



TRONDHEIM KOMMUNE

# NYHAVNA SOM NULLUTSLIPPSOMRÅDE Sluttrapport

Konseptutredning for innovative energi- og klimaløsninger i bygg, områder og energisystem

**Dato: 30.11.2021**

**Versjon: 01**



## Sammendrag

### Nyhavna skal etableres som et nullutslippsområde

I kommunedelplanen for Nyhavna (2016) er det vedtatt at Nyhavna skal transformeres fra havne- og industrivirksomhet til en sentrumsbydel etter prinsipper for bærekraftig utvikling og i tråd med Trondheim kommunes miljø- og bærekraftsmål. Dette er ytterligere skjerpet ved en politisk presisering i Bystyret 21. november 2019, hvor det ble vedtatt at Nyhavna skal etableres som et nullutslippsområde. Et nullutslippsområde har som mål å redusere klimagassutslipp i et livsløpsperspektiv mot null. Det innebærer bl.a. å utrede helhetlige løsninger for både energi, effekt og klima på områdenivå. Et annet viktig prinsipp er at utbyggingen på Nyhavna heller ikke skal gi økt energibehov, effektbehov eller klimagassutslipp på bynivå. Dette innebærer bygninger og et energisystem på Nyhavna som aktivt kan samhandle med omkringliggende områder og energisystem.

For å lykkes med dette, er god planlegging i tidlig fase, tett tverrfaglig koordinering og helhetlig systemtenkning avgjørende. Dette er ambisiøst, men nødvendig for at Trondheim skal nå egne og FNs bærekraftsmål.

### Konseptutredning for tverrfaglig områdeutvikling

Som et tiltak for å jobbe systematisk og tverrfaglig i tidligfase, fikk Trondheim kommune støtte fra Enova til å gjennomføre en konseptutredning for Nyhavna.

Konseptutredningen har tatt utgangspunkt i de syv hovedkriteriene for nullutslippsområder, utviklet av forskningssenteret for nullutslippsområder i smarte byer (FME ZEN). Kriteriene omfatter mobilitet, energi, effekt, stedskvaliteter, klimagassutslipp, økonomi og innovasjon. I konseptutredningen er temaene behandlet med hovedvekt på energi-, effekt og klimagassresultat. Det er også pekt på nye forretningsmodeller og finansieringsløsninger.

### Bærekraftige transportmønstre og smarte mobilitetssystemer

Tilrettelegging for gående, sykklende og kollektivtrafikk på Nyhavna er avgjørende for å lykkes, i tillegg til tilgjengelige og brukervennlige bildelingsordninger. En stor del av fremtidens bilpark og kollektivtrafikk vil være elektrisk drevet, og energisystemet må dimensjoneres for dette. Videre vil en bildelingspool med koordinert smart lading kunne bidra til å redusere effekttoppene på Nyhavna. Begrensning av bilbruk og tilrettelegging for god bruk av mikromobilitet vil ha stor betydning for gode stedskvaliteter på Nyhavna.

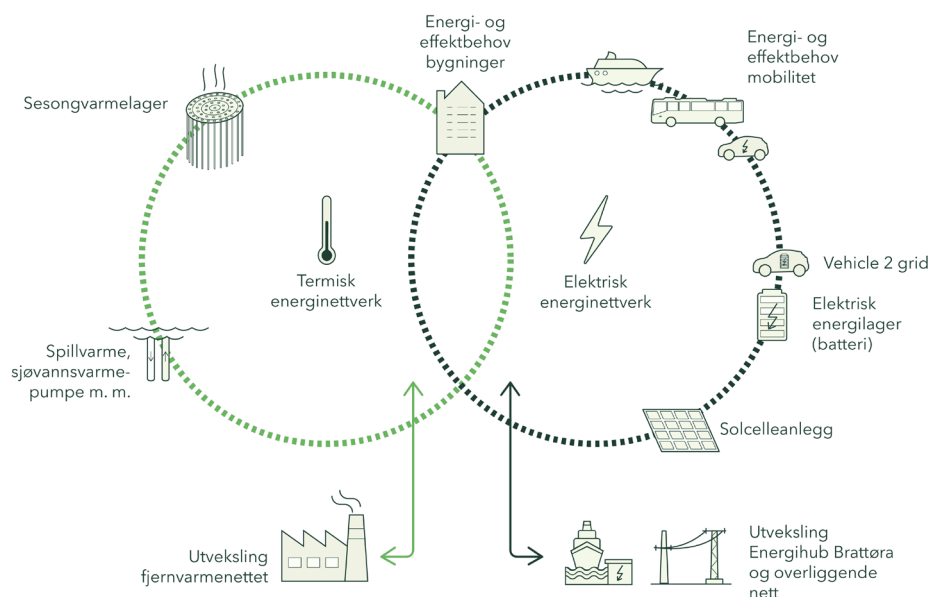
### Energikonsepter for Nyhavna

Ulike scenarier for energibehov i byggene på Nyhavna viser at en oppgradering av eksisterende bygg til passivhusstandard, og passivhus- eller ZEB-standard på nye bygg vil gi en vesentlig reduksjon i energi- og effektbehov til byggene, sammenliknet med en standardløsning. Det bør legges til rette for utstrakt lokal strømproduksjon fra solceller. Videre vises det at ved å bruke batterier som effektlager kan man jevne ut deler av effekttoppene i forbruket, og lagre/akkumulere noe av overskuddet fra produksjonen for senere bruk. Det vil likevel være betydelig overskuddsproduksjon store deler av året, som må distribueres ut over Nyhavnas systemgrense.

Et borehullsbasert sesongvarmelager (geotermos) med sommerlagring av overskuddsvarme fra for eksempel avfallsforbrenning som ellers ville gått tapt, vil kunne dekke tilnærmet hele Nyhavnas energi- og effektbehov til varme vinterstid. Temperaturen i sesongvarmelageret vil være høy nok til at varmen kan leveres direkte som «frivarmer» til byggene på Nyhavna, uten bruk av varmpumpe. En slik løsning vil være en god måte å redusere belastningen på øvrig energiforsyning om vinteren. Det anbefales å gjøre en mer detaljert analyse av hvordan et større sesongvarmelager kan påvirke

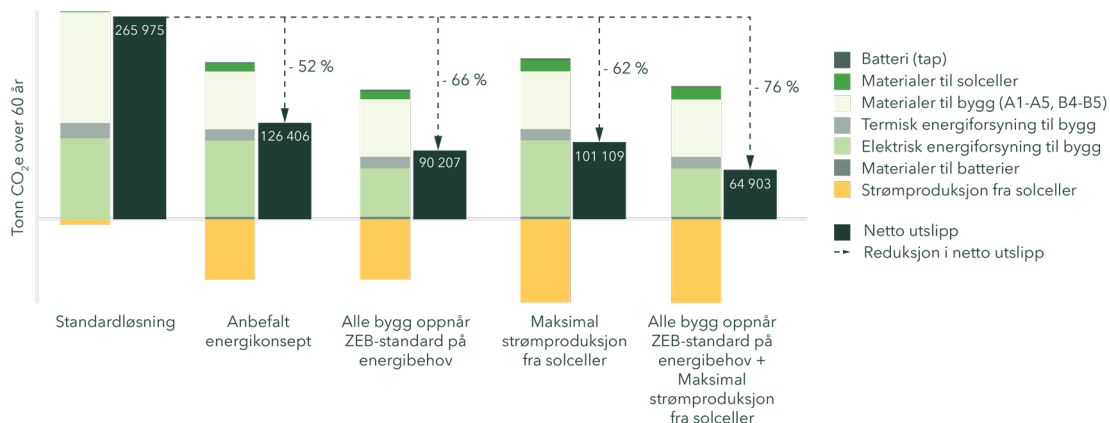
energisystemet i nærområdet til Nyhavna og byen, både med tanke på klimagassutslipp, fleksibilitet og samspill mellom varme og elektrisitet.

Figuren under viser teknologiene som er utredet for energisystemet på Nyhavna.



### Betydelig reduksjon i klimagassutslipp

Målet om netto reduksjon mot null klimagassutslipp i et livsløpsperspektiv er et svært ambisiøst mål. Klimagassberegningene viser at netto null klimagassutslipp er vanskelig å oppnå med de forutsetninger og valg som ligger til grunn. Dette skyldes at det kreves svært store mengder egenproduksjon av strøm for å kompensere for hele utbyggingen av Nyhavna. Sammenliknet med en standardløsning for utbyggingen av Nyhavna oppnår man en reduksjon på 52% klimagassutslipp over livsløpet med de anbefalte konseptene. Dette er mer enn en halvering av klimagassutslippene sammenliknet med standardløsningen, og må sies å være et meget godt resultat. Det som bidrar mest til klimagassutslippene, og dermed har størst potensial for å kutte ytterligere i utslipp, er strømforbruket til byggene, samt materialbruk til byggene. I tillegg vil økt antall solcellepaneler også ha en positiv effekt på klimagassutslippene. Ved å øke ambisjonene for energibruk i byggene til at alle bygg oppnår ZEB-standard for energibehov, samt å øke strømproduksjonen fra solceller til maksimal utnyttelse med tilpasning av bygningskropp for best mulig utnyttelse av solenergi, vil man kunne oppnå en forbedring på 76% i forhold til standardløsningen, som vist i figuren under.



## Ny teknologi krever nye samarbeidsformer og forretningsmodeller

Gjennomføringen av konseptene er avhengig av at løsningene er økonomisk bærekraftige. Det betyr at man ikke bare ser etter teknologiske løsninger, men også etter nye samarbeidsformer, forretningsmodeller og finansieringsmuligheter. Utredningen peker på mulige samarbeidsformer og forretningsmodeller som kan være med på å senke terskelen for å ta i bruk nye løsninger for energi, materialbruk, utslippsfri anleggsfase og mobilitet. Felles for modellene er at de krever utstrakt samarbeid mellom byggherre, arkitekt, prosjekterende, entreprenør og leverandør i tidlig fase. Samarbeidet krever kontrakter med tydelig fordeling av ansvar, risiko og fortjeneste.

### Videre arbeid og bruk av konseptutredningen

Konseptutredningen representerer et kunnskapsgrunnlag som flere parter kan benytte i den videre utviklingen av Nyhavna til en tilnærmet nullutslippsbydel. Nyhavna Utvikling AS kan bruke kunnskapsgrunnlaget til å strekke seg etter eiernes ambisjoner om å utvikle en bydel med tilnærmet null klimagassutslipp over levetiden og inkludere dette i selskapets forretnings- og beslutningsplaner. I tillegg må Trondheim kommune styre den videre utviklingen gjennom plan- og byggesaksbehandling etter plan- og bygningsloven.

Andre eiendomsutviklere og leverandører kan også bruke konseptutredningen som støtte. Spesielt viktig er det at konseptutredningen ikke er begrenset til krav kommunen kan stille etter plan- og bygningsloven, men at den søker helhetlige løsninger og bidrar til nytenking. Grunneierne kan benytte resultatet fra konseptutredningen til å stille energi-, effekt og klimakrav gjennom tomtesalg og avtaler før utbygging.



# Innhold

---

<b>1. INNLEDNING</b> .....	<b>7</b>
1.1. Om søker – Trondheim kommune .....	7
1.2. Rapportens oppbygning .....	8
<b>2. PROSJEKTET</b> .....	<b>9</b>
2.1. Om hovedprosjektet.....	9
2.2. Om konseptutredningen .....	9
2.3. Videre bruk av konseptutredningen.....	10
2.4. Prosjektorganisering og samarbeidspartnere .....	10
2.5. Gjennomføringsmodell.....	11
2.6. Nøkkeltall/informasjon om Nyhavna .....	12
2.7. Terminologi .....	12
<b>3. Kriterier for nullutslippsområder</b> .....	<b>14</b>
<b>4. Mobilitet</b> .....	<b>17</b>
4.1. Innledning.....	17
4.2. Mobilitetshus.....	18
4.3. Bildeling .....	18
4.4. Mikromobilitet .....	18
4.5. Autonome busser .....	20
4.6. Oppsummering fra workshop mobilitet.....	21
4.7. Fremtidens mobilitetsløsninger betydning for energisystemet.....	22
<b>5. Energi og effekt</b> .....	<b>23</b>
5.1. Innledning og arbeidsmetode .....	24
5.2. Energi- og effektbehov for eksisterende industri og bygningsmasse på Nyhavna .....	26
5.3. Energi- og effektbehov for planlagt utbygging på Nyhavna.....	27
5.3.1. Bygninger.....	28
5.3.2. Mobilitet.....	32
5.4. Elektrisk energiforsyning og -lager .....	36
5.4.1. Lokal produksjon fra solceller.....	36
5.4.2. Elektrisk energilager (batteri).....	43
5.4.3. Forbrukerfleksibilitet og vehicle-to-grid (V2G).....	46
5.5. Termisk energiforsyning og sesongvarmelager.....	47
5.5.1. Generelle prinsipper for termisk energiforsyning.....	47
5.5.2. Borehullsbasert sesongvarmelager (medium til høytemperatur) på Ladehammerkaia.....	51
5.5.3. Termisk effektlager ved Dora II .....	68
5.5.4. Utvalgte konsepter for termisk system på Nyhavna .....	69
5.6. Oppsummering energikonsepter for Nyhavna.....	75
5.6.1. Energibehov.....	75
5.6.2. Elektrisk energiforsyning .....	77
5.6.3. Termisk energiforsyning.....	78
<b>6. Stedskvaliteter</b> .....	<b>79</b>
6.1. Innledning.....	79
6.2. Materialbruk.....	80
6.3. Energi og effekt .....	80
6.4. Mobilitet.....	81

<b>7.</b>	<b>Klimagassutslipp, LCA / klimagassberegninger på områdenivå .....</b>	<b>83</b>
7.1.	Klimagassutslipp i Trondheim .....	84
7.2.	Metodikk og avgrensninger.....	84
7.3.	Klimagassutslipp knyttet til materialbruk i bygninger.....	86
7.4.	Klimagassutslipp knyttet til elektrisk energiforsyning og lager.....	89
7.4.1.	Klimagassberegninger for elektrisk energiforsyning til byggene .....	89
7.4.2.	Klimagassberegninger for solceller .....	91
7.4.3.	Klimagassberegninger for elektrisk energilager (batteri).....	92
7.5.	Klimagassutslipp knyttet til termisk energiforsyning .....	93
7.6.	Klimagassberegninger for mobilitet .....	97
7.7.	Samlede klimagassutslipp .....	100
7.7.1.	Reduksjon sammenlignet med standardalternativ .....	100
7.7.2.	Sensitivitetsanalyser .....	102
7.7.3.	Norsk strømmiks.....	103
7.7.4.	Utvidet sesongvarmelager .....	103
<b>8.</b>	<b>Økonomi og innovasjon .....</b>	<b>105</b>
8.1.	Innledning.....	106
8.2.	Utfordringer.....	106
8.3.	Fremtidige samarbeidsformer innenfor Nyhavna som nullutslippsområde.....	107
8.4.	Fremtidige forretningsmuligheter innenfor et nullutslippsområde.....	108
8.4.1.	Forretningsmodeller for bygg.....	108
8.4.2.	Digitale forretningsmodeller .....	111
8.5.	Forretningsmodeller for Nyhavna .....	112
8.5.1.	Forretningsmodeller for energi på Nyhavna .....	112
8.5.2.	Sirkulære forretningsmodeller .....	125
8.5.3.	Forretningsmodeller for mobilitet .....	130
8.6.	Grønne lån og gunstige finansielle betingelser innenfor et nullutslippsområde.....	132
8.6.1.	Dagens modell for grønn finansiering i Trondheim kommune .....	132
8.6.2.	Grønne lån fra Kommunalbanken og KLP .....	132
8.6.3.	Utstedelse av grønt obligasjonslån .....	138
8.6.4.	Nordic Investment Bank (NIB).....	138
8.7.	EUs taksonomi.....	139
8.7.1.	Hva er formålet med taksonomien?.....	139
8.7.2.	Når trer reglene i kraft?.....	139
8.7.3.	Hva betyr dette for norske virksomheter?.....	139
8.7.4.	Hvem gjelder taksonomien for?.....	140
8.7.5.	Hvordan påvirker reglene banker og andre finansinstitusjoner? .....	140
8.7.6.	Hvordan vil taksonomien påvirke bygge- og eiendomsbransjen? .....	140
8.7.7.	Hvordan vil taksonomien påvirke Nyhavna som nullutslippsområde?.....	141
8.7.8.	Er kriteriene hugget i stein når de først er vedtatt?.....	142
8.8.	Kommunens mulighet til å kreve nullutslippsløsninger .....	142
8.8.1.	Eierstyring av Nyhavna Utvikling .....	142
8.8.2.	Plan- og bygningsloven.....	142
<b>9.</b>	<b>Teknologienes/løsningenes nyhetsverdi .....</b>	<b>145</b>
9.1.	Nyhetsverdi .....	145
<b>10.</b>	<b>Informasjonsspredning.....</b>	<b>146</b>
<b>11.</b>	<b>Risiko og risikodempende tiltak.....</b>	<b>147</b>
<b>12.</b>	<b>Prosjektøkonomi .....</b>	<b>147</b>

# 1. INNLEDNING

## 1.1. Om søker – Trondheim kommune

Trondheim kommune ved Miljøenheten mottok juni 2020 støtte fra Enova for utredning av Nyhavna som nullutslippsområde.

Miljøenheten jobber for Trondheim som miljøby med ren luft, jord og vann, og med en bærekraftig forvaltning av ressursene. Et av ansvarsområdene er oppfølging og forvaltning av kommunens energi- og klimaplan, herunder bidra med miljøoppfølgingsplan for områdeutviklingen på Nyhavna.

Nyhavna inngår som et av de viktigste byutviklingsområdene i Trondheim, med potensial for en bymessig utforming med høy kollektivtilgjengelighet og nærhet til Midtbyen og Brattøra. Planen er forankret i overordnede, strategiske planer for Trondheim kommune:

- Kommuneplanens samfunnsdel 2009 – 2020;
- Kommunedelplan for Nyhavna, vedtatt av Bystyret 28. april 2016;
- Kommunedelplan for energi og klima 2017-2030, vedtatt av Bystyret i Trondheim 18. mai 2017.

Miljøambisjonene for området ble ytterligere styrket gjennom bystyrevedtak fra 21. november 2019, hvor det slås fast at **Nyhavna skal etableres som et nullutslippsområde med netto reduksjon mot null klimagassutslipp i et livsløpsperspektiv.**

For ytterligere planer og informasjon om miljø- og kvalitetsambisjoner henvises det til kommunens [Kvalitetsprogram](#) for Nyhavna.

## **1.2. Rapportens oppbygning**

Denne rapporten beskriver resultater fra konseptutredningen for Nyhavna, med følgende kapitteinndeling:

Kapittel 2 beskriver arbeidet med utviklingen av Nyhavna, hensikt og bruk av konseptutredningen, samt prosjektorganisering og gjennomføringsmodell for konseptutredningen.

Kapittel 3 beskriver FME ZEN sine kriterier for nullutslippsområder, som er utgangspunktet for temaene som er belyst i konseptutredningen.

Kapittel 4 beskriver resultatene fra konseptutredningen innen temaet mobilitet.

Kapittel 5 omhandler energi og effekt, og beskriver beregnet energi- og effektbehov til bygninger og mobilitet, samt løsninger for elektrisk energiforsyning og -lager og termisk energiforsyning og sesongvamelager.

Kapittel 6 gir en kort vurdering av hvordan de utredede løsningene påvirker stedskvaliteter på Nyhavna. Fokus er på energi, -effekt og klimagassresultat.

I kapittel 7 beskrives resultatene fra klimagassberegninger av de løsninger og teknologier som er anbefalt, sammen med en vurdering av hvordan dette samsvarer med målet om Nyhavna som nullutslippsområde.

I kapittel 8 belyses temaene økonomi og innovasjon, og det pekes her på mulige samarbeidspartnere og forretningsmodeller som kan være med på å senke terskelen for å ta i bruk nye løsninger for energi, materialbruk, utslippsfri anleggsfase og mobilitet.

Kapittel 9 beskriver teknologienes / løsningenes nyhetsverdi, kapittel 10 oppsummerer informasjonsspredningen fra prosjektet, mens kapittel 11 diskuterer risiko og risikoreduserende tiltak.

## **2. PROSJEKTET**

Transformasjonen av Nyhavna fra industri- og havneområde vil foregå over lang tid, og det er derfor viktig med en helhetlig plan for hvordan man kan oppnå et nullutslippsområde i praksis.

Eiendommene på Nyhavna er formelt overført til det nye eiendomsselskapet Nyhavna Utvikling AS som har fått ansvaret for transformasjonen av området. Denne konseptutredningen kan sees på som grunnlagsinformasjon og anbefalinger til selskapet og til kommunale reguleringsprosesser for hvordan nullutslipp kan oppnås.

### **2.1. Om hovedprosjektet**

Nyhavna inngår som et av de viktigste byutviklingsområdene i Trondheim, med potensial for en bymessig utforming med høy kollektivtilgjengelighet og nærhet til Midtbyen og Brattøra.

Utviklinga av Nyhavna skal bygge opp under FN sine bærekraftsmål og være et forsøksområde og foregangseksempel for utviklingen av framtidens nullutslippsamfunn.

Ambisjonen til kommunen er å etablere Nyhavna som et nullutslippsområde med netto reduksjon mot null klimagassutslipp i et livsløpsperspektiv, samt at utbyggingen på Nyhavna ikke skal gi økt energibehov, effektbehov eller klimagassutslipp på bynivå.

Planområdet omfatter et område på omtrent 350 dekar, og det planlegges for en bebyggelse på ca 340 000 m<sup>2</sup> fordelt på bolig og næring. Planen legger til rette for en tett, urban struktur med bolig, næring, service, kulturinstitusjoner og rekreasjonsanlegg, i samspill med områdets eksisterende kulturminner.

Planleggingen og aktivitetene på Nyhavna går svært fort, og konseptutredning i en tidligfase er viktig for å kunne se området som en helhet (energi- og effektbehov, energiresurser, energisystem, energiløsninger, materialbruk, gjenbruk etc.) og for å beregne ulike alternative løsninger opp mot kriterier for et nullutslippsområde.

Det at eiendomsselskapet Nyhavna Utvikling AS nå er etablert vurderes å ha stor betydning for videreføringen av resultater og anbefalinger som gis i denne konseptutredningen. Når det nye eiendomsselskapet skal gå i gang med regulering og utvikling Nyhavna vil resultater fra konseptutredningen være et viktig underlag for å gjøre riktige valg til riktig tid for helhetlige energi-, effekt og klimaløsninger.

### **2.2. Om konseptutredningen**

Utviklingen av Nyhavna er fremdeles i en tidlig fase, men valgene som tas nå vil legge føringer for mange år fremover og i verste fall låse muligheter for prosjektets overordnede klimamål. Det blir derfor viktig å unngå "lock-in" effekter av uheldige valg i tidligfase.

De første beslutninger som må tas er mest sannsynlig valg av løsninger for et helhetlig energisystem tilpasset Nyhavna. Dette bør ses i sammenheng med Trondheim Havn sitt prosjekt med etablering av landstrøm for cruisebåter og transformering av Brattøra. Det er relevant med en samkjøring mellom prosjektene fordi det i havnesammenheng vil bli store effekter til landstrøm i geografisk nærhet til Nyhavna. Skal denne delen av området kunne tilfredsstillende ambisjonene om nullutslipp, kan det kreves et felles energisystem og samarbeid om traseer for infrastruktur, overordnet styringssystem (digitalisering), teknologiske løsninger og teknologier.

I tillegg vil utredningen danne et grunnlag for nye premisser og krav for videre reguleringsarbeid for området, og legge til rette for samarbeid med nye aktører på området.

### 2.3. Videre bruk av konseptutredningen

Konseptutredningen representerer et kunnskapsgrunnlag som flere parter kan benytte i utviklingen av Nyhavna til en tilnærmet nullutslippsbydel. Nyhavna Utvikling AS kan bruke kunnskapsgrunnlaget til å strekke seg etter eiernes ambisjoner om å utvikle en bydel med tilnærmet null klimagassutslipp over levetiden. Andre eiendomsutviklere og leverandører kan også bruke konseptutredningen som støtte. Spesielt viktig er det at konseptutredningen ikke er begrenset til krav kommunen kan stille etter plan- og bygningsloven, men at den søker helhetlige løsninger og bidrar til nytenking. Grunneierne kan benytte resultatet fra konseptutredningen til å stille energi,- effekt og klimakrav gjennom tomtsalg og avtaler før utbygging.

Konseptutredningen gir også et grunnlag for kommunale prosesser som kvalitets- og miljøprogram som delvis har pågått parallelt med konseptutredningen og videre plan og byggesaksbehandling.

### 2.4. Prosjektorganisering og samarbeidspartnere

For å lykkes med helhetlige energi- og klimavurderinger har tverrfaglig deltakelse i utredningen vært viktig. Det har også vært nødvendig å samarbeide med aktører utenfor kommunen og rådgivergruppa. Det er gjennomført dialogmøter med eiendomsaktørene Koteng Eiendom AS, Dora AS, Bane NOR eiendom og Heimdal Bolig for å kartlegge deres forventninger og ambisjoner for utviklingen av Nyhavna til et nullutslippsområde. Andre aktører som har deltatt inn i utredningen er Atb, Møller Group, Møller Eiendom og +CxC, som alle bidro med nyttig informasjon og kunnskap i workshop med tema mobilitet.

I videre planlegging og utvikling av Nyhavna anbefales Nyhavna Utvikling/kommunen å ha tett dialog og samarbeid med de andre eiendomsutviklerne på Nyhavna, samt med +CxC for få tilgang til de forskningsresultat og forretningskonsepter som fremkommer gjennom deres arbeid.

Roller og ansvar i utredningsprosjektet har vært som følger:

Rolle / kompetanse	Firma	Ressurspersoner
Prosjekteier/søker	Trondheim kommune	Jens Tønnesen Marianne Langedal Linn-Hege Aune Ellen Kildal m.fl.
Samarbeidspartner	Trondheim Havn	Terje Meisler
Prosjektledelse og tverrfaglig koordinering	Asplan Viak	Magni Fossbakken
Fagansvarlige energi (elektrisk/termisk), effekt, energinettverk, klima, mobilitet, planprosess	Asplan Viak	Inger Andresen Randi Kalskin Ramstad Henrik Holmberg Tonje Skoglund Hermansen Trygve Mongstad Vidar Lind Yttersian Andreas Mørkved
<b>Samarbeidspartnere:</b>		



Rolle / kompetanse	Firma	Ressurspersoner
Netteier	Tensio	Trond Rikard Olsen, Olav Hårstad
Fjernvarmeleverandør	Statkraft Varme	Morten Fossum, Åmund Utne
Nytt forretningskonsept	Trønder Energi	Rune Gaustad, Bernhard Kvaal
Kollektivaktør	AtB	Fay Maria Loe

## 2.5. Gjennomføringsmodell

På grunn av koronasituasjonen ble det nødvendig å gjøre noen endringer av opprinnelige plan. Oppstartsmøte ble gjennomført som planlagt med god deltagelse fra kommunen, havna og fagansvarlige fra Asplan Viak. Første workshop ble også gjennomført som planlagt, og er nærmere beskrevet under kapittel 5, mobilitet. Videre ble det på grunn av korona ikke mulig å gjennomføre fysiske møter, og workshop 2 og 3 ble gjennomført som digitale møter med ulike aktører relevante for temaet. For dette utredningsprosjektet har vi erfart at en-til-en møter på teams har vært et godt alternativ til fysiske samlinger i workshop.

Trondheim kommunes prosjektleder Jens Tønnesen og flere andre i kommunen har deltatt aktivt i utredningen og har bidratt med faglige kompetanse og sørget for at kommunens synspunkter og innspill har blitt ivaretatt underveis.

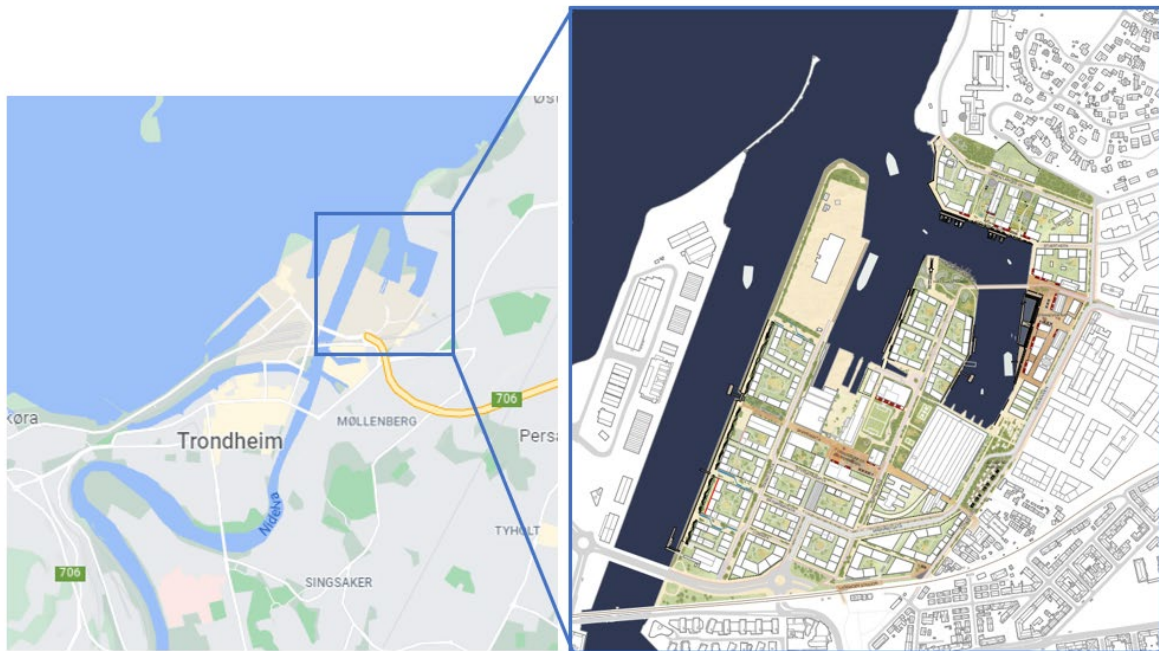
Nedenfor følger en oversikt over hovedaktivitetene i utredningen:

Aktivitet	Tema	Deltakere
Oppstartsmøte	Innhold søknad, kommunens ambisjon, fremdrift, økonomi mm. I tillegg informerte Trondheim Havn om sitt planlagte utredningsprosjekt.	Trondheim kommune, Trondheim Havn, prosjektleder, fagansvarlige
Workshop 1	Mobilitet	Trondheim kommune, prosjektleder, Atb, fagansvarlige, Møller Mobility Group, Møller Eiendom,
Digitale møter 1 Se kap 5.1	Energi/effekt	Trondheim kommune, Trondheim havn, fagansvarlige, Tensio, Statkraft varme, Fornybarklyngen, +CxC, Sintef
Digitale møter 2	Finans/grønne lån, markedsverdi merverdi og nye forretningsmodeller	Trondheim kommune, prosjektleder, Bane Nor Eiendom, Dora Eiendom, Koteng Eiendom, Heimdal Bolig, Trønder Energi
Prosjektmøter	Energi/effekt, mobilitet, steds kvalitet, økonomi/innovasjon og klimagassutslipp	Fagansvarlige utredningsprosjekt, kommuneansatte etter behov, Statkraft varme, Tensio, Trønder Energi

Det var også planlagt å gjennomføre konseptutredningen i parallell med Trondheim Havns konseptutredning "Trondheim havn som energiknutepunkt", men denne utredningen kom i gang senere enn planlagt. Da flere av prosjektdeltakerne er involvert i begge konseptutredningene, anser vi at grensesnittet mellom de to områdene er godt ivaretatt.

## 2.6. Nøkkeltall/informasjon om Nyhavna

I dag er Nyhavna et sentralt havne- og industriområde. Området preges av plasskrevende lager, industri og havnevirksomhet. Både infrastrukturen og bygningsmassen er lite bymessig i skala og utforming. Planområdet omfatter et område på omtrent 350 dekar, med beliggenhet sentralt i Trondheim, som vist i figuren under.



Figur 1 Nyhavnas beliggenhet sentralt i Trondheim

Utbyggingen av Nyhavna vil foregå over mange (ti)år, og i en så tidlig fase er det store usikkerheter med tanke på både arealer og type bygg. I konseptutredningen er det tatt utgangspunkt i situasjonen i et ferdig utbygd område, og følgende nøkkeltall for «Nyhavna anno 2040», basert på arealregnskap fra MAD<sup>1</sup> og informasjon fra kommunen:

- Antall m2 bygninger: 340 000 m2
  - Hvorav 40 000 m2 bevarte bygninger og 300 000 m2 nybygg
  - 60/40 fordeling på bolig og næring
- Antall beboere: 5200
- Antall arbeidsplasser: 4000

## 2.7. Terminologi

Her forklares forkortelser og terminologi som brukes i rapporten

Forkortelse / terminologi	Forklaring
BAT	Best available technology

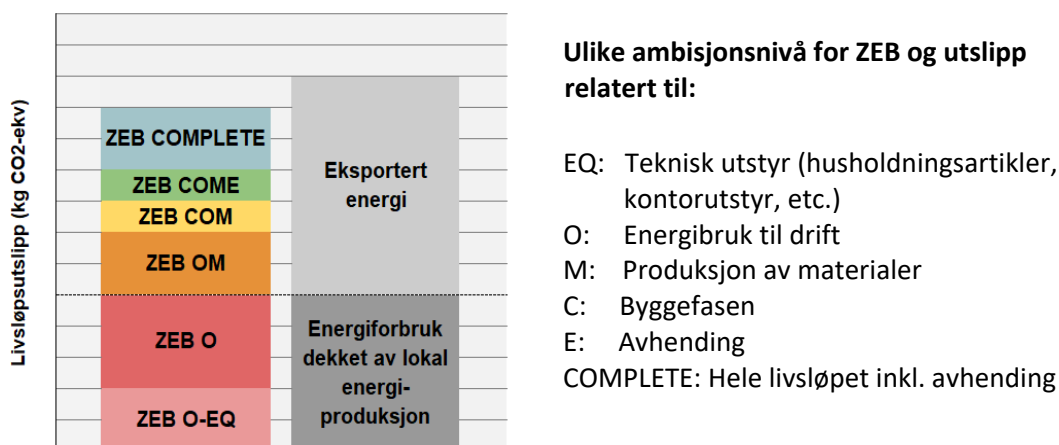
<sup>1</sup> [https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/byplankontoret/1b\\_off-ettersyn/2020/kvalitetsprogram-for-nyhavna/7-about-nyhavna.-overordnet-areal--og-klimaanalyse-mad.pdf](https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/byplankontoret/1b_off-ettersyn/2020/kvalitetsprogram-for-nyhavna/7-about-nyhavna.-overordnet-areal--og-klimaanalyse-mad.pdf)

<b>Forkortelse / terminologi</b>	<b>Forklaring</b>
BRA	Bruksareal, det vil si summen av det arealet i en bolig som ligger innenfor ytterveggene
FME	Forskningscenter for miljøvennlig energi
GWP	Global Warming Potential
LCA	Life Cycle Assessment, livsløpsvurdering
TEK 17	Gjeldende byggt teknisk forskrift
ZEB	Zero Emission Building
ZEB-COM	Zero Emission Building med null klimagassutslipp i byggets livsløp. Det vil si at de klimagassutslippene som oppstår i byggeprosessen (C for Construction), produksjonen av materialene (M for Materials) og energibruk i driften (O for Operational) er kompensert med eksport av fornybar lokalprodusert energi.
ZEN	Zero Emission Neighbourhood, nullutslippsområde
+CxC	+CityxChange (er et smart byprosjekt, bevilget midler fra EUs Horisont 2020 -program for forskning og innovasjon i 'Smarte byer og lokalsamfunn.)

### 3. Kriterier for nullutslippsområder

Forskningscenteret FME ZEN ledes av NTNU i Trondheim. Senteret forsker på nullutslippsområder i smarte byer; Zero Emission Neighbourhoods (ZEN). Et nullutslippsområde har som målsetning å redusere sine direkte og indirekte utslipp av klimagassutslipp mot null. FME ZEN har utviklet en beregningsmetodikk for hvordan planlegge, designe og drifte et område med et klimafotavtrykk relatert til energibruk, materialbruk, mobilitet og arealbruk som er tilnærmet null over livsløpet. Hovedformålet er å støtte opp under utviklingen av bærekraftige områder med null, eller svært lave, klimagassutslipp. Metodikken utvikles og forbedres kontinuerlig.

Innenfor et nullutslippsområde er det helt nødvendig å heve kravene til byggene i forhold til dagens praksis og standarder. Det må stilles krav til byggets totale klimagassutslipp. Zero Emission Building (ZEB) svarer ut dette. En ZEB-bygning må produsere nok fornybar energi til å kompensere for egne klimagassutslipp gjennom hele levetiden. Når hver enkelt bygning, både nye og renoverte, kompenserer for egne utslipp knyttet til anleggsfasen (Construction), driftsfasen (Operation) og til materialbruk (Materials), når man standarden ZEB-COM (se Figur 2).



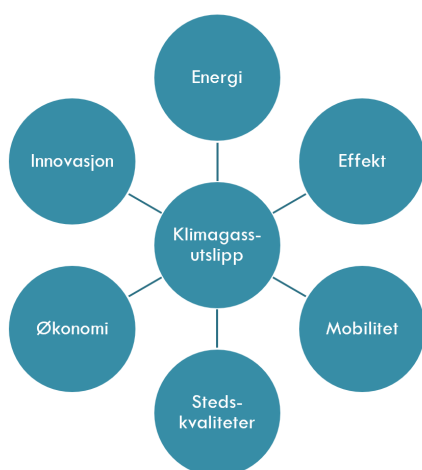
Figur 2 Zero Emission Building (ZEB) - ulike ambisjonsnivå for hvor mye av byggets totale klimagassutslipp over levetiden som det skal kompenseres for gjennom lokal produksjon av fornybar energi.

I et ZEN-område løftes systemgrensen fra bygning til område, som vist i Figur 3. Eksisterende og nye bygninger, lokal energiproduksjon, energisystemet og de øvrige kriteriene, utvikles som en helhet hvor området totalutslipp over levetiden skal være null eller bedre. I beregningsmetodikken legges til grunn en gitt levetid, ofte 60 år. I løpet av levetiden, skal det kompenseres for alle utslippene gjennom ren, utslippsfri energiekspport over egen systemgrense.



Figur 3 ZEN systemgrense for Nyhavna, illustrasjonen er basert på Trondheim Kommune

FME ZEN har videre utviklet 7 hovedkriterier for nullutslippsområder, som vist i Figur 4, og disse kriteriene har vært utgangspunktet for temaene som er belyst i denne konseptutredningen.



Figur 4 Forskningscenteret FME ZEN har definert kategorier og kriterier for et nullutslippsområder. Kilde: ZEN

Hver ZEN-kategori har ulike omfang av hvordan systemgrenser defineres og hvilke evalueringsmetoder som benyttes, da de er utformet basert på metodologiske forutsetninger innen hvert fagfelt. For eksempel vil man i beregningsmetodikken for

'Klimagassutslipp' inkluderer utslipp knyttet til energibehovet i eksisterende bygninger, mens utslipp relatert til materialer som ombrukes regnes som en del av bygningenes forrige livsløp og utelates. Slike metodevalg skal fremme en sirkulær økonomi.

Tabell 1 Oversikt over nullutslippskriterier, målsetninger og tema i konseptutredningsprosjektet

Nullutslippskriterier	Målsetning	Tema i utredningen	Kapittel i rapporten
Mobilitet	Bygg, energi-infrastruktur, og mobilitetsløsninger utformes i sammenheng. Deling, utveksling, lagring.	Mobilitetspunkt/-bygg Bildeling	4
Energi	Reduksjon av energibehov og utnyttelse av lokal fornybar energi. God drift og adressering av bruk.	Energi- og effektbehov Lokal fornybar energi: Grunnvarme, sjøvann, solceller.	5
Effekt	Reduksjon av effektbehov. Flexibilitet – energikilder, styring, energilagring, deling, utveksling, sambruk.	Energilager Utnyttelse av flexibilitet i lokalt energinettverk for området	
Steds-kvaliteter	Bygg, infrastruktur og mobilitetsløsninger utformes i tråd med sosial bærekraft og gode steds-kvaliteter.	Gode steds-kvaliteter gjennom arealplanlegging og lokalisering av funksjoner i området som tar hensyn til reduksjon av klimagassutslipp også gjennom sin tilknytning til den større regionen	6
Klimagass-utslipp	Reduksjon av karbonfotavtrykk i et livsløpsperspektiv relatert til energibruk, materialbruk, mobilitet og arealbruk.	Livsløpsanalyse (LCA) på områdenivå	7
Økonomi og innovasjon	Nye løsninger blir tatt i bruk på en økonomisk bærekraftig måte. Scenarier for fremtidige energi- og effekttariffer, rammebetingelser, forretningsmodeller.	Nye forretningskonsepter og rammevilkår	8

I denne konseptutredningen er hovedfokus energi, effekt og klimagassutslipp.



## 4. Mobilitet

Mobilitetskriteriet i ZEN handler om å fremme bærekraftige transportmønstre og smarte mobilitetssystemer. Dette omfatter plassering og utforming av bygg og infrastruktur, å legge til rette for gående og syklende, kollektive løsninger og nye modeller for deling og utveksling. Dette stemmer godt overens med Trondheim kommunes eget mål om nullvekst i biltrafikken, jf *Potensial for miljøvennlig transportmiddelvalg - en metode*<sup>2</sup> som er et vedlegg til Byutviklingsstrategi for Trondheim mot 2050.

I dette kapitlet beskrives hvilke tiltak innenfor ZEN-kategorien mobilitet det bør tas hensyn til i tidligfase. Et nullutslippsområde bør fremme bærekraftige transportmønstre og smarte mobilitetssystemer. Mobilitet spiller også en viktig rolle i de andre kategoriene i ZEN-definisjonen, som energi, effekt og klimagassutslipp. Dette er nærmere behandlet i kapittel 5 og 8.

Hovedresultatene og anbefalinger om videre arbeid er vist i boksen under.

### Oppsummering hovedresultater:

Ifølge kvalitetsprogrammet for Nyhavna<sup>3</sup> er det grunn til å forvente at en stor del av fremtidens bilpark (privat og næring) er elektrisk drevet. Energisystemet og framtidige mobilitetshus må dimensjoneres for dette. Samtidig legger kommunen opp til nullvekst i biltrafikken, noe som stemmer godt overens med ZEN-kriteriet og bærekraftig trafikkmønster. Tilrettelegging for gående og syklende vil være avgjørende for å lykkes, i tillegg til tilgjengelige og brukervennlige bildelingsordninger.

### Anbefalinger:

- Etablere mobilitetshuset som et mobilitetsknutepunkt, med tilgang til bildelingsordninger og nærhet til metroholdeplass, og med en samlokalisering med en elektrisk energisentral og hovedtrafo(er) for området.
- Legge til rette for brukervennlige og fleksible bildelingsordninger (sambruk privat/næring) og nye forretningsmodeller rundt dette.
- Inkludere mikromobilitet som en del av mobilitetsløsningen, blant annet for å løse utfordringen med «last mile-transport» av varer.
- Videre planlegge mobilitetsløsning i tett dialog med AtB for tilrettelegging og tilpassing av fremtidens kollektivtilbud med tilhørende ladebehov samt plassering av holdeplasser.
- Mobilitetsløsninger som etableres anbefales å hensynta tilbakemeldinger gitt i workshop 1 der reise til fritidsaktiviteter/fritidsbolig ble nevnt som den viktigste årsak til behov for privatbil i fremtiden.

I kapittel 8 diskuteres ellers muligheter rundt forretningsmodeller for ulike mobilitetsløsninger.

### 4.1. Innledning

For å kunne oppnå målet om nullvekst i biltrafikken må området tilrettelegges for gående og syklende, gjøre bil- og sykkeldelingsordninger lett tilgjengelig, samt se på nye løsninger for vareleveranser. Et viktig premiss for området er at det skal være like enkelt eller enklere å ta bussen,

<sup>2</sup> [6.-potensiale-for-miljøvennlige-transportmiddelvalg--en-metode.pdf \(trondheim.kommune.no\)](#)

<sup>3</sup> [1.-kvalitetsprogram-for-nyhavna.pdf \(trondheim.kommune.no\)](#)

enn å ta bilen. Målet er å legge til rette for gode løsninger i en tidligfase med sikte på å unngå behovet for privatbiler innenfor Nyhavna. Energisystemet må i tidligfase planlegges for en helelektrisk bilpark. Arealplanleggingen må i en tidligfase sette av

## 4.2. Mobilitetshus

Kommunen planlegger et eller flere mobilitetshus innenfor området. Plassering av disse bør ses i sammenheng med plassering av metrobussholdeplassene. I tillegg bør en se på andre type løsninger i tilknytning til dette mobilitetshuset som bildelingsordninger, tilgang til mikromobilitet, varehotell/logistikkentral for samlastning mm. Slike samlingspunkt for parkering kan erstatt parkeringskjellere, og gi mulighet for boligkjøp med og uten parkeringsplass. Det å redusere areal med parkeringskjellere vil gi bedre klimafotavtrykk for bygningsmassen, samt også være et tiltak mot konsekvensene av havnivåstigning.

Det er grunn til å forvente at en stor del av bilparken (privat og næring) som vil bruke mobilitetshuset er elektrisk drevet, og dermed har behov for lading (og/eller fylling av gass til f.eks brenselceller).

Et mobilitetshus kan også inneholde sekundærtjenester som utleie og deleordninger for sykkel, elektriske sparkesykler og annen mikromobilitet, lastetraller og bil. Mobilitetshuset kan utgjøre hovedsentralen i et nettverk av mindre mobilitetspunkter spredt i bydelen. Dette vil bli en sentral del av energisystemet på Nyhavna, spesielt når det gjelder den elektriske energiforsyningen.

Fremtidige løsninger hvor bilbatteriene i parkerte biler inngår som en del av energisystemet kan bidra til lagring og tovegs utveksling av elektrisk energi, effektutjevning og fleksibilitet i markedet. En mobilitetshus og en energisentral og hovedtrafo(er) for området kan være fornuftig, men må utredes nærmere som en del av en helhetlig plan og design av et overordnet energisystem. Om nettselskapet har behov for en ny, større trafo i Nyhavna/Brattøraområdet, så bør man også undersøke muligheten for varmegjenvinning fra denne trafoen til fjernvarmenettet. Plassering i tilknytning til fjernvarmetraséen bør derfor utredes nærmere.

## 4.3. Bildeling

Ifølge Møller Mobility Group (i workshop 1) og studier/rapporter for øvrig blir bildeling stadig mer tilgjengelig og en ser en økende etterspørsel i markedet, men potensialet er fortsatt stort. Bildeling vil gi færre biler på veien, redusert behov for parkering, renere luft, samt mer plass til mennesker, boliger og grøntareal. Rapporter anslår at en delt bil erstatter så mye som 10 privateide biler<sup>4</sup>. Bildeling resulterer i mindre utslipp. For hver bil man erstatter med en delt bil frigjør man i snitt 12,5 m<sup>2</sup> som heller kan benyttes til boliger eller friareal. I workshop som ble gjennomført 2.november var innspillet fra flere deltakere at bildelingsplattformen bør disponeres av både private og bedrifter/kommunale tjenester for å sikre optimal bruk av de biler som er tilgjengelig. Møller Group viser til at en personbil i snitt står ubrukt 95% av døgnet. Det betyr at en modell for sambruk vil ha et stort potensial både ressursmessig, klimamessig og arealmessig, og bør vektlegges i videre planlegging av Nyhavna som en ny bydel.

## 4.4. Mikromobilitet

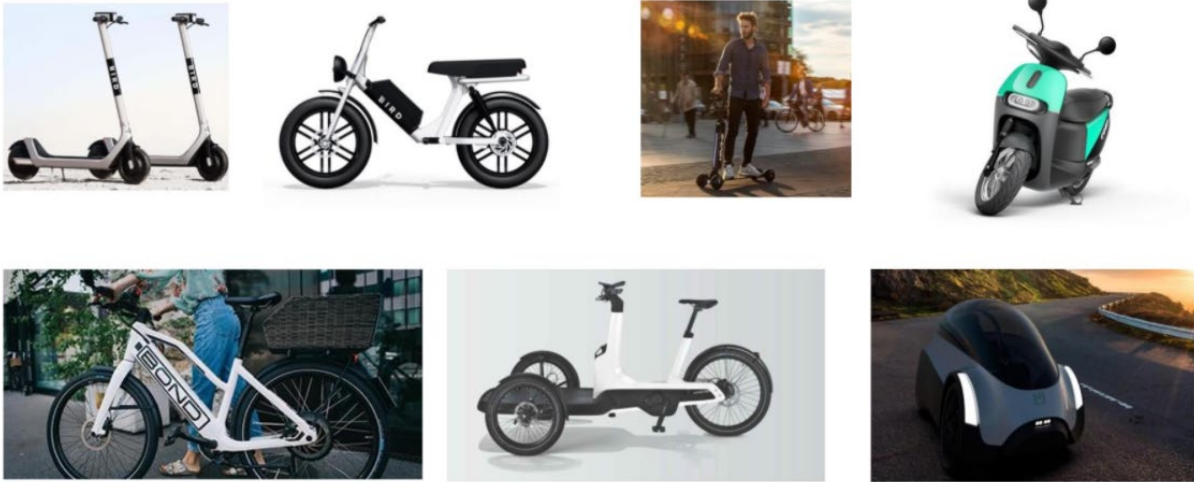
Ifølge Møller Mobility Group er markedet for mikromobilitet i kraftig vekst. Markedet tilbyr delingsløsninger også her, for persontransport og varetransport. Her skjer det fortløpende utvikling, og i videre utvikling av Nyhavna anbefales det å følge med markedet og i arealplanleggingen legge til rette for brukervennlig logistikk, lading/parkering, vask og vedlikehold av sykler mm.

---

<sup>4</sup> The Impact of Carsharing on Household Vehicle Ownership, Martin, Elliot Shaheen, Susan,

Varetransport er et område preget av høy innovasjon med fokus på økt fleksibilitet og enkelhet for sluttbruker, og som kan bidra til redusert behov for privatbil til/fra butikk. Ifølge Møller Mobility Group forventes det å være stor utvikling i tiden fremover hvor nye konsepter, partnerskap etc. vil se dagens lys. Sammen med lastesykler o.l. vil dette også kunne bidra til å løse utfordringer knyttet til vareleveranser og logistikk, og innenfor dette få til et større marked for klimavennlige løsninger for «last-mile»-leveranser.

Nedenfor følger bilder (hentet fra workshop mobilitet) som viser ulike modeller for fremtidens mikromobilitet og batteriløsninger.



Fremtidens mikromobilitet



«Batterikiosker» vil muliggjør raskere og enklere batteribytter





Mikromobilitet for effektiv og miljøvennlig last mile transport



Fremtidens mikromobilitetsløsninger

#### 4.5. Autonome busser

AtB har gjennomført et pilotprosjekt på Øya i Trondheim, med en selvkjørende buss. Bussen var trafikk i to måneder. Pilotprosjektet ble avsluttet 18. oktober 2020 og er nå over i en ny fase hvor prøveperioden skal evalueres. Målet er å forstå hva selvkjørende kjøretøy kan bety for hverdagslogistikken i et nabolag. NTNU og SINTEF er med som forskningspartnere, og skal blant annet se på hvordan brukere og andre trafikanter reagerer på den nye teknologien. Dersom teknologien fungerer godt og publikum opplever at kollektivreisen blir mer attraktive, kan slike løsninger bli del av kollektivløsningen om noen år. I videre utvikling av Nyhavna vil dialog med AtB og deres løsninger være nødvendig for å legge til rette for fremtidens kollektivløsninger (innenfor området).



#### 4.6. Oppsummering fra workshop mobilitet

Workshop mobilitet ble gjennomført 4. november, med deltagelse fra Trondheim kommune og eksterne bidragsytere. Nedenfor følger agenda for workshopen:

Tema	Foredragsholder
Velkommen, generell informasjon om utredningsprosjektet på Nyhavna	Jens Tønnesen, Trondheim kommune
Status kommunens mobilitetsplan i dag	Kai Arne Riersen, Trondheim kommune
Hva gjør +CxC?	Tom Jensen, Trondheim kommune/+CxC
Fremtiden infrastruktur for mobilitet i kommunen	Mie Abelgaard, Trondheim kommune
Fremtidens mobilitetsløsninger	Ane Furu, Møller Mobility Group
Fremtidens kollektive mobilitetsløsninger	Fay Maria Loe, AtB
Samspill mobilitet, energisystem og bygg	Isak Oksvold, Møller Eiendom
Fremtidens mobilitetsløsninger, hva betyr det for energisystemet?	Tonje S Hermansen, Asplan Viak
Gruppearbeid	Alle deltok
Oppsummering og veien videre	Magni Fossbakken, Asplan Viak

Gruppearbeidet som ble gjennomført var med utgangspunkt i scenarier for **mobilitetsbehov i 2040**, for en barnefamilie, et voksent par (60+) og en bedrift med beliggenhet innenfor Nyhavna. Følgende spørsmål ble besvart /diskutert:

Spørsmål	Familie	Par 60+	Bedrift
Hvilke transportbehov har de?	Ta imot/dra på besøk Fritidsaktiviteter Hyttebesøk	Ta imot/dra på besøk Hyttebesøk Flere syke og gamle skal bo og behandles hjemme, vil kreve parkeringsplasser for hjemmesykepleie ol.	Butikker: varelevering, Industri: lossing varer Annet: møter Kontorfellesskap i kombinasjon av hjemmekontor vil antakeligvis føre til mindre jobberelatert transportbehov.
Hvilke transportmidler har de selv?	Sykler, cargosykler, micromob., Andel privatbiler vil gå ned/bil nr to vil forsvinne.	Sykkel Vesentlig mindre privatbiler	El, bio, hydrogen i egen bilpark (for de som har det)
Hvordan vil de bruke ulike mobilitetsløsninger?	Bidlingsordninger Kollektivt Etablere <b>snarveier, korte gangveier</b> . For sykkel, micromobilitet og gange.	Bidling (viktig med ordninger som gjør bidling økonomisk mulig for hyttebesøk/leie over lengre periode) El-sykler til transport Sykkel Kollektivtransport.	Benytte sjøbuss (autonom), fra Værnes til Trondheim Mere bidling, mere transportmuligheter selveid.

Spørsmål	Familie	Par 60+	Bedrift
Hva må gjøres i dag?	<p>Lære av +CxC (kunnskapsinnhenting på mobilitet) og Fornebuutbyggingen (bl.a arealavsetting i tidligfase).</p> <p>Arealavsetting i tidligfase, planlegge logistikk for varelevering (under bakken/over bakken). Sett av nok <b>areal i dag til alle mobilitetsbehov</b>.</p> <p>Alt av mobilitet må finnes på huben. Levering av varer til mobilitetshub.</p> <p>Legge til rette/ ha med i tidligfaseplanlegging for etablering av <b>snarveier, effektive gangveier, broer for gående/syklende</b>.</p> <p>Bildeling: næring på dagtid, privat bruk på kveldstid. Sømløse brukersystem.</p> <p>Plassering av butikker og næring bør være nærmest transportåre for å minimere transport inne på området.</p> <p>Bildeling må kunne planlegges for fremtiden. Idrettslag bruke bildeling, kjøre sammen. Minibuss for idrettslaget, ulike typer biler i ordningen. Se Lilleby og Nyhavna sammen (8000 innbyggere), flere brukere på flere biler. Fremsnakke fordelene med bildeling, slipper å tilrettelegge for personbiler, arealbruk ++.</p> <p>Vareleveranser øker, og behovet for levering av varer vil øke. Nye løsninger for last mile. Netthandling med varelevering på dør, nye løsninger vil komme. Viktig å planlegge dette nå, mtp evt løsninger under bakken mm.</p>		

Gruppene svarte mye likt, og for spørsmål nummer en ble fritidsaktiviteter og reise til hytte/fritidsbolig nevnt som den viktigste årsak til transportbehov i fremtiden. Bildelingsordning ble trukket frem som en mobilitetsordning som kan erstatte behov for privatbiler. Viktig at ordningen er tilrettelagt for en samordning mellom private og bedrifter innenfor området.

Trondheim kommune har mottatt fullversjon av referat fra gruppearbeidene, og det anbefales å bruke dette videre i areal- og energiplanlegging av området.

#### 4.7. Fremtidens mobilitetsløsninger betydning for energisystemet

Mobilitetsløsninger basert på elektrisitet vil kreve et energisystem som håndterer dette med tanke på energi- og effektbehov. I planleggingen av et evt. lokalt energinettverk er det viktig at dette tas med. Bydelsparkeringshuset bør være en del av energiløsningen, og det anbefales at det utredes muligheter for at bygget kan være en form for energiknutepunkt. Dette er hensyntatt i utførte energi- og effektberegninger, der el-biler, el-metrobuss samt el-båt er inkludert. Det henvises til kap. 5.3.2.



## 5. Energi og effekt

ZEN-kriteriene for energi og effekt handler om reduksjon av energibehov, utnyttelse av lokal fornybar energi, og god utnyttelse av tilgjengelig energi. Videre handler kriteriene om å redusere effektbehovet for området, gjennom utveksling og sambruk, bruk av ulike energikilder, og utnyttelse av fleksibilitet, energilagring og smart styring.

Kommunen har satt som ambisjon at utbyggingen på Nyhavna ikke skal gi økt energibehov, effektbehov eller klimagassutslipp på bynivå. I dette kapitlet beskrives estimerte energi- og effektbehov til framtidige bygninger og mobilitet på Nyhavna, samt ulike scenarioer og konsepter for elektrisk og termisk energiforsyning for å dekke behovet for energi og effekt. Hovedresultatene og anbefalinger om videre arbeid er vist i boksen under.

Klimagassutslipp fra de utredede teknologiene er behandlet i kapittel 7.

### Oppsummering hovedresultater:

En oppgradering av eksisterende bygg til passivhusstandard, og passivhusstandard eller energibehov tilsvarende ZEB<sup>5</sup> på nye bygg vil gi en vesentlig reduksjon i energi- og effektbehov til bygningene sammenliknet med en standardløsning.

Energisystemet på Nyhavna må hensynta energi- og effektbehov til elektrisk mobilitet, og det er synliggjort hvordan en bildelingspool med koordinert smart lading vil kunne bidra til å redusere effekttoppene på området.

For å nærme seg kommunens nullutslippsmål, og for å bidra til at utbyggingen på Nyhavna ikke fører til økt energi- og effektbehov i byen, bør det legges til rette for utstrakt lokal strømproduksjon fra solceller. Videre vises det at ved å bruke batterier som effektlager kan man jevne ut deler av effekttoppene i forbruket, og lagre/akkumulere noe av overskuddet fra produksjonen. Det vil likevel være betydelig overskuddsproduksjon store deler av året. Denne overproduksjonen må distribueres ut over Nyhavnas systemgrense.

For termisk energiforsyning er det vist at et borehullsbasert sesongvarmelager (geotermos) med sommerlagring av overskuddsvarme fra for eksempel avfallsforbrenningen som ellers ville gått tapt, vil kunne dekke tilnærmet hele Nyhavnas energi- og effektbehov til varme vinterstid. Temperaturen i sesongvarmelageret om vinteren er høy nok (45-60°C) til at varmen (14,7 GWh/år og 5 MW) kan leveres direkte som «frivarmer» fra de 250 borehullene og ut til byggene på Nyhavna uten å bruke varmepumpe. Det lave strømforbruket og levering av lokalt lagret varme vil være en god måte å redusere belastningen på øvrig energiforsyning om vinteren.

En utvidelse av sesongvarmelageret til 4-500 borehull som kombineres med en sjøvannsvarmepumpe, kan i tillegg til å levere frivarmer til Nyhavna, dekke større deler av byen ved å levere varme (ca. 33,3-37,5 GWh/år og 9,4-10,6 MW) ut i fjernvarmenettet. På de kaldeste dagene erstatter denne varmemengden ofte fossilfyrt og/eller kostbar spisslast, og bidrar til å øke fornybarandelen i fjernvarmesystemet. En slik eksport av termisk energi utover Nyhavnas systemgrense vil trolig bidra til nullutslippsmålet, men dette avhenger av mange forhold og må beregnes nøyaktig i det videre arbeidet. Lønnsomheten for de to alternativene med sesongvarmelager er trolig god da energibrønnene leverer 5-6 ganger så mye varme som energibrønnene i et tradisjonelt grunnvarmeanlegg.

---

<sup>5</sup> baserer seg på et vektet snitt av beregnet energiforbruk for flere ZEB-bygninger som er enten bygget eller planlagt.

Brønnen i de to alternative sesongvarmelagrene antas å ha en investeringskostnad på henholdsvis 25 og 40-50 MNOK, eller henholdsvis ca. 0,6-0,9 kWh/år per investert krone.

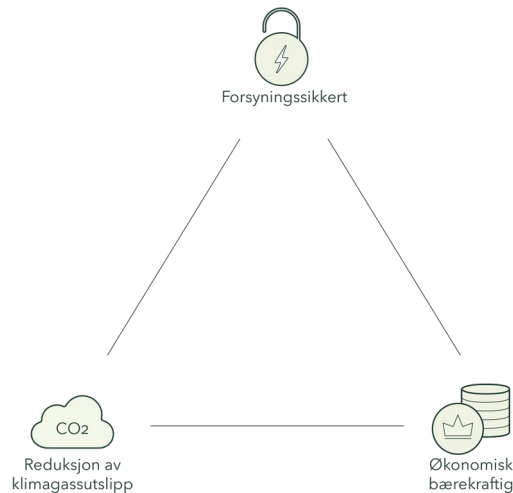
#### **Anbefalinger:**

- Etablere systemer og metoder for helhetlig energiplanlegging
- Jobbe videre med termisk energiforsyning for å tydeliggjøre beslutningsgrunnlaget for borehullsbasert sesongvarmelager (geotermos) på Ladehammeren, herunder:
  - Sikre tilgang til egnet areal for etablering av borehull, inkludert regulering.
  - Gjøre videre forundersøkelser og etablere et pilotanlegg, samt beregninger for endelig design og lønnsomhetsvurderinger før investeringsbeslutning.
  - Kartlegge grunnforholdene mer nøyaktig med dybde til fjell og eventuelle sensitive løsmasser.
  - Finne ut hvordan energiforsyningen på Nyhavna best mulig kan integreres i energisystemet som en helhet der fokus er reduserte klimagassutslipp, fleksibilitet/samspill mellom varme og elektrisitet og forsyningsikkerhet.
  - Utvikle en forretningsmodell som ivaretar eierskap og profesjonalsert etablering og drift.
  - Beregne og konkretisere betydningen av å ha et sesongvarmelager i energisystemet i nærområdet utenfor Nyhavna med tanke på forbedret kapasitet i energisystemet (el og termisk), samt klimagassutslipp.
  - Det anbefales at Nyhavna utvikling AS har et nært og aktivt samarbeid med Statkraft varme og Trondheim kommune i det videre arbeidet. Det blir viktig å avklare tydelig ansvarsfordeling og eierskap for å få gjennomført prosjektet.
- Være en pådriver for å øke kommunens muligheter til å sette krav til framtidige bygg på Nyhavna med hensyn til energiytelse, energieffektivitet og fleksibilitet
- Klargjøre mål for solenergiproduksjon for området (hvert bygg for seg eller området som helhet), og legge til rette for dette med krav og insentiver i en tidlig fase i utbyggingen. Det er viktig å presisere at solenergiproduksjonen blir best dersom alle bygg i Nyhavna prosjekteres innenfor omtrent samme høyde.
- Legge til rette for styrt lading av elbilparken på Nyhavna for å ikke bidra til økte effekttopper
- Vurdere bruk av batterier for å redusere effekttopper på området.
- Følge opp muligheter for fremtidig lokalt fleksibilitetsmarked og nye insentiver og forretningsmodeller for smart styring for reduksjon av effekttopper. Her er samarbeid med Tensio viktig.
  -

### **5.1. Innledning og arbeidsmetode**

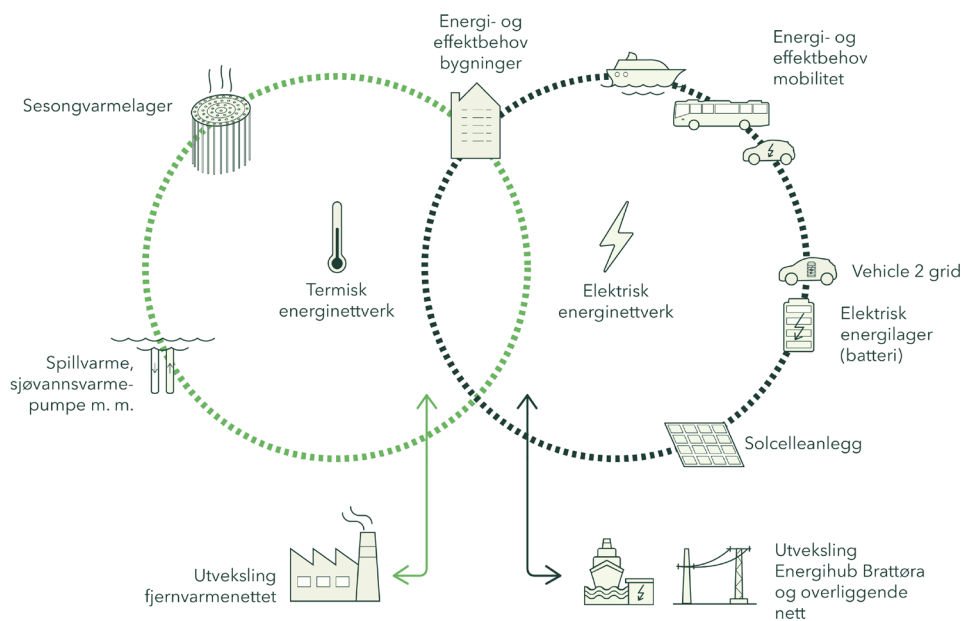
I konseptutredningen for Nyhavna er utgangspunktet at man ønsker å utrede hvorvidt Nyhavna kan etableres som et nullutslippsområde. I utredningen er derfor reduksjon av klimagassutslipp fra energibruk en uttalt målsetning.

I tillegg er det et mål å komme fram til energisystemløsninger som er økonomisk bærekraftige, samtidig som forsyningssikkerheten ivaretas. Dette kalles ofte energitriemmet, ettersom dette er mål som ofte kan være i konflikt med hverandre eller vanskelig å nå samtidig. I et energitriemmet er målet å finne en optimal balanse mellom de tre målene<sup>6</sup>.



Figur 5 Energitriemmet for energisystemet på Nyhavna

Figur 6 viser en oversikt over hvilke teknologier som er utredet for Nyhavna. Disse er beskrevet i de etterfølgende kapitlene.



Figur 6 Oversikt over teknologier som er utredet for Nyhavna

<sup>6</sup> Se f.eks. <https://www.worldenergy.org/publications/entry/world-energy-trilemma-index-2020>

Hydrogen som en del av energiløsningen er ikke behandlet i dette utredningsprosjektet. I perioden fram til 2030 viser flere studier (NTNU, IFE og SINTEF) at hydrogen vil spille en rolle, særlig innenfor transport. Dette vil bli nærmere behandlet i Trondheim Havns utredningsprosjekt «Brattøra som energiknutepunkt», og det anbefales at Nyhavna Utvikling AS følger opp resultatet fra denne utredningen for å ivareta eventuelle konsekvenser det vil ha som blant annet behov for areal for produksjon og fyllestasjoner mm.

Gjennom utredningen har det blitt avholdt jevnlig statusmøter med Trondheim kommune. Videre ble det i desember avholdt digitale møter med flere aktører, der foreløpige energikonsepter ble presentert og diskutert. Listen under viser hvilke møter som ble avholdt, og oversikt over eksterne deltakere. I tillegg til de eksterne deltok fagansvarlige i Asplan Viak og Jens Tønnesen i Trondheim kommune.

Følgende møter ble avholdt 1.-3. desember 2020:

- TrønderEnergi: Bernhard Kvaal og Gøril Forbord
- SINTEF Energi, NTNU, FME ZEN: Hanne Kauko, Kjersti Berg, Hans Martin Mathisen
- Trondheim Havn: Terje Meisler og Per A. Tefre
- +CxC: Tom Jensen og Vida Gråberg
- Tensio: Olav Hårstad
- Statkraft Varme: Morten Fossum og Åmund Utne

Ut over dette har det vært en rekke uformelle diskusjoner og møter våren 2021 mellom flere av de ovennevnte organisasjonene angående muligheter for sesongvarmelager og et el-system tilpasset et fremtidig fleksibilitetsmarked.

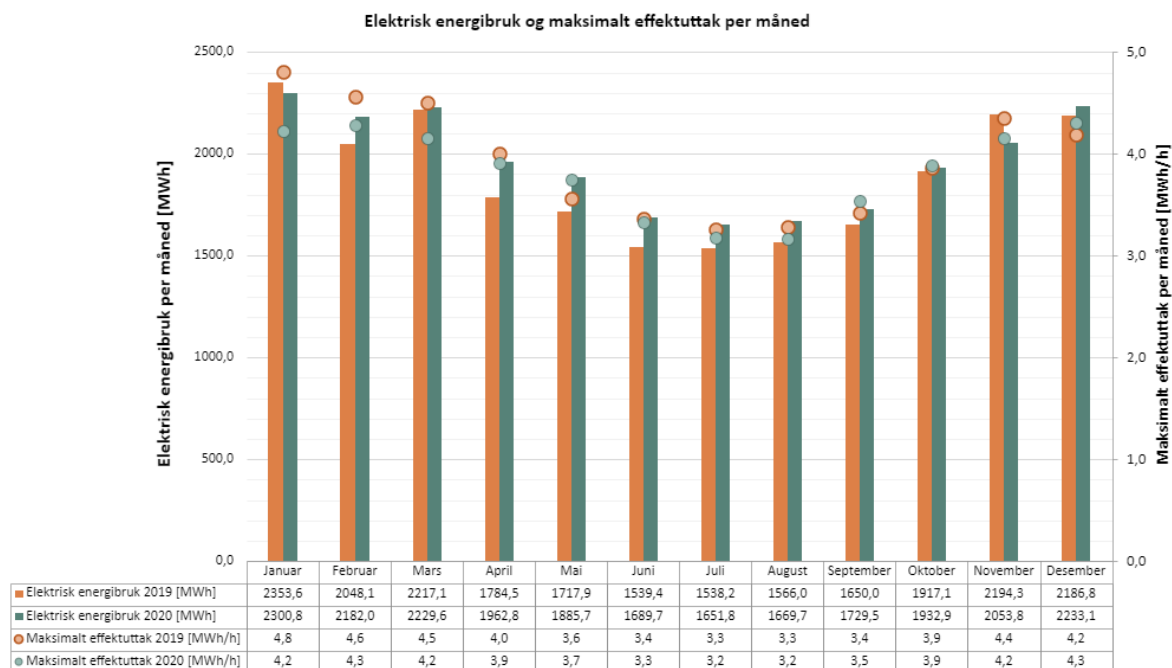
Utbyggingen av Nyhavna vil foregå over mange (ti)år, og i en så tidlig fase er det store usikkerheter med tanke på både arealer og type bygg. I konseptutredningen er det tatt utgangspunkt i situasjonen i et ferdig utbygd område i 2030, som beskrevet i kapittel 2.6.

## **5.2. Energi- og effektbehov for eksisterende industri og bygningsmasse på Nyhavna**

Dagens energibruk på Nyhavna er i hovedsak elektrisk, men noen få eksisterende bygninger (Dora 1, Rambøll-bygget, Trondheim Maritime senter og Sentrum brannstasjon) er tilknyttet fjernvarme. Fjernvarmetraséen går gjennom Ormen Langes vei og ut til rensanlegget og Ladehammeren varmesentral (undersentral i fjernvarmenettet). Ved transformering av Nyhavna vil det bli behov for nye og/eller utvidede traséer for fjernvarme.

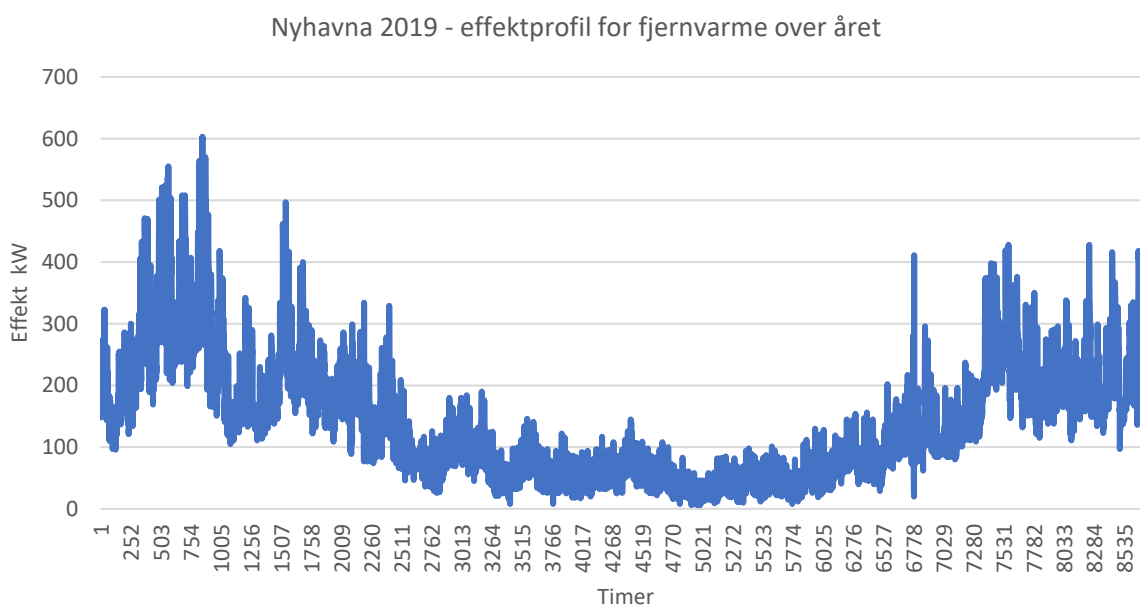
Elforsyningen til Nyhavna i dag kommer i hovedsak fra flere trafoer/tilførselslinjer som er tilknyttet en rekke trafokretser, og som igjen forsyner ca. 300 el-abonnenter. Detaljer om dette forbruket er underlagt personvern hensyn og er ikke tilgjengelig, men aggregerte data innenfor Nyhavnas systemgrense er gjort tilgjengelig fra nettselskapet (Tensio).

Totalt elektrisk energibruk i 2019 var 22,7 GWh med et maksimalt effektbehov på 4,8 GWh/h. I 2020 var totalt elektrisk energibruk 23,5 GWh med et maksimalt effektbehov på 4,3 GWh/h. Vi antar at gjennomsnittet av disse to årene representerer dagens "normal" for elektrisk energibehov på Nyhavna; 23,1 GWh/år. Maksimalt effektbehovet er noe mer usikkert basert på disse dataene, men vi velger å benytte det 2019-effekten på 4,8 GWh/h i denne sammenheng.



Figur 7 Oversikt over elektrisk energibruk og maksimal effektuttak per måned på Nyhavna i 2019 og 2020

For fjernvarme var levert energi i 2019 på 1,2 GWh, mens maksimalt effektbehov per time var på 603 kW, se Figur 8. I tillegg kan det være verdt å merke seg at gjenvunnet varme fra kjøleanleggene på Dora 1 leveres til Rambøll-bygget og supplerer noe av det termiske energibehovet her.



Figur 8 Oversikt over energibruk og maksimalt effektuttak for fjernvarmen på Nyhavna i 2019

### 5.3. Energi- og effektbehov for planlagt utbygging på Nyhavna

Dette kapitlet beskriver beregnet energi- og effektbehov for bygninger og elektrisk mobilitet på Nyhavna. Utgangspunktet for beregningene er et ferdig utbygd område, med 5200 beboere, 4000 arbeidsplasser, og 340 000 m<sup>2</sup> bygg fordelt 60/40 på bolig og næring.

### 5.3.1. Bygninger

For å beregne energi- og effektbehov til bygningsmassen på Nyhavna, har vi brukt verktøyet PROFet<sup>7</sup>. 'PROFet: Load profile estimator' er et beregningsverktøy som anslår lastprofiler på timenivå for termiske og elektriske laster for bygninger basert på utetemperatur<sup>8</sup>. PROFet baserer seg på målt effektforbruk fra flere bygninger innenfor flere bygningskategorier, til å kunne lage aggregerte lastprofiler fra ulike bygningskategorier. Videre skiller PROFet på normale bygninger (eksisterende bygninger som ikke er passivhus) og passive bygninger (passivhus).

I beregningene er det tatt utgangspunkt i Mad arkitekter sine arealregnskap. De totale arealene (BRA) for Nyhavna per bygningskategori er lagt inn i PROFet for å beregne det termiske og elektriske effektbehovene over året, og dermed også energibehovet over året for bygningsmassen på Nyhavna. Arealregnskapet er vist i Tabell 2, som viser totalt areal for ulike bygningsfunksjoner. I kolonnen til høyre kan valgt bygningskategori fra PROFet sees. Der PROFet ikke har en tilsvarende bygningskategori er det valgt en kategori som er lignende i energiforbruk.

Tabell 2 Arealregnskap for Nyhavna

	m <sup>2</sup> BRA	Kategori i PROFet
Bolig	205 006	Apartment
Næring	79 500	Office
Idrettshall	2 000	House
Kultur	4 374	Hotel
Barnehage	26 464	Kindergarten
Skole	18 900	School
Forretning	18 666	Shop

Det er laget 3 energi- og effektbehovsscenarioer, med ulikt ambisjonsnivå for energistandard. Tabell 3 viser de tre scenariene. Byggscenario 1 er det vi velger å bruke som referansescenario, altså det vi sammenligner oss opp mot i videre beregninger av besparelse i effekt, energi og klimagassutslipp. Referansescenariet er ment å illustrere forholdene i et tilfelle hvor Nyhavna bygges ut kun etter forventede minimumskrav i byggeforskriftene. I angivelsen av energibehov/lastprofil er *Normal* et gjennomsnitt av dagens bygningskropp. *Passivhus* representerer energibehov/lastprofil tilsvarende krav i passivhusstandarden. Energi og effektbehov tilhørende ZEB er basert på følgende: Det er sett på beregnet energiforbruk for ZEB-bygninger som er enten planlagte eller idriftsatt. Dette er totalt ni bygg som har som mål å bruke lite energi per m<sup>2</sup>. De relative forskjellene i beregnet termisk og elektrisk energibehov mellom disse ni byggene og passivhuskravene for tilsvarende bygningstyper, er brukt for å bestemme hva termisk og elektrisk energibehov og lastprofil over året er for ZEB ved å gange med denne relative forskjellen på energibehov og lastprofil for passivhus.

<sup>7</sup> PROFet er utviklet av NTNU og Karen Byskov Lindberg gjennom hennes doktorgrad: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2450566>. Artikkelen «Modelling electric and heat load profiles of non-residential buildings for use in long-term aggregate load forecasts» av Lindberg et.al. tar blant annet for seg metodikken som ligger bak PROFet.

<sup>8</sup> Profet bruker utetemperatur for Oslo



Tabell 3 Definisjon av scenarier for energi- og effektbehov for bygningsmassen på Nyhavna, og angivelse av hvilke energibehov/lastprofil som benyttes

	Eksisterende bygg som skal rehabiliteres	Nye bygg som skal oppføres
Byggscenario 1 (referansescenario)	Normal	Passivhus-standard
Byggscenario 2	Passivhus-standard	Passivhus-standard
Byggscenario 3	Energibehov tilsvarende ZEB	Energibehov tilsvarende ZEB

Byggscenario 1 og 2 er realistiske scenarier, mens byggscenario 3 er et mer krevende scenario hvor alle bygg som er på området, både eksisterende og nye, må oppnå samme energieffektivitet som ZEB-bygg.

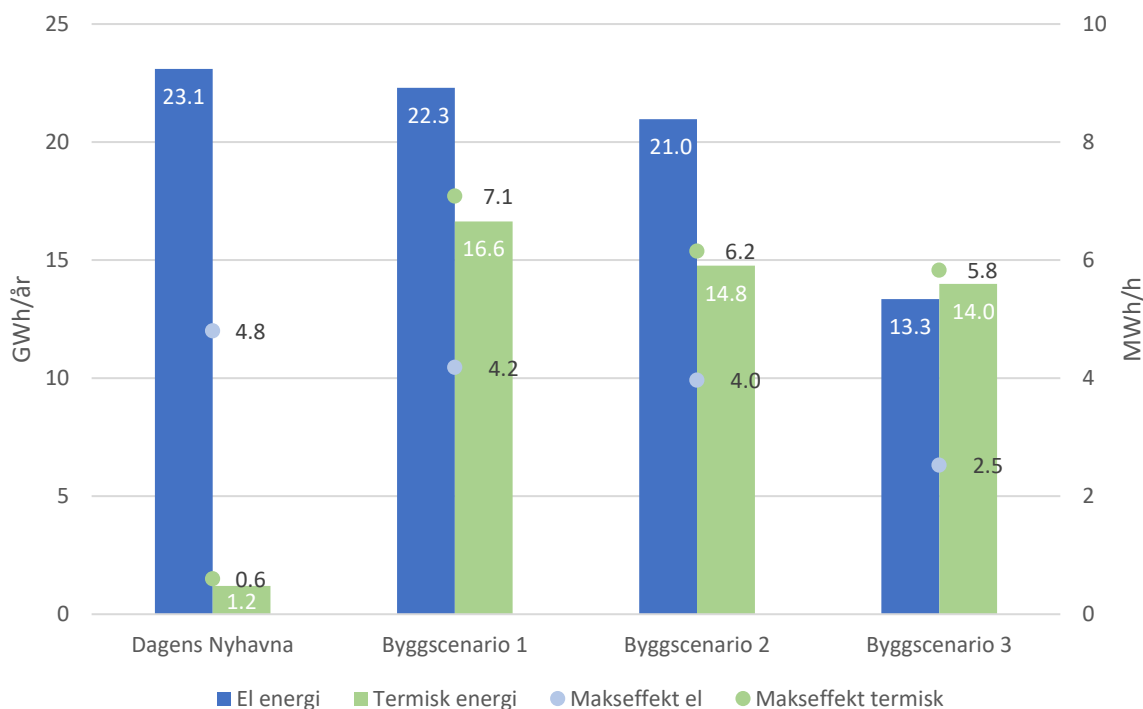
Byggscenario 3 er tatt med som et scenario som krever en fortsatt forbedring i energieffektivitet for bygg, men siden Nyhavna er et prosjekt som vil gå over flere tiår fremover kan det tenkes at det er oppnåelig om man har høye ambisjoner på Nyhavna. Det er dog ikke trolig at standarden, altså fremtidige TEK, vil gå noe lavere enn Passivhus-standard. Det vil si at en standard som tilsvarer energibehov for ZEB, eller andre forbedrede referanser/mål på energibruk, vil være høyere og da mer omfattende enn fremtidig standard.

Vi har valgt å bruke byggscenario 2 som hovedscenario i videre beregninger da vi ser på dette som et mer realistisk scenario enn scenario 3, men som fortsatt er ambisiøst og vil kreve gode tiltak og valg.

Tabell 4 og Figur 9 viser det termiske og elektriske energi- og effektbehovet for de tre scenarioene som er benyttet i denne rapporten. Referansescenariet reduserer årlig elektrisk energibehov med 3% i forhold til dagens elektriske energibehov på Nyhavna, og makseffekten for referansescenariet er 13% lavere enn dagens makseffekt. For termisk energibehov vil referansescenariet mer enn tidoble både årlig energibehov og maksimalt termisk effektbehov, sammenliknet med dagens leveranse fra fjernvarmesystemet på Nyhavna. Totalt energibehov, elektrisk og termisk, øker med 60% for referansescenariet for bygg. Tabellen viser videre at det er mye å hente på å energieffektivisere byggene, spesielt når det kommer til det elektriske energi- og effektbehovet, eksempelvis vil både elektrisk energibehov og makseffekt reduseres med 40% for byggscenario 3 sammenliknet med referansescenariet.

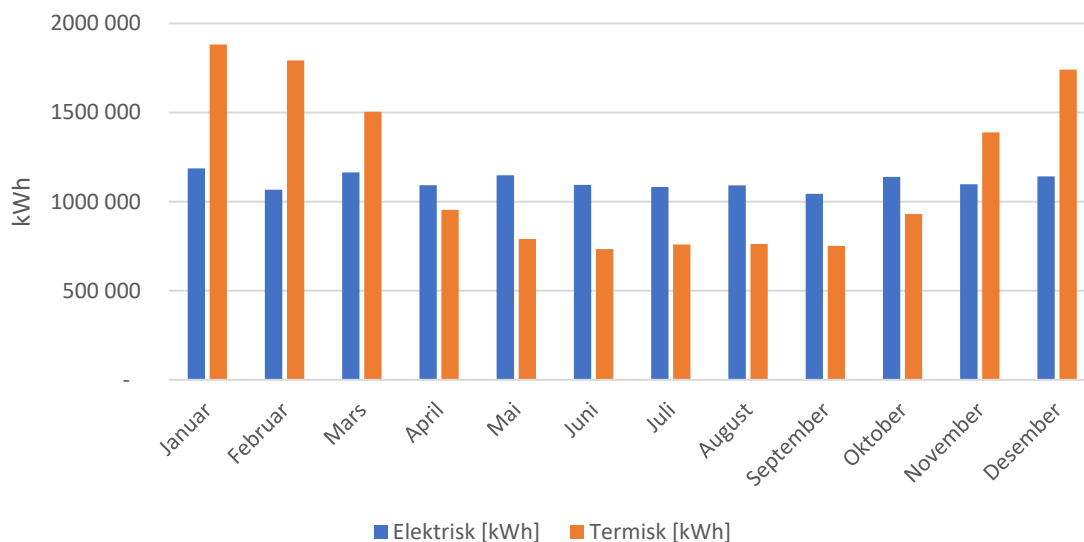
Tabell 4 Scenarioer for energi- og effektbehov for bygningsmassen på Nyhavna

Scenario	Elektrisk behov for bygningsmassen		Termisk behov for bygningsmassen	
	Energibehov (GWh)	Makseffekt (kWh/h)	Energibehov (GWh)	Makseffekt (kWh/h)
Byggscenario 1 -endring fra 2019/2020 (dagens tilstand)	22,3 -3%	4 184 -13%	16,6 +1287%	7 084 +1081%
Byggscenario 2 - endring fra scenario 1	21,0 -6%	3 966 -5%	14,8 -11%	6 153 -13%
Byggscenario 3 - endring fra scenario 1	13,3 -40%	2 525 -40%	14,0 -16%	5 829 -18%



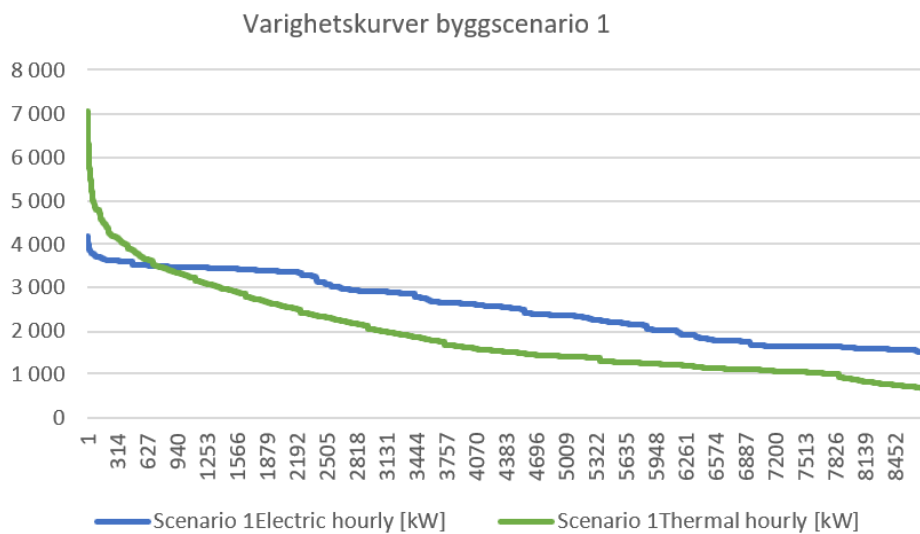
Figur 9 Termisk og elektrisk energibehov og makseffekt (timesmidlet) for bygningsmassen i de tre scenariene

Elektrisk og termisk effektprofil på månedsnivå for byggscenario 3 er vist under.

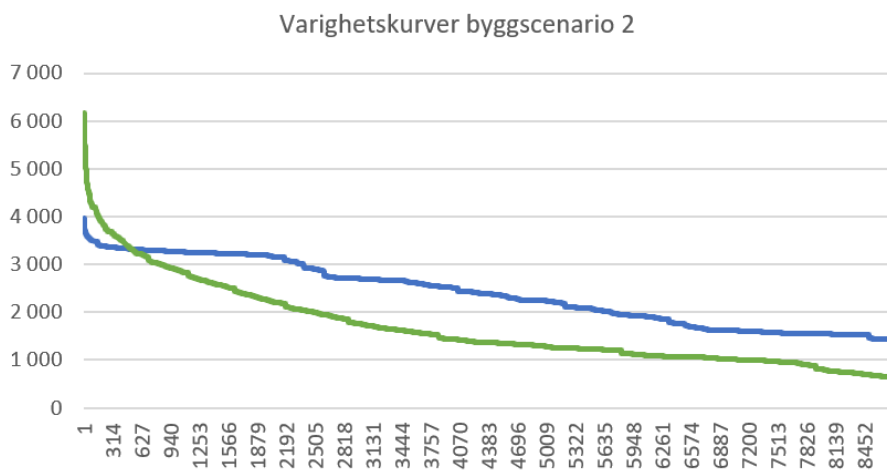


Figur 10 Termisk og elektrisk energibehov per måned for byggscenario 3

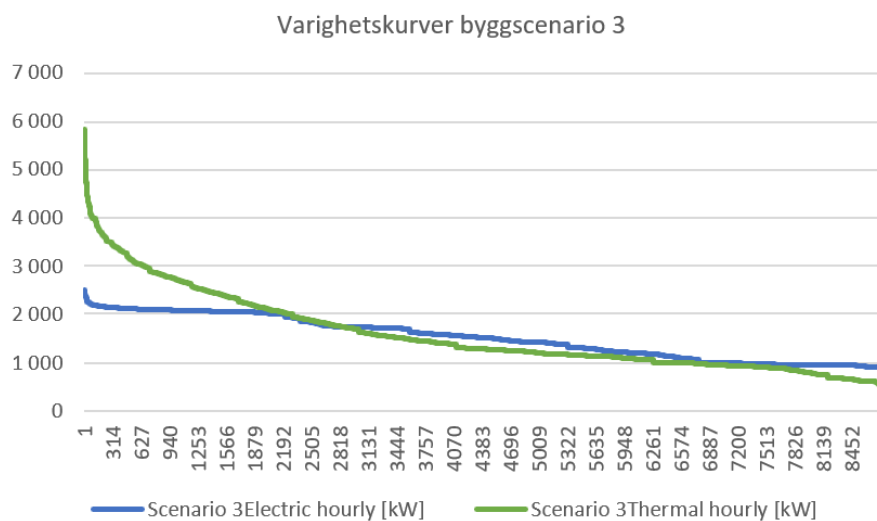
Figur 11 til Figur 13 under viser varighetskurver for elektrisk og termisk effektbehov for de tre byggscenariene, mens Figur 14 viser elektriske og termiske effektprofiler for typiske sommer- og vinteruker for byggscenario 3.



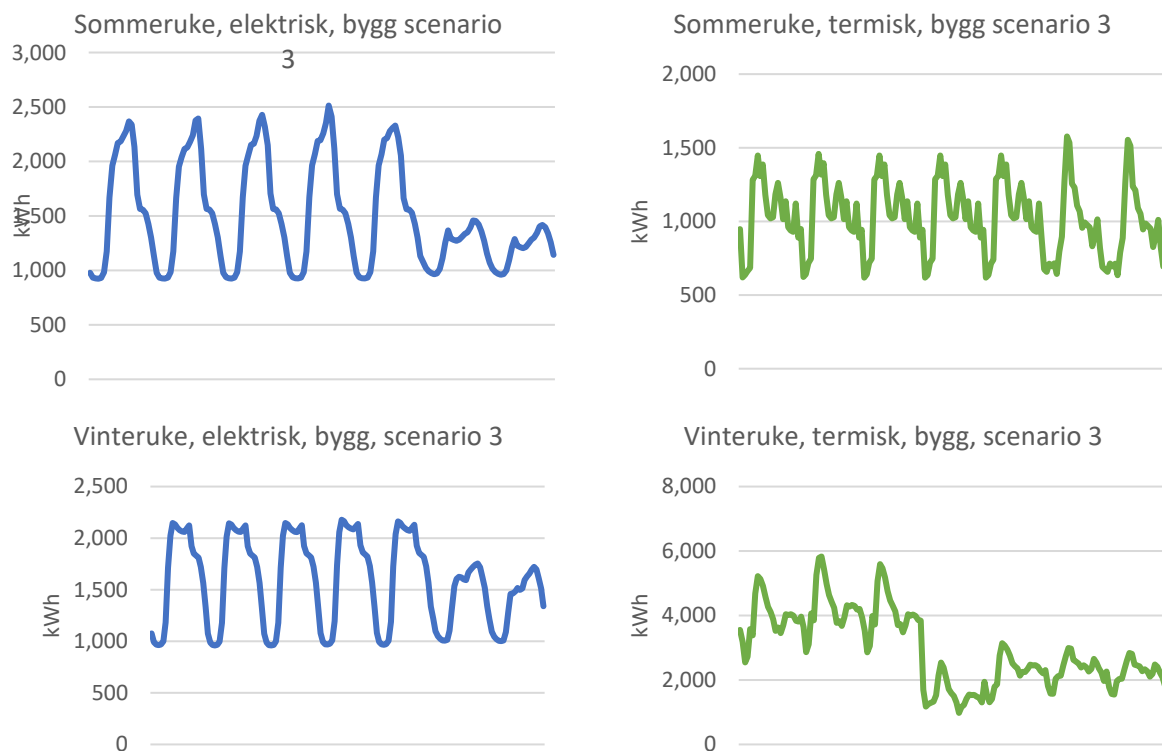
Figur 11 Varighetskurver byggscenario 1



Figur 12 Varighetskurve byggscenario 2



Figur 13 Varighetskurver byggscenario 3



Figur 14 Effektprofiler for byggscenario 3 for typiske sommer- og vinteruker

### 5.3.2. Mobilitet

Dette kapitlet beskriver energi- og effektbehov til elektrisk mobilitet og ladebehovet dette medfører. Privatbiler og kollektivtrafikk på vei er vurdert. Øvrig mobilitet, som f.eks sjøgående, er usikkert og ikke inngående behandlet her, men kan medføre behov for landstrøm og lading på sikt. Dette kan påvirke det elektriske effektbehovet, men kan også gi avsetning på tilgjengelig solcellestrøm.

#### Privatbil - bruk og lading

Ifølge kvalitetsprogrammet for Nyhavna<sup>9</sup> er det grunn til å forvente at en stor del av bilparken (privat og næring) som vil bruke bydelsparkeringshusene er elektrisk drevet. Det betyr at alle bilene til beboerne på Nyhavna må kunne forsynes med strøm. For å kunne beregne et effekt- og energibehov for bilene er det to faktorer som må bestemmes. Den første er hvor langt hver person som bor på Nyhavna kjører hvert år, som igjen vil resultere i et energibehov. Den andre faktoren er hvordan bilene lades. Dette vil avgjøre hvor stort effektbehovet blir, og når effektbehovet opptrer for lading av bilparken på Nyhavna.

For å beregne hvor langt hver person som bor på Nyhavna kjører, er det tatt utgangspunkt i antall km en norsk privatbil kjører i året ifølge SSB<sup>10</sup>. Dette tallet er videre fordelt per person basert på antall personer per bil ifølge TØI<sup>11</sup>. Dermed finner man antall km hver person på Nyhavna vil kjøre i året om

<sup>9</sup> [1.-kvalitetsprogram-for-nyhavna.pdf \(trondheim.kommune.no\)](https://www.kvalitetsprogram-for-nyhavna.pdf)

<sup>10</sup> <https://www.ssb.no/transport-og-reiseliv/statistikker/klreg/aar>

<sup>11</sup> [https://www.toi.no/getfile.php/1340016-1427184703/mmarkiv/Bilder/7020-TOI\\_faktaark\\_bilreiser-3k.pdf](https://www.toi.no/getfile.php/1340016-1427184703/mmarkiv/Bilder/7020-TOI_faktaark_bilreiser-3k.pdf)

de oppfører seg som en gjennomsnittlig nordmann i dag. Dette er mobilitetsscenario 1 i Tabell 5. Mobilitetsscenario 2 er estimat fra Møller Mobility Group som har funnet en reduksjon på 1600 km per pers i året om man er en del av en fremtidig bildelingsordning (1600 km i reduksjon fra det året man blir en del av en slik ordning). Mobilitetsscenario 3 er fra en TØI rapport<sup>12</sup> som tar for seg forskjellen i antall kjørte kilometer per personer før og etter en gruppe personer ble medlem av et bilkollektiv. Mobilitetsscenario 4 er hentet fra en konseptutredning på Fornebu<sup>13</sup> der kraftige tiltak for å redusere transportbehovet ble lagt til grunn.

Tabell 5 Kilometer kjørt med privatbil per år per bruker for de fire mobilitetsscenarier

	Mobilitets-scenario 1: gjennomsnittsperson med privatbil	Mobilitets-scenario 2: del av bildelingsordning, (estimat fra MMG)	Mobilitets-scenario 3: del av bilkollektiv (estimat fra TØI)	Mobilitetsscenario 4: område tilrettelagt for redusert transportbehov, (estimat fra Fornebu)
Km/bruker/år	7666	6066	4899	4600

Ved å multiplisere med antall beboere på Nyhavna og energiforbruk for en elbil per km (0,2 kWh/km<sup>14,15</sup> antatt samme over tid) er totalt energiforbruk til bilparken på Nyhavna estimert. Det er da lagt opp til at bilene til de som bor på Nyhavna i sin helhet lades på Nyhavna og ingen andre steder. Dermed er nok det faktiske behovet på energi lavere. Derimot er heller ikke eventuell lading av biler som kommer utenfra Nyhavna inkludert, som da er et underestimat. Vi har dermed forutsatt at disse to veier hverandre opp.

Årlig energibehov for de fire scenariene er vist i Tabell 6.

Tabell 6 Estimert årlig energibehov for bilparken på Nyhavna for de fire mobilitetsscenariene

	Mobilitetsscenario 1: gjennomsnittsperson	Mobilitetsscenario 2: estimat fra MMG	Mobilitetsscenario 3: estimat fra TØI	Mobilitetsscenario 4: estimat fra Fornebu
GWh/år	8,0	6,3	5,1	4,8

Det antas at mobilitetsscenario 2 (evt. 3) vil være en sannsynlig referanse for Nyhavna uten at spesielle tiltak gjøres for å redusere transportbehovet. Om Nyhavna utvikles og tilrettelegges for lavt transportbehov og gode bildelingsordninger, kan vi forvente at elektrisk energibruk til privatbiler reduseres med 1,2 - 1,5 GWh/år.

For å finne lademønsteret for bilene, som trengs for å fordele den totale energibruken utover dagen og året er ladekurver hentet fra en pågående PhD-studie<sup>16</sup>. Dette ladescenariet (Ladescenario 1) er basert på erfaringsdata fra et lading av elbiler i et stort borettslag i Trondheim. I tillegg til referansescenariet, er det laget to scenarier på smartlading der bilene lades med hensyn på å redusere effekttopper. Ladescenario 2 er tilpasset produksjonen av strøm fra solcellepanelene. Dermed lades elbilene for det meste om dagen når produksjonen er som størst. Ladescenario 3 er

<sup>12</sup> <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=17776>

<sup>13</sup> <https://smartcitybaerum.net/wp-content/uploads/2020/03/Konseptutredning-El-Fornebu.pdf>

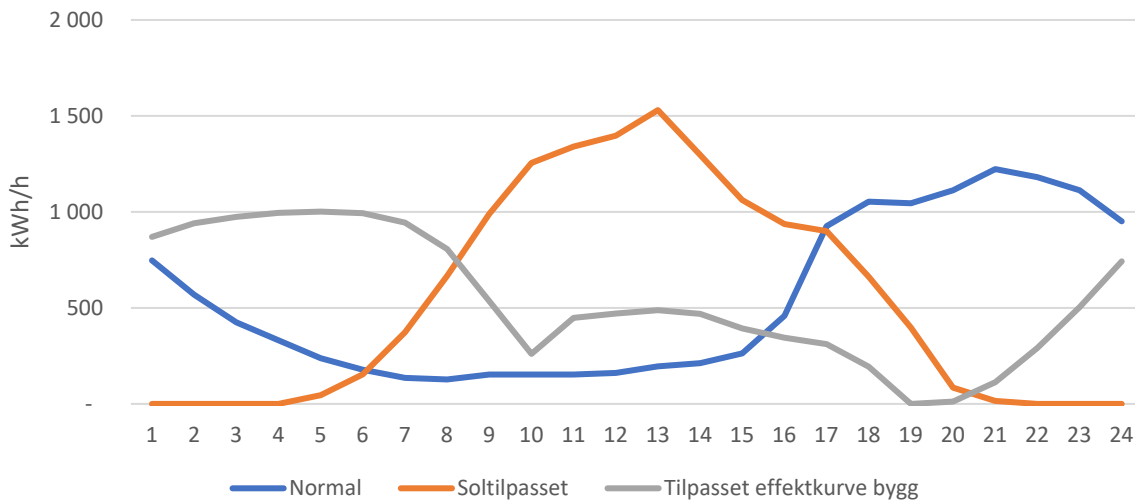
<sup>14</sup> Ecoinvent

<sup>15</sup> <https://www.tek.no/nyheter/nyhet/i/pA6XnX/disse-elbilene-er-billigst-og-dyrest-aa-kjoere>

<sup>16</sup> Sørensen et. al, 'Analysis of residential EV energy flexibility potential base don real-world charging reports and smart meter data', <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778821002073>

tilpasset effektkurven til strømmen som brukes i bygningene. Dermed foregår det meste av ladingen om natten da byggene bruker minst strøm. Det er ikke sett på antall biler som kreves for at det skal være mulig å gjennomføre disse ulike ladescenarioene.

Effektprofilen for de tre ladescenarioene kan sees i Figur 15. Ut over det som ansees som en normal ladesituasjon i dag, viser dette to alternative scenarier for å vise hva effekten av smartlading kan utgjøre. Elbillading tilpasset byggenes effektbehov er nok mer realistisk enn tilpasset produksjonen fra solcellepanelene.



Figur 15 Effektkurver for lading av elbil for ulike ladescenarioer for bilparken på Nyhavna. 5200 personer og mobilitetsscenario 4 ligger til grunn for energibehovet.

### Kollektivtrafikk

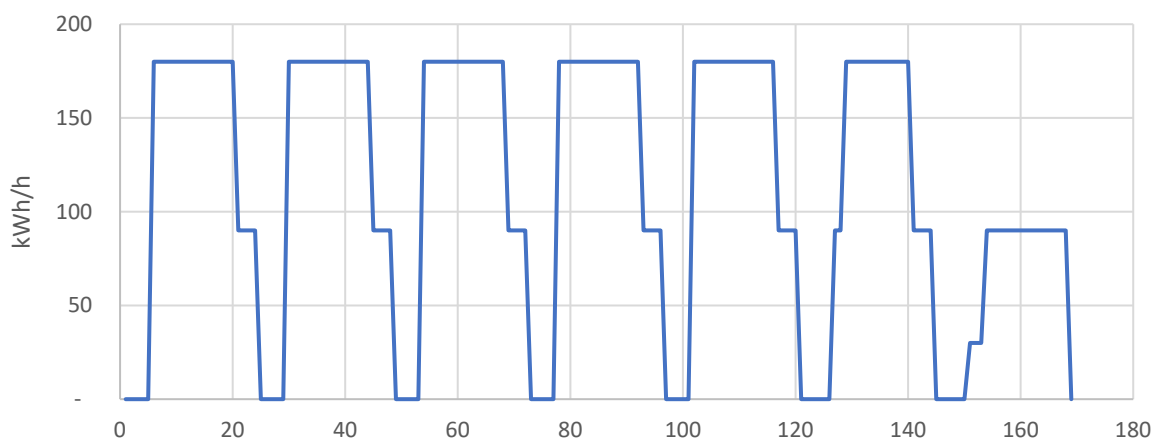
For energi- og effektbehov til kollektivtrafikk er det tatt utgangspunkt i elektriske metrobusser. Per i dag lades elektriske busser ved endeholdeplassene, men med teknologisk utvikling innen induktiv lading kan man se for seg at det i fremtiden også vil være aktuelt å lade bussene underveis på ruta. I beregningene er det derfor tatt høyde for at disse kan lades med induktiv hurtiglading i veien ved holdeplassen. Følgende antakelser er gjort:

- Effektbehov ved hurtiglading: 450 kW (ref. AtB)
- Ladetid per passering: 2 min
- Antall busser i timen hver vei basert på dagens rute for metrobusser (AtB)

I rushtiden vil det med disse antakelsene være 12 busser som passerer i timen (6 hver vei), og 24 minutters lading per time. Tidsintervallet i beregningene er en time, og midlet over en time blir energibehovet 180 kWh/h. Merk at det i kortere perioder vil kunne være langt høyere effekter enn 180 kW. Figur 16 viser effektprofil (tidsnitt) for lading av metrobuss for en uke, med antakelsene som er beskrevet over.

Samlet over året er energibehovet til lading av metrobusser på Nyhavna estimert til 1,0 GWh/år.





Figur 16 Effektprofil (timessnitt) for lading av metrobuss for en typisk uke

### Evt. lading av elektriske båter

På Nyhavna vil det i fremtiden også kunne bli aktuelt med elektrisk båttrafikk og behov for lading av disse. Det foreligger ikke konkrete planer for dette i dag, så det er ikke gjort beregninger på energi- og effektbehov til båter på Nyhavna, da dette vil være avhengig av bl.a. type båt, hastighet, lengde og rute. Dette er forhold som er svært usikre per i dag, og det er besluttet ikke å gå inn på dette detalj i denne konseptutredningen.

Som eksempel på typiske energibehov og ladeeffekter, kan man som en indikasjon på behovet se til DNV GL sin studie på elektrifisering av øybåtene i Oslo for Ruter<sup>17</sup>. Her er det for ulike ruter med distanse på 7-10 km beregnet energibehov på ca 50-180 kWh per tur for ulike scenarier. Nødvendige ladeeffekter varierer fra 300 til 1800 kW, noe som tilsier en ladetid på under 10 minutter.

Tabell 7 Eksempler på ladebehov til elektriske båter<sup>12</sup>

Distanse per tur	7-10 km
Energibehov per tur	50-180 kWh
Nødvendige ladeeffekter	300-1800 kW

### Øvrig mobilitet

Energi- og effektbehov til mikromobilitet (sparkesykler, sykler m.m.) vil også være aktuelt, men behovene vil være langt lavere enn det som er beskrevet over, og er derfor ikke regnet på spesifikt da det vil være neglisjerbart for Nyhavna totalt sett. Som et eksempel vil en typisk el-sykkel i dag kun trenge noen 100 W for å lade. Antar vi som et tenkt tilfelle at ca. 10% av de 5200 personene på Nyhavna lader sykkelen samtidig, vil det medføre et effektbehov på ca. 50 kW. Varetransport vil også kunne medføre behov for lading i korte perioder under lasting/lossing, men dette er ikke behandlet videre.

<sup>17</sup> <https://ruter.no/globalassets/dokumenter/fossilfri-2020/elektrifisering-oybatsamband.pdf>

## 5.4. Elektrisk energiforsyning og -lager

Dette kapitlet beskriver potensialet for lokal strømproduksjon fra solceller på byggene på Nyhavna, vurderinger av bruk av batteri som energi- og effektlager, samt kort om forbrukerfleksibilitet.

### 5.4.1. Lokal produksjon fra solceller

Energiproduksjon fra solceller blir meget sentralt for å nå Nyhavnas målsetninger, særlig innen energi og klima. Det er her gjort en generell analyse av mulighetene for å utnytte solenergi, med fokus på å estimere makspotensiale, samt å finne ut hva som er et realistisk mål for energiproduksjon fra solceller i Nyhavna.

#### Vurderte teknologier

Det er vurdert at solceller er den mest aktuelle teknologien for energiproduksjon fra sol. Solvarme eller hybridpaneler (PVT) er ikke vurdert i detalj, fordi bygningsmassen har et lavt varmebehov i de månedene i året når solvarmeløsninger gir mest energi. Et samspill mellom solvarmepaneler og varmelagring i grunn ses også på som mindre aktuelt, da Trondheims fjernvarmesystem allerede har et overskudd i sommermånedene, og det er sannsynlig at denne overkapasiteten allerede vil være mer enn nok til å forsyne et eventuelt termisk energilager i Nyhavna.

Solcelleteknologien som er vurdert som aktuell for utbyggingsperioden er takmonterte solcellepaneler med en virkningsgrad på 23%, som er ca. 20% forbedring i forhold til dagens teknologi og nærmer seg maksimalt potensial for silisiumsolcelleteknologi. Det legges til grunn en «anleggseffektivitet» (*performance ratio*) på 85%. For fasademonterte solcellepaneler har vi lagt til grunn en virkningsgrad på 18% og en anleggseffektivitet på 80%, som hensyntar ønsker om farge på fasader (viktig for stedskvaliteter og arkitektoniske forhold) og mer utfordrende forhold med tanke på skygge og effektiv planlegging av solcelleanleggene på fasade.

#### Potensiale for solenergiproduksjon i Nyhavna

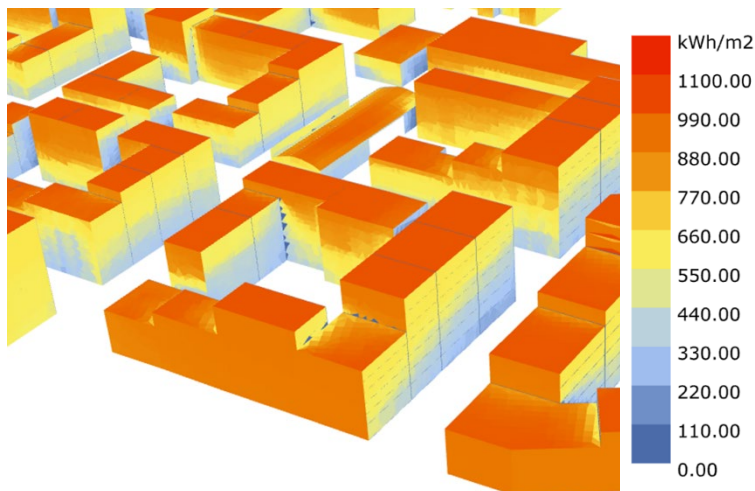
Potensialet for solenergiproduksjon i Nyhavna er beregnet ved å ta utgangspunkt i volummodellen som er utviklet av MAD Arkitekter som grunnlag for kvalitetsprogrammet for Nyhavna, samt inkludere de eksisterende bygg som forventes å bli bevart.

Det er utført en solenergisimulering på bygningsmassen som er vist i Figur 17, ved hjelp av softwaren Rhinoceros/Grasshopper/Ladybug tools. Resultatet gir solenergiapotensialet på alle flater i bygningsmassen, også fasader. Samme metode kan også gi informasjon om innstrålt energi over ulike perioder i året, f.eks. per måned, men denne beregningen er ikke utført i konseptutredningen.



Figur 17 Bygningsmassen i Nyhavna som har vært gjenstand for en solenergisimulering. Til høyre ses resulterende innstrålt solenergi per m<sup>2</sup> i et «solkart» over bebyggelsens takområder.

Som kan ses i Figur 18, er solenergipotensialet på tak bra på bygningsmassen, og fasadene i sørvestlig og sørøstlig retning har bra potensiale, selv om dette gjelder først og fremst de øverste delene av fasaden der hvor det ikke kommer skygge fra tilstøtende bygg. Det blir sentralt i reguleringen av området å ivareta at det ikke kastes for mye skygge over arealer som er planlagt eller allerede utbygd med solceller.



Figur 18 Solenergipotensialet på tak og fasader på et mindre område i Nyhavna, sett fra sør. Hvor mye solenergi som vil kunne leveres fra flatene avhenger også på hvilken teknologi som velges, og virkningsgraden i energiproduksjonen.

For et presist anslag på solenergipotensialet på bygningsmassen i Nyhavna, er det gjort en beregning av arealet på bygningsmassen med gitte terskelverdier for solenergiproduksjon. Tabell 8 oppsummerer resultatene fra beregningen. Anslaget inkluderer all bygningsmasse, også den som er fredet/vernet (se for øvrig eget avsnitt om Dora).

Anslaget som er gitt i Tabell 8 tilsvarer «PV-scenario 1» for solenergiproduksjon (se lengre nede).

Tabell 8 Solinnstrålingsberegning og anslag av arealer egnet for solceller på tak og fasade.

Solinnstrålingskategori	Innstrålingsnivå*	Tilgjengelig areal	Potensiell årlig energiproduksjon**
1. Tak uten skygge	> 900 kWh/m <sup>2</sup>	103 300 m <sup>2</sup>	8,4 GWh
2. Sørlig vendte fasader uten skygge & tak med noe skygge	700 – 900 kWh/m <sup>2</sup>	50 900 m <sup>2</sup>	2,9 GWh
3. Sørøstlige fasader og sørlige fasader med noe skygge	500 – 700 kWh/m <sup>2</sup>	51 700 m <sup>2</sup>	2,6 GWh
4. Fasader med nordlig orientering eller mye skygge	< 500 kWh/m <sup>2</sup>	196 100 m <sup>2</sup>	0 GWh***

\*Innstrålingsnivå i henhold til Ladybug-beregninger.

\*\*Her er det benyttet innstrålingstall fra PVGIS, som er noe mer optimistiske for fasader (SSØ: ca 800 kWh/m<sup>2</sup>, ØSØ: ca 700 kWh/m<sup>2</sup>), men gir et noe lavere estimat for tak enn Ladybug (837 kWh/m<sup>2</sup>). Det er i denne beregningen satt en utnyttelsesgrad på 50% av både tak og fasader.

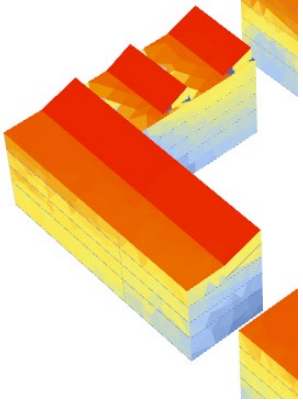
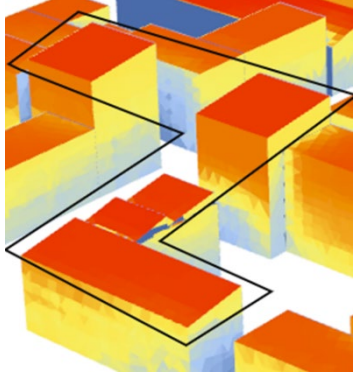

\*\*\* Områder med dårlig innstråling er ikke tenkt utnyttet.

## Scenarier for utnyttelse av solenergi i Nyhavna

I arbeidet med energi- og effektplanlegging har vi utarbeidet fire ulike scenarier for solenergi.

PV-scenario 0 er forventet minimum i utbyggingsperioden, men de andre scenariene vil kreve virkemidler knyttet til tillatelser, rammeverk eller særskilte økonomiske incentiver for utbygging av solenergi i Nyhavna. Krav det nye eierselskapet på Nyhavna setter til hvordan tomtene kan utnyttes, kan bli svært viktige i denne sammenheng, og kan bli avgjørende for om Nyhavna vil nå nullutslippsmålet eller ikke.

Scenario nr/navn Årlig energiproduksjon Areal med solceller	Beskrivelse	Illustrasjon
<b>PV-scenario 0: Sannsynlig solenergiproduksjon uten tiltak eller krav</b> 1,4 GWh 8500 m <sup>2</sup>	De fleste nybygg vil få et mindre solcelleanlegg på takflatene som er ledige. Mesteparten av takflatene på nybyggene er utnyttet til andre formål (takterrasser, grønne tak og tekniske installasjoner), og arealet av solcelleinstallasjonene representerer bare ca 10% av takarealene. Tak på eksisterende bygg er ikke utnyttet.	
<b>PV-scenario 1: Maks utnyttelse uten å utforme bygget med tanke på solceller</b> 14,0 GWh Tak: 52 000 m <sup>2</sup> Fasader: 51 000 m <sup>2</sup>	Alle nybygg og alle eksisterende bygg får solcelleinstallasjoner som dekker 50% av takarealene. Det er ikke realistisk å dekke større andel av tak med tradisjonell bygningsutforming, og det vil være minimalt med arealer tilgjengelig for takterrasser og grønne tak. Alle solutsatte fasader mot sør og øst er 50% dekket med solceller (kategori 2 og 3 iht Tabell 8). Dersom man senere i prosjektet ser at det vil være mulig å utnytte mer enn 50% av tak og fasader, kan dette skaleres direkte på de resulterende tallene.	

<p><b>PV-scenario 2: God utnyttelse med tilpasning av bygningskropp for bedre utnyttelse av solenergi</b></p> <p>15,0 GWh</p> <p>Tak: 55 000 m<sup>2</sup></p> <p>Fasader: 43 000 m<sup>2</sup></p>	<p>For alle nybygg tilpasses bygningskroppen slik at 50% av takarealene vinkles 20° mot sør. Resterende arealer er tilgjengelig for takterrasser, grønne tak og tekniske installasjoner.</p> <p>På eksisterende bygg utnyttes 50% av takarealene til solcelleanlegg.</p> <p>Alle solutsatte fasader mot sør og øst er 50% dekket med solceller.</p>	
<p><b>PV-scenario 3: Maksimal utnyttelse med tilpasning av bygningskropp for bedre utnyttelse av solenergi</b></p> <p>21,2 GWh</p> <p>Tak: 94 000 m<sup>2</sup></p> <p>Fasader: 43 000 m<sup>2</sup></p>	<p>For alle nybygg tilpasses bygningskroppen slik at 95% av takarealene kan utnyttes, og vinkles 10° mot sør. Det er ikke tilgjengelig areal for takterrasser, grønne tak, og tekniske installasjoner må plasseres under tak.</p> <p>På eksisterende bygg utnyttes ca 70% av takarealene til solcelleanlegg.</p> <p>Alle solutsatte fasader mot sør og øst er 50% dekket med solceller.</p>	 

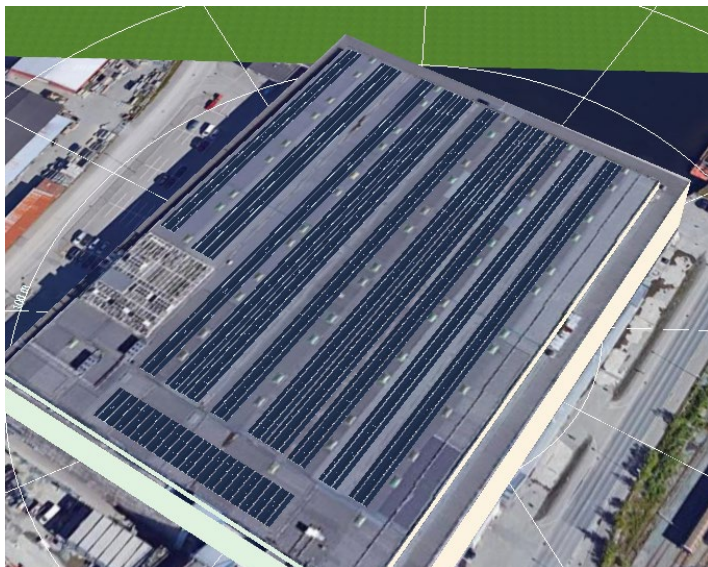
Vi understreker at realisering av PV-scenario 1-3 vil kreve incentiver eller reguleringer som oppfordrer sterk til utbygging av solenergi. For å tillate tilpasninger av bygningskroppen slik som foreslått i PV-scenario 2 og 3 må det gis en tillatelse til at *regulert byggehøyde overstiges med 2m for deler av takene som produserer mer enn 170 kWh/m<sup>2</sup> i året med solenergi, og at den aktuelle takflaten med solcellepaneler må være et skråtak, og gjennomsnittshøyden for takflaten ikke overstiger reguleringen med mer enn 1m.* Skråtakene vil ikke nødvendigvis føre til dårligere utnyttelse, da tekniske installasjoner som ventilasjonsaggregater kan legges under disse, eller man får leiligheter med stor takhøyde og hemser som kan gi økt verdi. Klimagasseffekten, og effekten på målet om å bli et nullutslippsområde kan finnes i kapittel 8.4.2.

Dersom det er aktuelt med innføring av spesielle reguleringer som favoriserer skråtak for å øke energiproduksjonen (relativt lite fra PV-scenario 1 til 2, men ganske mye mer til 3), bør det på forhånd gjøres en konsekvensutredning av effekter for utsikt, lys/skygge og andre stedskvaliteter, både for Nyhavna isolert sett, og for omkringliggende områder med sikt til Nyhavna.



### Eksempel: Solenergiutnyttelse på Dora I

For solenergiscenario 1-3 kreves det at takarealene på eksisterende (også fredet) bygningsmasse utnyttes til solenergi. Figur 19 viser hvordan en slik utnyttelse kan se ut, som er nødvendig for å realisere disse solenergiscenariene.

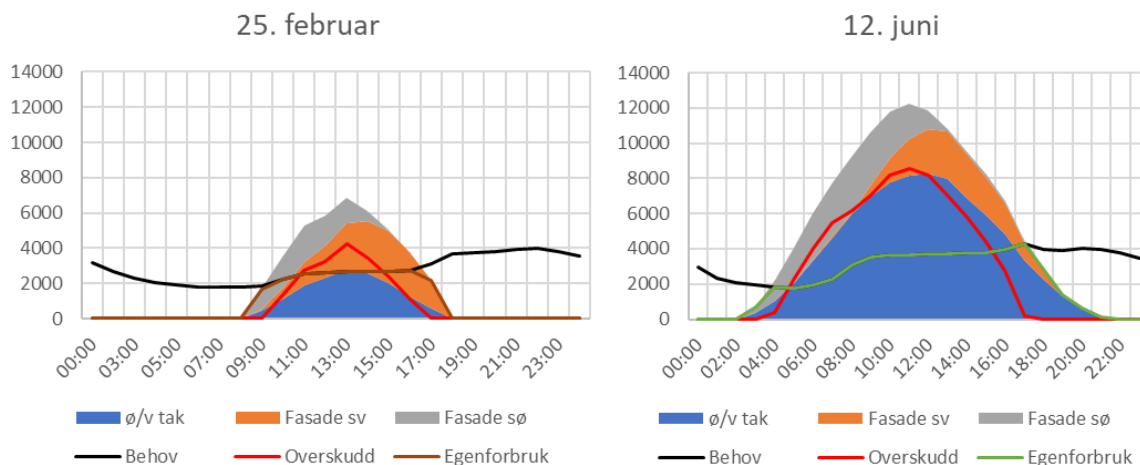


Figur 19 Eksempel på utnyttelse av taket på Dora 1, ca 50% dekket med solceller, tilsvarer en utbygget effekt på i overkant av 1 MWp, som vil produsere rundt 640 000 kWh/år. PV-scenario 1, 2 og 3 inkluderer dette anlegget.

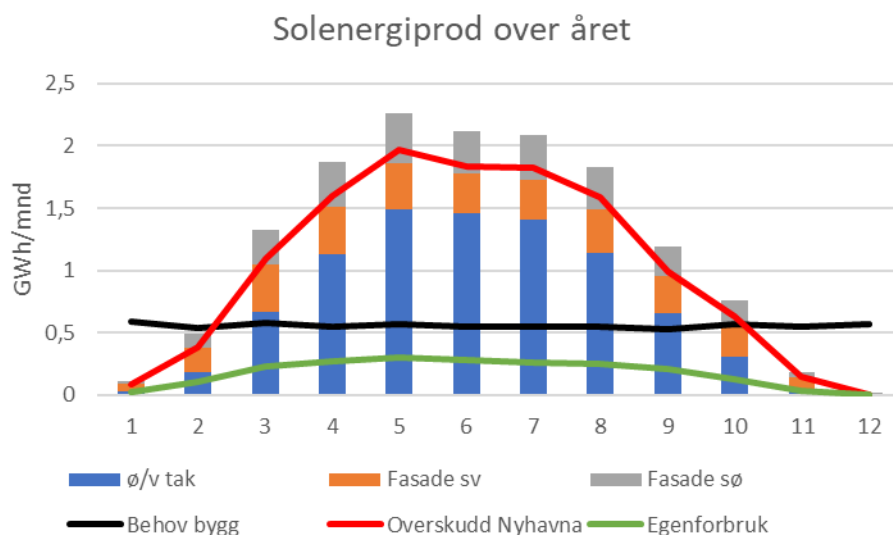
### Produksjonsprofil for solenergi på Nyhavna og mulig tilpasning av produksjonsprofilen

Solcellene vil produsere mest elektrisitet når det er mest sol, og selv med de to moderate PV-scenariene (1 og 2) får vi stort overskudd av elektrisitet fra Nyhavna, både på sommer og på sen vinter.

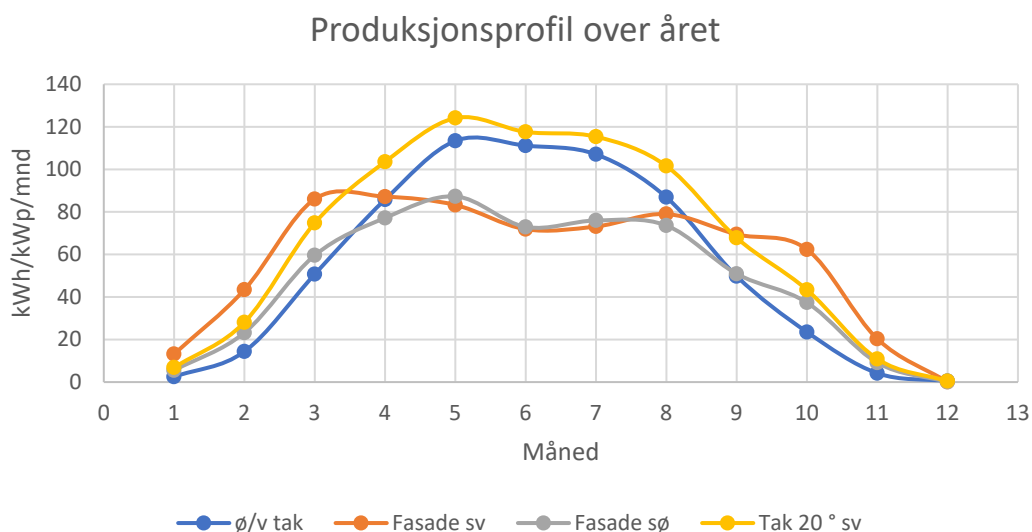
Figur 20 viser produksjonsprofilen sammenlignet med energibehov for to solrike dager om sommeren og om vinteren. Som figuren viser, produseres det mer elektrisk energi enn det man trenger i enkelte timer disse dagene. Det er delvis mulig å påvirke denne produksjonsprofilen til å passe bedre med forbruket, særlig ved å legge mer av solcellearealet på fasadene. Fasademonterte solceller har også den fordelen at de gir en jevnere energiproduksjon over året, med unntak av de fire vintermånedene november-februar, som ses i Figur 20.



Figur 20 Solenergiproduksjon (kWh/h) fra PV-scenario 1 for to solrike dager, om vinteren (venstre) og sommeren (høyre), sammenlignet med elektrisk energibehov (Byggscenario 2 «Passivhus» på energibruk i bygg, og ingen tilpasning i elbillading (ladesenario 1)).



Figur 21 Solenergiproduksjon fra PV-scenario 1 over året, sammenlignet med elektrisk energibehov (byggscenario 2 «Passivhus» på energibruk i bygg, ingen tilpasning (ladesenario 1) i elbillading).

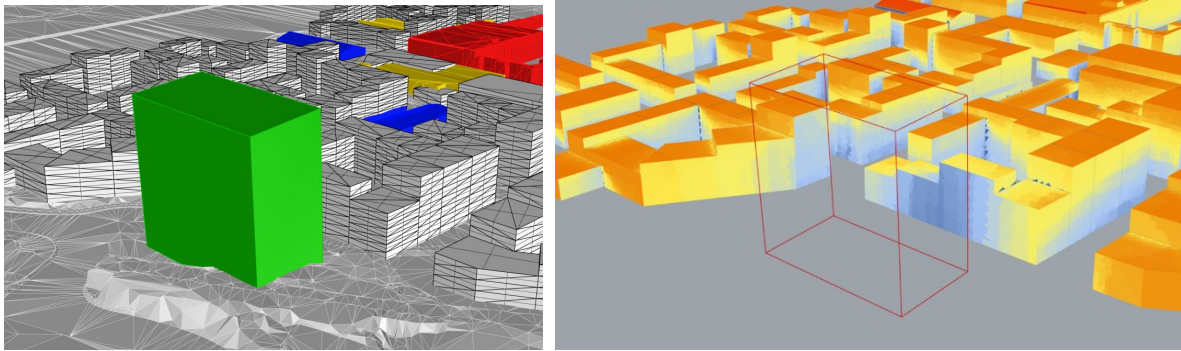


Figur 22 Produksjonsprofil for solceller på tak (ø/v, i blått, og sørvendt 20°, i gult), sammenlignet med fasader mot sørvest og sørøst. Dette er såkalt spesifikk ytelse (kWh/installert kW<sub>p</sub>), som er uavhengig av valg av solenergiscenariene.

### Effekt av ulike byggehøyde og eventuelle nybygg i sørenden av tomta

For å se på hvilken effekt bygging av høyhus utenfor Nyhavna-området har vi modellert inn et fiktivt bygg med ca 20 etasjer (60 m høyde) i sørenden av området. Som vi ser i Figur 23, gir dette, på tross av høyden på bygget, kun merkbar effekt på solenergiproduksjonen på første rekke av bygningene bygget. Det er særlig fasaden som får svært stor reduksjon i solenergi-potensialet. Det går bort ca 1200 m<sup>2</sup> på fasaden og ca 1000 m<sup>2</sup> av takarealet får stor begrensning i potensialet for solenergi, som tilsvarer ca 1% av det egnede takarealet og fasadearealet i bygningsmassen planlagt på Nyhavna.





Figur 23 Eksempel på hvordan ulik byggehøyde kan påvirke solenergiproduksjonen.

Selv om effekten av et høyt enkeltbygg er begrenset og har liten konsekvens for solenergiproduksjonen på Nyhavna under ett, er det sentralt å ta byggehøyder med videre i planleggingen av området. Det er viktig å presisere at solenergiproduksjonen blir best dersom alle bygg i Nyhavna prosjekteres innenfor omtrent samme høyde.

### Kostnader for solcelleanlegg

Solcelleanlegg er allerede i 2021 en lønnsom investering for nybygg dersom det planlegges godt. Det er derfor grunn til å anta at lønnsomheten vil forbedres fremover mot byggestart i på Nyhavna.

Likevel må det forventes at så stor solenergiproduksjon som det som skisseres i de ulike scenarioene, vil gi vesentlig kapitalbehov i byggingen. PV-scenario 1 kan forventes å gi merkostnader på 130 – 220 millioner 2021-kr i gjennomføringen, mens det største solenergiscenariet (PV-scenario 3) vil gi 180 – 300 millioner 2021-kr i økte investeringskostnader.

### Anbefalinger og konklusjoner til Nyhavna innen solenergi

Basert på utredningsarbeidet har vi følgende anbefalinger:

- Det vil være mulig å produsere opp til 21 GWh/år på bygningsmassen maksimalt, eller rundt 15 GWh/år i et mer realistisk estimat som tillater at byggene har andre kvaliteter på takene enn bare solcelleanlegg.
- Det må på et tidlig stadium gjøres klart hva som er målet for solenergiproduksjon på området. Skal hvert bygg produsere for seg selv, eller være med å muliggjøre nullutslippsområdet på Nyhavna som helhet.
- Det bør legges krav eller incentiver for å oppnå ønsket mål, og disse bør signaliseres i god tid for å tillate at planleggingen av byggene kan ta hensyn til dette.
- Dersom det er ønskelig å realisere de moderate eller høye målene for solenergi som er skissert, bør det tillates bygging over regulert høyde for å muliggjøre sørvendte skråtak som kan høste solenergi mer effektivt.
- Det er av stor betydning å maksimere antall kvadratmeter med solcellepaneler for å kunne nærme seg målet om nullutslipp. Dette er fordi energiproduksjon fra solceller er en av få måter å oppnå beregnede negative utslipp fra utbyggingen. Det er store forskjeller på å gå fra scenario 0 til 1,2 eller 3. De resulterende klimagassutslippene kan sees i kapittel 7.4.2 og 7.7.2.

- Fasader mot øst og sør<sup>18</sup> bør prioriteres høyt for solenergiutnyttelse, fordi de gir et bidrag som er bedre fordelt over året, og døgnet. Dette må hensyntas i område- og detaljreguleringer.

#### 5.4.2. Elektrisk energilager (batteri)

I utredningen er det utarbeidet en modell som kan brukes til å evaluere ulike energiltak i sammenheng. I denne modellen inngår en enkel algoritme for et energilager (batteri) som fungerer som effektlager, altså har til hensikt å redusere effekttopper, og en algoritme som har til hensikt å øke egenforbruk av strøm fra solceller generert innenfor Nyhavna-området.

Følgende batterier er evaluert i modellen:

- Lite batteri: 1 MWh, maks ladeeffekt: 560 kW, maks utladeeffekt: 560 kW  
Dette tilsvarer et batteri på størrelse med Norges største nettbatteri per i dag (Skagerak Arena). Installasjonen er på størrelse med en standard 40-fots container.
- Medium batteri: 10 MWh, maks ladeeffekt: 1500 kW, maks utladeeffekt: 1500 kW  
Dette tilsvarer en større sentral batteriinstallasjon, eller at alle nybygg i området får hvert sitt batteri i størrelsesorden 100-200 kWh, noe som tilsvarer et stort kjøleskap i utstrekning.
- Stort batteri: 50 MWh, maks ladeeffekt: 4000 kW, maks utladeeffekt: 4000 kW  
Dette tilsvarer en meget stor sentral batteriinstallasjon som vil ta flere etasjer om det skal plasseres i ett av nybyggene. Alternativt at alle nybygg holder av, eller får krav om, et eget batterirom for installasjon av et større batteri på ca 1 MWh.

Det er viktig å merke seg at simuleringene for batteri i denne utredningen er basert på at Nyhavna forvalter sitt energi- og effektuttak som én enhet. Dette vil kanskje ikke være tilfellet, og dersom det bygges flere energilagere for eksempel knyttet til enkeltbygg, vil responsen i energilagrene være svært forskjellig fra det som skisseres her. Det vi har simulert tilsvarer for eksempel at det etableres ett enkelt større energilager i Nyhavna, mens flere små energilagere vil ha en mye mer tilfeldig respons og vil ikke fungere like bra, særlig med tanke på reduksjon i effekttopper fra Nyhavna som helhet. Nyhavna skal utvikles som et nullutslippsområde og det er avgjørende at helhetsløsninger av denne typen kommer på plass. Nyhavna Utvikling AS bør derfor jobbe for å få til dette selv om dagens regelverk er en utfordring i forhold til lønnsomhet i drift av et større batteri på områdenivå. Regelverket vil forhåpentligvis endres før utbyggingen kommer skikkelig i gang.

Tabell 10 viser en oppsummering av hvilke resultater energilagere kan forventes å ha på reduksjon i effekttopper og egenforbruk av solstrøm. Tabell 9 viser forutsetningene for energimodellen for Nyhavna som ligger til grunn for disse beregningene. Det er viktig å observere at merverdien av å øke størrelsen på energilageret over 10 MWh er liten med tanke på reduksjon i effekttopper, dette er fordi tiden mellom hver effekttopp er for liten til å rekke å lade opp mer enn 10 MWh i Nyhavna. For egenforbruk vil det være fordelaktig med et større batteri.

Tabell 9 Forutsetninger valgt for batterisimulering vist i dette avsnittet.

Kategori	Valg
Behov bygg	Byggscenario 2 (Passivhus)

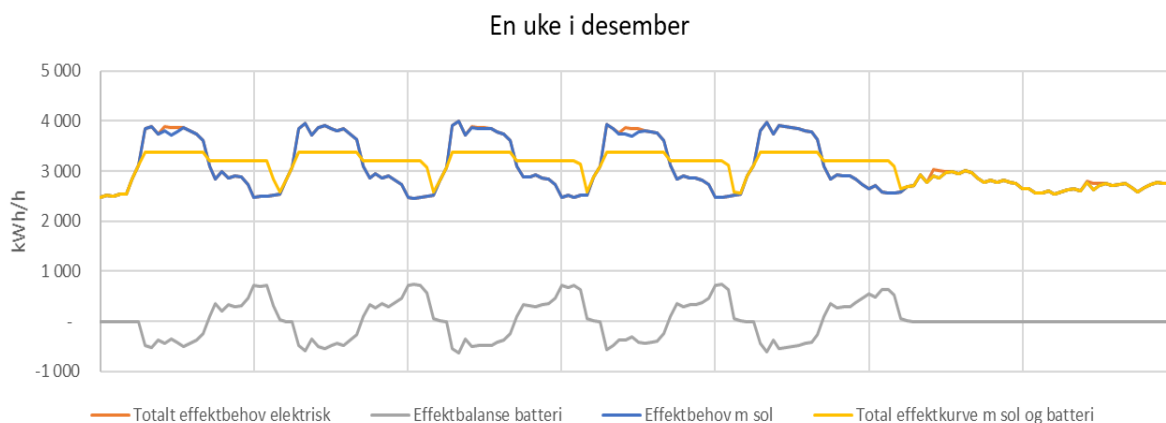
<sup>18</sup> Fasader mot vest er i planene for området vendt i nordlig retning. Dette gir dårlig innstråling, og da er det ikke anbefalt å prioritere disse områdene for solceller.

Produksjon sol	PV-cenarior 2 (50% dekket skråtak og fasade)
El-bil effektkurve	Ladescenarior 3 (Tilpasset effektkurve bygg)
Transportbehov per bruker	Mobilitetsscenario 4 (Estimat Fornebu)
Kollektiv	Inkludert
Termisk energiløsning	Termisk konsept B (varmelager)

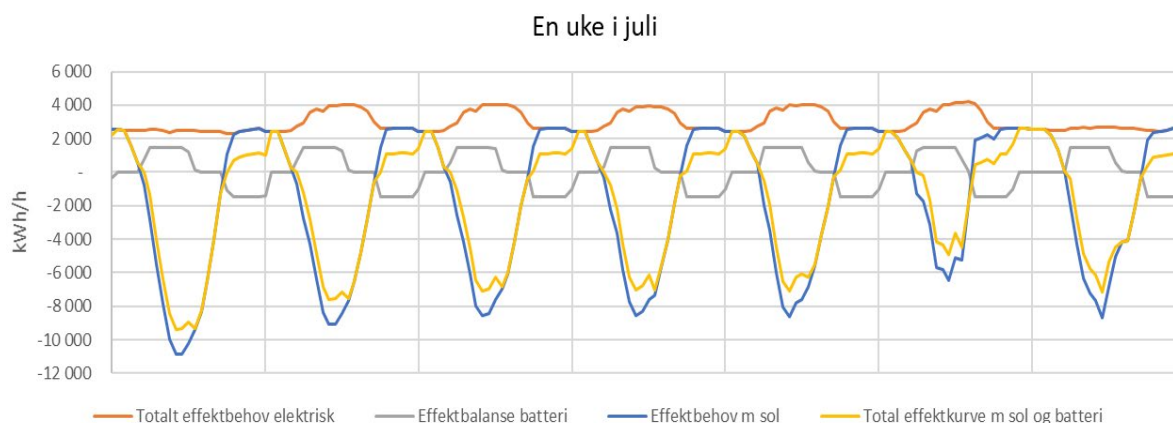
Tabell 10 Resultater i reduksjon av effekttopp og egenforbruk av solstrøm for ulike størrelser på effektlager. Se tabell over for hvilke scenarier simuleringen gjelder for.

Batteri	Reduksjon effekttopp	Økning egenforbruk solstrøm	Batterisykluser per år (lading-utlading)	Årlig tap av energi i batteri
1 MWh/0,56 MW	-0,21 MW / 5%	0,2 GWh / 1%	304	30 MWh
10 MWh/1,5 MW	-0,66 MW / 17%	1,9 GWh / 12 %	250	250 MWh
50 MWh/4,0 MW	-0,87 MW / 22%	4,8 GWh / 39 %	112	560 MWh

Figur 24 og Figur 25 demonstrerer hvordan et elektrisk energilager på 10 MWh fungerer både for å redusere effekttopper og øke egenforbruket av solstrøm.



Figur 24 Elektrisk energilager og innvirkning på effektprofilen på Nyhavna en uke i desember. Her fungerer det som et effektlager og kutter effekttopper. Eksempel for 10 MWh batteri og forutsetninger i henhold til Tabell 9.



Figur 25 Elektrisk energilager og innvirkning på effektprofilen på Nyhavna en uke i juli. Her fungerer det som et solenergilager om dagen og reduserer effekttopper om natten når lagret solstrøm blir matet inn i nettet.

### Kostnader for elektrisk energilager

Dagens teknologi for elektrisk energilager (batteri) ligger i området 5 – 10 millioner kr per MWh. Innen byggestart vil dette sannsynligvis mer enn halveres. Det vi har kalt «Medium batteri» på 10 MWh vil derfor gi en merkostnad på 25-50 millioner 2021-kr. Lønnsomheten er meget avhengig av hvordan insentiver og betalingsmodeller for energi og effekt utvikler seg, og det er umulig å i dag si om det vil være en lønnsom investering eller ikke.

Som rent energilager for solstrøm er batteri per i dag langt fra lønnsomhet. Som vist i Tabell 10 krever det store batterier (100 MWh) for å oppnå særlig forandring. Det oppnås kun i overkant av 100 sykluser per år, som vil si ca 1 500 sykluser i løpet av en levetid på 15 år. Kostnader per lagret kWh er i beste fall ca 3 kr/kWh uten å hensynta tap eller kapitalkostnader. Til sammenligning er verdien ved å øke selvforbruket med 1 kWh knyttet til kostnader og avgifter for å selge og kjøpe tilbake energi, i området 0,3-0,5 kr/kWh.

Det vil sannsynligvis i fremtiden også bli større behov for batterier i kraftsystemet for regulering av spenning og frekvens, og dette kan være en del av forretningsmodellen, spesielt for et større, sentralt, energilager.

### Levetid for elektrisk energilager

Energilager basert på Li-ion batteriteknologi allerede dominerende innenfor stasjonær lagringsteknologi i størrelsesorden kWh-MWh. Vi anser denne teknologien som mest relevant i utbyggingsperioden for Nyhavna. Dagens teknologi for Li-ionbatterier har en typisk sykluslevetid på 1000-5000 sykluser og kalenderlevetid på 10-15 år<sup>19</sup>. For utbyggingsperioden i Nyhavna, ser vi det som realistisk at Li-ionbatterier vil ha en levetid på 15 år. Tilknyttede vekselrettere og annen kraftelektronikk vil ha en tilsvarende levetid på ca 15 år.

### Anbefalinger og konklusjoner, elektrisk energilager

- Det antas at reduksjon i effekttopper om vinteren gir høyest verdi for Nyhavna. For dette formålet vil vi anbefale et batteri montert sentralt i nettet i Nyhavna med en kapasitet i størrelsesorden 10 MWh.

<sup>19</sup> Se f. eks. [NREL- Battery Lifespan](#), og [“Lifetime Expectancy of Li-Ion Batteries used for Residential Solar Storage”, Beltran et al, Energies 2020.](#)

- Et batteri som fungerer som effektlager om vinteren vil også kunne begrense eksport-toppen av solenergi på sommeren, men denne effekten er prosentvis mindre da eksporttoppen om sommeren forventes å bli mye større og mer langvarig enn forbrukstoppen om vinteren.
- Enkeltbatterier i bygninger og hjem vil i fremtiden kunne være en lønnsom investering som enkeltprosjekt, men det vil ha lite å si for Nyhavna sitt behov for effekt og energi, så det trengs ikke å legge til rette insentiver for dette med tanke på å oppnå Trondheims kommunes mål.
- Energilagring i batteri er ikke vurdert som et tiltak som kan bidra til å redusere klimagassutslipp, og batteri er ikke inkludert i klimagassberegninger for Nyhavna.

### 5.4.3. Forbrukerfleksibilitet og vehicle-to-grid (V2G)

Nyhavna har et betydelig potensial for å utnytte forbrukerfleksibilitet gjennom energibruk i byggene og lading av elektrisk transport. Forbrukerfleksibilitet kan ha flere formål, som kan være delvis overlappende: Flexibilitet kan f.eks. ha som formål å utnytte mest mulig av egenprodusert strøm innenfor området, å ha lavest mulig effektuttak fra nettet (reducere makseffekt og dermed strøm- og nettkostnader), å tilgjengeliggjøre effekt til annen bruk m.m.

Flexibler laster kan enten være laster der en hel aktivitet flyttes i tid, dvs. at man kan endre starttidspunktet, men når aktiviteten har startet, kan den ikke stoppes eller pauses («shiftable atomic loads»<sup>20</sup>). Eksempler på dette er husholdningsapparater som vaskemaskiner, tørketromler og oppvaskmaskiner. Andre laster kan kobles ut i et kortere tidsrom, for så å kobles inn igjen ved et senere tidspunkt, uten at det merkes på komfort eller funksjon hos sluttbrukeren. Eksempler på dette er varmekabler, varmtvannsberedere og lading av elbiler eller andre batterier.

Systemer for smart lading tilbys allerede av flere aktører i dag <sup>21</sup>, og det antas derfor at lading av elbiler på Nyhavna i framtida vil foregå med smart styring, slik at ladeeffektene vil tilpasses det øvrige effektbehovet i energisystemet, og dermed typisk lade med høyest effekt på natten. Merk at dette ikke gjelder for hurtiglading av elbiler og varetransport hvor det er behov for å lade i en kort periode når bilene laster/losser. Flexibel lading av elbiler kan også inngå som reserve i regulerkraftmarkedet slik Statnett har testet i prosjektet eFleks<sup>22</sup>

En videreutvikling av smart lading er konseptet vehicle-to-grid (V2G), hvor den lagrede kapasiteten i elbilens batteri kan føres tilbake til nettet. Dette kan f.eks. være nyttig for elbileiere som har installert solceller, der kjøretøyets batteri kan benyttes som lager for å øke utnyttelsen av egenprodusert elektrisitet, eller man kan lade batteriet når strømprisene er lave og selge overskuddsstrøm til nettet når prisene er høye, på samme måte som for et stasjonært batteri. Ulempen med V2G er at det er knyttet betydelig usikkerhet til hvor mye ekstra ladesykluser vil degradere batteriets levetid. Ifølge NVE kan levetiden til batteriet reduseres med opptil 50% ved bruk for V2G<sup>23</sup>. Dette kan føre til store kostnader for elbileiere.

På FME ZEN sin pilot på Høgskolen i Innlandet avdeling Evenstad ble overføring av strøm fra elbiler til strømmettet testet for første gang i Norge<sup>24</sup>. Det gjenstår imidlertid en del forskning og utvikling før V2G blir kommersielt tilgjengelig. Lønnsomhet for V2G vil være avhengig av utviklingen av batterikostnader, fremtidig strømpris og effekttariffer. Per i dag er ikke V2G så aktuelt som energilager, men kan være aktuelt til kortvarige nettjenester som spennings- og frekvensstøtte. V2G

<sup>20</sup> <https://blog.sintef.com/sintefenergy/flexibility-potential-household-appliances/>

<sup>21</sup> Fortum, Tibber, Zaptec m.fl.

<sup>22</sup> <https://www.tu.no/artikler/statnett-har-testet-om-elbiler-kan-regulere-kraftnettet-en-ekstremt-billig-losning/494492?key=ciDv1nY2>

<sup>23</sup> [http://publikasjoner.nve.no/faktaark/2019/faktaark2019\\_09.pdf](http://publikasjoner.nve.no/faktaark/2019/faktaark2019_09.pdf)

<sup>24</sup> <https://www.tu.no/artikler/statsbygg-forst-ute-med-a-overfore-strom-fra-elbiler-til-stromnettet/477725>

kan også være en aktuell teknologi i tilfeller med avbrudd, der man kan kjøre et nabolag i øydrift i en kortere periode.

Styring av laster hos husholdninger og næringsvirksomhet og V2G er ikke vurdert i detalj i denne utredningen. Nye incentiver for forbrukerfleksibilitet og nye forretningsmodeller for smart styring forventes å kunne realisere deler av fleksibilitetspotensialet. Det anbefales at Nyhavna Utvikling AS følger opp disse mulighetene.

## **5.5. Termisk energiforsyning og sesongvarmelager**

Gjennom arbeidet med konseptutredningen ble det foreslått å undersøke muligheten for et termisk sesongvarmelager i tilknytning til Nyhavna. Området mot Ladehammeren, på flaten langs Ormen Langes vei, ser lovende ut og det ble besluttet å gjennomføre testboringer i området. Spesielt interessant er det om overskuddsvarme fra avfallsforbrenningen i Trondheim kan lagres om sommeren og hentes opp igjen om vinteren.

I tillegg til å være en ressurs for Nyhavna, kan et større sesongvarmelager i kombinasjon med en sjøvannsvarmepumpesentral i fjernvarmenettet bli en ressurs som kan redusere det brenselstyrte spisslastbehovet (og fossile utslipp) også i byens øvrige termiske energiforsyning.

### **5.5.1. Generelle prinsipper for termisk energiforsyning**

Det aktuelle området ved Nyhavna (Figur 26) ligger i konsesjonsområdet for fjernvarme fra Statkraft Varme. Pr i dag er fjernvarmenettet i dette området bare tilknyttet enkelte bygg. Det er planer om å kunne etablere fjernkjøling fra Statkraft Varme, dette vil også kunne være aktuelt for Nyhavnaområdet. Til tross at området ligger innenfor konsesjonsområdet for fjernvarme, så vil det være teknisk/økonomiske forhold som må ligge til grunn for at Statkraft varme vil forsyne fjernvarme og fjernkjøling til kommende eller eksisterende bygningsmasse. Konsesjonsplikten utløses først dersom et anlegg forsyner eksterne forbrukere og har en ytelse på over 10 MW<sup>25</sup>.

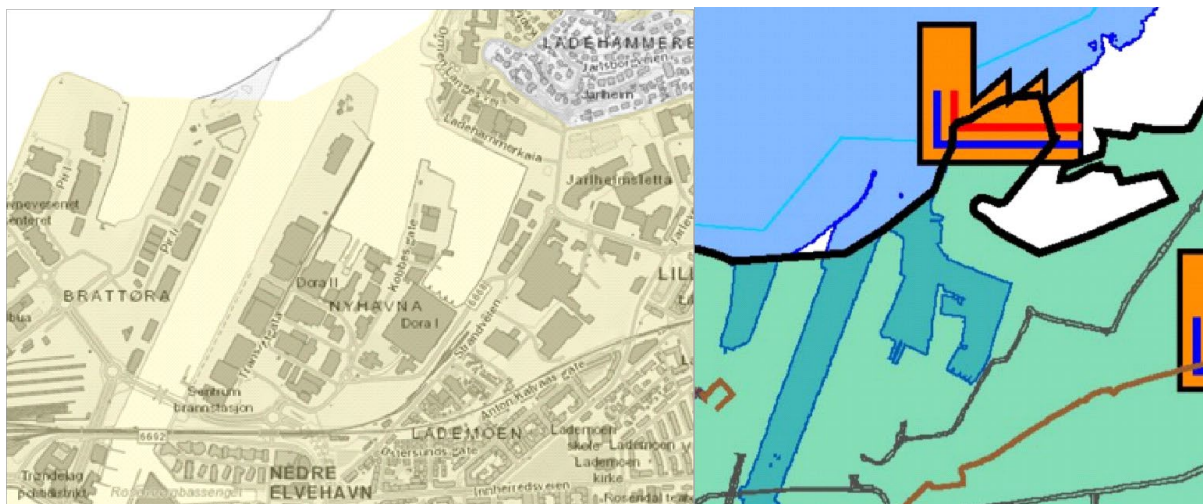
Konvensjonelt ville bygningsmassen ved Nyhavna bli forsynt med en kombinasjon av sentral fjernvarme, og enkeltstående, separate varme- og kjølesystemer basert på energikilder som uteluft, grunnvarme, ventilasjonsluft, elektrisitet og sjøvann.

Konseptutredningen har en tilnærming som ser på en helhetlig områdeløsning for den termiske energiforsyningen.

---

<sup>25</sup> [Konsesjonsbehandling av fjernvarme - NVE](#)





Figur 26 Kartutsnitt til venstre viser Statkraft Varme sitt konsesjonsområde (gulmarkert område) ved bl.a. Nyhavna<sup>26</sup>. Kartutsnitt til høyre er fra NVE sin kartdatabase<sup>27</sup> for konsesjonsområde som bl.a. viser eksisterende fjernvarme (sorte streker) ved Nyhavna.

I begrepet termisk energiforsyning vil gjerne følgende inngå: a) *energikilde(r)*, b) *energisentral*, c) *distribusjonssystem* og d) *energibehov/bruker*. Summen av disse leddene vil være med å bestemme hvor energieffektiv, «lønnsom» eller klimavennlig, den termiske energiforsyningen vil være.

For å oppnå en helhetlig områdeløsning for termisk energiforsyning ved Nyhavna, med lokal fornybare energikilder, er det i vurderingene tatt utgangspunkt i et felles, vannbårent distribusjonssystem (distribusjonssystem), tilsvarende en type fjernvarmesystem. Et felles vannbårent system vil kunne motta varme og/eller kjøling fra ulike kilder, og på den måten også være energifleksibel.

### Energikilde

De termiske energikildene som er vurdert som de primært mest hensiktsmessige kildene er hhv. *sjøvann* og *borehullsbaserte sesongvarmelagre (medium til høytemperatur)*. Bakgrunnen for avgrensningen til disse to kildene er grunnet at begge er tilgjengelige, stabile energikilder som for større utbygginger både vil være fornybare samt driftsøkonomisk gunstige. Lokalt i Trondheim finnes det flere anlegg som hovedsakelig baserer seg på sjøvann som energikilde, f.eks. PowerHouse Brattørkaia<sup>28</sup>. Her hentes en stabil sjøvannstemperatur fra om lag 70 meters dyp.

Supplerende energikilder som gråvann (fra boligbygg eller kloakk), spillvarme fra Ateas datasenter i Dora 1, mulig kommende trafostasjon (kan bli vannkjølt) eller lokal prosessvarme fra kjølfrys fra dagligvare, vil kunne spille en rolle for totalsystemet. Et forhold som er sentralt for utnyttelse av spillvarme, er forskjellen i temperaturnivå mellom spillvarmekilden og forsyningssystemet. For å kunne utnytte spillvarmekilden må det være stor nok temperaturforskjell til at varmen er mulig å overføre. Dette taler for et lavtemperatur-distribusjonssystem som er (trykk)skilt fra byens øvrige fjernvarmesystem.

### Effektbehov i energiforsyning

Som en følge av fokus på sjøvann og sesongvarmelager som energikilder, så vil varmpumpeteknologi (varmepumpe og kjølemaskin) spille en sentral rolle i forsyningen av varme og kjøling til Nyhavna-området.

<sup>26</sup> <https://www.statkraftvarme.se/no/utbygging/Konsesjonskart/>

<sup>27</sup> <https://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/201002582/2334392>

<sup>28</sup> <https://www.powerhouse.no/prosjekter/brattorkaia/>



Store effektbehov vil gjerne ikke kunne dekkes fullstendig av varmepumpeteknologi, da dette blir en kostbar og driftsmessig uhensiktsmessig løsning for en slik installasjon. Tradisjonelt vil en termisk energiforsyning ha installert dedikerte komponenter som skal kunne ta effekttopper, som type fjernvarme, elkjel og gasskjel for varme, og kjølemaskiner for kjølebehovet. Disse er gjerne bedre egnet til å ha lavere installasjonskostnader samt bedre egnet for kort brukstid over året.

Siden dekning av store effektbehov ofte krever tilleggsinvesteringer og /eller økte kostnader, er det viktig å se på muligheter for å redusere dem. F.eks. er grundig innregulering av tekniske anlegg en forutsetning for å ha luket bort opphav til effekttopper.

For en bygningsmasse som planlagt utbygging i Nyhavna vil spesielt tre typer effekttopper forekomme:

- a. varmt tappevannsbehov på morgen og kveld
- b. oppvarmingsbehov ved kalde perioder på vinter
- c. komfortkjølebehov på varme sommerdager

Tappevannseffekt og romoppvarming kan på morgenen opptre samtidig. Evt. behov for gatevarme vil også kunne representere et høyt effektbehov over en relativ kort periode.

Tiltak for å redusere og/eller dekke høye termiske effektbehov:

1. Justere temperatur i forkant av forventet effektperiode, slik at noe termisk energi lagres i bygningskropp
2. Benytte effektlager/akkumulatortanker for å kunne lade og utlade effekt sammen med installert kapasiteter
3. Sette prioritet på varme og kjølelaster som legges ut ved høye effekter
4. Benytte spisslastkapasitet (endre energikilde)

### 1. Justere temperatur i forkant av forventet effektperiode

Ved bruk av værmelding/prognose, enten som signal til SD anlegg eller manuelt, kan forkjøling eller forvarming av bygningskroppen i forkant av forventet effektperiode bidra til en demping av effekttopp. For at et slikt tiltak skal ha en vesentlig virkning, er en avhengig av at bygget har betydelig termisk masse som er disponibel for å akkumulere termisk energi, f.eks. via TABS («Thermal Activated Building Systems») eller PCM («Phase Change Materials») plater.

### 2. Benytte effektlager

Bruk av effekttanker som hjelper til med å dekke termiske effekttopper anvendes gjerne når systemet ikke er dimensjonert for 100% dekning av kjølelast eller varmelast. Bakgrunnen for å underdimensjonere systemet vil ofte være at effektperioder inntreffer relativt sjeldent, og med full effektdekning fra f.eks. kjølemaskinkapasitet, representerer dette betydelige investeringskostnader.

Effektlager til forsyning av varme og kjøling er gjerne store tanker som enten kun benytter den sensible energien i væsken (som vannbaserte akkumuleringstanker) eller evt. også latent varme som fasemateriale eller PCM. Tilgjengelig plass og dimensjonerende varighet for effektperiode vil være bestemmende parameter for valg av effektlagertype, i tillegg til investeringskostnader og energipriser.

I denne innledende fasen er det sett overordnet på muligheten for å f.eks. kunne benytte Dora 2 som en mulig egnet lokasjon for etablering av et termisk effektlager i form av store akkumuleringstanker. Det gunstige med denne plasseringen er at det er betydelig takhøyde og plass, noe som er en forutsetning for type effektlager.

### 3. Sette prioritet på varme og kjølelast som kobles ut i perioder med høye effekter

I bygg hvor det er mulig å kunne sette prioritet på det enkelte kjøle- eller varmebehov, vil det være mulig å legge inn og ut de enkelte behov avhengig av det momentane effektbehovet for hele systemet. F.eks. vil gatevarme og gulvarme i en høy effektperiode kunne legges ut for å redusere det totale effektbehovet. Spesielt behov hvor det er treghet, at temperaturendringer skjer sakte, er gunstige laster som over en kortere periode kan legges ut. For mer informasjon om fleksibilitet og forretningsmodeller for energi, se avsnitt 8.5.1.

### 4. Benytte spisslast

Som nevnt vil dekking av høye effektperioder ved hjelp av spisslast representere den enkleste løsningen installasjonsmessig. For den aktuelle utbyggingen vil det være bruk av fjernvarme eller fjernkjøling/kjølemaskiner.

### 5. Annet

#### Temperaturløft

Behovet for temperaturløft for en varmepumpe, eller en kjølemaskin, er avgjørende for hvor energieffektiv en termisk forsyningsløsning er. Desto nærmere temperaturen i energikilden er nivået som varme eller kjøling etterspørres ved, desto mindre energi er nødvendig for å løfte eller senke temperaturen til ønsket nivå.

Ved å utforme varme- og kjøledistribusjon for hhv. lavtemperatur varme og høytemperatur kjøling vil energieffektiviteten i energileveransen øke, da varmepumpe eller kjølemaskin vil kreve mindre elektrisitet for å levere nødvendig energimengde for å dekke behovet.

#### Utvikling mot fremtidige termiske energisystemer

Med økende fokus på energieffektive og klimavennlige løsninger kan det vises til noen eksempler på uttesting og vurdering av såkalt lav til ultralav fjernvarme. Disse termiske forsyningsystemene er designet for lave temperaturløft (mellom kilde og forsyning), reduserer varmetapet i rørføringer, utnytte synergier i kjøle- og varmebehov, øker potensialet for gjenvinning av lavtemperatur spillvarme samt å utnytte erfaringsbasert regulering til å redusere bl.a. effekttopper.

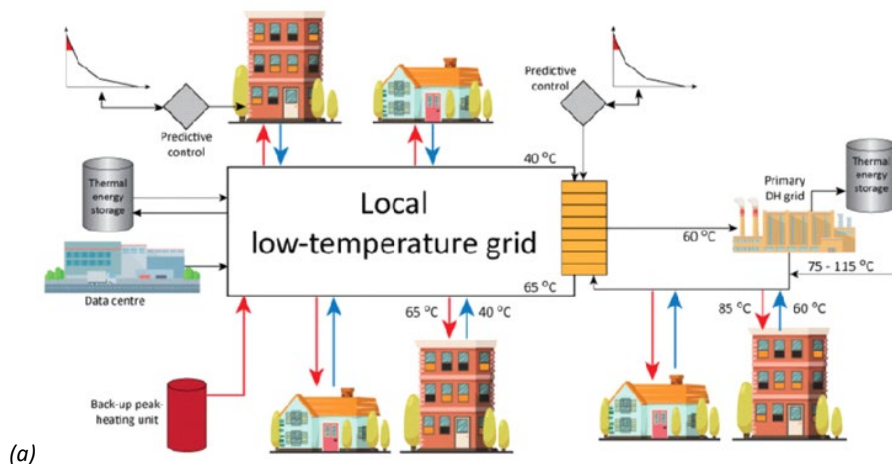
Som et eksempel viser

*Figur 27* viser hvordan hhv. A) Sintef<sup>29</sup> og B) det europeiske samarbeidsprosjektet Flexynets<sup>30</sup>, ser på mulig design av lavtemperatur termisk energiforsyning. Konseptet i A ser på ett lavtemperatur varmenett som kan utnyttet ulike lokale spillvarmekilder, fokus på prediktiv kontroll samt bruk av energilager. Konsept B er bl.a. designet som et nøytralt termisk nett som skal distribuere en «nøytral» temperatur på 15-20°C til bygningsmassen, som på denne måten legger grunnlag for et lavt temperaturløft for både varme og kjøling.

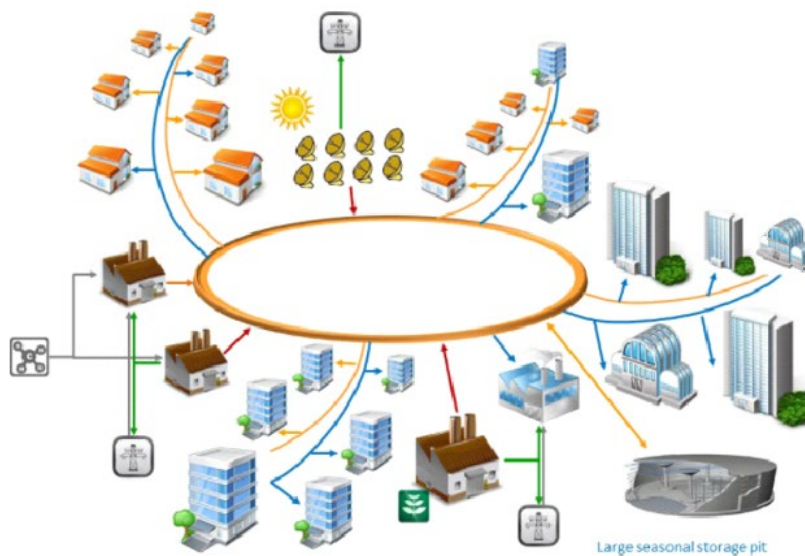
---

<sup>29</sup> <https://www.sintef.no/prosjekter/2018/lttg/>

<sup>30</sup> <http://www.flexynets.eu/en/Project>



(a)



(b)

Figur 27 illustrasjon av a) Sintef sitt LTTG+ konsept for lavtemperatur varmenett med 65/40°C distribusjon og b) europeiske samarbeidsprosjekt Flexynets sitt konsept for termisk energiforsyning kjøling og varme (the concept of the loop). Dette termiske nettet er designet med en glidende temperatur mellom 15-20°C.

Konseptene som er presentert i avsnitt 5.4.4, tar utgangspunkt i momenter fra Figur 27 og overnevnte tema i avsnittet som bl.a.; små temperaturløft for varmepumpe teknologi for varme og kjøling, lav dimensjonerende turtemperatur for sentral varmedistribusjon, høy dimensjonerende temperatur for kjøledistribusjon, mulighet for nyttiggjørelse av lokal spillvarme og dedikerte, korttids effektlagre for varme og kjøling.

### 5.5.2. Borehullsbasert sesongvarmelager (medium til høytemperatur) på Ladehammerkaia

Sesonglagring av varme i borehull – termosløsning (figur 28 og figur 29) kan levere tilnærmet hele varmebehovet direkte (uten bruk av varmepumpe) fra varmelageret til Nyhavna. Løsningen forutsetter at varmelageret blir ladet opp med overskuddsvarmen fra avfallsforbrenningen på Heimdal som ellers ville gått tapt, eller med bruk av annen tilgjengelig spillvarme/rimelig energi. Potensialet for overskuddsvarme fra fjernvarmen vil være 50 - 80 GWh/år i lang tid fremover, i følge samtaler med Statkraft Varme. Dette kan bli en lokal løsning som reduserer behovet for tilført energi og varmeeffekt til området i tider på døgnet og året når det kan være kapasitetsproblemer i strøm og fjernvarmeforsyningen i området / byen. Tiltaket med sesonglagring av varme på Nyhavna kan derfor

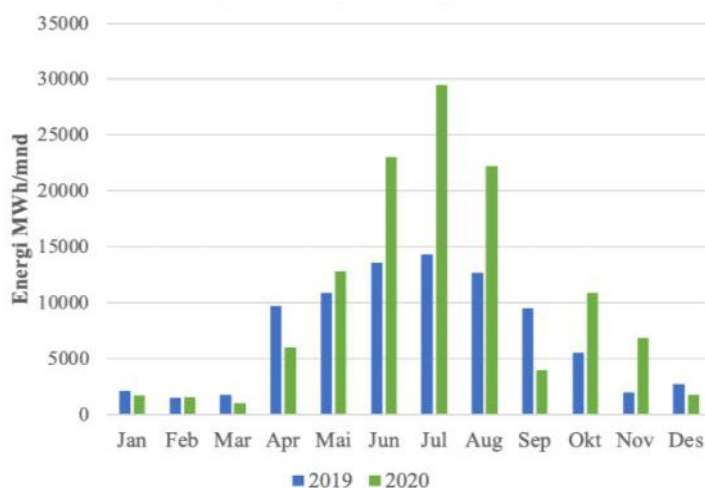
være en god måte å redusere belastningen på øvrig energiforsyning og energisystemet som helhet, samt redusere klimagassutslippene i området og i byen.



Figur 28. Lading av borehullene i sesongvarmelageret med overskuddsvarme fra avfallsforbrenningen på Heimdal om sommeren.



Figur 29. Uttak av varme fra sesongvarmelageret om vinteren for direkte oppvarming av byggene på Nyhavna. Et oppskalert lager kan supplere fjernvarmettet utenfor Nyhavna med varme om vinteren.



Figur 30. Overskuddsvarme fra avfallsforbrenningen på Heimdal i 2019 og 2020 (fra Statkraft varme, presentert i Ekspert i Team-rapport<sup>31</sup>).

#### Vi har beregnet to alternativer av et sesongvarmelager:

- Sesongvarmelagring for levering av frivarme (14,7 GWh/år og 5 MW) til Nyhavna. Varmen har en temperatur mellom 45-60 °C om vinteren og kan leveres direkte fra de 250 borehullene og ut til byggene på Nyhavna. Borehullene er plassert i et sirkulært mønster med 5 m mellom hullene.
- Et storskala sesongvarmelager (4-500 borehull) som i tillegg til å levere frivarme til Nyhavna som over, kombineres med en sjøvannsvarmepumpe og leverer ut i fjernvarmenettet (ca. 33,3-37,5 GWh/år og 9,4-10,6 MW). På de kaldeste dagene erstatter denne varmemengden ofte fossilfyrt spisslast som må tilføres i høylastperioder, og dette vil kunne gi et viktig bidrag for å øke fornybarandelen i fjernvarmesystemet.

Et sesongvarmelager baseres i hovedsak på konvensjonelle energibrønner slik at kostnaden tilsvarer energibrønnparker. Brønndelen (borehull og rør) i et storskala sesongvarmelager som kan levere ut i

<sup>31</sup> Ølnes G., Lysnes-Larsen M., Hartvigsen S og Sandvik T.M. (2021): Hvor mye kan termosløsninger redusere direkte klimagassutslipp i Trondheim kommune? Prosjektrapport – TGB4855 Ekspert i Team.

fjernvarmenettet antas å ha en kostnad på 40-50 MNOK, mens det minste sesongvarmelageret som leverer frivarme til Nyhavna antas å ha en kostnad på 25 MNOK. Begge alternativene har trolig god lønnsomhet uten at dette er beregnet i detalj.

Området på selve Nyhavna har utfordrende grunnforhold, og det anbefales å etablere sesongvarmelageret på Ladehammerkaia som har fjell i dagen mot nord og begrensede løsmasser mot sør. Det er gjort forundersøkelser i to testborehull i Ormen Langes vei i et parallelt prosjekt til utredningsarbeidet. Resultatene er lovende med tanke på etablering av borehullsbasert sesongvarmelager.

Vi anbefaler at Nyhavna utvikling AS blir ansvarlig for å lede det videre arbeidet som må gjøres i et nært og aktivt samarbeid med Statkraft varme og Trondheim kommune, og eventuelt andre relevante aktører. Det blir viktig å avklare en tydelig ansvarsfordeling og eierskap for å få gjennomført prosjektet.

For å realisere et sesongvarmelager på Nyhavna må det jobbes videre med å:

- Sikre tilgang til egnet areal for etablering av borehullene i dette området. Brønnene må bores før det etableres annen nedgravd infrastruktur, bygg mm. Videre må hensynsone kulturminner og vernede bygg ivaretas. Det må avklares om området trenger regulering og sikre koordinering mot øvrige byggeaktiviteter. Det er ikke praksis at energibrønner og sesongvarmelagre trenger konsesjon etter vassdragsloven (§43a eller §45), men det anbefales å avklare dette med NVE som er konsesjonsmyndighet.
- Gjøre videre forundersøkelser for å få en bedre oversikt over områdets kapasitet for sesonglagring av varme med høyere temperaturnivåer og etablere et pilotanlegg.
- Gjøre mer nøyaktige beregninger for endelig design av sesongvarmelageret med antall brønner, avstander, temperaturnivåer, plassering og lønnsomhetsvurderinger før investeringsbeslutning.
- Kartlegge grunnforholdene mer nøyaktig, inkludert sikker påvisning av dybde til fjell og eventuelle sensitive løsmasser. Det anbefales å sette av dedikerte midler til dette. Resultatene fra de geotekniske undersøkelsene vil bidra til å avklare om det er mulig å etablere bygg over energibrønnene i sesongvarmelageret.
- Finne ut og dokumentere hvordan energiforsyningen på Nyhavna best mulig kan integreres i energisystemet for en mest mulig helhetlig løsning for byen der fokus er reduserte klimagassutslipp, fleksibilitet / samspill mellom varme og elektrisitet, og forsyningsikkerhet.
- Utvikle en forretningsmodell som ivaretar eierskap og profesjonalisert etablering og drift.

I Trondheim er det et stort potensial for å utnytte store mengder varme som per i dag går tapt fra avfallsforbrenningen ved Statkraft varme sitt fjernvarmeanlegg på Heimdal (figur 30). I samtaler med Statkraft varme ser man at det kan bli behov for noe av varmen til et eventuelt CCS-anlegg på Heimdal og at det blir behov for noe mer varme om sommeren når byen vokser. Avfallsmengden vil reduseres som følge av større bevissthet, men ifølge Statkraft Varme er det sannsynlig at 50-80 GWh/år overskuddsvarme vil holde seg stabil fremover. Overskuddsvarmen kan lagres i borehullsbaserte sesongvarmelagre, for deretter å avlaste fjernvarmenettet om vinteren.

Teknologien med sesongvarmelager er best egnet i områder med lavtemperatur varmforsyning, noe det kan legges til rette for ved Nyhavna. På Nyhavna er det primært overskuddsvarme fra fjernvarmenettet som er aktuelt å bruke for å lade brønnene, men andre kilder som for eksempel strøm fra solceller i kombinasjon med varmepumper kan også brukes til å lade varmelageret slik det

er gjort ved GeoTermos<sup>32, 33</sup>-anlegget ved Fjell skole i Drammen. Aktuelle varmekilder for varmepumper på Nyhavna kan for eksempel være uteluft, sjøvann og evt. spillvann.

### **Borehullsbaserte sesongvarmelagre med høyere temperatur – beskrivelse av teknologien.**

Energibrønner benyttes til å utveksle varme med berggrunnen og er en vanlig varmekilde i varmepumpesystemer (figur 31). Det er vanlig å benytte energibrønner til å levere kjøling direkte uten bruk av kjølemaskiner.

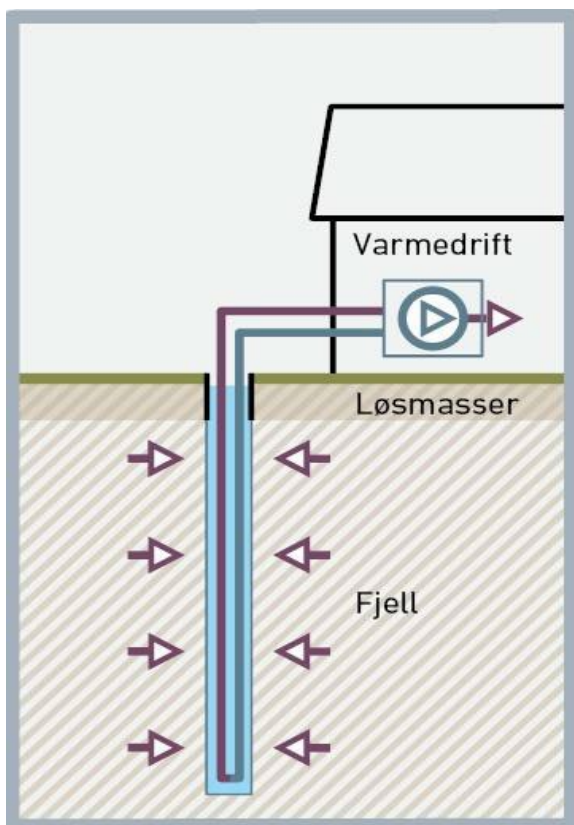
Videre kan energibrønner brukes til å lagre varme fra sommer til vinter. Dette forutsetter at mange energibrønner blir plassert sammen i et rutenett med noen få meters mellomrom. Årsaken til at vi kan ha kort avstand mellom brønnene er fordi brønnene lades opp med minimum samme varmemengde som det tas ut, og man unngår at temperaturen synker fra år til år.

Storskala sesongvarmelagre (figur 32) med høyere temperaturnivåer kan bestå av flere hundre til tusen energibrønner (se figur 33 og figur 34). Temperaturen i berggrunnen øker ved å tilføre brønnene mer varme i sommerhalvåret enn det tas ut i fyringssesongen. Dette er en effektiv løsning der hver brønner produserer betydelig mer varme sammenlignet med et vanlig grunnvarmeanlegg. Dette er en arealeffektiv løsning der brønnene plasseres med kort innbyrdes avstand (4-8 m), og kan for eksempel bli plassert under fotballbaner, parkeringsplasser, parker mm. På sikt vil det trolig være mulig å etablere sesongvarmelagre under bygg.

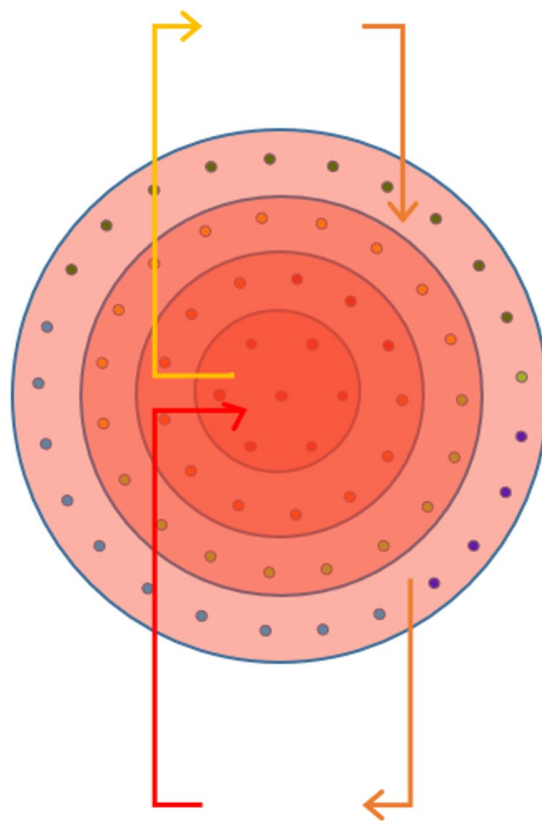
---

<sup>32</sup> Drammen Eiendom KF og Asplan Viak, Sluttrapport Fjell2020 konseptutredning miljøløsninger

<sup>33</sup> [Miljøpris for GeoTermos | Drammen kommune](#)



Figur 31. Prinsippskisse av en energibrønn i fjell med lukket kollektorslange (basert på NGU). Ved uttak av varme blir varmen ledet fra omgivende berg til borehullet og kollektorslangen. Borehullet er fylt med grunnvann, og den øverste delen består vanligvis av noen meter løsmasser over fast fjell.



Figur 32. Prinsippskisse av sesonglagring av varme i mange borehull som står tett i tett. Temperaturen i bergvolumet øker ved å tilføre borehullene mer varme i sommerhalvåret enn det tas ut i løpet av fyringssesongen. Bergvolumet er varmest i midten av sylindren.

Ved å tilføre varme til brønnene vår, sommer og høst når det er mye tilgjengelig energi, får vi et lokalt varmelager eller et varmebatteri som kan utnyttes til oppvarming om vinteren. Tilgjengelig varme i sommerhalvåret kan for eksempel være sol og uteluft, overskuddsvarme fra prosessindustri eller avfallsforbrenning. Ved å tilføre brønnene mer varme enn det som blir brukt om vinteren, vil temperaturnivået i varmelageret øke fra naturlig temperaturnivå til ønsket nivå i varmelageret. Oppvarmingsperioden til varmelageret må minimum være 1-2 år for å oppnå ønsket temperaturnivå. Varmeuttak i oppladingsperioden medfører noe lavere virkningsgrader, men anbefales for å starte inntjeningen og for å få verdifull driftserfaring.

Om vinteren blir varmen hentet ut til oppvarming, enten direkte eller indirekte via en varmepumpe. Direkte leveranse av varme fra et sesongvarmelager er mest effektivt siden varmen leveres ved kun sirkulasjon av væske og krever minimalt med tilført elektrisitet. Ved å sammenligne dette med bruk av energibrønner som blir brukt til frikjøling om sommeren, kan vi bruke uttrykket «frivarmer» for varmen som blir levert direkte fra energilageret. Levering av frivarmer til oppvarming av bygg krever at temperaturnivået i varmelageret er høyt nok og tilpasset temperaturnivået i byggenes varmesystem (gulvvarme og radiatorer). Dette blir gjort ved å tilføre mer varme til varmelageret de første driftsårene. Temperaturnivået på tilført varme må være vesentlig høyere enn både naturlig



temperatur i berggrunnen (rundt 6-8°C i Trondheimsområdet), og temperaturnivået byggene trenger. Temperaturen fra sesongvarmelagre varierer mellom 20-55°C<sup>34</sup>.

Varmelagring med høyere temperatur krever et minimum antall brønner og symmetrisk utforming for at varmetapet blir minst mulig. Det vil si at størrelsen på lageret er viktig og man ønsker mest mulig volum i forhold til varmelagerets overflateareal. Videre avhenger varmetapet i lagerets randsoner (sidekanter, under og over) av temperaturnivået i varmelageret. Varmetapet øker med økende temperaturnivå.

Et borehullsbasert sesongvarmelager med høyere temperaturnivå kan levere betydelige mengder varme (kWh) og varmeeffekt (kW) om vinteren. Systemer for sesongvarmelagring i borehull kan derfor bli en viktig brikke framtidens fleksible og fornybare energisystem der avlastning av strømmettet de kaldeste vinterdagene blir viktig. God plassering av denne type sesongvarmelagre kan bidra til å utsette og/eller redusere investeringer i strømmettet og nettstasjoner. Energiforsk (Holgersonn m.fl. 2019) sitt arbeid med teknologier for termisk lagring viser at sesongvarmelagring i borehull er den teknologien som har lavest investeringskostnad per mengde lagret varme. Videre kan løsningen øke kapasiteten i et fjernvarmenett og redusere behovet for spisslast de kaldeste vinterdagene. Ofte er denne spisslasten kostbar og forurensende energi, og et sesongvarmelager bidrar dermed til at fjernvarmeforsyningen kan bli mer klimavennlig. Reduksjonen av klimagasser avhenger av klimautslippet til varmen som blir brukt for opplading av varmelageret, og utslippene fra den energiproduksjonen som lageret fortrenger/erstatte.

### **Noen eksempler på sesongvarmelagre med høyere temperatur**

Et eksempel på et sesongvarmelager er GeoTermos ved Fjell skole i Drammen. Ved Fjell skole høstes solenergi, varme fra uteluft og overskuddsvarme som lader et varmelager med 100 energibrønner<sup>35,36</sup>. Om vinteren blir varmen brukt direkte til oppvarming. Fjell skole har et lavtemperatur gulvvarmesystem med kort avstand mellom gulvvarmesløyvene, og dette er en essensiell del av systemet for å lykkes med konseptet. Figur 33 viser at brønnumrådet for GeoTermos ved Fjell skole i Drammen nå har blitt parkeringsplass.

Sesongvarmelageret ved Xylem i Emmaboda i Sverige ble etablert i 2010<sup>37</sup>. Varmelageret består av 140 borehull til 150 meters dybde og 4 meter mellom borehullene (figur 5-20) og overflaten er isolert med 40 cm skumglass. Bildet i Figur 34 er tatt i forbindelse med installasjon av fiberoptisk kabel i observasjonsborehullene (GT1/2 og GT3) for kontinuerlig måling av temperaturprofiler og som en del av forskningsprosjektet RockStore. Ved monteringen av fiberkabelen i februar 2019 var temperaturen i grunnen 30-35 °C og området var dekket med snø. Andre eksempel på sesongvarmelagre er Drake landing<sup>38</sup> i Canada og Emmaboda i Sverige<sup>37</sup>. Fortum Oslo varme planlegger å lage et storskala sesongvarmelager ved Furuset i Oslo<sup>39</sup>.

---

<sup>34</sup> Holgersson J., Räftegård O., Gunsasekara S.N og Scharff R. (2019): Teknoekonomisk jämförelse av olika tekniker för termiska lager i fjärrvärmenät. Rapport 2019:598, utgitt av Energiforsk og prosjektet Termiska energilager, 132 sider, ISBN 978-91-7673-598-5

<sup>35</sup> Drammen Eiendom KF og Asplan Viak, Sluttrapport Fjell2020 konseptutredning miljøløsninger

<sup>36</sup> [Miljøpris for GeoTermos | Drammen kommune](#)

<sup>37</sup> Nordell B., Andersson O., Rydell L. og Linuzzo-Scorpo A. (2015): Long-term Performance of the HT-BTES in Emmaboda, Sweden. Artikkel, 8 sider.

<sup>38</sup> IEA 2015 – Seasonal thermal energy storage. Report on the state of the art and necessary further R+D. <http://task45.iea-shc.org/fact-sheets>

<sup>39</sup> Enova (2019) [Mikroenergisystem på Furuset | Enova](#)



Figur 33 GeoTermos i Drammen. Bildet til venstre viser brønntopper og rørsystemet til brønnene, mens bildet til høyre<sup>40</sup> viser at det samme området nå er parkeringsplass.



Figur 34 Sesongvarmelageret ved Xylem i Emmaboda i Sverige består av 140 borehull til 150 meters dybde og 4 meter mellom borehullene (boreplanen til venstre er hentet fra<sup>37</sup>). Bildet til høyre er tatt i forbindelse med installasjon av fiberoptisk kabel i observasjonsborehullene (GT1/2 og GT3) for kontinuerlig måling av temperaturprofiler og som en del av forskningsprosjektet RockStore. Varmelageret er isolert med 40 cm skumglass. Ved monteringen av fiberkabelen i februar 2019 var temperaturen i grunnen 30-35 °C og området var dekket med snø.

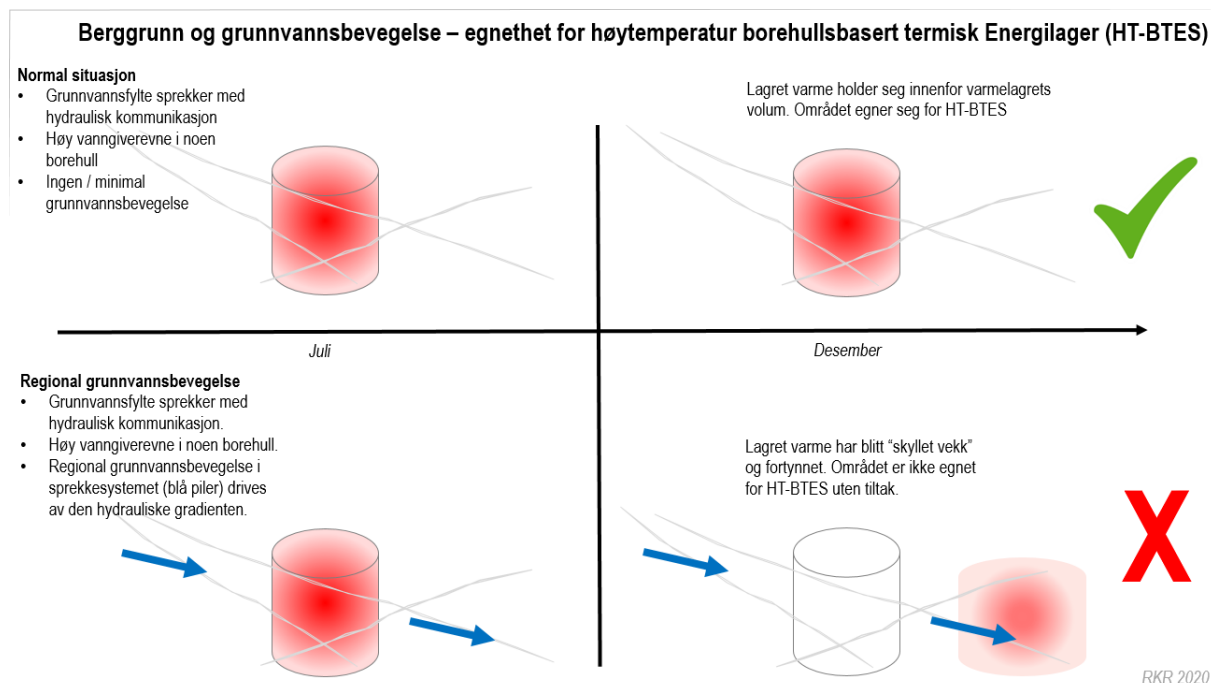
## Grunnvannsbevegelse og sesongvarmelagring

Grunnvannsbevegelse i forbindelse med sesongvarmelagring er en viktig risikofaktor som må bli avklart tidlig i forprosjektfasen. Konsekvensen av en eventuell grunnvannsbevegelse øker med økende temperaturnivå i sesongvarmelageret, samt varmemengden som skal sesonglagres.

Figur 35 viser prinsippet for mulig grunnvannsbevegelse via sprekkesystemet i berggrunnen. Grunnvannsbevegelse forutsetter at den hydrauliske gradienten er ulik null i området, det vil si hellende grunnvannsspeil. Den hydrauliske gradienten gjør at den lagrede varmen følger grunnvannets bevegelse. I slike tilfeller, anbefales strategisk pumping for å utlikne den hydrauliske gradienten i området. I en normal situasjon (øverst), er grunnvannsnivået flatt eller ingen hydraulisk gradient, og lagret varme forblir i ro. Asplan Viaks erfaring fra norske grunnvarmeprosjekter er at grunnvannsbevegelse er viktigere enn for eksempel i Sverige og andre land som har et flatere

<sup>40</sup> Drammen kommune (2020a): [Miljøpris for GeoTermos](#). Nyhetssak på Drammen kommune sine nettsider, publisert 10.11.2020.

terreng. En studie med norske responstestene<sup>41</sup> tyder på at energibrønner med en påvist grunnvannsbevegelse gjerne befinner seg i områder med bratt terreng, det vil si at det er en hydraulisk gradient i området. Det er kun hydrogeologiske og termiske undersøkelser som kan påvise en eventuell grunnvannsbevegelse i området.



Figur 35 Skisse som viser prinsippet for mulig grunnvannsbevegelse via sprekkesystemet i berggrunnen. Grunnvannsbevegelse forutsetter at den hydrauliske gradienten er ulik null i området, det vil si hellende grunnvannsspeil, gjør at lagret varme flytter seg med grunnvannet. I slike tilfeller, anbefales strategisk pumping for å utlikne den hydrauliske gradienten i området. I en normal situasjon (øverst), er grunnvannsnivået flatt eller ingen hydraulisk gradient, og lagret varme forblir i ro.

### Områdebeskrivelse

Figur 36 viser kartet over løsmassegeologien (fra NGU) i området med testbrønnene, samt informasjon fra grunnboringer registrert i Trondheim kommune sin grunnboringsdatabase. På Ladehammerkaia i området nord for Ormen Langes vei er det fjell i dagen mens løsmassetykkelsen (fyllmasser) øker mot sør-sørvest. De dypeste boringene med registrert fjellkontakt er 24,2 m. Nordøst for Ladehammerkaia er det grunnboringer med påvist kvikkleire.

På selve Nyhavna er det fire boringer i Dora-området der dybde til fjell er mellom 26,5-57,8 meter, og i to av disse boringene er det påvist kvikkleire. Det er flere boringer på resten av Nyhavnaområdet til over 40 og 50 meter uten at sikker fjellkontakt er påvist.

Berggrunnen (figur 37) på Ladehammerener kartlagt som grønnstein og grønnskifer. I byen for øvrig finnes gråvakke og trondhemitt (rosa farge). I begge testborehullene ble det observert en lys bergartstype som trolig er trondhemitt fra 177 og 166 til 201 meters dybde for henholdsvis borehull 1 og 2<sup>42</sup>.

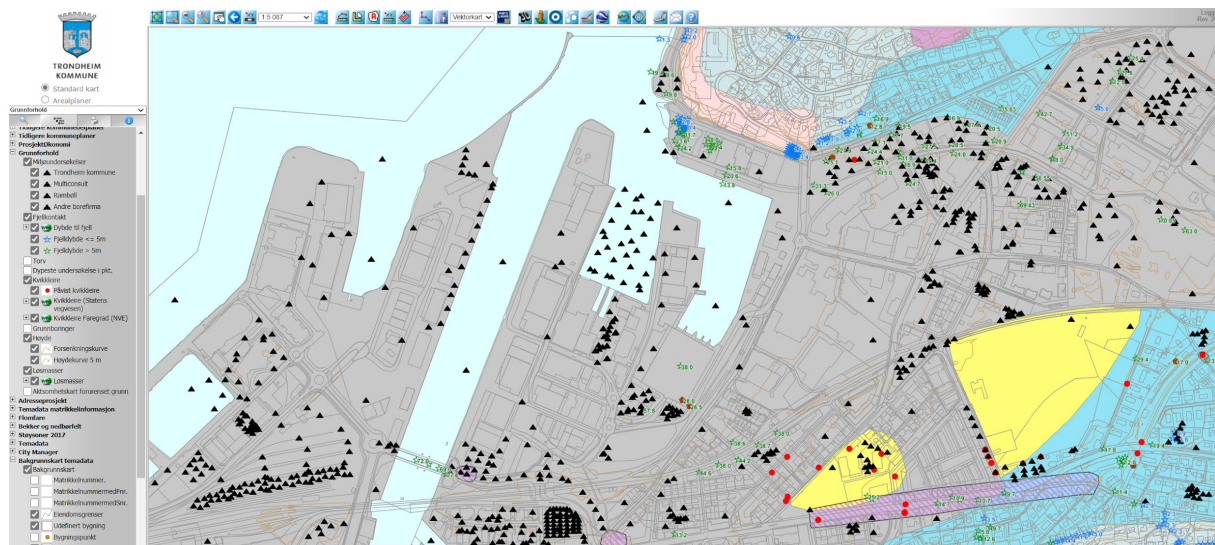
<sup>41</sup> Holmberg H, Ramstad R.K og Riise M.H (2020): Improved knowledge on water bearing fractures and groundwater flow using ground source investigations. World Geothermal Congress.

<sup>42</sup> Buraas KB. (2020): Field investigations for seasonal high temperature borehole thermal energy storage systems. Prosjektoppgave NTNU IGP, 54 sider.



Kommunedelplan for Nyhavna (figur 38) viser at området tiltenkt for et borehullsbasert sesongvarmelager på Ladehammerkaia er regulert til friområde (3040, F7 og F8), grønnstruktur (3001, G5 og G6), og sentrumsformål (1130). Store deler av området er innenfor hensynssone 570, bevaring kulturmiljø, inkludert de to spissbunkerne og artilleriverkstedet som er vernet (figur 39).

Figur 40 viser viktige naturområder inn mot Ladehammeren. Natur- og naturforvaltning ved Miljøenheten i Trondheim kommune vurderte naturtypene innenfor det gule området i forhold til boring av de to testbrønnene, og så ingen umiddelbare problemer ved det. Området kan også ha godt av å bli «reetablert». Ved etablering av et sesongvarmelager vil det antakeligvis ikke være behov for å bore annet enn på flaten / veien nedenfor skrenten det gule området omkranser.

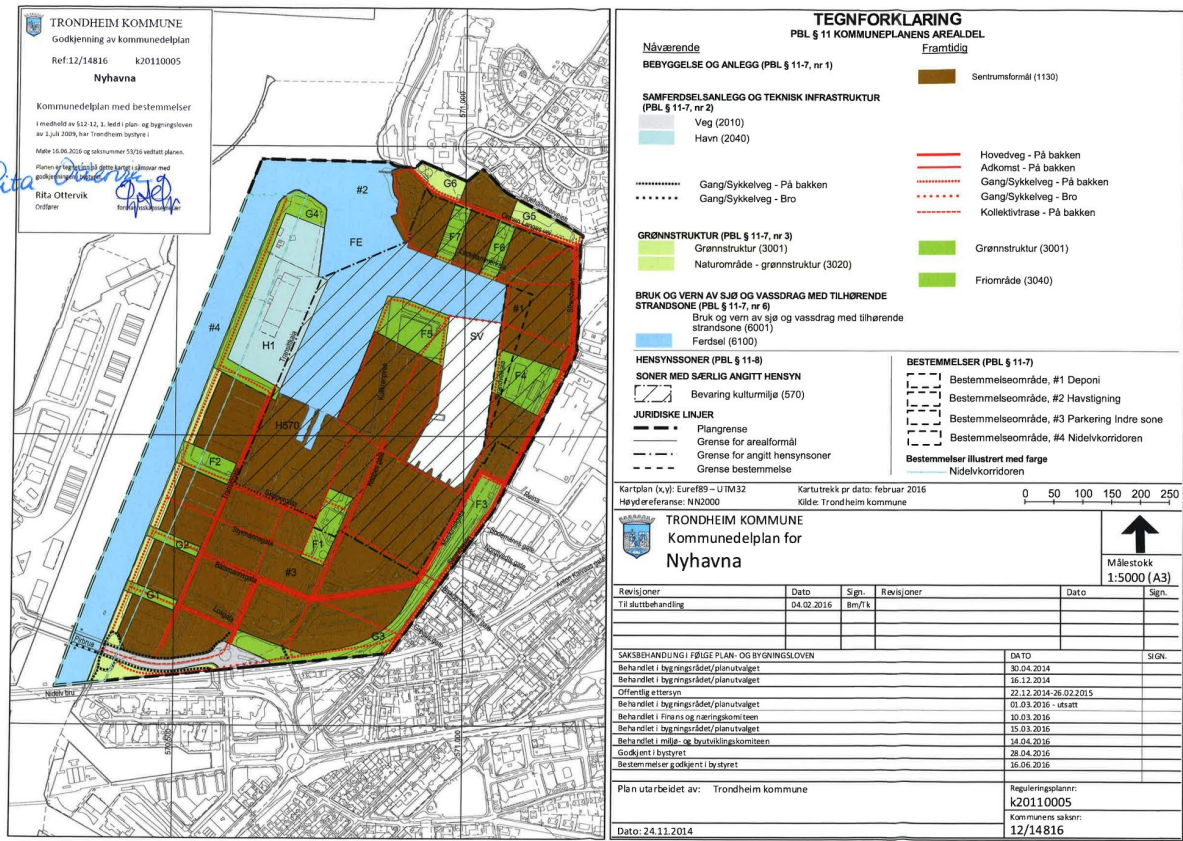


Figur 36 Kart over løsmassegeologien (fra NGU) på Nyhavna samt informasjon fra grunnboringer registrert i Trondheim kommune sin grunnboringsdatabase. Kilde [Trondheims karttjeneste og kartlaget «Grunnforhold»](#)

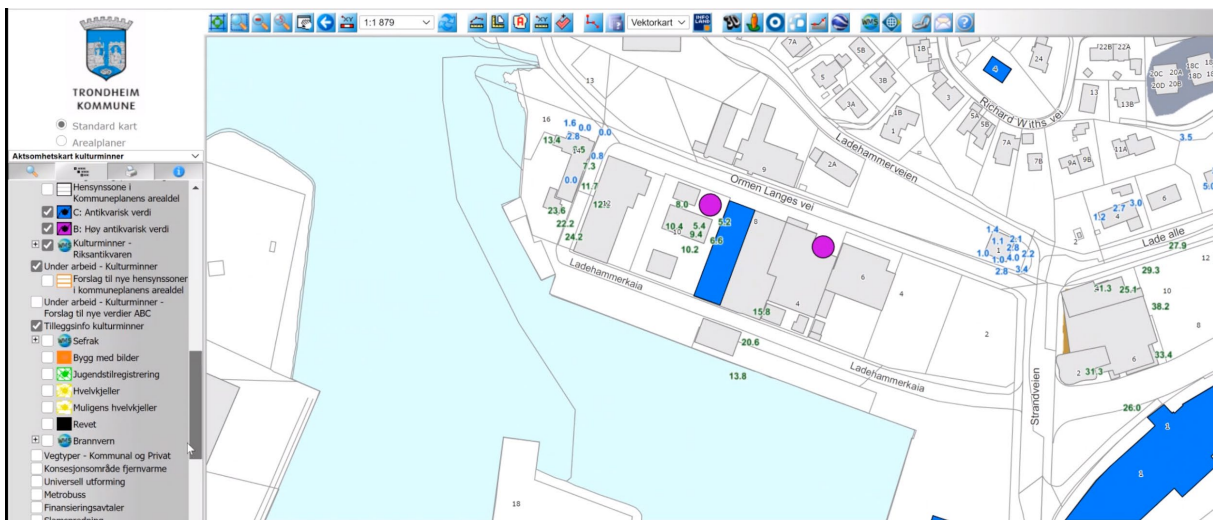


Figur 37 Berggrunnskart over Trondheim. Berggrunnen på Ladehammeren er kartlagt som grønnstein (metabasalt) og grønnskifer (lys brun farge). I byen for øvrig finnes gråvacke (grønn farge) samt trondhemitt (rosa farge).





Figur 38 Kommunedelplanen for Nyhavna viser at tiltent område for et borehullsbasert sesongvarmelager i Ormen Langes på Ladehammerkaia (i nord) er regulert til friområde (3040, F7 og F8), grønnstruktur (3001, G5 og G6), og sentrumsformål (1130). Store deler av området er innenfor hensynssone 570, bevaring kulturmiljø, inkludert de to spissbunkerne og artilleriverkstedet som er vernet.



Figur 39 Boringer med boredebye for påvist sikker fjellkontakt og de to spissbunkerne og artilleriverkstedet på Ladehammerkaia som er vernet. Kilde [Trondheims karttjeneste](#).



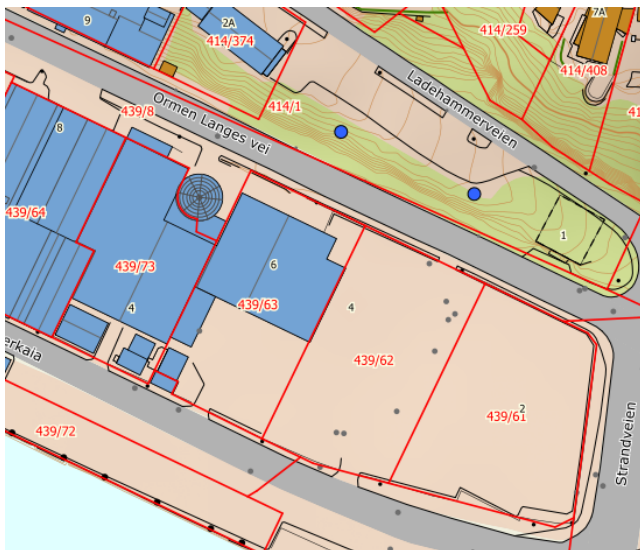
Figur 40. Markerte områder (gul, oransje og rødt) er viktige naturområder inn mot Ladehammeren. Kilde: [Trondheim \(nois.no\)](https://www.trondheim.nois.no) og karttjenesten «Naturtyper».

## Forundersøkelser

Parallelt med konseptutredningen for Nyhavna har Trondheim kommune gjennomført innledende undersøkelser med boring av 2 testbrønner som hver er 200 m dype. Det er utført en termisk responstest, samt enkelt kapasitetstest med senkepumpe i hver testbrønn. Dette ble gjennomført i november – desember 2020. Brønnene er plassert i langs Ormen langes vei (se figur 41). Resultatene<sup>43</sup> fra undersøkelsene er benyttet som grunnlag for beregningene av varmelageret. Testbrønnen er utrustet med en kollektor som tåler opptil ca. 75 °C og er planlagt videreført i et pilotprosjekt i samarbeid med Statkraft varme. Resultatene viser ingen tegn til at det er grunnvannsbevegelse i området.

<sup>43</sup> Ramstad R.K og Holmberg H (2020): Rapport termiske responstester Nyhavna grunnvarme. Asplan Viak side 61 av 147





Figur 41 Plassering av testborehull vises som blå markeringer i bildet til venstre, testriggeren ved utførelse av termisk responstest vises til høyre.

Tabell 11 Resultater fra termisk responstest.

Testborehull	Effektiv varmeledningsevne (W / m ·K)	Termisk borehullsmotstand (m ·K / W)	Uforstyrret temperatur (°C)
1	4,2	0,075	8,65
2	4,0	0,065	8,55

### Resultater fra beregninger av sesongvarmelageret (medium til høytemperatur):

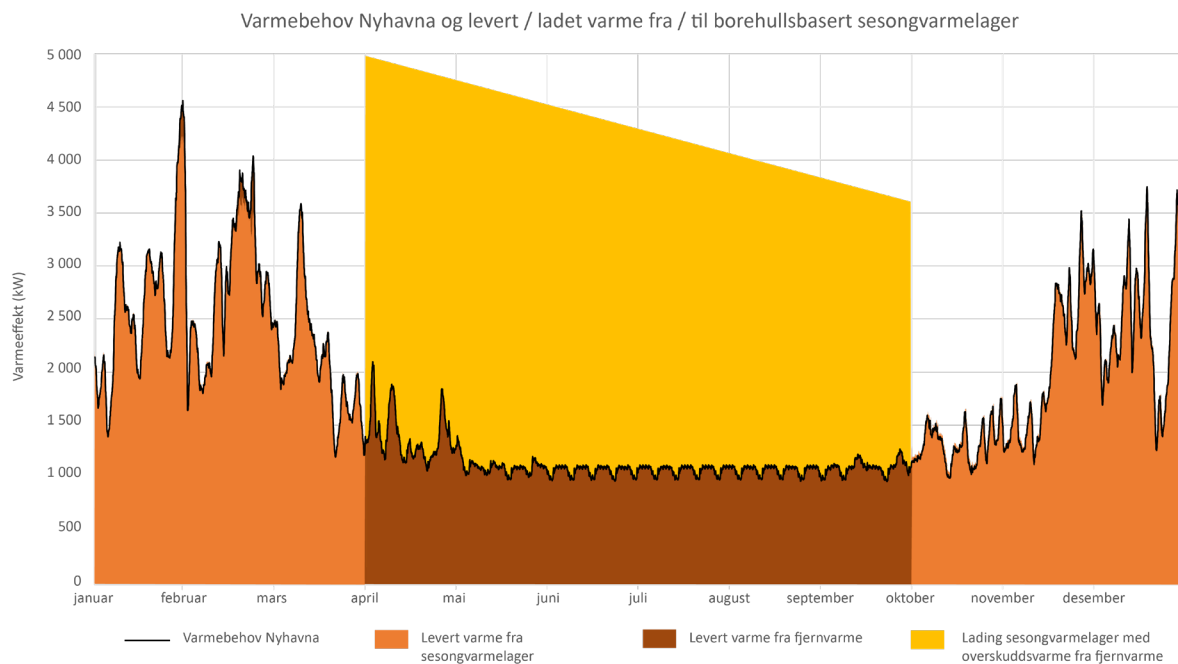
Det er utført beregninger av et sesongvarmelager med programvaren TRNSYS. Beregningene er utført for et dedikert sesongvarmelager for Nyhavna, samt for et oppskalert varmelager som også kan levere varme til fjernvarmenettet.

Resultatene fra termisk responstest (tabell 11), samt beregnet termisk energi- og effektbehov for byggscenario 2 (tabell 3 - passivhus standard), er benyttet som grunnlag for beregningene.

#### **Dedikert sesongvarmelager til Nyhavna:**

Beregningene viser at tilnærmet hele varmebehovet til området, på 14,7 GWh/ år og ca. 5 MW varmeeffekt kan dekkes med et dedikert sesongvarmelager med ca. 250 brønner. Varmelageret leverer ca. 45- 60°C gjennom vinteren ved kun å sirkulere varmen fra borehullene ut i varmedistribusjonsnettet. Et slikt varmelager må lades med ca. 19,2 GWh/ år. Ved varmeuttak om vinteren kan en varmepumpe brukes for å øke temperaturen videre opp til ca. 70 grader ved høy COP og bruk av lite strøm. I Figur 42 ser man varmebehovet til Nyhavna, levert varme fra varmelageret, og ladet varme til varmelageret, med utgangspunkt i at sesonglageret lades seks måneder av året. Fra januar til mars og fra oktober til desember dekkes varmebehovet av varme fra sesonglageret. Grafen indikerer at varmelageret dekker tilnærmet alt effektbehovet som er påkrevd, kun enkelte timer året må dekkes med spisslast. Fra april til september lades varmelageret med overskuddsvarme fra fjernvarmen, mens varmebehovet til Nyhavna forsynes direkte fra fjernvarmen. Om man ser på varmelageret som en del av Nyhavnaområdet, vil behovet for leveranse av fjernvarme til Nyhavna kun være til stede på sommerhalvåret. På denne måten vil effekttoppene i fjernvarmesystemet, og dermed behovet for spisslast, reduseres på vinteren.

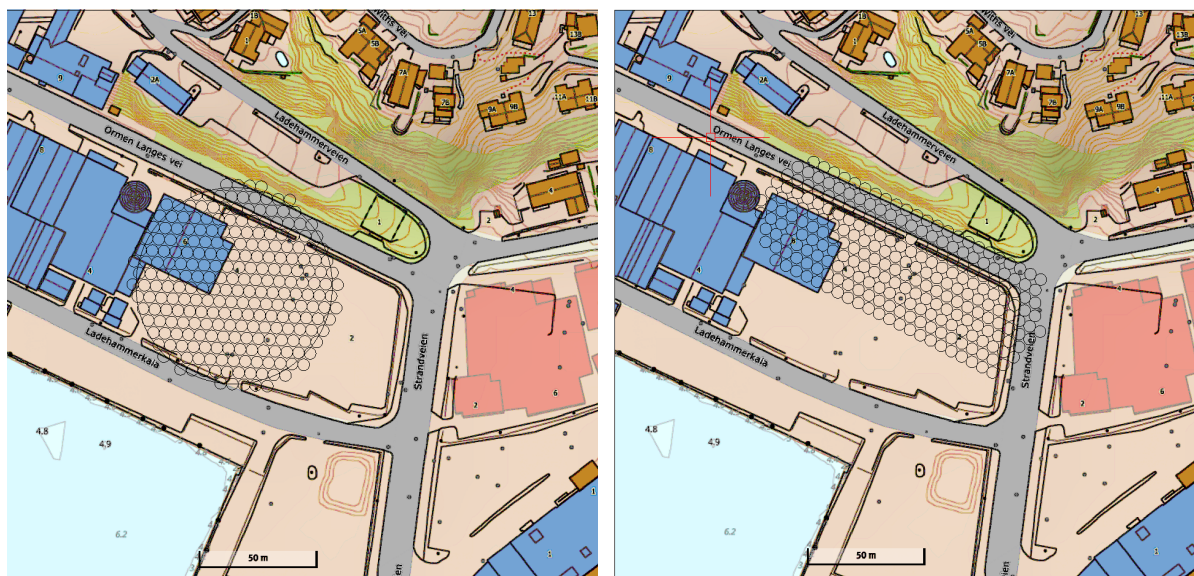




Figur 42 Varmebehov for Nyhavna (byggscenarior 2), samt levert og ladet varme fra/til sesongvarmelageret. Lageret lades opp med totalt ca. 19,2 GWh i løpet av april – september, og av dette blir ca. 4,9 GWh levert som varme til Nyhavna i samme periode. I perioden oktober til mars leverer varmelageret ca. 9,8 GWh. Ca. 23% av tilført varme kan ikke nyttiggjøres, men bidrar til å opprettholde temperaturen i berggrunnen.

I gjennomsnitt må temperaturen i sesongvarmelageret være mellom ca. 60 til 75 °C for å kunne levere 45-60°C. Den forholdsvis høye lagertemperaturen fører til at ca. 25 % av tilført varme (ca. 4,5 GWh/år) tapes til omgivelsene rundt varmelageret.

Varmetapet fra lageret kan reduseres dersom sesongvarmelageret driftes ved en lavere temperatur, noe som forutsetter bidrag fra varmepumper i varmesystemet. Sesongvarmelageret er mest optimalt utformet som en sirkel (figur 43), men for å tilpasse til tilgjengelig areal kan brønnplasseringen være mer rektangulær, men dette reduserer ytelsen til varmelageret noe.



Figur 43 Størrelsen på et sesongvarmelager med 250 energibrønner plassert med 5 m mellomrom. Optimal utforming er en sirkel (vist til venstre) men varmelageret kan også etableres i en rektangulær form.

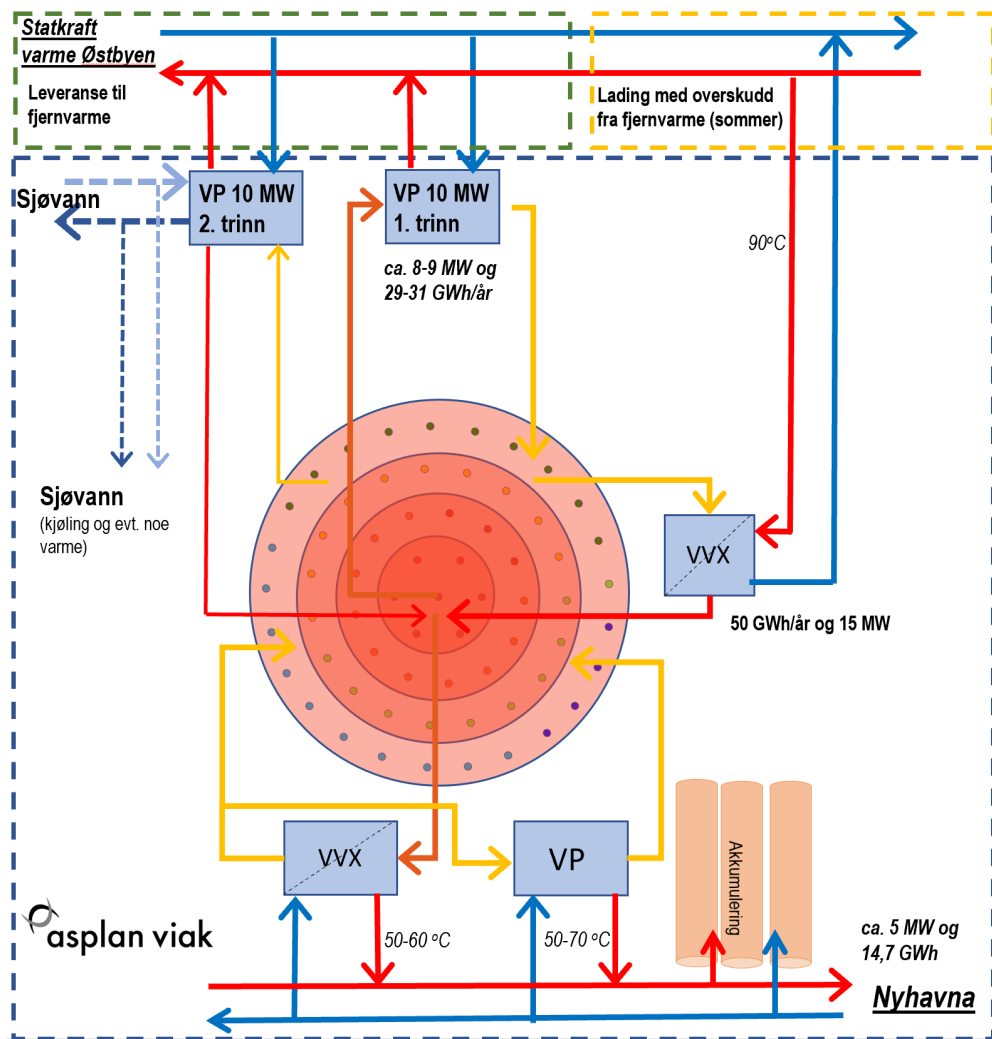
### ***Storskala varmelager - synergi med fjernvarme:***

Et storskala sesongvarmelager plassert ved Nyhavna kan også ses som en integrert del av fjernvarmenettet til Statkraft varme, med varmeleveranse både til Nyhavna og til fjernvarmenettet. Varmelageret kan da i større grad bidra til å støtte fjernvarmenettet gjennom fyringssesongen og dermed erstatte spisslastkilder.

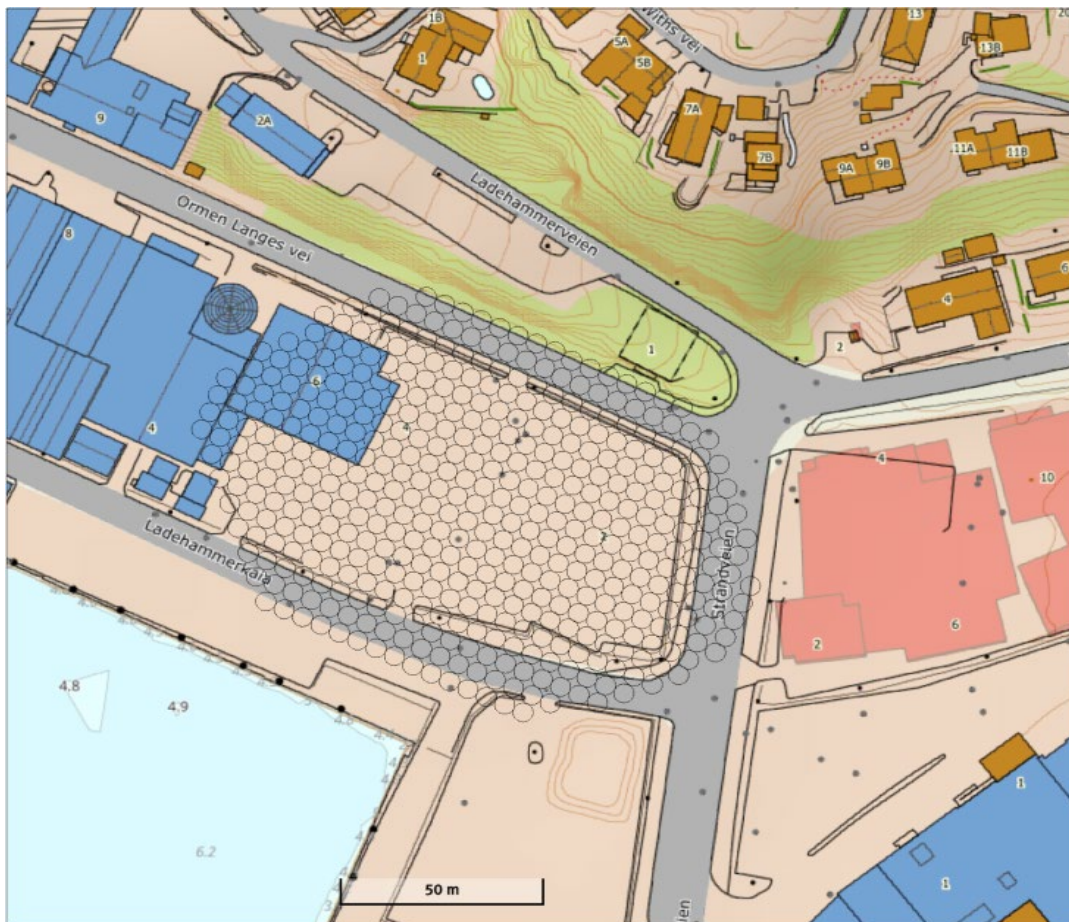
Et sesongvarmelager med 4-500 brønner kan levere i størrelsesorden 45 GWh/år og ca. 13-14 MW varmeeffekt med et temperaturnivå på ca. 40-60 °C direkte fra lageret. Her vil ca. 8-12 % av tilført varme tapes til omgivelsene, slik at lageret må lades med ca. 50 GWh overskuddsvarme hvert år. Figur 44 viser en prinsippskisse for hvordan et slikt varmelager kan integreres med varmesystemet til Nyhavna (14,7 GWh/år, 5 MW), og med varmeleveranse til fjernvarmenettet (29-31 GWh/år, 8-9 MW). Figur 45 illustrerer størrelsen av et varmelager med 450 borehull plassert med 5 meters avstand mellom energibrønnene.

I tillegg til varmeytelsene fra selve sesongvarmelageret angitt ovenfor, kommer kompressorytelsen til varmpumpen som må inkluderes for å øke temperaturen til temperaturnivået i fjernvarmenettet. Ved bruk av den relativt høye temperaturen fra sesongvarmelageret, vil varmpumpen få en høy SCOP, der anslagsvis mellom 80-90% av levert varme i fjernvarmenettet kommer fra sesongvarmelageret. Det vil si at en slik løsning der varmpumpen integreres med sesongvarmelageret og fjernvarmenettet kan levere mellom 33,3-37,5 GWh/år og 9,4-10,6 MW ut i fjernvarmenettet. Her er elforbruket til drift av varmpumpen antatt å være mellom 3,3-7,5 GWh/år og 0,9-2,1 MW.

For at utbyggingen på Nyhavna skal nå målet om null utslipp, vil det bli nødvendig med eksport av ren, utslippsfri energi ut av Nyhavnas systemgrense. Strøm fra solceller som eksporteres ut av Nyhavna vil for eksempel bidra til dette. På samme måte må det i det videre arbeidet vurderes om eksport av ren, utslippsfri termisk energi fra et sesongvarmelager og en sjøvannsvarmepumpesentral også kan bidra til dette. Det anbefales også å gjøre en inngående og detaljert analyse av hvordan sesongvarmelageret påvirker energisystemet i nærområdet til Nyhavna og for byen både med tanke på klimautslipp, fleksibilitet og samspill varme og elektrisitet, samt forsyningssikkerhet. Noen av disse spørsmålene jobbes det videre med i en masteroppgave på NTNU (Inger Adele Haugnes Helseth).



Figur 44 Prinsippkisse for et storskala sesongvarmelager som en integrert del av fjernvarmenettet med leveranse av overskuddsvarme til Statkraft varme sitt fjernvarmenett.



Figur 45 Forslag til plassering av et sesongvarmelager med 450 borehull med 5 m mellom hver brønn.

#### Viktige avklaringer og anbefalinger for videre arbeid:

- Sikre tilgang til, og sette av et tilstrekkelig areal for boring av energibrønnene i sesongvarmelageret. Avklare grunneierforhold og juridiske forhold rundt disponering av naturressursen volumet i fjellet representerer. Brønnene må bores før det etableres annen nedgravd infrastruktur, bygg mm. Videre må hensynssone for kulturminner og vernede bygg ivaretas. Det må avklares om området trenger regulering og sikre koordinering mot øvrige byggeaktiviteter
- Videre forundersøkelser med flere testborehull for gjennomføring av hydrauliske og termiske tester. Hensikten er å endelig avklare grunnvannsforhold, berggrunnens evne til å magasinere varme og potensialet for varmeutveksling i borehullene. Testing av ulike kollektorer som tåler høye temperaturer (ca. 90-95 °C). Dette arbeidet gjøres i samarbeid med forskningsprosjektet RockStore og NTNU, via prosjektpartnerne Statkraft varme og Asplan Viak.
- Avklare og ha en tydelig plan for forretningsmodellen knyttet til etablering og drift av sesongvarmelageret.
- Gjennomføre geotekniske undersøkelser på aktuelt areal for etablering av sesongvarmelageret for detaljert kartlegging av grunnforholdene, inkludert sikker påvisning av dybde til fjell i området og eventuelle sensitive løsmasser. Det må settes av dedikerte midler til dette slik at kommunens egen geoteknikkavdeling kan gjøre disse undersøkelsene selv. Problemstillinger som må besvares er:

- Tåler løsmassene på stedet oppvarming til 80-90 °C? Hvis ikke, kan dette løses med ulike isolasjonsteknikker for eksempel løsningen som er testet ut i Nardovegen 12-14<sup>44</sup>.
  - Hvilke tiltak kreves for at det er mulig å bygge over borehullene.
  - Sikker kartlegging av dybde til fjell.
- Muligheter for støtte til videre arbeid med løsningen for et borehullsbasert sesongvarmelager, inkludert støtte til hovedinvesteringen.
- Flere detaljerte beregninger for optimalisering av størrelsen på sesongvarmelageret og temperaturnivåer som en helhetlig del av varmesystemet.
- Beregne og konkretisere betydningen av å ha et sesongvarmelager i energisystemet i nærområdet utenfor Nyhavna med tanke på forbedret kapasitet i energisystemet (el og termisk), samt klimagassutslipp.
- Alle relevante aktører må involveres i et nært samarbeid for videre planlegging og etablering av et eventuelt borehullsbasert sesongvarmelager. Dette gjelder spesielt Statkraft varme.

---

<sup>44</sup> [Kan geovarme hentes ut i områder med mye kvikkleire? – Institutt for geovitenskap og petroleum \(ntnu.no\)](https://www.ntnu.no/kan-geovarme-hentes-ut-i-omrader-med-mye-kvikkleire)

### 5.5.3. Termisk effektlager ved Dora II

Som et regneksempel for kapasitet for korttids varmeeffektlager er det tatt utgangspunkt i en mulig utnyttelse av Dora II. Det er antatt at grunnflaten av Dora II er på ca. 100 m x 160 m (16 000 m<sup>2</sup>), med en antatt takhøyde på 10 – 12 meter (fra gulv til tak). Bakgrunnen for å vurdere Dora II som lokasjon for en tenkt plassering av termisk, korttids effektlager, er basert på at dette er en eksisterende, solid konstruksjon med potensiell plass til et varmebatteri med akkumulatortanker.

Vurderingen hensyntar erfaringer gjort for Akershus Energi AS<sup>45</sup> sitt døgnlager på 1 200 m<sup>3</sup>.

Erfaringsmessig vil en andel av en stor akkumuleringstank ha en sone som har et nedre sjikt som ikke kan utnyttes til varmelagring pga. temperaturmiksing. Her er det antatt at 25% av tankens volum ikke er nyttbar i praksis.

En tank tar utgangspunkt i en formfaktor på ca. 1,5 mellom høyde og diameter på tank som bl.a. omtales i artikkel<sup>46</sup>. For Dora II antas følgende dimensjon på 1 «effekt»-tank:

Høyde: 10 m  
Diameter: 6,7 m  
Vannvolum: 349 m<sup>3</sup>  
Fotavtrykk: 37 m<sup>2</sup>

Som et utgangspunkt er det antatt en dimensjonerende varmedistribusjon på 55°C i turtemperatur og retur på 35°C (55°C /35°C distribusjon). Effektlageret antas å kunne lagre varme på opptil 85-95°C. Ved beregning av effekt vil differansen ( $\Delta T_{pot}$ ) mot dimensjonerende returtemperatur på 50-60°C.

Tabell 12 Eksempel på effektlager for varme, i form av en isolert, vannfylt tank, med ulike temperaturspenn på lagring og med en utladningstid på 5 timer. Volum på tank er på 349 m<sup>3</sup>.

$\Delta T_{pot}$ [°C]	Utladningstid [timer]	Tilgjengelig termisk kapasitet [MWh]	Tilgjengelig termisk effekt [MW]
95-35 = 60°C	5	18,2	3,6
85-35 = 50°C	5	15,2	3,0
55-35 = 20°C	5	6,1	1,2

Resultatet fra Tabell 12 illustrerer hvilken størrelse av effekt en kan forvente under de gitte antagelsene. Mellom 1,2 – 3,6 MW effektlager for en isolert varmtvannstank på 349 m<sup>3</sup> med formfaktor 1,5. Med én slik tank vil en teoretisk oppta om lag 0,2% av grunnflaten til Dora II.

Lading av effektlageret på 85 eller 95°C forutsetter mulighet for høytemperatur lading av varmtvannstanken, ved f.eks. CO<sub>2</sub>-varmepumpe arrangement eller elkolbe. Dersom høytemperatur kilde ikke er mulig vil effektlageret som vist med 55°C lading kreve større lager for å avgi tilsvarende effekt.

Beregningene gir også en pekepinn mot lagringsvolum på et kuldelager. Her vil en normalt ha atskillig mindre  $\Delta T$  å spille på, da frysepunktet til vann/kjølevæske blir en begrensende faktor, med mindre en benytter latent varme, i form av f.eks. generering av is. Temperaturdifferansen vil være mer i størrelsesorden  $\Delta T_{pot}$  opp mot 8-10°C.

<sup>45</sup> <https://akershusenergi.no/2014/05/26/internasjonalt-skryt-av-akershus-energi-park/>

<sup>46</sup> «Heat accumulators», Petersen og Aagaard, Energi E2, 2004



#### 5.5.4. Utvalgte konsepter for termisk system på Nyhavna

De 3 termiske konseptene som vurderes i avsnittet er:

- Termisk konsept A: «Beste praksis»
- Termisk konsept B: «Varmelager»
- Termisk konsept C: «Nøytral distribusjon»

En overordnet beskrivelse av konseptene foreligger i tillegg til en kvalitativ vurdering av utvalgte kriterier. Dette peker i retning av et foretrukket konsept.

Kjølebehov er ikke kvantifisert i særlig grad i dokumentet, dette som følge av at kjølebehov i databasen til programmet PROFet<sup>7</sup> ligger innebakt i det totale elektrisitetsbehovet. Derfor blir det vanskelig å skille kjølebehovet mot annet elektrisitetsforbruk. Et overslag basert på TEK17 erfaringstall, for både nybygg og bevart bygningsmasse, på totalt 338 000 m<sup>2</sup> gir et netto kjølebehov på ca. 1,4 GWh eller 10% av netto varmebehovet. Et slik kjølebehov kan anslås å ha et kjøleeffektbehov på ca. 1,5 - 2 MW. Kjølebehovet må i en videre fase kvantifiseres og hensyntas i en videre vurdering av den termiske energiforsyningen.

I design av konsepter for termisk energiforsyning er det mange forhold som vil kunne påvirke hverandre, og flere mulige tekniske løsninger. For å kunne representere enkelte konsepter er det gjort enkelte designvalg for å kunne innsnevre mulighetsrommet. Konseptene som representeres har fokus på fleksibilitet, fornybare energikilder og klimagassutslipp.

#### Sentrale forutsetninger antatt for presenterte termiske energikonsept:

1. Den termiske energiforsyningen skal dekke romoppvarming og komfortkjøling
  - Tappevannsbehov antas dekket delvis fra det sentrale fjernvarmesystem. Andelen vil bestemmes av temperaturnivået. Legionellesikringen må skje lokalt i bygg via f.eks. egne CO<sub>2</sub> varmepumpe (store varmtvannsbehov) eller elkolber ved små behov.
2. Det benyttes en sentral vannbåren forsyning av varme og kjøling, temperaturnivået på distribusjonen avgjør hvorvidt lokale løsninger kreves for å tilfredsstille det enkelte bygg.
3. Eksisterende bygg ombygges slik at de kan motta lavtemperatur oppvarming.
4. Alle konsepter benytter sjøvann som energikilde, enten primært som kilde for kjøling eller kombinert til varme og kjøling.
5. Det er antatt en lik hovedtrase for forsyning av termisk energi i alle konsepter (se Figur 46). Denne vil ligge i deler av samme trase som eksisterende fjernvarme i dag.

#### Tappevannsoppvarming

De ulike termiske systemkonseptene som presenteres under har en tur-temperatur som gjør at varmforsyningen ikke kan tilfredsstille krav til legionellasikring 100% over året (for varmt tappevann). Dette er gjort for å tilfredsstille lavt behov for temperatur for oppvarming, samt underbygger at varmepumpe ikke jobber mot varierende temperaturnivå. Det finnes i dag teknologi som muliggjør kjemisk behandling av tappevann, og dermed også lavtemperatur varmforsyning for både romoppvarming og tappevann. Spesielt i bygg med høyt tappevannsbehov, som boligblokker og hotell, vil en slik løsning muliggjøre at en lavtemperaturløsning kan dekke hele oppvarmingsbehovet. Et eksempel på å dra synergier mellom tappevannsproduksjon og kjøling, er som det er beskrevet i et Enova støttet studie<sup>47</sup>. Her beskrives tappevannsproduksjon ved å varme opp tappevann ved bruk av

---

<sup>47</sup> «Innovative kjøleløsninger for sentrumsområder og knutepunkt», Erichsen & Horgen, juni 2020.



en CO<sub>2</sub> varmepumpe, som samtidig kjøler ned returvannet på fjernkjølenett. Retur på fjernkjølenettet er dermed varmekilden.

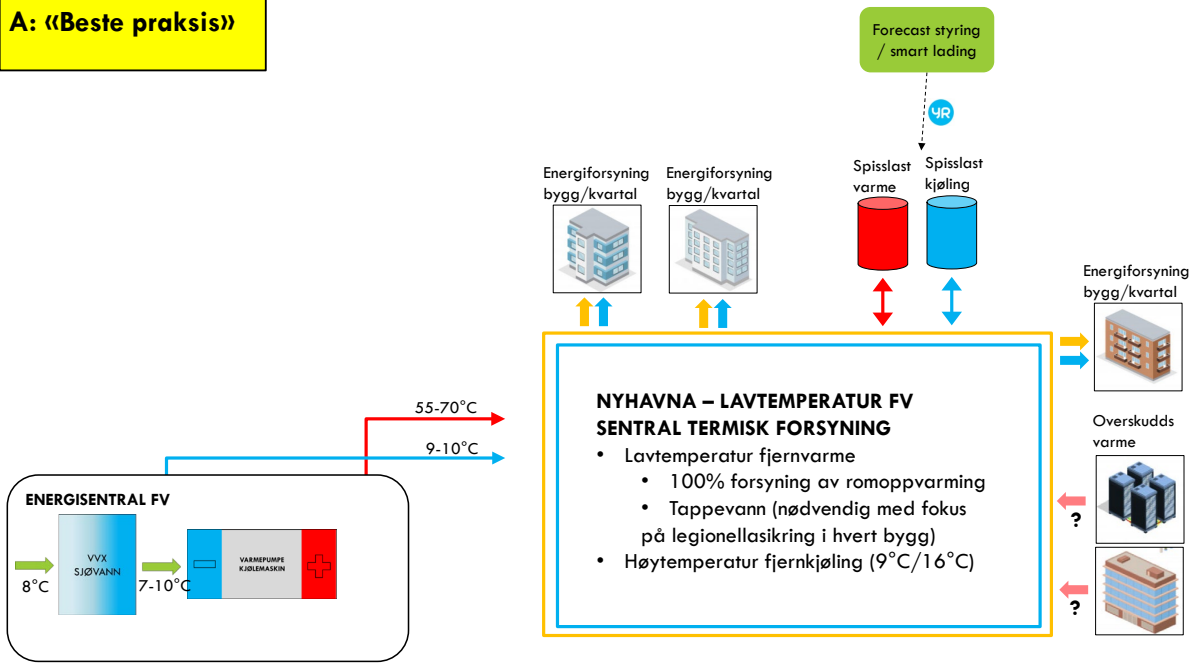


Figur 46 Illustrasjon av antatt hoved trasé for rørføring i en sentral termisk energiforsyning. Traseene er antatt lik for alle konseptene. Totalt utgjør hovedtraseen om lag 2,2 km grøft.

**Termisk konsept A: «Beste praksis»**

Sjøvann som energikilde. Sentral distribusjon fra energisentral for området, med nær -varme og -kjøling (4 rør). Varmebehov dekkes hovedsakelig via varmepumpe, varmeeffekt dekkes i en kombinasjon av styring og store akkumulatortanker. Kjølebehovet dekkes via sjøveksler evt. spisslast fra varmepumper i kjølemodus.

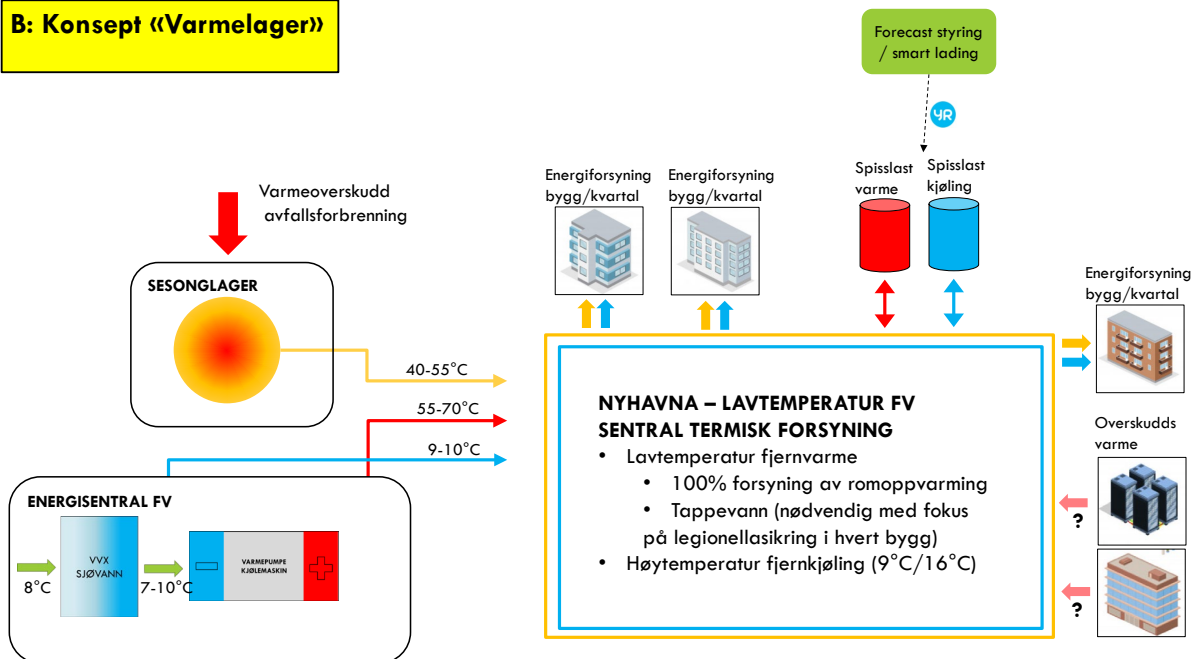
**A: «Beste praksis»**



**Termisk konsept B:  
«Varmelager»**

Fjernvarme og sjøvann som energikilder. Sentral distribusjon (4 rør) fra energisentral for området, med nær -varme (turtemperatur på 50-70°C) og -kjøling (turtemperatur på 9-10°C). Varmebehov dekkes hovedsakelig via sesongvarmelager – enten direkte eller via varmpumpe. Fordelingen er avhengig av forskjellen mellom tilgjengelig temperatur i varmelageret, og nødvendig temperatur til varmemforsyningen. Varmelageret lades opp med spillvarme fra Statkraft sitt fjernvarmenett i sommerhalvåret. Varmeeffekt i dekkes hovedsak via i varmelageret, men også supplert fra varmpumpe/fjernvarme. Kjølebehovet dekkes primært via sjøveksler evt. fra varmpumper i kjølemodus eller akkumuleringstanker.

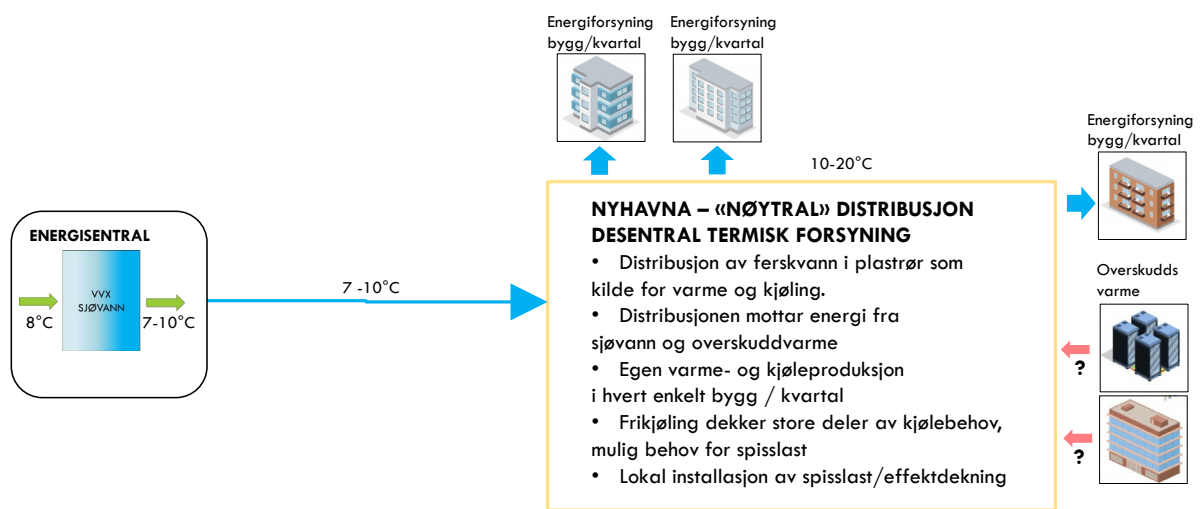
**B: Konsept «Varmelager»**



**Termisk konsept C: «Nøytral distribusjon»**

Sjøvann og lokale spillvarme som energikilde (f.eks. prosessvarme fra kjøl- og frys i dagligvare eller andre virksomheter med tilgjengelig spillvarme). Sentral distribusjon for området, med 2 store rør (tur/retur) og med et «nøytralt» temperaturnivå (10-20°C). Lokale energisentraler hhv. hever og senker temperatur til å forsyne varme og kjøling etter behov. Effektbehov for kjøling og oppvarming må dekkes av lokale spisslastkilder (evt. installerte varmepumpe i kjølemodus) i kombinasjon av effektregulering og lokale tiltak.

**C: Konsept «Nøytral distribusjon»**



## Kvalitativ vurdering av termiske konsepter

For å kunne gjøre en totalvurdering av de termiske energiforsyningskonseptene, er ulike forhold vurdert for hvert termisk konsept; A («Beste praksis»), B («Varmelager») eller C («Nøytral distribusjon»). En evaluering av de ulike forholdene er illustrert i Tabell 13. Samspeillet mellom størrelsen av varmebehov, kjølebehov og tilgjengelig spillvarme vil trolig påvirke hvilke av konseptene som er best egnet. Dynamikken er komplisert og vanskelig å uttale seg på nåværende tidspunkt, men bør sees på når omstendighetene rundt energibehov og temperaturnivå til bygg er kommet lenger. I utgangspunktet antas det at dersom varmebehov nærmer seg i størrelse til kjølebehov og spillvarme, så vil denne løsningen øke sin egnethet. Dette fordi store deler av hhv. varme og kjølebehovene vil kunne utnyttes i stor grad via en sentral, lavtemperatur distribusjonsring.

Evalueringen er i stor grad utført som en kvalitativ vurdering, da drift og operasjon av konseptene vil være nokså ulike for konseptene, og utfordrende å tallfeste. Formålet med vurderingen er å gi et bilde på hvordan konseptene scorer basert på 7 ulike kriterier. Dette gir et grunnlag for å vurdere egnethet for det gitte konsept.

Tabell 13 Kvalitativ vurdering av de ulike konseptene, A, B og C etter 7 ulike kriterier. Vurderingen er gjort basert på byggsenario 2 for energi- og effektbehov i bygningsmassen på det fremtidige Nyhavna.

FORHOLD TIL VURDERING		KOMMENTARER	
1	Økonomi (investering)	A	Referansecase - utnytte eksisterende trase til varme/kjøle forsyning. Nye traseer inn i området.
		B	(-) Høyt investeringsbehov i varmelager, anslagsvis 25 -35 MNOK
		C	(-) Større investering enn referanse grunnet komplett nye rør (ikke benytte eksisterende).
2	Økonomi (drift og vedlikehold)	A	Referansecase - drift og vedlikehold av termisk energiforsyning fra ett selskap frem til varmevekslere i de enkelte bygg.
		B	(+/-) Lading av fjernvarme vil representere en økt kostnad, men vil gi høyere energieffektivitet for varmforsyningen
		C	(-) Vil kreve drift av både forsyningssystemet samt hver distribuerte energisentral.
3	Klimavennlig energiforsyning	A	Referansecase - forsynes primært via sjøvann, elektrisitet til varmepumpe og fjernvarme til spissing.
		B	Marginalt klimautslipp fra fjernvarme ved lading av varmelager som følge av antatt karbonlagring i fremtiden.
		C	(+) Vil kunne benytte plastrør i stedet for stål. Nøytralt temperaturnivå på forsyning vil muliggjøre betydelig potensial for utnyttelse av lavtemperatur spillvarmekilder
4	Økt virkningsgrad (reduisert energiforbruk)	A	Referansecase - god virkningsgrad for varmepumpedrift mot stabil sjøvannstemperatur og tilnærmet 100% frikjøling.
		B	(+) Høy effektivitet med kun sirkulasjonspumpe til varmforsyning evt. VP med høy kildetemperatur.
		C	(+) Lave varme og kjøletap som følge av nøytral temperaturnivå i forsyning
5	Redusert maksimal effektbehov	A	Referansecase - belager seg på å etablere store akkumuleringstanker for å ta effekttopper
		B	(+) Et stort varmelager vil ha betydelig tilgang på varmeeffekt. Dette vil avhenge av størrelse og drift av lageret.
		C	(-) Spesielt varmeeffekt vil måtte etableres av hver enkelt varmesentral, totalt større behov for installert effekt en felles energisentral.
6	Fleksibilitet ift utbygging	A	Referansecase - all ny infrastruktur (rør) må tidlig ned i bakken.
		B	
		C	(+) Vil ikke være avhengig av etablering av felles energisentral, kun avhengig av sjøvannssystem (pumpestasjon)
7	Gjennomførbarhet	A	Referansecase - benytter eksisterende fjernvarmerør, men nye fjern-varme/-kjølerør må etableres.
		B	
		C	(-) Vil kreve at eksisterende varmetrase må graves opp og bytte rør. Vil være ugunstig for tilkobling/utnyttelse av eksisterende infrastruktur for varme/kjøling.

Basert på de kvalitative vurderingene av de termiske konseptene, oppsummert over, er det utfordrende å kunne trekke noen konklusjon om hvilket termisk konsept som vil være best egnet for Nyhavna. Det vil være nødvendig arbeid med videre kartlegging og vurdering i større detalj som vil kunne gi grunnlag for en mer grundig evaluering. Samtidig vil også en prioritering av de nevnte kriteriene være med å avgjøre en slik evaluering.

I tråd med konseptutredningen vektlegges følgende 3 kriterier spesielt:

- Klimavennlig energiforsyning
- Økt virkningsgrad (reduert energiforbruk)
- Redusert maksimal effekt

Basert på disse 3 kriteriene og vurderingene i Tabell 13 kan det antydes at termisk konsept A «Beste praksis» og termiske konsept B «Varmelager» kommer marginalt bedre ut enn konsept C «Nøytral distribusjon». Dette har sammenheng med antatt bedre evne å håndtere effekt, som følge av felles energisentral og stor effektkapasitet i varmelager og eventuelt effekttanker. Klimagassberegningene for de to termiske konseptene A og B kan sees i kapittel 7.5. Der vises det at konsept B kommer noe bedre ut enn A. Termisk konsept C er det ikke regnet på. I klimagassberegningene er det kun utslipp fra energi brukt til etablering av brønnpark og utslipp fra selve energiforbruket fra byggene som er inkludert. Utslipp fra materialbruken som går med samt utslipp forbundet med byggeplass er ikke inkludert, men har erfaringsmessig et lite bidrag til totalen. Dermed vil trolig forskjeller i materialbruk for de ulike systemene ikke føre til store endringer i totale utslipp fra de ulike energikonseptene.

Som en tidligfasevurdering, kun basert på de 3 nevnte kriteriene, kan det derfor antydes at termisk konsept A: «Beste praksis» eller termisk konsept B: «Varmelager», eventuelt en hybrid av disse to konseptene, vil representere den mest aktuelle forsyningsløsningen for videre arbeid.

I den videre prosess med termisk forsyning til Nyhavna, i en skisseprosjekt/forprosjekt fase, bør det gjøres et videre arbeid for å tydeliggjøre beslutningsgrunnlaget for å valg av termisk energiforsyning.

- Gå i tettere dialog med Statkraft Varme om hvordan konseptene passer inn i deres planer for forsyning av varme og kjøling for fremtiden samt forhold rundt eksisterende fjernvarme ved Nyhavna. I dette arbeidet også vurdere om det er ressurser og kompetanse til å vurdere og etablere et eget selskap for drift av et «alenestående» termisk forsyning for Nyhavna, gitt at dette er i overensstemmelse med Statkraft Varme sin fjernvarmekonsesjon for området. Videre arbeid må hensynta rapport vedrørende kartlagt teknisk infrastruktur (utført av Multiconsult), som kan legge begrensninger på muligheter for utbygging av fjernvarme/fjernkjøling.
- . Dersom det av ulike årsaker skulle være behov for å basere oppvarmingen av sesongvarmelageret på en annen kilde enn overskuddsvarme fra avfallsforbrenningen, kan et scenario med utnyttelse av varmepumpekapasitet i ny energisentral til å varme opp varmelageret sommerstid bli aktuelt. Med et betydelig overskudd av solstrøm fra solcelleanlegg sommerstid, kan kjøling av fjernkjølenett, solstrøm og varmepumpe sammen gi en enda mer fornybar oppvarming av varmelageret enn hva som er skissert.
- Kartlegge hvor aktuelle ulike spillvarmekilder kan være for tilkobling til en vannbåren energiforsyning – med tanke på effekt, temperaturer og «energivolum». Blant annet potensial for utveksling med varme fra datasenter (Atea, Dora 1), utnyttelse av gråvann fra

renseanlegg ved Ladehammeren ala Moholt 50/50<sup>48</sup>, utnyttelse av spillvarme fra kommende, lokal dagligvare ved Nyhanva. Etter kartlegging er gjennomført vil en ha underlag til å kunne vurdere potensialet for termisk konsept C: «Nøytral distribusjon».

- Avstemme hvilke parametere som skal veie tyngst som beslutningsgrunnlag for valg av termiske energiforsyning, og dermed lettere kunne avgjøre hvilket av de nevnte konsepter som passer best, evt. om en hybridløsning av disse kan være aktuelt.
- Gjøre en vurdering på hvorvidt det kan være akseptabelt å dekke deler av tappevannsbehovet for boligbygg med f.eks. kjemisk legionella-løsning (som Moholt 50/50). Dette vil øke dekningsgraden for det sentrale termiske forsyningssystemet og etter all sannsynlighet øke bidraget fra fornybare energikilder.

## 5.6. Oppsummering energikonsepter for Nyhavna

Dette kapitlet oppsummerer resultatene for energi og effekt, og beskriver det «anbefalte» energikonseptet for Nyhavna, som er den kombinasjonen av scenarier det er beregnet klimagassutslipp for i kapittel 7. Det anbefalte energikonseptet er vurdert som ambisiøst, men realistisk ut fra dagens situasjon. Ytterligere forbedringer av konseptet (med tanke på klimagassutslipp) er vist som sensitiviteter i kapittel 7.7.2.

### 5.6.1. Energibehov

Det totale energibehovet til Nyhavna, er estimert til å være som vist i tabellen under.

Tabell 14 Estimert energi- og effektbehov på Nyhavna for scenariene / antakelsene som er beskrevet under

	Elektrisk	Termisk
Årlig energibehov	28,5 GWh <sub>el</sub>	14,8 GWh <sub>th</sub>
Maksimalt effektbehov (timesmidlet)	4,5 MWh <sub>el</sub> /h	6,1 MWh <sub>th</sub> /h

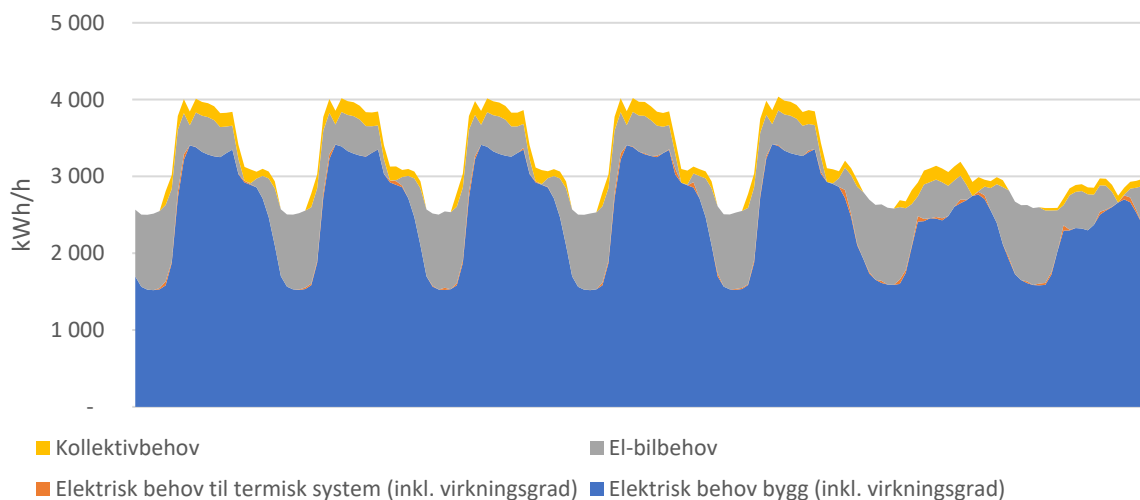
Dette tar utgangspunkt i følgende scenarier / antakelser:

- Energibehov til bygg som tilsvarer at alle nye bygg har passivhusstandard, og at alle eksisterende bygg oppgraderes til passivhusstandard (byggscenarier 2 i kap 5.3.1).
- Bilkjøring på Nyhavna antas håndtert gjennom bilkollektiv for beboere og arbeidende på Nyhavna. Det er videre antatt at det er gode løsninger for kollektivtrafikk, sykkel og gange, slik at det mest optimistiske scenariet med tanke på kjørte kilometer benyttes (mobilitetsscenario 4 i kap 5.3.2).
- Lading av elbiler på Nyhavna foregår med smart styring, slik at ladeeffektene vil tilpasses det øvrige effektbehovet i energisystemet, og dermed typisk lade med høyest effekt på natten (ladescenario 3 i kap 5.3.2).
- For kollektivtrafikk tas det høyde for induktiv lading i vei ved busstopp, som beskrevet i kap 5.3.2.

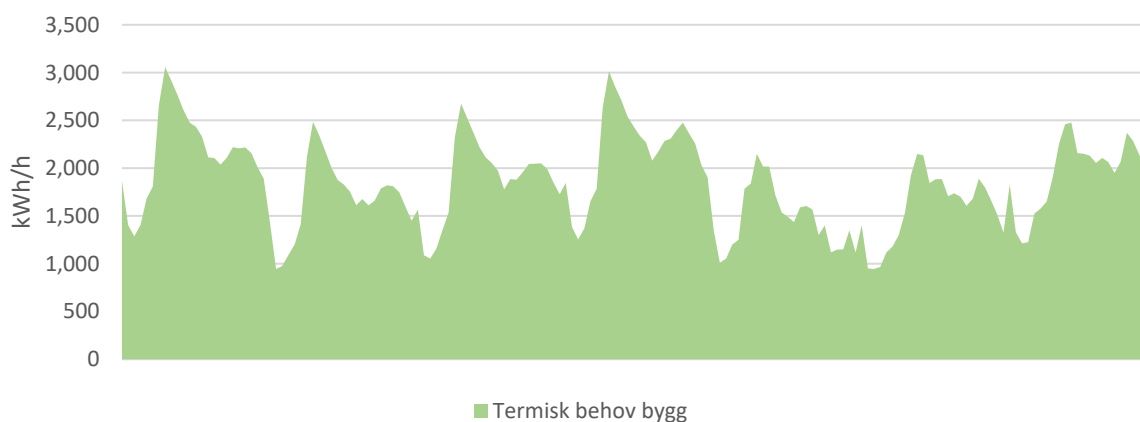
<sup>48</sup> <https://www.trondheim.kommune.no/globalassets/10-bilder-og-filer/10-byutvikling/miljoenheten/energispapere/brosjyrer-2007---2019/energispapere-2017--prisvinner---sit-for-moholt-50-50.pdf>

- Elektrisk effektbehov til termisk system tar utgangspunkt i termisk konsept B «Varmelager».

Figur 47 viser en sammenstilling av elektrisk effektbehov for Nyhavna en uke i januar, og Figur 48 viser termisk energibehov for en uke i januar, for scenariene / antakelsene som er beskrevet over.



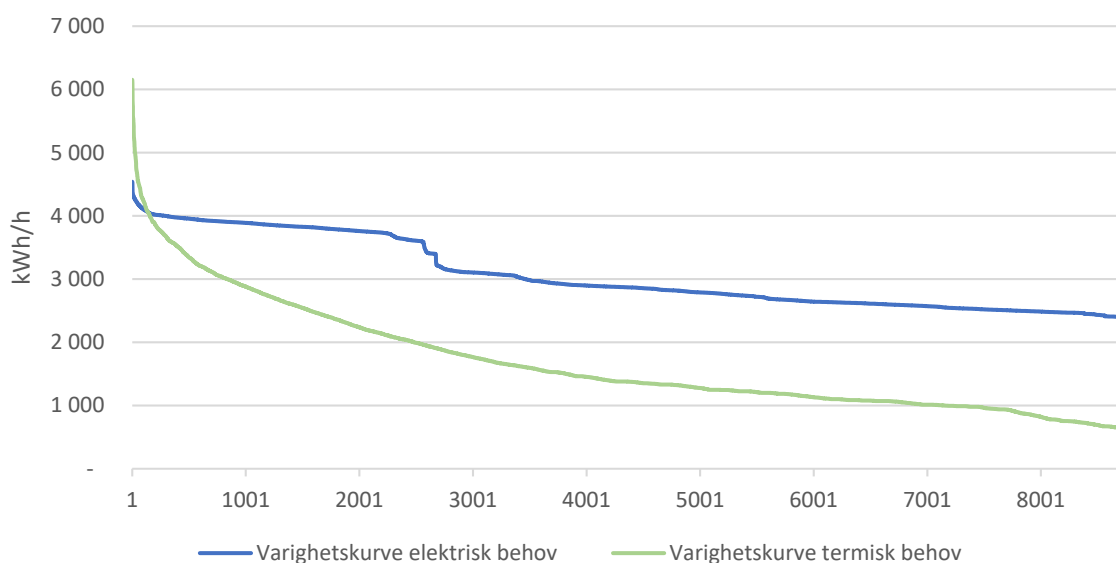
Figur 47 Elektrisk effektbehov for Nyhavna en uke i januar



Figur 48 Termisk effektbehov for Nyhavna en uke i januar

Figur 49 viser varighetskurver for elektrisk og termisk effektbehov, for scenariene / antakelsene som beskrevet i kulepunktlisten over. Som grafen viser er makseffekt for det termiske systemet høyere og mer kortvarig enn for det elektriske. Det elektriske effektbehovet inkluderer både behov til byggene og til elektrisk mobilitet, der lading av elbiler er styrt for å jevne ut byggenes effektbehov. Varighetskurven for elektrisk behov er derfor flatere enn for det termiske behovet.





Figur 49 Varighetskurver for elektrisk og termisk effektbehov

### 5.6.2. Elektrisk energiforsyning

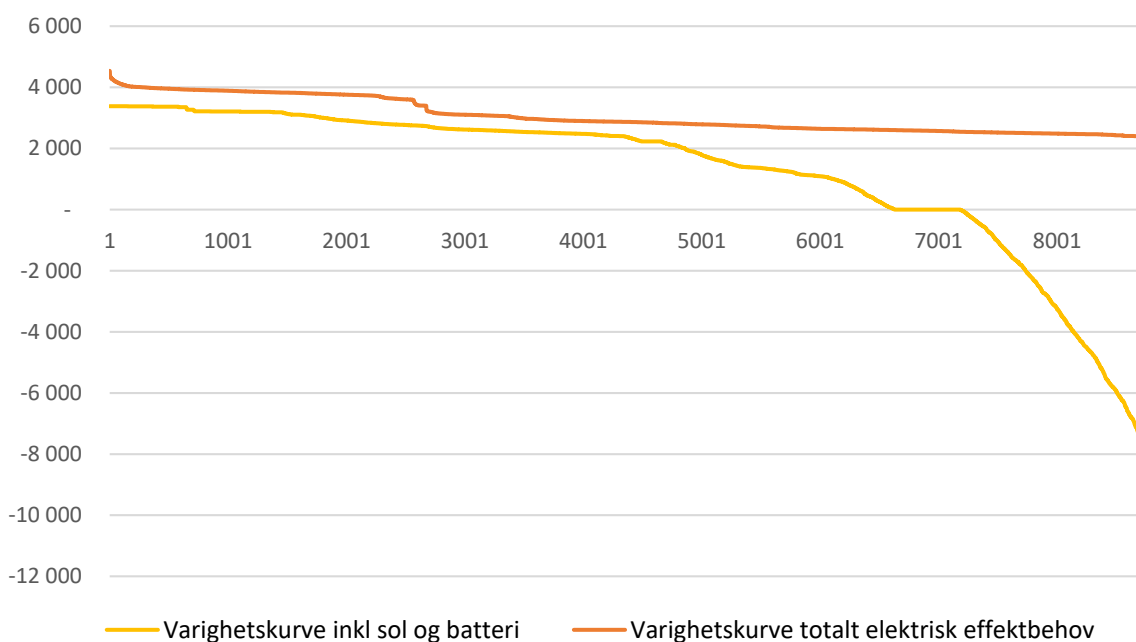
Det anbefales å planlegge for utstrakt lokal strømproduksjon fra solceller på Nyhavna, både for å nærme seg kommunens nullutslippsmål, og for å bidra til at utbyggingen av Nyhavna ikke fører til økt energi- og effektbehov i byen.

PV-scenario 2 for lokal produksjon fra solceller, som er beskrevet i kapittel 5.3.1 er vurdert som et ambisiøst, men realistisk estimat. Dette vil kunne gi en årlig energiproduksjon på 15 GWh, samtidig som det tillater at byggene har andre kvaliteter på takene enn bare solcelleanlegg. En slik utbygging vil gi et vesentlig bidrag til strømforbruket, men også gi store effektoverskudd i perioder med mye sol. Ved å bruke batterier som effektlager (ref. 5.3.2) vil man kunne jevne ut deler av effekttoppene i forbruket og noe av overskuddet fra produksjonen, men det vil likevel være betydelig overskuddsproduksjon store deler av året.

For Tensio er det effekttoppene, både ved last/behov og produksjon, som er dimensjonerende. Lasttopp på vinterstid er mer utfordrende enn overproduksjon på sommeren, og effektreduserende tiltak vil være positivt for distribusjonsnettet. Med ny trafo på Brattøra/Nyhavna vil nettet håndtere et eventuelt overskudd av produksjon på Nyhavna, ifølge Tensio<sup>49</sup>. Dersom det blir aktuelt å bruke produksjonen fra solcellene til å lade sesongvarmelageret om sommeren, ved bruk av varmepumper, vil dette overskuddet kunne brukes internt på Nyhavna, i stedet for å sende overskuddet til nettet.

Figur 50 viser total varighetskurve for utveksling av effekt med overliggende nett, inkludert solproduksjon (PV-scenario 2) og 10 MWh batteri. Ved eventuell bruk av solceller til lading av termisk sesongvarmelager, vil eksporten til overliggende nett bli mindre.

<sup>49</sup> Ref. møte med Tensio 2. desember 2020



Figur 50 Varighetskurve for utveksling av effekt med overliggende strømnnett, med sol og batteri

### 5.6.3. Termisk energiforsyning

For termisk energisystem anbefales det å jobbe videre med konsept B (varmelager), evt. en hybrid med konsept A (beste praksis), basert på kriteriene for konseptutredningen; klimavennlig energiforsyning, redusert energibehov og redusert maksimaleffekt. I konsept B dekkes varmebehovet hovedsakelig via et borehullsbasert sesonglager, enten direkte eller via varmepumpe, mens kjølebehovet dekkes primært via sjøveksler. Et varmelager som skissert i kapittel 5.5.2 vil kunne dekke tilnærmet hele varmeeffektbehovet til Nyhavna vinterstid. Temperaturen i sesongvarmelageret om vinteren er høy nok til at varmen kan leveres direkte som «frivarmer» til byggene på Nyhavna uten å bruke varmepumpe. For å tydeliggjøre beslutningsgrunnlaget anbefales det å gjøre et videre arbeid som beskrevet i kapittel 5.5.4.

Tiltaket med sesonglagring av varme på Nyhavna kan være en god måte å redusere belastningen på øvrig energiforsyning og energisystemet som helhet, samt redusere klimagassutslippene i området og i byen.

En mulig utvidelse til et storskala sesongvarmelager plassert ved Nyhavna kan også ses som en integrert del av fjernvarmenettet til Statkraft, med varmeleveranse både til Nyhavna og til fjernvarmenettet. Varmelageret kan da i større grad bidra til å støtte fjernvarmenettet gjennom fyrings sesongen og dermed erstatte spisslastkilder. Dette bør utredes videre, for å tydeliggjøre beslutningsgrunnlaget for den termiske forsyningen.

## 6. Stedskvaliteter

ZEN-kriteriet for stedskvaliteter handler om å planlegge og lokalisere fasiliteter i området på en måte som sikrer gode stedskvaliteter og stimulerer til bærekraftig adferd. Sosial bærekraft med fokus på brukerne og fellesskapsløsninger er en integrert del av løsningsvalgene.

I konseptutredningsprosjektet er dette temaet behandlet i henhold til ZEN-kriteriet og avgrenset til det som kun har relevans for energi, -effekt og klimagassresultat. I Kvalitetsprogrammet og Miljøprogrammet for Nyhavna vil stedskvaliteter være utfyllende behandlet.

### Oppsummering hovedresultater:

Stedskvaliteter for Nyhavna er behandlet i Kvalitetsprogrammet og Miljøprogrammet for Nyhavna. I utredningen er stedskvaliteter vurdert i forhold til utredet løsninger under kapitlet for mobilitet og energi/effekt med tilhørende klimagassberegninger. Gode stedskvaliteter gjennom arealplanlegging og lokalisering av funksjoner i området som tar hensyn til reduksjon av klimagassutslipp. Begrensning av bilbruken og tilrettelegging for bruk av mikromobilitet vil ha stor betydning for gode stedskvaliteter på Nyhavna.

### Anbefalinger:

- Beholde så mye som mulig av eksisterende bygg, legge til rette for skånsom ombygging og ombruke så mye som mulig av lokalt tilgjengelig materialer. Kartlegge ombrukspotensiale for bygg og materialer i en tidlig fase.
- Sammensetning av ulike bygningsfunksjoner kan være positivt både for energi, effekt og for stedskvaliteter (sambruk, flerbruk, ulike typer bygninger med ulike bruksprofiler).
- I en tidligfase sikre areal til mobilitetshub/bydelsparkeringshus, samlokalisert eller sett i sammenheng med elektrisk energisentral/trafo.
- I en tidligfase sikre areal til lade-infrastruktur for elektrisk mobilitet.
- I en tidligfase sikre areal til elektriske- og termiske energilager
- Tilrettelegge for løsninger som bidrar til redusert parkeringsbehov som brukervennlig og effektive bildelingsordninger, inkludert micromobilitet. I samråd og samarbeid med AtB om fremtidens kollektivløsninger.
- I en tidligfase legge planer for etablering av solceller, for å ivareta arkitektoniske kvaliteter og visuelt miljø. For takmonterte anlegg, avveie dette mot behovet for grønne tak og utsikt. Etablering av solcelleanlegg på Nyhavna må ses i en større sammenheng opp mot helhetlige energi- og effektløsninger og nye forretningsmodeller/deleløsninger.

### 6.1. Innledning

I versjon 1.0 av ZEN-kriteriene (Wiik et al 2018), er det beskrevet følgende kriterier for stedskvaliteter:

1. Demografiske behov og brukerinvolvering
2. Nærhet til servicefunksjoner
3. Kvalitet på offentlig rom

Under kriteriet 'demografiske behov og brukerinvolvering' forutsettes det at man gjennomfører en demografisk analyse hvor man kartlegger nåværende og fremtidig demografisk utvikling i området, og skal inneholde opplysninger om befolkningsutvikling, aldersfordeling, husholdningsstørrelser, etc. I tillegg kreves det at man gjennomfører en brukeranalyse for å kartlegge mulige funksjoner i og interesser i området, som undervisning, handel, energi, kultur, transport, osv. Det skal også utformes en såkalt konsultasjonsplan som skal beskrive hvordan ulike aktører skal inkluderes i områdeutviklingen.

Kriteriet 'nærhet til servicefunksjoner' henviser til at det skal planlegges for servicefunksjoner som er i samsvar med behovene som er identifisert i arbeidet med 'demografiske behov og brukerinvolvering'. Både antall, type, og avstand til servicefunksjoner skal vektlegges. Sambruk og flerbruk av arealer, samt gå-/sykkelavstand er sentrale temaer.

Det tredje kriteriet om kvalitet på offentlig rom omfatter en rekke punkter, bl.a. universell design, tilrettelegging for ulike brukergrupper og aktiviteter, delte arealer, grøntområder, arealer leke- og aktiviteter, sikkerhet og trygghet, komfort (soltilgang, beskyttelse mot vind), bruk av lokale materialer, kulturhistoriske hensyn.

For Nyhavna-utviklingen er hensynet til stedskvaliteter ivaretatt i kvalitetsprogrammet. For å koble stedskvalitetene opp mot de andre ZEN-kriteriene som er adressert i konseptutredningen, har vi tatt utgangspunkt i energi- og mobilitetsløsninger som er analysert og foreslått i konseptutredningen og forsøkt å beskrive hvordan disse kan påvirke kriteriene i kvalitetsprogrammet for Nyhavna.

## 6.2. Materialbruk

Ambisjonen om nullutslippsområde krever at materialbruk til bygg og infrastruktur har lite/minimalt klimagassutslipp over livsløpet. Dette innebærer løsninger for ombruk, resirkulering, og lavutslippsmaterialer/løsninger. Tabellen under viser anbefalinger knyttet til materialbruk.

<b>Anbefalt i konseptutredningen</b>	<b>Relasjon til stedskvaliteter i kvalitetsprogrammet</b>
Ombruk	<p>Positivt å beholde så mye som mulig av eksisterende bygg, skånsom ombygging. Evt bruke så mye som mulig av lokalt tilgjengelig materialer fra riving i området.</p> <p>Dette harmonerer bra med å beholde eksisterende stedskvaliteter og kulturhistorie.</p> <p>Kartlegge ombrukspotensiale for bygg og materialer i en tidlig fase som et grunnlag for designprogrammene som skal etableres områdevis.</p>
Lavutslippsmaterialer	Trolig liten konflikt med stedskvaliteter, mulig å finne løsninger som harmonerer med lokal byggeskikk.

## 6.3. Energi og effekt

Ambisjonen om nullutslippsområde krever høy energieffektivitet og en høy andel av fornybar energi i forsyningsystemet. Tabellen under viser anbefalinger knyttet til energi og effekt.

<b>Anbefalt i konseptutredningen</b>	<b>Relasjon til stedskvaliteter i kvalitetsprogrammet</b>
Rehabilitering av eksisterende bygg til passivhus eller energibehov tilsvarende ZEB	Viktig å ta hensyn til lokal byggeskikk og kulturhistoriske verdier.
Oppføring av nye bygg med passivhus eller energibehov tilsvarende ZEB	Hensynta arkitektoniske kvaliteter. Også hensynta tilgang til dagslys og sol.  Sammensetning av bygningsfunksjoner kan være positivt både for energ/effekt og for stedskvaliteter (sambruk, flerbruk, ulike typer bygninger med ulike bruksprofiler).
Solceller på tak og fasader	For fasader: Spesielt viktig å ivareta arkitektoniske kvaliteter og visuelt miljø: fargevalg, refleksjonsegenskaper, form.  For takmonterte anlegg: Avveining mot grønne arealer og takterrasser. Avveining mot utsikt og skråstilling av takflatene for å bedre solenergiproduksjonen.  Kobling mot nye forretningsmodeller/ deleløsninger kan være positivt.
Elektrisk energilager	Vil kreve noe behov for areal, men ellers lite/ingen innvirkning på stedskvaliteter
Forbrukerfleksibilitet og vehicle-to-grid	Liten/ingen innvirkning. Mindre behov for nettutbygging som vil gi noe redusert anleggsvirksomhet i området.
Sesongvarmelager med borehull på Ladehammerkaia og utnyttelse av sjøvann til oppvarming og kjøling	Liten/ingen innvirkning, men det er fordelaktig med lavtemperatur varmedistribusjonssystem, som kan føre til behov for tiltak både i eksisterende bygg og infrastruktur. Areal må settes av.  Tiltak i eksisterende bygg kan komme i konflikt med vernehensyn.

#### 6.4. Mobilitet

Ambisjonen om nullutslippsområde krever at bærekraftige transportmønstre fremmes og at smarte mobilitetssystemer etableres. Tabellen under viser anbefalinger knyttet til mobilitet.

<b>Anbefalt i konseptutredningen</b>	<b>Relasjon til stedskvaliteter i kvalitetsprogrammet</b>
Bildeling	Redusert behov for parkering som gir mer plass til

	<p>grøntarealer, og andre fellesarealer.</p> <p>Redusert bilbruk som gir bedre luftkvalitet og mindre støy. Deleløsninger kan være positivt for sosial bærekraft.</p>
Mikromobilitet	Redusert bilbruk, ref punktet over.
Autonome busser	Redusert bilbruk, se punktet over
Mobilitetshus	<p>Tilrettelegging for elektrisk lading, parkering, bildeling, mikromobilitet og ulike servicefunksjoner og tjenester knyttet til dette.</p> <p>Samlokalisering med energisentral/hovedtrafo for området bør utredes nærmere som en del av en helhetlig plan.</p>

## 7. Klimagassutslipp, LCA / klimagassberegninger på områdenivå

ZEN-kriteriene for klimagassutslipp handler om hvordan planlegge, designe og drifte et område med et klimafotavtrykk relatert til energibruk, materialbruk, mobilitet og arealbruk som er tilnærmet null over livsløpet. I utredningsprosjektet er det innenfor dette kriteriet gjennomført klimagassberegninger av de løsninger og teknologier som er anbefalt, og vurdert hvordan dette samsvarer med målet om Nyhavna som nullutslippsområdet. I dette kapittelet klargjøres ellers de ulike utslippsfaktorer for energiproduksjon-/bruk som er lagt til grunn for beregningen. Spesielt ved termisk energiproduksjon og -sesongvarmelagring er det gjort vurderinger av disse faktorene slik at de reflekterer tid på året energien lagres og brukes.

### Oppsummering hovedresultater:

Med de anbefalte energikonseptene som beskrevet i kap 5.6 oppnås en reduksjon av klimagassutslipp på 52 % (materialbruk til bygg, batterier og solceller over en 60 års periode i tillegg til energiforbruk over samme område som trengs til byggene) sammenlignet med en referanse der en kun følger dagens forskrifter og standardløsninger.

De foreslåtte konseptene vil gi betydelige reduksjoner av utslipp, men tilfredsstillende ikke målet om netto nullutslipp over livsløpet for Nyhavna. Det som bidrar til størst klimagassutslipp, og dermed har størst potensial for ytterligere reduksjon er strømforbruk til bygningsmassen og utslipp knyttet til materialbruk i byggene. I tillegg vil det å øke mengden av lokal fornybar energiproduksjon fra solcelleanlegg bidra positivt i klimagassregnskapet.

Sensitivitetsanalysene viser at ved å stille krav om ytterligere forbedring av energistandard i byggene (energibehov tilsvarende ZEB) på alle bygg samt øke omfang solcellepaneler kan det oppnås 76 % reduksjon av klimagassutslipp.

### Anbefalinger:

- Etablere et helhetlig energisystem for Nyhavna som legger til rette for lokal energiproduksjon fra solceller, og som hensyntar energi- og effektbehov til elektrisk mobilitet
- Jobbe videre med termisk energiforsyning for å tydeliggjøre beslutningsgrunnlaget for borehullsbasert sesongvarmelager
- Stille krav til maksimale klimagassutslipp per kvadratmeter for bygningsmassen
- Legge til rette for nullutslipps mobilitetsløsninger
- Stille krav til utslippsfrie bygg- og anleggsplasser
- Klimagevinster ved arealeffektive løsninger samt sambruk av areal bør utredes videre
- Gjenbruke og rehabilitere eksisterende bebyggelse i størst mulig grad
- Velge lavutslippsmaterialer og kortreiste materialer og produkter
- Legge til rette for at materialer som ikke gjenbrukes på Nyhavna kan benyttes andre steder
- Utarbeide plan for lokal og klimavennlig massehåndtering i en tidligfase
- I videre utvikling og utbygging av Nyhavna bør både direkte og indirekte klimagassutslipp hensyntas. Måleindikatorer bør etableres i en tidligfase og følges opp i hele utbyggings-/utviklingsperioden.



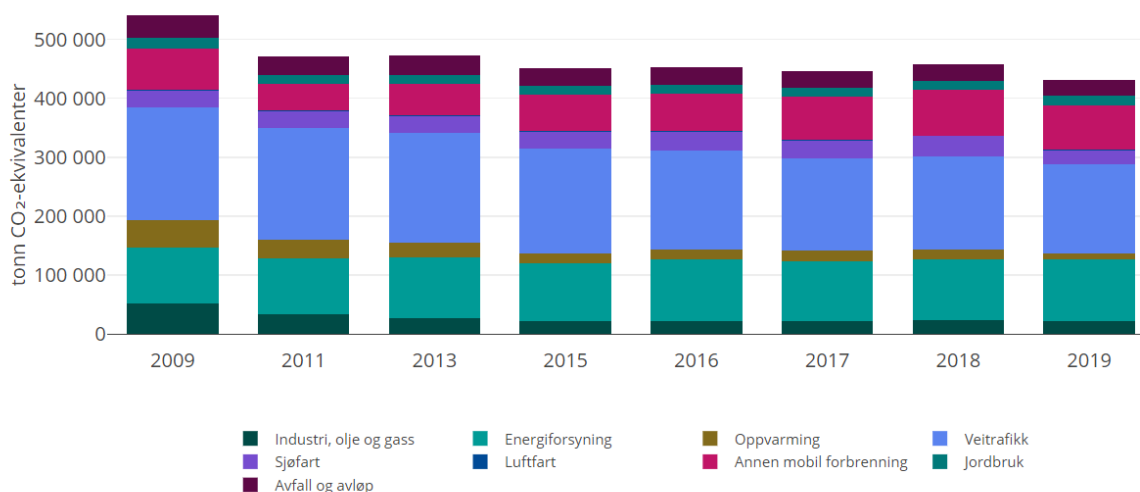
## 7.1. Klimagassutslipp i Trondheim

Figur 51 viser de direkte klimagassutslippene fra Trondheim kommune i en 10 års periode fra 2009 til 2019. Som figuren viser, er veitrafikken den største kilden til klimagassutslipp. Energiforsyning (som også inneholder utslipp fra avfallsforbrenning) er også en stor bidragsyter.

Figuren viser en nedgang i klimagassutslipp som er på ca. 20 %. Fordelt jevnt per år blir det en 2 % reduksjon i året. Dette er en betydelig reduksjon, men ytterligere reduksjoner må oppnås. Innsatsen og tiltakene må skjerpes ytterligere om man skal klare å innfri kommunens klimagassmål for 2030 om redusert med 80% av direkte utslipp forhold til 2009. Dette klimamålet gjelder kun de direkte utslippene som skjer innenfor Trondheim kommunes grenser.

Indirekte utslipp derimot, som komme fra varer og tjenester som produseres utenfor kommunen, er ikke inkludert i figur under. Et eksempel på denne type utslipp kan være fra materialer som benyttes i kommunale bygg, men der materialproduksjon foregår i andre regioner/land og utslippene ikke blir medregnet i kommunens direkte klimagassutslipp.

Videre utvikling og utbygging av Nyhavna anbefales utført på en slik måte at både direkte og indirekte klimagassutslipp minimeres, og at måleindikatorer for dette etableres i en tidlig fase og følges opp i hele utbygging/utviklingsperioden. Fra Figur 51 ser vi at mobilitetsløsninger og energibruk bør ha stort fokus.



Figur 51 Direkte klimagassutslipp i Trondheim kommune fra 2009 til 2019<sup>50</sup>

## 7.2. Metodikk og avgrensninger

Beregning av klimagassutslipp i denne rapporten er gjort etter LCA-metoden. LCA er forkortelse for «life cycle assessment», som på norsk gjerne omtales som livsløpsvurdering. LCA er en ISO-standardisert metode for å beregne miljøbelastningen til et produkt eller en tjeneste gjennom hele dets livsløp; fra råvareutvinning, produksjon, transport, bruksfase og avhending. Miljøbelastningen kan beregnes for hele eller deler av livsløpet, f.eks. fra «vugge til (fabrikk)port» eller «vugge til grav». Man kan beregne kun de direkte utslippene, de som fysisk finner sted innenfor et geografisk område, eller også de indirekte utslippene som da omfatter utslipp forbundet med varer og tjenester som importeres til det geografiske området.

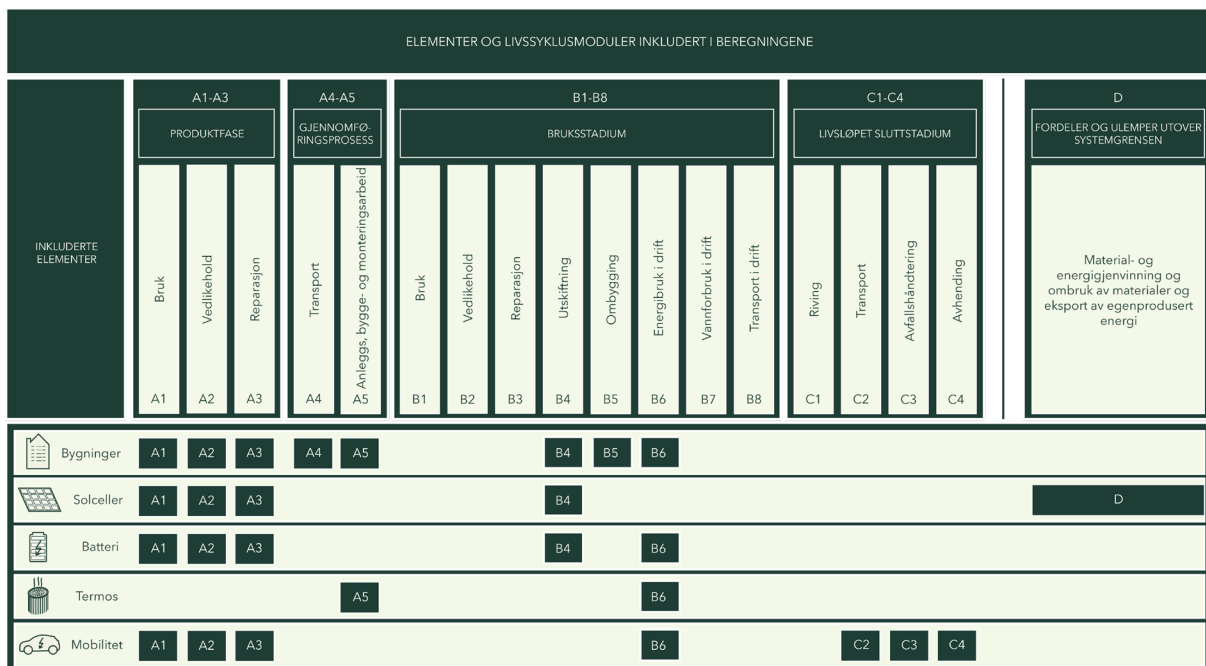
<sup>50</sup> <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-kommuner/?area=705&sector=-2> (25.03.2021)

I en LCA kan flere miljøbelastningskategorier beregnes, deriblant global oppvarming, toksisitet, forsuring, overgjødsling, nedbrytning av ozonlaget. I denne rapporten er det gjort beregninger for global oppvarming, også kalt klimagassutslipp.

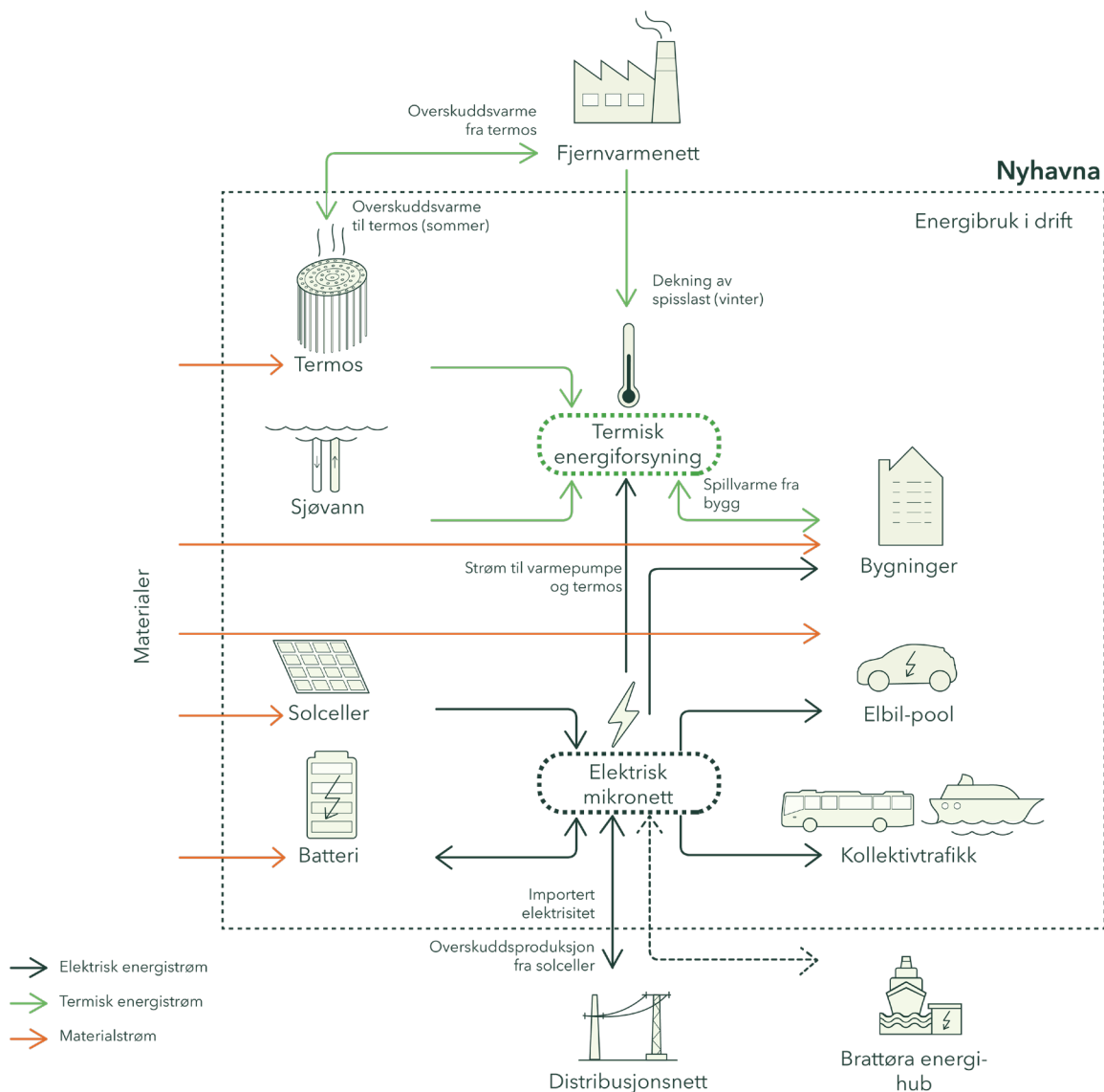
Beregningene følger også NS 3720. Dette er standarden for «Metode for klimagassberegninger for Bygninger». Her rapporteres klimagassutslipp i forskjellige moduler. Hovedmodulene er A (produkt og gjennomføringsstadiet), B (bruksstadiet), C (livsløpets sluttstadiet) og D som er eventuelle konsekvenser utenfor systemgrensene. Hver av disse modulene har igjen undermoduler. Iht. NS 3720 gjør vi beregninger for en 60 års periode. Det vil si at vi setter beregningsperioden fra 2030 til 2089.

I de kommende underkapitlene er både metodikk, fremgangsmåte og resultater for klimagassutslipp fra material- og energibruk i bygninger, og transport vist. Beregningene er gjort blant annet med Asplan Viaks egenutviklede klimagassverktøy, OmrådeLCA.

Figur 52 viser hvilke livssyklusmoduler som er inkludert for de ulike elementene i beregningene, mens Figur 53 viser en illustrasjon av flyten av materialer og energi som fører til klimagassutslipp for utbyggingen av Nyhavna. Vi har inkludert det meste av strømmer som er vist i figuren. Det som ikke er inkludert er materialer som går ut av området og potensielt kan gjenbrukes. Dette kan dermed ha en positiv effekt på klimaet.



Figur 52 Elementer og livssyklusmoduler som er inkludert i beregningene



Figur 53 Illustrasjon av material- og energistrømmer som fører til klimagassutslipp for utbyggingen av Nyhavna

### 7.3. Klimagassutslipp knyttet til materialbruk i bygninger

For selve byggingen av nye bygg og rehabilitering av eksisterende bygninger (materialbruk) er det lagt til grunn utslippsnivåer per m<sup>2</sup> BRA (bruttoareal) for ulike bygningstyper som definert i Enovareporten «Klimavennlige byggematerialer, potensial for utslippskutt og barrierer mot bruk»<sup>51</sup>. Her er det definert 4 ulike nivåer av utslipp (se Enovareporten for ytterligere beskrivelse av nivåene):

- **Referanse:** materialbruk er basert på en enkel og nøktern bygningskropp iht. gjeldende byggtekniske forskrift (TEK17), med vanlig/standard materialbruk.
- **Lavutslipp:** representerer såkalt best available technology (BAT) for klimavennlig materialbruk, uten å endre på materialvalgene i bæresystemet og dekkene, men valgt mer klimavennlige produkter innenfor de materialgruppene som er benyttet.

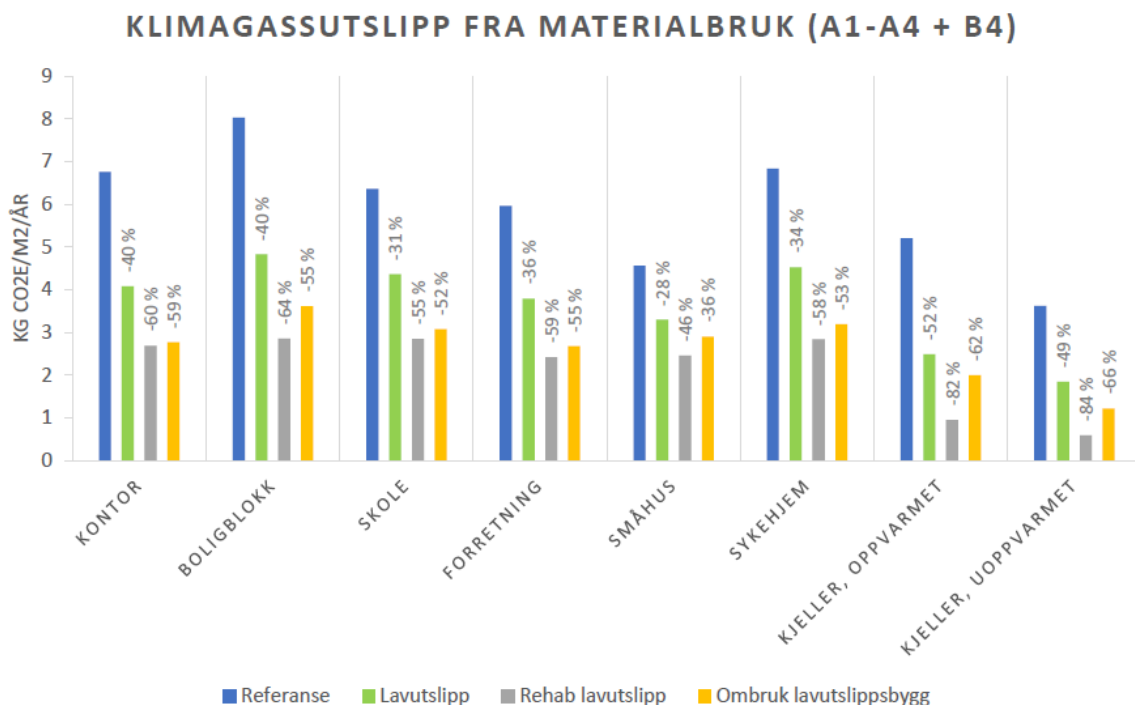
<sup>51</sup> «Klimavennlige byggematerialer potensial for utslippskutt og barrierer mot bruk», Enova SF, 2020

- Rehabilitering lavutslipp: baserer seg på 8 rehabiliteringsprosjekt i Osloområdet, og hvor mye av bygningskroppene som kunne bevares i de prosjektene. For de delene av byggene som ikke kunne bevares er det gjort valg som for Lavutslipp-nivået.
- Lavutslipp med ombruk: her er det lagt til grunn Lavutslipps-nivået med maksimalt teoretisk potensiale for ombruk i nye bygg.

Videre er disse nivåene laget for bygningskategoriene:

- Kontor
- Skole
- Boligblokk
- Næring/forretning
- Sykehjem
- Småhus
- Kjeller (oppvarmet og ikke oppvarmet)

Utslppsintensiteter for de fire utslippsnivåene og bygningskategoriene er vist i Figur 54. Utslipp fra modul C (livsløpets sluttstadium) er ikke inkludert i beregningene i dette prosjektet, som i Enovarapporten, da det er knyttet stor usikkerhet til hvordan ulike materialer vil avhendes i fremtiden. Erfaringstall indikerer at utslipp i avhendingsfasen står for en relativt liten andel av totale utslipp over livsløpet, slik at beregninger ekskludert modul C likevel vil gi en god representasjon av totale utslipp, med lavere usikkerhet.



Figur 54 Klimagassutslipp fra materialbruk for de ulike utslippsnivåene og bygningskategoriene.<sup>52</sup>

Da det ikke finnes bygningskategorier i Enovarapporten som stemmer helt med alle bygningskategoriene som er tenkt på Nyhavna, er det gjort noen forenklinger. For det som er omtalt som bolig på Nyhavna er dette delt 80 % på kategorien boligblokk og 20 % på kategorien småhus. Næring er lagt under kontor. Idrettshall, barnehage og skole går under skole. Kultur og forretning går under forretning.

<sup>52</sup> «Klimavennlige byggematerialer potensial for utslippskutt og barrierer mot bruk», Enova SF, 2020

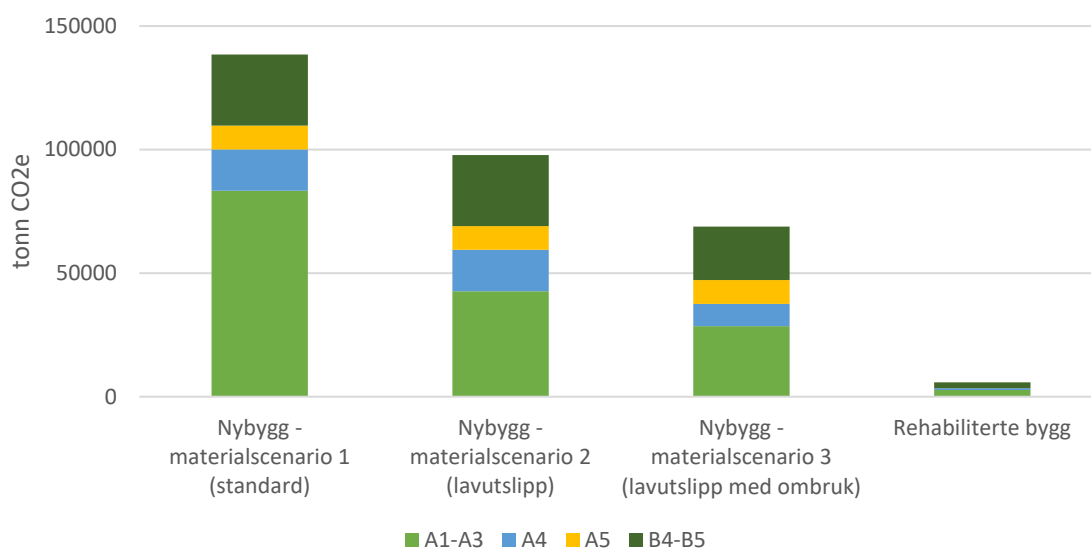
Modulen A5 (anlegg, bygg og monteringsarbeid) er ikke inkludert i selve Enovareporten, men ble beregnet i arbeidet med å utarbeide den. Vi har lagt til utslippsfaktorer fra disse beregningene i denne rapporten. Vi har ikke differensiert på utslipp fra A5 for ulik grad av klimavennlig utbygging.

Det er utarbeidet 3 scenarier for klimagassutslipp fra materialbruk i bygningene. For nybygg som skal oppføres på Nyhavna er de tre scenarioene som følger

- Materialscenarior 1: standard (utslippsverdier som referanse forklart ovenfor),
- Materialscenarior 2: lavutslippsmaterialer, og
- Materialscenarior 3: lavutslipp med ombruk, som har ulik grad av klimagassutslipp forbundet med materialbruk i byggene.

For eksisterende bygg som skal rehabiliteres (ca. 15 % av total bygningsmasse) er det lagt til grunn rehabilitering til lavutslipp (materialscenarior 2) for alle scenarioene, da det kun er ett scenarior laget for rehabilitering i Enovareporten. Basert på tilgjengelig kunnskap om klimagassutslipp fra ulike ambisjonsnivå for bygningene, vurderes disse valgene som en tilstrekkelig god nok tilnærming i denne konseptutredningen.

Resultatet av klimagassutslipp fra materialbruk (bygging og utskifting/ombygging) og anleggsfasen for de tre scenarioene er vist i Figur 55.



Figur 55 Klimagassutslipp fra materialbruk i bygningene for ulike materialscenarior.

Resultatene viser at for nybygg er klimagassutslipp fra materialscenarior 2 (lavutslippsmaterialer) redusert med 28 % sammenlignet med standardscenarior 1, mens det for materialscenarior 3 (lavutslipp med ombruk) er redusert med 48 %. Det er dermed mye å hente på å gjøre klimavennlige valg når det kommer til materialbruk. Dette krever imidlertid at man i en tidlig fase av utbyggingen på Nyhavna tenker på materialbruk slik at man kan velge løsninger som gir mulighet til å gjøre gode materialvalg. Dette er spesielt viktig om man skal klare å bruke mye ombruksmaterialer. Her vil det også kreve at man gjør en kartlegging av hvilke materialer som er tilgjengelige.

Grunn og fundament for bygg er ikke inkludert i beregningene da det er høyst usikkert hvor mye grunn og fundament som trengs. Vi anbefaler at dette inkluderes i det videre arbeidet. Tilrettelegging av Nyhavna vil også innebære aktivitet utover selve tomte bygningene skal stå på, eksempelvis vei, park, kai, m.m.

#### 7.4. Klimagassutslipp knyttet til elektrisk energiforsyning og lager

I dette kapitlet ser vi på klimagassutslipp fra elektrisk energibruk på Nyhavna, levert fra el-nettet og eksportert til el-nettet ut av Nyhavnas systemgrense. I tillegg ser vi på utslipp knyttet til produksjon og bruk av batterier (elektrisk energilager).

##### 7.4.1. Klimagassberegninger for elektrisk energiforsyning til byggene

For å beregne klimagassutslippene fra den elektriske energiforsyningen er det tatt utgangspunkt i det elektriske energibehovet til byggene for de tre byggscenariene beskrevet i kapittel 5.3.1, og repetert under.

Tabell 15 Beskrivelse og beregnet elektrisk energibehov for de tre byggscenariene

	Eksisterende bygg som skal rehabiliteres	Nye bygg som skal oppføres	Beregnet elektrisk energibehov (GWh)
Byggscenario 1 (referansescenario)	Normal	Passivhus-standard	22,3
Byggscenario 2	Passivhus-standard	Passivhus-standard	21,0
Byggscenario 3	Energibehov tilsvarende ZEB	Energibehov tilsvarende ZEB	13,3

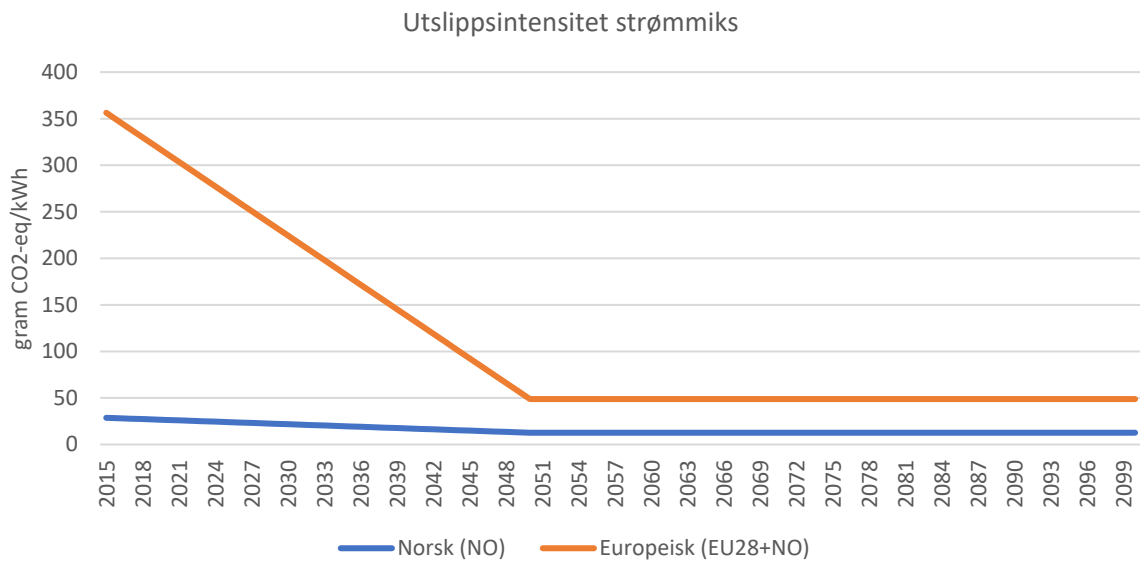
Det elektriske behovet i bygningsmassen og til andre formål på Nyhavna, er beregningsmessig det samme som levert elektrisitet da tapet fra levert elektrisitet til behov (det som brukes i byggene) er neglisjerbart. Det trengs da kun å legges en utslippsfaktor på den leverte elektrisiteten.

Iht. NS 3720 skal det vises utslipp med både norsk (NO) og norsk-europeisk (NO+EU28) strømmiks som et gjennomsnitt over beregningsperioden. Utslippsfaktorene for strømmiksene er vist i Tabell 16 for perioden 2020-2079 (standard beregning om bygget ble bygget i år 2020) og for 2030-2089 som er tilfelle i disse beregningene hvor vi har satt en gjennomsnittlig byggestart i 2030. Figur 56 viser utslippsintensitet for strømmiksen fra 2015 og frem i tid.

Tabell 16 Utslippsfaktor for norsk og norsk-europeisk strømmiks for periodene 2020-2079 og 2030-2089 iht. NS 3720.

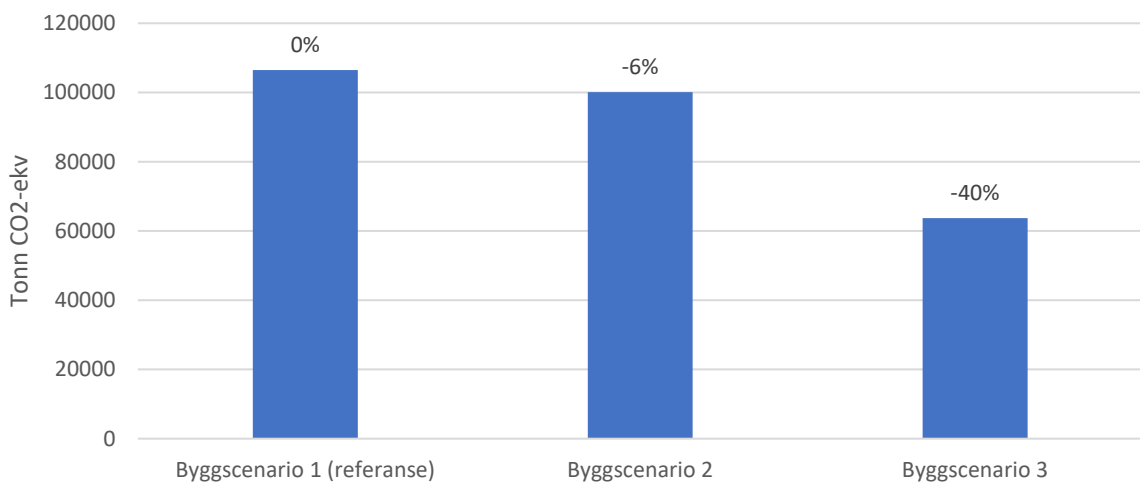
Gjennomsnitt for perioden:	Norsk (NO) (gCO <sub>2</sub> e/kWhel)	Norsk-europeisk (NO+EU28)
År 2020-2079	16,20	116,93
År 2030-2089	14,25	79,58





Figur 56 Utslippintensitet strømmiks iht. NS 3720 fra 2015 og frem i tid.

Resultatene for de tre byggscenariene med norsk-europeisk strømmiks er vist i Figur 57. For norsk strømmiks kan resultater sees i kapittel 8.8. Referansescenarioet, omtalt som byggscenario 1 i 5.3.1, har antatt normalt<sup>53</sup> energibehov for eksisterende bygg, og energibehov for ny bygningsmasse iht. passivhuskravene (totalt 22,3 GWh elektrisk energibehov). For byggscenario 2 er det antatt passivhusnivå for både nye og eksisterende bygg (totalt 21,0 GWh elektrisk energibehov), mens det i byggscenario 3 er energibehov tilsvarende ZEB-bygg som ligger til grunn for både nye og eksisterende bygg (totalt 13,3 GWh elektrisk energibehov).



Figur 57 Klimagassutslipp over 60 år for de tre scenarioene for elektrisk energibehov i bygningsmassen

Som man kan se fra Figur 57, er det kun 6% reduksjon i utslipp fra referansescenarioet til byggscenario 2. Forskjellen mellom disse scenarioene er at de byggene som skal rehabiliteres går fra

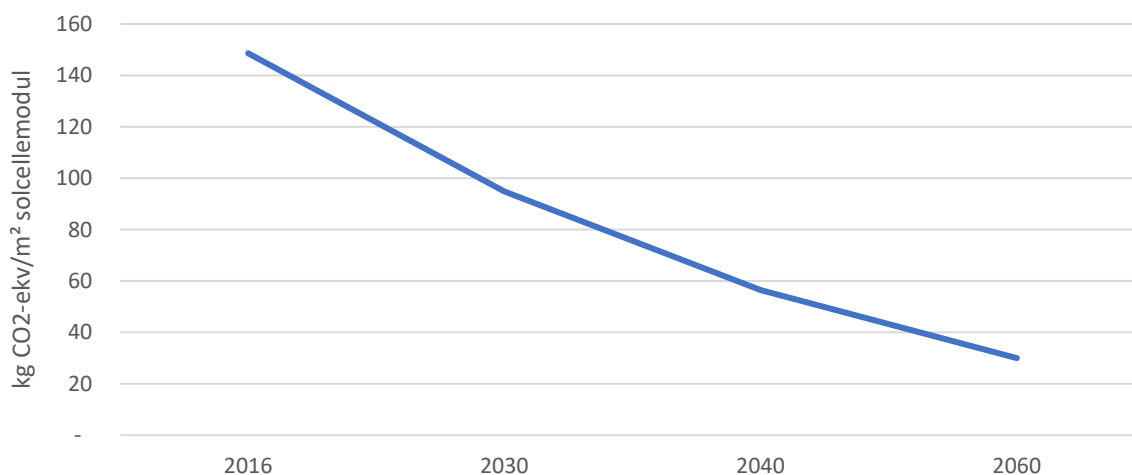
<sup>53</sup> Eksisterende bygninger som ikke er passivhus. Forklart i kapittel 5.3.1.

normal til passivhus (se forklaring av energibehov bygg i kapittel 5.3.1). De rehabiliterte byggene utgjør en liten andel, og dermed får dette tiltaket en begrenset effekt når det gjelder utslipp knyttet til elektrisitet i bruksfasen. Om man klarer å oppnå ZEB-standard (byggscenarior 3) på alle bygg vil dette derimot ha en betydelig effekt. Dette vil være ambisiøst og innebære at mye av det som bruker elektrisk energi (ventilasjon, hvitevarer, stikk, m.m.) i bygningsmassen blir betydelig effektivisert.

#### 7.4.2. Klimagassberegninger for solceller

Solceller bidrar til en produksjon av strøm som i driftsfasen kan sees på som utslippsfri. Det er ofte vanlig å si at denne strømmen erstatter bruk av strøm fra nettet, og dermed kan regnes som et unngått utslipp. Samme tilnærming er brukt i beregningene i denne konseptutredningen. Strømmiksen som erstattes er den samme som beskrevet i Tabell 16.

Solceller har imidlertid et utslipp når de produseres. Disse utslippene er medregnet i analysen. Utslippsfaktorer for solceller er basert på tall fra en rapport om klimagassutslipp fra solceller<sup>54</sup>. Her er det presentert utslippsfaktorer for solcellemoduler fra år 2016 og framskrivninger for år 2040. Da analyseperioden for Nyhavna er satt til år 2030 har vi valgt en lineær tilnærming for å finne en utslippsfaktor for år 2030. Da solcellemodulene har en levetid på 30 år, er det lagt til grunn at disse må skiftes ut i 2060. Vi har da gjort en antakelse om videre reduksjon i utslipp frem til 2060. En graf over utslipp i 2016, 2030, 2040 og 2060 er vist i Figur 58.

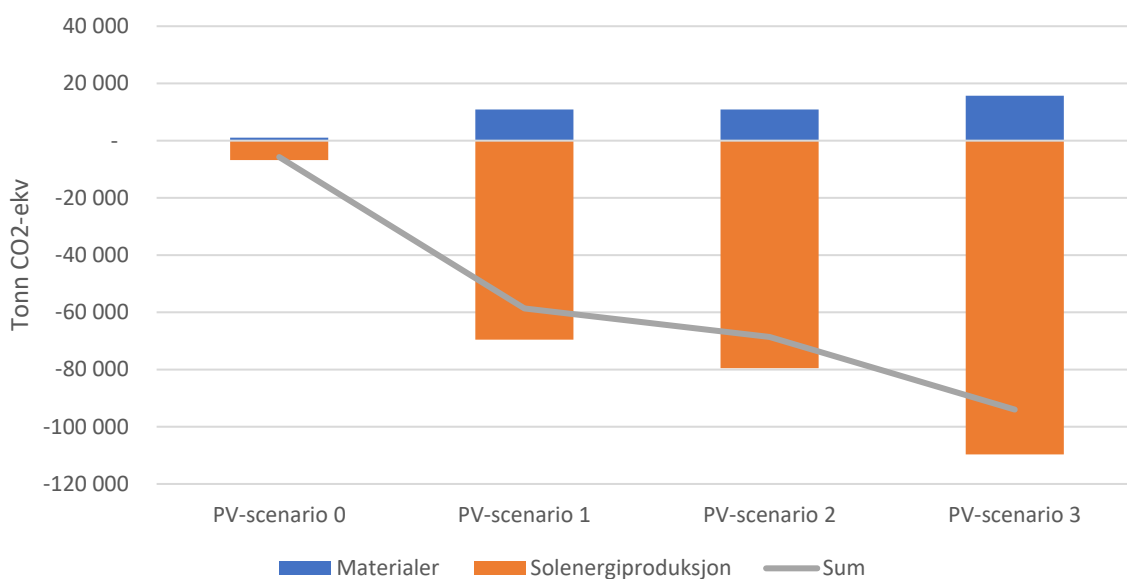


Figur 58 Estimerte klimagassutslipp fra produksjon av solcellemoduler

De resulterende klimagassutslippene fra produksjon av materialer til solcellemoduler og de unngåtte utslippene over en 60 års beregningsperiode for de 4 PV-scenariene for produksjon fra solceller beskrevet i kapittel 5.4.1 er vist i Figur 59.

Standardscenarioet (PV-scenarior 0 som beskrevet i kapittel 5.4.1) er sannsynlig solenergiproduksjon uten tiltak eller krav. PV-scenarior 1 er maks utnyttelse av tak uten utforming av bygget mtp solceller. PV-scenarior 2 er god utnyttelse med tilpasning av bygningskropp for bedre utnyttelse av solenergi, mens PV-scenarior 3 er maksimal utnyttelse med tilpasning av bygningskropp for bedre utnyttelse av solenergi.

<sup>54</sup> "Re-assessment of net energy production and greenhouse gas emissions avoidance after 40 years of photovoltaics development", Louwen, et al. 2016.



Figur 59 Resulterende klimagassutslipp fra produksjon av materialer til solcellemoduler og de unngåtte utslippene fra produksjon av strøm over en 60 års beregningsperiode.

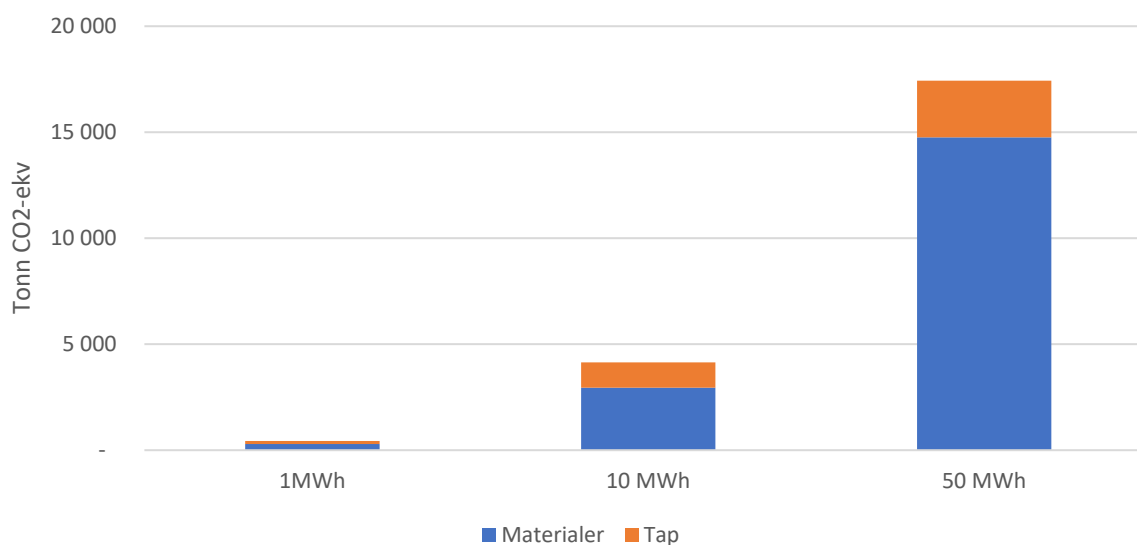
Som man kan se fører det til betydelige utslipp fra produksjon av solcellemoduler, men disse er likevel små sammenlignet med hva solcellemodulene kompenserer for.

### 7.4.3. Klimagassberegninger for elektrisk energilager (batteri)

For klimagassutslipp knyttet til bruk av batterier er det i beregningene tatt med produksjon av batterier, og tap ved bruk av batterier (antatt 10%). Batterier kan i tillegg ha en del indirekte effekter på klimaet, som f.eks. at man ved å redusere effekttopper kan unngå eller utsette investeringer i nettet. Slike effekter er ikke inkludert her.

I Figur 60 kan man se de resulterende klimagassutslippene forbundet med materialbruk som kreves for batteribanken, samt klimagassutslipp som et resultat av det tapet batteriene fører til. Vi har lagt til grunn en levetid på 15 år på batteribanken som forklart i kapittel 5.4.2. Dette fører til at batteriene må byttes 3 ganger i løpet av levetiden. For klimagassutslipp fra materialbruken har vi basert det på arbeidet som er gjort i rapporten «LCA av godstransport - bane og veg»<sup>55</sup>. Her har vi brukt verdier for utslipp fra Li-ionbatterier for 2030 (73,8 kg CO2-ekv/kWh) for både 2030 og de 3 utskiftingene. Det er sannsynlig at utslippene vil gå ned i de fremtidige utskiftingene. For tapet er det lagt til grunn de beregningene av tap som er vist i kapittel 5.4.2.

<sup>55</sup> LCA av godstransport bane og ve., Asplan Viak, 2021, <http://jernbanealliansen.no/getfile.php/13167218-1619441453/Jernbanealliansen/Dokumenter/Rapport%20LCA%20av%20godstransport.pdf>



Figur 60 Resulterende klimagassutslipp fra de tre størrelsene for batterier

For å kutte disse utslippene kan man velge batteriprodusenter med lave klimafotavtrykk, som trolig vil være tilfelle for de nye batterifabrikkene som kommer til Norge. Et annet tiltak er å varmegjenvinne det tapet som batteriene har. Tapet i batteriene er i all hovedsak i form av varme, som kan og bør gjenvinnes.

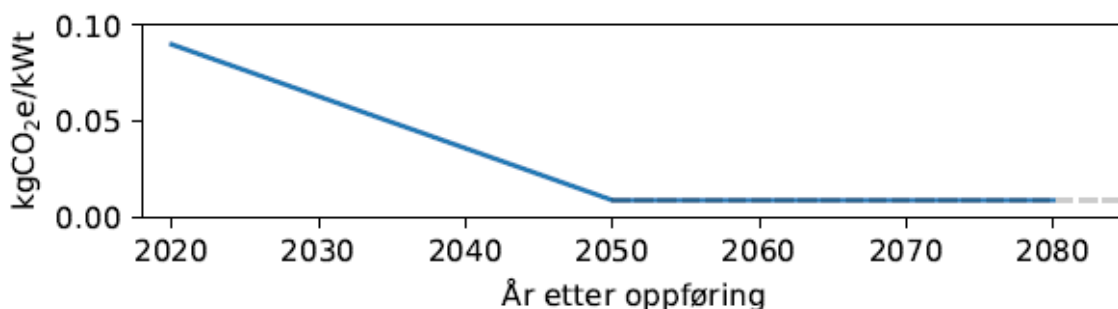
## 7.5. Klimagassutslipp knyttet til termisk energiforsyning

Det er beregnet klimagassutslipp av de to termiske konseptene A (beste praksis) og B (varmelager), som er beskrevet i kapittel 5.5.4. Både termisk konsept A og termisk konsept B benytter en kombinasjon av strøm og fjernvarme. Utslippsfaktor for strømmen er som beskrevet i kapittel 7.4.1. For fjernvarmen er det mer utfordrende å bestemme utslippsfaktoren, av flere grunner:

1. Fjernvarmen i Trondheim har en stor andel avfall. Brenning av avfall fører til store utslipp per energienhet generert. Spørsmålet er hvem disse utslippene skal allokere til. Den som skaper avfallet, eller den som bruker varmen generert fra avfallet.

NS 3720 sier at utslippene skal allokere 100 % til den som genererer avfallet, mens FutureBuilt Zero<sup>56</sup> har lagt til grunn en 50/50 allokering på den som genererer avfallet og den som bruker varmen. Vi mener FutureBuilt sin metodikk er den beste, da denne gir intensiver for begge parter til å utføre tiltak for å redusere bruken/mengden av avfall. Vi har dermed lagt til grunn Futurebuilt sin metodikk i beregningene. I tillegg til å ha en 50/50 allokering, legges det til grunn at det frem til 2050 vil være en lineær økning i opptak av CO<sub>2</sub> i form av karbonfangst og lagring som ender på 90 % i 2050. Utslippsfaktoren for fjernvarme generert fra avfallsforbrenning, med Futurebuilt sine allokeringssprinsipper, og som er brukt i disse beregningene er vist i Figur 61. Sensitivitet på utslippsfaktor for avfallsforbrenning er vist i Figur 64.

<sup>56</sup> FutureBuilt ZERO metodebeskrivelse, E. Resch et.al, 2020.



Figur 61 Utslippsfaktor på avfallsforbrenning fra 2020 og fremover iht. FutureBuilt Zero<sup>57</sup>

2. Fjernvarmen i Trondheim har noe fossil gass og olje som spisslast. I 2020 ble ca. 6% av energiforsyningen dekket med fossile brensler (LNG, LPG og olje) Det er sannsynlig at denne spisslasten i 2030 og fremover vil komme fra en mindre CO<sub>2</sub>-intensiv energikilde. Vi har dermed lagt til grunn at fossil gass og olje er byttet ut med bioolje i 2030 etter innspill fra Statkraft varme.
3. For de to termiske konseptene A og B er det forskjell på hva fjernvarmen skal brukes til, og når den brukes. Dette fører til forskjeller i hva fjernvarmemiksen består av i de ulike tilfellene. Enten brukes fjernvarmen som en del av oppvarmingen av byggene på området (mye i termisk konsept A, lite i termisk konsept B), eller så brukes den til å lade sesongvarmelageret (termisk konsept B). Vi har lagt til grunn en utslippsfaktor for den fjernvarmen som brukes til oppvarming basert på gjennomsnittlig fjernvarmemiks i Trondheim i 2019, med endringer iht. punkt 2 ovenfor. For fjernvarmen som brukes til opplading av brønner om sommeren har vi lagt til grunn at dette er 100 % avfall. Dette fordi mye av grunnen til å velge en løsning med energibrønner og lager er at det er et overskudd av varme i sommerhalvåret (som er da ladingen vil skje).

Dermed gjelder valg og tilhørende utslippsintensiteter som et gjennomsnitt av perioden 2030-2079 for det termiske systemet som vist i Tabell 17 for hovedberegningene. Det er også gjort sensitivitetsanalyser som viser resultatet om man velger å beregne avfall som utslippsfritt iht. NS 3720.

Tabell 17 Utslippsfaktorer som et gjennomsnitt av perioden 2030-2079 for termisk energiløsning for konsept A og B

	Termisk konsept A	Termisk konsept B
Strøm	Norsk-europeisk (NO+EU28) (80 gram CO <sub>2</sub> -ekv/kWh)	Norsk-europeisk (NO+EU28) (80 gram CO <sub>2</sub> -ekv/kWh)
Fjernvarme til oppvarming av bygninger	Gjennomsnittlig fjernvarmemiks for Statkraft iht. Futurebuilt metodikk (38,37 gram CO <sub>2</sub> -ekv/kWh)	Gjennomsnittlig fjernvarmemiks for Statkraft iht. Futurebuilt metodikk (38,37 gram CO <sub>2</sub> -ekv/kWh)
Fjernvarme til lading av brønner	Ikke i bruk	Avfall iht. FutureBuilt metodikk (18,45 gram CO <sub>2</sub> -ekv/kWh)

Vi har valgt å ikke ta med klimagassutslipp fra produksjonen av selve varmepumpene, fordelingssystem, materialer til brønner o.l. da dette er vanskelig å gjøre beregninger på. Det er uvisst hvor mye materialer som vil inngå i de ulike konseptene. Videre har og utslippene fra materialbruken i de tekniske systemene en relativ liten betydning sammenlignet med

<sup>57</sup> FutureBuilt ZERO metodebeskrivelse, E. Resch et.al, 2020.

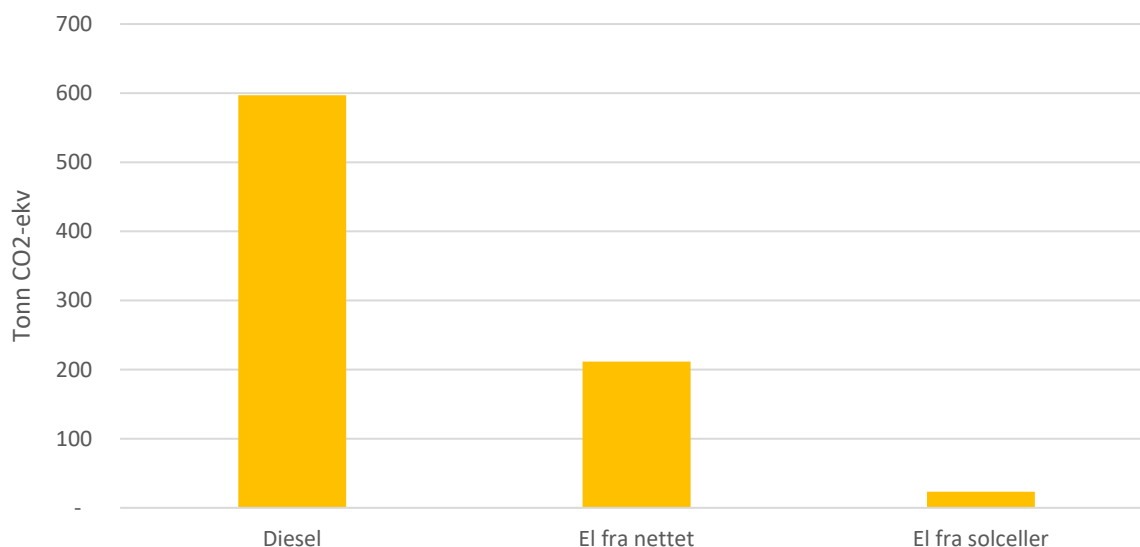
energiforbruket gjennom levetiden. Det er likevel viktig å gjøre gode materialvalg og velge produsenter som tilbyr produkter som fører til reduksjoner i utslipp. Det er også viktig å tenke på å hindre lekkasjer av kuldemedium, og velge kuldemedium som har en lav GWP. Kuldemedium med høy GWP vil bli faset ut og erstattet med kuldemedium med lav GWP.

Energiforbruket forbundet med boring av brønner er inkludert. Denne boringen skjer tradisjonelt med diesel som energikilde. Vi mener det bør settes krav til at dette vil skje ved strøm på Nyhavna. Vi har i Tabell 18 vist energiforbruket som trengs til å bore brønnene (250 stk), ved dieselboring og ved elektrisk boring.

Tabell 18 Energiforbruk forbundet med boring av brønner

Type drivstoff	Energiforbruk
Dieselboring	224 219 liter (2 242 188 kWh)
Elektrisk boring	941 719 kWh

I Figur 62 er klimagassutslippene for boringen av brønnene vist. Her er det forutsatt en utslippsfaktor på diesel på 2,66 kg CO<sub>2</sub>-ekv/liter<sup>58</sup>, mens det for strøm er forutsatt en utslippsfaktor på strøm (224 g CO<sub>2</sub>-ekv/kWh) iht. norsk-europeisk strømmiks (NO+EU28) for år 2030. Det er også laget et scenario der det er forutsatt at det er etablert solceller på Nyhavna tidlig i prosjektet (for eksempel på Dora) som kan forsyne boreriggen. Disse solcellene har en beregnet utslippsfaktor på 25 gram CO<sub>2</sub>-ekv/kWh og har dermed et lavere utslipp enn om man bruker strøm fra nettet.



Figur 62 Klimagassutslipp fra boring av 250 brønner. Enten ved diesel, el fra nettet eller fra egne solceller

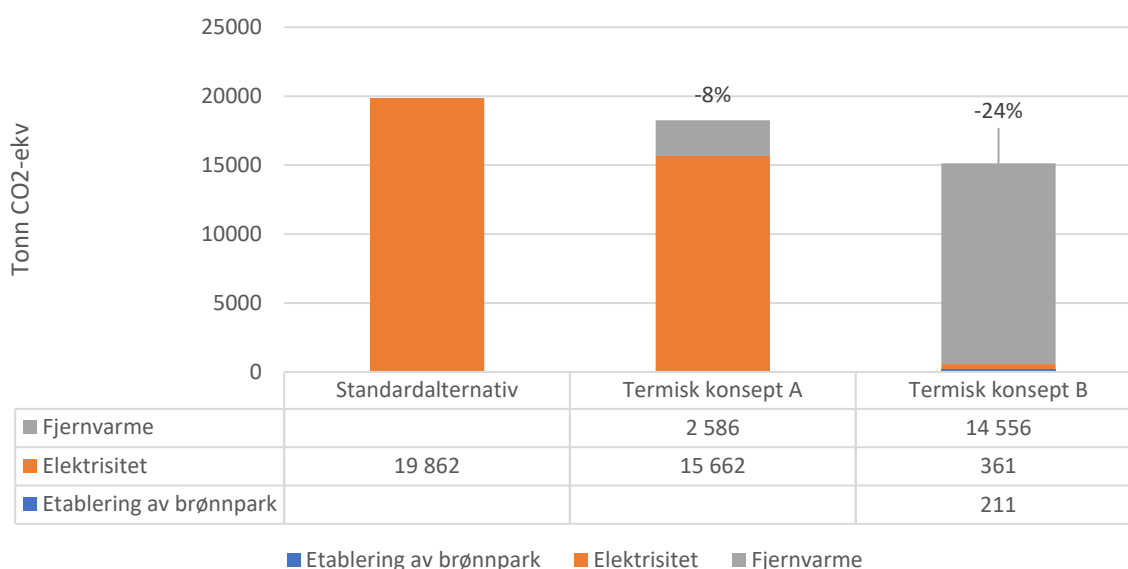
For å sammenlikne resultatene, har vi også definert et standardalternativ for termisk energiforsyning basert på det som står i kapittel 5.5: Da Nyhavna er i et konsesjonsområde for fjernvarme er det lagt til grunn at det i standardalternativet er fjernvarme som vil være kilde til termisk energi. Videre er

<sup>58</sup> <https://www.miljodirektoratet.no/myndigheter/klimaarbeid/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energiplanlegging/tabeller-for-omregning-fra-energivarer-til-kwh/> og <https://www.ssb.no/a/magasinet/miljo/tabell.html>



det sannsynlig at det vil være fjernvarme i form av nærvarme på Nyhavna, og at denne kan forsynes fra sjøvarmepumper. For å sette en årsvarmefaktor (SCOP) på disse varmepumpene er det tatt utgangspunkt i Oslofjord varme og området Fornebu/Lysaker/Lilleaker hvor det er sjøvarmepumper som hadde en SCOP på 4 i 2019<sup>59</sup>. Videre brukes energibehovet for Nyhavna hvor dagens bygningsmasse har et energiforbruk som for standard-bygg og ny bebyggelse som for passivhus som beskrevet i kapittel 5.3.1.

En sammenligning av resulterende klimagassutslipp for standardalternativet, termisk konsept A og termisk konsept B over analyseperioden på 60 år er vist i Figur 63.

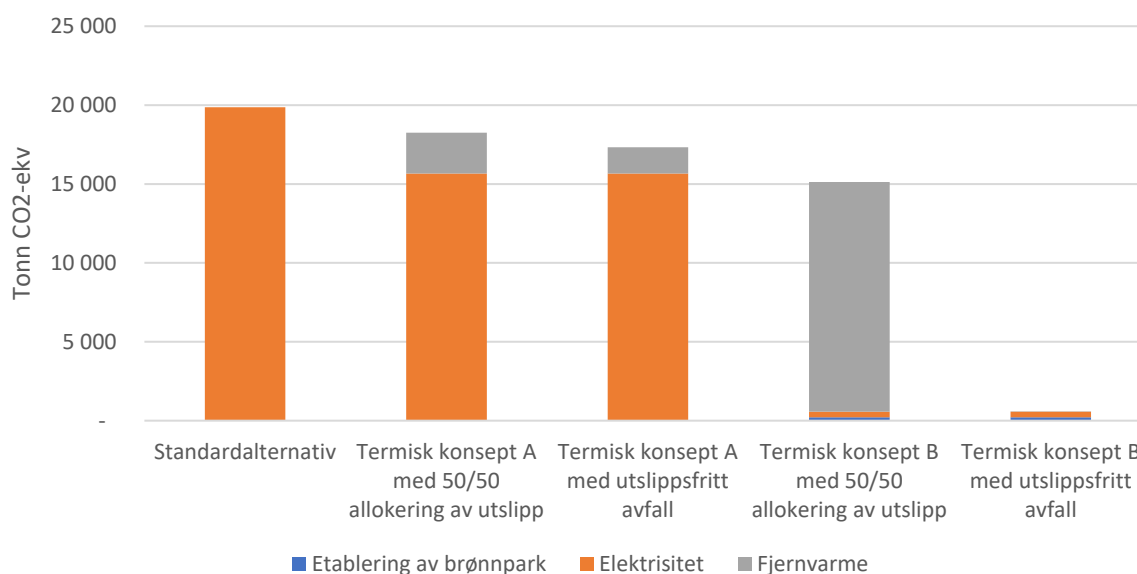


Figur 63 Klimagassutslipp fra termisk energiforsyning for referansekonseptet, termisk konsept A og termisk konsept B (boring av brønner ved bruk av elektrisitet) over analyseperioden på 60 år. I standardalternativet er det antatt nærvarme forsynt fra varmepumper.

Både termisk konsept A og termisk konsept B fører til en reduksjon i klimagassutslipp sammenlignet med standardalternativet. Standardalternativet er et alternativ med en veldig god energiforsyningsløsning i form av nærvarme med en meget god varmepumpe (SCOP på 4). Det at de to konseptene oppnår reduksjoner på 8-24 % må dermed betraktes som gode løsninger. Som man kan se, utgjør boringen av brønner (forutsatt bruk av strøm fra nettet) en liten del av totalen.

Da utslippsfaktorene for fjernvarme varierer med hvilken metode som benyttes, som nevnt lengre oppe, er det utført sensitivetsanalyser på utslippsfaktoren for fjernvarme for de to termiske konseptene A og B. Her er også beregnet på de to termiske konseptene om man legger til grunn NS 3720 sin metodikk for å regne på avfall, altså at avfall regnes som utslippsfritt for den som bruker varmen. Resultatet av disse sensitivitetene kan sees i Figur 64.

<sup>59</sup> <https://www.fjernkontrollen.no/fornebulysakerlilleaker/>



Figur 64 Sensitivitetsanalyse av utslippsfaktor for avfallsforbrenning inkludert i fjernvarmemiksen. Termisk konsept A er uten sesongvarmelager, mens termisk konsept B er med sesongvarmelager

Som man kan se fra figuren over er det stor forskjell i resultatene, avhengig av hvilken utslippsfaktor for fjernvarme man benytter. For termisk konsept A utgjør forskjellen 5 %, mens den for termisk konsept B utgjør hele 97 % reduksjon. Dette skyldes at det i konsept A brukes mye strøm, som har en uendret utslippsfaktor, og at den fjernvarmen som brukes i konsept A er den gjennomsnittlige fjernvarmemiksen som består av mye annet enn bare avfall. For Konsept B er det lagt til grunn at det kun er avfall som lader brønnene i sesongvarmelageret, og at det kun er en liten andel strøm. Når avfallet blir regnet som utslippsfritt, gir dette en betydelig reduksjon for konsept B.

## 7.6. Klimagassberegninger for mobilitet

I beregningene av klimagassutslipp fra mobilitet tar vi utgangspunkt i bilreisene personene som bor på Nyhavna utøver, som beskrevet i kapittel 5.3.2. De 4 scenarioene er:

- Mobilitetsscenario 1 (Standardalternativ): Gjennomsnittlig kjørelengde for nordmenn
- Mobilitetsscenario 2: Estimert fra Møller Mobility Group om man er en del av en bildelingsordning.
- Mobilitetsscenario 3: Resultat fra en rapport der TØI så på forskjellen i antall kjørte km per personer før og etter en gruppe personer ble medlem av et bilkollektiv
- Mobilitetsscenario 4: Resultater fra konseptutredning på Fornebu der betydelige tiltak for å redusere transportbehovet ble lagt til grunn.

Det vil si at vi har lagt til grunn antall kilometer hver person transporterer seg som vist i Tabell 5, og ganget opp med 5200 beboere på Nyhavna. I tillegg er det forutsatt at bilbelegget er på 1,55 fra Den nasjonale reisevaneundersøkelsen 2013/14<sup>60</sup>. Det er i beregningene lagt til grunn til at bilene til de 5200 beboerne på Nyhavna i sin helhet lades på Nyhavna og ingen andre steder. Videre er ikke eventuell lading av biler som kommer utenfra Nyhavna inkludert. Vi har dermed forutsatt at disse to veier hverandre opp. Biler til de 4000 ansatte på Nyhavna er ikke inkludert i beregningene, da det antas at disse enten kjører kollektivt, eller inngår i biler som kommer utenfra.

<sup>60</sup> [https://www.toi.no/getfile.php/1340016-1427184703/mmarkiv/Bilder/7020-TOI\\_faktaark\\_bilreiser-3k.pdf](https://www.toi.no/getfile.php/1340016-1427184703/mmarkiv/Bilder/7020-TOI_faktaark_bilreiser-3k.pdf)

Videre har vi for mobilitetsscenario 2 til 4 lagt til grunn at det blir etablert bildeling på Nyhavna, hvor alle bilene er elektriske. For standardalternativet mobilitetsscenario 1 har vi lagt til grunn at bilene følger en framskrivning som følger snittet av Norge. Her har vi brukt en framskrivning av kjøretøyparken i samsvar med nasjonalbudsjettet for 2019 utarbeidet av TØI<sup>61</sup> som gir en trendbane for utvikling i sammenstillingen av bilparken i Norge frem til 2050. Vi har brukt denne trendbanen til å finne en fordeling på kjørte kilometer per fremdriftssystemtype for analyseperioden i denne beregningen. Vi har da lagt til grunn trendbanen fra 2030 til 2050, og latt denne være stasjonær fra 2050 til 2089. Det gir et gjennomsnitt i fordeling på antall kilometer kjørt for hele perioden for standardalternativet som vist i Tabell 19.

Tabell 19 Fordeling av antall kilometer kjørt i perioden 2030-2089 per fremdriftssystem for standardalternativet

	Diesel/bensin	Ladbar hybrid	Batteri
Gjennomsnitt for perioden 2030-2089	4 %	24 %	72 %

For å beregne klimagassutslipp per kjørte kilometer er både direkte og indirekte klimagassutslipp medregnet, slik at el-bilers høyere klimagassutslipp enn diesel og bensinbiler i produksjon er inkludert. Det er lagt til grunn både produksjon og avfallshåndtering av bilene per kjørte kilometer<sup>62</sup>. For beregning av utslipp forbundet med å kjøre bilen (direkte utslipp) er det for elbiler tatt utgangspunkt i at de trenger 0,2 kWh/km som beskrevet i kapittel 5.3.2, som er ganget opp med gjennomsnittlig utslippsfaktor for norsk-europeisk strømmiks iht. NS 3720 for perioden 2030-2089 som beskrevet i kapittel 8.4.1. For klimagassutslipp per km for diesel og bensinbiler er det tatt utgangspunkt i TØI rapporten «Kjøretøyparkens utvikling og klimagassutslipp»<sup>63</sup> hvor det er lagt til grunn en 0,25 % årlig forbedring i drivstofføkonomi. For hybridbiler er det forutsatt at de kjører 55 % av tiden på strøm, resten på fossilt drivstoff<sup>64</sup>.

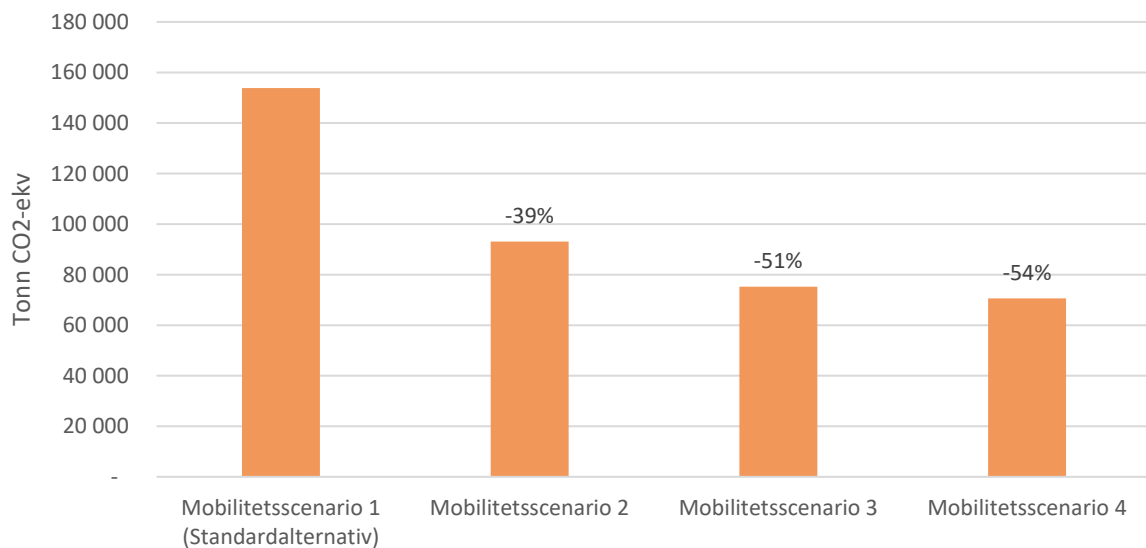
De resulterende klimagassutslippene for de 4 scenarioene kan sees i Figur 65.

<sup>61</sup> Framskrivning av kjøretøyparken i samsvar med nasjonalbudsjettet 2019, Lasse Fridstrøm ved Transportøkonomisk institutt, 2019.

<sup>62</sup> Hawkins 2012 and Ellingsen et al. 2013

<sup>63</sup> Framskrivning av kjøretøyparken i samsvar med nasjonalbudsjettet 2019, Lasse Fridstrøm ved Transportøkonomisk institutt, 2019.

<sup>64</sup> <https://www.toi.no/forskningsomrader/transportteknologi-og-miljo/ladbare-hybridbiler-kjorer-pa-strom-halvparten-av-tiden-article33890-1301.html>



Figur 65 Klimagassutslipp fra reiser med bil for de fire scenarioene på Nyhavna

Mobilitetsscenario 2 til 4 tar utgangspunkt i at folk transporterer seg mindre, men også at man flytter noe av reisene over fra bil til kollektiv. Disse kollektivreisene burde ideelt sett vært med i beregningene for å vise en mer korrekt sammenligning. Dette er derimot vanskelig å ta med da de tre scenarioene ikke sier noe om hvor mye mer transport som vil skje med kollektiv. Videre er det flere andre usikkerheter som gjør at vi har valgt å kun se på privatbilreiser. I tillegg har utslipp for en personkilometer reist med kollektiv et lavere utslipp enn en personkilometer reist med bil. Så det å få flyttet reiser over på kollektiv vil være et godt tiltak, selv om antall kilometer reist opprettholdes.

## 7.7. Samlede klimagassutslipp

Dette kapitlet oppsummerer de samlede klimagassutslipp som er beregnet for det anbefalte energikonseptet på Nyhavna, sammenliknet med et standardalternativ. Det er også vist sensitiviteter for ulike ambisjonsnivå for utbyggingen på Nyhavna, samt en sensitivitet som viser hvordan resultatene påvirkes av valg av strømmiks.

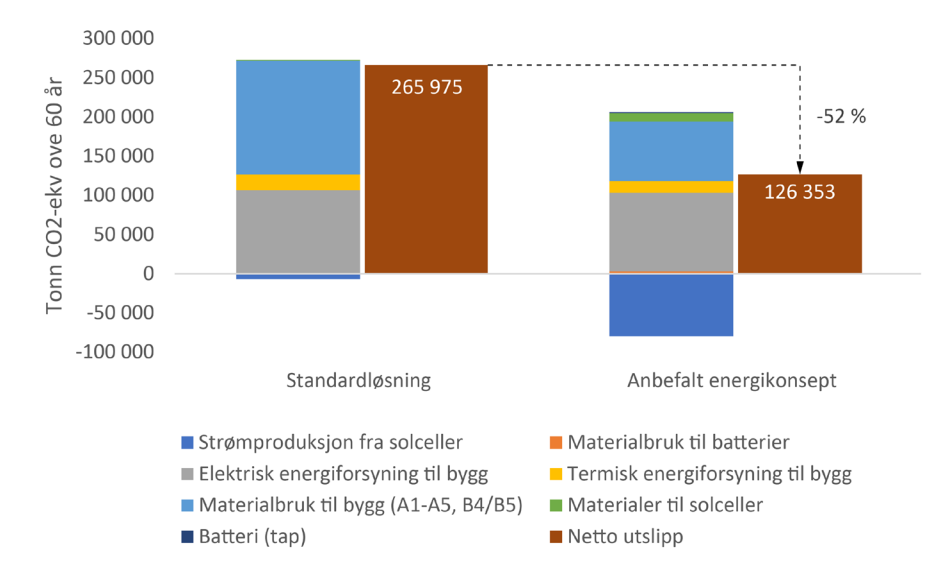
### 7.7.1. Reduksjon sammenliknet med standardalternativ

Klimagassutslipp fra personbiltransport er ikke inkludert i de samlede klimagassberegningene, som argumentert for i kapittel 7.6. Her er klimagassutslipp forbundet med energibehov til byggene og egenproduksjon av energi, samt materialbruk i bygg (A1-A5, B4/B5), batterier og solceller samlet. Tabell 20 viser en sammenstilling av hva standardløsning og energikonsept innebærer for alle deler av klimagassberegningene.

Tabell 20 Oversikt over hva som inngår i standardalternativ og anbefalt energikonsept

	Standardløsning	Anbefalt energikonsept
Energibehov bygg	TEK 17	Byggscenario 2: Passivhus for alle bygg
Materialvalg nybygg	Standardalternativ	Lavutslipp med ombruk
Materialvalg rehabiliterte bygg	Rehabilitering lavutslipp	Rehabilitering lavutslipp
Termisk energiløsning	Nærvarme (varmepumper)	Termisk konsept B: varmelager for Nyhavna
Lokal produksjon fra solceller	Standardalternativ: Sannsynlig solenergiproduksjon uten tiltak eller krav	PV-scenario 2: God utnyttelse med tilpasning av bygningskropp for bedre utnyttelse av solenergi
Batteri	Ingen	10 MW

I Figur 66 og Tabell 21 vises de resulterende utslippene for standardalternativ og det anbefalte energikonseptet.



Figur 66 Resulterende klimagassutslipp for standardalternativet og det anbefalte energikonseptet.

Tabell 21 Resulterende klimagassutslipp for standardalternativet og det anbefalte energikonseptet.

	Standardløsning	Anbefalt energikonsept	Reduksjon/økning
<b>Strømproduksjon fra solceller</b>	- 6 780	- 79 509	- 1173 %
<b>Materialbruk til batterier</b>		2 952	-
<b>Elektrisk energiforsyning til bygg</b>	106 469	100 112	- 6 %
<b>Termisk energiforsyning til bygg</b>	19 862	14 917	- 25 %
<b>Materialbruk til bygg (A1-A5, B4/B5)</b>	145 366	75 768	- 48 %
<b>Materialer til solceller</b>	1 058	10 919	+ 932 %
<b>Batteri (tap)</b>		1 194	-
<b>Sum</b>	<b>265 975</b>	<b>126 353</b>	<b>-52 %</b>

Resultatene viser at Nyhavna (med de forutsetningene og valgene vi har gjort) ikke når netto null klimagassutslipp over livsløpet. Dette skyldes at det kreves svært store mengder solceller (som er det eneste som regnes som et negativt utslipp) for å kompensere for hele utbyggingen av Nyhavna. Men sammenligner man med standardløsningen, som er et alternativ som også har gode klimamessige løsninger, er reduksjonen på 52 %. Dette er mer enn en halvering av klimagassutslipp, som må sies å være et veldig godt resultat. Det som bidrar til størst klimagassutslipp, og dermed har størst potensial for å kutte ytterligere i utslipp, er strømforbruket til byggene, samt materialbruk til byggene. I tillegg vil det å øke antall solcellepaneler også ha en positiv effekt.

En versjon av et sesongvarmelager som produserer energi til mer enn bare Nyhavna vil trolig ha en positiv klimaeffekt da det ifølge Statkraft varme vil fortrenge mye av den fossile produksjonen på Lilleby varmesentral som i dag er basert på LNG. Dette er derimot usikkert og uansett utenfor systemgrensene av disse klimagassberegningene (kan regnes inn under modul D). Dette er dermed noe som bør sees på i et videre arbeid hvor man går mer i detalj på systemet sammen med Statkraft varme.



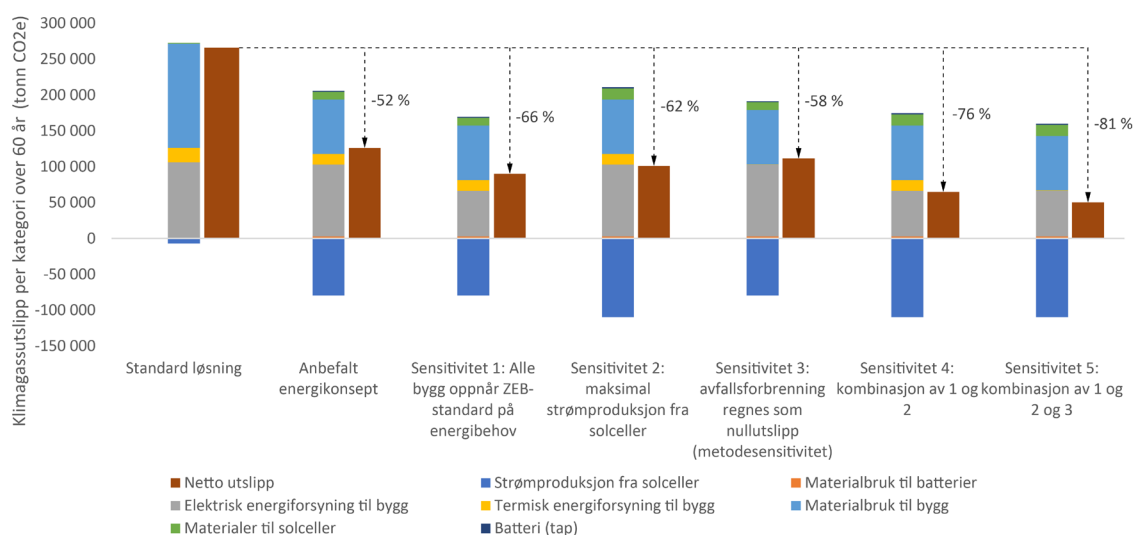
## 7.7.2. Sensitivitetsanalyser

Det er gjennomført en sensitivitetsanalyse for å undersøke potensialet for ytterligere utslippskutt dersom man velger å gå for noen av de mer ambisiøse scenarioene presentert i kapittel 5, enn det som det er gjort beregninger for tidligere i dette kapittelet. Forklaring av sensitivitetene er vist i Tabell 22.

Tabell 22 Forklaring av sensitiviteter for klimagassberegninger

	Tiltak/ending fra Energikonsept
Sensitivitet 1	Byggscenario 3 for energibehov: Alle bygg oppnår ZEB-standard på energibehov
Sensitivitet 2	PV-scenario 3 for lokal produksjon fra solceller: Maksimal utnyttelse med tilpasning av bygningskropp for bedre utnyttelse av solenergi
Sensitivitet 3	(Metodesensitivitet) Avfallsforbrenning regnes som nullutslipp iht. NS 3720
Sensitivitet 4	Kombinasjon av sensitivitet 1 og 2
Sensitivitet 5	Kombinasjon av sensitivitet 1, 2 og 3

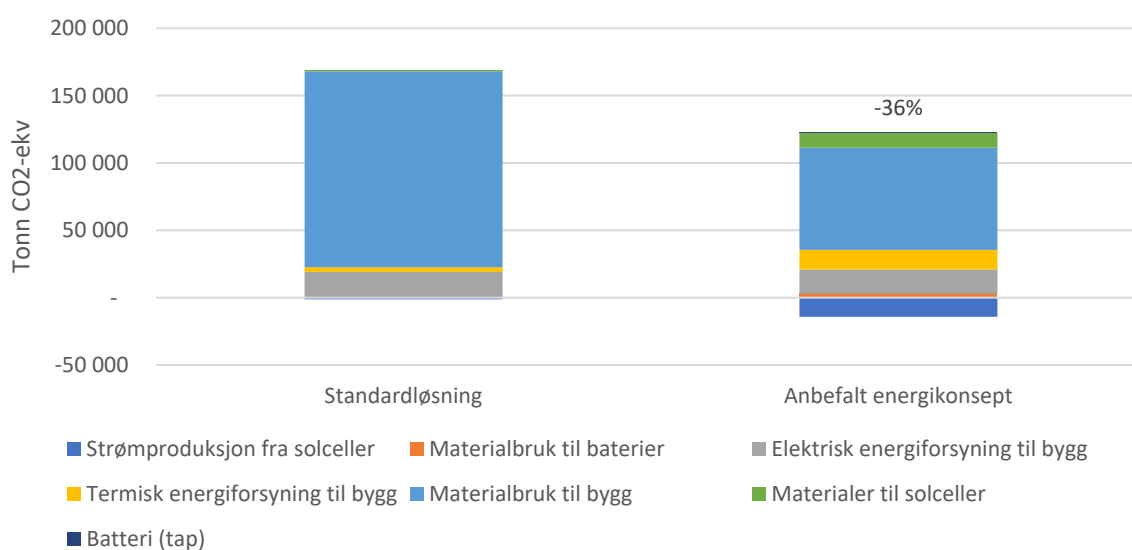
Resultatene for de ulike sensitivitetene er vist i Figur 67. Her kan man se at effekten av å oppnå ZEB-standard, og installere en betydelig mengde mer solcellepaneler er stor, med en ytterligere reduksjon på hhv. 14 og 10 %. Om man regner på avfall som nullutslipp har det en effekt som tilsvarer en ytterligere 6 % reduksjon. Ser man på flere av disse sensitivitetene oppnår man reduksjoner på 76 % eller mer. Da begynner Nyhavna å nærme seg et nullutslippsområde. Det vil være krevende å oppnå ytterligere reduksjoner for å klare å bli et nullutslippsområde. Men dette er noe man bør strebe etter å få til. Det er fortsatt bra å oppnå ytterligere reduksjoner selv om man ikke klarer akkurat nullutslippsmålet.



Figur 67 Klimagassutslipp for de ulike sensitivitetene sammenlignet opp mot standardalternativet og anbefalt energikonsept.

### 7.7.3. Norsk strømmiks

I dette underkapittelet vises de resulterende klimagassutslippene for standardløsningen og det anbefalte energikonseptet når en norsk strømmiks iht. NS 3720 er lagt til grunn. Alle forutsetninger og valg av scenarier er som beskrevet i Tabell 20. De resulterende klimagassutslippene er vist i Figur 68. Som man kan se er flere av utslippsbidragene lavere enn når man legger norsk-europeisk strømmiks til grunn. Dette er bidrag som inkluderer bruk av strøm. Det betyr at energieffektiviserende tiltak og solcellepaneler får en mindre relativ effekt når man bruker norsk strømmiks. Klimagassutslipp fra materialer har fått en relativt mye større betydning. Ved å sammenligne med norsk strømmiks er fortsatt det anbefalte energikonseptet betydelig bedre enn standardløsningen, men nå 36 % bedre og ikke 52 % (108 000 tCO<sub>2</sub>e mot 168 000 tCO<sub>2</sub>e).



Figur 68 Resulterende klimagassutslipp for standardalternativet (168 000 tonn CO<sub>2</sub>e) og det anbefalte energikonseptet (108 000 tCO<sub>2</sub>e) når det er lagt til grunn norsk strømmiks for forbruk og eksport av strøm.

### 7.7.4. Utvidet sesongvarmelager

Dette kapittelet vurderer klimagasskonsekvensen av et utvidet sesongvarmelager som også gir varme utenfor Nyhavnas systemgrenser. Dette lageret kan levere ca 35 GWh per år.

Om man tenker seg at dette erstatter en annen varmekilde, kan man regne på en klimakonsekvens av å bygge ut sesongvarmelageret. Det er videre regnet på hvor mye bedre utslippsfaktoren fra sesongvarmelageret må være enn energikilden den erstatter, for at netto utslipp skal gå i null over en 60-årsperiode. Beregningene viser at et utvidet sesongvarmelager må ha en utslippsfaktor som er 34-67 gram bedre per kWh enn den energikilden det erstatter, for at netto utslipp skal bli null for de ulike konseptene/sensitivitetene. Resultatet er vist i tabellen under nedenfor.

	Tonn CO <sub>2</sub> -ekv fra å gå i null over 60 år	Forskjell i utslippsfaktor (gram CO <sub>2</sub> -ekv/kWh)
<b>Anbefalt energikonsept</b>	126 406	67
<b>Sensitivitet 1</b>	90 207	48
<b>Sensitivitet 2</b>	101 109	53
<b>Sensitivitet 4</b>	64 903	34

Her er det forutsatt 90 % virkningsgrad på sesongvarmelageret. Videre leverer lageret 45 grader, som er for lavt for å distribueres ut i byen. Det vil dermed medføre behov for en varmepumpe eller tilsvarende, samt pumper til sirkulering av vannet, for at lageret skal distribuere varme utenfor Nyhavnas systemgrense.

Til sammenligning er utslippsfaktorer for andre energiløsninger vist under:

<b>Energikilde</b>	<b>g CO2e/kWh</b>
Norsk-europeisk strøm 2030-2089 <sup>65</sup>	80
Norsk strøm 2030-2089 <sup>1</sup>	14
Lading av sesongvarmelager med fjernvarme FutureBuilt <sup>1,66,3</sup>	26
Lading av sesongvarmelager med overskuddsvarme fra søppelforbrenning FutureBuilt <sup>1,2,3</sup>	18
Fjernvarme FutureBuilt <sup>1,2,3</sup>	38
Bioolje <sup>3</sup>	137
Biogass <sup>67</sup>	27

Dersom dette skal inkluderes i LCA-beregningene, vil det inngå i modul D da det er en konsekvens ut over systemgrensen.

<sup>65</sup> NS3720 – Metode for klimagassberegninger forbygninger

<sup>66</sup> NOTAT FutureBuilt ZERO – Kriterier, regneregler og dokumentasjonskrav, Inger Andresen et. al. 2020

<sup>67</sup> CO2 emissions from Biofuels and District Heating in Zero Emission Buildings (ZEB), Kristian Lien, 2013

## 8. Økonomi og innovasjon

ZEN-kriteriene for økonomi og innovasjon handler om hvordan nye løsninger kan tas i bruk på en økonomisk bærekraftig måte. I utredningsprosjektet er det innenfor disse kriteriene vurdert muligheter for nye samarbeidsformer, forretningsmodeller og finansieringsmuligheter.

### Oppsummering hovedresultater:

Gjennomføring av forslagene i konseptutredningen er avhengig av at løsningene er økonomisk bærekraftige. Det betyr at vi ikke bare ser etter nye teknologiske løsninger, men også etter nye samarbeidsformer, forretningsmodeller og finansieringsmuligheter.

Kapittelet peker på mulige samarbeidspartnere og forretningsmodeller som kan være med på å senke terskelen for å ta i bruk nye løsninger for energi, materialbruk, utslippsfri anleggsfase og mobilitet. Det er disse faktorene som kapittel 7 i denne utredningen peker på som de mest utslagsgivende for å redusere klimagassutslippene fra Nyhavna. For å ha mulighet til å nå målet om nullutslipp, må utslipp som genereres i byggefasen (materialbruk, og direkte utslipp fra transport og bygg og anlegg) og fra driftsfasen (energiforbruk) kompenseres med produsert energi i området.

### Anbefalinger:

- Grunneiere og eiendomsutviklere må sørge for at det foreligger planer for helhetlig energisystem, nullutslipps anleggsfase og en kartlegging av ombrukspotensiale i eksisterende bygninger, før detaljregulering og utbyggingen starter. Privatrettslige avtaler må inneholde klausuler som sikrer gjennomføring av nullutslippsambisjonene. Det siste er spesielt viktig med salg av fast eiendom eller ved opsjonsavtaler på fast eiendom. Det vil også være nødvendig å etablere samarbeid med el-nettselskapet (Tensio) og fjernvarmeselskapet (Statkraft Varme).
- Grunneiere og eiendomsutviklere bør vurdere samspillskontrakter som entrepriseform for å sikre innovative løsninger. Å ta ut potensialet i samspillskontrakter, forutsetter at beslutningsmyndighet, ansvarsforhold og fordeling av risiko og gevinst er klart og tydelig definert i kontrakten.
- Vurdere den mest gunstige forretningsmodell for å gjøre strømproduksjon fra solceller sommerstid lønnsomt, for eksempel å etablere et eget kraftselskap med omsetningskonsesjon, eventuelt i kombinasjon med et lokalt fleksibilitetsmarked
- For å etablere sesongvarmelager og sjøvarmepumpe, anbefales å sikre areal i reguleringsplaner og vurdere å etablere en såkalt anleggseiendom for undergrunnen etter matrikkelloven. Videre anbefales å avklare med NVE om sesongvarmelageret er konsesjonspliktig etter vannressursloven, og å etablere samarbeid med relevante aktører for å ivareta eierskap og profesjonalisert etablering og drift.
- Utvikling av forretningsmodeller for ombruk og bruk av klimavennlige materialer krever samarbeid mellom de 10 delområdene og mellom forskjellige yrkesgrupper og aktører internt i delområdene. Det vil være essensielt å kartlegge ombrukspotensiale for bygg og materialer i en tidlig fase som et grunnlag for designprogrammene som skal etableres områdevis. Det vil også øke sannsynligheten for ombruk om det etableres en gjenbruksbank som består både av et fysisk lager og et lagersystem for klassifiserte materialer og en prismodell for leveranser og uttak fra lageret.

- Finansieringsbetingelsene endres raskt og det anbefales å jevnlig undersøke mulighetene som ligger i Enovas tilskuddsordninger og finansielle betingelser for bærekraftig byutvikling blant annet på bakgrunn av EUs taksonomi.
- For å få helhetlige løsninger for massehåndtering og nullutslipps anleggsfase, kan det være gunstig å sette sammen et team med både grunnarbeidsentreprenør, entreprenør for mottak, sortering og eventuell rensing av masse for ny bruk, og rådgivere innen logistikk og forurenset grunn.

### **8.1. Innledning**

Utvikling av en bydel med høye bærekraftsambisjoner er svært komplekst og krever innsats fra mange aktører. Sentralt står det nye eiendomsselskapet Nyhavna utvikling AS som på dette tidspunktet er etablert med et styre, men foreløpig ikke har en administrativ leder.

Dette kapitlet har som hensikt å gi Nyhavna Utvikling AS og de etablerte eiendomsaktørene (Dora eiendom/BaneNor) et grunnlag for deres arbeid med utviklingen av Nyhavna til en nullutslippsbydel.

Gjennomføring av forslagene i konseptutredningen er avhengig av at løsningene er økonomisk bærekraftige. Det betyr at vi ikke bare ser etter nye teknologiske løsninger, men også etter nye samarbeidsformer, forretningsmodeller og finansieringsmuligheter.

Kapitlet peker på mulige samarbeidspartnere og forretningsmodeller som kan være med på å senke terskelen for å ta i bruk nye løsninger for energi, materialbruk, utslippsfri anleggsfase og mobilitet. Det er disse faktorene som kapittel 7 i denne utredningen peker på som de mest utslagsgivende for å redusere klimagassutslippene fra Nyhavna. For å ha mulighet til å nå målet om nullutslipp, må utslipp som genereres i byggefasen (materialbruk, og direkte utslipp fra transport og bygg og anlegg) og fra driftsfasen (energiforbruk) kompenseres med produsert energi i området.

Der det er kjente utfordringer i dagens regelverk omtales dette. Kapitlet ser også på hvilke muligheter kommunen har etter plan og bygningsloven for å sikre et nullutslippsområde.

Forretningsmodeller for andre bærekraftsaspekter som for eksempel sosial bærekraftig boligutvikling, ligger utenfor temaet for denne konseptutredningen, men i den grad dette har kommet opp i intervjuer, er det referert.

Kapitlet bygger på sammenstilling av litteratur, foredrag og intervjuer med grunneiere og eiendomsutviklere, og er skrevet av Trondheim kommune.

### **8.2. Utfordringer**

Kapittel 7 i denne konseptutredningen viser at de anbefalte løsningene kan redusere klimagassutslippene med 52 % over levetiden sammenlignet med dagens standard løsninger for utbygging. De største reduksjonene kommer fra strømproduksjon fra solceller og fra klimavennlig materialbruk. Sensitivitetsanalysen viser at det kan være enda større potensial for utslippsreduksjoner ved å velge enda mer ambisiøse løsninger, opp mot 80% reduksjon i klimagassutslippene. Det er også pekt på at utslippsfri anleggsplass og mobilitet er viktig bidrag for å redusere utslippene.

Det er særlig 6 utfordringer som krever nytenking for å kunne løses.

- Det er vanskelig å få til økonomisk lønnsomhet for stortiltet produksjon av solstrøm. Dette skyldes lave strømpriser i sommerhalvåret når det er mye sol, og fordi regelverket legger begrensninger på hvor mye strøm en lokal produsent kan levere til strømmettet, og hvem som kan være kjøperen.

- Det må avklares hvem som skal eie og drifte et sesongvarmelager for termisk energi eventuelt med sjøvarmepumpe, og hvordan dette skal knyttes opp mot Nyhavnas øvrige energisystem og byens fjernvarmesystem.
- Markedet for klimavennlige materialer og brukte materialer er ungt og umodent og kompetansen hos rådgivere, entreprenører og håndverkere er varierende.
- Markedet for utslippsfrie anleggsmaskiner er ungt, men i sterk utvikling. Krever etterspørsel for at entreprenører investerer.
- Det er tradisjon for å skifte ut masse heller enn å tenke sirkulært. Mye av massen på Nyhavna vil være forurenset og kan kreve behandling før gjenbruk.
- Markedet for deleløsninger for bil og mikromobilitet er voksende, men kan fremstå som uoversiktlig både for brukere og for aktører som tilrettelegger for gode løsninger.

### **8.3. Fremtidige samarbeidsformer innenfor Nyhavna som nullutslippsområde**

Det nyopprettede selskapet Nyhavna Utvikling AS som stor grunneier på Nyhavna, samt forslag til helhetlig kvalitets- og miljøprogram på Nyhavna, gir noen spesielle muligheter for å lykkes med samarbeid og utvikling av nye forretningsmodeller som kan bidra til å lykkes med å nå nullutslippsmålet.

Det er avgjørende at hensyn til nullutslipp innarbeides i alle forretningsplaner for Nyhavna fra start. Alle fysiske tiltak og aktiviteter må planlegges og gjennomføres med tanke på nullutslipp. Aktørene må bli enige om ambisjonsnivå og hvordan dette skal følges opp, og implementeres som helhet og for hvert delområde gjennom et felles miljøledelsessystem. Et miljøforum for alle aktører kan bidra til å sikre samkjøring og erfaringsoverføring. Grunneiere og eiendomsutviklere må sørge for at det foreligger planer for helhetlig energisystem, nullutslipps anleggsfase og en kartlegging av ombrukspotensiale i eksisterende bygninger, før detaljregulering og utbyggingen starter. Privatrettslige avtaler må inneholde klausuler som sikrer gjennomføring av nullutslippsambisjonene. Det siste er spesielt viktig med salg av fast eiendom eller ved opsjonsavtaler på fast eiendom. Det vil også være nødvendig å etablere samarbeid med el-nettselskapet (Tensio) og fjernvarme-selskapet (Statkraft Varme).

Det at Nyhavna er delt inn i 10 delområder som kan bli utviklet til forskjellig tid og muligens av forskjellige eiendomsutviklere, vil kunne gi forskjellige forretningsmodeller i forskjellige områder og dermed mulighet for stadig utvikling for mer detaljerte løsninger. Konseptutredningen har hatt møter med de tre grunneierne som er på Nyhavna i dag, Koteng Eiendom AS, Dora AS og Bane NOR eiendom, samt Heimdal Bolig som er en eiendomsutvikler i tilstøtende områder. Heimdal er også invitert som representant for potensielle utbyggere som kommer inn på Nyhavna.

Felles for alle er at de har forventninger til at Nyhavna Utvikling AS aktivt styrer utviklingen på Nyhavna mot en attraktiv og bærekraftig bydel. De fremhever at det er viktig at det stilles krav til kvalitet og at alle utbyggere får de samme forutsetningene. Det bør skilles mellom krav og ambisjoner, og det bør være incentiver for å nå ambisjonene.

Alle stiller seg positive til at det blir felles energiinfrastruktur på Nyhavna både for strøm og varme. Etablert infrastruktur vil også legge til rette for at mindre eiendomsutviklere kan bygge på Nyhavna og det vil gi mer variasjon og tilrettelegge Nyhavna for flere grupper. Det er ingen av eiendomsbesitterne/-utviklerne som så langt har sett en tydelig rolle for seg selv i et fremtidig energimarked. De ser heller at de er en tilrettelegger og at de følger markedet for å tilby bærekraftige bygg. De peker på Nyhavna utvikling AS som sentral aktør for å få til et felles system og eventuelt et felles marked. Ingen av intervjuobjektene ser at de er store nok til å skape et helhetlig

system, selv om flere er i ferd med å prøve ut forskjellige lokale løsninger, hovedsakelig solceller som gir strøm til egne bygg eller lokale nett for varme.

Det er også interesse for å samarbeide om parkering og mobilitetsløsninger. Heimdal bolig refererte til et prosjekt der de brant inne med parkeringsplasser siden færre har egen bil og færre har bil nummer to. Koteng samarbeider allerede med Ottobil i flere av sine prosjekter, også på Nyhavna. I den grad det ble berørt, er grunneiere og utviklere positive til å ha en felles plattform for tilbudte mobilitetsløsninger, slik at man kan benytte sparkesykler, sykler, biler osv, etter behov. Dette blir i stor grad sett på som en kvalitet ved området, og ikke et marked eiendomsbesitterne/-utviklerne ønsker å gå inn i selv.

Flere nevner at det er marked for miljøsertifiserte bygg i forretningsmarkedet. Flere leietakere har miljøsertifisert sin virksomhet og stiller derfor krav til leverandører. Bankene stiller også krav til bærekraft. Det er tro på at det er etterspørsel for bærekraftige bygg i boligmarkedet, men at det ikke nødvendigvis er så stor betalingsvilje i dag. Foreløpig blir dette sett på som noe som styrker attraktiviteten, samtidig som bærekraftige bygg gir god bokvalitet i form av lavt støynivå og komfort.

I møtene med eiendomsutviklerne kom det også opp diskusjoner om hvem som skal bo på Nyhavna. Vil alle kravene gi så dyre tomtekostnader at kun «rikinger» kan bo der? Skal man tilrettelegge for mangfold av aldersgrupper og sosiøkonomisk status i et boligområde, må man se på de økonomiske forutsetningene disse gruppene har for å kjøpe eller leie bolig. Nyhavna for alle vil kreve en miks av boligtyper og eierformer. Leie for eie, borettslag med forkjøpsrett, boligstiftelser osv. er modeller som kan vurderes i deler av området. Siden denne konseptutredningen dreier seg om Nyhavna som nullutslippsbydel, med fokus på energi, materialbruk og mobilitet, blir ikke forretningsmodeller for en variert boligstruktur vurdert videre. Det er likevel viktig å huske på at hvilke forretningsmodeller som benyttes for å fremme nullutslipp og hvilke eierformer som blir utviklet på Nyhavna vil påvirke hverandre gjensidig.

#### **8.4. Fremtidige forretningsmuligheter innenfor et nullutslippsområde**

Dette kapitlet tar utgangspunkt i Æra strategic innovation sin utredning av "[Fremtidens forretningsmodeller i byggebransjen](#), og [Dxc technology](#) sin beskrivelse av digitale plattformbaserte forretningsmodeller. Vi legger også møter med eiendomsutviklere på og ved Nyhavna, prosjektet +CxC og energiaktørene Tensio, Statkraft varme og Trønderenergi til grunn.

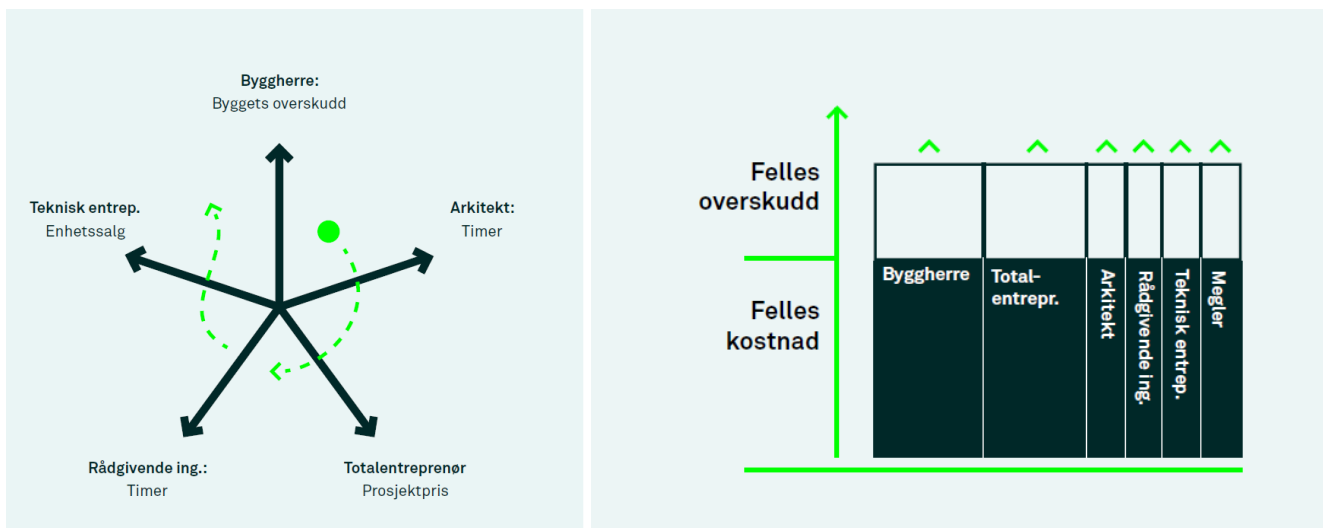
Kapitlet tar utgangspunkt i utfordringene presentert i kap 8.2. og peker på mulige retninger for å løse disse utfordringene.

##### **8.4.1. Forretningsmodeller for bygg**

Æra strategic innovation har på oppdrag fra DOGA, Enova og Innovasjon Norge gjennomført prosjektet [Fremtidens forretningsmodeller i byggebransjen](#).

ÆRA viser at i et tradisjonelt byggeprosjekt får noen aktører betalt for timer, andre for produkter. Når byggefasen er over blir boliger som regel solgt og utbygger er sjelden involvert i driften. For forretningsbygg er det vanligere at byggherre leier ut bygget og dermed også står for drift. I utbyggingsfasen er dagens vanligste samarbeidsmodell en hierarkisk struktur med byggherre, leverandører, underleverandører og underunderleverandører. Hvert ledd øker antall transaksjoner, noe som øker risiko, transaksjonskostnader og behov for transaksjonskreditt. Dette fører til at en del av de investerte midlene går med til denne typen kostnader fremfor investeringer i selve bygget. Æra påpeker at for å fremme innovasjon og grønne forretningsmodeller, er det behov for å finne modeller for å maksimere og fordele felles overskudd, se Figur 69.





Figur 69 Behov for å finne forretningsmodeller som fremmer samarbeid om langsiktige løsninger og som gir en god fordeling av overskudd. (Fra ÆRA 2020).

ÆRA peker på 4 mulige forretningsmodeller for en mer sirkulær byggebransje. Disse kan kombineres:

**1. Leasing, deleløsning og “Product-as-service”**

Leasing, deleløsninger og “product as a service” kan være aktuelle forretningsmodeller for tilbud av mobilitet og mikromobilitet på Nyhavna, og for energileveranser. Leasing kan etter hvert også bli aktuelt for andre bygningskomponenter og driftstjenester.

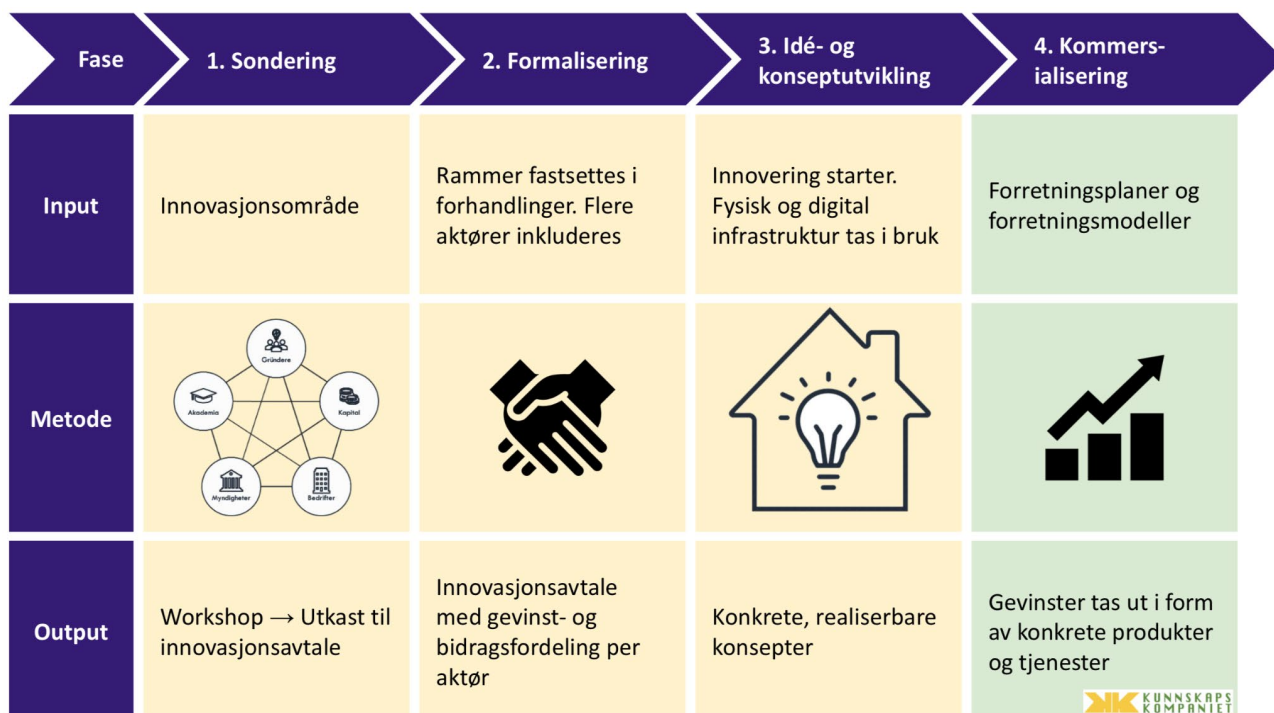
**2. Lisensiering** omfatter bygningsinformasjonssystemer (BIM)/Digital tvilling, og lisensavgifter til åndsverk.

**3. Design for ombruk** omfatter økosystem for moduler, salgskanaler, standarder, konstruksjonsmetoder. Design for ombruk vil være veldig relevant for hvordan Nyhavna kan utnytte materialer bedre. Dette omfatter både gjenbruk av hele bygg i stedet for riving, system for ombruk av materialer fra ett bygg i et annet og bruke standard design/modulære byggkomponenter som kan gjenbrukes når en gang bygget skal endres eller rives. Kartlegging av ombrukspotensiale i eksisterende bygg, og etablering av en ombrukbank med lagersystem for brukte materialer, er også anbefalt i forslag til Kvalitetsprogram og Miljøprogram for Nyhavna.

**4. Felles eierskap** omfatter partnerskapskontrakter og effektkontrakter.

Felles eierskap mellom forskjellige aktører er sannsynligvis nødvendig for å få til flere av forretningsmodellene som er omtalt senere i dette kapittelet. I en slik samarbeidsform vil det være viktig å finne modeller for fordeling av ansvar, plikter og fremtidig inntekt som er rettfærdig for alle parter.

[Kunnskapskompaniet](#) har laget en modell for å utvikle felles eierskap der det er lagt vekt på å få med alle relevante aktører og å skape forpliktelse mellom aktører før en utvikler konkrete løsninger og forretningsmodeller (Figur 70).



Figur 70 Innovasjonsfaser i et innovasjonsdistrikt ( Kunnskapskompaniet.no)

Kunnskapskompaniet definerer 5 aktører med hver sin gevinstrealisering rettet mot innovasjonsdistrikter:

- Akademia: Flytte forskningsfronten
- Myndigheter: Tilby bedre tjenester
- Gründere : Utvikle nye og skalerbare forretningskonsepter
- Investorer. Bedre avkastning på kapital
- Bedrifter: Utvikle konkurransefortrinn og lønnsomhet

Vi legger til at enkelte aktører kan ha flere av disse rollene i et samarbeid. En bedrift kan f.eks både ha gründervirksomhet og være investor. Det vil også være lurt å spørre seg om alle aktørene er nødvendige for å skape den ønskede innovasjonen.

Samhandling og fordeling av risiko mellom partene i et prosjekt er ikke helt nytt. **Samspills-entrepriser og samspillskontrakter** har vært benyttet i en årrekke.

[Entreprisadvokater.no](http://Entreprisadvokater.no) gir en kort oversikt over samspillsentrepriser:

- *Formålet med samspillsentreprisemodeller er å etablere samarbeid mellom byggherre, entreprenør og leverandører i tidligfase og helst før byggherren beslutter sine funksjonskrav og andre krav som skal oppfylles av entreprenøren i byggefasen.*
- *Dernest å skape insitamenter som sikrer fortsatt samarbeid gjennom byggefasen, for på den måten øke verdiskapningen og kvaliteten, redusere kostnad og byggetid.*
- *I fase 1 handler samspillet om å samarbeide om å avdekke muligheter og risikoer i prosjektet og sette en pris på disse, samt legge en realistisk plan for fase 2.*
- *I fase 2, byggefasen, handler samspillet om å bruke målpris med definerte kostnadsposter og andre bonus/malus ordninger for å skape økt samarbeid om optimal gjennomføring av byggefasen.*

- *Det er viktig å sikre et tydelig skille mellom hvem som treffer hvilke beslutninger med tanke på byggherrens funksjonskrav og andre krav, entreprenørens prosjektering og senere utføring.”*

Videre skriver Entreprisadvokatene at *“Samspill som gjennomføringsmodell er med andre ord godt egnet i alle byggeprosjekter, særlig der det skal bygges noe som aldri før har vært bygget, eller hvor det er vanskelig for byggherre å beskrive nøyaktig hva som skal bygges, hvilke funksjonskrav og andre krav byggherre bør stille til resultatet.”*

Flere fremhever redusert tvistenivå som en fordel med samspillsentreprise, og at samspillsentrepriser kan gi innovative og bærekraftige løsninger ([VAnytt.no](#), [rørinspeksjon i Norge](#)). Å ta ut potensialet i samspillskontrakter, forutsetter at beslutningsmyndighet, ansvarsforhold og fordeling av risiko og gevinst er klart og tydelig definert i kontrakten.

Det er ikke etablert en Norsk Standard for samspillskontrakter, men det benyttes ofte tilpasninger / justeringer av NS 8407. Det er vanlig å skille mellom to-parts samspillsentrepriser og flerparts samspillsentrepriser. I en to-parts samspillsentreprise er det byggherre og entreprenør som deler ansvar og risiko. De øvrige aktørene blir i engasjert med vanlige kontraktstandarder og har mer tradisjonelle roller i prosjektet ([Entreprisadvokater.no](#)).

I flerparts entrepriser deler byggherre, entreprenør, arkitekt, ingeniør og tekniske entreprenører deler ansvaret og risikoen for å få byggeprosjektet vel i havn.

#### **8.4.2. Digitale forretningsmodeller**

Vi har etterhvert blitt vant til å bruke digitale plattformer for å leie tjenester (Spotify, Netflix, internetttilgang, strømleverandør) eller kjøpe og selge ledig kapasitet (Airbnb, Uber, Nabobil mm, eller finne fram til riktig leverandør (Finn.no, Amazon, Tripadvisor).

I bilbransjen har enkelte bilprodusenter dreiet over fra å selge biler til å selge mobilitetskonsepter. [Dxc technology](#) sier at skiftet fra en forretningsmodell basert på tunge investeringer med lav hyppighet (en bil) til en modell som er innrettet på rimeligere og hyppigere tjenester (for eksempel bildeling), både har lagt til rette for faste inntekter for selskapene og skapt en sterkere tilknytning til kundene deres.

Tor W. Andresen (professor ved Institutt for strategi og ledelse og leder av Digital Transformation Hub (The HUB), ved Norges handelshøgskole) sier i en kronikk fra oktober 2019 at plattformsselskaper som har vokst frem innen en rekke områder og kan deles i to typer. De som formidler ledige ting som biler, leiligheter, båter, etc ([kapitalplattformer](#)) og de som formidler ledig tid ([arbeidsplattformer](#)). Han mener at det er vanskelig å utvikle seg til et plattformsselskap for leverandører av ting som krever store investeringer, og nevner energiselskaper spesifikt. Samtidig sier han at de mest populære plattformsselskapene er de som knytter kontakt mellom leverandører og kunder med eksempler som [elskling.no](#) som kobler strømkunder og kraftleverandører. Andresen peker også på at plattformmodeller egner seg best for enkle transaksjoner. Salg av energi bør kunne være en slik enkel transaksjon siden AMS målere presist når en transaksjon finner sted. Plattformmodeller egner seg også til å utnytte ledig kapasitet, noe som er et svært viktig prinsipp i denne konseptutredningen både for å utnytte energien og for å redusere effekttopper, enten det gjelder utnyttelse av solenergien på tak eller overskuddsvarme fra avfallsforbrenning.

DxcTechnology beskriver tre plattformmodeller, flersidig plattform, bransjeplattform og flersidig bransjeplattform:

- Flersidig plattform

Dxc technology beskriver at en flersidig plattform som tilbyr plattformeieren en markeds plass der leverandører av produkter eller tjenester kobles sammen med kundene. I slike tilfeller fungerer plattformeieren nærmest som en tjenestemegler, en mellommann mellom de to partene som gir dem redskapet til å kommunisere med hverandre.

- **Bransjeplattform**

Dxc technology beskriver at en bransjeplattform gir det teknologiske fundamentet som andre selskaper kan bruke for å utvikle applikasjoner eller forretningsvirksomhet. Eksempler kan være battericeller som kan brukes av mange produsenter for å sette sammen spesifikke batterier eller Intelprosessorer som brukes av flere datamaskinleverandører. I slike tilfeller er plattformeieren en løsningsintegratør som ikke er i direkte kontakt med kundene.

- **Flersidig bransjeplattform**

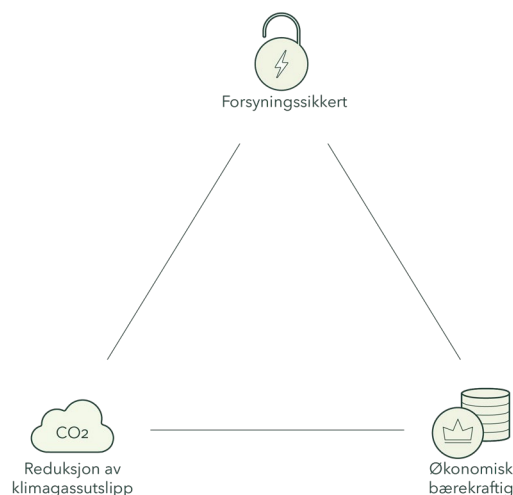
En flersidig bransjeplattform er en kombinasjon av de to plattformene som er beskrevet over. I slike tilfeller besørger plattformeieren den teknologiske basen som andre interessenter kan bruke for utvikling, men plattformeieren ivaretar også forholdet til kunden. Eksempler er Apple og Google som lar andre utviklere utvikle tjenester via deres plattform, der plattformeierne selger disse videre til kundene via feks Appstore og Google play.

## 8.5. Forretningsmodeller for Nyhavna

I dette kapitlet går vi litt nærmere inn på Nyhavnas spesifikke behov og forsøker å kombinere de mer generelle forretningsmodellene over for å skissere mulige forretningsmodeller for energi, materialbruk, utslippsfri anleggsfase og mobilitet for utviklingen på Nyhavna.

### 8.5.1. Forretningsmodeller for energi på Nyhavna

Kapittel 5 i denne konseptutredningen presenterte energitrilemmaet; å balansere forsyningssikkerhet, lave klimagassutslipp og økonomi (Figur 71).



Figur 71 Energitrilemmaet

Dette kapitlet ser på muligheter for å gjennomføre anbefalingene for energi gitt i kapittel 5 og i forslag til kvalitets- og miljøprogram for Nyhavna slik at vi tar hensyn til forsyningssikkerhet og økonomi. For å forenkle bildet, behandler vi elektrisitet og varme separat, men det bør være mulig å koble sammen hensynene for de to energiformene.

De modellene som utforskes for energi er:

- Modell 1: Etablere 100 plusskunder
- Modell 2: Etablere eget kraftselskap
- Modell 3: Etablere lokalt fleksibilitetsmarked
- Modell 4: Etablere sesongvarmelager og sjøvarmepumpe

Som nevnt tidligere, er det størst utfordringer knyttet til å få lønnsomhet i etablering av tilstrekkelig mengde solcellepaneler for å produsere og eksportere strøm. Det er også en utfordring å avklare eierskap og inntektsmodeller for et sesongvarmelager eventuelt knyttet til en sjøvarmepumpe.

Først ser vi på generelle regler for dagens energimarked, mens spesifikke muligheter og hindringer omtales under hver modell.

### **Noen regler og aktører i dagens energimarked**

Dagens energimarked er i hovedsak styrt av energiloven med forskrifter. Hovedaktørene er kraftleverandør som produserer og selger energi, netteier som transporterer og fordeles energi, og kunde som konsumerer energi. I tillegg omfatter reglene plusskunder som er såkalte prosumenter som både produserer og konsumerer energi. Energimarkedet er strengt regulert og både kraftleverandør og nettselskap må ha konsesjon for å drive.

Første ledd av noen sentrale paragrafer i energiloven:

---

§ 3-1 Anlegg for produksjon, omforming, overføring og fordeling av elektrisk energi, kan ikke bygges, eies eller drives uten konsesjon.

§ 4-1. (Omsetningskonsesjon) Uten konsesjon fra reguleringsmyndigheten, kan ingen andre enn staten stå for omsetning av elektrisk energi.

§ 5-1 Fjernvarmeanlegg kan ikke bygges, eies eller drives uten konsesjon. Det samme gjelder ombygging og utvidelse av fjernvarmeanlegg.

---

På Nyhavna har Tensio AS områdekonsesjon for distribusjon av elektrisk energi og Statkraft Varme har områdekonsesjon for varme. Etablering av nærvarmeanlegg med effekt under 10 MW er ikke i strid med konsesjonen. Det er NVE som er konsesjonsmyndighet etter energiloven.

Energiloven har til formål å sikre at produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi foregår på en samfunnsmessig rasjonell måte, herunder skal det tas hensyn til allmenne og private interesser som blir berørt (§1-2)

Et viktig hensyn i energiloven er å sørge for økonomisk effektivitet i kraftsystemet ved å fremme konkurranse mellom aktører. Det er derfor skilt mellom netteier som har områdekonsesjon og kraftleverandør. Den enkelte abonnent kan fritt velge kraftleverandør som leverer strøm gjennom netteiers infrastruktur. Siden loven trådte i kraft i 1991, har forbruksdelen av kraftsystemet blitt mer elastisk ved hjelp av bedre styringssystemer og desentraliserte energiresurser kombinert med avregning på timebasis gjennom AMS-målere.

Et annet viktig hensyn i energiloven er kravet til forsyningssikkerhet. Det er den som har områdekonsesjon og er netteier som er ansvarlig for forsyningssikkerheten, og må sørge for at strømmettet kan levere den effekten som kreves når forbruket er på topp. Det er etablert praksis at rasjoneringsmyndigheten kan vedta å koble ut uprioritert forbruk, for å redusere de samfunnsmessige konsekvenser i en knapphetssituasjon. Dette gjelder i første omgang kunder som

har overføring til redusert tariff etter § 15-1 i [forskrift om kontroll av nettvirksomhet](#), og øvrige kjeler ol. hvor det finnes alternative energikilder, men også annen bruk av energi som ikke er strengt nødvendig. Dette kan gjelde utendørs oppvarming, flomlys og områder med fritidshus.

Siden netteier med konsesjon har monopol på distribusjon av strøm, er finansieringen av nettselskapene strengt regulert i [forskrift om kontroll av nettvirksomhet](#).

Reguleringsmyndigheten for energi (RME<sup>68</sup>) er myndighet etter denne forskriften, og fastsetter blant annet årlig inntektsramme for nettvirksomheten. Siden netteiers inntektsmuligheter sannsynligvis blir avgjørende for valg av forretningsmodell på Nyhavna, gjengir vi hvordan både kraftleverandører og kunder er med på å finansiere netteiers virksomhet i Tabell 23 basert på [forskrift om kontroll av nettvirksomhet](#) og [Energifakta Norge](#).

Tabell 23 Grunnlag for nettleie basert på [forskrift om kontroll av nettvirksomhet](#) og [Energifakta Norge](#)

Aktør	Fastledd	Energiledd
Kraftleverandør	<p>§ 15.2</p> <p>Transmisjonsnettets fastledd for innmating skal benyttes på alle nettnivå.</p> <p>Fastleddet skal være basert på kraftverkets midlere årsproduksjon.</p> <p>Inntekt fra andre tariffledd for innmating i distribusjonsnett skal gå til dekning av kostnader i distribusjonsnett, og skal ikke videreføres til overliggende nett.</p>	<p>§ 15.1</p> <p>Energileddet for innmating for produsenter med installert effekt større eller lik 1 MW skal avspeile marginale tapskostnader.</p>
Forbruker <sup>69</sup> (kunde)	<p>§ 14-2</p> <p>Alle kunder i distribusjonsnett betaler et fastledd. Fastleddet dekker kundespesifikke kostnader i tillegg til en andel av øvrige faste kostnader i nettet. Nettselskapene deler kundene inn i kundegrupper som tilbys ulike tariff, basert på relevante nettforhold. Det er ikke uvanlig at husholdninger, fritidsboliger eller næring tariffes ulikt fastledd.</p>	<p>§ 14-1</p> <p>Energileddet dekker marginale tapskostnader og kan i tillegg dekke en andel av de øvrige kostnader som ikke innkreves gjennom fastleddet</p>

<sup>68</sup> RME er en uavhengig del av NVE nedsatt av Olje og energidepartementet. RME har et eget kontrollorgan og rapporterer derfor ikke direkte til NVEs ledelse.

<sup>69</sup> Noen store kunder belastes også et effektledd som fastsettes basert på deres maksimale belastning av nettet. Fra 2022 innføres effekttariffer for alle kunder.

Aktør	Fastledd	Energiledd
Plusskunde*	Uttak (§14-2): Belastes fastledd for uttak av strøm som beskrevet under forbruker.  Innmating (§15.2): Belastes ikke fastledd ved innmating av strøm	Uttak (§ 14-1): Belastes energiledd som beskrevet under forbruker  Innmating (§15-1): For kraftverk med installert effekt mindre enn 1 MW skal energileddet avspeile marginale tapskostnader i eget og overliggende nett

I tillegg til de ulike tariffleddene kan nettselskapene, etter nærmere regler, fastsette et anleggsbidrag for å dekke kostnadene ved nye nettilknytninger eller ved forsterkning av nettet til eksisterende kunder (§16-1 - 16-12). Formålet med anleggsbidraget er å synliggjøre kostnadene ved en ny tilknytning eller forsterkning. Kundene skal kunne vurdere sitt behov for nett opp mot kostnadene det medfører. I tillegg har anleggsbidraget som formål å fordele kostnadene mellom kunden som utløser investeringen og nettselskapets øvrige kunder. Hovedprinsippet er at investeringer i nettet som utløses av en kunde, betales av kunden som utløser investeringen.

#### Modell 1: 100 nye plusskunder

En plusskunde er en forbrukskunde som har installert en produksjonskilde (f.eks. solcelleanlegg) bak målepunktet ([Tensio.no](http://Tensio.no)). Overskuddsstrømmen selges tilbake til kundens strømleverandør. En plusskunde kan levere inntil 100 kW på et gitt tidspunkt.

En plusskunde betaler som hovedregel ordinær nettleie for uttak fra strømmettet, men slipper å betale det såkalte andre tariffledd som øvrige produsenter må betale for innmating av produksjon i strømmettet.

Det betyr at det er mest økonomisk gunstig å produsere strøm til eget forbruk siden produsenten da unngår å kjøpe strøm som er belastet med nettleie. Det blir relativt stor prisforskjell mellom produsentens salgspris og innkjøpspris per kwh når kjøp belastes med nettleie.

#### Plusskunder

Strøm.no presiserer at etter innføringen av [Elhub](http://Elhub) i 2019 er det kun kraftleverandører som kan kjøpe strømmen som plusskunder produserer.

For å selge overskuddsstrøm må produsenten ha en plusskundeavtale med kraftleverandøren, som også selger strøm til plusskunden i perioder hvor egen produksjon ikke dekker behovet. Det er ikke tillatt å selge overskuddsstrøm til naboen eller til nettselskapet. Det er heller ikke tillatt å kjøpe og selge strøm til ulike selskap, så plusskunden må finne en kraftleverandør som er villig til å gjøre begge deler på den gitte adressen.

I noen tilfeller vil netteieren betale for å få strømmen inn på nettet, dersom den reduserer/oppveier for tap i nettet.

Boligselskaper kan delta i plusskundeordningen. Per i dag er det likevel slik at strømproduksjonen bare kan trekkes av fra fellesmåleren til boselskapet. Dermed kan man kun få lavere felles strømkostnader i



form av lavere felles strømkostnader som for eksempel belysning av uteområder, snøsmelting og lignende.

I revidert nasjonalbudsjett 2021 foreslår regjeringen å utvide plusskundeordningen til å gjelde borettslag. Regjeringen ser på regelverket for hvordan beboere i boligselskaper kan få trukket fra eventuell strømproduksjon fra sin individuelle strømrregning, selv om de bor i borettslag eller annet type sameie. NVE (RME) har i samråd med Skattedirektoratet foreslått en ordning der det blir tillatt å dele inntil 500 kW innenfor en grunneiendom, slik det er definert i matrikkelen. Dette påvirker ikke maks effekt som kan leveres til distribusjonsnettet gjennom plusskundeordningen.

Figur 25 angir at det kan være behov for å levere 8-10 000 kWh/h elektrisk energi fra Nyhavna, på dagtid i juli måned. Siden plusskunder ikke kan levere mer enn 100 kW på noe tidspunkt, er det behov for at Nyhavna må ha 80-100 plusskunder for å levere strøm som anbefalt i denne konseptutredningen. Dersom ambisjonsnivået heves og det bygges flere solcellepaneler, vil det være behov for enda flere plusskunder.

En kan tenke seg at bygg som produserer mer strøm enn det som går med til eget forbruk blir med i en plusskundeordning. Det krever at det finnes et eller flere kraftselskap som er interessert i å kjøpe strømmen. Hver plusskunde må ha egen AMS-måler.

Sommeren er perioden da det er minst etterspørsel etter strøm i nettet. Selv om det skulle være teknisk mulig for distribusjonsnettet å ta unna all solstrømmen fra Nyhavna, og det finnes kraftleverandører som er interessert i å kjøpe, må man forvente at inntjening på solstrømmen vil være lav om sommeren. Det er vanskelig å tenke seg at en løsning med mange plusskunder på Nyhavna vil gi god lønnsomhet for investering i solceller med dagens regelverk for plusskunder.

## **Modell 2: Etablere kraftselskap med omsetningskonsesjon.**

De relativt store mengdene solstrøm som kan produseres på Nyhavna om sommeren gjør det kanskje mulig å etablere et eget kraftselskap. Et kraftselskap kan innenfor dagens regelverk inngå direkte avtaler med brukeren av strømmen, noe plusskunder ikke kan. Det vil fremdeles være utfordring i at prisen på elektrisk kraft om sommeren vanligvis er lav. For at investering i solceller skal bli lønnsomt er det behov for å finne en eller flere kunder til denne strømmen i riktig tid. Ideelt sett bør denne kunden være på eller ved Nyhavna for å unngå å etablere overføringsledninger over lengre strekninger. Hvis netteier slipper å forsterke regionalnettet, men bare trenger en lokal forsterkning, kan anleggsbidraget som kunden må betale bli betydelig redusert, og da kan kanskje kunden være villig til å betale noe høyere kraftpris. På denne måten kan muligens storstilt utbygging av solceller på Nyhavna forsvarer økonomisk.

Det pågår en konseptutredning for nærliggende Brattøra som energiknutepunkt. Foreløpige resultater tilsier store effektbehov til landstrøm og framdrift til kystruten fra 2021 og cruiseskip fra 2025, samt til framdrift av hurtigbåter. Det er spesielt gunstig å finne kunder som trenger mer elektrisk kraft sommerstid enn vinterstid. Selv om det er en tendens til at cruisesesongen utvides, må vi forvente at hovedtyngden foregår om sommeren. Andre mulige kunder som trenger mer strøm sommer enn vinter er kjøle- og fryselager. De etablerte kjøle- og fryselagrene på Brattøra, vil ikke måtte være med å betale anleggsbidrag for forsterkning av nettet, hvis de ikke skal utvide og trenge mer kraft. Potensialet for inntjening er derfor mindre her, men vi kan ikke se bort fra at kjøle- og fryselager kan være med å ta overskuddsstrøm sommerstid. Et energilager som kan lagre solenergien til det er behov for den, vil sannsynligvis være nødvendig i denne modellen.

Konseptutredningen for Brattøra skal også undersøke om det er gunstig å se Nyhavna og Brattøra i sammenheng og å utvikle en forretningsmodell for dette som tar hensyn til lavest mulig

klimagassutslipp, redusert behov for nettutbygging, forsyningssikkerhet i området. Hvor stor andel av forsyningssikkerheten som må komme fra distribusjonsnett og i hvilken grad energilagring og regulering av forbruk kan bidra til forsyningssikkerhet i systemet må utredes.

Et eget kraftselskap på Nyhavna vil sannsynligvis trenge konsesjon etter energiloven for å selge strøm via distribusjonsnett. I tillegg må det ha avtaler med Tensio og kunden om lokal forsterkning av distribusjonsnett.

I dette systemet er det stort behov for å redusere risiko, og det er sannsynligvis nødvendig å inngå et tett samarbeid der partene deler både risiko og fortjeneste i tråd med Æras beskrivelse av "felles eierskap (se kap 8.4.1)." Mulige aktører er beskrevet i Tabell 24. Alternativt kan det tenkes at et etablert kraftselskap investerer i solceller og drifter Nyhavna strømproduksjon og distribusjon fram til distribusjonsnett, etter avtale med utbyggere og eiere.

Tabell 24 Aktuelle aktører for å etablere et kraftselskap for solstrøm på Nyhavna

Aktører	Rolle	Forventet interesse i å etablere elektrisitetselskap
Grunneiere: Nyhavna Utvikling AS. Trondheim havn, Koteng AS, BaneNor eiendom	Eier av grunn som kan stille krav til utvikling av løsninger gjennom salg av grunn eller opsjoner.  Mulige investorer i solceller og kraftselskap.	Bidra til nullutslippsbydel  Bidra til å gjøre området attraktivt for kjøpere og leietakere  Øke avkastningen på eiendommene.  Forsvare investering i solceller
Eiendomsutviklere	Kommersielle aktører som kan delta i utviklingen av Nyhavna gjennom kjøp av grunn eller opsjonsavtaler. Mulige investorer i solceller og kraftselskap.	Bidra til nullutslippsbydel. Bidra til å gjøre området attraktivt for kjøpere og leietakere.  Generere avkastning gjennom å utvikle eiendommen (regulere, tilrettelegge infrastruktur, bygge). Forsvare investering i solceller.
Tensio	Netteier elektrisitet. Konsesjonshaver.	Optimalisere distribusjonsnett, forsyningssikkerhet, redusere miljøkostnader av utbygging, bedre økonomi gjennom redusere behov for nettutbygging.
Trondheim havn	Potensiell sluttbruker av overskuddsenergi fra Nyhavna til landstrøm til cruise/hurtigbåt. Vil sannsynligvis kreve lagring av elektrisk energi. evt produksjon av hydrogen.	Unngå store anleggsbidrag for framføring av nettkapasitet.
Eventuelt andre virksomheter på Brattøra	Potensiell sluttbruker av	Unngå anleggsbidrag for framføring av nettkapasitet. Bidra til

Aktører	Rolle	Forventet interesse i å etablere elektrisitetsselskap
med stort behov for strøm/effekt på sommerstid	overskuddsenergi fra Nyhavna	nullutslippsbydel.
Eventuelt kraftselskaper	Investor og drifter av kraftselskapet	Kompetanseutvikling og produktutvikling i et nytt marked.
Eventuelt batterileverandør/producent	Leverandør og utvikler	Kompetanse- og produktutvikling i et nytt marked.
Eventuelt Forskningscentre for fornybar energi, f.eks ZEN, NTRANS, CINELDI	Akademia	Bidra til å utvikle nye løsninger, flytte forskningsfronten, følgeforskning.
Trondheim kommune	Myndighet	Utvikle nullutslippsområde, bidra til sosialt rettferdige energiløsninger. Bidra til at Nyhavna blir en bærekraftig bydel i alle aspekter.

Et kraftselskap som selger overskuddsstrømmen til gitte kunder via distribusjonsnettet, kan potensielt løse utfordringen med å få lønnsomhet i investeringen i solcellepaneler på Nyhavna. Kraftselskapet vil operere innenfor dagens regelverk og vil ikke trenge lovendring eller dispensasjon.

Et kraftselskap vil ikke nødvendigvis optimalisere energiflyten på Nyhavna med tanke på å utnytte overskuddsenergi og effektbehovet på Nyhavna. Etablering av et kraftselskap på Nyhavna kan eventuelt kombineres med modell 3: Etablere et lokalt fleksibilitetsmarked for å løse disse problemstillingene. Dette vil ha større regulatoriske utfordringer.

### Modell 3: Etablere et lokalt fleksibilitetsmarked for energi

FME Cineldi definerer fleksibilitet i elektrisitetssystemet slik. *“Fleksibilitet er evne og vilje til modifisering av produksjons- og/eller forbruksmønster, på et individuelt eller aggregert nivå, ofte som en reaksjon på et eksternt signal, for å kunne tilby en tjeneste til kraftsystemet eller opprettholde stabil nettdrift”* (Vefsnmo et al., 2020).

Forslag til kvalitetsprogram for Nyhavna sier i pkt 6.3.1:

*“Nyhavna må ha et felles energisystem (termisk og elektrisk) som kan håndtere energiutveksling, energilagring, lokal energiproduksjon, og energi- og effektflexibilitet innenfor systemgrensen og mot omkringliggende områder. “*

Et lokalt fleksibilitetsmarked skal utnytte lokale energiressurser og dermed gi kortreist energi. I tillegg vil energilager som batterier kunne fungere både som leverandør og konsument inn i et marked.

Et viktig aspekt med et lokalt fleksibilitetsmarked er at det skal utjevne effekttopper og dermed gi mindre behov for å forsterke distribusjonsnettet. I tillegg skal et lokalt fleksibilitetsmarked

optimalisere bruken av lokalt tilgjengelig energi. I dag er det flere utfordringer ved å etablere et slikt marked. For det første er det ikke lov å selge overskuddsenergi til “naboen.” For det andre er det behov for å finne nye modeller for nettleie, som reflekterer at det er mindre tap av kortreist energi og at kortreist energi i mindre grad krever utbygging av overføringsnett. Vi trenger å utvikle en prismodell for kortreist strøm som også tar hensyn til forsyningsikkerhet.

Det kan være krevende for mindre aktører å delta i kraftmarkedet. En løsning på dette er selskap som representerer flere husholdninger og/eller virksomheter, og sammenstiller deres tilbud av fleksibilitet og tilbyr den videre i markedene. Disse kalles aggregatorer.

Et lokalt fleksibilitetsmarked vil sannsynligvis kreve en operatør med et digitalt omsetningssystem og systemtjenester med høy tidsoppløsning. Denne operatøren må holde styr på kjøp og salg, at fakturering blir riktig osv. Det bør undersøkes om det er gunstig å basere et lokalt fleksibilitetsmarked på en plattformbasert forretningsmodell.

Operatøren kan også være en aggregator som sørger for at det er tilstrekkelig energi i systemet basert på prognoser. [Nodes](#) tilbyr en markeds plass for desentralisert energi. Det finnes flere pilotprosjekter innenfor og utenfor Nodes for utvikling av deler av det fleksible energimarkedet, som f.eks [SmartHvaler](#) og [Smart øy Utsira](#). I Trondheim har vi EU-prosjektet [+CxC](#) og Brattøra Mikrogrid og [Plussbyen Trondheim](#) som tester ut lokale fleksibilitetsmarkeder i på Brattøra og Sluppen i Trondheim og i Limerick. +CxC er spesielt interessant fordi prosjektet utvikler løsninger som skal muliggjøre salg av energi mellom produsenter og konsumenter i et nabolag. Det har vi ikke sett i de andre løsningene.

Mulige aktører i et fleksibilitetsmarked på Nyhavna-Brattøra er listet opp i Tabell 25. Det anbefales at Nyhavna Utvikling AS sonderer muligheten for et felles prosjekt og inngår intensjonsavtale med relevante parter.

Tabell 25 Mulige aktører for etablering av felles eierskap til energisystem og fleksibilitetsmarked på Nyhavna

Aktører	Rolle	Forventet interesse til kraftselskap og fleksibilitetsmarked
Grunneiere: Nyhavna Utvikling AS. Trondheim havn, Koteng AS, BaneNor eiendom	Eier av grunn som kan stille krav til utvikling av løsninger gjennom salg av grunn eller opsjoner. Mulige investorer i solceller og kraftselskap.	Bidra til nullutslippsbydel. Bidra til å gjøre området attraktivt for kjøpere og leietakere. Øke avkastningen på eiendommene. Forsvare investering i solceller.
Eiendomsutviklere	Kommersielle aktører som kan delta i utviklingen av Nyhavna gjennom kjøp av grunn eller opsjonsavtaler. Mulige investorer i solceller og kraftselskap.	Bidra til nullutslippsbydel Bidra til å gjøre området attraktivt for kjøpere og leietakere Generere avkastning gjennom å utvikle eiendommen (regulere, tilrettelegge infrastruktur, bygge) Forsvare investering i solceller.
Tensio	Netteier elektrisitet.	Optimalisere distriktsnettet,

Aktører	Rolle	Forventet interesse til kraftselskap og fleksibilitetsmarked
	Konsesjonshaver.	Forsyningsikkerhet, redusere miljøkostnader av utbygging, bedre økonomi gjennom redusert behov for nettutbygging
Statkraft varme	Netteier varme. Varmeleverandør og distributør. Konsesjonshaver.	Sektorkobling mellom el og varme, sesonglager, optimalisere varmenettet østover i byen, sjøvarmepumpe, redusere miljøkostnader av utbygging, bedre økonomi gjennom å redusere behov for nettutbygging.
Leverandør av styringssystemer, f.eks ABB, Siemens	Kommersiell aktør/ gründer.	Selge og drifte fysiske målepunkter og koblinger. Utvikle løsninger som kan selges andre steder
operatører/Aggregatorer feks. Nodes, Trønderenergi, Tibber, <a href="#">Entelios</a> , Siemens	Kommersiell aktør/ gründer.	Utvikle styringssystemer for kjøp og salg av energi. Utvikler prognoser, løsninger for registrering av kjøp og fakturering.  Utvikle løsninger som kan selges andre steder
Fremtidige kunder på Nyhavna	Sluttbrukere av energi	Trygg energiforsyning, lav pris, lett vint fakturabehandling, bidra til nullutslipp
Trondheim havn	Potensiell sluttbruker av overskuddsenergi fra Nyhavna til landstrøm til cruise/hurtigbåt. Vil sannsynligvis kreve lagring av elektrisk energi. evt produksjon av hydrogen.	Unngå store anleggsbidrag for framføring av nettkapasitet. Bidra til nullutslippsbydel.
Eventuelt andre virksomheter på Brattøra med stort behov for strøm/effekt på sommerstid	Potensiell sluttbruker av overskuddsenergi fra Nyhavna	Unngå anleggsbidrag for framføring av nettkapasitet.
Eventuelt kraftselskaper	Investor og drifter av kraftselskapet	Kompetanseutvikling og produktutvikling i et nytt marked.

Aktører	Rolle	Forventet interesse til kraftselskap og fleksibilitetsmarked
Eventuelt batterileverandør/producent	Leverandør og utvikler	Kompetanse- og produktutvikling i et nytt marked.
Eventuelt Forskningscentre for fornybar energi, f.eks ZEN, NTRANS, CINELDI	Akademia	Bidra til å utvikle nye løsninger, flytte forskningsfronten, følgeforskning.
Trondheim kommune	Myndighet	Utvikle nullutslippsområde, bidra til sosialt rettferdige energiløsninger. Bidra til at Nyhavna blir en bærekraftig bydel i alle aspekter.

Trønderenergi har signalisert at de er interessert i å etablere et lokalt fleksibilitetsmarked på Nyhavna for å oppskalere erfaringene fra Brattøra og Sluppen, og etablere løsninger som kan eksporteres etterhvert som regelverket for fleksibilitetsmarkeder endres i tråd med EUs energidirektiv. Trønderenergi har tatt initiativ overfor Tensio (nettselskapet), Statkraft Varme, Trondheim Havn og Trondheim kommune, som alle er interesserte i å delta i videre diskusjoner. Sammen med grunneierne med Nyhavna utvikling AS i spissen, er Tensio og Statkraft Varme de mest sentrale aktørene, for å avgjøre om det skal etableres et fleksibilitetsmarked og hvilken type marked det skal være. Disse aktørene må så koble på andre aktører, og eventuelt forskning og innbyggere. Trondheim kommune ønsker å støtte opp arbeidet med fleksibilitetsmarked og inkludere dette i videre energi- og klimaplanlegging.

Sintef har i rapporten Veikart for Trondheim kommune innen energi, angitt at markedspotensialet for fleksibilitetsmarkeder er usikkert, men fremhever at Trondheim har et fortrinn gjennom prosjektene +CxC og Brattøra mikrogrid. Ved overlevering av rapporten til Trondheim kommune, ble det reist spørsmål ved denne vurderingen gitt forventede regelverksendringer i hele Europa.

#### **Forventede regulatoriske endringer som muliggjør etablering av fleksibilitetsmarked**

Flere EU-direktiver peker på behov for å endre reguleringen av energimarkedet for å få mer bærekraftige løsninger både miljømessig, sosialt og økonomisk. EUs "Green Deal" og "Fit for 55" peker i samme retning og mye av dette vil være EØS relevant.

Både elektrisitetsforordningen, elmarkedsdirektivet og fornybardirektivet peker allerede i denne retningen. Det er derfor forventet at det norske elektrisitetsmarkedet i framtida skal åpne for større grad av distribuert energi i nettet.

Elektrisitetsforordningen [Europaparlaments- og rådsdirektiv \(EU\) 2019/943](#) om det indre marked for elektrisitet fastsetter hovedprinsippene for velfungerende og integrerte elektrisitetsmarkeder. Det skal gi tilbydere og forbrukere ikke-diskriminerende markedsadgang, styrke forbrukernes posisjon, sikre konkurransedyktighet på det globale markedet samt fleksibelt strømforbruk, energilagring og energieffektivitet. Forordningen skal legge til rette for aggregering av distribuert etterspørsel og tilbud, og muliggjøre markedsintegrering og markedsbasert godtgjørelse for elektrisitet fra fornybare energikilder.

Forordningen inneholder prinsipper for transmisjons- og distribusjonsnettтарiffer. Blant annet skal tariffene være kostnadsreflekterende, transparente, ikke-diskriminerende og ta hensyn til behovet for nettsikkerhet og fleksibilitet ([regjeringen.no](http://regjeringen.no)).

Elmarkedsdirektivet [Europaparlaments- og rådsdirektiv \(EU\) 2019/944](#) regler for det indre markedet for elektrisitet legger til rette for aktive forbrukere, som kan forbruke, lagre og/eller selge egenprodusert elektrisitet og tilby etterspørselsfleksibilitet i markedet. Det kreves at medlemsland legger til rette for at forbrukerne skal kunne inngå kontrakter om aggregering, det vil si kjøp og salg av elektrisitetstjenester. Det defineres et rammeverk for energisamfunn, som kan delta i markedet med produksjon, distribusjon, aggregering, lagring, salg eller tjenester for energieffektivisering. Deltakelse i energisamfunn skal være frivillig for forbrukerne. Hver forbruker skal ha rett til en smart strømmåler med et minimum sett av funksjoner. Direktivet fastsetter også regler for håndtering av forbruksdata ([regjeringen.no](http://regjeringen.no)).

Regjeringen vurderer behov for endringer i energilovgivningen for dette og andre forhold i det nevnte EU-direktivet.

Fornybardirektivet, [Europaparlaments- og rådsdirektiv om å fremme bruken av fornybar energi \(revidert2016\)](#), fastslår et overnasjonalt og kollektivt bindende mål om minst 32 prosent fornybarandel i forbruket for EU samlet innen 2030. Direktivet er innlemmet i EØS avtalen og innlemmes i norsk lov.

Prosumenter skal:

- kunne selge overskuddskraft uten å bli pålagt uhensiktsmessige administrative prosedyrer og avgifter som ikke er kostnadsreflekterende.
- samtidig være med på å dekke en forholdsmessig og rimelig andel av kostnadene når overskuddskraft mates inn i nettet.
- beholde sine rettigheter som sluttbrukere, selv om de selger fornybar kraft tilbake til nettet. Sluttbrukere som bor i samme enhet, som en boligblokk, skal kunne samarbeide om produksjon og salg av elektrisitet.
- kunne motta godtgjørelse som gjenspeiler markedsverdien for den egenproduserte fornybare elektrisiteten som mates i kraftnettet.

Fornybare energisamfunn er juridiske enheter, hovedsakelig bestående av husholdningskunder, som kan produsere, forbruke, lagre og selge fornybar energi. Energisamfunnenes hovedformål er å bidra til miljømessige, økonomiske og sosiale fordeler for medlemmene. Deltakelse i et fornybart energisamfunn skal være frivillig. Medlemslandene skal etablere rammevilkår som legger til rette for utviklingen av fornybare energisamfunn. Fornybare energisamfunn skal samtidig være med på å dekke en forholdsmessig og rimelig andel av kostnadene i strømmettet. (Artikkel 21 og 22).

Alle tre direktivene vil bli endret som følge av EUs klimapakke "Fit for 55".

#### **Modell 4: Etablere sesongvarmelager og sjøvarmepumpe**

Kapittel 5.5.2 presenterer en svært interessant mulighet for utnytte spillvarme fra avfallsforbrenning om sommeren til å dekke Nyhavnas varmebehov om vinteren. Dette er en energiressurs som tidligere har gått til spille. Kapitlet anbefaler en rekke tekniske undersøkelser for å avklare om fjellet i delområde 7 er egnet for et sesongvarmelager som kan forsyne Nyhavna, og /eller levere varmeeffekt ut i fjernvarmenettet for å avlaste i perioder med høye varmebehov. Dersom det siste er mulig, vil et sesongvarmelager kunne bedre klimagassregnskapet i kapittel 7, ved at varme fra sesongvarmelageret sammen med varme produsert i en sjøvarmepumpe på Nyhavna, kan erstatte fossile brensler i fjernvarmesystemet.



I tillegg til tekniske undersøkelser er det nødvendig å sikre areal i delområde 7 og 10, avklare eierforhold til varmelagringskapasiteten i grunnen, og eierskap til volumet for sesongvarmelageret, avklare behov for konsesjon og ikke minst en forretningsmodell som sikrer investering og profesjonell drift og rimelig fordeling av utbytte mellom partene.

### Sikring av areal

Basert på foreløpige resultater fra denne utredningen, foreslår kvalitetsprogram for Nyhavna at arealer sikres i reguleringsplaner for delområde 7 og 10 på Nyhavna:

- *“Det må settes av arealer på, og under, bakkenivå for energiproduksjon og energilager (termisk og elektrisk).*
- *Tilgangen til borehull må sikres, for eksempel via kjeller, dersom et sesongvarmelager etableres.*
- *Det må settes av plass til en varmepumpesentral og sjøvannsledning for varmeleveranse til byens fjernvarmesystem. Dette må gjøres i tilknytning til et sesongvarmelager.*
- *Det må settes av areal til fjernkjølesentral om dette ikke kan integreres med en varmepumpesentral.”*

### Hvem eier varmelagringskapasiteten i grunnen?

Etter det vi kjenner til finnes ikke spesifikke regler om dette. For grunnvann og grunneiers mineraler er det grunneier som har rettighet til ressursene, uavhengig av dybde (vannressursloven § 44, mineralloven §28). Uttak kan imidlertid kreve konsesjon etter nærmere regler i vannressursloven og mineralloven. For mutbare mineraler er det staten som er rettighetshaver, mens grunneier har rett til 0,5 prosent av omsetningsverdien av det som utvinnes.

Siden et sesongvarmelager vil påvirke grunnvannet er, kan det være mest naturlig å trekke en parallell til bestemmelser om grunnvann i vassdragsloven.

### Eierskap til volumet under bakken

Dersom det blir aktuelt å etablere et sesongvarmelager, bør det vurderes om det skal etableres en såkalt anleggseiendom for undergrunnen etter [matrikelovens §5 b](#)): *“anleggseiendom, ein bygning eller konstruksjon, eller eit avgrensa fysisk volum som er tillate utbygt, og som er utskilt som eigen eiendom”*. Fast anlegg på eigarlaus sjøgrunn eller i eigarlaus undergrunn kan også opprettast som anleggseiendom. Dette er mest aktuelt dersom eier på overflata, skal være en annen enn eier av sesongvarmelageret i grunnen (Eriksen, 2008).

### Nødvendige tillatelser

Begrepet «grunnvannstiltak» er ikke nærmere definert verken i vannressursloven eller i vannforskriften. Definisjon av vassdragstiltak i vannressursloven § 3 a) lyder *«vassdragstiltak: vassdragsanlegg og alle andre tiltak i vassdraget som etter sin art er egnet til å påvirke vannføringen, vannstanden, vassdragets leie eller strømmens retning og hastighet eller den fysiske og kjemiske vannkvaliteten på annen måte enn ved forurensning»*. Begrepet «grunnvannstiltak» er som en samlebetegnelse for «grunnvannsuttak» og «annen rådighet eller påvirkning av grunnvann», og er ment å forstås i samsvar med definisjonen av vassdragstiltak (Eriksen, 2008).

Et sesongvarmelager vil endre temperaturen i fjellet og i naturlig grunnvann og har potensiale til å endre grunnvannsnivå og strømningsretning lokalt. Om tiltaket er konsesjonspliktig avgjøres av vassdragsmyndigheten (NVE) etter § 45 i vassdragsloven:

*“Ingen må iverksette grunnvannstiltak som kan være til nevneverdig skade eller ulempe for noen allmenne interesser uten konsesjon fra vassdragsmyndigheten. [§§ 23 til 29](#) gjelder tilsvarende.*

Vassdragsmyndigheten kan i forskrift eller i det enkelte tilfelle fastsette om et grunnvannstiltak trenger konsesjon etter første ledd. Vassdragsmyndigheten skal treffe enkeltvedtak etter første punktum dersom tiltakshaveren, berørt fagmyndighet eller andre med rettslig interesse begjærer det. Vassdragsmyndigheten kan forby iverksetting før avgjørelsen er truffet. Klage over vedtak om at tiltaket må ha konsesjon, kan ikke gis oppsettende virkning. Regelen i § 27 gjelder tilsvarende.

Grunnvannsuttak over 100 kubikkmeter per døgn skal meldes til vassdragsmyndigheten, som skal vurdere om uttaket krever konsesjon etter første ledd. Det samme gjelder hvor flere grunnvannsuttak som naturlig må sees under ett, overstiger 100 kubikkmeter per døgn.

En grunneier kan uten konsesjon ta ut grunnvann til husholdning og husdyr på eiendommen”

Det anbefales å avklare med NVE om sesongvarmelageret er konsesjonspliktig, når planlagt omfang og påvirkning på omgivelsene er noe mer avklart.

### Investering og drift

Kapittel 5.5.2 anslår en kostnad på 40-50 millioner kroner for å etablere brøndelen av nødvendig infrastruktur. Kostnaden for sjøvarmepumpe og annen infrastruktur er ikke med i dette regnestykket, men det antas at muligheten for å selge overskuddsenergi på tidspunkt der energiprisen er høy gjør at sesongvarmelager med sjøvarmepumpe er potensielt lønnsomme investeringer. Dette må avklares nærmere. Det kan også være mulig å søke Enova om investeringsstøtte etter nærmere regler. Det bør også undersøkes om et sesongvarmelager kan få gunstige finansieringsbetingelser forbundet med EUs taksonomi ( se kap 8.7).

Det kan være aktuelt å koble drift av sesongvarmelageret opp mot modell 2 og 3 etablering av kraftselskap og etablering av fleksibilitetsmarked for energi. Aktuelle aktører for etablering av sesongvarmepumpe og sjøvarmepumpe er gjengitt i Tabell 26.

Tabell 26 Mulige aktører som kan være med å etablere og drive sesongvarmelager på Nyhavna.

Aktører	Rolle	Forventet interesse til sesongvarmelager
Nyhavna Utvikling AS.	Grunneier som må stille grunn til disposisjon og avtale godtgjøring. Sørge for at avtaler om bruk av grunn følger eiendommene ved salg av grunn eller opsjoner.	Bidra til nullutslippsbydel. Bidra til å gjøre området attraktivt for kjøpere og leietakere. Øke avkastningen på eiendommene. Inngå avtale om bruk av undergrunnen på delområde 7
Statkraft varme	Netteier varme med områdekonsesjon.  Eier av overskuddsvarme  Kan være eier og drifter av sjøvarmpumpe	Utnytte egen overskuddsvarme fra avfallsforbrenning om sommeren. Sektorkobling mellom el og varme, optimalisere varmenettet østover i byen, redusere miljøkostnader av utbygging.

Aktører	Rolle	Forventet interesse til sesongvarmelager
Eventuell leverandør av styringssystemer, f.eks ABB, Siemens	Kommersiell aktør/ gründer	Selge og drifte fysiske målepunkter og koblinger. Utvikle løsninger som kan selges andre steder
Eventuell annen varmeaktør	Kan være eget selskap som enten har eller kjøper overskuddsvarme som lagres på Nyhavna og selger denne inn i varmenettet	Antakeligvis liten interesse fra andre aktører enn nevnt over.
Eventuelt FME - fornybar energi, f.eks ZEN, NTRANS, CINELDI	Akademia	Bidra til å utvikle nye løsninger, flytte forskningsfronten, følgeforskning.
Trondheim kommune	Myndighet	Utvikle nullutslippsområde, bidra til sosialt rettferdige energiløsninger. Bidra til at Nyhavna blir en bærekraftig bydel i alle aspekter.  Bidra til at utslipp knyttet til energiforsyningen i byen reduseres. Bidra til at behov for flere varmesentraler østover i byen reduseres.

### 8.5.2. Sirkulære forretningsmodeller

[EUs handlingsplan for sirkulær økonomi](#) og [Nasjonal strategi for ein grønn, sirkulær økonomi](#) danner grunnlag for sirkulære forretningsmodeller på Nyhavna.

Kapittel 7 og Figur 66 viser at materialvalg har stor betydning for å redusere klimagassutslippene fra transformasjon av Nyhavna. I anbefalt konsept ligger

- at alle bygg får en bygningskropp tilsvarende dagens passivhusstandard, og ellers designes for å oppfylle “konseptstandard” ZEB-COM.
- at nye bygg representerer såkalt “best available technology (BAT)” for klimavennlig materialbruk, uten å endre på materialvalgene i bæresystemet og dekkene referert til Enovareporten «[Klimavennlige byggematerialer, potensial for utslippskutt og barrierer mot bruk](#)».
- at rehabiliterte bygg får utslipp tilsvarende 8 rehabiliteringsprosjekt i Oslo-området, hvor mye av bygningskroppene kunne bevares og nye materialer velges ut fra klimahensyn som over.

Kapittel 7 peker også på at utslippsfri anleggsplass er viktig for å redusere klimagassutslippene i byggefasen som skal kompenseres med produksjon av fornybar energi over transformasjonens levetid.

Anbefalt konsept i denne utredningen gir 52 % reduksjon av klimagassutslipp over levetiden for Nyhavna (60 år). Kapittel 7 sier også at det er mulig å oppnå ytterligere klimagassreduksjoner ved å

oppgradere fra passivhus til en enda mer energieffektiv bygningsstandard, kalt ZEB-COM standard i denne rapporten, og at utslippsfri anleggsplass er viktig for å redusere klimagassutslippene i byggefasen som skal kompenseres med produksjon av fornybar energi over transformasjonens levetid.

Materialbruk på Nyhavna er omtalt i forslag til kvalitets- og miljøprogram for Nyhavna. Der står det at Nyhavna skal kjennetegnes av bærekraftig materialbruk med vekt på ombruk av bygninger og materialer. Det bør opprettes en gjenbruksbank og det bør utvikles et designprogram som fremmer nullutslipp.

- *Til reguleringsplaner for de 10 delområdene skal det utarbeides et designprogram for bebyggelse for å bidra til at Nyhavna blir en nullutslippsbydel.*
- *Kvaliteter og ombrukspotensiale for eksisterende bygninger bør kartlegges, og danne grunnlag for designprogrammet.*
- *Materialer må være robuste, må ha lang levetid og tåle fremtidige klimaendringer. Materialene og konstruksjonselementene må kunne demonteres for ombruk og gjenbruk.*
- *Materialer og komponenter må dokumenteres iht anerkjente miljømerker, miljødeklarasjoner - eller øvrige anerkjente verktøy/metoder. Dette gjelder også produkter som brukes ved vedlikehold.*
- *Det skal ikke brukes materialer eller produkter som bidrar til spredning av mikroplast, eller stoffer som står på den nasjonale prioritetslisten for kjemikalier.*
- *Materialer og overflatebehandlinger skal være dokumentert lavemitterende, for å fremme godt inn klima.*

Forslag til miljøprogram sier at selve transformasjonen med relokalisering av virksomheter, tilrettelegging av tomtene og oppføring av infrastruktur og nye bygninger på Nyhavna, vil medføre en betydelig miljøbelastning. For å redusere belastningen peker Miljøprogrammet også på utslippsfri anleggsplass, men også at man i anleggsfasen må tenke ressursminimering og ombruk og gjenvinning. Viktige hensyn blir å minimere transportbehov, gravebehov, energibruk og utslipp gjennom utviklingsperioden gjennom å tilrettelegge for utslippsfrie anleggsplasser og å lage en overordnet plan for gravebehov og håndtering av rene og forurensede masser.

### **Utfordringer for sirkulær og klimavennlig ressursbruk**

Materialbruk gir såkalte indirekte utslipp av klimagasser og beregningsmetodikken for disse utslippene er ikke like velutviklet som for direkte utslipp av klimagasser fra forbrenning av fossile brensler innen et gitt område. I Norge har det vært størst oppmerksomhet rundt å redusere de direkte utslippene, men det blir stadig mer bevissthet rundt indirekte utslipp. For at Nyhavna skal fremstå som framtidsrettet gjennom utviklingsperioden, er det avgjørende at det lages langsiktige strategier for materialbruk i en tidlig fase og at disse oppdateres med ny kunnskap og nye muligheter.

Konkret er utfordringene knyttet til disse forholdene:

- Oppgradere fra passivhus til ZEB-COM standard. ZEB COM vil kreve at det brukes smarte lavenergiløsninger for alt elektrisk utstyr i byggene. Dette vil kreve planlegging og bevissthet ved innkjøp. Det kan bli vanskelig å sikre at elektrisk utstyr som anskaffes etter at byggene er ferdige holder samme standard, i en lineær forretningsmodell. Både passivhus og ZEB-COM vil tilfredsstille dagens [byggteknisk forskrift](#) kapittel 14. Vi må forvente at kravene til energieffektivitet skjerpes ved neste rullering.

- Maksimere ombruk. Mange av byggene på Nyhavna er uegnet for den bruken som er planlagt. Rehabilitering vil kanskje hovedsakelig være aktuelt for vernede bygg. [Byggteknisk forskrift](#) krever at *“En byggevare skal ha forsvarlige egenskaper, som bidrar til at byggverk oppfyller kravene i denne forskriften. Egenskapene må kunne dokumenteres”* Ombruk av bygningsmaterialer krever ofte en reklassifisering av materialene, og det kan være tidkrevende. Videre vil ombruk av eksisterende materialer ofte kreve både mellomlagring og et godt lagersystem som gir oversikt over hva som er tilgjengelig. Ombruk av masser vil tilsvarende kreve sortering, lagerplass og eventuell rensing av forurenset masse.
- Velge klimavennlige nye materialer. Utvikling av klimavennlige materialer skjer raskt og det blir viktig å ha tilstrekkelig kompetanse til å holde seg oppdatert. Kostnader for nye materialer kan være en utfordring inntil de blir vanlige. Siden klimavennlige materialer er nye på markedet, er det ofte små produksjonsvolumer, og det kan oppstå leveringsproblemer.
- Kompetanseutvikling og bevaring. Erfaringer fra utvikling av Miljøbyen Granås som var tidlig ute med storstilt utbygging av passivhus, og flere prosjekter der kommunen har vært tidlig ute med passivhus, smarte energiløsninger og bruk av massivtre og ombruk, tilsier at tilgang på kompetanse er en knapphetsfaktor inntil løsningene blir standardisert og inkludert i lovverket. Prosjektene må knytte til seg personer med god kompetanse som er utviklingsorienterte innen materialbruk. Prosjektene må være forberedt på at det må utvikles og deles kompetanse underveis, og det blir viktig å beholde den kompetansen som utvikles både hos planleggere, prosjekterende og utførende.

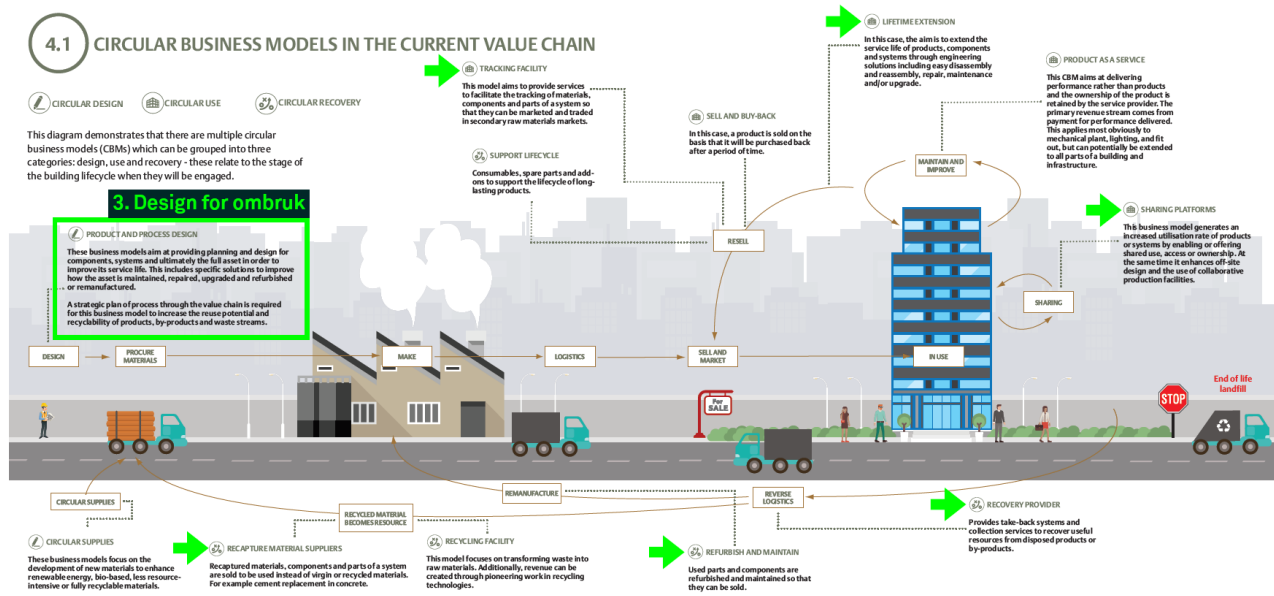
Videre er det skissert sirkulære og klimavennlige modeller for materialer og for anleggsfasen. Disse kan eventuelt kombineres.

#### **Modell 5: Design for ombruk og klimavennlige materialer.**

Utvikling av forretningsmodeller for ombruk og bruk av klimavennlige materialer krever samarbeid mellom de 10 delområdene og mellom forskjellige yrkesgrupper og aktører internt i delområdene. Det vil være essensielt å kartlegge ombrukspotensiale for bygg og materialer i en tidlig fase som et grunnlag for designprogrammene som skal etableres områdevis. Det vil også øke sannsynligheten for ombruk om det etableres en gjenbruksbank som består både av et fysisk lager og et lagersystem for klassifiserte materialer og en prismodell for leveranser og uttak fra lageret. Lageret bør betjene alle delområder slik at materialer kan ombrukes på tvers av Nyhavna. Det fysiske lageret kan om nødvendig flyttes gjennom utviklingsperioden for Nyhavna. Mange av byggene på Nyhavna består sannsynligvis av materialer som ikke kan gjenbrukes internt på Nyhavna, men som kan ha stort gjenbrukspotensiale ut over Nyhavna, som for eksempel elementer fra lagerbygg i stål. Dersom disse gjenbrukes i rimelig avstand fra Nyhavna, kan dette likevel telle positivt for klimagassregnskapet på samme måte som eksport av energi.

For å sikre seg klimavennlige materialer til riktig pris, kan det være gunstig å være tidlig ute og ha langsiktige avtaler for levering.

[Æra](#) har gjengitt en skisse over flere mulige sirkulære forretningsmodeller innenfor dagens verdikjede i byggebansjen (Figur 72). Flere av disse modellene kan være aktuelle på sikt. I oppstartfasen anbefaler vi å se på muligheter for design for ombruk og gjenvinning, men også hvordan det kan legges til rette for forretningsmodeller som forlenger levetiden/brukstiden for materialer senere i prosessen. Dette kan for eksempel være plattformbaserte leasingløsninger for innkjøp av og vedlikehold av elektrisk utstyr for å tilfredsstille ZEB-COM, men også flere utskiftbare bygningsdeler og vedlikehold som et slags “product as a service”.



Kilde: Ellen Macarthur, Circular business models for the build environment

Figur 72 Sirkulære forretningsmodeller for bygg fra Åra : Fremtidens forretningsmodeller i byggebransjen.

Tabell 27 Mulige aktører for ombruk og bærekraftig materialbruk:

Aktører	Rolle	Forventet interesse
Grunneiere: Nyhavna Utvikling AS, Trondheim havn, Koteng AS, BaneNor eiendom	Eier av grunn som kan stille krav til utvikling av løsninger gjennom salg av grunn eller opsjoner. Utvikling av designprogram som fremmer ombruk og klimavennlige materialer	Bidra til nullutslippsbydel Bidra til å gjøre området attraktivt for kjøpere og leietakere Øke avkastningen på eiendommene
Eiendomsutviklere	Kommersielle aktører som kan delta i utviklingen av Nyhavna gjennom kjøp av grunn eller opsjonsavtaler. Utvikling av designprogram som fremmer ombruk og klimavennlige materialer	Bidra til nullutslippsbydel Bidra til å gjøre området attraktivt for kjøpere og leietakere Generere avkastning gjennom å utvikle eiendommen (regulere, tilrettelegge infrastruktur, bygge)
Arkitekter, bygningsingeniører,	Rådgivere, planlegger og prosjekterende	Selge arbeidskraft, utvikle løsninger som kan gjenbrukes og videreutvikles, kompetansebygging.

Aktører	Rolle	Forventet interesse
Entreprenører	Utførende, sørger for praktisk gjennomføring av klimavennlig bygg og anlegg. Sørger for kompetanse hos egne ansatte.	Selge løsninger som kan gjenbrukes og videreutvikles, kompetansebygging.
Tilretteleggere	Gründere som tilbyr klassifisering av materialer for gjenbruk, digitalt lagersystem og marked, samt sørger for fysisk levering og fakturering	Utvikle bedrift, selge løsninger som kan gjenbrukes og videreutvikles, kompetansebygging
Materialleverandører	Leverandør av klimavennlige materialer.	Få innpass på markedet. Produktutvikling
Akademia		Forskning og følgeforskning på materialbruk og forretningsmodeller
Kommunen	Myndighet	Utvikle nullutslippsområde, bidra til sosialt rettfærdige energiløsninger. Bidra til at Nyhavna blir en bærekraftig bydel i alle aspekter.

### Modell 6: Design for ombruk av masser og lavutslipps anleggsfase

På samme måte som en lokal gjenbruksbank kan stille materialer til rådighet på tvers av Nyhavna, kan samarbeid om massehåndtering og logistikk redusere transportbehov og utskiftingsbehov for masser. Hvert byggeprosjekt er sannsynligvis for lite for at lokal rensing av forurenset masse vil lønne seg. Tidligere erfaring og forhåndskonferanser viser at entreprenørene trenger forutsigbarhet i etterspørsel for å anskaffe eller lease utslippsfrie maskiner og utstyr. Ved å etterspørre/ sette krav til alle prosjekter på Nyhavna om utslippsfri anleggsplass, kan Nyhavna Utvikling AS være med å endre dette markedet.

For å få helhetlige løsninger, kan det være gunstig å sette sammen et team med både grunnarbeidsentreprenør, entreprenør for mottak, sortering og eventuell rensing av masse for ny bruk, og rådgivere innen logistikk og forurenset grunn.

Tabell 28 Mulige aktører for ombruk og bærekraftig materialbruk:

Aktører	Rolle	Forventet interesse
Grunneiere: Nyhavna Utvikling AS, Trondheim havn, Koteng AS, BaneNor eiendom	Eier av grunn som kan stille krav til utvikling av løsninger gjennom salg av grunn eller opsjoner. Etablere en rammeplan for å	Bidra til nullutslippsbydel Bidra til å gjøre området attraktivt for kjøpere og



Aktører	Rolle	Forventet interesse
	redusere utslipp fra anleggsarbeid på områdenivå	leietakere Øke avkastningen på eiendommene
Eiendomsutviklere	Kommersielle aktører som kan delta i utviklingen av Nyhavna gjennom kjøp av grunn eller opsjonsavtaler. Etablere en rammeplan for å redusere utslipp fra anleggsarbeid på områdenivå	Bidra til nullutslippsbydel Bidra til å gjøre området attraktivt for kjøpere og leietakere Generere avkastning gjennom å utvikle eiendommen (regulere, tilrettelegge infrastruktur, bygge)
Rådgivere logistikk og forurenset grunn	Rådgivere, planlegger og prosjekterende	Selge arbeidskraft, utvikle løsninger som kan gjenbrukes og videreutvikles, kompetansebygging.
Entreprenører	Utførende, sørger for praktisk gjennomføring anleggsarbeid. Sørger for kompetanse hos egne ansatte.	Selge løsninger som kan gjenbrukes og videreutvikles, kompetansebygging.
Entreprenør for mottak, sortering og eventuell rensing av masse	Utførende, sørger for praktisk gjennomføring massehåndtering. Sørger for kompetanse hos egne ansatte.	Selge løsninger som kan gjenbrukes og videreutvikles, kompetansebygging.
Eventuelt akademia		Forskning og følgeforskning på materialbruk og forretningsmodeller
Kommunen	Myndighet	Utvikle nullutslippsområde, bidra til sosialt rettferdige energiløsninger. Bidra til at Nyhavna blir en bærekraftig bydel i alle aspekter.

### 8.5.3. Forretningsmodeller for mobilitet

Kapittel 4 i denne konseptutredningen omtaler hovedsakelig løsninger for privat mobilitet og varelevering. Det peker også på hvordan mobilitet vil bli knyttet til energisystemet gjennom behov for smarte ladesystemer og eventuell bruk av elbilbatterier som energilager for området (såkalt "vehicle to grid" teknologi, V2G).

Tilrettelegging for kollektivtransport, sykkel og gange, er et hovedpremiss både i kommunedelplanen og i forslag til kvalitetsprogram for Nyhavna og forutsettes løst utenom denne konseptutredningen. Mange viktige forhold forventes å bli sikret i juridisk bindende arealplaner, og fylkeskommunen og ATB er koblet tett på disse løsningene.

Både konseptutredningen og forslag til kvalitetsprogram foreslår å etablere mobilitetshus i tilknytning til kollektivknutepunkt for å lett kunne bytte mellom forskjellige mobilitetsløsninger.

Kap 7.6 i denne konseptutredningen viser at omlegging fra privatbiler til bildelingsløsninger for Nyhavna vil redusere klimagassutslippene med –39-54% med forbehold om at alle delebilene er elektriske og området er utviklet med tanke på redusert transportbehov, - sammenlignet med dagens gjennomsnitt på landsbasis. Deleløsninger for mikromobilitet vil komplementere tilbudet til beboere og næringsliv, men siden kjørelengden er begrenset, betyr det mindre for klimagassutslippene.

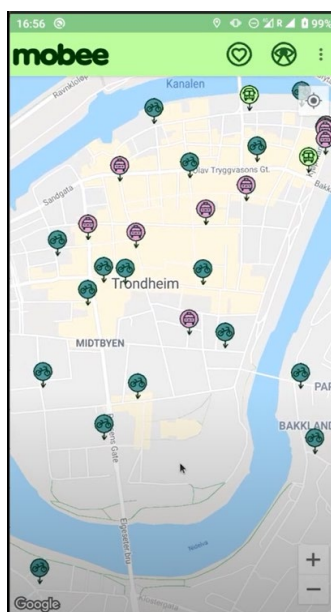
Forretningsmodeller mobilitet for Nyhavna kan dreie seg om tre tema. Eiendomsutviklerne på Nyhavna bør ta stilling til om de skal gå inn i disse forretningsområdene eller knytte til seg andre aktører som står for slike tjenester.

### Deleløsninger for mobilitet

Det finnes stadig flere tilbydere av deleløsninger for mobilitet. I Trondheim tilbyr Bilkollektivet, Hyre og Ottobil deleløsninger for lette kjøretøy både for privatpersoner og næringsvirksomhet. Delebiler i privatmarkedet er mest i bruk ettermiddag og kveld og i helgene, mens mange virksomheter bruker bil i kontortida 8-16. Det er derfor gunstig for en tilbyder av debiler å ha både privat- og virksomhetskunder.

Voi, Tier og Zvipp har avtale med kommunen om deleløsninger for el-sparkesykler. Clear Channel har avtale om bysykler.

[+CxC](#) har utviklet en mobilitetsplattform der forskjellige mobilitetstilbyderes tilbud vises i sanntid i en app (Figur 73, <https://www.mobee.no/>). Appen som ble tilgjengelig høsten 2021 viser hvor bysykler, elsparkesykler, debiler og taxi befinner seg på kart, og viser også se rutetilbudet fra kollektivtransport. Appen har så langt ikke en felles betalingsløsning. Kartløsningen vil fungere på Nyhavna, og det kan tenkes en videreutvikling i samarbeid med aktører på Nyhavna.



### **Parkeringstjenester**

Kommunedelplanen og kvalitetsprogram for Nyhavna legger opp til at bilparkering samles i mobilitetshusene nær hovedinnfartsåre og kollektivknutepunkt. Felles parkeringsløsninger vil uansett kreve et minimum av drifting. Å lete etter parkering skaper ofte frustrasjon for brukerne. Smarte løsninger som viser vei til ledige plasser reduserer unødvendig prakk, mens det for operatørene kan gi data som kan optimalisere driften ([Meeting of the minds](#)). En forretningsmodell for parkeringstjenester inkludert lading av el-bil bør vurderes. Mulige kunder er privatpersoner, virksomheter og delebilselskaper.

### **El-nett tjenester**

Et mobilitetshus med toveis-ladere (V2G) kan potensielt fungere som batteri for å forsterke elektrisitetstettet ved høyt strømforbruk, eller fungere som backup ved utfall. På denne måten kan mobilitetshuset/flåteeier/parkeringsoperatør levere tjenester til nettselskapet og ta betalt for dette.

Dette forutsetter sannsynligvis at det både er etabler en/flere bilflåter for at effekten skal bli høy nok.

## **8.6. Grønne lån og gunstige finansielle betingelser innenfor et nullutslippsområde**

### **8.6.1. Dagens modell for grønn finansiering i Trondheim kommune**

Trondheim kommune har mål om at kommunens direkte klimagassutslipp i 2030 skal være redusert med 80 prosent i forhold til 1991. Videre skal Trondheim kommune være en nullutslippsvirksomhet i 2030<sup>70, 71</sup>. Dette vil innebære en storstilt omlegging av kommunens aktiviteter, og nye investeringsprosjekter.

Klima- og miljøvennlige investeringer vil i mange tilfeller oppfylle kriterier som stilles for grønne lån og utstedelse av grønne obligasjoner.

Nedenfor beskrives dagens kriterier for grønne lån i Kommunalbanken (KBN) og KLP. Samt noe om utstedelse av grønne obligasjoner i finansmarkedet. KBN og KLP sine kriterier for grønne lån anses som mindre krevende å oppfylle og etterleve sammenlignet med en utstedelse av en grønn obligasjon. KBN og KLP opererer med en uttalt rabatt på grønne lån. For Trondheim utgjør dette anslagsvis 4-7 rentepunkter. For et lån på 500 millioner kroner med løpetid 25 år utgjør dette anslagsvis 4 millioner kroner.

Per dags dato har kommunen to grønne lån i KBN som er knyttet til Lade skole, VA-samarbeidet med Klæbu med påfølgende oppgradering av avløpsnett og prosessering, samt Huseby skole.

### **8.6.2. Grønne lån fra Kommunalbanken og KLP**

Grønne lån kan finansiere prosjekter som løser framtidens klima- og miljøutfordringer i dag. KBN har definert syv typer prosjekter som kan tildeles grønt lån, mens KLP har fire, der de opererer med en fjerde kategori som heter "Andre investeringer" som er noe åpen. Hver kategori har egne kriterier for tildeling av grønt lån og disse blir kortfattet oppsummert i notatet. Videre har også KBN og KLP et

---

<sup>70</sup> [Kommunedelplan for energi og klima](#)

<sup>71</sup> [Handlingsprogrammet for energi og klima 2017-2020](#)

krav om at det må legges ved dokumentasjon fra entreprenør eller ekstern part i søknaden, i tillegg til eget utfylt søknadsskjema.

Dersom prosjektet har fått tilsagn fra en av ordningene listet under, kvalifiserer det automatisk til grønt lån:

Enova

Klimasats

Syv kategorier prosjekter som kan gi grønne lån i Kommunalbanken

1. Bygg
2. Fornybar energi
3. Transport
4. Avfall og sirkulærøkonomi
5. Vann og avløp
6. Arealbruk og områdeprosjekter
7. Klimatilpasning

### **Bygg**

Byggeprosjekter med tydelig klimaprofil. Formålet med investeringer i denne kategorien er å bygge klimasmarte og/eller energieffektive nybygg som er tilpasset fremtidige klimaendringer.

- Tiltak i eksisterende bygningsmasse
- Nybygg

Eksempler på kategorier som KBN bruker i sin vurdering av grønne lån til nye bygg er "Plusshus", "nær-nullutslippshus" og karakterene BREEAM-NOR Excellent eller Outstanding

Videre er det flere mulige prosjekttypene som det kan søkes på når det kommer til tiltak i eksisterende bygningsmasse. Alt fra enkelttiltak, større rehabiliteringsprosjekter, nybygg kombinert med renovering av eksisterende bygningsmasse med mer.

### **Eksempler på dokumentasjon for tiltak i eksisterende bygningsmasse som må legges fram:**

1.1 TILTAK I EKSISTERENDE BYGNINGSMASSE	
<input type="checkbox"/> 1.1.1 Enkelttiltak for effektivisering	
Beskrivelse av tiltaket (bruk gjerne feltet Generell beskrivelse over):	
Forventet energibesparelse (kWh/år):	
<input type="checkbox"/> 1.1.2 Større renoveringsprosjekter	
Beregnet totalt energibehov i bygget før tiltaket (kWh/år):	
Beregnet totalt energibehov i bygget etter tiltaket (kWh/år):	
Og/eller: Beskrivelse valgt materialløsning:	

Listen fortsetter med dokumentasjonskrav til hvert av de resterende kategoriene som er nevnt.

Utvidet informasjon om krav og spesifikasjoner finnes hos KBN.

Eksempler på dokumentasjon for nybygg som må legges fram:

1.2 NYBYGG	
<input type="checkbox"/> 1.2.1 Nye bygg med lavt energibehov	
Estimert netto energibehov per kvadratmeter oppvarmet areal (kWh/m <sup>2</sup> /år):	
<input type="checkbox"/> 1.2.2 Nye bygg i klimavennlige materialer	
Beskrivelse av valgt materialløsning:	
<input type="checkbox"/> 1.2.3 Nye bygg designet for ombruk	
Beskrivelse av valgt løsning for ombruk:	
<input type="checkbox"/> 1.2.4 Miljøsertifiserte bygg	
Type sertifisering og eventuell karakter (f.eks. BREEAM Excellent):	
<input type="checkbox"/> 1.2.5 Bygg med lokal energiproduksjon	
Estimert energiproduksjon (kWh/år):	

Listen fortsetter med krav for eksisterende bygningsmasse.

Utvidet informasjon om krav og spesifikasjoner finnes hos KBN.

### Fornybar energi

Prosjekter innenfor denne kategorien kan for eksempel være produksjon av fornybar energi, energilagring eller utbygging av infrastruktur for energi.

- Produksjon av fornybar energi
- Energilagring
- Infrastruktur for energi
- Annet

Eksempler på dokumentasjon som må legges fram:

2.1 PRODUKSJON AV FORNYBAR ENERGI	
<input type="checkbox"/> 2.1.1 Fornybar energiproduksjon	
Forventet årlig energiproduksjon (kWh/år):	
2.2 ENERGILAGRING	
<input type="checkbox"/> 2.2.1 Energilagring i tilknytning til produksjonsanlegg	
Forventet lagringskapasitet (kW):	
2.3 INFRASTRUKTUR FOR ENERGI	
<input type="checkbox"/> 2.3.1 Nettkapasitet	
Forventet økning i kapasitet (MW):	
<input type="checkbox"/> 2.3.2 Fjernvarme/-kjøling	
Forventet økning i kapasitet (MW):	
Forventet fordeling på energibærere (%):	
2.4 ANNET	
<input type="checkbox"/> 2.4 Annet	
Prosjektbeskrivelse:	

## Transport

Formålet med denne kategorien er å legge til rette for å fremme transportløsninger med minimale eller null utslipp.

- Sykkel og gange
- Transport på land
- Sjøgående transport
- Anleggsmaskiner
- Infrastruktur

Grønt lån betinger at prosjektet er et lavutslipps-, fortrinnsvis nullutslippsalternativ for person- eller godstransport. Ingen fossile drivstoff må benyttes.

Eksempel på dokumentasjon som må legges fram:

<b>3. SYKKEL OG GANGE</b>	
<input type="checkbox"/> 3.1.1 Sykler	
Beskrivelse av tiltaket (bruk gjerne feltet Generell beskrivelse over):	
Antall sykler:	
<input type="checkbox"/> 3.1.2 Tilrettelegging for gående og syklende	
Beskrivelse og antall kilometer eller m <sup>2</sup> :	
<b>3.2 TRANSPORT PÅ LAND</b>	
<input type="checkbox"/> 3.2.1 Utslippsfrie kjøretøy	
Beskrivelse av tiltaket (bruk gjerne feltet Generell beskrivelse over):	
Antall biler:	
Antall kjørte kilometer per år per bil (estimat):	
<input type="checkbox"/> 3.2.2 Materiell til skinnegående kollektivtransport	
Beskrivelse tiltak:	

Listen fortsetter med dokumentasjonskrav til hvert av de resterende kategoriene som er nevnt.

Utvidet informasjon om krav og spesifikasjoner finnes hos KBN.

## Avfall og sirkulærøkonomi

Denne kategorien omfatter tiltak som bidrar til avfallsreduksjon, økt ombruk, materialgjenvinning og mer effektiv energiutnyttelse.

- Avfallsforebygging og ombruk
- Innsamling, håndtering og behandling av avfall
- Annet

Eksempler på dokumentasjon som må legges fram:

4.1 AVFALLSFOREBYGGING OG OMBRUK	
<input type="checkbox"/> 4.1.1 Tiltak som bidrar til avfallsforebygging eller økt ombruk	
Beskrivelse tiltak:	
4.2 INNSAMLIG, HÅNDBLING OG BEHANDLING AV AVFALL	
<input type="checkbox"/> 4.2.1 Tiltak ved innsamling for å øke kildesortering	
Beskrivelse tiltak:	
Materialgjenvinningsgrad før investeringen (prosent):	
Estimert materialgjenvinningsgrad etter investeringen (prosent):	
<input type="checkbox"/> 4.2.2 Mer effektiv innsamling av avfall	
Beskrivelse tiltak:	

Listen fortsetter med dokumentasjonskrav til hvert av de resterende kategoriene som er nevnt.

Utvidet informasjon om krav og spesifikasjoner finnes hos KBN.

### Vann og avløp

Grønne lån kan gis til vann- og avløpsinvesteringer som enten har som primært formål å redusere klimagassutslipp eller energiforbruk, eller som svarer på et konkret klimatilpasningsbehov

- Gebyrfinansiert overvannshåndtering
- Mindre tiltak for energiproduksjon
- Klimavennlige prosessanlegg
- Klimavennlige anleggsprosjekter
- Annet

Eksempler på dokumentasjon som må legges fram:

5.1 GEBYRFINANSIERT OVERVANNSHÅNDBLING	
<input type="checkbox"/> 5.1.1 Separering av spillvann og overvann	
Antall meter nye ledninger:	
Beskrivelse av tiltaket (bruk gjerne feltet generell beskrivelse over):	
5.2 MINDRE TILTAK FOR ENERGIPRODUKSJON	
<input type="checkbox"/> 5.2.1 Varmegjenvinning	
Forventet energiproduksjon per år (kWh/år):	
Beskrivelse av tiltaket (bruk gjerne feltet Generell beskrivelse over):	
<input type="checkbox"/> 5.2.2 Energiutvinning	
Forventet energiproduksjon per år (kWh/år):	
Beskrivelse av tiltaket (bruk gjerne feltet Generell beskrivelse over):	

Listen fortsetter med dokumentasjonskrav til hvert av de resterende kategoriene som er nevnt.

Utvidet informasjon om krav og spesifikasjoner finnes hos KBN.

### Arealbruk og områdeprosjekter

Investeringer i områdeutvikling hvor natur, miljø og klima vektlegges, samt i forurensningstiltak.



- Tiltak mot forurensning
- Områdeutvikling og arealbruk
- Annet

Eksempler på dokumentasjon som må legges fram:

6.1 Tiltak mot forurensning	
<input type="checkbox"/> 6.1.1 Tiltak mot forurensning på land	
Beskrivelse av tiltaket (bruk gjerne feltet Generell beskrivelse over):	
<input type="checkbox"/> 6.1.2 Tiltak mot forurensning i vann	
Beskrivelse av tiltaket (bruk gjerne feltet Generell beskrivelse over):	
Tilstandsklasse før og etter investering:	
6.2 Områdeutvikling og arealbruk	
<input type="checkbox"/> 6.2.1 Bærekraftig områdeutvikling	
Beskrivelse av tiltaket (bruk gjerne feltet Generell beskrivelse over):	
<input type="checkbox"/> 6.2.2 Restaurering av natur	
Beskrivelse av tiltaket (bruk gjerne feltet Generell beskrivelse over):	

Listen fortsetter med dokumentasjonskrav til hvert av de resterende kategoriene som er nevnt.

Utvidet informasjon om krav og spesifikasjoner finnes hos KBN.

### Klimatilpasning

Det gis grønne lån til egne tiltak for klimatilpasning, som bidrar til å gjøre lokalsamfunnet bedre rustet til å tåle dagens og fremtidens klimaendringer og reduserer fysisk klimarisiko.

- Overvannshåndtering
- Klimatilpasning
- Beredskap
- Annet

Eksempler på dokumentasjon som må legges fram:

7.1 OVERVANNSHÅNDBLING	
<input type="checkbox"/> 7.1.1 Overvannshåndtering	
Beskrivelse av tiltaket (bruk gjerne feltet Generell beskrivelse over):	
7.2 KLIMATILPASNING	
<input type="checkbox"/> 7.2.1 Sikring mot naturskade	
Beskrivelse av tiltaket (bruk gjerne feltet Generell beskrivelse over):	
<input type="checkbox"/> 7.2.2 Flytting av infrastruktur	
Beskrivelse av tiltaket (bruk gjerne feltet Generell beskrivelse over):	

Listen fortsetter med dokumentasjonskrav til hvert av de resterende kategoriene som er nevnt. Utvidet informasjon om krav og spesifikasjoner finnes hos KBN.

### **8.6.3. Utstedelse av grønt obligasjonslån**

Utstedelse av et grønt obligasjonslån krever noe mer arbeid enn lån i KBN. Det er ikke noen uttalt rabatt på slike obligasjoner versus ordinære obligasjoner. I det norske markedet er det ikke observert noen økonomisk fordel ved utstedelse av grønne obligasjoner. I Norge er dette et umodent marked. I Sverige er et grønt obligasjonslån 5-6 rentepunkter billigere enn en tilsvarende ordinær obligasjon. Grønne obligasjoner er benyttet i mange år i Sverige. Dette gir en forventning om at det over tid kan bli en tilsvarende rabatt i Norge som i Sverige.

Et grønt obligasjonslån krever en uavhengig tredjepartsvurdering. Selskaper som Cicero, Sustainalytics, DNV, de store revisorselskapene og ratingbyråene kan gjøre slike vurderinger. Dette medfører honorarer til den aktøren som eventuelt skulle få oppdraget, og vil medføre en kostnad i forbindelse med utstedelse av obligasjonen.

Midlene som hentes gjennom et grønt obligasjonslån skal utelukkende benyttes til å finansiere miljøvennlige prosjekter. Kvalifiserte grønne prosjekter kan potensielt dreie seg om fornybar energi, energieffektivisering, bærekraftig avfallshåndtering, bærekraftig arealbruk, bevaring av biologisk mangfold, ren transport, klimaendring eller klimatilpasning. Det er vanskelig å komme med en tilsvarende liste med kriterier for grønne obligasjoner som for grønne lån i Kommunalbanken. Kravene til Kommunalbanken må imidlertid ses på som minimumskrav, og at en tredjepartsvurdering vil kreve mer dokumentasjon

Det er et krav at den uavhengige vurderingen av prosjektet offentliggjøres slik at investorene skal ha innsyn i prosjektets miljømessige sider. Ved børsnotering får investorer også innsyn i utviklingen av prosjektet underveis. Utstedere av obligasjonslån har en informasjonsplikt som innebærer at selskapet uoppfordret og umiddelbart skal offentliggjøre insideinformasjon som direkte angår lånet. Børsnotering innebærer også annen løpende rapportering, blant annet resultatrapportering, som sikrer gjennomlysning og innsyn for investorer gjennom hele lånets livsløp.

Den økte kostnaden ved å utstede en grønn obligasjon kan sees opp mot potensielle fordeler ved en slik utstedelse, som kan være at kommunen får synliggjort en grønn profil, spesielt med tanke på FN sine bærekraftsmål. Dette kan gi et positivt omdømme for Trondheim kommune. Det kan potensielt øke samhandlingen internt i kommunen, spesielt mellom finans, de ulike prosjektgruppene og miljøenheten.

### **8.6.4. Nordic Investment Bank (NIB)**

NIB er en internasjonal finansinstitusjon eid av de nordiske og baltiske landene. NIB utsteder grønne obligasjoner som de bruker til å finansiere grønne prosjekter hos ulike aktører, både private og offentlige. Banken har en egen komite som vurderer de ulike prosjektene som potensielt kan finansieres ved en grønn obligasjon, og som samler inn dokumentasjon og påfølgende rapporteringer underveis. Kriterier for dette samsvarer i stor grad med kriteriene for grønne obligasjonslån.

## 8.7. EUs taksonomi

Med detaljerte kriterier for hver bransje vil EU definere om investeringer er bærekraftige og klimavennlige. EUs klassifiseringssystem, ofte kalt «taksonomien» skal avgjøre når en investering skal anses som bærekraftig

### 8.7.1. Hva er formålet med taksonomien?

The European Green Deal ble kommunisert for første gang 11. desember 2019 som et ledd i EUs overordnede klima- og miljøpolitikk, hvor målet er klimanøytralitet i 2050. Et sentralt verktøy for å nå dette målet er EUs taksonomiforordning (EU/2020/852), også omtalt som klassifiseringsforordningen eller bare taksonomien.

Taksonomien, som etter planen trer i kraft fra 1. januar 2022, definerer hva som er bærekraftige økonomiske aktiviteter for investeringsformål, blant annet innen bygg og eiendom. Formålet med klassifiseringssystemet er å bedre investorenes beslutningsgrunnlag og bidra til at markeder for bærekraftige investeringer fungerer bedre ved blant annet å forhindre "grønnvasking". Taksonomien vil bli brukt av banker, forsikringsselskap og investorer til å bestemme hvilke aktiviteter som skal gis lån, forsikring eller investeres i.

Tanken er å øke tilgangen på kapital til miljø- og klimavennlig virksomhet, og slik skape bærekraftig økonomisk vekst. For å nå miljø- og klimamålene EU har satt seg, trengs det betydelig høyere investeringer i bærekraftige løsninger i sektorer som energi, industri, transport og landbruk.

### 8.7.2. Når trer reglene i kraft?

Selve lovteksten (forordningen) om klassifiseringssystemet er vedtatt av EUs organer og trådte i kraft i juli 2020. Diskusjonen siden har dreid seg om det viktige «vedlegget» til systemet – de detaljerte tekniske kriteriene som definerer om en økonomisk aktivitet, som for eksempel et nytt kraftverk, bidrar til å kutte klimagassutslipp eller til klimatilpasning.

Etter mye debatt og kritikk ble den endelige versjonen av kriteriene lagt frem av EU-kommisjonen 21. april 2021. Med noen unntak: Kriteriene for gass, kjernekraft og landbruk ble utsatt og vil bli lagt frem senere i 2021. De økonomiske aktivitetene som er dekket, står for rundt 80 prosent av EUs klimagassutslipp.

Dersom EU-parlamentet og rådet ikke har innvendinger, kan reglene tre i kraft – etter planen 1. januar 2022.

### 8.7.3. Hva betyr dette for norske virksomheter?

Forordningen er antatt EØS-relevant. Et forslag om gjennomføring i norsk rett har vært ute på høring.

Fire krav må oppfylles for at en investering anses som bærekraftig:

1. Bidra substansielt til å nå ett eller flere av seks overordnede miljømål: Redusere global oppvarming, klimatilpasning, bærekraftig bruk og vern av vann- og marine ressurser, overgang til sirkulærøkonomi, forhindre og kontrollere forurensning, vern og gjenopprettelse av biologisk mangfold og økosystemer. Det er kriterier for de to første miljømålene som nå er lagt frem – klimadelen. Kriterier for de øvrige kommer i slutten av 2021.
2. Ikke være til skade for noen av de seks miljømålene.
3. Oppfylle sosiale minimumskrav (arbeids- og menneskerettigheter).
4. Oppfylle tekniske kriterier som spesifiserer hvorvidt en økonomisk aktivitet bidrar i henhold til krav 1 og 2 på listen.

#### **8.7.4. Hvem gjelder taksonomien for?**

I utgangspunktet vil EUs Taksonomi bare omfatte finansforetak, børsnoterte foretak og foretak med over 500 ansatte, men regelverket vil også få betydning for aktører i bygg- og eiendomssektoren. Siden finansforetakene vil bli underlagt denne taksonomien og krav om rapportering i tråd med denne, vil dette naturlig nok også få innvirkning på finansinstitusjonenes kunder. Innsikt i hvordan eiendomsnæringen påvirkes av taksonomien vil derfor være av stor betydning for å allerede nå kunne tilpasse virksomhetene til de nye kravene

#### **8.7.5. Hvordan påvirker reglene banker og andre finansinstitusjoner?**

Finansbransjen skal opplyse om i hvilken grad EUs klassifiseringssystem er brukt for å vurdere bærekraft i de underliggende investeringer, hvilke av de seks miljømålene investeringene bidrar til, og andelen av fondet eller porteføljen som anses å oppfylle kravene i klassifiseringssystemet. Det vil komme «grønnerking» av finansprodukter basert på systemet. Det som er klart er at investeringer som ikke bidrar til å kutte utslipp eller tilpasse samfunnet til klimaendringer, og dermed heller ikke kan kalles bærekraftige, kan bli dyrere å få finansiering til.

#### **8.7.6. Hvordan vil taksonomien påvirke bygge- og eiendomsbransjen?**

Bygninger står for ca. 40 % av energikonsumet og ca. 36 % av karbonutslippene i EUs medlemsland. Derfor er et av taksonomiens sentrale mål å stimulere bygg- og eiendomsmarkedet slik at investeringene vris mot mer energieffektive bygninger. Taksonomien vil dermed også få konsekvenser for bygg- og eiendomssektoren.

For det første vil bygge- og eiendomsselskaper få en direkte økonomisk fordel ved overholdelse av taksonomiens krav fordi selskapet med dette vil bli et mer attraktivt investeringsobjekt og dermed tiltrekke seg mer kapital til sine prosjekter. I tillegg til å være attraktive som investeringsobjekter, vil samsvar med taksonomien kunne gi bedre betingelser og lavere kapitalkrav.

For det andre vil bygge- og eiendomssektoren påvirkes gjennom krav til rapportering som følger både av taksonomien selv og av annet regelverk. Selskap som er børsnoterte eller over en viss størrelse omfattes av taksonomiens rapporteringsplikter, og vil måtte rapportere på hvor stor andel av omsetning og investeringer som er i samsvar med taksonomien. I tillegg pålegges finansmarkedsaktører og finansrådgivere (omfattet av offentliggjøringsforordningen) en rekke nye og svært omfattende rapporteringsplikter. Disse pålegges å gi informasjon på sine nettsider, ved avtaleinngåelse med kunder og i periodiske rapporter blant annet om hvordan bærekraft integreres i investeringsbeslutninger, rådgiving og lønnspolitikk. I tillegg til at rapporteringsplikten sikrer transparens i markedet, vil pliktene gi et incentiv for foretakene til å finansiere grønne bygningsprosjekter. Bygg- og eiendomssektoren vil dermed bli møtt fra foretakenes side med krav til overholdelse av taksonomien for å få finansiering, slik at finansforetakene igjen oppfyller sine plikter. Videre er det ikke utenkelig at finansforetakene på sikt vil oppstille oppfyllelse av taksonomien som et absolutt krav for finansiering.

For det tredje vil taksonomien spille en rolle for bygg- og eiendomsselskaperens markedsføring. Det som før har blitt markedsført som "grønt", vil ikke nødvendigvis lenger være det. Foreløpig er det nok ingen forutsetning at taksonomien overholdes for å kunne markedsføre aktiviteten som "grønn". Det må likevel antas at taksonomiens sterke inntreden innebærer at man med tiden må være mer forsiktig med å markedsføre selskaper, prosjekter og investeringer som "grønne" uten at det samtidig vises til samsvar med taksonomien.

### 8.7.7. Hvordan vil taksonomien påvirke Nyhavna som nullutslippsområde?

EU-kommisjonen har opprettet en teknisk ekspertgruppe (tidligere TEG, nå the Platform on sustainable finance) som har definert hva som er bærekraftig innenfor de ulike realøkonomiske sektorene. For bygninger knytter kriteriene seg til fire aktiviteter: oppføring av nye bygninger, anskaffelse av eiendom, rehabilitering av eksisterende bygninger og miljøtiltak i eksisterende bygninger.

Kriteriene som ble vedtatt 21. april 2021 for disse aktivitetene er kompliserte og lite tilgjengelige. Generelt kan det likevel slås fast at det oppstilles en rekke krav til blant annet hvilke naturområder som kan bebygges, jordgrunnen, materialene som benyttes, gjenbruk eller gjenvinning av bygningsavfallet, og hvilke installasjoner som må innbefattes.

For den første aktiviteten – oppføring av nybygg – er hovedkravet at nybygget har et energibehov som er lavere enn 10 % av Nearly Zero Energy Building (NZEB). NZEB er foreløpig ikke definert i Norge, men vil knytte seg til energieffektivitet og produksjon av fornybar energi. Dette kravet oppfylles ved direkte reduksjon av primærenergibehovet eller ved utliknende tiltak gjennom produksjon av fornybar energi, eller en kombinasjon av disse strategiene. Primærenergibehovet baseres på den internasjonale energimerkeordningen EPC.

For den andre aktiviteten – anskaffelse av bygninger – skilles det mellom bygninger bygget før og etter årsskiftet 20/21. For bygninger bygget etter årsskiftet vil det gjelde tilsvarende krav som for nybygg.

For anskaffelse av bygninger bygget før årsskiftet 20/21 oppfylder bygget taksonomien dersom det har energisertifikat klasse A (EPC A). Alternativt oppfylles taksonomien dersom det kan bevises at bygningen er innenfor de 15 prosent mest energieffektive i landet. Sistnevnte er i henhold til det som er beste praksis i finansmarkedet i dag.

For å oppfylle taksonomiens krav ved rehabilitering av eksisterende bygninger, må rehabiliteringen enten oppfylle kravene til "større renoveringsarbeider" slik begrepet er definert i direktiv om bygningers energiytelse (2010/31/EU), eller resultere i en reduksjon av primærenergibehovet på minst 30 prosent.

Hva gjelder den siste aktiviteten – miljøtiltak i eksisterende bygninger – er det oppstilt en rekke mer spesifikke kriterier avhengig av hvilke typer tiltak det er snakk om å gjennomføre.

I hvilken grad og hvor stor grad et nullutslippsområde vil tilfredsstille kriteriene til å anses som en bærekraftig investering, er for tidlig å si og må gjøres ut fra en konkret vurdering av kriteriesettet til taksonomien. Men gitt dagens ordning med grønn finansiering slik vi kjenner den fra Kommunalbanken og KLP, vil det på en eller annen måte mest sannsynlig gi tilgang til bedre finansielle betingelser; både for det nyetablerte eiendomsselskapet og andre eiendomsutviklere.

Hvor stor den finansielle rabatten på slike lån vil være frem i tid, vet vi heller ikke.

Vi har i tidligere avsnitt beskrevet dagens ordning med grønn finansiering gjennom kommunalbanken. Det er viktig å presisere at private utbyggere nok ikke vil kunne få finansiering fra kommunalbanken. Men utviklingen går i retning av at andre banker slik som DnB, Nordea, Handelsbanken, Sparebank 1 m.fl. nå også jobber mer målrettet med både å kunne tilby grønn finansiering, men også med å sette opp finansieringsmodeller som er direkte linket mot virksomhetens arbeid med bærekraftsmålene. I praksis innebærer dette at hvis visse bærekraftsmål

og -indikatorer oppfylles, så vil dette bety en rabatt på finansieringen fra banken, eks. billigere rentekostnad på et lån.

#### **8.7.8. Er kriteriene hugget i stein når de først er vedtatt?**

Generelt gjelder at taksonomikriteriene er et «levende dokument» som vil bli oppdatert fortløpende i tråd med utvikling i forskningsresultater og teknologi.

EU-kommisjonen er pålagt å vurdere kriteriene minst hvert tredje år (for overgangsaktiviteter) eller hvert femte år (øvrigt). En egen ekspertgruppe («plattform» for bærekraftig finans) vil gi kommisjonen råd om utvikling og oppdatering av kriteriene. Kriteriene dekker ikke alle økonomiske aktiviteter, og flere aktiviteter kan bli lagt til allerede før slutten av 2021. For Nyhavna som et prosjekt som vil pågå fra nå og 20 år frem i tid, så er forventningen at det vil skje store endringer hos finansinstitusjonene rundt hvilke finansielle modeller og tilhørende fordeler som vil kunne tilbys en boligutvikler.

#### **8.8. Kommunens mulighet til å kreve nullutslippløsninger**

Trondheim kommune kan følge to spor for å utvikle Nyhavna til en bydel med tilnærmet nullutslipp. Det ene er gjennom eierstyring av Nyhavna Utvikling AS som Trondheim kommune eier sammen med Trondheim havn. Den andre muligheten for kommunen er å styre gjennom plan- og byggesaksbehandling etter plan- og bygningsloven. En kort gjennomgang av disse mulighetene følger.

##### **8.8.1. Eierstyring av Nyhavna Utvikling**

Nyhavna Utvikling AS har denne formuleringen i sine vedtekter:

*“Selskapet skal forvalte og gradvis legge til rette for en gradvis utbygging av Eiendommene. Det skal utarbeides en forretningsplan for Selskapet som regulerer en bærekraftig utvikling av området med langsiktige verdier for byen, havnen og selskapet. Forretningsplanen skal balansere TH sitt behov for tilstrekkelige midler til forsvarlig havnedrift med behovet for å finansiere Selskapets arbeid med å realisere bydelen.*

*Selskapets virksomhet skal fullt ut baseres på forretningsmessige prinsipper, med særlig fokus på lønnsomhet på kort og lang sikt og bærekraftig byutvikling gjennom at kvalitet, klimavennlige løsninger og helhet sikres bedre enn slik det er pålagt gjennom plan- og bygningsloven.”*

Anbefalingene som så langt er gitt i dette kapitlet, kan sees som innspill til Nyhavna Utvikling AS sin forretningsplan.

##### **8.8.2. Plan- og bygningsloven**

Plan og bygningslovens formål fremgår av § 1-1. De viktigste i denne sammenhengen er

- å fremme bærekraftig utvikling til beste for den enkelte, samfunnet og framtidige generasjoner.
- bidra til å samordne offentlige oppgaver og
- sikre medvirkning fra alle relevante parter
- bidra til at det legges vekt på langsiktige løsninger og at virkninger for miljø og samfunn beskrives

Plan og bygningsloven blir ofte kalt en “ja-lov” Noe som innebærer at den som søker om en godkjenning skal få tillatelse dersom det vedkommende søker om ikke er forbudt. Dette gjelder i

hovedsak bygningsdelen av plan- og bygningsloven, men det medfører at arealplaner ikke kan sette strengere juridisk bindende krav enn det som er fastsatt i loven eller i teknisk forskrift.

### **Krav til klimagassregnskap, energianalyser og utslipp**

Kommunen kan stille juridisk bindende krav i arealplaner til forhold som ikke allerede er regulert i lov eller forskrift, dersom det er hjemmel til det. Et eksempel på dette er at kommunen sannsynligvis kan stille krav om klimagassregnskap i kommuneplanens arealdel og kommunedelplaner ( §11-9 nr. 8) og i reguleringsplaner (12-7 nr. 12). Kommunen kan derimot ikke stille krav til hvor store utslipp som maksimalt kan genereres av tiltaket. §12-7 nr. 3 gir kommunen rett til å gi grenseverdier for tillatt forurensning og andre krav til miljøkvalitet i planområdet, men denne retten er begrenset av at kommunen har hjemmel til å stille slike krav etter annet lovverk for eksempel forurensningsloven. Kommunen har ikke denne myndigheten i dag, hverken etter forurensningsloven eller klimaloven.

Det er sannsynligvis også mulig å stille krav om energianalyse på samme måte som klimagassregnskap, uten å følge opp dette med juridisk bindende krav til energiløsninger eller energibruk.

**Konklusjon:** kommunen kan sannsynligvis stille krav til at det utarbeides klimagassregnskap, men ikke sette grenseverdier for utslipp med dagens regelverk. Det er en fare for at et krav om klimagassregnskap pynter på planforslaget uten at regnskapet blir bindende for videre utvikling.

### **Hensynssoner for nullutslipp eller energi**

Det kunne tenkes at Nyhavna kunne bli en hensynssone for nullutslipp eller en hensynssone for helhetlig energisystem etter §11-8 b) *Sone med særlige krav til infrastruktur med angivelse av type infrastruktur*. For energi kan det bare bestemmes at det skal tilrettelegges for at ny bebyggelse kan forsynes med vannbåren varme. Det kan likevel tenkes at virkemiddelet hensynssone med retningslinjer bør prøves ut som virkemiddel for å nå målet om nullutslippsbydel. Når det er knyttet retningslinjer til en hensynssone, vil den ikke binde opp avgjørelser av enkeltsaker etter dette eller annet lovverk rettslig. Det vil imidlertid gi et bedre og mer helhetlig grunnlag for den avveining som vedkommende myndighet skal foreta innenfor rammen av den lov som gir hjemmel for beslutningen (Ot.prop 32 ( 2007-8))

### **Krav til tilknytning til fjernvarme**

§ 11.8 b) gir anledning til å markere en hensynssone i kommuneplanens arealdel som skal forsynes med vannbåren varme. Sonen kan ha bestemmelser som gir krav til tilrettelegging for vannbåren varme og rekkefølgekrav som sikrer at energiinfrastrukturen er klar før byggene tas i bruk ( § 11-9. 3 og 4). Tilsvarende muligheter for å stille krav i reguleringsplaner finnes i § 12-7.8 og 12-7.10. § 27-5 gir tilknytningsplikt for bygg innenfor konsesjonsområde for fjernvarme i byggesaken.

### **Krav til teknisk infrastruktur**

§11.9 nr 3 gir anledning til å stille krav til teknisk infrastruktur, men også her gir merknadene begrensninger for krav til energiløsninger:

Det kan imidlertid ikke gis bestemmelser som pålegger opparbeiding eller som bestemmer energiform og energibærer. Tilknytningsplikt følger av § 27-5. Med tilrettelegging for forsyning av vannbåren varme siktes det til at kommunene i sin planlegging av nye byggeområder vurderer om vannbåren varmesforsyning er hensiktsmessig, og setter av areal til rørtraseer og varmesentraler mv.



### **Krav til energibruk i bygg**

Byggteknisk forskrift 2017 §14-2 setter krav til energieffektivitet, ut over dette er det ikke hjemmel til å stille krav om for eksempel passivhus, plusshus eller til sertifiseringsordninger som dokumenterer mindre energibehov.

### **Krav om solceller**

Rapporten [ZEN og lovverket](#) refererer til §14-5 i byggteknisk forskrift som omhandler Unntak og krav til særskilte tiltak for energi. Det må utredes nærmere om denne kan brukes til å stille krav om installasjon av solceller.

ZEN har i en egen rapport (ZEN og lovverket - ZEN-memo nr. 26) håndtert dette der de har beskrevet gjennomførbare av ZEN-kriteriene opp mot dagens regelverk.

## 9. Teknologienes/løsningenes nyhetsverdi

Resultatet fra utredningsprosjektet vil ha stor nytteverdi for Trondheim kommune, Nyhavna Utvikling og andre offentlige instanser som jobber med store områdeutviklingsprosjekter i tidligfase. I tillegg vil prosjektet ha stor nyhetsverdi for rådgivermiljø, med kompetanseoverføring til lignede prosjekter eller deltagelse i videre utvikling av Nyhavna. For konsesjonshavere (fjernvarme og elnett) vil konseptutredningen gi viktig informasjon om behovene og utfordringene i nettene fremover. Store samfunnsmessige investeringer kan unngås om man klarer å dekke opp energibehovene lokalt.

### 9.1. Nyhetsverdi

Den helhelhetlige utredningen og dokumenterte resultater vurderes å ha stor nyhetsverdi. Det foreligger få utredninger av helhetlige løsninger for energi, effekt og klima i en så tidlig fase og for et så stort område. Nyhetsverdien vil være stor innenfor flere deler av bransjen, i kommunen og Nyhavna Utvikling spesielt, og også andre offentlige og private utbyggere. Nedenfor følger en kort beskrivelse av de tema som vurderes å ha størst nyhetsverdi:

- Helhetlige tilnærming til energi-, effekt- og klimaløsninger basert på ZENs metodikk og kriterier for et nullutslippsområde
- Klimagassregnskap på områdenivå i en tidligfase som viser resultater for alternative løsninger, og som kan brukes for å styre områdeutviklingen i en ønsket retning
- En kommunes mulighet til å kreve nullutslippsløsninger
- Grønne lån
- Nye forretningsmuligheter og samarbeidskonstellasjoner innenfor et nullutslippsområde
- EUs taxonomi og dens betydning for områdeutvikling
- Oversikt over lover og regler som kommunale og private utbyggere må forholde seg til
- Premisser og krav for videre reguleringsarbeid og tilrettelegging for samarbeid med nye aktører i en tidligfase

Resultatet fra utredningen vil ha stor interesse for alle typer kommuner, men spesielt bykommuner som de nærmeste årene vil ha lignende prosjekter under utvikling. Det vil være mange tilsvarende områder, både i privat og offentlig regi. Nyhetsverdien og markedspotensialet vurderes derfor å være stort.

## 10. Informasjonsspredning

Både konseptutredningen og hovedprosjektet vil bidra til økt kunnskap og kompetanse i bygg- og eiendomsbransjen. Kunnskap og fra utredningen er allerede presentert i ulike sammenheng, og resultatene som nå foreligger i denne rapporten vil ha stor interesse i flere fagmiljø. Involverte aktører i utredningsprosjektet vil i tiden fremover spre kunnskap på ulike måter arrangementer og i ulike medier. Det er også utarbeidet en egen synteserapport nettopp med tanke på å kunne spre kunnskap og resultater fra utredningsoppdraget ut til flere. Synteserapporten vil være den rapport som publiseres av kommune og deltagende aktører i utredningen, samt Enova.

Aktør	Hvordan	Når
Trondheim kommune/Nyhavna Utvikling	<p>Internt i kommunen, innenfor ulike etater/avdelinger</p> <p>Presentasjoner til politikerne / bystyret</p> <p>Presentasjoner på ulike konferanser</p> <p>Kommunens Sentralforbund – ulike fora, artikler i tidsskrifter</p> <p>Gjennom +CxC</p> <p>Flere møter med Tensio, Trønderenergi og Statkraft Varme</p> <p>Masterstudenter</p> <p>Kommunen har hatt sommerjobbstudent (Inger Adele H. Helseth) som har jobbet med problematikk rundt LCA-vurderinger av sesongvarmelager.</p>	Fortløpende
Trondheim Havn	<p>Nettverk/Kystverket</p> <p>Presentasjoner på ulike konferanser</p> <p>Kunnskapsgenerering gjennom konseptutredningen av et nytt energisystem på Brattøra</p>	Fortløpende
Asplan Viak	<p>Prosjektet presenteres internt - over 1000 ansatte fordelt på 31 avdelingskontor</p> <p>Nyhets sak på websiden med link til synteserapport</p> <p>Presentasjoner på ulike konferanser</p>	Fortløpende
Fornybarklyngen	Partnerskapssamlinger	Fortløpende
AtB	<p>Internt i AtB</p> <p>Presentere mobilitetsløsninger ut i aktuelle samlinger/konferanse</p>	Fortløpende
NTNU	<p>Kommunen har ambisjon om å tilgjengeliggjøre prosjektet for studenter på NTNU.</p> <p>Sommerjobbstudenten som nevnt over jobber videre i prosjekt- og masteroppgave.</p>	Våren 2021/2022
FME ZEN	Flere av problemstillingene som har kommet frem i konseptutredningen er satt opp som aktiviteter i FME ZEN for de neste to årene.	2022-2023

## 11. Risiko og risikodempende tiltak

Det foreligger liten eller ingen risiko i en utredningsfase. Utredningen kan derimot ses på som et risikoreduserende tiltak, der man i en tidligfase jobber tverrfaglig med helhetlige løsninger på områdenivå.

Trondheim kommune har i løpet av utredningsfasen gjennomført testboringer og termiske responstester på Nyhavna. Dette var nødvendig for å avklare om etablering av et sesongvarmelager var mulig. Denne type øvelse i en tidligfase kan vurderes som et risikodempende tiltak. I den videre utviklingen av Nyhavna og videreføring av utredet løsninger for sesongvarmelager anbefales følgende:

- Gjøre videre forundersøkelser for å få en bedre oversikt over områdets kapasitet for sesonglagring av varme med høyere temperaturnivåer og etablere et pilotanlegg.
- Gjøre mer nøyaktige beregninger for endelig design av sesongvarmelageret med antall brønner, avstander, temperaturnivåer, plassering og lønnsomhetsvurderinger før investeringsbeslutning.
- Kartlegge grunnforholdene mer nøyaktig, inkludert sikker påvisning av dybde til fjell og eventuelle sensitive løsmasser. Det må settes av dedikerte midler til dette slik at kommunens egen geoteknikkavdeling kan gjøre disse undersøkelsene selv. Resultatene fra de geotekniske undersøkelsene vil bidra til å avklare om det er mulig å etablere bygg over energibrønnene i sesongvarmelageret.
- Finne ut og dokumentere hvordan energiforsyningen på Nyhavna best mulig kan integreres i energisystemet for en mest mulig helhetlig løsning for byen der fokus er reduserte klimagassutslipp, fleksibilitet / samspill mellom varme og elektrisitet, og forsyningssikkerhet.
- Utvikle en forretningsmodell som ivaretar eierskap og profesjonalsert etablering og drift.

I det videre arbeidet med utviklingen av Nyhavna til et tilnærmet nullutslippsområde vil risikovurderinger være avgjørende for å lykkes. Det må innenfor flere områder tas valg og besluttes løsninger i en veldig tidlig fase. Tverrfaglige risikovurderinger er avgjørende for at de helhetlige løsninger skal lykkes og kunne implementeres i årene fremover. Det kan være en risiko at man venter for lenge med å ta de riktige valgene, og at man av den grunn kommer for sent inn i prosessene. Det er derfor en anbefaling at man etablerer en plan for hvordan det skal jobbes videre med de resultater som fremkommer i denne utredningen, med tidsangivelse på når de ulike beslutninger må tas og hvilke avhengigheter og rekkefølge som må hensyntas samt hvordan og når risikovurderinger skal utføres.

## 12. Prosjektøkonomi

Det henvises til eget vedlegg for prosjektøkonomien i utredningsprosjektet.