

Ny brannstasjon i Selje

Oppdragsgiver	Stad kommune
Kommune	Stad kommune
Gård- og bruksnr.	256/302
Prosjektnr.	260118
Dato	30.06.2026
Revisjonsnr.	1



Dokumentinformasjon

Oppdrag	Ny brannstasjon i Selje	
Oppdragsgiver	Stad kommune	
Kontaktperson oppdragsgiver	Merete Nerland	
Oppdragsleder Nordplan	Henrik Tryggestad Koi	
Faglig ansvarlig	Henrik Tryggestad Koi	
Rapport utført av	Henrik Tryggestad Koi	
Sidemannskontroll	Mari Nord Myklebust	
Navn på bygg/tiltak/delprosjekt	Selje brannstasjon	
Adresse	Hovevegen 99	
Kommune, gårds- og bruksnr.	Stad kommune/256/302	
Bygningstype/tiltakstype	Yrkesbygg / brannstasjon	
Prosjektfase	Tidligfase / skisseprosjekt	
Dokumentnavn	NP260118-RIM-Klimaanalyse	
Mal-ID	49-62-04 MAL Klimagassberegning	06.05.2025

Revisjonsoversikt

Tabell 1

Rev. Nr.	Dato	Beskrivelse	EK	SK
Rev. 0	01.06.2026	Ferdig rapport inkl. KS	HTK	MNM
Rev. 1	30.06.2026	Endringer iht. tilbakemelding fra oppdragsgiver: små justeringer i løpende tekst/illustrasjoner/tabeller, lagt til flere typer materialer til sammenligning etc.	HTK	

Sammendrag

Tabell 2 Generelt sammendrag

Hva er prosjektet	Det skal bygges ny brannstasjon i Selje i Stad kommune.
Hva er gjort/sammenligna	Det er gjennomført en sammenlignende analyse av ulike konsepter for bygningskonstruksjon, materialvalg, energiløsninger og byggeplassdrift, basert på beregningsresultat fra livsløpsvurderinger (LCA) og livssyklus kostnader (LCC). LCA er utført iht. NS 3720 og LCC er utført iht. NS 3454.
Hovedresultat	Det er beregnet klimagassutslipp og kostnader/netto nåverdi forbundet med en rekke ulike konsepter over byggets forventede livsløp. Det er identifisert et samlet potensial for utslippsreduksjon på omtrent 25-30% over analyseperioden på 50 år, tilsvarende omtrent 250 000-300 000 kg CO ₂ -ekv. totalt, sammenlignet med en tenkt «referansesituasjon».
Konklusjon	Betydelige utslippsreduksjoner kan oppnås uten vesentlig økte livsløpskostnader. Analysen viser at dette kan gjøres ved å ha fokus og bevissthet rundt konkrete materialvalg, samt ved tidlig forankring av konkrete konstruksjonsprinsipper, energisystem og praksis for byggeplassdrift. De anbefalte løsningene gir et godt grunnlag for videre prosjektering og innarbeiding av konkrete krav/ambisjoner i anbudsunderlaget.

Innhold

Dokumentinformasjon.....	2
Sammendrag.....	3
1 Oppdraget.....	6
1.1 Oppgaveforståelse.....	6
1.2 Grunnlag.....	6
2 Innledning.....	7
2.1 Beskrivelse av prosjektet.....	7
2.2 Formål og omfang	8
2.3 Metodikk og systemgrenser	9
2.3.1 Klimagassberegning	9
2.3.2 Livssyklus kostnader (LCC)	10
3 Forutsetninger for gjennomføring	11
3.1 Beskrivelse av kilder til klimagassutslipp.....	11
3.1.1 Klimagassutslipp fra byggeplass.....	11
3.1.2 Klimagassutslipp fra materialer	11
3.1.3 Klimagassutslipp fra energibruk i drift	12
3.2 Gjeldende beregningsscenarioer	13
3.2.1 Vurdering av relevante konsepter for konstruksjon og materialbruk.....	13
3.2.2 Vurdering av relevante tekniske konsepter	18
3.2.3 Vurdering av relevante alternativer for byggeplassdrift	24
3.2.4 Sammenligning av alle vurderinger	25
3.2.5 Sensitivitetsanalyser	25
4 Resultat.....	26
4.1 Vurdering av relevante konsepter for konstruksjon og materialbruk	26
4.1.1 Bygningskonsept nr. 1 – betongkonstruksjon	26
4.1.2 Bygningskonsept nr. 2 – stålkonstruksjon med sandwichelementer	27
4.1.3 Bygningskonsept nr. 3 – massivtrekonstruksjon	28
4.1.4 Bygningskonsept nr. 4 – kombinasjon av betong og trevirke.....	29
4.1.5 Enkelttiltak uavhengig av overordnet konsept.....	30
4.2 Vurdering av relevante tekniske konsepter.....	31
4.3 Vurdering av relevante alternativer for byggeplassdrift	33
4.4 Sammenligning av alle vurderinger.....	35
4.5 Sensitivitetsanalyser.....	39
4.5.1 Elektrisitetsforsyning og energimiks	39

4.5.2	Netto nåverdi knyttet til energibruk i drift og teknisk konsept	39
5	Konklusjon og oppsummering	40
6	Referanser	42

1 Oppdraget

1.1 Oppgaveforståelse

Det skal utarbeides en klimaanalyse for ny brannstasjon i Selje, med formål om å gi et faglig og etterprøvbart grunnlag for valg av løsninger i det videre prosjektet. Analysen skal bidra til å identifisere tiltak som reduserer klimagassutslipp over byggets livsløp, og samtidig sikre at forventede livssyklus kostnadene holdes på et rasjonelt nivå.

Arbeidet skal gjennomføres som en sammenlignende analyse av alternative bygningskonsepter, materialvalg, tekniske energiløsninger og praksis for byggeplassdrift. For hvert alternativ skal klimagassutslipp (LCA) og livssyklus kostnader (LCC) vurderes, med særlig vekt på kost/nytte-vurderinger.

Resultatene med konklusjon og anbefalinger skal struktureres på en slik måte at det er direkte anvendbart i videre anskaffelsesprosess. Og slik at det gir grunnlag for å definere konkrete krav og tildelingskriterier til entreprenør.

1.2 Grunnlag

Følgende dokumenter ligger til grunn for arbeidet i denne rapporten.

Tabell 3

Nr.	Dokument	Utarbeidet av	Dato
	Tilbudsførespurnad klimaanalyse - Brannstasjon Selje	Stad kommune	
	Skisseteikningar (plan, fasade)	Stad kommune	
	Situasjonsplan	Stad kommune	
	Beskriving av areal og funksjonar (romprogram)	Stad kommune	
	Revit-modell	Stad kommune	

2 Innledning

2.1 Beskrivelse av prosjektet

Utdrag fra «Tilbudsføresurnad klimaanalyse - Brannstasjon Selje»:

«Ny brannstasjon til Stad brann og redning sin avdeling i Selje. Brannvesenet i Selje skal dimensjonerast for 9 stk. mannlege brannkonstablar, 3 stk. kvinnelege brannkonstablar pluss 1 feiar. Det skal være møterom med plass til 20 stk., samt lager til brannvesenet og andre einingar/organisasjonar i kommunen (m.a. Raude Kors).

Den nye brannstasjonen vil bli liggjande ved sjøen i eit område kor dimensjonerande stormflo er på 3 m.o.h. Underetasjen i bygget vil ha topp golvnivå på 1,8 m.o.h. Dette betyr at bygningskonstruksjonen i kjellaren må tole oversvømmingar. Området er også vêrhardt og ein må pårekna sjøsprøyt mot sørvestre del av bygget.»



Figur 1 Illustrasjon av foreløpig prosjektert bygg

Tabell 4 Funksjonelle ekvivalenter for prosjektet

Eiendom / lokasjon		Tiltakstype	
Gnr.	256	Nybygg	
Bnr.	302	x	Nytt bygg
Kommune	Stad kommune	Eksisterende bygg	
Adresse	Hovevegen 99		Hovedombygging
Postnr.	6740		Tilbygg, påbygg, underbygg
Poststed	Selje		Annet søknadspliktig tiltak
Areal		Bruk / formål	
Totalt bruttoareal (m2 BTA)	1170		Bustadblokk
Totalt bruksareal (m2 BRA)		x	Yrkesbygg
Totalt oppvarma bruksareal (m2 BRA)			Bygningstypekode

2.2 Formål og omfang

Nordplan AS er engasjert av Stad kommune i forbindelse med utarbeiding av klimaanalyse for prosjektet Ny brannstasjon i Selje.

Det overordna formålet med klimagassberegninger å synliggjøre de største og viktigste kildene til klimagassutslipp fra rehabilitering og/eller oppføring av bygg, og bidra med et felles rammeverk for målsetninger og rapportering.

I tillegg stilles det krav til slike beregninger som del av Byggeteknisk forskrift (TEK17), samt gjennom en rekke ulike miljøsertifiseringsordninger (BREEAM-NOR, Svanemerket etc.).

I dette prosjektet tjener klimagassberegningene følgende formål:

- Dokumentere klimagassutslipp og livssyklus kostnader fra materialbruk i samsvar med NS 3720:2018 og NS 3454.
- Dokumentere klimagassutslipp og livssyklus kostnader for ulike tekniske løsninger i samsvar med NS 3720:2018 og NS 3454.
- Dokumentere klimagassutslipp og livssyklus kostnader for ulike scenarier for byggeplassdrift.
- Sammenligne alle beregningene og sette de i kontekst av hverandre, herunder vurdering av kost/nytte.
- Konkludere og anbefale en kombinasjon av ulike tiltak, samt hvordan det kan innarbeides i videre anskaffelsesprosess.

Klimagassberegningen er av oppdraget sin spesifikasjon avgrenset til å omfatte utslipp fra materialer tilført bygget. Overført til de forhåndsdefinerte omfangene som er lista opp i NS 3720:2018 (Tabell 5) vil det si «basis/uten lokalisering».

Tabell 5 Ulike forhåndsdefinerte omfang for helhetlige klimagassberegninger (NS3720:2018)

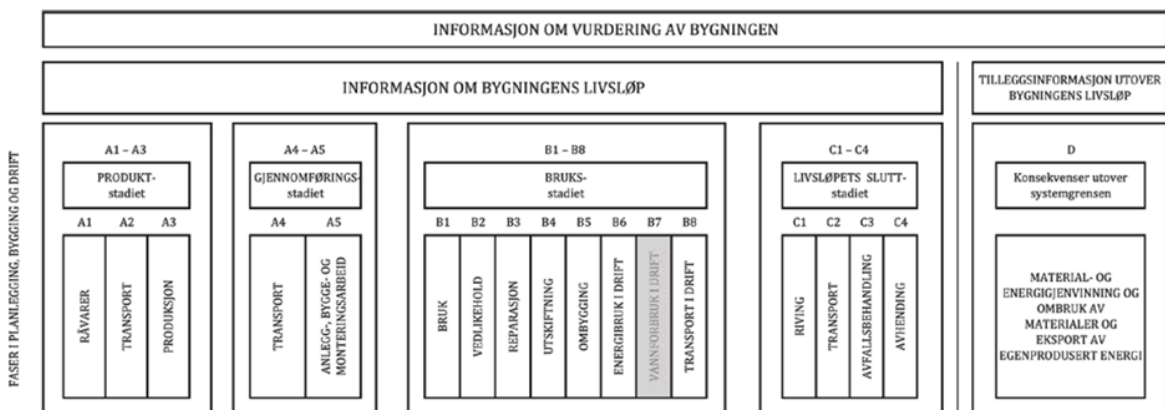
	Uten lokalisering	Med lokalisering
Basis	Klimagassberegningen skal inkludere klimagassutslipp fra byggeplass (7.3), materialer (7.4), energi i drift (7.5). Materialer (7.4) skal inkludere innhold i bygningsdelsnummer 2 Bygning i henhold til NS 3451 samt materialer som inngår i lokalt energiproduksjonsutstyr som ikke er dekket av NS 3451.	Klimagassberegningen skal inkludere klimagassutslipp fra tomtebearbeiding (7.2), byggeplass (7.3), materialer (7.4), energi i drift (7.5), transport i drift (7.6). Materialer (7.4) skal inkludere innhold i bygningsdelsnummer 2 Bygning i henhold til NS 3451 samt materialer som inngår i lokalt energiproduksjonsutstyr som ikke er dekket av NS 3451.
Avansert	Klimagassberegningen skal inkludere klimagassutslipp fra byggeplass (7.3), materialer (7.4), energi i drift (7.5) og inkludere materialer som inngår i bygningsdelsnummer 2 Bygning, 3 VVS-installasjon, 4 Elkraft, 6 Andre installasjoner, 7 Utendørs i henhold til NS 3451 samt materialer som inngår i lokalt energiproduksjonsutstyr som ikke er dekket av NS 3451.	Klimagassberegningen skal inkludere klimagassutslipp fra tomtebearbeiding (7.2), byggeplass (7.3), materialer (7.4), energi i drift (7.5), transport i drift (7.6) og inkludere materialer som inngår i bygningsdelsnummer 2 Bygning, 3 VVS-installasjon, 4 Elkraft, 6 Andre installasjoner, 7 Utendørs i henhold til NS 3451 samt materialer som inngår til lokalt energiproduksjonsutstyr som ikke er dekket av NS 3451.

2.3 Metodikk og systemgrenser

2.3.1 Klimagassberegning

Klimagassberegningene er gjort i samsvar med NS 3720:2018 – «Metode for klimagassberegninger for bygninger». Figur 2 er hentet fra standarden og viser organiseringa av de ulike modulene som benyttes til å vurdere et bygg sin klimapåvirkning gjennom livsløpet.

Byggets levetid er satt til 50 år.



Figur 2 Faser gjennom et bygg sitt livsløp (NS 3720:2018)

Gitt oppdraget sitt definerte formål og omfang, sett i sammenheng med livsløpsmodulene presentert ovenfor, vil klimagassberegningen følge systemgrensene listet opp i Tabell 6. Modulene som står oppført med fet skrift er krevd i henhold til TEK17-veilederen [2]. Nærmere beskrivelse av hver enkel modul, og forutsetningene som ligger til grunn, blir lagt frem i egne avsnitt.

Tabell 6 Systemgrenser

Referanse til struktur i NS3720	Livsløpsmodul	Enkel beskrivelse av tematikk
«Byggeplass» (7.3)	Modul A4	Utslipp fra transport av masser og utstyr til/fra byggeplass

	Modul A5	Utslipp fra mobile og stasjonære maskiner (inkl. drivstofforbruk), energibruk til drift, avfallshåndtering ol. på byggeplass
«Materialer» (7.4)	Modul A1 – A3	Utslipp fra produksjon av materialer og emballasje
	Modul A4	Utslipp fra transport av materialer og emballasje til byggeplass
	Modul A5	Utslipp fra kapp og svinn ved materialhåndtering (avfall)
	Modul B2	Utslipp fra fremtidig vedlikehold av materialer/bygningsdeler
	Modul B4	Utslipp fra fremtidig utskifting av materialer/bygningsdeler
	Modul C2 – C4	Utslipp fra fremtidig avhending av bygget
«Energibruk i drift» (7.5)	Modul B6	Utslipp fra energi som forbrukes gjennom bygget sitt livsløp
Uthevet tekst = moduler krevd i TEK17		

Beregningsverktøyet OneClick LCA er benyttet til gjennomføringen av klimagassberegningene. Denne programvaren er blant de mest anerkjente innenfor sitt slag, og samsvarer med metodikken gitt i NS 3720:2018.

Gjeldende mengdedata er hentet ut fra oversendt dokumentasjon, herunder foreløpige snitt- og plantegninger (delvis målsatte), romskjema og en Revit-modell. I sum har en fått ut et tilstrekkelig detaljert grunnlag for å anslå relevante mengder.

Gjeldende materialer/løsninger/produkter med eventuelt tilhørende EPD-er er i all hovedsak, og så langt det har latt seg gjøre, basert på det som fremkommer av oversendt dokumentasjon. Det er ellers benyttet generiske konstruksjonsprinsipper med tilhørende generiske materialvalg, som igjen er basert på DFØ-referanseverdier gjeldende for Norge.

De ulike bygningskonseptene er modellert i OneClick LCA sin tilleggsprogramvare «Carbon Designer 3D». Denne programvaren tar høyde for en lang rekke prosjektspesifikke parametere av stor betydning for totale klimagassutslipp, blant annet faktiske bygningsmessige løsninger som form, høyde, bygningsmessige løsninger, materialvalg etc. På denne måten er hvert av konseptene blitt vurdert med utgangspunkt i et best mulig og realistisk omfang.

Det samme omfanget for mengder, materialer/løsninger og bygningskonsepter er videreført til påfølgende LCC-analyse.

2.3.2 Livssykluskostnader (LCC)

Som en del av denne analysen skal også ulike materialkonfigurasjoner testes ut gjennom en LCC-analyse.

Beregningsverktøyet ISY Calcus v.8.9.1 er benyttet til gjennomføringen av livssykluskostnadsvurderingen. Denne programvaren er blant de mest anerkjente innenfor sitt slag, og samsvarer med metodikken gitt i NS 3454. Utrekningene tar i bruk elementregister 01 fra 2026.

Det er og tatt forbehold om at det per nå er et vesentlig manglende underlag i forhold til detaljer. Dette medfører at det ligger en veldig stor usikkerhet i prosjektet på nåværende tidspunkt - 25%. Det er og satt av 15% til forventet tillegg. Disse utregningene vil ikke være komplette da det på nåværende tidspunkt ikke foreligger en detaljprosjektering eller stort annet enn en "ønskeliste".

Det er tatt høyde for 4 forskjellige materialkonfigurasjoner:

1. Betongkonstruksjon
2. Stålkonstruksjon med sandwichelementer
3. Massivtrekonstruksjon
4. Kombinasjon av betong og trevirke

3 Forutsetninger for gjennomføring

3.1 Beskrivelse av kilder til klimagassutslipp

3.1.1 Klimagassutslipp fra byggeplass

A4 (transport av masser og utstyr til/fra byggeplass)

Utslipp fra transport av masser, avfall og annet utstyr til/fra byggeplass er beregnet i OneClick LCA. Relevante mengdedata og utslippsfaktorer er i beregningsprogrammet gitt av generiske data – i dette tilfellet byggeplass-scenariot «Gjennomsnittlig energi og drivstoff bruk i byggeplassen - Norden (per BTA)». Og der input er byggets faktiske BTA.

A5 (energiforbruk på byggeplass)

Utslipp fra aktiviteter (mobile/stasjonære maskiner, byggoppvarming/-tørk, belysning etc.) på selve byggeplassen er beregnet i OneClick LCA. Relevante mengdedata og utslippsfaktorer er i beregningsprogrammet gitt av generiske data – i dette tilfellet byggeplass-scenariot «Gjennomsnittlig energi og drivstoff bruk i byggeplassen - Norden (per BTA)». Og der input er byggets faktiske BTA.

De aktuelle utslippsfaktorene er gitt i Tabell 7.

Tabell 7 Utslippsfaktor per drivstoff

Drivstoff	Utslippsfaktor
Elektrisitet (EU28+NO, 2019-2021, 50år)	0,12 kg CO ₂ e / kWh
Elektrisitet (NO, 2019-2021, 50år)	0,01 kg CO ₂ e / kWh
Diesel	3,24 kgCO ₂ eq/l.
Bio-diesel (HVO100)	0,95 kgCO ₂ eq/l.

3.1.2 Klimagassutslipp fra materialer

Det er beregnet klimagassutslipp fra bygningsmaterialene som inngår i bygget.

Beregningene deles inn etter følgende informasjonsmoduler:

A1 – A3 (produksjon av materialer)

Utslipp fra produksjon av materialer er beregnet i OneClick LCA, og baseres på relevante mengdedata og utslippsfaktorer. Det prosjekterte bygget sitt materialbruk/mengdedata er hentet ut som tidligere beskrevet, og listet opp i eget vedlegg. Inndeling og nummerering er i samsvar med bygningsdelstabellen (NS 3451) [4], og det er benyttet verdier av datakvalitet nivå 3 (generiske verdier). Utslippsfaktorene er gitt av hver enkelt material-/produktgruppe sin «generiske EPD».

A4 (transport av materialer til byggeplass)

Utslipp fra transport av materialer til byggeplass er beregnet i OneClick LCA, og baseres på relevante transportdistanser og utslippsfaktorer. Transportdistanser er som hovedregel søkt å samsvare med faktisk distanse fra produksjonssted til byggets beliggenhet, og er ellers basert på verdier fra EPD.

A5 (kapp og svinn ved materialhåndtering)

Utslipp knyttet til håndtering av materiell, og særlig avfallet som oppstår fra kapp og svinn, er beregnet i OneClick LCA. Det er basert på mengdedata og utslippsfaktorer som tidligere beskrevet.

B2 (fremtidig vedlikehold av materialer)

Utslipp knyttet til fremtidig vedlikehold av materialer er beregnet i OneClick LCA. Det er basert på mengdedata og utslippsfaktorer som tidligere beskrevet. Som hovedregel vil en bygningskomponent sin forventede levetid og intervall for vedlikehold være en del av EPDen.

B4 – B5 (fremtidig utskifting av materialer)

Utslipp knyttet til fremtidig utskifting av materialer er beregnet i OneClick LCA. Det er basert på mengdedata og utslippsfaktorer som tidligere beskrevet. Som hovedregel vil en bygningskomponent sin forventede levetid og intervall for utskifting være en del av EPDen.

3.1.3 Klimagassutslipp fra energibruk i drift

Det er beregnet klimagassutslipp fra energibruk i drift med utgangspunkt i bygget sitt beregnede energibehov gjennom livsløpet.

B6 (energibruk i drift)

Klimagassutslipp fra energibruk i drift er beregnet med utgangspunkt i størrelse på bygg, energiramme gitt av TEK17 § 14-2 [1] for forventet bygningstype, effekt av foreslåtte og relevante tekniske konsepter for oppvarming, samt relevante utslippsfaktorer for elektrisitet.

Analysen benytter utslippsfaktorer fra NS 3720 for elektrisitet. Det er ikke lagt til grunn noe endring i energibruk i drift over beregningsperioden, men utslippsfaktor for elektrisitetsforbruk gjenspeiler en utvikling i tråd med EU sine mål om nullutslipp fra elektrisitetsproduksjon i 2050. Klimagassberegningene tar utgangspunkt i framtidig gjennomsnittlig forventet utslippsfaktor, med utgangspunkt i gjennomsnittlig europeisk forbruksmiks (EU28+NO, 2019-2021, 50 år). Et scenario med tilsvarende for norsk forbruksmiks (NO, 2019-2021, 50år) er også utarbeidet i samsvar med NS 3720. Beregningsresultatene vil synliggjøre begge scenarioene slik at en kan vurdere følsomheten i resultatene basert på energimiks (sensitivitetsanalyse).

De aktuelle utslippsfaktorene er gitt i Tabell 8.

Tabell 8 Utslippsfaktorer for energikilder

Energikilde	Europeisk forbruksmiks (EU28+NO, 2019-2021, 50år)	Norsk forbruksmiks (NO, 2019-2021, 50år)
Elektrisitet	0,12 kg CO ₂ e / kWh	0,01 kg CO ₂ e / kWh

3.2 Gjeldende beregningsscenarioer

3.2.1 Vurdering av relevante konsepter for konstruksjon og materialbruk

En klimaanalyse med livsyklus kostnader for det prosjekterte bygget skal legges frem i samsvar med gjeldende metodikk og forutsetninger. Detaljeringsgrader skal være så høy som mulig. Dette bygget forutsettes å være slik som beskrevet og illustrert som del av konkurransegrunnlaget, og vil fungere som en «baseline» for videre sammenligninger – heretter omtalt som «bygningkonsept nr. 1».

Videre vil andre bygningkonsepter som anses som relevante i denne sammenheng modelleres og analyseres på samme måte. Disse konseptene er vurdert og avklart i samråd med erfaren bygningingeniør, brannrådgiver og energirådgiver. Hvert av de er kort redegjort for med gjeldende forutsetninger i egne avsnitt.

I tillegg til de overordnede konseptuelle modelleringene skal det også gjøres en vurdering av konkrete materialvalg som er relevante, men som er uavhengige av faktisk bygningkonsept. Dette kan være alt fra type betong til innvendige overflater. Omfanget av dette vil selvsagt være sterkt avhengig av endelig konsept for bygget, og vil derfor presenteres mer generisk kun med veiledende data.

Resultatene presenteres som totale kg CO₂-ekv. over en beregningsperiode på 50 år, samt som kg CO₂-ekv. per BTA m² per år.

Bygningkonsept nr. 1 – betongkonstruksjon

Bygning av prefabrikkerte betongelementer med betong hulldekker i etasjeskille og tak, som illustrert i Figur 3. Øvrige forutsetninger for konseptet er redegjort for i Tabell 9.



Figur 3 Utkast til Selje brannstasjon (Stad kommune)

Tabell 9 Forutsatte konstruksjonsprinsipper for Bygningkonsept nr. 1 – betongkonstruksjon

Bygningsdel	Forutsatt oppbygning
21 Grunn og fundament	Stripefundament
22 Bæresystem	Integrert del av yttervegg/dekker
23 Yttervegg	Plan 0+1+2: Isolerte prefabrikkerte betongelementer
24 Innervegg	Bærende betongvegg Bindingsverksvegg med stålstendere og steinull

25 Dekker	Prefabrikkert hulldekkesystem Isolert støpt gulv mot grunn
26 Yttertak	Prefabrikkert hulldekkesystem Asfaltbasert taktekke
28 Balkonger og trapper	Betongtrapp

Bygningskonsept nr. 2 – stålkonstruksjon med sandwichelementer

Bygning av prefabrikkerte betongelementer med betong hulldekker i etasjeskille og tak, som illustrert i Figur 4. Øvrige forutsetninger for konseptet er redegjort for i Tabell 10.



Figur 4 Måløy brannstasjon (<https://byggeprosjekter.bygg.no/2024-vestland/maloy-brannstasjon/2614401>)

Tabell 10 Forutsatte konstruksjonsprinsipper for Bygningskonsept nr. 2 – stålkonstruksjon med sandwichelementer

Bygningsdel	Forutsatt oppbygning
21 Grunn og fundament	Stripefundament Punkfundamenter
22 Bæresystem	Bæresystem (søyer og bjelker) av stålprofiler
23 Yttervegg	Plan 0: Isolerte prefabrikkerte betongelementer Plan 1 + 2: Stålprofiler og isolerte sandwichelementer/plater
24 Innervegg	Bærende betongvegg Bindingsverksvegg med stålstendere og steinull
25 Dekker	Prefabrikkert hulldekkesystem Isolert støpt gulv mot grunn
26 Yttertak	Ståltaksystem med mineralull (q-dekke) Asfaltbasert taktekke
28 Balkonger og trapper	Betongtrapp

Bygningskonsept nr. 3 – massivtrekonstruksjon

Bygning av prefabrikkerte betongelementer med betong hulldekker i etasjeskille og tak, som illustrert i Figur 5. Øvrige forutsetninger for konseptet er redegjort for i Tabell 11.



Figur 5 Sentrum brannstasjon, Oslo (<https://byggeprosjekter.bygg.no/2023-oslo/sentrum-brannstasjon/2320347>)

Tabell 11 Forutsatte konstruksjonsprinsipper for Bygningskonsept nr. 3 – massivtrekonstruksjon

Bygningsdel	Forutsatt oppbygning
21 Grunn og fundament	Stripefundament
22 Bæresystem	Integrert del av yttervegg/dekker
23 Yttervegg	Plan 0: Isolerte prefabrickerte betongelementer Plan 1 + 2: Massivtreelementer med påføring av isolasjon og termobehandlet trekledning
24 Innervegg	Bærende massivtreelementer Bindingsverksvegg med stålstendere og steinull
25 Dekker	Plan 1: Prefabrickert hulldekkesystem Plan 2: Massivtreelementer Plan 0: Isolert støpt gulv mot grunn
26 Yttertak	Massivtreelementer med EPS-isolasjon Asfaltbasert taktekke
28 Balkonger og trapper	Trapp av massivtre

Bygningskonsept nr. 4 – kombinasjon av betong og trevirke

Bygning av prefabrickerte betongelementer med betong hulldekker i etasjeskille og tak, som illustrert i Figur 6. Øvrige forutsetninger for konseptet er redegjort for i Tabell 12.



Figur 6 Levanger brannstasjon (<https://byggprosjekter.bygg.no/2024-trondelag/levanger-brannstasjon/2229609>)

Tabell 12 Forutsatte konstruksjonsprinsipper for Bygningskonsept nr. 4 – kombinasjon av betong og trevirke

Bygningsdel	Forutsatt oppbygning
21 Grunn og fundament	Stripefundament
22 Bæresystem	Integrert del av yttervegg/dekker
23 Yttervegg	Plan 0+1+2: Isolerte prefabrickerte betongelementer (vognhall) Bindingsverksvegg med isolasjon og termobehandlet trekledning (resten)
24 Innervegg	Bærende betongvegg Bindingsverksvegg med stålstendere og steinull
25 Dekker	Plan 1: Prefabrickert hulldekkessystem Plan 2: Trebjelkelag med isolasjon Plan 0: Isolert støpt gulv mot grunn
26 Yttertak	Prefabrickert hulldekkessystem (vognhall) Trebjelkelag med isolasjon og undertak (resterende) Asfaltbasert taktekke
28 Balkonger og trapper	Betongtrapp

Enkelttiltak uavhengig av overordnet konsept

Punktene nedenfor oppsummerer de ulike enkelttiltakene innen materialvalg som er vurdert. Data knyttet til enhetspris, årskostnad/nåverdi, og klimagassutslipp hentes direkte fra referanseverdi i ISY Calcus. Det materialet innen hver av kategoriene/bruksområdene som har høyest utslipp settes som referanse, slik at de andre alternativene har noe konkret å sammenlignes mot.

- Sammenligning av typer lavkarbonbetong
 - Klasse B (bransjereferanse)
 - Klasse A / lavkarbon 20
 - Klasse Ekstrem / lavkarbon 50
- Sammenligning av materialer til innvendige vegger
 - MDF
 - OSB

- Kryssfinér – furu
- Kryssfinér – bjørk
- Gips – robust
- Gips - normal
- Sammenligning av materialer til innvendige vegger (våtrom)
 - Gips med keramisk flis og membran
 - Våtromspanel
 - Vinylvegg belegg
- Sammenligning av materialer til gulv
 - Keramisk flis og membran
 - Vinylbelegg
 - Malt betong (epoksy)
 - Linoleum
 - Slipt betong
- Sammenligning av materialer til himling
 - Systemhimling av perforert metall
 - Akustikkplater (treullsement)
 - Systemhimling av mineralull
 - Fast gipshimling
- Dører
 - Innerdør – kompakt høytrykkslaminat
 - Innerdør – stål
 - Innerdør – formpresset
 - Innerdør – tre
 - Ytterdør – glass og aluminium
 - Ytterdør – stål
 - Ytterdør – tre
- Vinduer
 - Vindu – PVC
 - Vindu – tre med beslag av aluminium
 - Vindu – aluminium

3.2.2 Vurdering av relevante tekniske konsepter

Det skal beregnes klimagassutslipp og livsyklus kostnader fra energibruk i løpet av bygget sin driftsfase («energibruk i drift» som er modul B6). Med særlig fokus på tekniske systemer for oppvarming og energiproduksjon.

Relevante konsepter for energisystem er vurdert på et overordnet og generelt nivå i samråd med erfaren energirådgiver. Tabell 13 oppsummerer noe av kunnskapsgrunnlaget som her er lagt til grunn for dette. Videre er gjeldende beregningsgrunnlag for de foreslåtte tekniske konseptene presentert i Tabell 14. Hvert av de er kort redegjort for med gjeldende forutsetninger i egne avsnitt.

Tabell 13 Generelle erfaringstall for ulike energisystemer

	Sjøvarme	Grunnvarme	Luftvarme	Luftvarme		Sjøvarme	Grunnvarme	Luftvarme	Luftvarme
Varmepumpe	Væske-vann	Væske-vann	Luft-vann	Luft-luft	Investeringskostnader	Høy	Høy	Middels	Lav
Varmekilde	Sjø/fjord	Grunnvann (borehull i fjell)	Luft	Luft	Livsyklus kostnader	Moderat	Moderat	Høy	Høy
Fornybar	100 %	100 %	100 %	100 %	Driftskostnader	Lav	Lav	Middels/Høy	Høy
Tilgjengelighet	Svært god	Avgrensa	God	God	Vedlikeholdskostnader	Middels	Lav	Høy	Høy
Temperatur energikilde [C]	2 – 9	0 – 5	-11 - +32	-11 - +32	Levetid varmepumpe (år)	20	20	10	10
Tilgjengelig energi	Uavgrensa	Uavgrensa	Uavgrensa	Uavgrensa	Levetid inntak (år)	>40	>40	15	15
Kjøling	Direkte (og evt. kompressor)	Direkte (og evt. kompressor)	Kompressor	Kompressor	SCOP varme	3-4	3-4	1,7-3	1,5-2
Driftssikkerhet	Høy	Høy	Middels	Middels	SCOP kjøling	10-20	10-20	2-3	2-3
Støy nivå	Akseptabelt, tiltak utføres	Akseptabelt, tiltak utføres	Middels, noe støvutslepp	Middels, noe støvutslepp	Effektandel varmepumpe	55 %	55 %	50 %	50 %
Visuelt	God	God	Dårlig	Dårlig	Effektandel reserve	100 %	100 %	100 %	100 %
Inneklima	God	God	God	Dårlig	Levert VP-energi	95 %	95 %	60 %	40 %
Arealbruk	Lite	Stor	Moderat	Moderat	Andel fornybar energi	60 %	60 %	40 %	35 %
Skaleringspotensial felles anlegg	Høyt	Vanskelig	Uaktuelt	Uaktuelt	Vurdering	God	God	Mindre god	Dårlig
Miljøpåvirkning drift	Ingen	Ingen	Lite	Lite					
Miljøpåvirkning utbygging	Ingen	Lite	Ingen	Ingen					
Miljøpåvirkning livsyklus	God	God	Middels	Dårlig					
Utfordringer ved inntak	Vedlikehold, korrosjon og kavitasjon	Nok tilgjengelig areal, beslaglegning av areal, lausmasser	Støvutslipp, vibrasjoner, utslepp av vann, ising ved lave temperaturer	Støvutslipp, vibrasjoner, utslepp av vann, ising ved lave temperaturer					
Utfordringer varmeanlegg	Avgrensa turtemperatur	Avgrensa turtemperatur	Svært avgrensa turtemperatur, middels driftssikkerhet	Svært avgrensa turtemperatur, middels driftssikkerhet, ikke oppvarming av tappevann					

Tabell 14 Beregningsgrunnlag for relevante tekniske løsninger. Teknisk konsept nr. 1 – elektrisk oppvarming (vannbårent), Teknisk konsept nr. 2 – væske-vann varmepumpe med kollektor i sjø, Teknisk konsept nr. 3 – væske-vann varmepumpe med borehull, Teknisk konsept nr. 4 – luft-vann varmepumpe

Relevant teknisk løsning	Faktor BRA/BTA * m ²	Est. levert energi ** kWh/m ² BRA/år	Est. andel til oppvarming kWh/m ² BRA / år	Est. fornybarandel *** av oppvarmingsbehovet	Utslippsfaktor *** kg CO ₂ -ekv./kWh	Utslippsfaktor **** kg CO ₂ -ekv./kWh	Kostnad per kWh ***** sum kr. / kWh - høy lav	Annuitetsfaktor *****
Teknisk konsept nr. 1	0,85	140	70	0 %	0,12	0,01	1 0,5	18,2559
Teknisk konsept nr. 2	0,85	98	28	60 %	0,12	0,01	1 0,5	18,2559
Teknisk konsept nr. 3	0,85	98	28	60 %	0,12	0,01	1 0,5	18,2559
Teknisk konsept nr. 4	0,85	112	42	40 %	0,12	0,01	1 0,5	18,2559

* BRA/BTA-forhold: Vanligvis mellom 0,80 og 0,85
 ** Basert på energigramme i TEK17
 *** Basert på forventet SCOP-faktor for teknologien
 **** Electricity, EU28 + Norway, 50 years forecasted average (IEA/NS3720 energy mix, projection from 2019-2021 average)
 ***** Electricity, Norway, 50 years forecasted average (IEA/NS3720 energy mix, projection from 2019-2021 average)
 ***** Basert på omtrent gjennomsnittlig markedspris / spotpris per 2026
 ***** Basert på en diskonteringsrente på 5% over 50 år

Alle resultater presenteres som totale kg CO₂-ekv. over en beregningsperiode på 50 år.

For enkelhets skyld vil alle konsepter basere seg på at varmedistribusjon i bygget skjer gjennom gulvvarme. Gulvvarme er varme fra rør som er lagt ned i gulvet. Med gulvvarme til oppvarming blir det svært god varmfordeling i bygget, ingen kalde soner, og løsningen er både «usynlig» og lydløs. Maksimal temperatur på overflaten er normalt under 27 °C. For å kunne benytte termiske energikilder, må det være et vannbårent varmeanlegg som dette i bygget.

Videre legges det opp til ulike former energikilde, fortrinnsvis elektrisitet og/eller varmepumpe av ulike slag. Bruk av varmepumper til oppvarming fører til vesentlig lavere behov for elektrisitet fra strømmettet, har liten eller ingen påvirkning på det lokale miljøet og gir lave oppvarmingskostnader. Varmepumpa henter hoveddelen av energien fra en lavtemperert fornybar energikilde, som kan være alt fra sjø til luft. Resterende energi er tilført elektrisk energi.

Varmepumpa overfører deretter energien til vannet som sirkulerer i et vannbårent varmesystem i bygget. Temperaturen i varmesystemet varierer i området 30 til 60 °C etter behov og type varmeinstallasjoner. Varmesystemet overfører varmen til tekniske varmeinstallasjoner som avgir varme til rom, ventilasjonsluft, tappevann etc.

Ved å kombinere varmepumper med andre fornybare energikilder som er tilgjengelige, kan en oppnå svært god miljøgevinst. Det kan for eksempel være solceller, solfangere, vindmøller, spillvarme og eventuelt andre installasjoner som avgir varme. De mest relevante «tilleggstiltakene» for dette prosjektet er videre drøftet som uavhengige enkelttiltak, men uten konkrete beregninger da nødvendig input til dette er svært usikkert per nå.

Teknisk konsept nr. 1 – elektrisk oppvarming (vannbårent)

100% elektrisk oppvarming av vannet som sirkulerer i bygget, og med det ingen «gevinst» i form av lokalt produsert fornybar energi.

Teknisk konsept nr. 2 – væske-vann varmepumpe med kollektor i sjø

Å benytte varme fra fjord eller sjø til oppvarming ved hjelp av varmepumper, er det mange eksempler på fra andre prosjekt. Størrelsen varierer, fra større anlegg som Nordfjordeid, Ulsteinvik, Sogndal og Førde til mindre anlegg som Elvaneset, Hyllestad, Leikanger på Stad og enkeltbygg rundt om. Gjennom sjøledninger hentes det normalt energi fra dypt vann i fjorden. Tilgang på sjøvann med stabil og høy temperatur er en av de viktigste suksessfaktorene for et fjordvarmeanlegg.

Løsning tilknyttet opptak av sjøvarme, samt temperaturer i sjøen gjennom året, er svært viktig for varmepumpa. Dette påvirker hvilken temperatur varmepumpa får å jobbe med. For hver grad temperaturen i energikilden øker, vil energibruken minke med omtrent 0,5% og effekten fra varmepumpa vil øke med omtrent 3,5 %.

Opptak av sjøvarme kan skje på ulike måter, med kollektor og lukket rørkrets i sjøen eller ved pumping av sjøvann inn til et vekslerhus. Kollektor er mest aktuelt for mindre anlegg og pumping av sjøvann er mest aktuelt for store anlegg. I dette prosjektet er kollektor den mest aktuelle løsningen.

Teknisk konsept nr. 3 – væske-vann varmepumpe med borehull

Prosjekt med varme fra borehull i fjell eller løsmasser til varmepumpedrift, er det mange eksempler på. Gjennom kollektorer kan det hentes energi fra vann i fjellet. Dimensjonering av borehull er en vesentlig faktor. Temperaturen i grunnen vil ofte bli noe redusert i løpet av de første åra med drift, før den blir stabil. I tilfelle borehull kommer for tett, kan kapasiteten for effektuttak bli redusert i vinterhalvåret. Med kjøling i sommerhalvåret, kan det sesonglagres noe energi i

grunnen. For hver grad temperaturen i energikilden øker, vil energibruken minke med om lag 0,5% og effekten fra varmepumpa vil øke med omtrent 3,5 %. Basert på dette, bør man sørge for tilstrekkelig avstand mellom borehull (minst 20m) og begrense effektopptaket (maks 20-25 W/m aktivt borehol).

Teknisk konsept nr. 4 – luft-vann varmepumpe

Prosjekt med varme fra uteluft til varmepumper er det mange eksempel på. Luftvarmepumper utnytter energien i uteluft og har i praksis en forventet levetid på ca. 10-15 år. Luftvarmepumpe kan levere mindre av den årlige energien enn varmepumpe basert på sjø- og grunnvarme, siden temperaturen i luften er lavere. Temperaturen i luften er spesielt lav når varmebehovet er høyt.

Ut fra erfaringer, antar vi at et varmepumpeanlegg kan levere 60% av energibehovet med en SCOP på 1,9-2,4 og ca. 50% av dimensjonerende effektbehov. På grunn av dårlig virkningsgrad og dårlig ytelse ved lave temperaturer, bør spiss- og reserveenergikilder dekke 100 % av maksimal effekt.

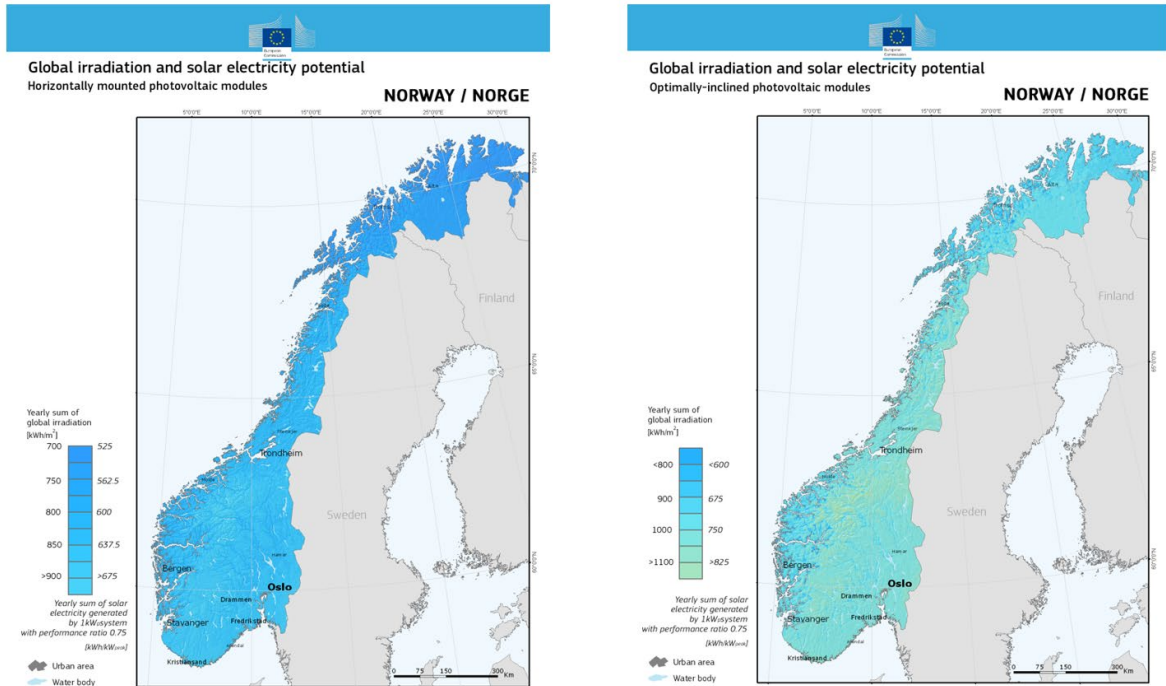
Enkelttiltak uavhengig av overordnet konsept: solcellepanel

Direkte bruk av sol er et aktuelt tiltak. Utfordringen er imidlertid at solenergien er høy når forbruket er minst, slik at en normalt bare kan dekke en mindre andel av energibehovet gjennom året. Dette medfører at direkte bruk av sol uaktuelt som hovedkilde til oppvarming, men kan være aktuelt i kombinasjon med andre energikilder. Særlig dersom en etablerer løsninger for midlertidig lagring (batteri) eller tar del i ordninger for videresalg av energi til strømmettet.

Solceller har hatt relativ lang inntjeningsstid, typisk 15-20 år, men også lang levetid, typisk 30 år. De senere år har teknologien blitt mer effektiv og samtidig billigere. Derfor er solceller i sterk vekst. Stigende energipriser øker lønnsomheten enda mer. Økonomien for solcelleanlegg vil variere avhengig av størrelse på anlegget, type solceller og avkastningskrav. Det kan være aktuelt å investere i solcelle selv om økonomien ikke er så god, men da med tanke på miljø og miljøprofil.

Figur 7 illustrerer fastlands-Norges årlige akkumulerte solinnstråling (kWh/m²). Det vil være variasjoner gjennom året og døgnet, siden effekten er avhengig av solinnstrålinga. Mest stråling er det om sommeren når varmebehovet er på det laveste.

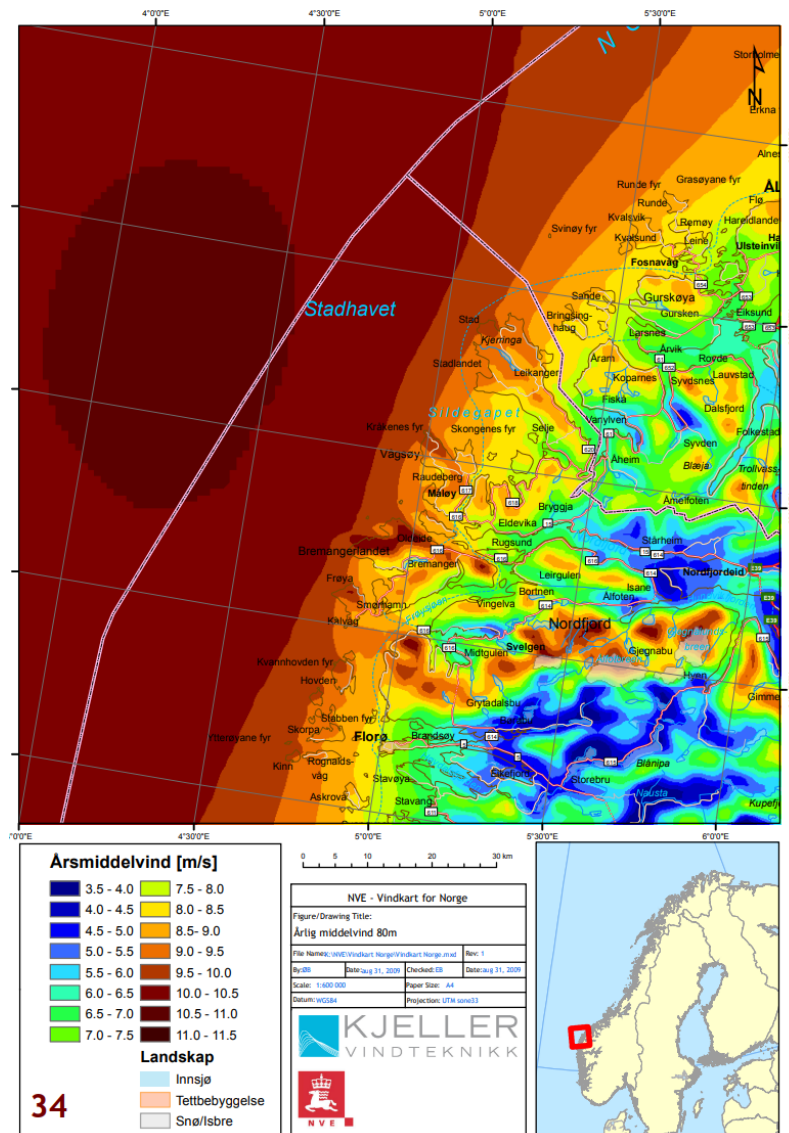
Solcelleanlegg krever prosjektering, med hensyn til taket sin tilstand, snølast og solforhold.



Figur 7 T. Huld og I. Pinedo-Pascua, «PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM,» European Commission, 01 08 2019. [Internett]. Available: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html#!.

Enkelttiltak uavhengig av overordnet konsept: vindturbin

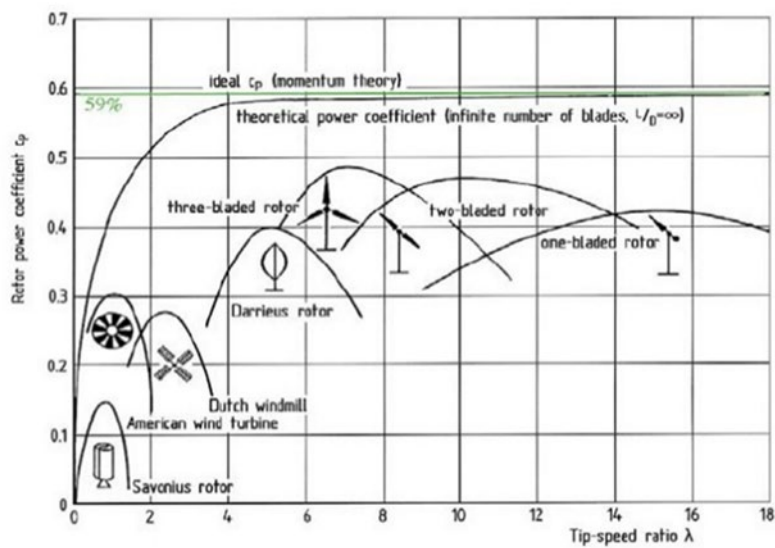
Et vindmølleanlegg vil kunne produsere energi i andre perioder enn et solcelleanlegg, fordi det er mest vind i vinterhalvåret og minst på sommeren. Vindmøller vil produsere når vinden er over 2 m/s og under 25 m/s. Dette er ytterpunkt for vindmøller og de fleste vil produsere energi mellom 3 og 15 m/s. Som vi ser av Figur 8 så er den gjennomsnittlige vindstyrken i Selje rundt 7 m/s. Dette er i 80m høyde, så vinden er mindre på nivået der små vindmøller opererer.



Figur 8 Kjeller Vindteknikk, «Vindkart for Norge - Årsmiddelvind i 80m høyde,» Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2009.

Utfordringer med vindmølleanlegg er kostnader, støy og ising. I tillegg kan det visuelle med å se vindmøllene være lite ønskelig i et lokalsamfunn. Prisen på produsert strøm vil variere i området fra 200 øre/kWh til 350 øre/kWh. Det bør være god avstand til bygninger og område der folk ferdes, for å unngå fare ved nedfall av is fra rotorblad. Det er størst fare ved moderne horisontalaksle turbin med tre blad.

Utenom stabil vind med moderat styrke er arealet på vindmølla viktig. For å få ut store mengder energi fra vind, trenger man store rotorareal. For hver kvadratmeter vil effekten øke med 0,230 kW/m² og den årlige energien med 580 kWh/m². Dette gjelder for moderne turbiner. For andre typer turbiner, vil virkningsgraden være dårligere, se illustrasjon i Figur 9.



Figur 9 Hasanuddin, H. Nurdin, Waskito, Refdinal og Purtano, «Characteristics of Hemi Savonius Windmill with Multi-Level Blades as a Model of Energy Conversion Systems for Windmill Techno Park on the Coastal Areas, ISSN (e): 2319 – 1813,» The International Jour

Størrelsen har svært mye å si for forholdet mellom produsert energi, faktisk behov, samt drift- og vedlikeholdskostnadene til anlegget. I denne sammenheng vil dette sannsynligvis bety at små vindmøller vil levere alt for små mengder energi i forhold til forventet forbruk og drift-vedlikeholdsbehov, og er således lite egnet for et bygg av denne typen og størrelse.

3.2.3 Vurdering av relevante alternativer for byggeplassdrift

Det skal gjøres beregninger av klimagassutslipp og kostnader knyttet til ulike nivåer av byggeplassdrift for det prosjekterte bygget. Referansealternativet tar utgangspunkt i en konvensjonell byggeplass i tråd med vanlig praksis, og fungerer som «baseline» for videre sammenligninger – heretter omtalt som «byggeplasskonsept nr. 1».

Videre er alternative byggeplasskonsepter som representerer ulike grader av fossil- og utslippsfri drift modellert og analysert på tilsvarende måte. Dette omfatter delvis og helt utslippsfrie løsninger basert på elektrifisering og bruk av alternative drivstoff.

Analysen omfatter både indirekte utslipp fra energibruk og direkte utslipp fra maskiner på byggeplass. Kostnadsberegningene baseres kun på innsatsfaktorene elektrisitet og drivstoff, og tar ikke hensyn til arbeidskraft, slitasje og nedskrivning på maskiner etc. Dette kan medføre en viss usikkerhet i beregningene, særlig i «distrikts-Norge» der tilgangen til særlig elektriske anleggsmaskiner kan være begrenset.

Gjeldende beregningsgrunnlag for de foreslåtte byggeplasskonseptene er presentert i Tabell 14. Hvert av de er kort redegjort for med gjeldende forutsetninger i egne avsnitt.

Resultatene presenteres som totale kg CO₂-ekv. for byggefasen.

Tabell 15 Beregningsgrunnlag for relevante byggeplasskonsepter. Byggeplasskonsept nr. 1 – konvensjonell byggeplass, Byggeplasskonsept nr. 2 – fossilfri byggeplass, Byggeplasskonsept nr. 3 – utslippsfri byggeplass

BEREGNINGSGRUNNLAG for relevante alternativ for byggeplassdrift				
Relevant alternativ for byggeplassdrift	Samlet utslippsfaktor (generisk) * (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA)	Samlet utslippsfaktor (NO) ** (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA)	Samlet utslippsfaktor (EU28+NO) ** (kg CO ₂ -ekv./m ² BTA)	Utslippsfaktor - Diesel * (kg CO ₂ -ekv./liter)
Byggeplasskonsept nr. 1	18,44	17,28	22,01	3,24
Byggeplasskonsept nr. 2	7,2	6,13	10,86	3,24
Byggeplasskonsept nr. 3	0,76	0,76	9,12	3,24

* Basert på dataunderlag fra OneClick LCA
 ** Justert iht. energimiks
 *** Electricity, Norway, 50 years forecasted average (IEA/NS3720 energy mix, projection from 2019-2021 average)
 **** Electricity, EU28 + Norway, 50 years forecasted average (IEA/NS3720 energy mix, projection from 2019-2021 average)
 ***** Basert på omtrent gjennomsnittlig markedspris / spotpris per 2026

Utslippsfaktor - Bio-diesel * (kg CO ₂ -ekv./liter)	Utslippsfaktor (NO) *** (kg CO ₂ -ekv./kWh)	Utslippsfaktor (EU28+NO) **** (kg CO ₂ -ekv./kWh)	Dieselforbruk * (liter / m ²)	Kostnad per liter ***** (sum kr. / liter - høy lav)	Strømforbruk * (kWh/m ²)	Kostnad per kWh ***** (sum kr. / kWh - høy lav)
0,95	0,01	0,12	5,2	20	18	1 0,5
0,95	0,01	0,12	6	26	23	1 0,5
0,95	0,01	0,12	0		76	1 0,5

Byggeplasskonsept nr. 1 – konvensjonell byggeplass

Byggeplass driftet med maskiner og utstyr basert på fossile drivstoff i tråd med tradisjonell praksis. Elektrisitet brukes også til blant annet drift av brakkerigg, belysning etc. Gir høyest utslipp, men representerer lav teknisk kompleksitet og kjent gjennomføringsmetode.

Byggeplasskonsept nr. 2 – fossilfri byggeplass

Byggeplass der fossile drivstoff erstattes med alternative energibærere som biodiesel. Elektrisitet brukes også til blant annet drift av brakkerigg, belysning etc. Reduserer klimagassutslipp betydelig sammenlignet med konvensjonell drift, men innebærer noe økte kostnader.

Byggeplasskonsept nr. 3 – utslippsfri byggeplass

Byggeplass basert på elektriske maskiner og utslippsfri energibruk der dette er mulig. Gir svært lave klimagassutslipp og kan i enkelte tilfeller også redusere totale kostnader sammenlignet med referansen.

3.2.4 Sammenligning av alle vurderinger

Alle de nevnte konsepter med beregningsresultatet skal sammenlignes og settes i forhold til hverandre.

3.2.5 Sensitivitetsanalyser

Elektrisitetsforsyning og energimiks

I henhold til NS 3720 skal det gjøres en sensitivitetsanalyse med to ulike scenario for elektrisitetsforsyning over en tidsperiode tilsvarende byggets livssyklus. Dette for å undersøke hvor sensitive beregningsresultatene er i forhold til variasjoner i datagrunnlag og valg av forutsetninger for klimagassutslipp knyttet til elektrisitet. I praksis vil det si at det kjøres flere simuleringer av modulen «B6 – Energibruk i drift» der ulike energimikser benyttes som datagrunnlag.

Følgende scenario for datagrunnlag skal utarbeides og sammenlignes:

1. Europeisk forbruksmiks (EU28+NO) (gjennomsnitt per år over objektets levetid)
2. Norsk forbruksmiks (gjennomsnitt per år over objektets levetid)

Netto nåverdi knyttet til energibruk i drift og teknisk konsept

Det skal også gjøres en sensitivitetsanalyse av hvordan beregningsresultatene for energibruk i drift kan påvirkes av endrede forutsetninger for LCC-analysen.

4 Resultat

4.1 Vurdering av relevante konsepter for konstruksjon og materialbruk

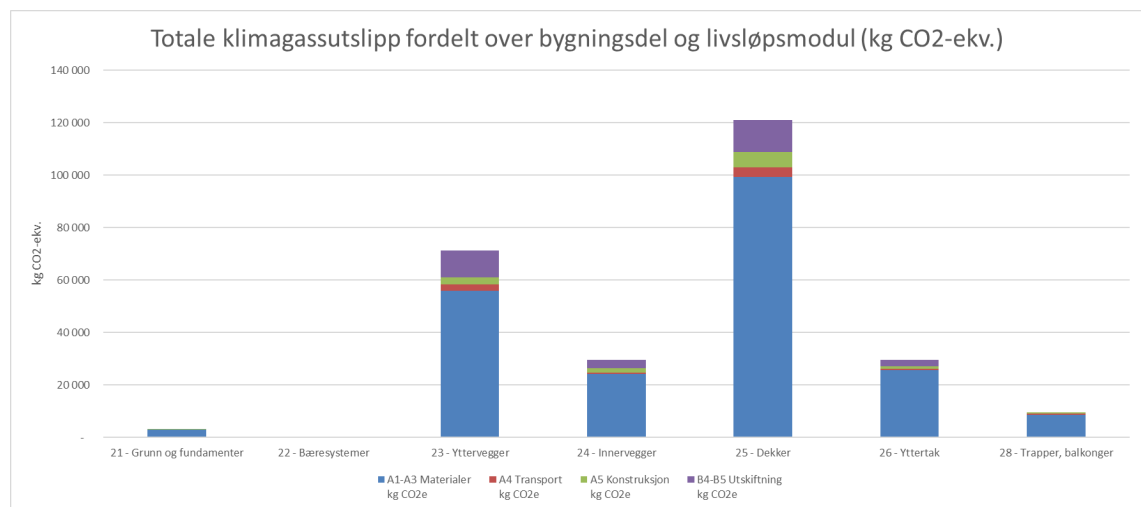
Klimagassberegningene er utført som tidligere beskrevet, og inndelt etter gjeldende informasjonsmoduler (NS 3720:2018) og bygningsdeler (NS 3451:2009). Alle verdier er oppgitt som «kg CO₂-ekv.» fordelt over byggets forventede livsløp på 50 år.

Resultatene fra LCC-analysen for hvert konsept er også inkludert.

4.1.1 Bygningskonsept nr. 1 – betongkonstruksjon

Tabell 16 Bygningskonsept nr. 1 – betongkonstruksjon: Totale klimagassutslipp fordelt over bygningsdel og livsløpsmodul (kg CO₂-ekv.).

	A1-A3 Materialer kg CO ₂ e	A4 Transport kg CO ₂ e	A5 Konstruksjon kg CO ₂ e	B4-B5 Utskifting kg CO ₂ e	Totalt kg CO ₂ e
21 - Grunn og fundamenter	2 900	191	161	-	3 251
22 - Bæresystemer	-	-	-	-	-
23 - Yttervegger	55 818	2 459	2 723	10 291	71 291
24 - Innervegger	24 192	474	1 636	3 175	29 476
25 - Dekker	99 268	3 782	5 836	12 125	121 010
26 - Yttertak	25 730	451	928	2 519	29 629
28 - Trapper, balkonger	8 599	569	474	-	9 641
Totalt	216 507	7 926	11 756	28 110	264 300



Figur 10 Bygningskonsept nr. 1 – betongkonstruksjon: Totale klimagassutslipp fordelt over bygningsdel og livsløpsmodul

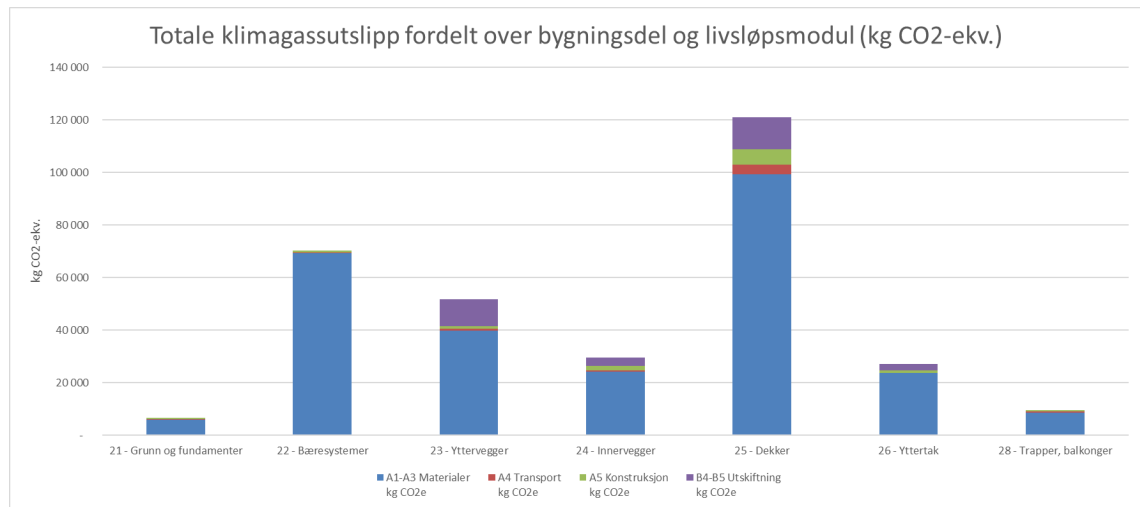
Tabell 17 Bygningskonsept nr. 1 – betongkonstruksjon: Totale livssyklus kostnader for konseptet

PROSJEKT : 260118 Stad kommune - Klimaanalyse for ny brannstasjon i Selje					Calcus Prosjektbok	
DELPROSJEKT : Bygningskonsept nr. 1					ELEMENTER : 165 ÅK : 1 483 269 T : 50 BTA : 1 170 ÅK/BTA : 1 267,8	
Nordplan AS						
1	Investerings-/prosjektkostnader	ÅK	ÅK/BTA	Andel	Antall	Side
1.2	Nybod	1 345 145	1 149,7	90,7%	96	033
	SUM Investerings-/prosjektkostnader	1 345 145	1 149,7	90,7%	96	
3	Drift- og vedlikeholdskostnader	ÅK	ÅK/BTA	Andel	Antall	Side
3.2	Vedlikehold	45 880	39,2	3,1%	24	043
	SUM Drift- og vedlikeholdskostnader	45 880	39,2	3,1%	24	
4	Utskifting- og utviklingskostnader	ÅK	ÅK/BTA	Andel	Antall	Side
4.1	Utskifning	92 244	78,8	6,2%	45	046
	SUM Utskifning- og utviklingskostnader	92 244	78,8	6,2%	45	

4.1.2 Bygningskonsept nr. 2 – stålkonstruksjon med sandwichelementer

Tabell 18 Bygningskonsept nr. 2 – stålkonstruksjon med sandwichelementer: Totale klimagassutslipp fordelt over bygningsdel og livsløpsmodul (kg CO₂-ekv.)

	A1-A3 Materialer kg CO ₂ e	A4 Transport kg CO ₂ e	A5 Konstruksjon kg CO ₂ e	B4-B5 Utskiftning kg CO ₂ e	Totalt kg CO ₂ e
21 - Grunn og fundamenter	5 828	405	323	-	6 556
22 - Bæresystemer	69 319	168	711	-	70 198
23 - Yttervegger	39 771	819	969	10 291	51 850
24 - Innervegger	24 192	474	1 636	3 175	29 476
25 - Dekker	99 268	3 782	5 836	12 125	121 010
26 - Yttertak	23 628	56	941	2 519	27 144
28 - Trapper, balkonger	8 599	569	474	-	9 641
Totalt	270 605	6 272	10 889	28 110	315 876

Figur 11 Bygningskonsept nr. 2 – stålkonstruksjon med sandwichelementer: Totale klimagassutslipp fordelt over bygningsdel og livsløpsmodul (kg CO₂-ekv.)

Tabell 19 Bygningskonsept nr. 2 – stålkonstruksjon med sandwichelementer: Totale livssyklus kostnader for konseptet

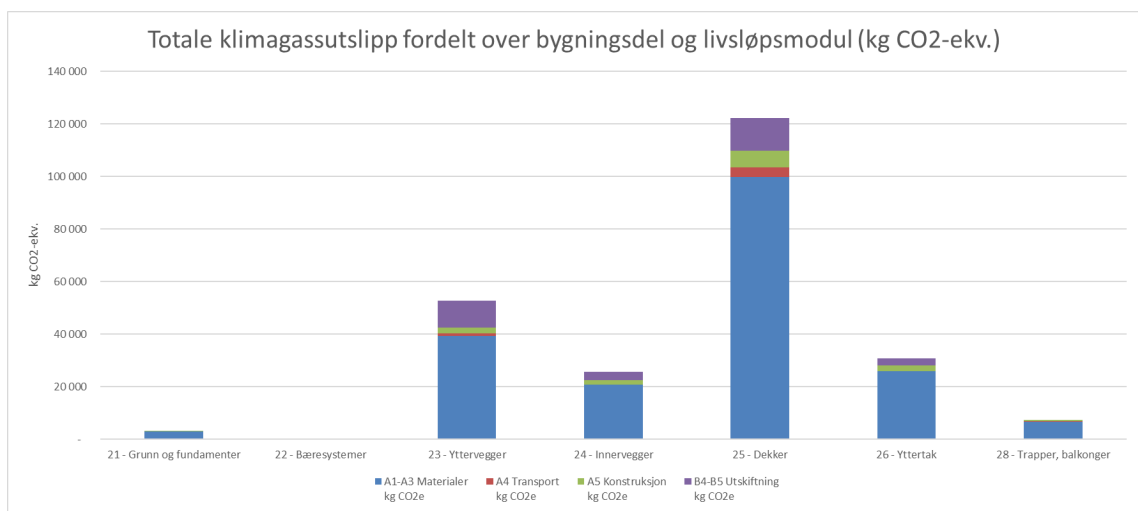
Calculus Prosjektbok

PROSJEKT : 260118 Stad kommune - Klimaanalyse for ny brannstasjon i Selje						Nordplan AS	
DELPROSJEKT : Bygningskonsept nr. 2			ELEMENTER : 185	ÅK : 1 599 705	T : 50	BTA : 1 170	ÅK/BTA : 1 367,3
1	Investerings-/prosjektkostnader	ÅK	ÅK/BTA	Andel	Antall	Side	
1.2	Nybygg	1 469 848	1 256,3	91,9%	110	035	
Σ	SUM Investerings-/prosjektkostnader	1 469 848	1 256,3	91,9%	110		
3	Drift- og vedlikeholdskostnader	ÅK	ÅK/BTA	Andel	Antall	Side	
3.2	Vedlikehold	36 427	31,1	2,3%	28	043	
Σ	SUM Drift- og vedlikeholdskostnader	36 427	31,1	2,3%	28		
4	Utskifting- og utviklingskostnader	ÅK	ÅK/BTA	Andel	Antall	Side	
4.1	Utskifting	93 430	79,9	5,8%	47	047	
Σ	SUM Utskifting- og utviklingskostnader	93 430	79,9	5,8%	47		

4.1.3 Bygningskonsept nr. 3 – massivtrekonstruksjon

Tabell 20 Bygningskonsept nr. 3 – massivtrekonstruksjon: Totale klimagassutslipp fordelt over bygningsdel og livsløpsmodul (kg CO₂-ekv.)

	A1-A3 Materialer kg CO ₂ e	A4 Transport kg CO ₂ e	A5 Konstruksjon kg CO ₂ e	B4-B5 Utskifting kg CO ₂ e	Totalt kg CO ₂ e
21 - Grunn og fundamenter	2 900	191	161	-	3 251
22 - Bæresystemer	-	-	-	-	-
23 - Yttervegger	39 340	914	2 291	10 291	52 835
24 - Innervegger	20 726	133	1 728	3 175	25 763
25 - Dekker	99 811	3 625	6 372	12 435	122 242
26 - Yttertak	25 776	239	2 135	2 519	30 670
28 - Trapper, balkonger	6 673	106	683	-	7 462
Totalt	195 226	5 208	13 370	28 420	242 224

Figur 12 Bygningskonsept nr. 3 – massivtrekonstruksjon: Totale klimagassutslipp fordelt over bygningsdel og livsløpsmodul (kg CO₂-ekv.)

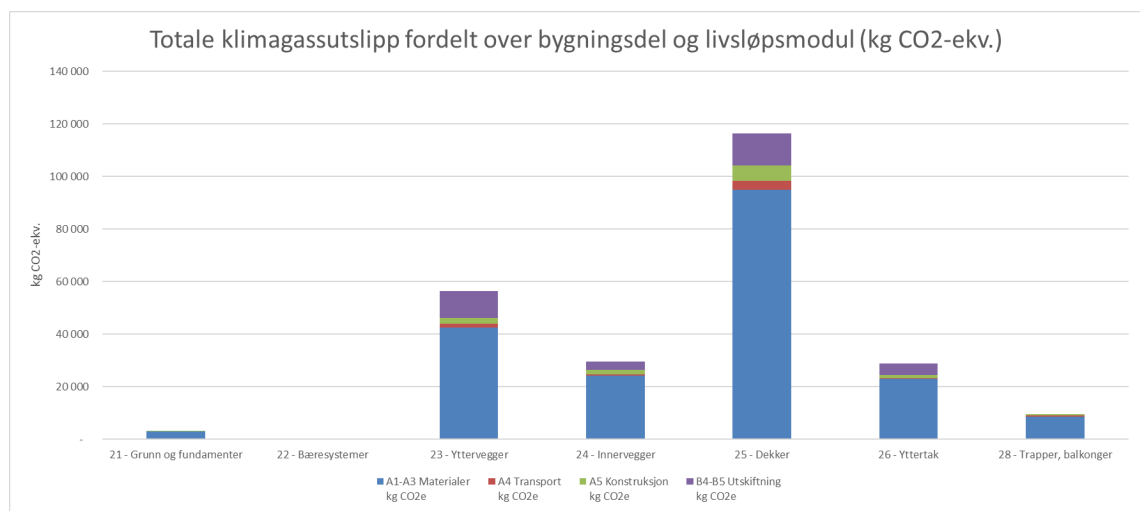
Tabell 21 Bygningskonsept nr. 3 – massivtrekonstruksjon: Totale livssyklus kostnader for konseptet

PROSJEKT : 260118 Stad kommune - Klimaanalyse for ny brannstasjon i Selje						Calculus Prosjektbok
						Nordplan AS
DELPROSJEKT : Bygningskonsept nr. 3			ELEMENTER : 169	ÅK : 1 525 353	T : 50	BTA : 1 170
			ÅK/BTA : 1 303,7			
1	Investerings-/prosjektkostnader	ÅK	ÅK/BTA	Andel	Antall	Side
1.2	Nyvogn	1 396 407	1 193,5	91,5%	99	037
Σ	SUM Investerings-/prosjektkostnader	1 396 407	1 193,5	91,5%	99	
3	Drift- og vedlikeholdskostnader	ÅK	ÅK/BTA	Andel	Antall	Side
3.2	Vedlikehold	36 702	31,4	2,4%	25	044
Σ	SUM Drift- og vedlikeholdskostnader	36 702	31,4	2,4%	25	
4	Utskifting- og utviklingskostnader	ÅK	ÅK/BTA	Andel	Antall	Side
4.1	Utskifting	92 244	78,8	6,0%	45	048
Σ	SUM Utskifting- og utviklingskostnader	92 244	78,8	6,0%	45	

4.1.4 Bygningskonsept nr. 4 – kombinasjon av betong og trevirke

Tabell 22 Bygningskonsept nr. 4 – kombinasjon av betong og trevirke: Totale klimagassutslipp fordelt over bygningsdel og livsløpsmodul (kg CO₂-ekv.)

	A1-A3 Materialer kg CO ₂ e	A4 Transport kg CO ₂ e	A5 Konstruksjon kg CO ₂ e	B4-B5 Utskiftning kg CO ₂ e	Totalt kg CO ₂ e
21 - Grunn og fundamenter	2 900	191	161	-	3 251
22 - Bæresystemer	-	-	-	-	-
23 - Yttervegger	42 473	1 528	2 063	10 291	56 354
24 - Innervegger	24 192	474	1 636	3 175	29 476
25 - Dekker	94 857	3 566	5 810	12 125	116 358
26 - Yttertak	23 022	284	1 217	4 288	28 811
28 - Trapper, balkonger	8 599	569	474	-	9 641
Totalt	196 043	6 611	11 359	29 879	243 892

Figur 13 Bygningskonsept nr. 4 – kombinasjon av betong og trevirke: Totale klimagassutslipp fordelt over bygningsdel og livsløpsmodul (kg CO₂-ekv.)

Tabell 23 Bygningskonsept nr. 4 – kombinasjon av betong og trevirke: Totale livssyklus kostnader for konseptet

Calculus Prosjektbok

PROSJEKT : 260118 Stad kommune - Klimaanalyse for ny brannstasjon i Selje						Nordplan AS			
DELPROSJEKT : Bygningskonsept nr. 4		ELEMENTER : 187				ÅK : 1 413 491	T : 50	BTA : 1 170	ÅK/BTA : 1 208,1
1	Investerings/prosjekt kostnader	ÅK	ÅK/BTA	Andel	Antall	Side			
1.2	Nybygg	1 271 155	1 086,5	89,9%	111	039			
	SUM	1 271 155	1 086,5	89,9%	111				
3	Drift- og vedlikeholdskostnader	ÅK	ÅK/BTA	Andel	Antall	Side			
3.2	Vedlikehold	50 092	42,8	3,5%	31	044			
	SUM Drift- og vedlikeholdskostnader	50 092	42,8	3,5%	31				
4	Utskifting- og utviklingskostnader	ÅK	ÅK/BTA	Andel	Antall	Side			
4.1	Utskifting	92 244	78,8	6,5%	45	049			
	SUM Utskifting- og utviklingskostnader	92 244	78,8	6,5%	45				

4.1.5 Enkelttiltak uavhengig av overordnet konsept

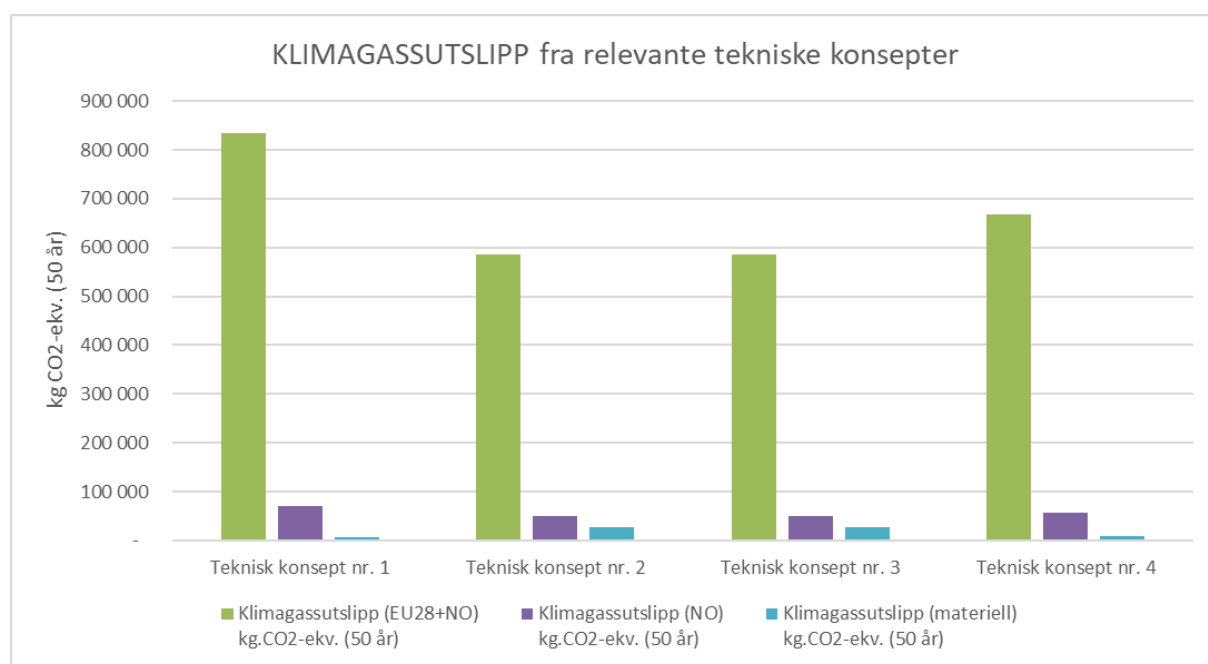
Tabell 24 Oversikt over relevante tiltak og materialvalg innen ulike bygningsdeler, data hentet fra ISY Calcus

SAMMENLIGNING av enkelttiltak (basert på data fra LCC)							
Materiale	Enhetspris Sum kr.	Åk/enhet Sum kr.	NV/enhet Sum kr.	Utslipp/enhet Kg.CO2-ekv.	Diff. Kost Sum kr.	Diff. Utslipp Kg.CO2-ekv.	NV-kost vs. spart utslipp Sum kr. / Kg.CO2-ekv.
LKB klasse B	kr 3 830,0			260,0			
LKB klasse A	kr 3 983,0			208,0	kr 153,0	-52,0	kr 2,9
LKB klasse Ekstrem	kr 4 521,0			130,0	kr 691,0	-130,0	kr 5,3
MDF	kr 493,0	kr 33,8	kr 617,0	8,0			
OSB	kr 300,0	kr 20,5	kr 374,2	7,5	kr -242,8	-0,5	kr -485,6
Kryssfinér - furu	kr 943,0	kr 64,6	kr 1 179,3	4,6	kr 562,3	-3,4	kr 165,4
Kryssfinér - bjørk	kr 1 428,0	kr 97,8	kr 1 785,4	4,6	kr 1 168,4	-3,4	kr 343,6
Gips - robust	kr 341,0	kr 23,4	kr 427,2	3,2	kr -189,9	-4,8	kr -39,6
Gips - normal	kr 294,0	kr 20,1	kr 366,9	3,0	kr -250,1	-5,0	kr -50,0
Gips med keramisk flis og membran	kr 3 730,0	kr 339,0	kr 6 188,8	76,0			
Våtromspanel	kr 1 322,0	kr 146,0	kr 2 665,4	40,0	kr -3 523,4	-36,0	kr -97,9
Vinylbelegg	kr 971,0	kr 79,0	kr 1 442,2	24,0	kr -4 746,5	-52,0	kr -91,3
Keramisk flis og membran	kr 2 788,0	kr 339,0	kr 6 188,8	80,0			
Vinylbelegg	kr 734,0	kr 85,0	kr 1 551,8	56,0	kr -4 637,0	-24,0	kr -193,2
Malt betong (epoksy)	kr 631,0	kr 74,0	kr 1 350,9	19,0	kr -4 837,8	-61,0	kr -79,3
Linoleum	kr 580,0	kr 53,0	kr 967,6	12,0	kr -5 221,2	-68,0	kr -76,8
Slippt betong	kr 544,0	kr 42,0	kr 766,7	4,0	kr -5 422,0	-76,0	kr -71,3
Systemhimling av perforert metall	kr 1 439,0	kr 142,0	kr 2 592,3	21,0			
Akustikkplater (treullsement)	kr 1 512,0	kr 104,0	kr 1 898,6	14,0	kr -693,7	-7,0	kr -99,1
Systemhimling av mineralull	kr 583,0	kr 58,0	kr 1 058,8	10,0	kr -1 533,5	-11,0	kr -139,4
Fast gipshimling	kr 691,0	kr 47,0	kr 858,0	4,0	kr -1 734,3	-17,0	kr -102,0
Innerdør - kompakt høytrykklaminat	kr 14 046,0	kr 1 345,0	kr 24 554,2	177,9			
Innerdør - stål	kr 22 302,0	kr 2 405,0	kr 43 905,4	76,4	kr 19 351,3	-101,5	kr 190,7
Innerdør - formpresset	kr 3 243,0	kr 460,0	kr 8 397,7	33,5	kr -16 156,5	-144,4	kr -111,9
Innerdør - tre	kr 5 466,0	kr 530,0	kr 9 675,6	22,4	kr -14 878,6	-155,5	kr -95,7
Ytterdør - glass og aluminium	kr 23 757,0	kr 3 114,0	kr 56 848,9	308,0			
Ytterdør - stål	kr 19 701,0	kr 1 788,0	kr 32 641,5	136,0	kr -24 207,3	-172,0	kr -140,7
Ytterdør - tre	kr 15 426,0	kr 1 518,0	kr 27 712,5	41,0	kr -29 136,4	-267,0	kr -109,1
Vindu - PVC	kr 6 312,0	kr 589,0	kr 10 752,7	138,0			
Vindu - tre med beslag av aluminium	kr 6 606,0	kr 472,0	kr 8 616,8	113,0	kr -2 135,9	-25,0	kr -85,4
Vindu - aluminium	kr 7 028,0	kr 472,0	kr 8 616,8	112,0	kr -2 135,9	-26,0	kr -82,2

4.2 Vurdering av relevante tekniske konsepter

Tabell 25 Klimagassutslipp fra relevante tekniske konsepter. Teknisk konsept nr. 1 – elektrisk oppvarming (vannbårent), Teknisk konsept nr. 2 – væske-vann varmpumpe med kollektor i sjø, Teknisk konsept nr. 3 – væske-vann varmpumpe med borehull, Teknisk konsept nr. 4 – luft-vann varmpumpe

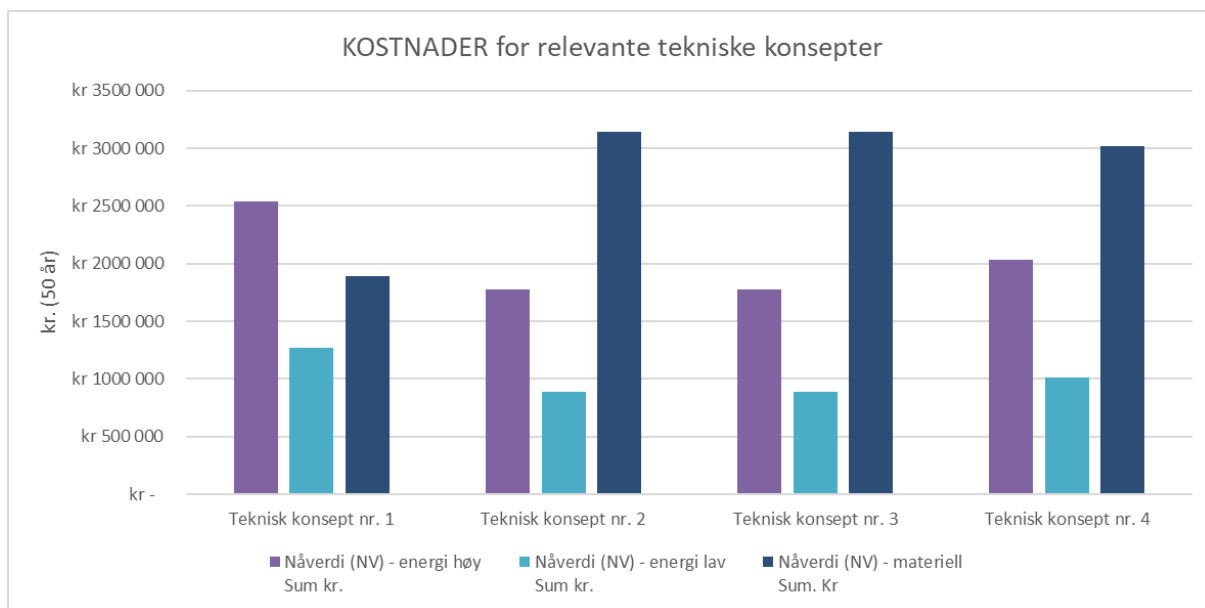
KLIMAGASSUTSLIPP fra relevante tekniske konsepter					
Relevant teknisk konsept	Oppvarmet BRA m2	Levert energi kwh/år	Klimagassutslipp (EU28+NO) kg.CO2-ekv. (50 år)	Klimagassutslipp (NO) kg.CO2-ekv. (50 år)	Klimagassutslipp (materieill) kg.CO2-ekv. (50 år)
Teknisk konsept nr. 1	995	139 230	835 380	69 615	6 644
Teknisk konsept nr. 2	995	97 461	584 766	48 731	27 400
Teknisk konsept nr. 3	995	97 461	584 766	48 731	27 400
Teknisk konsept nr. 4	995	111 384	668 304	55 692	7 684



Figur 14 Klimagassutslipp fra relevante tekniske konsepter. Teknisk konsept nr. 1 – elektrisk oppvarming (vannbårent), Teknisk konsept nr. 2 – væske-vann varmpumpe med kollektor i sjø, Teknisk konsept nr. 3 – væske-vann varmpumpe med borehull, Teknisk konsept nr. 4 – luft-vann varmpumpe

KOSTNADER for relevante tekniske konsepter							
Relevant teknisk konsept	Levert energi kwh/år	Årskostnad - energi høy Sum kr.	Årskostnad - energi lav Sum kr.	Nåverdi (NV) - energi høy Sum kr.	Nåverdi (NV) - energi lav Sum kr.	Årskostnad (ÅK) - materieill	Nåverdi (NV) - materieill
Teknisk konsept nr. 1	139 230	kr 139 230	kr 69 615	kr 2 541 769	kr 1 270 884	kr 103 531	kr 1 890 052
Teknisk konsept nr. 2	97 461	kr 97 461	kr 48 731	kr 1 779 238	kr 889 619	kr 172 095	kr 3 141 749
Teknisk konsept nr. 3	97 461	kr 97 461	kr 48 731	kr 1 779 238	kr 889 619	kr 172 095	kr 3 141 749
Teknisk konsept nr. 4	111 384	kr 111 384	kr 55 692	kr 2 033 415	kr 1 016 708	kr 165 518	kr 3 021 680

Figur 15 Kostnader for relevante tekniske konsepter. Teknisk konsept nr. 1 – elektrisk oppvarming (vannbårent), Teknisk konsept nr. 2 – væske-vann varmpumpe med kollektor i sjø, Teknisk konsept nr. 3 – væske-vann varmpumpe med borehull, Teknisk konsept nr. 4 – luft-vann varmpumpe

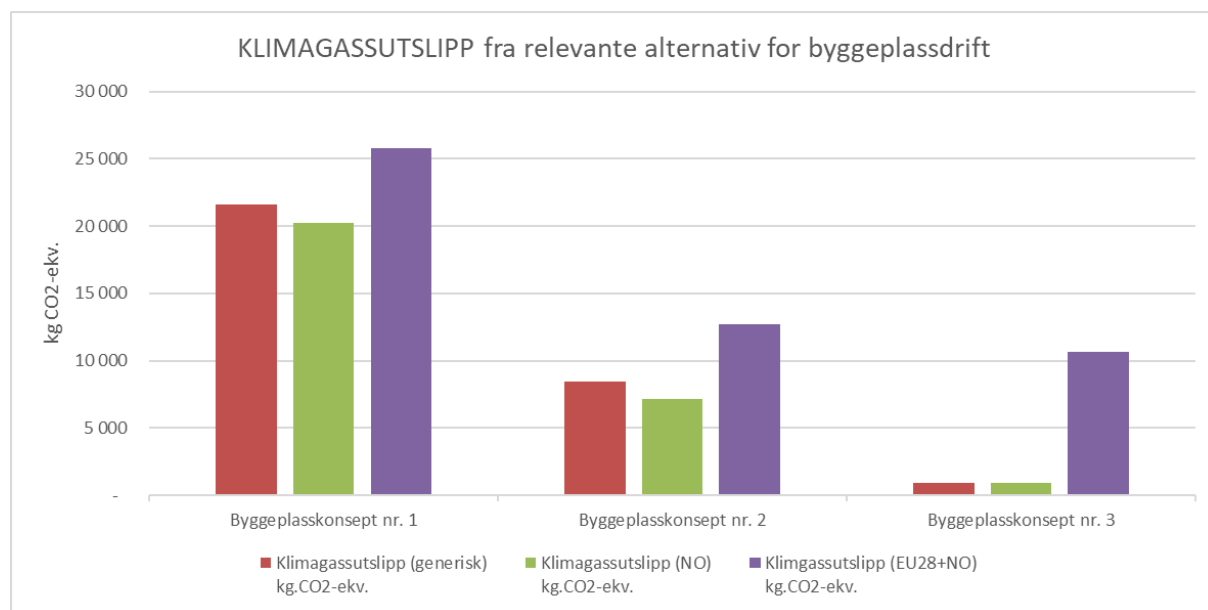


Figur 16 Kostnader for relevante tekniske konsepter. Teknisk konsept nr. 1 – elektrisk oppvarming (vannbårent), Teknisk konsept nr. 2 – væske-vann varmepumpe med kollektor i sjø, Teknisk konsept nr. 3 – væske-vann varmepumpe med borehull, Teknisk konsept nr. 4 – luft-vann varmepumpe

4.3 Vurdering av relevante alternativer for byggeplassdrift

Tabell 26 Klimagassutslipp fra relevante alternativ for byggeplassdrift. Byggeplasskonsept nr. 1 – konvensjonell byggeplass, Byggeplasskonsept nr. 2 – fossilfri byggeplass, Byggeplasskonsept nr. 3 – utslippsfri byggeplass

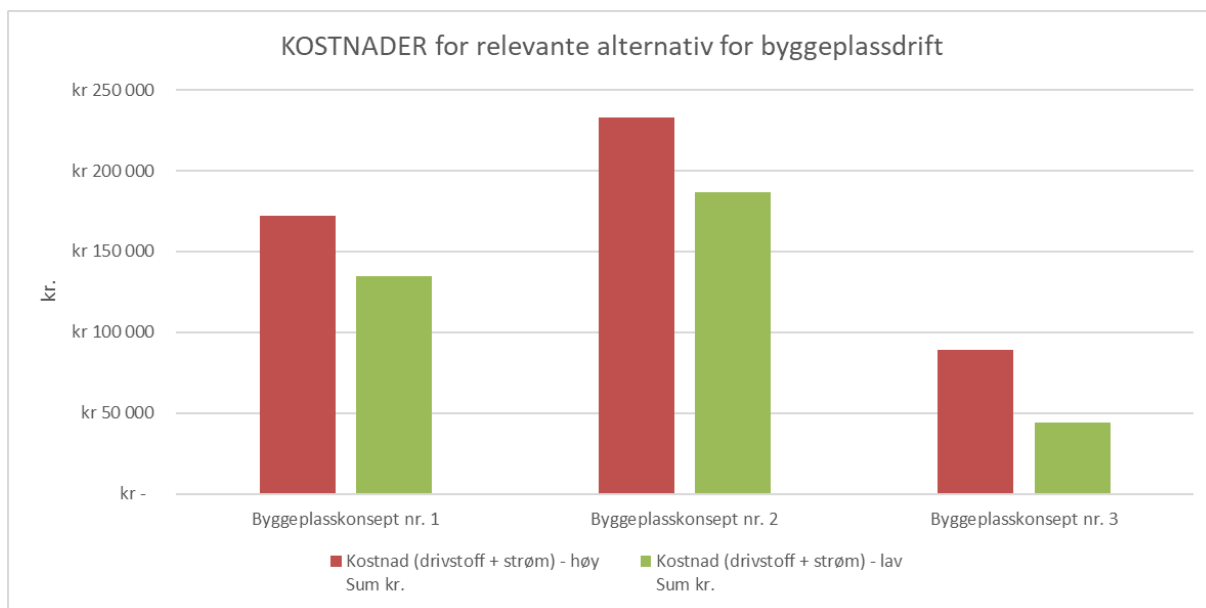
KLIMAGASSUTSLIPP fra relevante alternativ for byggeplassdrift				
Relevant alternativ for byggeplassdrift	BTA m ²	Klimagassutslipp (generisk) kg.CO ₂ -ekv.	Klimagassutslipp (NO) kg.CO ₂ -ekv.	Klimagassutslipp (EU28+NO) kg.CO ₂ -ekv.
Byggeplasskonsept nr. 1	1 170	21 575	20 215	25 749
Byggeplasskonsept nr. 2	1 170	8 424	7 172	12 706
Byggeplasskonsept nr. 3	1 170	889	889	10 670



Figur 17 Klimagassutslipp fra relevante alternativ for byggeplassdrift. Byggeplasskonsept nr. 1 – konvensjonell byggeplass, Byggeplasskonsept nr. 2 – fossilfri byggeplass, Byggeplasskonsept nr. 3 – utslippsfri byggeplass

Tabell 27 Kostnader for relevante alternativ for byggeplassdrift. Byggeplasskonsept nr. 1 – konvensjonell byggeplass, Byggeplasskonsept nr. 2 – fossilfri byggeplass, Byggeplasskonsept nr. 3 – utslippsfri byggeplass

KOSTNADER for relevante alternativ for byggeplassdrift			
Relevant alternativ for byggeplassdrift	BTA m ²	Kostnad (drivstoff + strøm) - høy Sum kr.	Kostnad (drivstoff + strøm) - lav Sum kr.
Byggeplasskonsept nr. 1	1 170	kr 171 990	kr 134 667
Byggeplasskonsept nr. 2	1 170	kr 232 830	kr 186 615
Byggeplasskonsept nr. 3	1 170	kr 88 920	kr 44 460



Figur 18 Kostnader for relevante alternativ for byggeplassdrift. Byggeplasskonsept nr. 1 – konvensjonell byggeplass, Byggeplasskonsept nr. 2 – fossilfri byggeplass, Byggeplasskonsept nr. 3 – utslippsfri byggeplass

4.4 Sammenligning av alle vurderinger

Alle sammenligninger oppsummert innenfor hver sin «utslippskategori» i Tabell 28, Tabell 29, Tabell 30 og Tabell 31. Hver av kategoriene har også en generell oppsummering der eventuelle funn og konklusjoner belyses.

Tabell 28 Sammenligning av vurderte bygningskonsepter. Bygningskonsept nr. 1 – betongkonstruksjon, Bygningskonsept nr. 2 – stålkonstruksjon med sandwichelementer, Bygningskonsept nr. 3 – massivtrekonstruksjon, Bygningskonsept nr. 4 – kombinasjon av betong og trevirke

SAMMENLIGNING av vurderte bygningskonsepter (basert på LCA & LCC)								
Relevant bygningskonsept	Klimagassutslipp kg.CO2-ekv. (50 år)	Reduksjon (-) / økning (+)		Årskostnad (ÅK) Sum kr.	Nåverdi (NV) Sum. kr	Reduksjon (-) / økning (+)		NV-kost vs. spart utslipp Sum kr. / Kg.CO2-ekv.
		kg.CO2-ekv. (50 år)	%			Sum kr.	%	
Bygningskonsept nr. 1	264 300	0	0 %	kr 1 483 269	kr 27 078 455			
Bygningskonsept nr. 2	315 876	51 577	20 %	kr 1 599 705	kr 29 204 103	kr 2 125 647	8 %	-41,21
Bygningskonsept nr. 3	242 224	22 076	-8 %	kr 1 525 353	kr 27 846 738	kr 768 283	3 %	34,80
Bygningskonsept nr. 4	243 892	20 408	-8 %	kr 1 413 491	kr 25 804 593	kr -1 273 862	-5 %	-62,42

Sammenligningen av bygningskonsepter i Tabell 28 viser tydelige forskjeller i både klimagassutslipp og livsløpskostnader. Referansealternativet (konsept 1) har et middels nivå både for kostnad og utslipp, mens konsept 2 fremstår som klart dårligst samlet sett, med både høyere kostnader og betydelig høyere utslipp. Negativt fortegn i kolonnen «NV-kost vs. spart utslipp» må ikke forveksles med at det kan være «dobbelst gunstig», slik som for konsept nr. 4.

Konsept 3 gir en moderat reduksjon i utslipp (ca. 8%), men til en merkostnad over livsløpet, og kan derfor karakteriseres som et klimatiltak med en konkret kostnad per spart utslipp. Konsept 4 fremstår derimot som det mest fordelaktige alternativet, med tilsvarende utslippsreduksjon som konsept 3, men samtidig lavere livsløpskostnad enn referansen. Dette innebærer at utslippskutt oppnås samtidig som kostnadene reduseres.

Samlet sett viser analysen at valg av bygningskonsept har stor betydning for både økonomi og klima, og at det i dette tilfellet er mulig å oppnå utslippsreduksjoner uten økte kostnader ved valg av riktig konsept.

Tabell 29 Sammenligning av vurderte enkelttiltak knyttet til materialbruk

SAMMENLIGNING AV ENKELTTILTAK (basert på data fra LCC)							
Materialer	Enhetspris Sum kr.	ÅK/enhet Sum kr.	NV/enhet Sum kr.	Utslipp/enhet Kg.CO2-ekv.	Diff. Kost Sum kr.	Diff. Utslipp Kg.CO2-ekv.	NV-kost vs. spart utslipp Sum kr. / Kg.CO2-ekv.
LKB klasse B	kr 3 830,0			260,0			
LKB klasse A	kr 3 983,0			208,0	kr 153,0	-52,0	kr 2,9
LKB klasse Ekstrem	kr 4 521,0			130,0	kr 691,0	-130,0	kr 5,3
MDF	kr 493,0	kr 33,8	kr 617,0	8,0			
OSB	kr 300,0	kr 20,5	kr 374,2	7,5	kr -242,8	-0,5	kr -485,6
Kryssfinér - furu	kr 943,0	kr 64,6	kr 1 179,3	4,6	kr 562,3	-3,4	kr 165,4
Kryssfinér - bjørk	kr 1 428,0	kr 97,8	kr 1 785,4	4,6	kr 1 168,4	-3,4	kr 343,6
Gips - robust	kr 341,0	kr 23,4	kr 427,2	3,2	kr -189,9	-4,8	kr -39,6
Gips - normal	kr 294,0	kr 20,1	kr 366,9	3,0	kr -250,1	-5,0	kr -50,0
Gips med keramisk flis og membran	kr 3 730,0	kr 339,0	kr 6 188,8	76,0			
Våtromspanel	kr 1 322,0	kr 146,0	kr 2 665,4	40,0	kr -3 523,4	-36,0	kr -97,9
Vinylbelegg	kr 971,0	kr 79,0	kr 1 442,2	24,0	kr -4 746,5	-52,0	kr -91,3
Keramisk flis og membran	kr 2 788,0	kr 339,0	kr 6 188,8	80,0			
Vinylbelegg	kr 734,0	kr 85,0	kr 1 551,8	56,0	kr -4 637,0	-24,0	kr -193,2
Malt betong (epoksy)	kr 631,0	kr 74,0	kr 1 350,9	19,0	kr -4 837,8	-61,0	kr -79,3
Linoleum	kr 580,0	kr 53,0	kr 967,6	12,0	kr -5 221,2	-68,0	kr -76,8
Slippt betong	kr 544,0	kr 42,0	kr 766,7	4,0	kr -5 422,0	-76,0	kr -71,3
Systemhimling av perforert metall	kr 1 439,0	kr 142,0	kr 2 592,3	21,0			
Akustikkplater (treullsement)	kr 1 512,0	kr 104,0	kr 1 898,6	14,0	kr -693,7	-7,0	kr -99,1
Systemhimling av mineralull	kr 583,0	kr 58,0	kr 1 058,8	10,0	kr -1 533,5	-11,0	kr -139,4
Fast gips Himling	kr 691,0	kr 47,0	kr 858,0	4,0	kr -1 734,3	-17,0	kr -102,0
Innerdør - kompakt høytrykkaminat	kr 14 046,0	kr 1 345,0	kr 24 554,2	177,9			
Innerdør - stål	kr 22 302,0	kr 2 405,0	kr 43 905,4	76,4	kr 19 351,3	-101,5	kr 190,7
Innerdør - formpresset	kr 3 243,0	kr 460,0	kr 8 397,7	33,5	kr -16 156,5	-144,4	kr -111,9
Innerdør - tre	kr 5 466,0	kr 530,0	kr 9 675,6	22,4	kr -14 878,6	-155,5	kr -95,7
Ytterdør - glass og aluminium	kr 23 757,0	kr 3 114,0	kr 56 848,9	308,0			
Ytterdør - stål	kr 19 701,0	kr 1 788,0	kr 32 641,5	136,0	kr -24 207,3	-172,0	kr -140,7
Ytterdør - tre	kr 15 426,0	kr 1 518,0	kr 27 712,5	41,0	kr -29 136,4	-267,0	kr -109,1
Vindu - PVC	kr 6 312,0	kr 589,0	kr 10 752,7	138,0			
Vindu - tre med beslag av aluminium	kr 6 606,0	kr 472,0	kr 8 616,8	113,0	kr -2 135,9	-25,0	kr -85,4
Vindu - aluminium	kr 7 028,0	kr 472,0	kr 8 616,8	112,0	kr -2 135,9	-26,0	kr -82,2

Sammenstillingen i Tabell 29 viser at det finnes et betydelig potensial for både kostnadsreduksjoner og utslippskutt når en skal velge mellom alternative materialer innen samme bruksområde. Flere av de vurderte alternativene gir både lavere livssyklus-kostnad (nåverdi) og lavere klimagassutslipp sammenlignet med referansealternativene.

Særlig innen kategoriene gulv-, vegg- og himlingsoverflater fremstår flere av de vurderte løsningene som tydelig kostnadseffektive klimatiltak, med negative kostnader (besparelser) per spart utslipp. Dette innebærer at utslippsreduksjoner kan oppnås samtidig som man reduserer totale kostnader. For enkelte materialvalg, som lavkarbonbetong, oppnås utslippsreduksjoner til en moderat kostnad, og disse kan dermed vurderes som relativt kostnadseffektive tiltak. Særlig for

betong kan dette være gunstige investeringer grunnet det store mengdene som inngår i et slikt bygg.

For andre komponenter, som dører og enkelte vindustyper, er forskjellene mer sammensatte, og valgene påvirkes i større grad av faktiske funksjonelle krav.

Samlet viser analysen at riktige materialvalg kan bidra vesentlig til å redusere prosjektets klimagassutslipp uten å øke kostnadene, og kan i flere tilfeller faktisk gi en netto besparelse over livsløpet.

Tabell 30 Sammenligning av vurderte tekniske konsepter. Teknisk konsept nr. 1 – elektrisk oppvarming (vannbårent), Teknisk konsept nr. 2 – væske-vann varmepumpe med kollektor i sjø, Teknisk konsept nr. 3 – væske-vann varmepumpe med borehull, Teknisk konsept nr. 4 – luft-vann varmepumpe

SAMMENLIGNING av vurderte tekniske konsepter (basert på LCA & LCC)					
Relevant teknisk konsept	Samlet klimagassutslipp ("EU28+NO + "materieill") kg.CO2-ekv. (50 år)	Reduksjon (-) / økning (+) kg.CO2-ekv. (50 år) %	Samlet nåverdi (NV) ("energi høy" + "materieill") Sum kr.	Reduksjon (-) / økning (+) Sum kr. %	NV-kost vs. spart utslipp Sum kr. / Kg.CO2-ekv.
Teknisk konsept nr. 1	842 024	0 0 %	kr 4 431 821		
Teknisk konsept nr. 2	612 166	- 229 858 -27 %	kr 4 920 987	kr 489 167 11 %	2,13
Teknisk konsept nr. 3	612 166	- 229 858 -27 %	kr 4 920 987	kr 489 167 11 %	2,13
Teknisk konsept nr. 4	675 988	- 166 036 -20 %	kr 5 055 095	kr 623 275 14 %	3,75

Sammenligningen i Tabell 30 viser at valg av teknisk energikonsept har svært stor betydning for både klimagassutslipp og livsløpskostnader. Referansealternativet (konsept 1) har både høyest utslipp og lavest kostnad, og representerer dermed et lavkostalternativ med betydelig klimabelastning.

Tekniske konsepter 2 og 3 gir den største utslippsreduksjonen (ca. 27%) sammenlignet med referansen, men medfører en økning i livsløpskostnad på rundt 11%. Tiltakene fremstår likevel som relativt kostnadseffektive klimatiltak, med en moderat kostnad per spart utslipp. Som sensitivitetsanalysen i kapittel 4.5 også viser så er det lite som skal til før disse konseptene fremstår som enda mer gunstige.

Konsept 4 gir noe lavere utslippsreduksjon (ca. 20%) enn konsept 2 og 3, samtidig som kostnadsøkningen er høyere. Dette gjør konsept 4 mindre kostnadseffektivt sammenlignet med de øvrige alternativene.

Samlet sett viser analysen at betydelige utslippsreduksjoner kan oppnås gjennom valg av energisystem, men dette innebærer en merkostnad gitt gjeldende forutsetninger. Blant de vurderte alternativene fremstår konsept 2 og 3 som de mest balanserte løsningene, med størst utslippsreduksjon per krone investert.

Tabell 31 Sammenligning av vurderte alternativer for byggeplassdrift. Byggeplasskonsept nr. 1 – konvensjonell byggeplass, Byggeplasskonsept nr. 2 – fossilfri byggeplass, Byggeplasskonsept nr. 3 – utslippsfri byggeplass

SAMMENLIGNING av vurderte byggeplasskonsepter (basert på LCA & kalkyle)					
Relevant byggeplasskonsept	Klimagassutslipp (NO) kg.CO2-ekv. (50 år)	Reduksjon (-) / økning (+) kg.CO2-ekv. (50 år) %	Kostnad (gj.snitt høy/lav) Sum kr.	Reduksjon (-) / økning (+) Sum kr. %	Kostnad vs. spart utslipp Sum kr. / Kg.CO2-ekv.
Byggeplasskonsept nr. 1	20 215	0	0 % kr 154 115		
Byggeplasskonsept nr. 2	7 172	- 13 043	-65 % kr 210 798	kr 56 683	37 % 4,35
Byggeplasskonsept nr. 3	889	- 19 326	-96 % kr 64 454	kr -89 661	-58 % -4,64

Sammenligningen av byggeplasskonsepter i Tabell 31 viser et isolert sett stort potensial for utslippsreduksjoner gjennom valg av energikilde og drift av byggeplassen. Referansealternativet (konsept 1) har høyest utslipp, men moderat kostnadsnivå.

Konsept 2 gir en betydelig reduksjon i klimagassutslipp (ca. 65%), men medfører samtidig en merkostnad. Tiltaket fremstår likevel som relativt kostnadseffektivt, med en lav kostnad per spart utslipp.

Konsept 3 gir den klart største utslippsreduksjonen (ca. 96%), samtidig som det reduserer totale kostnader sammenlignet med referansen. Dette gjør konseptet til et tydelig "vinn-vinn"-alternativ, der både klimaeffekt økes og kostnader reduseres.

Samlet viser analysen at elektrifisering og utslippsfri drift av byggeplassen kan gi svært store utslippskutt, og i enkelte tilfeller også redusere kostnadene betydelig (dersom forutsetningene gjøres gjeldende i praksis).

4.5 Sensitivitetsanalyser

4.5.1 Elektrisitetsforsyning og energimiks

Det er gjort fortløpende sensitivitetsanalyser av forholdet mellom europeisk forbruksmiks (EU28+NO) og Norsk forbruksmiks (NO). Dette for å simulere hvordan prosjektet sine totale klimagassutslipp endrer seg ved å forutsette den ene eller andre av dem. Videre forutsetninger og bakgrunn for utførte analyser er beskrevet nærmere i hvert av relevante kapitler.

På generelt grunnlag kan en endring fra energimiks «EU28+NO» til «NO», og motsatt vei, føre til at beregnede klimagassutslipp endrer seg drastisk. Dette indikerer at beregningene er sensitive for variasjoner i datagrunnlaget og/eller endrede forutsetninger for energimiks.

4.5.2 Netto nåverdi knyttet til energibruk i drift og teknisk konsept

Sensitivitetsanalysen viser at resultatene fra LCC-analysen er følsomme for viktige faktorer som kalkulasjonsrente, strømpris og energibehov. En reduksjon i kalkulasjonsrenten (i dette tilfellet fra 5 % til 3 %) påvirker annuitetsfaktoren og medfører at fremtidige driftskostnader tillegges større vekt i nåverdiberegningen. Dette innebærer at tiltak med høyere investeringskost, men med lavere driftskostnader, blir relativt mer lønnsomme ved lavere rente.

Videre vil høyere strømpriser (i dette tilfellet +50%) eller økt energibehov (i dette tilfellet +25%) øke verdien av energibesparelser og dermed styrke lønnsomheten til energieffektive løsninger. Tilsvarende vil lavere energipriser og mindre energibehov kunne favorisere løsninger med lavere investeringskostnad.

Samlet viser sensitivitetsanalysen at rangeringen mellom alternativene ikke er absolutt, men at den avhenger stort av flere sentrale faktorer. Det anbefales derfor å vurdere resultatene opp mot realistiske variasjoner i disse parameterne.

Tabell 32 Sensitivitetsanalyse av vurderte tekniske konsepter (sees i sammenheng med tilsvarende sammenligning). Teknisk konsept nr. 1 – elektrisk oppvarming (vannbårent), Teknisk konsept nr. 2 – væske-vann varmepumpe med kollektor i sjø, Teknisk konsept nr. 3 – væske-vann varmepumpe med borehull, Teknisk konsept nr. 4 – luft-vann varmepumpe

SENSITIVITETSANALYSE av vurderte tekniske konsepter (basert på LCA & LCC)						
Relevant teknisk konsept	Samlet klimagassutslipp ("EU28+NO + "materiell") kg.CO2-ekv. (50 år)	Reduksjon (-) / økning (+) kg.CO2-ekv. (50 år) %		Samlet nåverdi (NV) ("energi høy" + "materiell") Sum kr.	Reduksjon (-) / økning (+) Sum kr. %	NV-kost vs. spart utslipp Sum kr. / Kg.CO2-ekv.
Teknisk konsept nr. 1	1 050 869	0	0 %	kr 9 380 757		
Teknisk konsept nr. 2	758 358	- 292 511	-28 %	kr 9 129 818	kr -250 940	-3 %
Teknisk konsept nr. 3	758 358	- 292 511	-28 %	kr 9 129 818	kr -250 940	-3 %
Teknisk konsept nr. 4	843 064	- 207 805	-20 %	kr 9 632 285	kr 251 528	3 %

5 Konklusjon og oppsummering

Klimaanalysen er utarbeidet basert på beste tilgjengelige informasjon og høyeste detaljeringsgrad som mulig på nåværende tidspunkt. Beregningene er gjort i samsvar med NS 3720 og NS 3454, som krevd.

Analysen viser at det er mulig å oppnå betydelige utslippsreduksjoner i prosjektet gjennom en kombinasjon av tiltak på material-, bygningskonsept-, energisystem- og byggeplassnivå, uten at dette nødvendigvis øker de totale livsløpskostnadene.

Potensiell effekt av tiltakene er vurdert som uavhengige og uten overlapp i systemgrenser. Det vil si at utslippsreduksjoner ikke kan «dobbelb-okføres» på tvers av utslippskilder (f.eks. ved at lavkarbon betong i teorien kan tilskrives både bygningskonsept og som enkelttiltak innen materialvalg). Når tiltakene vurderes som uavhengige, kan den samlede utslippsreduksjonen estimeres ved å summere absolutte reduksjoner fra bygningskonsept, teknisk konsept og byggeplasskonsept.

Basert på dette viser analysen at det kan oppnås en utslippsreduksjon på omtrent 25-30% over livsløpet, tilsvarende omtrent 250 000-300 000 kg CO₂-ekv. Dette forutsetter at en kombinerer bygningskonsept nr. 4 (≈ 20 000 kg CO₂-ekv.), teknisk konsept nr. 2 eller 3 (≈ 230 000 kg CO₂-ekv.) og byggeplasskonsept nr. 3 (≈ 19 000 kg CO₂-ekv.). Det største enkeltbidraget er knyttet til valg av energisystem.

I tillegg viser analysen at optimaliserte materialvalg kan gi ytterligere utslippsreduksjoner på anslagsvis 5–10%, men dette avhenger stort av hvilket overordnet bygningskonsept som velges. Dette kan tilsvare omtrent 15 000-30 000 kg CO₂-ekv. Disse utslippsreduksjonene er ikke ventet å føre til økte kostnader, men heller redusere livssyklus-kostnadene.

Det foreslås/anbefales at følgende overordnede fokusområdet legges til grunn for videre anskaffelse og konkurransegrunnlag:

1. Krav til bygningskonsept og materialbruk
 - a. Det bør legges til grunn løsninger tilsvarende bygningskonsept nr. 4 eller bedre, som minimumsnivå for å redusere klimagassutslipp fra bygningsmasse.
 - b. Det bør stilles krav om bruk av lavutslippsmaterialer der dette gir like eller lavere livsløpskostnad, særlig innen:
 - i. lavkarbonbetong (noe økt kostnad, men svært effektivt med tanke på store volum/mengder)
 - ii. overflater (gulv, vegger, himling)
 - iii. innervegger, dører og vinduer
 - c. Materialvalg kan med fordel inngå som:
 - i. minimumskrav for utvalgte bygningsdeler,
 - ii. og/eller tildelingskriterium knyttet til dokumentert klimagassreduksjon.
2. Krav til tekniske energiløsninger
 - a. Det bør stilles krav om energiløsninger tilsvarende teknisk konsept nr. 2 eller 3, som gir en vesentlig reduksjon i utslipp sammenlignet med referanse.
 - b. Energikonsept bør vurderes brukt som:
 - i. minimumskrav (valg av energisystem),
 - ii. og/eller som tildelingskriterium basert på dokumentert klimagassreduksjon.
3. Krav til byggeplass

- a. Det anbefales at det stilles krav om utslippsfri byggeplass tilsvarende byggeplasskonsept nr. 3 (dersom en markedsundersøkelse viser at det er gjennomførbart). Kravet kan formuleres som:
 - i. minimumskrav til entreprenør,
 - ii. alternativt som tildelingskriterium med dokumenterbare utslippsnivåer
4. Generell prioritering for å sikre høy nytteverdi og gjennomførbarhet
 - a. Gjennomføre alle kostnadsnøytrale eller kostnadsbesparende materialtiltak der det er mulig og hensiktsmessig.
 - b. Velge gunstigst mulig bygningskonsept mht. klimagassutslipp og livssyklus kostnader (byggningskonsept nr. 4).
 - c. Velge gunstigst mulig teknisk energikonsept mht. klimagassutslipp (nr. 2 eller 3), og eventuelt gjennomført en ny og mer presis LCC med mer presise og prosjektspesifikke forutsetninger.
 - d. Stille krav om utslippsfri byggeplass som standard, dels for å kutte klimagassutslipp og kostnader (til energibærere) i dette prosjektet, men også for å «sette standarden» for fremtidige prosjekter i regionen (kan skape positive ringvirkninger).

6 Referanser

- [1] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning,» 2017.
- [2] Direktoratet for byggkvalitet, «Veileder for utarbeidelse av klimagassregnskap – Byggteknisk forskrift (TEK17) §17-1,» Direktoratet for byggkvalitet, 2023.
- [3] Direktoratet for forvaltning og økonomistyring (DFØ), «Dokumentasjon av endringer i referansenivåer for klimagassutslipp fra materialbruk i DFØs verktøy for beregning av utslippsramme,» Direktoratet for forvaltning og økonomistyring (DFØ), 2023.
- [4] Standard Norge, «NS 3451:2022 - Bygningsdelstabell og systemkodemetode for bygninger og tilhørende uteområder,» Standard Norge, 2022.
- [5] Standard Norge, «NS 3720:2018 - Metode for klimagassberegninger for bygninger,» Standard Norge, 2018.