegger i idrettshall er forutsatt som en kombinasjon av lettvegger og betongvegger mot terreng. Kravet forutsetter en kombinasjonen av brystningselement av betong og sandwichelementer med isolasjonstykkelse 200 mm.

Idrettshall har en vegg mot terreng. Krav til ekvivalent U-verdi for denne vegg er satt til $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kravet kan nås ved å benytte 200 mm betong, med 200 mm utenpåliggende EPS/XPS

3.3.2 Yttertak**52-bygget**

Krav til U-verdi for yttertak er satt til $0,30 \text{ W/m}^2\text{K}$ medregnet varmetapsfaktor for dekket mot uoppvarmet loft.

Byggets tak er et valmtak bygget opp som en sperretakskonstruksjon. Undertak er av sutaksbord. Dekket over byggets 3. etasje mot kaldt loft forutsettes etterisolert på overside med 100 mm isolasjon. Minstekrav til U-verdi på $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ for tak iht. TEK 17 er ikke tilfredsstillt.

Nybygget

Krav til U-verdi for yttertak er satt til $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Yttertaket er bygget opp som et flatt, kompakt tak på bæring av massivtreelementer. Kravet kan tilfredsstilles ved bruk av isolasjon av kompakt mineralull med 400 mm gjennomsnittlig tykkelse.

Idrettshall

Krav til U-verdi for yttertak er satt til $0,13 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tak på idrettshall er planlagt som et flatt kompakt tak på bæring av hulldekker. Kravet kan tilfredsstilles med 200 mm hulldekker og en gjennomsnittlig tykkelse på 250 mm XPS på oversiden.

3.3.3 Gulv på grunn og mot det fri**52-bygget**

Bygget har både gulv på grunn og gulv mot det fri. Krav til U-verdi for gulvkonstruksjonen mot friluft er satt til $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Ekvivalent U-verdi for kjellergulv er lik $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ og samlet U-verdi for gulv er lik $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$.

For gulv mot det fri forutsettes det at gulvet etterisoleres på undersiden med 200 mm EPS/XPS..

For planlagt nytt gulv på grunn i kjeller må gulvet isoleres med 200 mm EPS/XPS.

Nybygg

Krav til ekvivalent U-verdi for gulv på grunn er satt til $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Det forutsettes at gulv på grunn isoleres med 350 mm underliggende isolasjon av EPS/XPS, i tillegg til 50 mm kantisolasjon rundt gulvets ytterkant.

Idrettshall

Krav til ekvivalent U-verdi for gulv på grunn er satt til $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Det forutsettes at gulvet isoleres med 200 mm isolasjon av EPS/XPS.

3.3.4 Dekker og vegg mot uoppvarmet areal

52-bygget

Dekket mot uoppvarmet ventilasjonsrom i 3. etasje har U-verdi lik 0,32 W/m²K forutsatt etterisolering med 100 mm isolasjon. U-verdi for innervegg mot uoppvarmet ventilasjonsrom er satt til 0,23 W/m²K.

Nybygget

Krav til ekvivalent U-verdi for gulv mot uoppvarmede teknisk rom i underetasje er satt til 0,13 W/m²K. For dekker i betong med en antatt tykkelse på 200 mm kan kravet nås ved å benytte 250 mm isolasjon på kald side.

Krav til U-verdi for vegger mot uoppvarmet er satt til 0,15 W/m²K.

3.3.5 Vinduer, dører og porter

52-bygget

Krav til samlet U-verdi for vinduer, dører og porter er satt til 1,20 W/m²K.

Dette innebærer at eksisterende vinduer skiftes ut til minst 2-lags glass med energisparebelegg. Dette er ikke konkludert og vurderes opp mot andre hensyn i forprosjekt.

Nybygget

Krav til samlet U-verdi for vinduer, dører og glassfasader er satt til 0,75 W/m²K.

For å oppnå kravet bør det benyttes vinduer med 3-lags glass med argonfylling, varmkant, isolerende avstandslist og isolert trekarm med utenpåliggende sol og regnskjerm av aluminium.

Idrettshall

Krav til samlet U-verdi for vinduer, dører og porter er i idrettshallen satt til 1,0 W/m²K.

For vinduer og glassdører kan dette løses med 3-lags ruter med solbeskyttelses- og energispareglass som ytterste glass, vanlig floatglass som midterste glass, og energispareglass som innerste glass.

3.3.6 Normalisert kuldebroverdi og lekkasjetall

52-bygget

Krav til normalisert kuldebroverdi er satt til 0,09 etter NS 3031. Bygget vil ikke ha noen betydelige kuldebroer grunnet generell dårlig varmemotstand i klimaskjermen.

Nybygget

Krav til normalisert kuldebroverdi for bygget er satt til 0,03 W/m²K. Dette innebærer at gjennomgående kuldebroer må unngås. For å oppnå lavest mulig normalisert kuldebroverdi bør klimaskjermen i sin helhet monteres utenpå bæresystemet.

Krav til lufttetthet er satt til 0,60 luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell iht. NS 3701. Dette skal måles ved hjelp av trykktesting av bygget iht. NS-EN ISO 9972:2015. Det er her viktig å presisere at lekkasjetallet skal måles både ved undertrykk og overtrykk. Lekkasjetallet fremkommer som middelverdien av disse to målingene.

Idrettshall

Krav til normalisert kuldebroverdi er satt til 0,09 W/m²K for bæresystem av stål og betong. Verdien er en preakseptert verdi hentet fra NS 3031 for bygg med 100 mm kuldebrobryter i dekkeforkant.

Krav til lufttetthet er satt til 1,0 luftvekslinger pr. time ved 50 Pa trykkforskjell. Dette skal måles ved hjelp av trykktesting av bygget iht. NS-EN ISO 9972:2015.

3.3.7 Solskjerming

Den beste form for solskjerming er utvendig og automatisk styrt. God solskjerming reduserer behovet for lokal kjøling og bedrer inneklimate på vår, sommer og høst.

Det anbefales at alle vinduer i solbelastet fasade utføres med utvendig solavskjerming. Solbelastet fasade er alle fasader mellom 45° og 315° himmelretning. I skisseprosjektet er det ikke bestemt hvilken solavskjermingsløsning som skal benyttes. Det forutsatt glass med solfaktor 0,40 i beregningene. For 52-bygget vil det ikke være aktuelt med utvendig solavskjerming og innvendige persienner er derfor forutsatt. Innvendige persienner er også forutsatt for nybygget, mens det for flerbrukshallen er forutsatt en fast solfaktor på 0,40 i glasset.

4 Kontroll av energistandard

4.1 Generelt

4.1.1 Simuleringsverktøy

De tre byggene for Eidsvåg skole er modellert i det validerte energisimuleringsprogrammet SIMIEN versjon 6.006. SIMIEN er et dynamisk simuleringsprogram validert etter NS-EN 15265. Modellen er benyttet for å evaluere bygget mot TEK 17 og kriterier for passivhus gitt i NS 3701:2012.

4.2 52-bygget

4.2.1 Inputverdier

Tabell 6 Inputverdier for 52-bygget

Beskrivelse	Evaluering TEK 17
Oppvarmet bruksareal [m ²]	1 748
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	1,17
U-verdi tak [W/m ² K]	0,29
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,11
U-verdi vinduer og dører [W/m ² K]	1,20
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,09
Lekkasjetall [h ⁻¹]	1,50
Virkningsgrad varmegjenvinner [%]	81,0
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	1,50
Maks. luftmengde i driftstid [m ³ /hm ²]	15,0
Luftmengde utenfor driftstid [m ³ /hm ²]	2,0
Tilluftstemperatur [°C]	19,0
Tilluftstemperatur sommer [°C]	17,0
Varmetilskudd belysning [W/m ²]	8,0
Varmetilskudd teknisk utstyr [W/m ²]	6,0
Varmetilskudd personer [W/m ²]	12,0
Driftstid ventilasjon og internlaster [h]	10,0

4.2.2 Evaluering mot energikrav TEK17

52-bygget på Eidsvåg skole tilfredsstillende ikke krav til beregnet netto energibehov og minstekrav gitt i Kapittel 14 i TEK 17. Energirammekravet for skolebygg er 110,0 kWh/m², mens 52-bygget har et beregnet energibehov på 224,9 kWh/m².

Kapittel 14 §14-1 sier følgende om bygg med antikvariske verdier «*Dersom kravene i dette kapitlet ikke kan forenes med bevaring av kulturminner og antikvariske verdier, gjelder kravene så langt de passer*». Med hensyn på denne presiseringen kan oppnåelse av energikravene sies å være oppnådd for 52-bygget.

Tabell 7 TEK 17 evaluering for 52-bygget - energiramme

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)		Verdi
Beskrivelse		
1a Beregnet energibehov romoppvarming		136,3 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)		18,2 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)		10,1 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter		17,4 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper		3,5 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning		17,7 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr		13,3 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling		0,0 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)		8,4 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov		224,9 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov		110,0 kWh/m ²

Tabell 8 TEK 17 evaluering for 52-bygget - minstekrav

Minstekrav (§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	1,17	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,29	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,11	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	1,20	1,20
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,50	1,50

4.3 Nybygget

4.3.1 Inputverdier

Tabell 9 Inputverdier for nybygget

Beskrivelse	Evaluering TEK 17	Passivhus
Oppvarmet bruksareal [m ²]	2218	2218
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,10	0,10
U-verdi tak [W/m ² K]	0,08	0,08
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,08	0,08
U-verdi vinduer og dører [W/m ² K]	0,75	0,75
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,03	0,03
Lekkasjetall [h ⁻¹]	0,60	0,60
Virkningsgrad varmegjenvinner [%]	88,0	87,0
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	1,22	1,05
Maks. luftmengde i driftstid [m ³ /hm ²]	12,6	8,0
Luftmengde utenfor driftstid [m ³ /hm ²]	2,0	1,0
Tilluftstemperatur [°C]	19,0	19,0
Tilluftstemperatur sommer [°C]	17,0	17,0
Varmetilskudd belysning [W/m ²]	8,0	4,0
Varmetilskudd teknisk utstyr [W/m ²]	6,0	4,0
Varmetilskudd personer [W/m ²]	12,0	12,0
Driftstid ventilasjon og internlast [h]	10,0	10,0

4.3.2 Evaluering mot energikrav i TEK 17

Nybygget tilfredsstillt energikravene gitt i Kapittel 14 i TEK 17. Som vist i Tabell 10 tilfredsstillt bygget energirammen (§14-2) med et beregnet netto energibehov på 85,3 kWh/m².

Energirammekravet for skolebygg er 110,0 kWh/m². I tillegg er samtlige minstekrav tilfredsstillt.

Tabell 10 TEK 17 evaluering for nybygget - energiramme

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	14,7 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	7,8 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	10,1 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	12,8 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	1,0 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	17,7 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	13,3 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	8,1 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	85,3 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	110,0 kWh/m ²

Tabell 11 TEK 17 evaluering for nybygget - minstekrav

Minstekrav (§14-3)		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,10	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,08	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,08	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,75	1,20
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	1,50

4.3.3 Evaluering mot passivhuskriterier iht. NS 3107:2012

Med de gitte krav til U-verdier, lekkasjetall og normalisert kuldebroverdi tilfredsstiller nybygget alle krav til passivhus. Som vist i Tabell 13 er totalt varmetapstall for bygget akkurat på kravet på 0,40, det er derfor viktig at det ikke blir gjort endringer som påvirker varmetapstallet negativt videre i prosjektet. Bygget tilfredsstiller krav til energiytelse og minstekrav til enkeltkomponenter som vist i Tabell 14 og Tabell 15.

Tabell 12 Passivhusevaluering for nybygget - resultat

Resultater av evalueringen	
Evaluering mot NS 3701	Beskrivelse
Varmetapsramme	Bygningen tilfredsstiller kravet for varmetapstall
Energiytelse	Bygningen tilfredsstiller krav til energiytelse
Minstekrav	Bygningen tilfredsstiller minstekrav til enkeltkomponenter
Luftmengder ventilasjon	Luftmengdene tilfredsstiller minstekrav gitt i NS3701 (tabell A.2)
Samlet evaluering	Bygningen tilfredsstiller alle krav til passivhus

Tabell 13 Passivhusevaluering for nybygget - varmetap

Varmetapsbudsjett	
Beskrivelse	Verdi
Varmetapstall yttervegger	0,06
Varmetapstall tak	0,04
Varmetapstall gulv på grunn/mot det fri	0,04
Varmetapstall glass/vinduer/dører	0,16
Varmetapstall kuldebroer	0,03
Varmetapstall infiltrasjon	0,06
Totalt varmetapstall	0,40
Krav varmetapstall	0,40

Tabell 14 Passivhusevaluering for nybygget - energiytelse

Energiytelse		
Beskrivelse	Verdi	Krav
Netto oppvarmingsbehov	13,7 kWh/m ²	20,0 kWh/m ²
Netto kjølebehov	1,5 kWh/m ²	2,7 kWh/m ²
Gjennomsnittlig effektbehov belysning	4,5 W/m ²	4,5 W/m ²

Tabell 15 Passivhusevaluering for nybygget - minstekrav

Minstekrav enkeltkomponenter		
Beskrivelse	Verdi	Krav
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	0,75	0,80
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,03	0,03
Årsmidlere temperaturvirkningsgrad varmegjenvinner ventilasjon [%]	87	80
Spesifikk vifteeffekt (SFP) [kW/m ³ /s]:	1,05	1,50
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	0,60	0,60

4.4 Idrettshall

4.4.1 Inputverdier

Tabell 16 Inputverdier for idrettshall

Beskrivelse	Evaluering TEK 17
Oppvarmet bruksareal [m ²]	1 858
U-verdi yttervegg [W/m ² K]	0,18
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13
U-verdi gulv [W/m ² K]	0,09
U-verdi vinduer og dører [W/m ² K]	1,0
Normalisert kuldebroverdi [W/m ² K]	0,09
Lekkasjetall [h ⁻¹]	1,0
Virkningsgrad varmegjenvinner [%]	86
SFP-faktor ventilasjonsanlegg	1,44
Maks. luftmengde i driftstid [m ³ /hm ²]	10,7
Luftmengde utenfor driftstid [m ³ /hm ²]	2,0
Tilluftstemperatur [°C]	19,0
Tilluftstemperatur sommer [°C]	17,0
Varmetilskudd belysning [W/m ²]	6,40
Varmetilskudd teknisk utstyr [W/m ²]	1,00
Varmetilskudd personer [W/m ²]	10,0
Driftstid ventilasjon og internlast [h]	12,0

4.4.2 Evaluering mot energikrav i TEK 17

Beregningene viser at idrettshallen tilfredsstillere energikravene gitt i Kapittel 14 i TEK 17. Totalt beregnet energibehov for bygget er 138,9 kWh/m², mens energirammekravet er på 145,0 kWh/m².

Tabell 17 TEK 17 evaluering for idrettshall - energiramme

Energiramme (§14-2 (1), samlet netto energibehov)	
Beskrivelse	Verdi
1a Beregnet energibehov romoppvarming	23,2 kWh/m ²
1b Beregnet energibehov ventilasjonsvarme (varmebatterier)	20,2 kWh/m ²
2 Beregnet energibehov varmtvann (tappevann)	50,4 kWh/m ²
3a Beregnet energibehov vifter	14,2 kWh/m ²
3b Beregnet energibehov pumper	2,7 kWh/m ²
4 Beregnet energibehov belysning	17,0 kWh/m ²
5 Beregnet energibehov teknisk utstyr	2,7 kWh/m ²
6a Beregnet energibehov romkjøling	0,0 kWh/m ²
6b Beregnet energibehov ventilasjonskjøling (kjølebatterier)	8,6 kWh/m ²
Totalt beregnet energibehov	138,9 kWh/m ²
Forskriftskrav netto energibehov	145,0 kWh/m ²

Tabell 18 TEK 17 evaluering for idrettshall - minstekrav

Beskrivelse	Minstekrav (§14-3)	
	Verdi	Krav
U-verdi yttervegger [W/m ² K]	0,18	0,22
U-verdi tak [W/m ² K]	0,13	0,18
U-verdi gulv mot grunn og mot det fri [W/m ² K]	0,09	0,18
U-verdi glass/vinduer/dører [W/m ² K]	1,00	1,20
Lekkasjetall (lufttetthet ved 50 Pa trykkforskjell) [luftvekslinger pr time]	1,00	1,50

5 Oppsummering

Foreliggende rapport omhandler energikonsept og kontroll av energistandard for Eidsvåg skole. Energiberegninger er utført for 52-bygget som skal rehabiliteres, nybygget og en ny idrettshall. I tillegg er det sett på mulige løsninger for energiforsyning av byggene. Løsningene som er forslått er varmpumpe, enten med energibrønner eller uteluft som energikilde, for å dekke oppvarmingsbehovet.

Av de to varmpumpeløsningene vil uteluft-vann varmpumpen være et rimeligere alternativ enn bruk av energibrønner. Det er likevel flere fordeler ved energibrønnene som også bør inkluderes i beslutningsgrunnlaget:

- Ingen eller få synlige installasjoner på utsiden av bygget. For en uteluft-vann varmpumpe må det avsettes areal langs bygget eller på tak for plassering av utedel.
- Det vil ikke oppstå støy fra installasjonen ved bruk av energibrønner. Utedelen til en uteluft-vann varmpumpe vil kunne skape støy, og støyskjermingstiltak må vurderes.
- Høyere virkningsgrad vil bidra til lavere beregnet levert energi for byggene.

Det anbefales å gå videre med alternativet med væske-vann varmpumpe og energibrønner, gitt at grunnforholdene på tomten er egnet.

Energiberegningene viser at både nybygget og idrettshallen tilfredsstiller energikravene gitt i TEK 17. 52-bygget tilfredsstiller ikke de gitte energikravene, verken minstekrav eller energirammen. Dette skyldes byggets arkitektoniske og arkitekturhistoriske verdi hvor vesentlige tiltak på utvendige konstruksjoner, som fasade, ikke vil kunne gjennomføres.

Nybygget skal i tillegg oppnå passivhusstandard iht. NS 3701. Med forutsetningene gitt i denne rapporten og *Multiconsult sin rapport 617029-RIBfy-RAP-002, rev. 02* tilfredsstilles alle krav til passivhus.