

Fagutredning B5 - Energibehov og energiløsninger Undersøkelse mot Dagens situasjon

Detaljregulering, Bergenhus, gnr. 164, bnr. 3 m. fl., Dokken,
nybygg Havforskningsinstituttet og Fiskeridirektoratet -
PlanID 71350000



Dokumentinformasjon

Oppdragsgiver: Asplan Viak AS

Tittel på rapport: Fagutredning B5 - Energibehov og energiløsninger
Undersøkelse mot Dagens situasjon

Oppdragsnavn: Regulering Nybygg HI og Fiskeridir.

Oppdragsnummer: 638991-07

Utarbeidet av: Sondre Siglevik, KS Kristin Heggøy

Oppdragsleder: Kai Lande

Tilgjengelighet: Åpen

Forsidebilde: Solceller på Kjørbo i Sandvika (Asplan Viak's kontorer)

02	13.juni 2025	Rapport ihht planprogram	SS	KH
01	9. okt. 2024	Utkast til dialogmøte	SS	KH
Ver	Dato	Beskrivelse	Utarb. av	KS

Innholdsfortegnelse

Innledning	4
1. Informasjon om tiltaket	5
1.1. Bakgrunnen for detaljplanen	5
1.2. Metode for konsekvensutredning og undersøkelser	6
1.3. Dagens bruk av området	6
1.4. 0-alternativet	7
1.5. Utredningsalternativer	8
2. Undersøkelse av tema Energibehov og energiløsninger	10
2.1. Grunnlag for tema	10
2.2. Avgrensning av tema	10
2.3. Oppvarming	11
2.4. Bygningskroppens påvirkning på energiforbruk	15
2.5. Bygningsrelatert energiteknologi	17
2.6. Distribusjon	24
2.7. Sammenligning mellom bygningsalternativene	24
3. Oppsummering	27

Innledning

I arbeidet med detaljreguleringsplan for Havforskningsinstituttet og Fiskeridirektoratet på Dokken i Bergen, utarbeides det 17 fagutredninger for ulike tema.

Fagutredningene er fordelt på fire kategorier A - D:

A - Tema som konsekvensutredes etter KU-forskriften	
1. Landskap / bylandskap	Egen utredning
2. Kulturmiljø	Egen utredning
B - Tema som utredes i forhold til dagens situasjon (0-alternativet)	
3. Nasjonalt og internasjonalt fastsatte miljømål	<i>Inngår i planbeskrivelsen</i>
4. Naturmangfold	Egen utredning
5. Energibehov og energiløsninger	Egen utredning
6. Teknisk infrastruktur	Egen utredning
7. Klimagassutslipp	Egen utredning
8. Bølger og stormflo	Egen utredning
9. Anleggsfasen og mulig parallell havnedrift	Egen utredning
C - Tema som utredes i forhold til både dagens situasjon (0-alternativet) og Arealstrategi for Dokken (framtidig scenario)	
10. Lokalklima	Egen utredning
11. Friluftsliv og byliv inkl. barn og unges interesser	Egen utredning
12. Forurensning	Egen utredning
13. Transportbehov og mobilitet	Egen utredning
14. Beredskap og ulykkesrisiko (ROS-analyse)	Egen utredning
D - Tema som utredes i forhold til Arealstrategi for Dokken (framtidig scenario)	
15. Arkitektur og byform	Egen utredning
16. Gang- og sykkelbru over Puddefjorden	<i>Inngår i planbeskrivelsen</i>
17. Lokalisering av Bybanen	<i>Inngår i planbeskrivelsen</i>

Dette dokumentet, utredning B5 Energibehov og energiløsninger, utreder tiltaket kun i forhold til Dagens situasjon, som er 0-alternativet.

1. Informasjon om tiltaket

1.1. Bakgrunnen for detaljplanen

Havforskningsinstituttet (HI) og Fiskeridirektoratet (Fdir) skal samlokaliseres i et nytt bygg på Dokken. Statsbygg har fått i oppdrag å sørge for regulering, prosjektering og bygging på vegne av Nærings- og fiskeridepartementet.

Iht. arealstrategien for Dokken er eksisterende havnelager planlagt for allmenntilgjengelig formål/attraksjon og Bergen kommune ønsker at arealet utredes som del av reguleringsplan for HI/Fdir. Akvariet i Bergen ønsker nye lokaler og har søkt kommunen om å få benytte eksisterende havnelager på Dokken til et nytt Verdenshavsenter O.

Statsbygg sin reguleringsprosess for HI/Fdir. utreder også mulig fremtidig bruk av havnelageret som Verdenshavsenteret O som del av planarbeidet. De planlagte tiltakene utløser krav til konsekvensutredning, og undersøkelser av en rekke fagtema.

Planprogrammet ble fastsatt av Byrådet i Bergen i møte 30.05.2024 og kunngjort 14.06.2024.



Figur 1-1 Plangrense ved varsel om planoppstart.

Tomt for Nybygg HI Fdir. er markert med rødt, og Havnelageret med lilla. (Ill fra Planprogrammet)

1.2. Metode for konsekvensutredning og undersøkelser

I arbeidet med detaljplanen for HI og Fdir. og Verdenshavsenteret O vil det bli utredet to tema etter Miljødirektoratets *Håndbok M-1941 Konsekvensutredning av klima og miljø*, jf. KU-forskriften § 21. Jf. også kap. Innledning s. 5.

- Kulturminner og kulturmiljø
- Landskap/bylandskap

I håndbok for konsekvensutredninger av klima og miljø M-1941 beskrives hva som kan brukes som nullalternativ. Her står det bl.a. at: «Det er ikke tilstrekkelig at tiltak er foreslått i en melding til Stortinget, i et forslag til kommunestyret eller er omtalt i en strategi eller handlingsplan». Med andre ord kan ikke arealstrategien benyttes som nullalternativ i vurderinger i konsekvensutredningen.

Vurderinger av de potensielle virkningene for den fremtidige byutviklingen er likevel viktig for å forstå hvordan disse byggene og funksjonene vil påvirke, og påvirkes, av den byen som er planlagt rundt dem. I håndbok V712 - Konsekvensanalyser er det beskrevet at det noen ganger kan være hensiktsmessig å etablere et scenario som «inkluderer relevante tiltak som det er realistisk å anta vil bli gjennomført uavhengig av det tiltaket en skal analysere.» Det er derfor gjennomført tematiske undersøkelser knyttet til sentrale byutviklingstema der alternativene er vurdert opp mot Arealstrategien Dokken 2050.

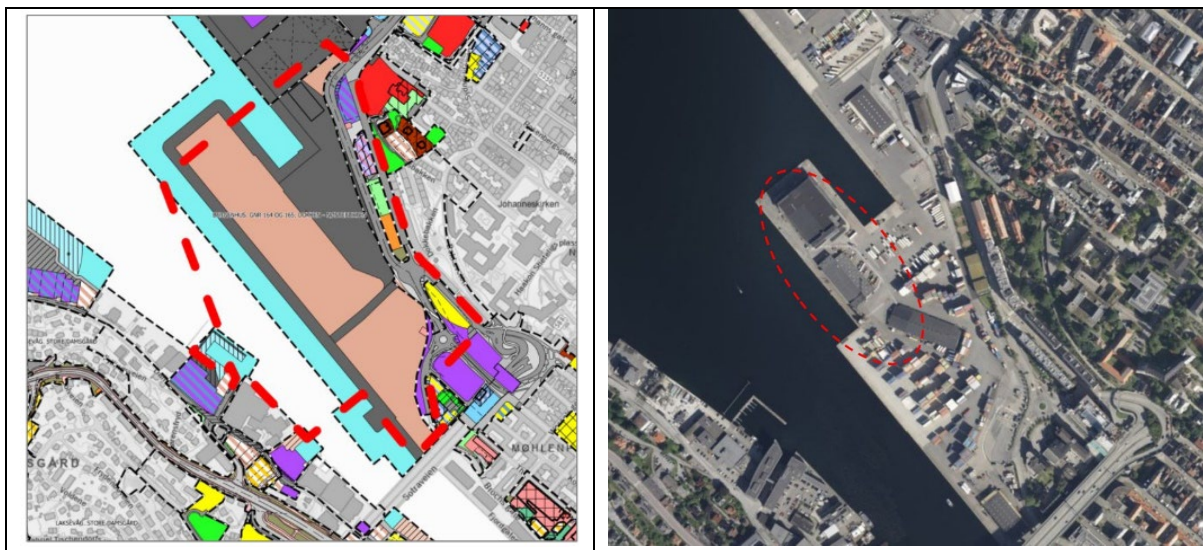
I KU-metodikk kalles referansealternativet for «0-alternativet».

Siden dagens bruk er i tråd med plan 15290000, og senere endringer av denne - 15290200 og 15290300, så er 0-alternativet i praksis lik dagens situasjon.

1.3. Dagens bruk av området

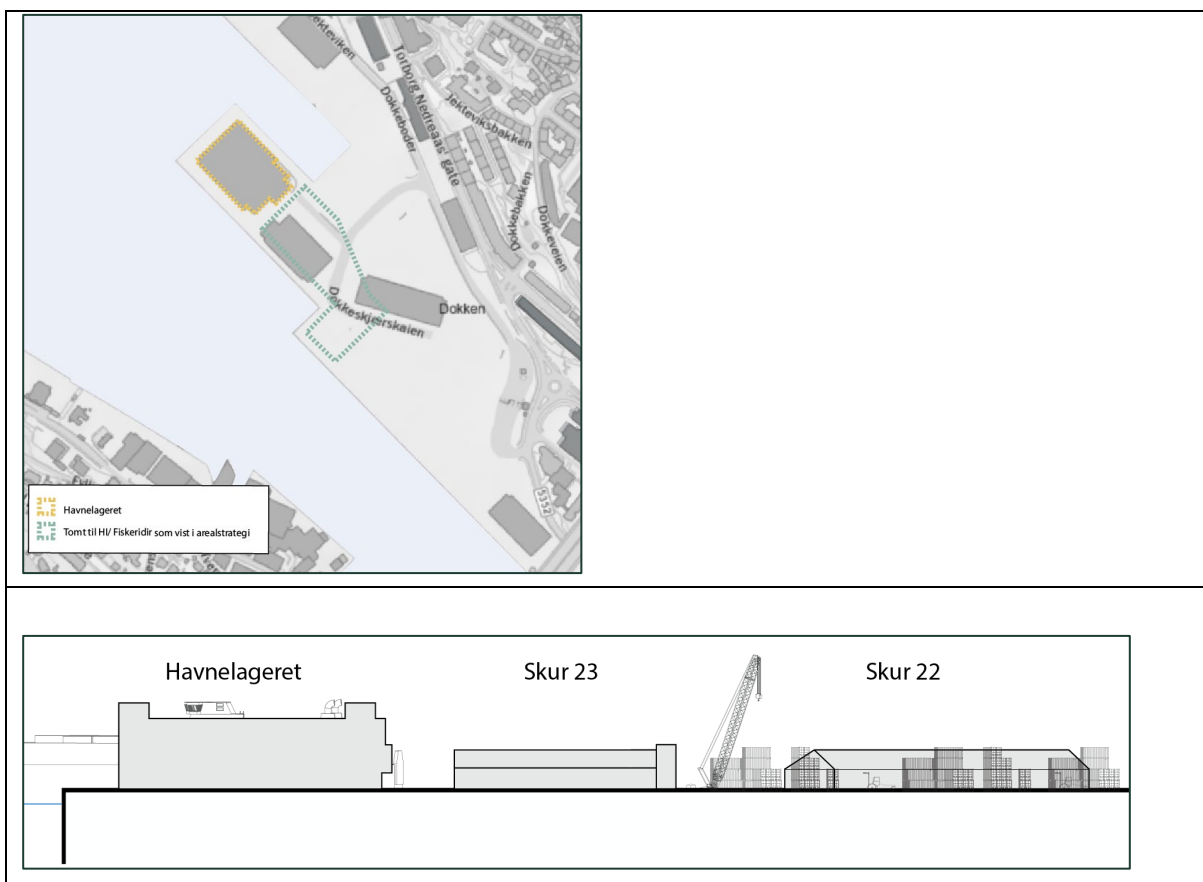
I gjeldende plan 15290000 er området regulert til lager for ulike typer gods, samt trafikk- og havneareal langs kaiene. Dagens bruk av området, med Havnelageret, havneskurene og containerhavnen er i tråd med denne planen.

Det er besluttet en gradvis utflytting av havnevirksomheten, som legger opp til at området blir frigitt innen 2027, men det foreligger ikke vedtatte planer for utflytting.



Figur 1-2 t.v. Plangrense ved varsel om planoppstart i forhold til gjeldende eldre reguleringsplan 15290000 vedtatt 28.09.1998. T.h. Dagens situasjon med tomt innringet (AV-kartet)

1.4. 0-alternativet



Figur 1-3 Plan- og Prinsippsnitt av 0-alternativet med Havnelageret, skur 23 og 22, omgitt av skip, kraner og containere.

1.5. Utredningsalternativer

Det er to utredningsalternativer, som begge tar utgangspunkt i:

- Det samme tomtearealet på ca. 12 000m² for nybygg HI/Fdir.
- det samme totale arealbehovet for HI og Fdir. (ca. 47 000m² BTA)
- Havnelageret bevares, men med ulik grad av påbygg/tilbygg. Eksisterende areal for Havnelageret er ca. 23.500 m² BRA

Alternativ 1

Alternativ 1 bygger på et konsept der nybygg for HI/Fdir. består av flere bygninger som forbindes over bakkeplan, og med ulik størrelse og bruk av mellomrommene mellom bygningene. Den nordligste passasjen vises her som mer åpen og allment tilgjengelig, mens de to andre er overdekkete og kun tidvis tilgjengelige.

I dette alternativet ligger tomten og bygget nær kaikanten uten areal til park/byrom, iht. arealstrategien, utover havnepromenade. Dette alternativet har en jevnere høyde på de ulike byggene og lavere totalhøyde enn alternativ 2.

Småbåthavnen er i dette alternativet plassert rett sør for nybygget.

Dette alternativet bygget på et konsept utviklet i forbindelse med programmeringsfasen.

I alternativ 1 er Havnelageret med Verdenshavsenteret vist i en variant som i hovedsak beholder eksisterende bebyggelse, med noe utvidelse på tak, under bakkeplan og ut i sjøen. Tilleggsareal utgjør ca. 25 000 m² BRA, totalt ca. 48 500 m² BRA.

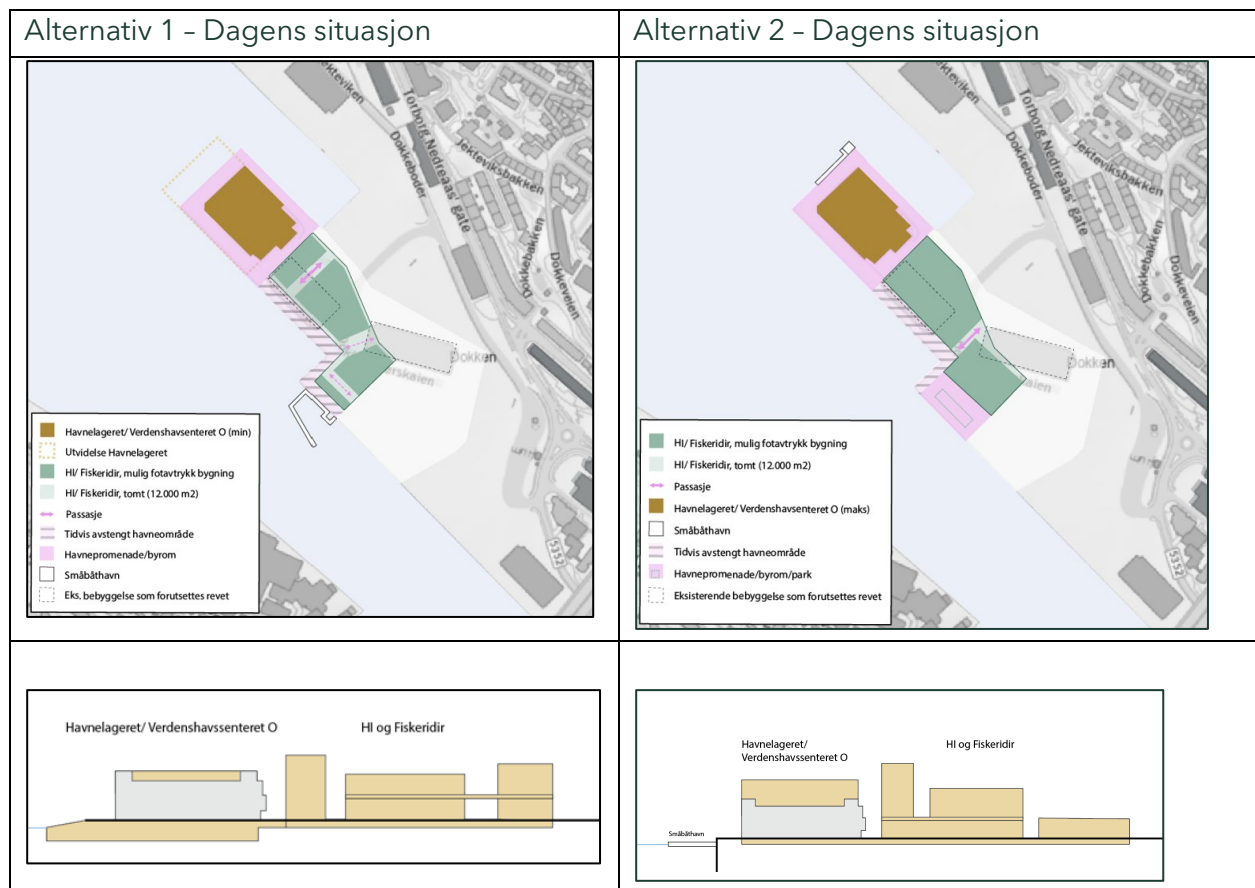
Alternativ 2

Alternativ 2 bygger på et konsept der nybygg for HI/Fdir. består av to større bygningskropper med en åpen og allment tilgjengelig passasje mellom bygningene.

Tomten og bygget utvides sørøstover, og trekkes lenger vekk fra kaikanten med plass til offentlig park/byrom mot sjøen, iht. arealstrategien. Dette alternativet har en mer variert høydeprofil og høyere totalhøyde enn alternativ 1.

Småbåthavnen er i dette alternativet plassert nordvest for Havnelageret.

I alternativ 2 er Havnelageret med Verdenshavssenteret vist i en variant som i hovedsak beholder eksisterende bebyggelse, med større utvidelse på tak enn alternativ 1, ingen utvidelse under bakken, og ikke utvidelse i sjøen. Tilleggsareal utgjør ca. 45.000 m² BRA, totalt ca. 68 500 m² BRA.



Figur 1-4 Alternativ 1 og alternativ 2 i dagens situasjon

2. Undersøkelse av tema Energibehov og energiløsninger

2.1. Grunnlag for tema

Energiforbruk representerer en kritisk komponent i byggsektoren, både med hensyn til økonomiske kostnader og miljøpåvirkning over byggets levetid. Et godt planlagt energikonsept kan ikke bare redusere driftskostnader og klimafotavtrykk, men også bidra til stabiliteten i det lokale strømmettet ved å redusere belastningen på energiinfrastrukturen. For å oppnå en helhetlig og bærekraftig løsning, er det derfor essensielt å identifisere og vurdere energiløsninger som harmoniserer med byggets funksjonskrav og energiprofil. I senere faser vil en detaljert energimodell bli utviklet, og ulike energiløsninger vil bli analysert ved bruk av både livssyklus kostnader (LCC) og livssyklusvurdering (LCA).

2.1.1. Planprogrammet

Tema: Energibehov og energiløsninger		
Undertema:	Hva skal utredes	Metode
Energibehov og energiløsninger	<p>Energibehov til Nybygg og Verdenshavsenter vurderes og det undersøkes hvordan behovene vil påvirke dagens infrastruktur (fjernvarme) og nødvendigheten av å bygge denne ut.</p> <p>Ulike konsepter for energiproduksjon/-løsning vil vurderes og beskrives.</p>	Dimensjonering av energiløsninger baseres på byggenes størrelse og funksjoner med antatte energibehov.

2.2. Avgrensning av tema

Denne fagutredningen fokuserer på en kvalitativ vurdering av energiløsningene på bygningsnivå som kan være relevante for prosjektet. For å sette det i større sammenheng vil også områdeløsninger bli diskutert. Det er ikke foretatt kvantitative analyser av energibehovet eller utviklet spesifikke scenarier på dette stadiet, da slike vurderinger vil bli gjennomført i senere faser av prosjektet. Formålet med denne vurderingen er å identifisere og evaluere mulige energiløsninger som kan gjennomføres i prosjektet, samt å gi en helhetlig innsikt i hvordan disse løsningene kan bidra til energieffektivisering og bærekraftsmål. Det er viktig å merke seg at vurderingene i denne rapporten primært er

orientert mot teknologiske muligheter og deres potensielle innvirkning, uten å gå inn i detaljerte beregningsmodeller eller scenarier for energiforbruk. Det vil heller ikke bli skilt mellom de ulike alternativene i denne utredningen. Selv om det er en overordnet vurdering, vil beregninger knyttet lønnsomhet og utslipp fra oppvarmingsløsning og solcelleanlegg bli presentert

2.3. Oppvarming

For det aktuelle byggeprosjektet vurderes flere oppvarmingsløsninger, hvor de mest aktuelle alternativene er væske-vann varmepumpe med kollektorslange i sjø eller fjernvarme. Dette kapittelet gir en overordnet oversikt av relevante teknologier, med fokus på effektivitet, bærekraft og økonomisk levedyktighet, mens delkapittel 2.3.1 går videre inn i på de to mest aktuelle løsningene.

Fjernvarme er en av de mest aktuelle energiløsningene for området, i hvert fall på sikt. Området ligger innenfor konsesjonsområde for fjernvarme, som vil si en plikt om påkoblingsmulighet til fjernvarme. Fjernvarme er, per dags dato, et biprodukt av avfallsforbrenning, en nødvendig prosess da det for øyeblikket ikke er vurdert bedre måter å nyttiggjøre seg av avfallet i Bergen. På denne måten unngår man altså at avfall går til deponi, og man nyttiggjør seg av energi ved forbrenning. Ved å bruke ren varme energi unngår man samtidig belastning på strømmettet. Gitt at det ikke er andre bedre måter å behandle avfallet, og avfallsstrømmen er tilstrekkelig til å dekke energibehovet er dette en gunstig løsning, men ikke den mest effektive.

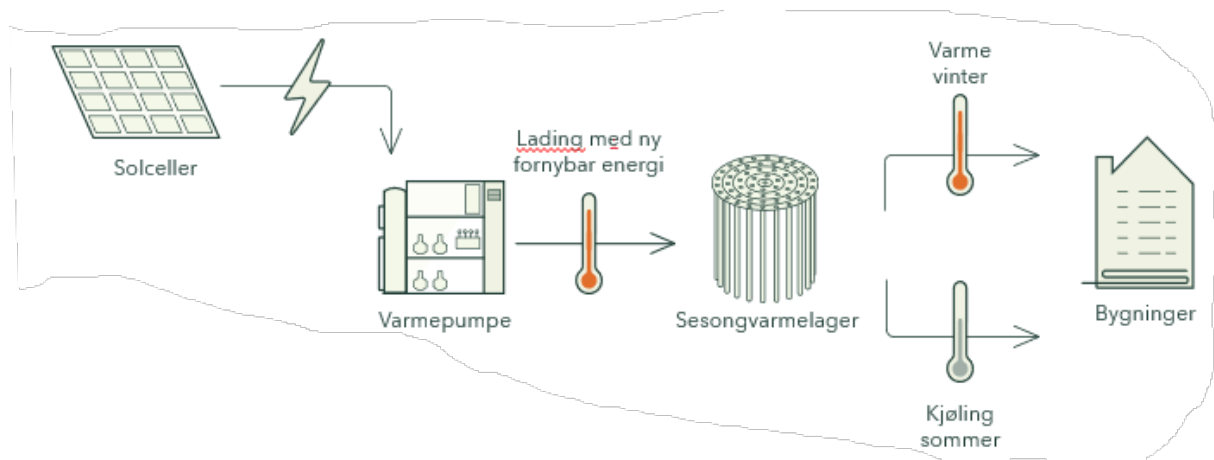
Væske-Vann varmepumpe med sjøvannskollektor (Fjordvarme) er en annen løsning som er diskutert for byggene, mye grunnet den umiddelbare nærheten til fjord. Dette er en varmepumpe basert løsning som ved hjelp av en kollektor slange eller slange lagt dypt nok i sjø til at temperaturene er stabile, henter termisk energi fra sjøvann og ved hjelp av kjølemedie og kompressor benytter denne til å skape behagelig inn klima. Denne løsningen er svært energieffektiv sammenlignet med andre løsninger, hvor man typisk kan oppleve en virkningsgrad på 2-5. Dette reduserer altså levert energi til bygget, men energien som leveres er elektrisk, hvor man både av hensyn til priser og utslipp er avhengig av nok kraft, fortrinnsvis fornybar, for å gjøre dette til en bærekraftig løsning. En kombinasjon av denne teknologien og PV-anlegg vil ha potensiale til å være en svært gunstig løsning.

Energibrønner baserer seg på mye samme teknologi som fjordvarmepumpe, som ved hjelp av en væske-vann-varmepumpe og borehull med kollektorslanger henter ut termisk

energi fra grunnen. Dette gir også en mulighet for frikjøling om sommeren som lader energibrønnene og dermed kan både kjøle og fungere som et batteri.

En videreutvikling av dette kan være å etablere ett sesongvarmelager, basert på borehull i fjell, som kan være en effektiv løsning. Et slikt system, ofte kalt en geotermos, kan lagre overskuddsvarme, for eksempel fra avfallsforbrenning, som ellers ville gått tapt. Varmen fra lageret, med temperaturer mellom 45-60°C om vinteren, kan leveres direkte til bygninger uten bruk av varmepumper, noe som bidrar til redusert strømforbruk og avlaster energiforsyningen i vinterhalvåret.

En utvidelse av sesongvarmelageret, kombinert med en sjøvannsvarmepumpe, kan levere varme til et større område via fjernvarmenettet. Dette kan dekke en betydelig del av det totale energibehovet og redusere behovet for fossile energikilder på de kaldeste dagene, noe som øker andelen fornybar energi i systemet. En slik løsning kan også bidra til ytterligere reduksjon i klimagassutslipp, selv om dette må beregnes nærmere. Lønnsomheten for slike systemer er trolig god, ettersom energibrønnene kan levere opptil 5-6 ganger mer varme enn tradisjonelle grunnvarmeanlegg, men da det er et større anlegg kan det være mer aktuelt på et områdenivå.



Solfangere er også en potensiell kilde for oppvarming. Solvarmeanlegg bruker solfangere til å fange opp den termiske energien fra solen, som deretter brukes til oppvarming av tappevann, radiatorer eller gulvvarmesystemer. Dette er en svært miljøvennlig løsning, men krever ofte et system for lagring av overskuddsvarme eller et tilleggssystem for vinterbruk. Dette er vist seg som en gunstig løsning for bygninger med høyt behov for oppvarming av vann, som f.eks. svømmehaller, og kan dermed egne seg god til bygget med større våtlaboratorier.

Effektiv Energi- og Effektstyring. Oppvarming er en av de største energikonsumene i bygninger, og i kontor- og laboratoriebygg som dette vil det typisk være høyt behov for varme om morgenen når ventilasjonssystemet starter opp. Løsninger som energilagring eller batteriløsninger for solstrøm som ikke brukes internt i bygget kan bidra til å avlaste energibehovet. Ved å implementere teknologier som forskyver effekttoppene (peak-shaving), kan man redusere belastningen på strømmettet og dra nytte av lavere strømpriser. Smart styring av forbruket med robuste løsninger som sikrer effektivitet og minimerer effektbehovet er essensielt for å redusere byggets energi- og effektbehov.

2.3.1. Beregning av utslipp og kostnader knyttet løsning med fjernvarme og fjordvarme

Som nevnt er det i hovedsak to oppvarmingsløsninger som er mest aktuelt for området, fjernvarme og væske-vann varmpumpe med sjøvann som varmekilde. Med bakgrunn i dette er det gjort en vurdering hvordan disse løsningene er i sammenligning. Disse beregningene begrenser seg da til energikostnader, og ikke investering og fremtidig drift og vedlikehold av selve energiforsyningsystemet. Da det er usikkerhet rundt energiforbruk i byggene på dette tidspunktet da det ikke foreligger tilstrekkelig detaljer til å sitte opp en treffende energimodell, er det tatt utgangspunkt i referansemodeller for de ulike delene av byggene, og energistandard, presentert i Tabell 2-1.

Tabell 2-1: Energibehov og areal for referansebygg

Energibehov	Kontor- Passivhus	Lett-industri - TEK17	Kontor/Lab- TEK17
Oppvarming (rom+ vent)	20.0	16.1	53.6
Tappevann	5.0	5.0	10.0
Vifter/pumper	9.4	17.2	16.5
Belysning	12.5	25.1	18.8
Teknisk utstyr	18.7	34.5	23.5
Kjølebehov	3.5	17.2	17.2
Totalt	75.5	115.1	139.6

Videre er også virkningsgrad og dekningsgrad viktige parameter ved beregning av energibehov. For dekningsgrad er det anslått at fjern-/fjordvarme dekker 90% av behovet til romoppvarming og tappevann, og 100% for kjøling, mens det resterende er antatt dekket av el. Virkningsgrader ved de ulike energiforsyningsløsningene er gitt i Tabell 2-2.

Tabell 2-2: Systemvirkningsgrad energiforsyningsløsninger

Energikilde	Oppvarming	Varmtvann	Kjøling	Direkte el
Elektrisitet	0,9	0,9	-	1
Fjernvarme	0,9	0,9	2,2	-
Væske-vann VP	4,8	2,8	10	-

For beregning av kostnader er det tatt utgangspunkt i priser på fjernvarme og strøm, inkl. avgifter, fratrukket strømstøtte. 2013-2022. Øre/kWh presentert av SSB¹.

- Strømpris: **121,5 øre/kWh** (2021-2022 gjennomsnitt)
- Fjernvarme: **50,8 øre/kWh** (2021-2022 gjennomsnitt)

For beregning av utslipp er det benyttet en utslippsfaktor for strømmiks basert på et 50-års fremtidig gjennomsnitt, hentet fra NS3720². Denne faktoren tar dermed høyde for en overgang til mer fornybar energiproduksjon i fremtiden, og derfor har en lavere utslippsfaktor enn dagens miks. Årsaken til at en kombinasjon av norsk og europeisk strømmiks benyttes er for å fange opp import og eksport av energi som skjer i strømmettet. Utslippsfaktorer for fjernvarme er hentet fra EPD³ fra Eviny, den lokale fjernvarmeleverandøren. Det er viktig å merke seg at utslippene fra fjernvarme viser betydelig lavere utslipp, da avfallsforbrenning (hoved-energikilde) er allokert til avfallsbehandling og ikke energiproduksjon. Endringer i reglene for denne allokeringen eller innsatsfaktor i energiproduksjonen ville ført til en betydelig økning i utslippsfaktoren.

- Gjennomsnitt, 50 års periode, NO - **18 gCO₂e/kWh**
- Gjennomsnitt, 50 års periode, EU28+NO - **136 gCO₂e/kWh**
- Fjernvarme, Eviny⁴ - **2.44 gCO₂e/kWh**

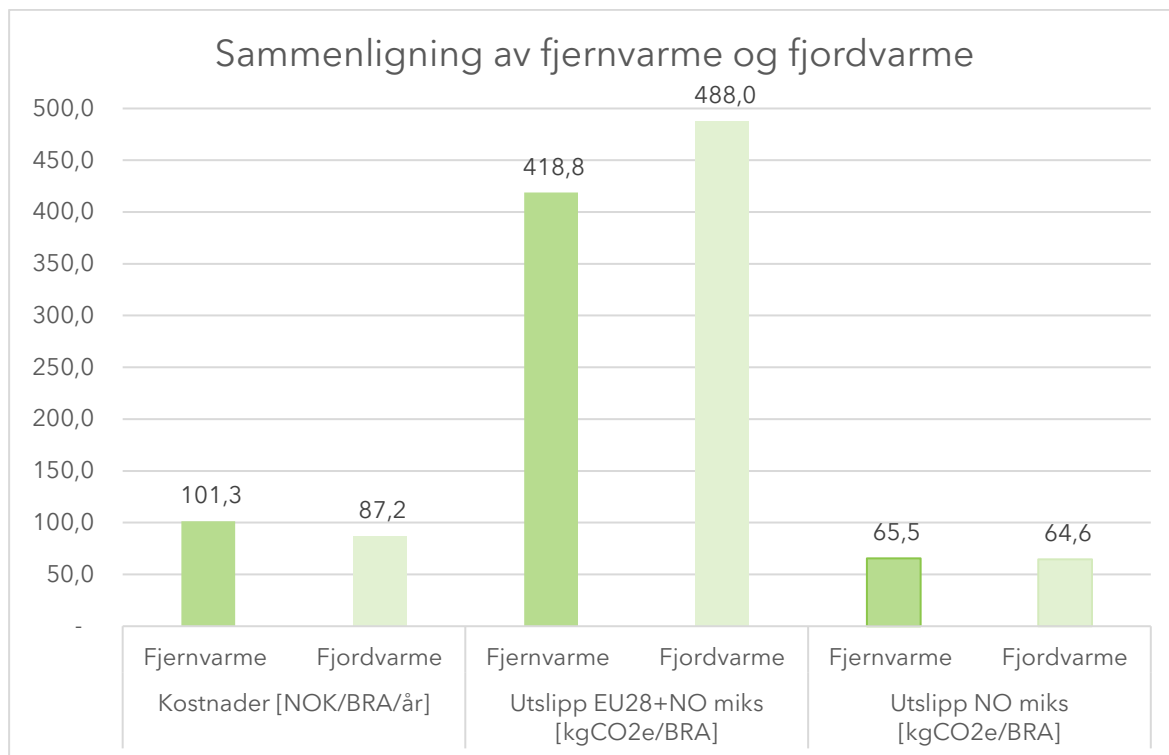
Basert på disse forutsetningene er det beregnet kostnader og utslipp knyttet de ulike løsningene, presentert i Figur 2-1.

¹ [Høyere priser på fjernvarme i 2022 - SSB](#)

² [Standard Norge | standard.no. NS 3720:2018](#)

³ EPD: Environmental product declaration

⁴ [NEPD-6640-5887 Fjernvarme.pdf \(epd-norge.no\)](#)



Figur 2-1: Sammenligning av kostnader og utslipp ved valg av energiløsning

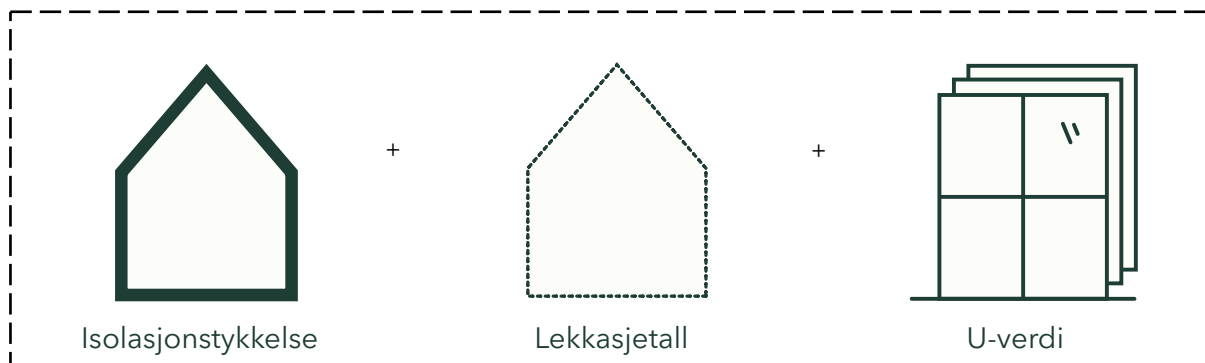
Som det kommer frem i figuren, kommer fjordvarme frem som en billigere løsning knyttet energibruk i drift, med 16% lavere kostnader, noe som er en betydelig sum over en driftstid på 50 år og oppskalert til byggets areal. Utslippene er derimot høyere (14%), gitt en norsk europeisk strømmiks, da varmepumpeløsningen benytter strøm fra nettet. Men, som man ser for beregningen med utelukkende norsk strømmiks, med høy fornybarandel, vil fjordvarme også komme best ut på utslipp om utslippsfaktoren for elektrisitet er lav nok, noe som man kan oppnå med f.eks. PV-anlegg på tak.

2.4. Bygningskroppens påvirkning på energiforbruk

For å redusere energiforbruket, må man og ta hensyn til bygningens form, materialvalg, vindusplassering og isolasjonsegenskaper, samtidig som man tilpasser disse løsningene til de forskjellige funksjonene i bygget.

Bygningens form og arealutnyttelse er sentrale parametere som påvirker energiforbruket. Et kompakt bygg med et lavt forhold mellom overflate og volum vil ha lavere varmetap om vinteren og redusert varmeopptak om sommeren. Dette er spesielt viktig for oppvarming og kjøling av kontor- og laboratorieområder, som krever et stabilt innneklima. I motsetning til dette, kan store volumer som i hangarer og verksteder kreve en annen tilnærming, der

naturlig ventilasjon og riktig utformede fasader kan bidra til å redusere energibehovet for kjøling. Dette fordi bygningens klimaskall vill være den mest styrende faktor for bygningskroppens påvirkning på energiforbruk



Isolasjon og tetthet er andre nøkkelfaktorer for å begrense energitap. God isolasjon av vegger, tak og gulv er essensielt for å opprettholde en jevn temperatur, spesielt i kontor- og laboratorieområder som ofte har strenge krav til inneklima. I områder som lager eller hangarer, der temperatursvingninger kan tolereres bedre, kan isolasjonskravene være mer fleksible, men god tetthet er fortsatt viktig for å unngå unødvendig varmetap og trekk.

Vinduer er en annen kritisk faktor som påvirker byggets energibehov. For kontorer og laboratorier er det viktig med energieffektive vinduer som slipper inn dagslys for å redusere behovet for kunstig belysning, samtidig som de hindrer varmetap om vinteren og overoppheting om sommeren. Utvendig solavskjerming bør integreres for å hindre uønsket varmeinnstråling, spesielt i laboratorier som ofte inneholder varmeproduserende utstyr. For industriområder som hangarer eller verksteder, kan vindusarealet begrenses, men strategisk plassering av vinduer kan fortsatt bidra til naturlig lys og ventilasjon, som igjen reduserer energibruk. Løsninger for solskjerming bør være fleksibel, da man for eksempel på sommeren ønsker å stenge ute varmen fra solen, mens om vinteren kan ville høste den. Potensielle løsninger for dette kan være vindusintegreert solskjerming som MicroShade eller elektrokromatisk glass, eller tradisjonell utvendig skjerming.

Også varmetap i vinduer er en vesentlig faktor. Etter dagens krav skal vinduene ha en U-verdi⁵ på 0,8 til 1,2. Velger du vinduer med U-verdi 0,8 vil varmetapet reduseres med over

⁵ U-verdi: Varmegjennomgangskoeffisient er et mål som brukes i bygningsindustrien for å angi en bygningsdels varmeisolerende evne

30 prosent sammenlignet med minstekravet⁶. Dette er vesentlig da vinduer typisk kan utgjøre rundt 30-40% av fasaden.

Materialvalg og byggets termiske masse spiller en betydelig rolle i energiytelsen. Materialer med høy termisk kapasitet, som betong eller mur, kan bidra til å jevne ut temperatursvingninger ved å absorbere varme på dagtid og avgi den når temperaturen synker. Dette er spesielt relevant for kontor- og laboratorieområder, der stabilitet i temperatur er ønskelig. I industrianlegg kan materialer velges for å støtte både energiytelse og strukturell robusthet, og samtidig bidra til å regulere inneklimate på en passiv måte.

Samlet sett må bygningskroppen til et kontor-, laboratorie- og industribygg utformes med en helhetlig tilnærming til energiytelse. Gjennom bevisste valg når det gjelder bygningsform, isolasjon, tetthet, vinduer, solavskjerming og materialer, kan man skape et bygg som er energieffektivt og som reduserer utslippene, samtidig som det sikres et godt inn klima tilpasset de ulike funksjonene i bygget. Utforming av bygningskropp kan også være en viktig parameter i forbindelse med naturlig solskjerming, tilgjengelighet på naturlig lys, og et eventuelt solcelleanlegg, hvor man kan tilpasse takflater og fasader til bygningsintegreerte solceller med optimal vinkling mot sol.

2.5. Bygningsrelatert energiteknologi

I moderne bygg spiller bygningsrelatert energiteknologi en avgjørende rolle for å redusere energiforbruket og øke bærekraften. Bygningens design, tekniske installasjoner og løsninger har direkte innvirkning på hvor effektiv energi blir produsert, optimalisert og forvaltet. Dette omfatter både tiltak som bidrar til å redusere energibehovet, og teknologier som produserer ren energi direkte i bygget.

Eksempler på slike teknologier inkluderer strømproduksjon gjennom solceller, energieffektiv ventilasjon, samt grønne og blå tak som forbedrer byggets isolasjon og vannhåndtering. Ved å kombinere disse løsningene kan man ikke bare redusere byggets miljøavtrykk, men også skape sunnere og mer komfortable inn klima.

I de kommende delkapitlene vil vi utforske ulike former for energiteknologi, med fokus på hvordan de kan integreres i bygg for å oppnå høyere energieffektivitet og bærekraft..

⁶ [Bygge nytt - Aktuelle energitiltak for bygging av nye hus | Enova](#)

2.5.1. Strømproduksjon fra solceller på tak

En velkjent løsning med økt utbredelse er solcelleanlegg. Solcelleanlegg åpner for lokal energiproduksjon som enten kan brukes internt i bygget eller selges til nett. Gjennom beregningsverktøyet *Lønnsom solenergi*⁷, utviklet av Asplan Viak, er det gjort en overordnet vurdering av solcelleanlegg på byggene. Da det er usikkerhet rundt takutforming, tilgjengelig areal og energiforbruk er det her gjort en rekke antagelser.

Basert på energiforbruk for kontorbygg/lab (Tabell 2-1), skalert til et oppvarmet bruksareal på 44 000m² er det beregnet et teoretisk energibehov i bygget. Det er anslått et areal til solceller på ca. 4000m², med 1007stk solcellepanel på 455Wp, noe som resulterer i en samlet effekt fra anlegget på 458 kWp⁸. Basert på dette og spesifikk solinnstråling i planområdet er det beregnet kostnader og energiproduksjon knyttet anlegget, presentert i Tabell 2-3.

Tabell 2-3: Kostnader knyttet solceller og årlig energiproduksjon

Kostnad solcelleanlegg	3 920 106 kr
Vedlikeholdskostnader	11 269 kr/år
Kostnad veksleretterbyte	392 011 kr
Energiproduksjon	285 063 kWh/år

Det er antatt en levetid på 30år for anlegget, som også er rammen for analyseperiode, og 15 år for veksleretter. Med bakgrunn i unngåtte utgifter og inntjening ved salg av strøm (illustrert i figur 2-2) er det beregnet lønnsomheten av et slikt anlegg. Analysen er basert på antagelser knyttet fremtidig markedsutvikling, som strømpriser, forbruk, kalkulasjonsrente, levetid, osv., og gir dermed ikke eksakt svar, men en pekepinn gitt forutsetningene lag til grunn. Tabell 2-4 presenterer resultatene av analysen med fokus på kostnader.

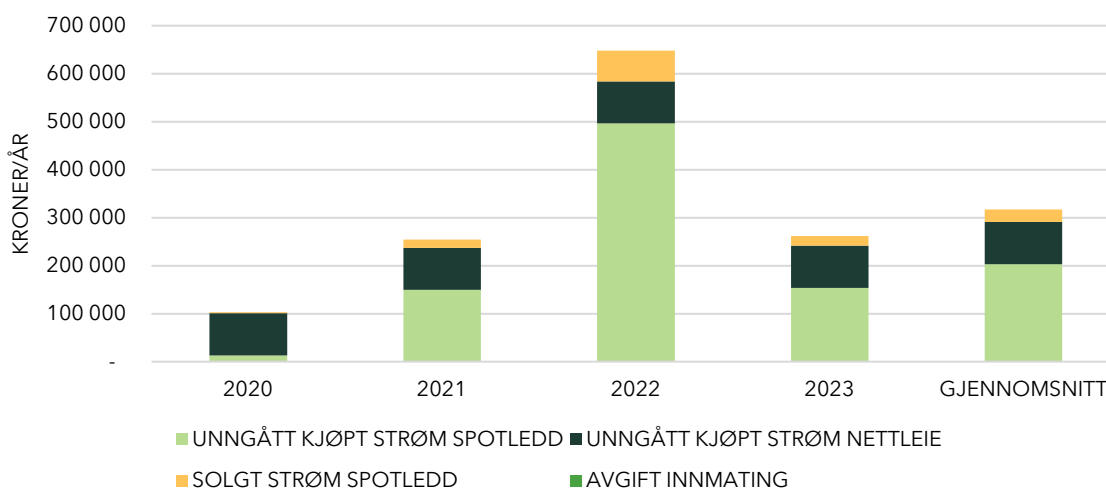
⁷ [Lønnsom solenergi - Asplan Viak](#)

⁸ kWp: kilowattpeak. Hvor mye effekt et solcellepanel/anlegget kan gi ved maks

Tabell 2-4: Resultater av lønnsomhetsberegninger for solcelleanlegg. Presenterer tilbakebetalingstid, produksjonskostnad over levetide, og internrente lagt til grunn for beregninger.

Resultater lønnsomhet	
Tilbakebetalingstid	19 år
LCOE ⁹ v 0% rente	0.62 kr/kWh
LCOE v 4% rente	0.99 kr/kWh
Internrente basert på 2020-2023 strømpriser	4.8 %

Som det kommer frem av tabellen vil altså utgiftene knyttet anlegget være inntjent etter 19 år, noe som presenterer 11 år med direkte besparelse/inntjening. Tilbakebetalingstiden baserer seg både på salg av overskuddsstrøm, men også unngåtte utgifter ved kjøp av strøm, hvor summen gitt de ulike års energipriser er gitt i Figur 2-2.



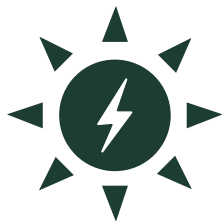
Figur 2-2: Årlig fordeling av unngåtte kostnader og inntjening knyttet solcelleanlegget.

Som det kommer frem av figuren vil hovedvekten av lønnsomheten til et solcelleanlegg være knyttet unngåtte utgifter til kjøp av strøm og nettleie. Det vil dermed være ønskelig, fra et økonomisk perspektiv, og benytte mest mulig av strømmen man produserer selv. Da

⁹ LCOE: Levelized cost of electricity. Hvor mye strømmen man ellers ville kjøpt må koste (kr/kWh) for at solcelleanlegget skal tjene seg inn igjen over levetiden. Alle kostnader delt på total produksjon over levetiden.

det er relativt lite som eksporteres i dette tilfellet snakker dette dermed for lønnsomheten til anlegget. Men det er fremdeles deler som blir eksportert, og hvis det skulle være behov for et større anlegg vil det være potensiale for at denne andelen øker. Dette er noe som kan løses med batterier. Batterier kan fungere som effektive effektlager som kan jevne ut deler av effekttoppene i forbruket, og lagre noe av overskuddet fra produksjonen, vil dette kunne ha potensiale for å øke lønnsomheten ytterligere.

Det er også gjort en vurdering av anleggets klimapåvirkning over levetiden, hvor det i motsetning til kostnader, ikke er skilt mellom strøm som brukes internt eller eksporteres, da dette er en global utfordring. Basert på en norsk-europeisk strømmiks (EU28+NO) er det kalkulert at utslippene knyttet materialproduksjon, transport, montasje og utskiftninger/vedlikehold, er tilbakebetalt etter 9 år, altså 21 år med utslippsfri elektrisitetsproduksjon. Det er beregnet at det totale besparelsen av klimagasser er 722 tonn CO₂ ekvivalenter over analyseperioden på 30 år, en betydelig utslippsbesparelse.



Energiproduksjon
285 000 kWh / år



Spart 722 tonn CO₂e
over levetiden

Gitt forutsetningene som er lagt til grunn viser solceller seg både lønnsomt og utslippsbesparende. Det vil også ha en samfunnseffekt ved å avlaste strømmettet, bidra til mer fornybar kraft på strømmettet gjennom eksport, og forhindre nedbygging av natur for kraftutbyggelse ved å benytte allerede utbygd areal.

2.5.2. Grønne og blå tak

En annen bygningsrelatert løsning som har påvirkning på energibehov, og til dels kan være komplementerende til solcelleanlegg, er blå og grønne takløsninger. Grønne tak, også kalt vegetasjonstak eller levende tak, består av et lag med jord eller vekstmedium hvor planter kan gro. De kan ha ulike former, fra lette, grønne tak med lavt vedlikehold (som sedumplanter), til mer omfattende intensive grønne tak. Blå tak er tak er designet for

å samle opp og lagre regnvann, og de fungerer som en buffer for å kontrollere avrenning under kraftig regnvær. Blå tak brukes ofte i områder med behov for flomhåndtering og vannbesparelse.

Grønne tak gir et ekstra isolasjonslag til bygningen, som kan redusere energibehovet til oppvarming om vinteren ved å begrense varmetap. Om sommeren bidrar de til å redusere overoppheting ved å reflektere sollys og gjennom evapotranspirasjon (fordamping fra planter), som kjøler ned takflaten. Dette fører til redusert kjølebehov. Vegetasjon på grønne tak kan også absorbere karbondioksid, noe som indirekte bidrar til å redusere klimagassutslipp. Dette gir en ekstra miljøgevinst. Det er i midlertidig viktig å påse gode dreneringsløsninger ved valg av sedumtak i Bergen grunnet store nedbørsmengder.

Akkurat som grønne tak, kan blå tak kjøle ned bygninger ved å holde vann som fordamper og dermed senker temperaturen på takflaten. Dette reduserer kjølebehovet på varme dager, da taket blir mindre oppvarmet. Blå tak kan og kombineres med grønne tak (blågrønne tak), noe som skaper et system der vegetasjon bidrar til å absorbere regnvannet og redusere avrenning. I slike tilfeller kan begge systemene bidra til både bedre isolasjon og klimakontroll. I visse tilfeller kan blå tak være en del av et system som samler opp regnvann for senere bruk, for eksempel til vanning av grønne områder eller for kjøling av bygningen. Dette reduserer behovet for energi til vannkjølesystemer, spesielt i store bygninger som bruker mye vann til drift.

Solcellepaneler fungerer best når de er kjølige, siden høye temperaturer kan redusere effektiviteten til solcellepanelene. Grønne tak og blå tak bidrar til å senke temperaturen på takflaten ved hjelp av fordamping og isolasjon. Dette gjør at solcellepanelene opererer under mer optimale temperaturforhold, spesielt på varme dager. Grønne tak kan redusere temperaturen på taket med opptil 20-40 °C i forhold til et tradisjonelt tak, noe som kan forbedre effektiviteten til solcelleanlegget med 5-10 %.

Kombinasjonen av solcellepaneler og grønne tak utnytter tilgjengelig takareal på en effektiv måte. I stedet for at taket kun brukes til enten energiproduksjon eller bærekraftige tiltak som grønne tak, kan det samme arealet støtte begge funksjonene. Selv om solcellepanelene dekker deler av taket, kan vegetasjonen fortsatt vokse rundt panelene, og fordampningseffekten fra plantene kan bidra til å kjøle ned både taket og panelene.

Blå tak, som samler opp regnvann, kan bidra til en fordrøyning av vannet, og dermed reduserer problematikken knyttet overvann. Dette er spesielt aktuelt i bykjernen hvor vannet distribueres i byens avløpsnett, noe som er et mindre problem i dette tilfellet planområdet ligger i direkte tilknytning til sjø og kan dreneres direkte. Det vil likevel være

hensiktsmessig for å forsinke og fordele nedbørsmengdene og redusere overvannsproblematikk. Samtidig kan riktig utformede blå tak forhindre at vann samler seg under solcellepanelene, noe som bidrar til å beskytte både panelene og taket. Vann fra blå tak kan også nyttiggjøres ved å brukes til å vaske solcellepaneler for å opprettholde deres effektivitet, eller å høste den termiske energien fra regnvann til kjøle- og oppvarmingsformål.

2.5.3. Ventilasjon

Hvordan ventilasjonsanlegget i bygget er utformet vil også ha en stor effekt på energibehov i bygget. Det er flere alternativ for å optimalisere ventilasjon, hvor det her listes en rekke løsninger.

Behovsstyrt ventilasjon justerer ventilasjonsnivået basert på faktiske behov, som antall personer, CO₂-nivå, eller fuktighet i rommet. Dette forhindrer unødvendig ventilasjon når bygget er delvis tomt, noe som reduserer energibruken betydelig. Dette er spesielt nyttig i kontorlokaler og industriområder hvor bruken varierer gjennom dagen. Rapporten «Behovsstyrt ventilasjon, DCV – forutsetninger og utforming»¹⁰ viser sammenhengen mellom luftmengde og energibruk for behovsstyrt ventilasjon sammenlignet med et CAV-anlegg (Constant Air Volume). I et gitt scenario vil sammenlignet med CAV, vil et optimalt styrt DCV-IR halvere energibruken ved en driftstid på 10 timer, mens DCV-CO₂¹¹ vil redusere energibruken ytterligere med 63%.

Luftdistribusjonssystemer kan designes for å minimere trykkfall gjennom kanaler og komponenter. Lavere trykkfall betyr mindre energiforbruk fra viftene som driver luft gjennom systemet. Optimal plassering av ventilasjonsåpninger og bruk av riktig kanaldesign kan bidra til bedre luftstrøm uten å kreve økt energibruk.

Naturlig ventilasjon kan i noen tilfeller brukes i kontor- eller industribygg når klimaforholdene tillater det. Ved å designe bygget slik at det utnytter naturlige luftstrømmer gjennom åpninger, vinduer eller sjakter, kan man redusere avhengigheten av mekanisk ventilasjon. Dette kan være spesielt effektivt i overgangssesonger. Hybrid ventilasjon kombinerer naturlig ventilasjon med mekaniske systemer. På varme dager kan

¹⁰ [behovsstyrt_ventilasjon_dcv-forutsetninger_og_utforming.pdf\(sintef.no\)](#)

¹¹ DCV-IR er styrt av tilstedeværelsesdetektor, og DCV-CO₂ er styrt av CO₂-sensor

mekanisk kjøling være nødvendig, men i milde perioder kan man stole på naturlig ventilasjon for å spare energi.

Sonestyring av ventilasjon ved å dele bygningen inn i soner med forskjellig ventilasjonsbehov, for eksempel kontorer, laboratorier og industrielle områder. Dette tillater at ventilasjonssystemene optimaliseres for hver sone. For eksempel vil laboratorier ha høyere ventilasjonskrav for å håndtere kjemikalier eller avgasser, mens kontorområder kan ha lavere krav.

Adiabatisk kjøling er en annen mulig løsning for kjøling av bygget. Denne teknologien baserer seg på å befukte luft og la fuktigheten fordampe ved å ta varme fra omgivelsene. Når luften tar opp denne fuktighets økningen synker temperaturen. Det vanligste er å gjøre dette indirekte ved å befukte avtrekksluft slik at den kjøles ned, og sende nedkjølt luft via varmegjenvinner slik at den kan kjøle ned varm friskluft. Et eksempel er at ved en utetemperatur på 25 °C og 50 % RF¹², vil en gjenvinner med 80 % virkningsgrad da kunne senke temperaturen på tilluften til 20,1 °C¹³

Varmegjenvinning av eksisterende varme i bygget er også en effektiv måte å redusere energibehov. En løsning kan være balansert ventilasjon som sørger for både tilførsel av frisk luft og fjerning av brukt luft. Ved å kombinere dette med en varmegjenvinner, kan man overføre varmen fra utgående luft til den friske luften som kommer inn. Dette kan spare opptil 70-90 % av varmen som ellers ville gått tapt, noe som reduserer oppvarmingsbehovet betydelig i kalde perioder. Varmegjenvinningssystemer kan gi rask tilbakebetaling og er spesielt viktig i bygninger med høyt ventilasjonsbehov. For industribygg eller laboratorier som genererer mye overskuddsvarme fra maskiner eller prosesser, kan denne varmen gjenvinnes og brukes til å forvarme ventilasjonsluften. Dette reduserer energibehovet for oppvarming i vintermånedene og gir en mer energieffektiv drift. I industri- og laboratorieområder kan varmevekslere installeres for å gjenvinne varmen fra avtrekksluft. Dette kan brukes til både oppvarming og kjøling av ventilasjonssystemene. Denne teknologien er spesielt effektiv i industrilokaler med høy varmeutvikling, som verksteder eller laboratorier.

Som man ser er det mange valg knyttet ventilasjon, både løsninger og optimalisering, som kan søre påvirke energiforbruket i bygget. Dette er også vesentlig for å ivareta et godt

¹² RF: Relativ luftfuktighet - Den mengde vanndamp som er i luften, sammenliknet med hvor mye vann luften kan holde i en gitt temperatur

¹³ <https://www.abkqviller.no/naringsbygg/adiabatisk-kjoling/>

inneklimate. Valg av enkelte løsninger, eller kombinasjon av flere vil kunne ha stor effekt, spesielt knyttet oppvarmingsbehov ved ivareta varmen som allerede er tilgjengelig i bygget og bruke den hvor og når den trengs.

2.6. Distribusjon

I forbindelse med distribusjon av energi i området kan det være hensiktsmessig å vurdere løsninger som strekker seg utover det enkelte bygg og omfatter hele området, for å optimalisere energiutnyttelsen. Dette er særlig relevant på områdenivå, hvor synergier mellom bygninger kan utnyttes. Selv om dette er mest aktuelt for områdenivå, vil det være nyttig å ta med i vurderingen da bygget er det første i en eventuell utbyggingsplan. Eksempler på løsninger som kan vurderes:

Nærvarme: En lokal varmeproduksjon som distribueres til flere bygg i området. Dette kan bidra til å utnytte energi mer effektivt og redusere individuelle oppvarmingsystemer.

Energi-ring: Et distribusjonssystem som knytter sammen bygninger i en sirkulær energistruktur, hvor overskuddsvarme og -energi fra ett bygg kan overføres til et annet som har behov. Dette kan optimalisere energiforbruket på tvers av bygninger.

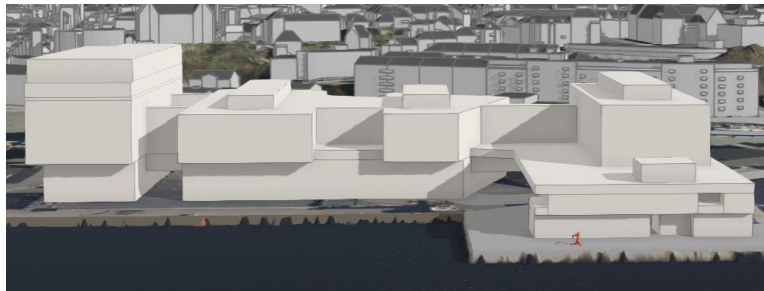
Nærkjøling: Tilsvarende som nærvarme, men for kjølesystemer. En felles løsning for kjøling kan være mer energieffektiv, spesielt i bygg med høyt kjølebehov som laboratorier og kontorer.

Separate løsninger per bygg: Alternativt kan hvert bygg ha sitt eget energisystem for oppvarming og kjøling, uavhengig av de andre bygningene. Dette kan være enklere å gjennomføre på kort sikt, men kan redusere muligheten for energisparing på lang sikt.

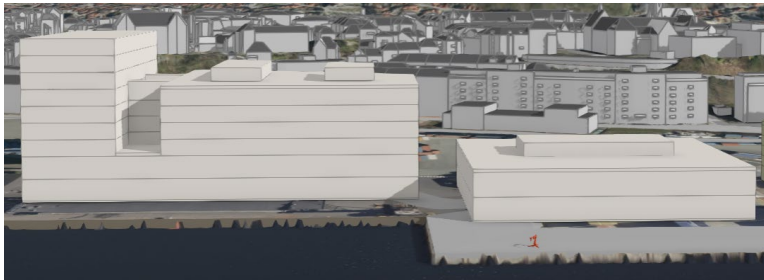
2.7. Sammenligning mellom bygningsalternativene

Som nevnt innledningsvis er det mange usikkerhetsmomenter knyttet til de to alternativene, noe som gjør det utfordrende å gjennomføre en kvantitativ sammenligning på nåværende tidspunkt. Parallelt med denne utredningen pågår det arbeid med videre bearbeiding av byggets utforming, hvor det også skal utarbeides en energimodell og kvantitative vurderinger av ulike løsninger. Denne rapporten har derfor avgrenset seg til en

overordnet vurdering, noe som begrenser muligheten for en nøyaktig differensiering mellom alternativene. Likevel finnes det noen tydelige forskjeller som gir grunnlag for diskusjon. Modell av de to alternativene hentet fra prosjektets GIM modell er presentert i Figur 2-3 og Figur 2-4.



Figur 2-3: Alternativ 1 - GIM modell sett fra sør-vest (hentet 01.10.24)



Figur 2-4: Alternativ 2 - GIM modell sett fra sør-vest (hentet 01.10.24)

Som figurene viser, består alternativ 1 av en jevnere høydeprofil, men med større variasjon i dybde og utforming. I dette alternativet er kontorbygget koblet til laboratedelen, og laboratedelen til kontor-/industri delen, ved hjelp av gangbroer. Alternativ 2 er derimot en mer kompakt løsning med større variasjon i høydeprofilen. Kontordelen er samlet i ett høyere bygg, som er koblet til laboratedelen via en gangbro. I tillegg har alternativ 2 etasjer under gangbroen som fysisk binder bygningene sammen. Industri delen i alternativ 2 er mer isolert, uten gangbroforbindelse til de andre delene, og har heller ingen kontorer plassert over.

Oppmålinger fra byggenes GIM-modeller viser at fasadearealet er noe mindre i alternativ 2, da bygningens form er mer kompakt. Økt fasadeareal kan føre til høyere varmetap og dermed økt energibehov. Imidlertid, på grunn av usikkerhet rundt endelige løsninger for fasader og nøyaktig areal, er det vanskelig å kvantifisere effektene av dette på nåværende tidspunkt..

Gangbroene har også stor innvirkning på energibehovet. I alternativ 1 er det forbindelser mellom både kontor- og laboratedelen, samt mellom laboratorie- og kontor-

/industridelen. Disse gangbroene skaper flere overganger som kan føre til varmetap, spesielt i de områdene hvor broene er utsatt for utendørs klima. Gangbroene må i tillegg klimatiseres, noe som kan øke energibehovet. I alternativ 2 er det kun gangbro mellom kontor- og laboratedelen, noe som reduserer antallet overganger og dermed også potensielt varmetap og energibehov.

Funksjonsfordelingen i byggene og koblingen mellom de ulike delene påvirker også energiforbruket. I alternativ 1 er industri- og kontorfunksjonene kombinert i den samme bygningsdelen, noe som øker kompleksiteten i klimakontrollen. Dette kan føre til høyere energibehov, ettersom ulike funksjoner ofte krever ulike temperatur- og ventilasjonsregimer. Alternativ 2 har derimot en enklere oppdeling med adskilte funksjonsområder. Samtidig har alternativ 2 en større sammenkobling mellom laboratorie- og kontordelene. Hvis energibehovene mellom disse delene er svært forskjellige, kan det på samme måte føre til økt kompleksitet i klimakontrollen for alternativ 2.

Fasadeutformingen viser også forskjeller mellom de to alternativene. Alternativ 1 har en mer variert fasade med innhukk og overheng, som kan være et resultat av et mer bearbeidet designscenario. Disse arkitektoniske detaljene kan påvirke byggets solinnstråling, skygge og lysinnslipp. Økt skygge kan ha en positiv effekt på kjøling om sommeren, men samtidig redusere solvarme om vinteren. Økt lysinnslipp kan derimot redusere behovet for kunstig belysning. Begge disse forholdene har altså både fordeler og ulemper når det gjelder energibehov. Vindusareal vil også være en vesentlig faktor for disse faktorene.

På nåværende tidspunkt er det ikke tilstrekkelig informasjon tilgjengelig til å gjennomføre en fullstendig sammenligning av de to alternativene, men basert på ett høyere fasadeareal og flere tilkoblingspunkt i alternativ 1 vil dette ha potensiale for et høyere varmetap, og dermed oppvarmingsbehov. De mest avgjørende faktorene for energibehovet vil trolig være kompleksiteten i ventilasjonssystemet ved sammenkobling av flerfunksjonsbygninger, varmetap knyttet til gangbroer, samt løsninger for tak- og fasadeutforming.

3. Oppsummering

Fagutredning for energibehov og energiløsninger er på dette tidspunkt vurdert fra et kvalitativt ståsted da bygget, og løsninger på dette tidspunktet er svært usikkert. Det er vurdert ulike oppvarmingsløsninger som kan være mulige for bygningen, som; fjernvarme, fjordvarme, solfangere, og mulig energilagring i grunn. Da de to mest aktuelle alternativene har vist seg å være fjern- og fjordvarme, er det for disse løsningene gjort en beregning av kostnader og utslipp, med utgangspunkt i teoretisk energiforbruk basert på grenseverdier. I disse beregningene viser fjordvarme seg som det alternativet med lavest kostnader knyttet energibruk i drift, mens det for utslipp viser seg avhengig av utslippsfaktor til energibærer. Investering-, drift- og vedlikeholdskostnader er ikke tatt med i denne vurderingen og vil kunne påvirke konklusjonen.

Gjennom beregninger for solceller er det og vist, gitt forutsetningene som er lagt til grunn, at solceller seg både lønnsomt og utslippsbesparende. Det vil også ha en samfunnseffekt ved å avlaste strømmettet, bidra til mer fornybar kraft på strømmettet gjennom eksport, og forhindre nedbygging av natur for kraftutbyggelse ved å benytte allerede utbygd areal.

Videre er det belyst hvordan bygningsmessige grep som kan påvirke energiforbruket, noe som i stor grad ligger grunnlag for sammenligningen av de to alternativene. Klimaskall, og da spesielt areal av klimaskall vil ha en stor påvirkning, men også sammenkoblinger av de ulike funksjonene. Arkitektoniske grep vil også kunne påvirke solinnstråling, som i sin tur har en effekt på oppvarming- og kjølebehov, samt tilgang på naturlig lys.

Det er også belyst hvordan ulike valg knyttet byggenes ventilasjonssystem vil kunne optimalisere og effektivisere energiforbruket, samt optimalisere utnyttelse av allerede tilgjengelig termisk energi i bygget.



asplan viak