

Klimagassregnskap Bjørkelangen skole

Skolebygg og flerbrukshall



Dokumentinformasjon

Byggherre	Aurskog Høland Kommune
Tittel	Klimagassregnskap Bjørkelangen skole
Utgave	1.3
Dato	02.10.2017
Forfatter	Eirik Degnes Neerland
Kvalitetskontroll	Egil Ytrehus
Energiberegning	Ingrid Ekle



1. Innholdsfortegnelse

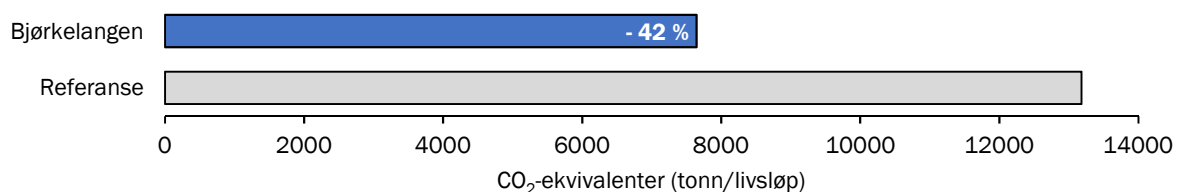
1.	Innholdsfortegnelse.....	2
2.	Sammendrag	3
3.	Innledning	5
3.1.	Bakgrunn.....	5
3.2.	Om klimagassregnskap.....	5
3.3.	Prosjektbeskrivelse	6
4.	Metode	7
4.1.	Verktøy og kilder	7
4.2.	Klimagassregnskap.no.....	7
4.3.	Referansebygg.....	7
4.4.	Karbonlagringseffekten.....	9
4.5.	Systemgrense	9
5.	Materialbruk	10
5.1.	Sammenlagt.....	10
5.2.	Skole.....	12
5.3.	Flerbrukshall	13
5.4.	Karbonlagringseffekten.....	14
5.5.	Klimamessig ytelse og sammenligning	14
6.	Energi	15
6.1.	Sammenlagt.....	15
6.2.	Skole.....	17
6.3.	Flerbrukshall	17
7.	Oppsummering	18
8.	Vedleggsliste.....	19
8.1.	Kilder	19
8.2.	Oppbygging referansebygg flerbrukshall.....	19
8.3.	Oppbygging referansebygg skole.....	20

2. Sammendrag

Nye Bjørkelangen skole setter standarden for den nye generasjonen miljøvennlige bygg. Miljø har vært med på å forme prosjektet fra første tegning, og fokuset er lagt på å identifisere rasjonelle løsninger hvor miljø er vurdert i sammenheng med pris, livsløpskostnader og brukervennlighet.

Bærekraftig materialvalg og effektive energiløsninger sørger for at klimagassutslippet fra skolen er redusert med 42,0 % sammenlignet med referansebygget for både material- og energibruk. Enkeltvis er materialbruk redusert med 42,6 % og energibruk 42,6 %.

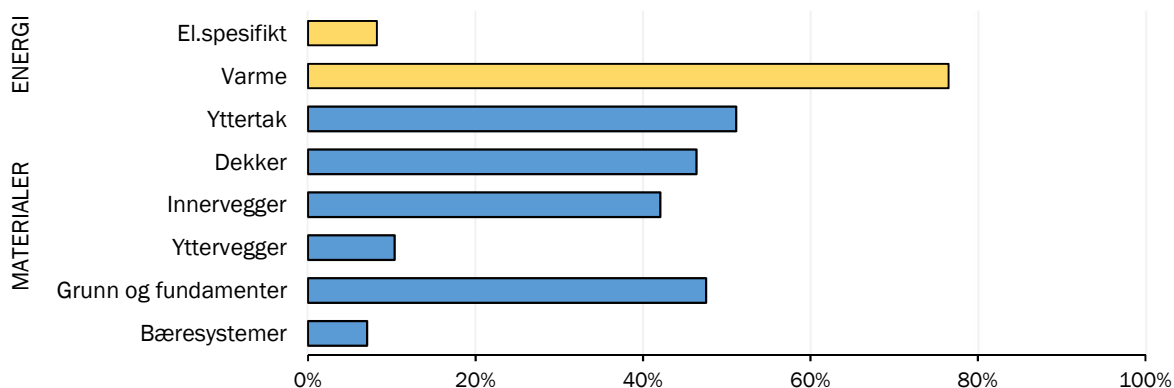
Det totale utslippet til skolen, over livsløpet på 60 år, vil være 7643 tonn CO₂-ekvivalenter, vist i figur 1 under. De største innsparingene er gjort med utstrakt bruk av massivtre, resirkulert stål i peler, lavkarbonbetong og fjernvarme basert på biobrensel. I absolutte mengder tilsvarer besparelsen over livsløpet 5538 tonn CO₂-ekvivalenter. Det er en like stor mengde karbon som 355 mål med skog ville bundet til seg over livsløpet til bygget (60 år) [1].



Figur 1: Bjørkelangen skole og flerbrukshall sitt klimagassutslipp over livsløpet (60 år) for material- og energibruk sammenlignet med referansebygg.

Om Bjørkelangen skole og flerbrukshall sammenlignes med krav i BREEAM og FutureBuilt så kommer skolen også veldig bra ut. BREEAM er det desidert største og vanligste miljøsertifiseringssystemet for bygg i Norge, og definerer slik standarden for miljøvennlige bygg. Prosjektet ville oppnådd maksimal score for klimagassreduksjon i BREEAM med over 40 % reduksjon (for materialer). På den andre side er FutureBuilt et mindre kjent statlig miljøprogram, kun gjeldende for de største byene i Norge. Bjørkelangen er ikke langt unna FutureBuilt-kravet på 50 % klimagassreduksjon for å kunne defineres som et nasjonalt forbildeprosjekt.

Figur 2 under viser den relative reduksjonen av klimagassutslipp der hver enkel post blir sammenlignet med referansebyggets post. De største besparelsene er gjort i kategorien oppvarming, grunnet et svært energieffektivt bygg med miljøvennlig energikilder. Deretter er de store reduksjonene yttertak (lett-tak), dekker (massivtre), grunn og fundamenter (lavkarbonbetong og resirkulert stål) og innervegger (massivtre). Reduksjon av utslipp på enkeltposter i regnskapet i absolutte mengder gis i del 5.



Figur 2: Prosentvis besparelse av klimagassutslipp i ulike kategorier, sammenlignet mellom Bjørkelangen skole og flerbrukshall og et referansebygg.

Trevirke har enda en god egenskap: materialet produseres naturlig med solenergi og CO₂ fra lufta. Det gjør at karbon fra atmosfæren bindes i materialet over dets levetid – det har et midlertidig negativt utslipp. Effekten er vanligvis ikke inkludert i klimagassregnskap, men dersom den hadde blitt inkludert så ville man her fått en total reduksjon på 60 % sammenlignet med referansebygget – ned fra opprinnelige 42 % (kun materialer). Det er en veldig stor reduksjon, sammenlignet med et bygg i stål og betong. Effekten er ikke offisielt medregnet, men vi viser her at Bjørkelangen skole og flerbrukshall mellomlagrer hele 970 tonn CO₂-ekvivalenter.

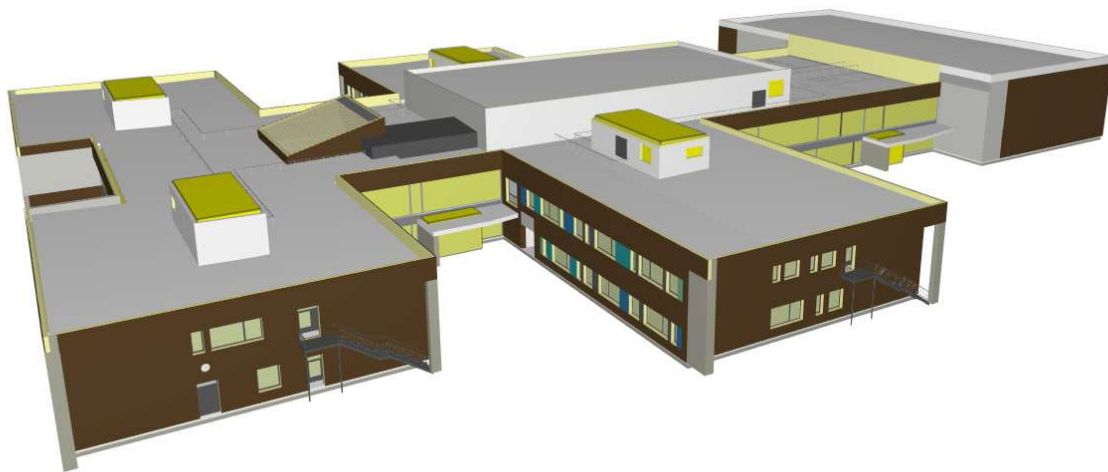
Den gode miljøytelsen viser hvordan Aurskog-Høland kommune og HENT har tatt hensyn til miljø og klima både ved overordnet valg av konsept og ved detaljert materialvalg. Massivtre er et fornybart, fremtidsrettet og robust materiale som danner grunnlaget for det minimale klimafotavtrykket til bygningskonstruksjonen. Tiltak som lavkarbonbetong og bruk av trekledning er effektive miljøtiltak som ytterligere begrenser klimafotavtrykket. Byggets bærekraftige og lave energibruk viderefører miljøprofilen også gjennom driftsfasen til bygget. Fremtidsrettet lokal fornybar energiproduksjon er utnyttet til det fulle ved installasjon av både solcellepanel og et moderne solfangeranlegg.

Oppsumert kan Bjørkelangen skole og flerbrukshall sees på som en veldig klimavennlig skole. Takket være blant annet utstrakt bruk av miljøriktig massivtre og fornybar fjernvarme er dette et bygg som virkelig har redusert sitt klimafotavtrykk. Det viser at Aurskog-Høland kommune har tatt sine miljøambisjoner- og forpliktelser på alvor.

3. Innledning

3.1. Bakgrunn

For å tallfeste klimagevinsten til nye Bjørkelangen skole har det blitt utført et klimagassregnskap for materialbruk og energibruk. Regnskapet ble bestilt av Aurskog Høland Kommune ved Ole-Christian Østreng 8. februar 2017. Regnskapet ble utført mellom juni og august 2017 av Eirik D. Neerland, og kvalitetssikret av Egil Ytrehus. Energiberegninger er utført av Ingrid Ekle og kvalitetssikret av Jonas Buan, alle ansatte i HENT. Figur 3 under viser skolen som modellert av arkitekt.



Figur 3: BIM-modell av Bjørkelangen skole og flerbrukshall (flerbrukshall bakerst i bildet).

3.2. Om klimagassregnskap

I dette regnskapet tar vi for oss både utslipp fra materialbruk og fra energibruk. For hvert materiale og produkt så ligger det til grunn en livsløpsvurdering (eng. LCA: life cycle assessment). LCA er en teknikk for å fastsette hvor stor miljømessig påvirkning produktet har, og hele livsløpet vurderes: fra uthenting av råmateriale, prosessering, frakt, bruk, reparasjon til avhending. Det vi bruker i et klimagassregnskap er den delen av analysen som tar for seg utslippet av klimagasser. Enheten som brukes er CO₂-ekvivalenter, der forskjellige stoffers mengde blir vektet etter deres effekt på global oppvarming sammenlignet med CO₂.

Mange av materialene brukt har fått utarbeidet en livsløpsanalyse fra en uavhengig tredjepart etter ISO 14025 for å tallfeste miljøpåvirkning. Dette kalles en miljøvaredeklarasjoner eller EPD for kort (eng. environmental product declaration), og danner grunnlaget for å bedømme produkter etter deres miljøytelse og å føre et klimagassregnskap.

Forbruk av energi har også et assosiert utslipp. Den elektrisitetstetningsmiksen som blir levert kommer fra ulike kilder som alle har direkte eller indirekte utslipp. Også fjernvarme kan tilegnes utslipp, som eksempelvis på dette prosjektet hvor deler av varmebehovet er stilt fra fjernvarme som drives av brenning av flis.

Men det er mye mindre utslipp assosiert med varme fra biobrensler enn ved å bruke elektrisitet for oppvarming.

3.3. Prosjektbeskrivelse

Prosjektet omfatter en skole for 1. til 10. trinn med plass til 660 elever med en flerbrukshall i én sammenhengende bygningsmasse. I tillegg til nødvendige rom for undervisning er det også areal for SFO og kulturskole. Aurskog-Høland kommune var byggherre og HENT var totalentreprenør. Under er en tabell hvor arealer brukt i beregningene gitt.

Tabell 1: Liste over arealer.

Areal	Forkortelse	Skole (m ²)	Hall (m ²)
Bebygd areal	BYA	5460	1380
Bruksareal	BRA	10753	1610
Brutto areal	BTA	11587	1735
Brutto areal kjeller	BTK	-	-

4. Metode

4.1. Verktøy og kilder

Dette klimagassregnskapet er gjort i klimagassregnskap.no etter regler til Futurebuilt [2] og tilstøtende beregninger er gjort i Excel. Energiberegninger er utført i SIMIEN. Datagrunnlaget for materialer brukt er basert på kommunikasjon og underlag fra prosjektorganisasjon, underentreprenører, innkjøpere og arkitekt. Prosjektets detaljerte BIM-modell ble også benyttet for å hente ut informasjon.

4.2. Klimagassregnskap.no

Kort fortalt er klimagassregnskap.no et verktøy som er utviklet av Statsbygg og CIVITAS og er beskrevet som «en gratis web-basert modell for klimagassberegninger for bygg og byggeprosjekter. Modellen gir muligheten til å beregne byggets klimaspor eller karbonfotavtrykk, en livsløpsberegning». På nettstedet bruker man prosjekt som så er delt i moduler.

I dette regnskapet ble det benyttet ett prosjekt for hall og ett for skole. For begge prosjekt ble det laget en modul for stasjonær energi (*St. Energi – Nytt*), en tidligfasemodul for referansebygget (*Materialbruk – Tidligfase*), en modul for grunn og peler til referansebygget (*Materialbruk - Prosjektert (v5)*; se punkt 4.4 under) og en modul for det prosjekterte bygget (*Materialbruk - Prosjektert (v5)*).

I denne rapporten vil vi ikke gå gjennom metodikken som ligger til grunn i klimagassregnskap.no, men leseren henvises til dokumentasjon tilgjengelig på klimagassregnskap.no. Der kan man også finne de forutsetningene og avgrensningene som brukes.

4.3. Referansebygg

Fotavtrykket til HENT sin løsning av skole og hall er sammenlignet med en beregning av klimafotavtrykket til et referansebygg, som er en bygning av samme størrelse og med like funksjoner. Referansebygget har en geometri som en skoeske, et romprogram tilpasset bygningskategorien og standard materialvalg basert på erfaringer av hva som er de mest utbredte materialtypene i de ulike bygningskategoriene. I tillegg har referansebygget en teknisk kvalitet som tilfredsstiller forskriftskravene (TEK10). Referansebygget er auto-generert fra tidligfasemodulen til klimagassregnskap.no (v.5) med bygningskategoriene *Skolebygg* og *Idrettshall*.

Grunnet utfordrende grunnforhold ble det brukt peler og et relativt massivt fundament. Referansebyggene vil fått en stor fordel om det ikke ble tatt hensyn til dette; de hadde blant annet ikke peler. Måten vi løste dette på var å legge til peler og skalere opp fundamentet slik at materialmengdene ble like som skole og hall, men det ble brukt generiske utslippsfaktorer til komponentene i referansebygget og reelle utslippsfaktorer for skole og hall. Fullstendig liste over oppbygging av begge referansebygg er vedlagt. Her følger en kort oppsummering av bygningskategoriene.

Tabell 2: Oppbygging av skolens referansebygg

Bygningsdel	Oppbygging (hovedelementer/materialer)	Klimagassutslipp (kg CO ₂ -ekv/m ² /år)	Klimagassutslipp (% av tot.)
Grunn og fundamenter	Kalksementpeler, stålpeler/spunt med lav resirkuleringsgrad, plastøst bunnplate, XPS-isolasjon	0,29	5 %
Bæresystemer	Søyler (80 %) og bjelker (70 %) i betong med 0 % FA. Søyler (20 %) og bjelker (30 %) i stål med 40 % resirkulering.	3,29	57 %
Yttervegger	Klimavegg med stenderverk av tre, teglstein, glassull-isolasjon, gipsplater. 2-lags vinduer med karmen av aluminiumsmantlet treverk. En liten andel betongvegg	0,28	5 %
Innervegg	Stenderverk av tre, steinull-isolasjon, gipsplater; hvorav en andel dobbel. En liten andel betongvegg. Dør i heltre.	0,60	10 %
Dekker	Betongdekker 265 mm HD-element 0 % FA, påstøp. Deler parkett, vinyl, flis. Gips i himling og mineralull.	0,83	14 %
Yttertak	Tretak med takstoler. Steinullisolasjon. Kryssfiner og asfalpapp. Betongstein og lekter.	0,46	8 %
Trapper og balkonger	Ståltrapp	0,29	5 %

Tabell 3: Oppbygging av hallens referansebygg

Bygningsdel	Oppbygging (hovedelementer/materialer)	Klimagassutslipp (kg CO ₂ -ekv/m ² /år)	Klimagassutslipp (% av tot.)
Grunn og fundamenter	Kalksementpeler, stålpeler/spunt med lav resirkuleringsgrad, plastøst bunnplate, XPS-isolasjon	0,98	9 %
Bæresystemer	Søyler og bjelker i stål med 40 % resirkulering	7,31	68 %
Yttervegger	Klimavegg med stenderverk av tre, teglstein, glassull-isolasjon, gipsplater. Blokkvegg av lettklinker. 2-lags vinduer med karmen av aluminiumsmantlet treverk. En liten andel betongvegg	0,72	7 %
Innervegg	Stenderverk av stål, steinull-isolasjon, gipsplater; hvorav en andel dobbel.	0,40	4 %
Dekker	Ingen utover gulv på grunn og tak. Mineralull og gips.	0,25	2 %
Yttertak	Stålplatetak m. dampspærre og isolasjon av steinull	1,09	10 %
Trapper og balkonger	Lik andel betongtrapp og ståltrapp	0,98	9 %

4.4. Karbonlagringseffekten

Karbonlagring er en effekt vi ikke har regnet med i hovedregnskapet, men den er slik: trær og andre fotosyntetiserende organismer tar til seg CO₂ under vekst, til forskjell fra eksempelvis plast- og metallprodukter. Man sier at trevirke har en karbonlagringseffekt for karbonet som er del av produktet er lagret der gjennom dets livsløp – CO₂ tas ut av atmosfæren og bindes frem til avhending.

Dette er en veldig god egenskap sammenlignet med vanlige produkter, men ikke medregnet. Årsaken til at det utelates er kompleks og spores tilbake til hvordan FNs klimapanel og assosierte organer originalt bygde opp rammeverk for å beregne klimagassutslipp. Det er derimot noe uenighet om hvordan å håndtere denne effekten i klimagassregnskap. Slik det gjøres i dag er at det antas at alt biogent karbon blir frigitt ved høsting – ved *instant oxidation*. Nye bestemmelser satt under COP17 åpner derimot muligheter for å inkludere en slik effekt. Per dags dato er ikke dette en del av Futurebuilt sine regneregler.

Det som kan bli utfallet av å inkludere et treprodukt sitt biogene karbon er at det da kan få et negativt utslipp. Det er delvis fordi det føres på en *vugge til port*-basis, der man med *vugge* mener fotavtrykket til uthenting og produksjon av råmaterialet, som for trevirke sin del vil kunne være netto negativt klimagassmessig.

Vi mener at denne effekten er verdt å vite om og å vite omfanget av, særlig i et prosjekt som dette med en stor andel trematerialer. Derfor legger vi også ved en analyse som viser hvordan inkluderingen av opptak av biogent karbon ville endret på bildet ganske radikalt (se kap. 5.4).

4.5. Systemgrense

Beregningene er avgrenset til følgende bygningskomponenter: bæresystemer, grunn og fundamenter, yttervegger, innervegger, dekker, yttertak, trapper og balkonger, samt overflatebehandling. Utenomhusarbeider, tekniske installasjoner, vann og avløp og innredning er ikke inkludert. Det henvises videre til de systemgrensene som er oppgitt for modulene i dokumentasjonen på klimagassregnskap.no.

Beregningene tar utgangspunkt i en levetid på 60 år for bygget. Er levetiden for en bygningsdel eller et materiale kortere enn 60 år betyr det at denne byttes ut en eller flere ganger i løpet av byggets levetid. Utslippene økes i diskrete trinn etter antall utskiftninger i løpet av byggets levetid.

Dette klimagassregnskapet omfatter altså utelukkende utslipp fra materialbruken i bygget. Det vil si utslipp fra produktfasen: råmaterialer, transport og tilvirkning (LCA fase A1, A2 og A3, «*vugge til port*»).

5. Materialbruk

5.1. Sammenlagt

Klimagassberegningen for materialbruk på skole og hall er presentert under. Bygget blir, i regnskapet, tilegnet faktiske mengder og materialvalg, hvor det så blir sammenlignet med et referansebygg der det ikke er tatt noen særskilte valg med hensyn til miljø. Sammenlagt har Bjørkelangen skole og flerbrukshall redusert sitt karbonfotavtrykk med 43 % sammenlignet med referansebyggene.

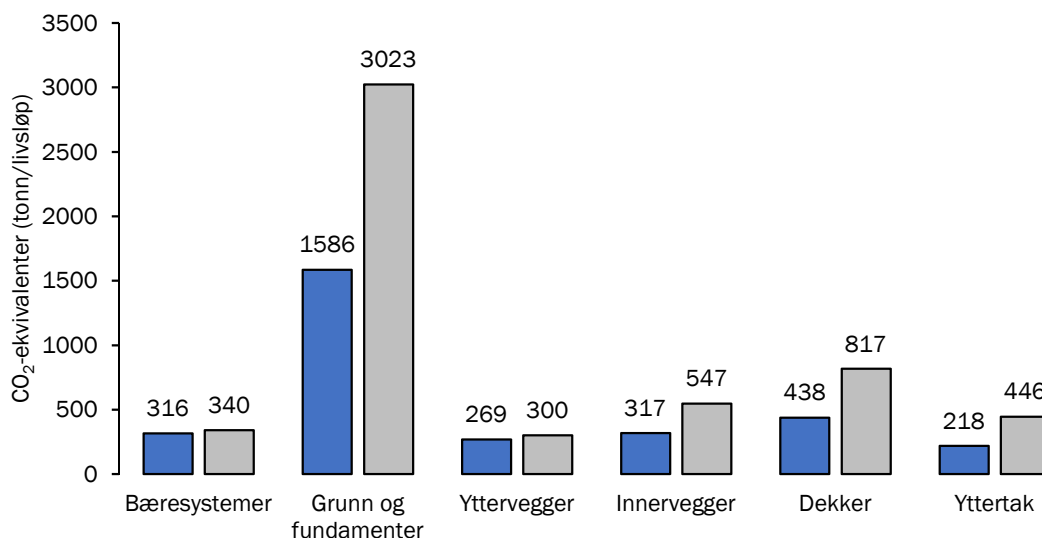
Det er bespart store utslippsmengder både på kategorien *Innervegger* og på *Dekker* som kan tilskrives massivtreet. Et tradisjonelt bygg ville sluppet ut betydelig mye mer klimagass på disse postene. For *Yttervegger* så står massivtreet for en litt mer beskjeden reduksjon. Merk at dette er uten karbonlagringseffekten; det er redegjort for dette i kap. 4.4.

Bruken av lett-tak et godt og klimaeffektivt tiltak, for en kan se at *Yttertak* har en stor relativ reduksjon. Dette skyldes en betydelig mindre mengde materialer brukt (derav lett-tak), men merk at bærende stålbjelker for tak er plassert på *Bæresystem* som gjør denne posten større enn hos referansebygget.

Samlet så står posten *Grunn og fundamenter* for den største reduksjonen. Pelene vi har brukt har en stor andel resirkulert materiale, og er en del bedre enn de generiske verdiene til stålpelene i referansebygget. I tillegg er det brukt mye betong i denne posten. Store besparelser er gjort på å benytte lavkarbonbetong – betong som er mer klimavennlig ved hjelp av å bruke flyveaske. Det er også verdt å nevne at et massivtre er omtrent 30 % lettere enn et konvensjonelt bygg i stål og betong som også er tatt med inn beregningen av fundamentene til bygningsmassen.

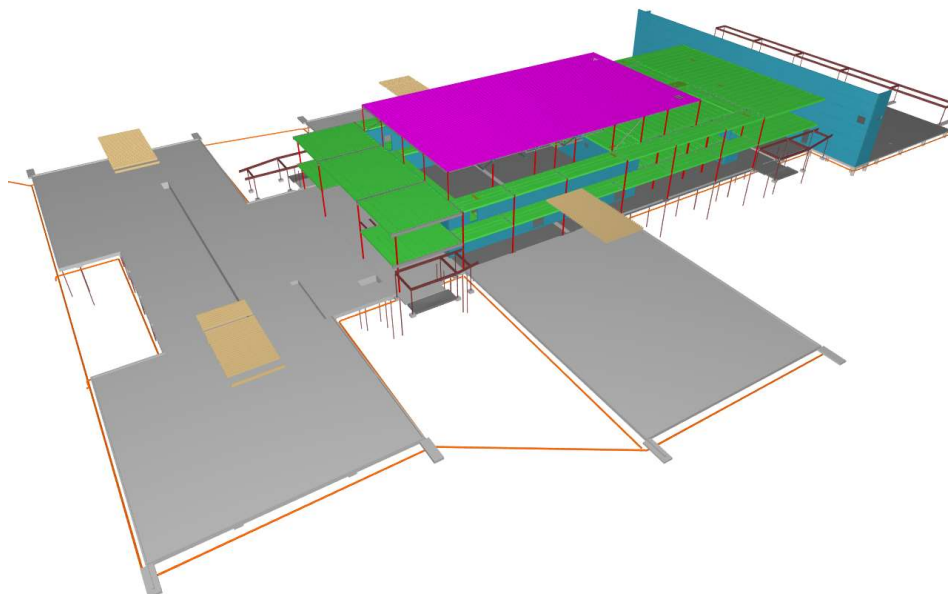
I klimagassregnskapet er det også et paradoks som er en følge av å bygge et veldig energieffektivt bygg: for å redusere energibehovet trengs et bedre isolert bygg. Flere lag med glass og mer isolasjon øker utslippene, men netto vil man allikevel se en økt reduksjon.

Posten *Yttervegger* har en mindre reduksjon enn de andre kategoriene der det er benyttet massivtre, på 10 % samlet. En grunn til at reduksjonen ikke er større er blant annet den store betongveggen mellom skole og hall. Om denne også var bygget i massivtre ville denne posten sunket til en reduksjon på 18 %; dette er uansett en post som vi ser er vanskelig å redusere mye grunnet isolasjon.

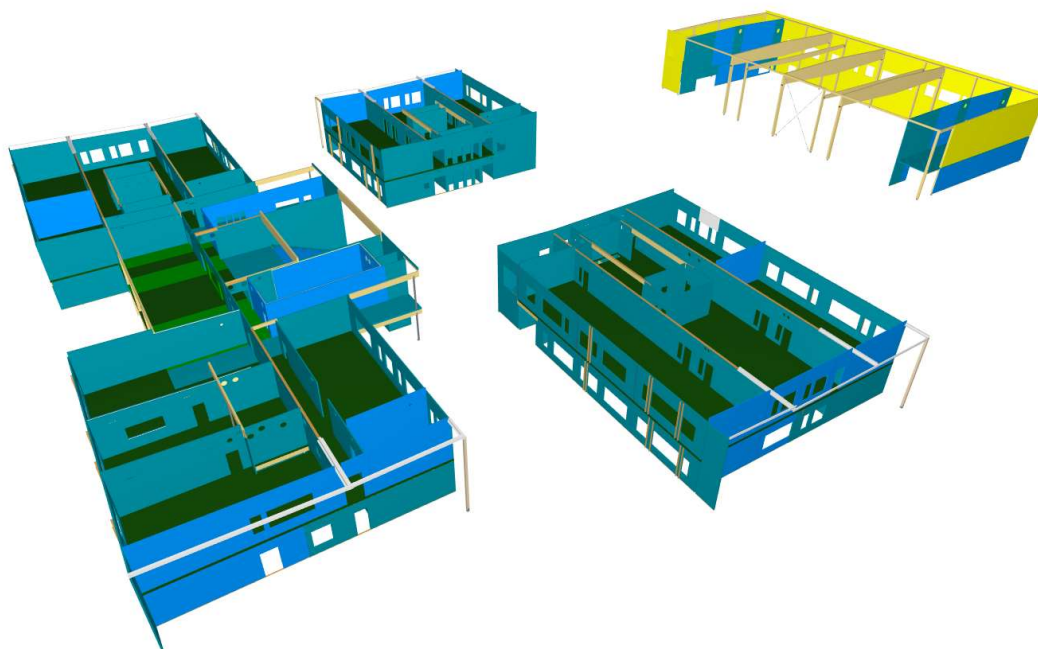


Figur 4: Klimagassutslipp for bygningskategorier på Bjørkelangen skole og flerbrukshall (blå) og for referansebygg (grå). Verdier gitt i tonn CO₂-ekvivalenter.

Under kan generell oppbygging sees hos de to viktigste fagene: massivtre og betong og stål. Under fundamentet kan omfanget av pelene sees. De er relativt tett og jevnt fordelt under bygget.



Figur 5: Grunn og fundamenter og prefabrikkert betong med stålkomponenter på Bjørkelangen skole og flerbrukshall.



Figur 6: Massivtre-elementer på Bjørkelangen skole og flerbrukshall.

5.2. Skole

Indirekte utslipp fra materialer i skolebygget fordeler seg synkende slik: grunn og fundamenter, dekker, innervegger, bæresystem, yttervegg og yttertak. Spesifikke mengder er gitt i tabell 4, som også inkluderer utslippverdier for referansebygg.

På skolen er det utstrakt bruk av massivtre. Dette gjenspeiles godt i klimaytelsen til bygget. Med lavkarbonbetong kommer man bare så langt, og massivtre blir det naturlige neste skrittet. Her ser vi besparelser i *Dekker*, *Innervegger* og *Yttervegger* som kan tilskrives massivtreet. Ved å bruke et så lite karbonintensivt materiale for vegg som også bærer, så kan man spare store mengder utslipp. Det samme gjelder for dekkene.

Fremskritt i miljøytelsen til betong ser vi bidrar til å gjøre bygg mer klimavennlig på en enkel måte, og på Bjørkelangen skole er resultatet slående. Dette er enkle tiltak som monner. Våre peler er gode med en stor andel resirkulert materiale, og de generiske verdiene for stålpelene er til sammenligning dårlige (selv 40 % resirkulert). Noter at det er mye stål som er brukt: 150 tonn for skolen.

Det er også en vesentlig andel hulldekk-elementer i senter av bygget, delvis båret med stål og delvis av betongvegger. Dette drar litt opp i regnskapet for bygningsmassen, men her er det også brukt lavkarbonbetong som bidrar til å holde utslippene nede.

Som forklart i avsnittet over er det også en stor besparelse mellom skolen og referanseskolen på *Yttertak* med 51 % – men som utgjør 9 % av den totale reduksjonen. Stålbjelker for tak er plassert på *Bæresystem*, for slik er det lagt opp i klimagassregnskap. Dette er årsaken til den negative reduksjonen her.

Tabell 4: Skolens klimafotavtrykk sammenlignet med referansebygg. Verdier er i CO₂-ekvivalenter; livsløp (lc) er 60 år.

Bygningskategori	Bjørkelangen skole			Referanse			Reduksjon post (%)	Av total red. (%)
	tonn/lc	kg/m ² /år	Andel (%)	tonn/lc	kg/m ² /år	Andel (%)		
Bæresystemer	272	0,37	11	245	0,33	5	-11	-1
Grunn og fundamenter	1247	1,68	48	2364	3,19	53	47	59
Yttervegger	186	0,25	7	230	0,31	5	19	2
Innervegger	312	0,42	12	508	0,68	11	39	10
Dekker	387	0,52	15	793	1,07	18	51	21
Yttertak	168	0,23	7	341	0,46	8	51	9
Sammenlagt	2572	3,47		4481	6,04	100	43	

5.3. Flerbrukshall

Utslippene har en lignende fordeling mellom postene som hos skolebygget: *Grunn og fundamenter* utgjør desidert mest av utslippene: 59 %, deretter *Yttervegg* (15 %), fulgt av *Dekker*, *Yttertak* og *Bæresystem* (hhv. 9, 9 og 8 %), med 1 % av byggets klimautslipp fra *Innervegger*.

Fordi referansebygget er bygd opp noe annerledes blir det å vanskelig sammenligne poster direkte mellom flerbrukshallen og referansehallen. Referansebygget er uten dekker (sett bort fra tak), noe som gjør at det blir en negativ reduksjon av utslipp (dvs. økning) mellom hall og referanse her, selv med massivtre. Den ene ytterveggen, som skiller flerbrukshallen og skolen, er av plaststøpt betong og gjør at det faktisk er vår hall som kommer verst ut.

Men samlet er bildet noe annet. Massivtre, lett-tak, lavkarbonbetong og gode er alle tiltak som drar ned utslippene sammenlignet med referansebygget. Lett-takets lave vekt gjør at det trengs mindre strukturelt stål, og stål er ikke akkurat et klimamessig godt produkt.

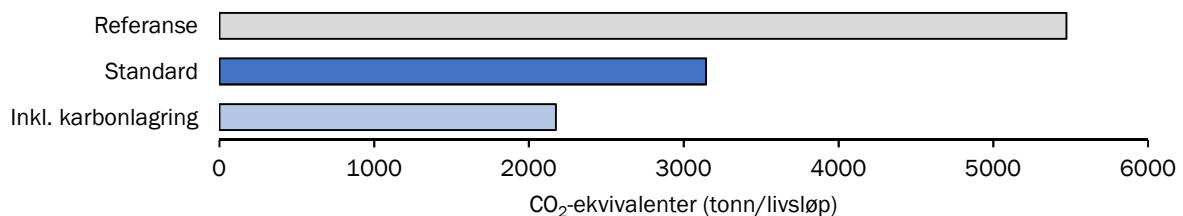
Tabell 5: Hallens klimafotavtrykk sammenlignet med referansebygg. Verdier er i CO₂-ekvivalenter; livsløp (lc) er 60 år.

Bygningskategori	Bjørkelangen hall			Referanse			Reduksjon (%)	Av total red. (%)
	tonn/lc	kg/m ² /år	Andel (%)	tonn/lc	kg/m ² /år	Andel (%)		
Bæresystemer	44	0,06	8	95	0,98	9	54	11
Grunn og fundamenter	339	0,46	59	659	6,82	66	49	76
Yttervegger	83	0,11	15	70	0,72	7	-19	-3
Innervegger	5	0,01	1	39	0,40	4	87	7
Dekker	51	0,07	9	24	0,25	2	-113	-6
Yttertak	50	0,07	9	105	1,09	10	52	12
Total	572	0,77		992	10,27		42	

5.4. Karbonlagringseffekten

Dersom vi hadde medregnet karbonlagringseffekten (se 4.4) så hadde bildet sett litt annerledes ut. Vi kan finne størrelsen på denne effekten ved å benytte de tallene som ligger til grunn i miljøvaredeklarasjonen til (kun) massivtreet. Vi benytter kun denne ene, da den står for mesteparten av treverket i bygget. Til sammen ble det benyttet litt over 1700 m³ massivtre og med en negativ utslippsfaktor på -567 kg CO₂-ekvivalenter/m³ vil dette gi en massivtreet et negativt utslipp på -970 tonn CO₂-ekvivalenter.

Sammenlignet med den tradisjonelle måten å føre klimagassregnskapet ville man sett en reduksjon fra tradisjonell utregning av Bjørkelangen skole og flerbrukshall på 31 % med inkludering av karbonlagringseffekten, vist i figur 7 (kun materialbruk). Men sammenligner man regnskapet inkludert biogent karbon med referansebygget ser man en ekstrem reduksjon i utslipp på 60 %. Dette viser til en god egenskap ved å bygge i tre som ikke kommer godt frem ved vanlig regnskapsføring. På toppen av dette er materialet fullstendig fornybart og har gode egenskaper for inneklimate.



Figur 7: Klimafotavtrykk til Bjørkelangen skole og flerbrukshall ved standard regnemetode og regnemetode inkludert karbonlagringseffekten. Øverst referansebygg. Kun materialbruk.

5.5. Klimamessig ytelse og sammenligning

Bjørkelangen skole og flerbrukshall presterer klimamessig godt. Prestasjonen er god nok til å få toppscore i BREEAM for klimagassreduksjon, og BREEAM er det mest kjente og utbredte miljøsertifiseringsprogrammet i Norge. I tillegg finnes FutureBuilt som er et miljøprogram i regi av Oslo, Drammen, Bærum og Asker kommune, som jobber med miljøvennlige bygg med høy kvalitet på alle områder. I dette programmet er det leverte bygget nær grensen for å oppnå status som *nasjonalt forbildeprosjekt* i reduksjon av klimagasser.

Vi kan også fortelle at en reduksjon på 40 % er på nivå eller høyere enn reduksjonen som typisk kreves i ambisiøse miljø-prosjekter av Statsbygg, Oslo Kommune og Forsvarsbygg m.fl. Her er også forutsetningene ofte enklere med en plasseringen i en stor by.

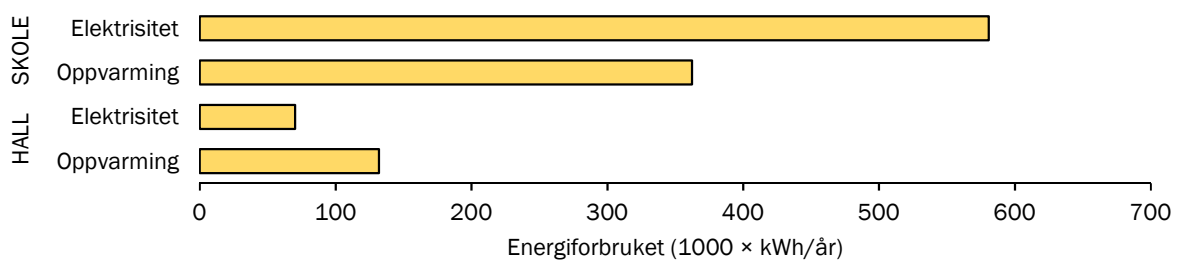
I tillegg er klimagassreduksjon spesielt vanskelig å oppnå for en skole som Bjørkelangen. Den mest effektive måten å kutte klimagassreduksjoner er å gjøre tiltak i byggets geometri. Ofte står miljømessige og arkitektoniske kvaliteter derfor delvis i motsetning til hverandre. Dette gjelder spesielt for tilgang på dagslys og som vil øke med mengde yttervegger. På Bjørkelangen har man klart å kombinere en miljøvennlig skole med ønskede tekniske og arkitektoniske kvaliteter med små kompromiss.

6. Energi

6.1. Sammenlagt

Bjørkelangen skole og flerbrukshall har en innovativ og særdeles miljøvennlig energiløsning. Det er et energieffektivt bygg med lokal varmeproduksjon fra solfangerene, med flisbasert fjernvarme og lokal elektrisitetsproduksjon fra solceller. Til sammen er dette et ytterst bærekraftig energikonsept.

For Bjørkelangen skole og hall så er energibehovet stilt ved å benytte en effektiv energimiks. For begge bygningsmasser dekker fjernvarme 85 % av oppvarmingsbehovet, el-kjel for 10 % og solvarme for 5 %. Figur 8, under, viser energiforbruket for skole og hall, uten sammenligning mot et referansebygg. Netto energibruk er til sammen 1145 MWh/år.



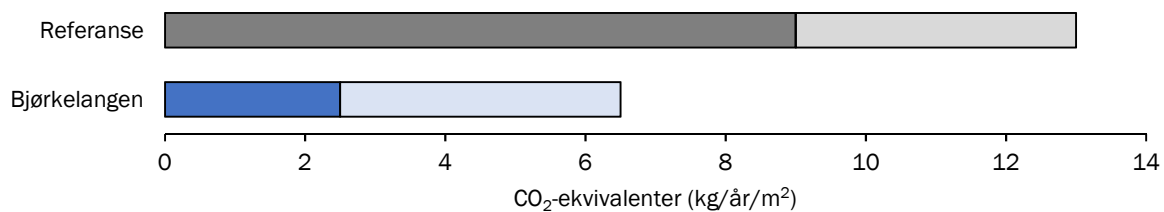
Figur 8: Fordeling av energiforbruket til Bjørkelangen hall og skole.

Ved å benytte seg av klimavennlig fjernvarme basert på biobrensler så sparer skolen og hall sammenlagt store mengder klimagassutslipp. Tallene vi har lagt til grunn for fjernvarmen fremgår av tall fra fjernkontrollen.no og beskrivelsen av fjernvarmesentralen fra Oplandske Bioenergi [3]. For hovedlasten skal det benyttes skogsflis og bioolje for spisslast, så det ble fordelt til henholdsvis 90 og 10 % av fjernvarmen levert.

Ikke bare importeres det fornybar varme, men Bjørkelangen skole og flerbrukshall er også delvis selvforsynt med fornybar energi. Solfangeranlegget plassert på en fasade på taket, og med sine 90 m² vil det levere varme på minst 27 MWh i året. Bygget benytter også solstråling for å produsere elektrisitet ved sine over 220 m² med solcellepanel, plassert på sørfasaden på flerbrukshallen.

Sammenlignet med referansebygget har Bjørkelangen skole og flerbrukshall en 41,6 % reduksjon av totalt utslipp forbundet til energi, vist i figur 9. Størstedelen av reduksjonen står varmen for: mellom skole og hall og referansebygget er det i varme alene en 76,6 % reduksjon; for el.spesifikt kun 5,0 %.

Skole og hall har et energi-assosiert utslipp på 6,1 kg CO₂-ekvivalenter/år/m², vist i figur 9. Referansebygget har et utslipp som er 4,1 kg CO₂-ekvivalenter/år/m² høyere (67 % høyere). Totalt over livsløpet vil denne differansen utspille seg til 3448 tonn CO₂-ekvivalenter, som tilsvarer 8000 fat med olje.



Figur 9: Samlet klimagassutslipp relatert til energibruk på Bjørkelangen skole og flerbrukshall. Mørk farge: varme, lys farge: el.spesifikt.

Som forklart vedrørende karbonlagring (kap. 4.4 og 5.4), så er det ulike måter å regne frem fotavtrykket til ulike materialer på. Dette gjelder også for brensel. For flisfyring regnes normalt et visst klimagassutslipp, men man kunne også snudd på flisa og ansett det som klimanøytralt da flis jo kan sees på som avfall eller et biprodukt. Og det av samme klimanegative naturlige vekst som trevirke. Her har vi fulgt standard regneregler og utelater derfor denne effekten.

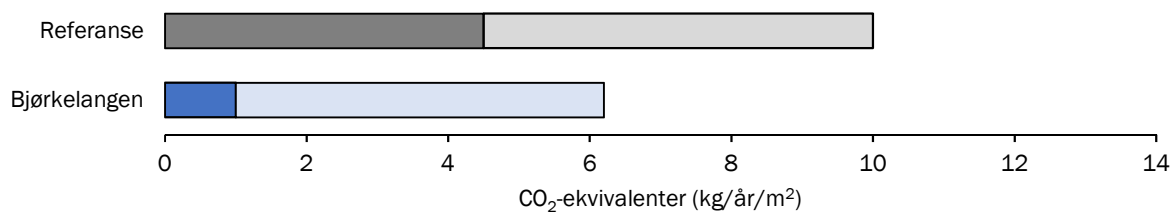
Under, i tabell 6, kan fordelingen av energibruk på Bjørkelangen skole og flerbrukshall sees. I tillegg er også systemvirkningsgraden og utslippsfaktoren gitt, både for levert bygg og for referansebygget.

Tabell 6: Fordeling av energibruk for varme på Bjørkelangen skole og flerbrukshall med utslippsfaktor (utslipp) oppgitt i kg CO₂-ekvivalenter/m²/år. Sys.virk.grad: systemvirkningsgrad. Kursiv er tall som utgjør fjernvarme.

Varmekilde	Bjørkelangen			Referanse			
	Andel varme (%)	Sys.virk. grad	Utslipp	Andel varme (%)	Sys.virk. grad	Utslipp	
Skolebygg	El-kjel	10	0,81	0,400	40	0,86	2,862
	Varmepumpe	-	-	-	60	2,25	1,641
	Solvarme	5	0,9	0	-	-	-
	Fjernvarme	85	0,88	0,628	-	-	-
	<i>Bioolje</i>	10	0,85	0,104			
	<i>Flis</i>	90	0,85	0,524			
Flerbrukshall	El-kjel	10	0,81	0,972	40	0,86	5,723
	Varmepumpe	-	-	-	60	2,25	3,281
	Solvarme	5	0,9	0	-	-	-
	Fjernvarme	85	0,88	1,528	-	-	-
	<i>Bioolje</i>	10	0,85	0,104			
	<i>Flis</i>	90	0,85	0,524			

6.2. Skole

Ved å benytte modulen i klimagassregnskap.no som tar for seg stasjonær energibruk finner vi hvilket klimafotavtrykk skolebygget har relatert til oppvarming og elektrisitet, vist i figur 10. Referansebygget har et totalt utslipp på 10,0 kg CO₂-ekvivalenter/m²/år (el.spesifikt: 5,5, varme: 4,5) mens Bjørkelangen skole har et utslipp på 6,0 kg CO₂-ekvivalenter/m²/år (el.spesifikt: 5,0, varme: 1,0). Det er en reduksjon på 40 %. Dette er en veldig god reduksjon på linje med, eller bedre enn, andre prosjekter hvor miljøeffektiv energibruk har vært prioritert.



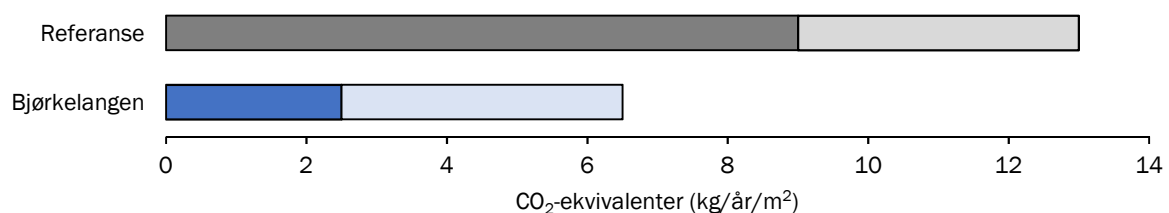
Figur 10: Samlet klimagassutslipp relatert til energibruk på Bjørkelangen skole. Mørk farge: varme, lys farge: el.spesifikt.

Over er resultatene gitt per m². Om en ser på total CO₂-tonnasje for hele levetiden til kun skoledelen av bygget vil forholdet (reduksjonen) mellom de to fortsatt bestå. Over livsløpet vil energibruken på skolebygget resultere i 4601 tonn CO₂-ekvivalenter på skolebygget, mot 7421 hos referansebygget.

6.3. Flerbrukshall

Ved å benytte modulen i klimagassregnskap.no som tar for seg stasjonær energibruk finner vi hvilket klimafotavtrykk flerbrukshallen har relatert til oppvarming og elektrisitet. Referansebygget har et totalt utslipp på 6,5 kg CO₂-ekvivalenter/m²/år (el.spesifikt: 4,0, varme: 2,5) mens flerbrukshallen har et utslipp på 13,0 kg CO₂-ekvivalenter/m²/år (el.spesifikt: 4,0, varme: 9,0), som vist i figur 11. Det er en reduksjon på 50 %.

Om en tar for seg total CO₂-tonnasje for hele levetiden til skolen ser vi at det vil resultere i 628 tonn CO₂-ekvivalenter på skolebygget, mot 1256 hos referansebygget.



Figur 11: Samlet klimagassutslipp relatert til energibruk for flerbrukshall. Mørk farge: varme, lys farge: el.spesifikt.

Det kan være verdt å notere at flerbrukshallen har et mye større varmebehov per areal, men også et mindre behov for elektrisitet. Det kan forklares at hallens må levere et større volum varme per areal enn skolen. Men dette forholdet snus for el.spesifikt energiforbruk, hvor eksempelvis færre lys trengs for å belyse hallen.

7. Oppsummering

Gjennom denne rapporten kan det sees hvor miljøvennlig Bjørkelangen skole og flerbrukshall er i tall. Ved å se på energibruket og dets utslipp så kan vi se at fjernvarme basert på biobrensler er en klimavinner. Ved å bruke fornybar og bærekraftig flis, med bioolje for spisslast, så reduseres utslippene betraktelig. Et godt isolert bygg med effektive energiløsninger viser seg også som et tiltak som reduserer totalbehovet for energi.

Ved å fokusere på miljøriktige materialer som også har lave utslipp har Aurskog-Høland kommune fått en skole og flerbrukshall som har et lite fotavtrykk sammenlignet med tradisjonelle bygg. Massivtreet som er brukt gjør store innhogg i klimagassregnskapet, særlig da på innervegger og dekker. Lett-taket bruker mindre mengder med materialer og har dermed også veldig lave utslipp, sammenlignet med et tradisjonelt yttertak. Det siste store tiltaket som virkelig monner er bruken av lavkarbonbetong og peler med høy resirkuleringsgrad. Grunnforholdene tilsa store mengder både betong og peler, så her er det gjort store klimagassbesparelser i absolutte mengder.

HENT er stolte av å ha fått bygge miljøvennlige Bjørkelangen skole og flerbrukshall og håper Aurskog-Høland kommune og kommende generasjoner vil få stor nytte og glede av bygget.

8. Vedleggsliste

8.1. Kilder

[1] United States Environmental Protection Agency. Greenhouse Gas Equivalencies Calculator.

<https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>

[2] Regneregler for klimagassberegninger i Futurebuilt Bygg og områder.

www.futurebuilt.no/content/download/5875/55407

[3] Oplandske Bioenergi, Hemnes anlegg.

<http://www.oplandske.no/hemnes.cfm>

8.2. Oppbygging referansebygg flerbrukshall

Grunn og fundamenter: Kantbjelke (12 %) og gulv på grunn (100 %) i betong med 0 % flyveaske(FA). Armering 80kg/m³ i kantbjelke, 40kg/m³ i gulv på grunn, med 80 % resirkuleringsgrad. Fuktsperre 0,2 mm PE-folie og XPS isolasjon i gulv på grunn.

Bæresystemer: Søyler (100 %) og bjelker (100 %) i stål med 40 % resirkulering

Yttervegger: Klimavegg (57 % av vegger) med trestender, glassullisolasjon, dampspærre, GU-plate, innvendig kledd med 1x13mm gipsplate (50 %) og 2x13mm gipsplate (50 %). Overflatebehandling (10 %) flis m/membran, (85 %) vannbasert maling og (5 %) oljebasert maling. Betongvegg (14 %) i betong med 0 % flyveaske(FA). Armering 120kg/m³ med 80 % resirkuleringsgrad. Steinull. Overflatebehandling (5 %) flis med membran, 95 % vannbasert maling. Fasaden er kledd med 105mm teglstein (100 %). Dører (1 %) i stål (100 %) og vinduer (28 %) i 2-lags glass og profiler/karmer i aluminium (100 %).

Innervegg: Stendervegg (7 %) med 70mm stålstendere, isolert med steinull 70mm (70 %, 30 % uten isolasjon), kledd med 1x13mm gipsplater (50 %) og 2x13mm gipsplater (50 %). Overflatebehandling med keramisk flis (5 %), keramisk flis og membran (5 %), vannbasert maling (80 %) og oljebasert maling (10 %). Murvegg (84 %) med 150mm lettklinkerblokk og 15mm murpuss (50 %) og 15mm avrettingsmasse/ puss (50 %). Overflatebehandling med keramisk flis (5 %), keramisk flis og membran (5 %), vannbasert maling (80 %) og oljebasert maling (10 %). Dører (3 %) i stål (100 %).

Dekker: Ingen dekker utenom gulv på grunn og tak. Overflater gulv i 14mm parkett (85 %), 2mm vinyl (3 %) og keramisk flis og membran (12 %). Himlinger 13 mm gipsplate (14 %), malt, og 20mm mineralull systemhimling (7 %).

Yttertak: Stålplatetak m/ dampspærre og isolasjon av steinull (100 %). Taktekking (100 %) av 6,8mm asfaltapp.

Trapper og balkonger: Betongtrapp (50 %) og ståltrapp (50 %).

8.3. Oppbygging referansebygg skole

Grunn og fundamenter: Kantbjelke (5 %) og Gulv på grunn (100 %) i betong med 0 % flyveaske(FA), 80 kg/m³ (kantbjelke) og 40kg/m³ (gulv på grunn) armering med 80 % resirkuleringsgrad. Fuktsperre 0,2 mm PE-folie og XPS isolasjon i gulv på grunn.

Bæresystemer: Søylar (80 %) og bjelker (70 %) i betong med 0 % FA. Søylar (20 %) og bjelker (30 %) i stål med 40 % resirkulering.

Yttervegger: Klimavegg (55 %) med trestender, glassullisolasjon, dampspærre, GU-plate, innvendig kledd med 1x13mm gipsplate. Overflatebehandling keramisk flis og membran (5 %) og vannbasert maling (95 %). Betongvegg (10 % over terreng, 94 % under terreng) i standard betong (0 % FA), armert med 120 kg/m³ resirkuleringsgrad 80 %, 100mm EPS, overflatebehandling med 8mm keramisk flis (5 %) og vannbasert maling (95 %). Fasaden er kledd med 18mm malt panel (100 %). Dører (1 % over terreng, 1 % under terreng) i glass og aluminium (100 %) og vinduer (34 % over terreng og 5 % under terreng) i 2-lags glass og profiler av aluminiumsmantlet tre (100 %).

Innervegg: Stendervegg (70 % både over og under terreng) med 70mm trestendere, isolert med steinull 70mm (100 %), kledd med 1x13mm gipsplater (20 %) og 2x13mm gipsplate (80 %). Overflatebehandling med keramisk flis og membran (3 %), vannbasert maling (87 %) og oljebasert maling (10 %). Begge isolert, med 2x13mm gipsplate på en side. Murvegg (4 % både over og under terreng) i 150 mm lettklinker-blokk, 15mm murpuss og 15 mm avrettingsmasse. Overflatebehandling med keramisk flis og membran (3 %), vannbasert maling (87 %) og oljebasert maling (10 %). Betongvegg (18 % både over og under terreng) i 150mm standard betong (0 % FA), armert med 120kg/m³, resirkuleringsgrad 80 %, 15mm murpuss og 15 mm avrettingsmasse. Overflatebehandling med keramisk flis og membran (3 %), vannbasert maling (87 %) og oljebasert maling (10 %). Dør (8 % både over og under terreng) i heltre (100 %)

Dekker: Betongdekker (100 %) i 265mm HD-element i standard betong (0 %FA), 50mm påstøp, armering 50kg/m³ resirkuleringsgrad 80 %, 25mm trinnlydsplate i steinull, 20mm flytsparkel (5 %). Overflater gulv i 14mm parkett (6 %), 2mm vinyl (87 %), 8mm keramisk flis og membran (6 %). Himling 13 mm gipsplate (79 %), 20 mm mineralull systemhimling (21 %), overflatebehandling maling (79 %).

Yttertak: Tretak (105 %) med takstoler, isolasjon i steinull (100 %), dampspærre i 0,2mm PE-folie, 18mm x-finér og 3mm asfaltapp. Taktekking (140 % av BYA) av 25mm betongstein, 23mm strø og 36mm lekter.

Trapper og balkonger: Ståltrapp (100 %)