

Energikonsept for «Nye Setermoen leir»

Underlag for beslutning for overordnet
energikonsept

OPPDRA GSGIVER: Forsvarsbygg
OPPDRA GSN AVN: Setermoen leir | Energikonsept og klimagass
DATO / REVISJON: 22. November 2024 / 00
DOKUMENTKODE: 10257673-01-TVF-RAP-001





Rapport

OPPDRAG	Setermoen Leir Energikonsept og klimagass	DOKUMENTKODE	10257673-01-TVF-RAP-001
EMNE	Energikonsept for Nye Setermoen leir	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Forsvarsbygg	OPPDRAGSLEDER	Carl Godager Kaas
KONTAKTPERSON	Hege Leiknes	UTARBEIDET AV	Carl Godager Kaas, Håkon Person, Cecilie Fleming, Leif Sverre Boland
KOORDINATER	Sone: / Øst: / Nord:	ANSVARLIG ENHET	10106050 Inneklima, dagslys og energi
GNR./BNR./SNR.	/ / /		

Sammendrag

Denne rapporten dokumenterer vurderinger, resultater og anbefalinger som grunnlag for beslutning av overordnet energikonsept for Setermoen leir. Den bidrar også til å legge grunnlag og føringer for arbeid med helhetlige energikonsepter for andre av Forsvarsbygg sine militære anlegg.

Første del av rapporten er et kondensert sammendrag på 10 sider.

Videre følger hovedrapporten med utfyllende bakgrunn, vurderinger, analyser og resultater.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
00	22.11.24	Sluttrapport	CGK, LSB, HP	CGK, HP	CGK



SAMMENDRAG

Introduksjon

Bakgrunn og gjennomføring

Setermoen leir skal fremover øke aktiviteten og utvides med ca. 75 000 m² økt bygningsmasse. Tradisjonelt har fokuset for Forsvarsbygg vært på energikonsept for det enkelte bygg, men denne utviklingen er av et omfang som gjør at det er ønskelig å tenke helhetlig energikonsept på områdenivå. Denne energikonseptstudien svarer ut dette i reguleringsfase.

Parallelt med Setermoen videreutvikles mange andre leire, flere av dem også med et planlagt stort omfang av økt bygningsmasse. Det er derfor ønskelig at funn og anbefalinger fra denne energikonseptstudien kan bidra til å legge grunnlag og føringer for arbeid med helhetlige energikonsepter også på andre leire. Utredningen har en rolle i å definere fremtidsrettede tilnærminger for energikonsepter i tråd med Forsvarsbygg sin strategi og mål for energi og bærekraft.

Multiconsult har gjennomført utredningen på oppdrag fra Forsvarsbygg etter organisering som vist i figur. Utredningen er gjennomført i tett samspill med Forsvarsbygg, gjennom flere workshops, statusmøter og løpende dialog underveis.

UTREDNINGEN SVARER UT FØLGENDE

1

Hva er **anbefalt energikonsept** sett i lys av forsvarsektorens sine bærekraftsmål og omforente vurderingskriterier for utredningen?

2

Hvilke **nøkkelfullførte** oppnås for anbefalt konsept sammenlignet med referansekonsept, sett i lys av forsvarsektorens sine bærekraftsmål og omforente vurderingskriterier for utredningen?

3

Hva skal til på **veien videre for å realisere energikonseptet**, både for Setermoen og som ramme for andre militære anlegg?

DELMÅL SOM ER RELEVANTE FOR UTREDNINGEN

Følgende delmål hentet fra Forsvarsektorens klima- og miljøstrategi er trukket fram som særlig relevante for utredningen (innsatsområde i parentes):

Kutte bruken av innkjøpt energi med 15 prosent i løpet av 2025

Bruke egenprodusert energi i nybygg og rehabiliteringsprosjekter

Utforske ny teknologi for produksjon og lagring av energi

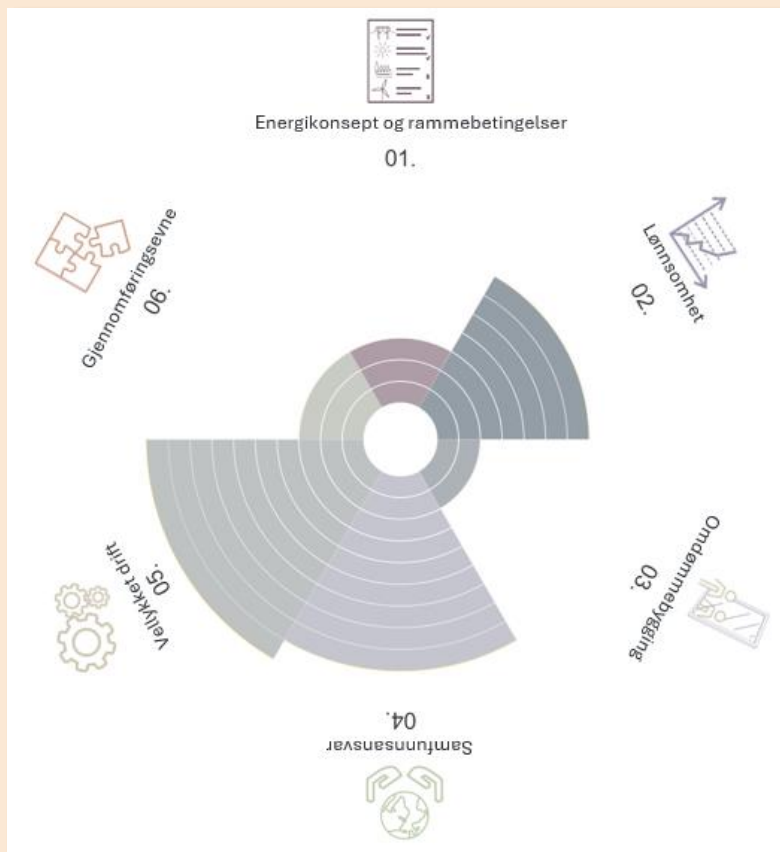
Vurdere klima og miljø på lik linje med tid, kostnader og ytelse i anskaffelser

Beskytte og ta vare på myr og andre økosystemer for å sikre naturmangfold



Mål og fokusområder

Det ble i workshop med Forsvarsbygg 21.-22. august utarbeidet en energiplanleggingsrose for prosjektet, se figur under. Denne viser hvordan seks ulike hovedtemaer for energiplanlegging vektlegges i utarbeidelse av energikonseptet. Resultatet viser at Vellykket drift (10/10) og Samfunnsansvar (9/10) vurderes som de viktigste temaene, samt at Lønnsomhet (7/10) også er sentralt. Denne rosen er utarbeidet spesifikt for Setermoen, men vil kunne ha overføringsverdi til energiplanlegging også for andre leire.



Vurderingskriterier

Under de ulike temaene ble sentrale fokusområder trukket fram og slått sammen til fire prioriterte fokusområder som energikonseptene skal vurderes opp mot, «vurderingskriterier». Tabellen under viser disse vurderingskriteriene, inkludert en kort beskrivelse og begrunnelse for hvorfor disse er valgt ut. I tillegg har det blitt definert to grunnleggende premisser; (1) Energikonseptet skal ikke beslaglegge jomfruelig areal og (2) det skal inneholde løsninger som er standardisert og overførbare både internt på Setermoen (byggkonsepter) og til andre leire.

Vurderingskriterier	Beskrivelse og hvorfor det er valgt ut
LCC (Levetidskostnad)	Forsvarsbygg skal investere, drifte og avhende byggene. Derfor er fokus på lave kostnader over levetiden til byggene et naturlig fokus. Inkluderer investeringskostnader, driftskostnader og utskiftingskostnader over levetiden.
Forsyningsikkerhet	Forsvarets hovedformål er å sikre forsvarsevne. For et energikonsept er derfor lav sårbarhet, høy forsyningsikkerhet og redundante løsninger helt sentralt for å underbygge dette. Grad av selvforsyning av energi er også et element i dette bildet. Denne studien inkluderer en forenklet vurdering av sårbarhet for de ulike energikonseptene.
Minimere klimagassutslipp og energibruk	Lave klimagassutslipp, unngå negativ påvirkning på biologisk mangfold og å redusere energibruken står sentralt i bærekraftstrategien og samfunnsansvaret til Forsvaret. Energikonseptet må understøtte dette.
Enkel, robust og effektiv drift	Energikonseptet må kunne driftes effektivt og godt for å sikre lave energikostnader, velfungerende bygg i drift og redusere sårbarheten til byggene. Løsninger som ikke krever høy grad av spesialkompetanse eller -utstyr, samt at energisystemet er enkelt og robust i drift, er derfor viktig.

Grunnkonsept enkeltbygg

Alle nye og transformerte bygg skal følge noen grunnleggende prinsipper for å oppnå energifleksible bygg med lav energibruk i drift

HOVEDPRINSIPPER FOR GRUNNKONSEPT ENKELTBYGG:

Energiriktig utforming

(Godt klimaskall med lave U-verdier og god tetthet)

Energifleksibelt

(Lavtemperatur termiske systemer som gjør bygget tilrettelagt for utnyttelse av ulike former lokal energi)

Effektstyring

(Akkumulering og styring som gir lavt effektbehov og –fleksibilitet)

Energimåling og fjerndrift

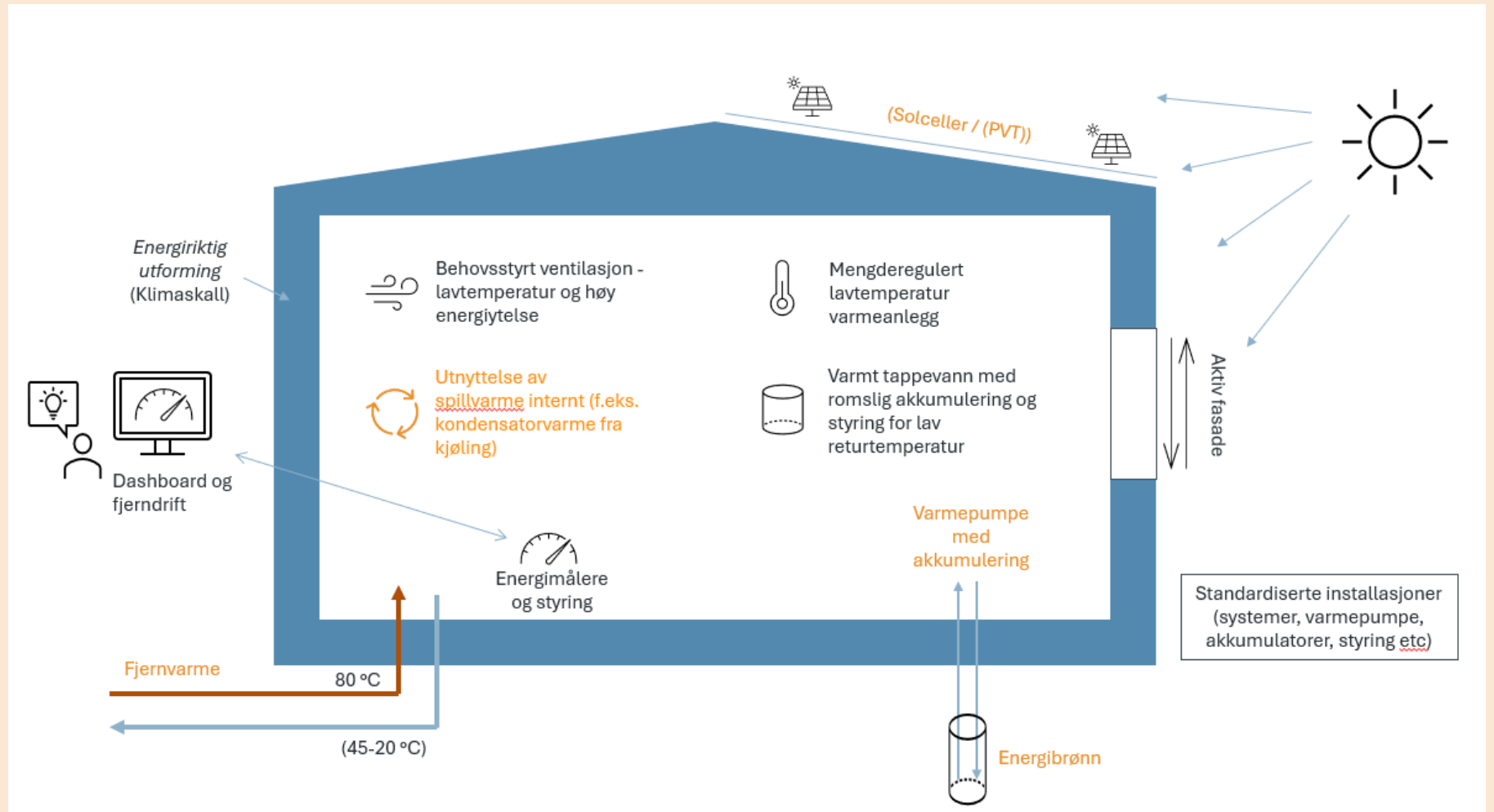
(Tilrettelagt for styring i sanntid)

Samspill med fjernvarme

(Lav returtemp. bidrar til et mer effektivt fjernvarmesystem)

Standardiserte installasjoner

(Tydelige krav til systemer og installasjoner med fokus på enkel og robust drift)



Alt som skal inn i byggene er beste praksis i bransjen over flere år. Teknologi og utstyr er kjent og tilgjengelig, gir godt dokumenterte resultater i drift over tid. En mer detaljert beskrivelse av design og samspill vil bli synliggjort i oppdatert kravspesifikasjon.

Svart er obligatoriske elementer i alle nye og transformerte bygg

Oransje er utgangspunkt for alle konsepter, men skal vurderes for hvert konkret tilfelle



Levert energi og klimagassutslipp – Hele Nye Setermoen leir

Resultater inkluderer både nye og eksisterende bygg for ferdig utbygd leir, samt laster utenfor bygg (elbiler etc)

Basert på estimert energibehov (kap. 3) og beskrevet energiforsyning (kap. 4) har levert energi for hele Setermoen leir samlet blitt beregnet for de ulike energikonseptene. Klimagassutslipp til energibruk i drift er beregnet basert på standard utslippsfaktorer. Indirekte utslipp knyttet til materialer/ komponenter er ikke medtatt da dette erfaringsmessig utgjør en begrenset del av totale utslipp over levetiden. Det bør like fullt være fokus på komponenter med lave bundne utslipp i anskaffelser, da forskjellene kan være store fra produsent til produsent (eksempelvis for solcellepaneler).

Tabellen viser at fjernvarme til eksisterende bygg og levert elektrisitet til bygg forsyner hovedandelen av energibruken og er de største kildene til klimagassutslipp for alle konseptene. **De store forskjellene finner vi på termisk energi for nye bygg** (lokale varmepumper forsyner 90 % av termisk energi for nybygg) **og solkraftproduksjon**. Konsept 2 og 3 oppnår lavest beregnet levert energi, med ca. 15 GWh (ca. 26 %) reduksjon sammenliknet med referansekonspektet. Disse konseptene har også lavest klimagassutslipp for energibruk i drift.

Konsept	Produsert energi, fjernvarme (fra energisentral), eksisterende bygg	Produsert energi, fjernvarme (fra energisentral), nye bygg	Levert energi, el til varmepumpe	Levert energi, el bygg (utenom VP og elbiler)	Levert energi elbiler	Produsert energi solceller	Levert energi - termisk og elektrisk samlet	Levert energi per m2 bygg	Klimagass-utslipp energibruk i drift - EU28+NO miks elektrisitet	Klimagass-utslipp energibruk i drift – norsk miks elektrisitet (følsomhets-analyse)
	[GWh_term/år]	[GWh_term/år]	[GWh_el/år]	[GWh_el/år]	[GWh_el/år]	[GWh_el/år]	[GWh/år]	[kWh/m ² ,år]	[tonn CO ² -ekv]	[tonn CO ² -ekv]
Referansekonspekt	22,6	12,7	0,0	21,5	1,5	0,0	58,3	280	3 400	1 400
Konsept 1	22,6	1,1	2,6	21,4	1,5	0,0	49,1	236	3 200	1 000
Konsept 2	22,6	1,1	2,6	21,4	1,5	-5,7	43,4	209	2 700	970
Konsept 3	22,6	1,1	2,6	21,4	1,5	-5,7	43,4	209	2 700	970



Levert energi og klimagassutslipp – Kun nybygg

Resultater inkluderer kun nye bygg for Setermoen for å synliggjøre gevinsten ved *Grunnkonsept enkeltbygg, varmepumper og solceller*

Hvorfor fremheve kun nybygg: Eksisterende bygg står for rundt 2/3 av bygningsmassen i Nye Setermoen leir. Disse byggene får da en stor påvirkning på estimert energibruk for Nye Setermoen leir, og bør vies stor oppmerksomhet mtp. energieffektivisering og energioppfølging for å sikre lav energibruk i praksis. **Men det største handlingsrommet i utredningen ligger i måten man løser nybygg (og transformerte bygg).** Det er her de største grepene i energikonseptene er gjort, med *Grunnkonsept enkeltbygg* som basis samt varmepumpe og solceller for utnyttelse av lokal energi. Det er derfor ønskelig å **synliggjøre hvordan konseptene kommer ut sammenliknet med hverandre når vi kun ser på nybygg.**

Resultat: Tabellen viser at isolert for nybygg så er reduksjonen både i beregnet levert energi og klimagassutslipp betydelig større enn hvis man ser på hele Nye Setermoen leir. **Beregnet levert energi reduseres fra ca. 19 GWh i referansekonseptet til ca. 6,5 GWh i Konsept 2 og 3 (65 % reduksjon).** Levert energi per m² bygg reduseres fra ca. 240 kWh/m² til drøyt 80 kWh/m².

Resultatene viser også at **potensialet for reduksjon i energibruk ved oppgradering av eksisterende bygg til grunnkonsept nybygg er betydelig**, og bør tilstrebes når det er gjennomførbart i et kost/nytte-perspektiv.

Konsept	Produsert energi, fjernvarme (fra energisentral), nye bygg	Levert energi, el til varmepumpe	Levert energi, el bygg (utenom VP og elbiler)	Produsert energi solceller, nye bygg*	Levert energi - termisk og elektrisk samlet	Levert energi per m ² bygg	Klimagassutslipp energibruk i drift - EU28+NO miks elektrisitet	Klimagassutslipp energibruk i drift - norsk miks elektrisitet (følsomhetsanalyse)
	[GWh_term/år]	[GWh_el/år]	[GWh_el/år]	[GWh_el/år]	[GWh/år]	[kWh/m ² ,år]	[tonn CO ² -ekv]	[tonn CO ² -ekv]
Referansekonsept	12,7	0,0	6,4		19,1	242	1 053	501
Konsept 1	1,1	2,6	6,3		9,9	126	843	83
Konsept 2	1,1	2,6	6,3	-3,4	6,5	83	535	66
Konsept 3	1,1	2,6	6,3	-3,4	6,5	83	535	66

* Det er forutsatt at 50 % av takarealene på nye bygg dekkes med solceller, dvs. i tråd med det som er lagt til grunn for teknisk potensial og det faktum at det er rasjonelt å utnytte tak på nye bygg maksimalt før det legges solceller på eksisterende bygg i stort omfang.

Oppsummerende resultattabell

Vurderingskriterier	Vektingsfaktor	Referansekonsept		Konsept 1 Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper		Konsept 2 Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper + solceller		Konsept 3 Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper + solceller og batteri	
		Score	Vektet score	Score	Vektet score	Score	Vektet score	Score	Vektet score
LCC (Levetidskostnad)	20 %	6	1,2	8	1,6	9	1,8	8	1,6
Forsyningssikkerhet	40 %	5	2,0	6	2,4	6	2,4	7	2,8
Klimagassutslipp og energibruk	15 %	5	0,8	6	0,9	7	1,1	7	1,05
Enkel, robust og effektiv drift	25 %	8	2,0	7	1,8	7	1,8	6	1,5
Totalscore (vektet)		6,0		6,7		7,0		7,0	

Av tabellen ser vi at konsept 1-3 totalt sett kommer nokså likt ut på den vektete vurderingen. Referansekonseptet kommer markant dårligere ut, på grunn av svakere score enn de andre konseptene på alle vurderingskriteriene unntatt *enkel, robust og effektiv drift*. Hovedårsaken til dette er grunnkonsept nybygnnivå som sikrer noe til betydelig bedre score for både *LCC, forsyningssikkerhet og klimagassutslipp og energibruk*. Dette er det mest sentrale grepet i hele konseptet*.

Det er noen nyansforskjeller mellom vektet score for konsept 1-3. Inkludering av solceller i Konsept 2 gjør seg utslag i bedre score både for *LCC og klimagassutslipp og energibruk*, og gir noe høyere samlet score enn for Konsept 1.

Forsyningssikkerhet vektet tungt, dermed kommer Konsept 2 og Konsept 3 likt ut i helhetlig score, selv om Konsept 3 er forbundet med lavere LCC og noe mer komplisert drift.

*Forskjellen mellom referansekonseptet og konsept 1-3 hadde blitt markant større dersom vi kun hadde sett på nybyggene. Men ettersom nær 2/3 av bygningsmassen i ferdig utbygd leir vil være bygg som eksisterer i dag, og det ikke er lagt til grunn noen forskjell mellom konseptene for de byggene, blir den relative forskjellene mindre.

Resultat hovedspørsmål 1:

Hva er anbefalt energikonsept sett i lys av omforente vurderingskriterier og bærekraftsmål?

#1 - For Setermoen leir anbefales det å gå videre med Konsept 2, som gir følgende fordeler:

- Lav forventet levetidskostnad på grunn av lav energibruk i drift og dermed lave driftskostnader
- Lav energibruk og lave klimagassutslipp spesielt for nye og transformerte bygg
- Forsyningsikkerheten er vurdert som bedre enn for referansekonseptet
- Med fokus på valg av kjente, standard og robuste løsninger vil drift bli enkel, robust og effektiv. Økt antall lokale komponenter (eksempelvis varmpumper) gir riktignok noe mer kompleks drift enn for referansekonsept

#2 - Vurder batteri (Konsept 3) i videre fase

Videre anbefales det å utrede videre verdien av sentralt batteri (Konsept 3), gjennom å identifisere utløsende primærverdier som kan forsvare anskaffelsen og setter premisser for dimensjonering/design, eksempelvis forsyningsikkerhet eller mobile ladeløsninger.

#3 - Styrk arbeid med oppgradering av eksisterende bygg

Verdien av å oppgradere eksisterende bygg opp mot nivået til Grunnkonsept Enkeltbygg er vist å være betydelig og nødvendig for å oppnå ambisiøse resultater for hele Nye Setermoen Leir. Det anbefales å styrke fokus på kartlegging av potensialet i energi-effektivisering med mål om å ta ut ytterligere gevinster, og å redusere usikkerhet i informasjonsgrunnlaget for videre prosjektering.

#4 - Basis i energikonseptet anbefales tatt videre også til andre militære anlegg

HOVEDELEMENTER I ANBEFALT KONSEPT:

- Grunnkonsept enkeltbygg innebærer at alle nye og transformerte bygg skal følge definerte, generelle prinsipper som gjør byggene energieffektive og fleksible med tanke på hvordan energien forsynes, med fokus på standardiserte og robuste løsninger.
- Lokale varmpumper installeres for alle nye og transformerte bygg, med 90 % energidekningsgrad. Dette reduserer levert energi til byggene betydelig. Fjernvarme dekker spisslast.
- Solceller legges til grunn på ca. 50 % av tilgjengelige tak for nye bygg, samt på egnede eksisterende bygg og sørvendte fasader
- System og rutiner for EOS, Energiledelse, SD-anlegg og effektstyring som sikrer at gevinstene med Energikonsept 2 og transformering av eksisterende bygg tas ut i driftsfasen.

ANBEFALT KONSEPT ER AMBISIØST

Med høy utnyttelse av lokale energikilder og et energidesign i nye og transformerte bygg som utfordrer dagens praksis for Forsvarsbygg, må anbefalt energikonsept betegnes som ambisiøst og fremtidsrettet. Samtidig legger det opp til kjente, standard og robuste løsninger som gir gode forutsetninger for vellykket drift.

Vurderingskriterier	Vektingsfaktor	Referansekonsept Tradisjonelle løsninger iht. TEK17		Konsept 1 Grunnkonsept «nybyggnivå» inkl. varmpumper		Konsept 2 Grunnkonsept «nybyggnivå» inkl. varmpumper + Solceller		Konsept 3 Grunnkonsept «nybyggnivå» inkl. varmpumper + solceller og batteri	
		Score	Vektet score	Score	Vektet score	Score	Vektet score	Score	Vektet score
LCC (Levetidskostnad)	20 %	6	1,2	8	1,6	9	1,8	8	1,6
Forsyningsikkerhet	40 %	5	2,0	6	2,4	6	2,4	7	2,8
Klimagassutslipp og energibruk	15 %	5	0,8	6	0,9	7	1,1	7	1,05
Enkel, robust og effektiv drift	25 %	8	2,0	7	1,8	7	1,8	6	1,5
Totalscore (vektet)		6,0		6,7		7,0		7,0	

Resultat hovedspørsmål 2:

Hvilke nøkkelresultater oppnås for anbefalt konsept sammenlignet med referansekonsept?



#1 – Kjøpt energi redusert med over 65 % sammenliknet med referanse for nye bygg

(Dersom vi ser på hele Nye Setermoen leir, dvs. inkludert eksisterende bygg som vi gjennom konseptet i liten grad har kunnet påvirke, gir anbefalt konsept ca. 26 % redusert behov for levert energi til termiske og elektriske laster sammenlignet med et referansekonsept)

- ✓ Solkraft på bygg reduserer behovet for kjøpt strøm med ca. 50 % for nybygg og 20-25 % for hele Nye Setermoen Leir (potensialet er enda større).
- ✓ Levert energi for å dekke termisk energibehov reduseres med over 50 % for nybygg og 20-25 % for hele Setermoen Leir, grunnet forutsatt bruk av varmepumper for alle nybygg
- ✓ Klimagassutslipp for energibruk i drift reduseres med 50 – 85 % avhengig av beregningsmetode
- ✓ System og rutiner for EOS, Energiledelse, SD-anlegg og effektstyring sikrer at gevinstene med anbefalt konsept tas ut i driftsfasen. Systematisk energiledelse og energikartlegging basert på gode EOS-systemer og SD-anlegg antas i tillegg å avdekke et betydelig potensiale for lønnsom energieffektivisering som vil bidra til redusert behov for innkjøpt energi.
- ✓ Smart energistyring av fleksible laster antas å ytterligere kunne redusere strømrelaterte kostnader med over 10 % gjennom å flytte det fleksible forbruket til mest mulig gunstige tidspunkt.



#2 – Betydelig redusert effektbehov for enkeltbygg

- ✓ Grunnkonsept enkeltbygg vil gi betydelig lavere effektbehov til varmt tappevann (opp mot 95 % reduksjon) og vesentlig lavere effektbehov til oppvarming og ventilasjon, sammenliknet med dagens praksis for Forsvarsbygg.
- ✓ Effektstyring av fleksible laster og innføring av reservekraftmodus bidrar med reduserte effekttopper og økt kontroll i både normal drift og i reservedrift. Dersom elektrisk batteri (konsept 3) velges vil dette også bidra med effekttoppreduksjoner.



#3 – Det anbefalte konseptet inkluderer bruk av ny teknologi for produksjon og lagring av energi

- ✓ Solkraft på bygg reduserer behovet for kjøpt strøm med 20-40 % for hele Setermoen Leir i normal drift og kan bidra som drivstoffreduserende tiltak i reservekraftdrift.
- ✓ For områder med vindressurs vil lokalprodusert kraft i kombinasjon med lagring kunne bidra med lokalt produsert kraft i normaldrift og reservekraftdrift hele året.
- ✓ Batterier er en aktuell løsning for Setermoen, og anbefales utredet nærmere. Hovedverdien ligger sannsynligvis i batteriets posisjon i reservekraftkonseptet. Det anbefales at det undersøkes nærmere rundt verdien av et sentralt batteri opp mot spesielt forsyningsikkerhet og reservekraft.
- ✓ Sømløs overgang mellom normaldrift og reservekraftdrift – teknisk og ressursmessig - ved at reservekraft på mange måter er en robust og redundant tilleggfunksjon til systemet som brukes i normaldrift.



#4 – Energikonseptet medfører ingen tap av natur og er basert på fornybare energikilder

- ✓ Det har vært en grunnforutsetning at energikonseptet ikke skal beslaglegge jomfruelig areal på Setermoen (eller i områdene rundt).
- ✓ Foreslått energisystem baserer seg utelukkende på fornybare energikilder i normal drift og normal drift av reservekraft, som gir lave klimagassutslipp.



DELMÅL SOM ER RELEVANTE FOR UTREDNINGEN

Kutte bruken av innkjøpt energi med 15 prosent i løpet av 2025



Bruke egenprodusert energi i nybygg og rehabiliteringsprosjekter

Utforske ny teknologi for produksjon og lagring av energi



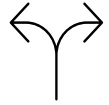
Vurdere klima og miljø på lik linje med tid, kostnader og ytelse i anskaffelser



Beskytte og ta vare på myr og andre økosystemer for å sikre naturmangfold

Resultat hovedspørsmål 3:

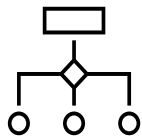
Hva skal til på veien videre for å realisere energikonseptet, både for Setermoen og andre militære anlegg?



STEG 1: VEIVALG

Beslutning om konsept og veien videre

Skal anbefalt konsept implementeres? I hvilket omfang (Kun for Setermoen eller også for andre områder)? Hvem skal ta beslutningen og hvor skal den forankres?



STEG 2: LEGGE GRUNNLAG FOR IMPLEMENTERING

Hvilke konkrete tiltak må gjøres for å oppnå vellykket implementering på generell basis?



STEG 3: IMPLEMENTERING I PROSJEKTER

Starte raskt med implementering i prosjekter. Evaluere og evt. justere veiledere/dokumenter ved behov. Opplæring og kompetanseheving av prosjektledere og driftspersonell.

Følgende dokumenter, planer og verktøy kan være aktuelle å etablere for å legge grunnlaget for implementering:

UTARBEIDELSE AV VEILEDERE



- Grunnkonsept enkeltbygg – systemskisse og designkriterier (inkluderer SD-anlegg)
- Varmepumpeveileder – vurderings- og designkriterier
- Forsyningsikkerhet – metodeveileder
- Energikonseptutredning – mal



ANSKAFSELSEDOKUMENTER:

- Krav og føringer inn i **MOP-mal**
- Oppdatere **kravspesifikasjon** med relevante krav

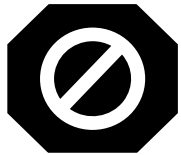


DRIFTSVERKTØY:

- EOS og energiledelse – driftsrutiner
- SD-anlegg (fjerndrift) - driftsrutiner
- Energioppgraderingsplan innarbeidet i bygningsforvaltningsarbeidet

Identifiserte potensielle barrierer tilknyttet gjennomføringsevne i praksis

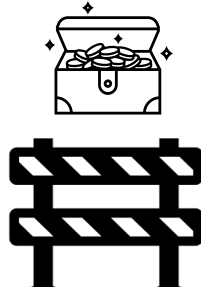
Fokus på interne forhold i Forsvarsbygg som bør gis spesielt fokus i videre veivalgsvurderinger



Informasjonsutveksling sett opp mot sikkerhetshensyn

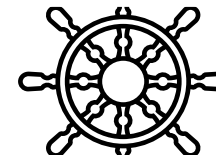
Konseptet forutsetter informasjonsutveksling, bl.a. mellom forbrukslaster og sentralt toppsystem for effektstyring, og oppfølging av live/detaljerte energidata for å kunne optimalisere drift.

Er det mulig å oppnå dette og samtidig ivareta sikkerhetshensyn? Hva er riktig tilnærming? Hvordan er dette tenkt løst for den vedtatte EOS-satsingen?



Høyere investeringskostnad er vanskelig å prioritere i prosjekthverdagen

I en vanlig prosjekthverdag er tilgjengelige midler under tøffe prioriteringer. Energikonseptet inkluderer solceller, varmepumper og andre elementer som gir høyere investeringskostnad, men besparelser i drift. Hvordan sikre at dette kan prioriteres også dersom budsjettene strammes til?



Utfordringer knyttet til vellykket etablering av energikonseptet

Konseptet fordrer en «hands on» prosjektorganisasjon som følger opp at alle kravene bestilles, leveres og at sluttresultatet oppfyller kravene. Detaljer er viktig for å ta ut gevinsten i drift. Hvordan gi prosjektleder og andre nøkkelpersoner de riktige insentivene, opplæringen og kompetansen for å følge opp de nye kravene riktig?



Rolle- og ansvarsfordeling mellom daglig drift (SD-anlegg) og energiledelse

Gevinsten av energikonseptet høstes i driftsfasen, og det er avgjørende at denne fasen lykkes. Nøkkelrollene er nasjonale energiledere, og lokalt driftspersonell. Hvordan sette opp rutiner og verktøy slik at disse miljøene samhandler godt og utfyller hverandre? Hvordan unngå at ansvar for energi- og effektresultater faller mellom stolene?



HOVEDRAPPORT



Innholdsfortegnelse

Kapittel #	Tittel	Sidetall	Kapittel #	Tittel	Sidetall
Kapittel 1	Innledning	16	Kapittel 5	Forsyningssikkerhet og reservekraft	73
Kapittel 1.1	Rammer, forutsetninger og avgrensninger for utredningen	20	Kapittel 5.1	Forsyningssikkerhet	74
Kapittel 1.2	Mål, fokusområder og vurderingskriterier	23	Kapittel 5.2	Beskrivelse reservekraftkonsept	77
Kapittel 1.3	Metodikk	27	Kapittel 6	Vekting av konsepter mot vurderingskriteriene	86
Kapittel 2	Utvelgelse av energikonsepter	30	Kapittel 7	Anbefaling, nøkkelresultater og veien videre	93
Kapittel 3	Energi- og effektbehovsvurderinger	38	Vedlegg		99
Kapittel 4	Energiforsyning og energistyring	47	V1	Mål og fokusområder Bakgrunn	100
Kapittel 4.1	Vurdering termisk energiforsyning	48	V2	Vurdering av elektrisk effektbehov	105
Kapittel 4.2	Vurdering solkraft	53	Vedleggsnotater		
Kapittel 4.3	Vurdering batteri	60	<i>Vedleggsnotat – Termisk Energi</i>		
Kapittel 4.4	Vurdering energistyringskonsept	65	<i>Metodenotat vurdering av forsyningssikkerhet for energisystem</i>		
Kapittel 4.5	Levert energi og klimagassutslipp	70			



Kapittel 1

Innledning

Hensikt med utredningen

1

*Hva er **anbefalt energikonsept** sett i lys av forsvarsektoren sine bærekraftsmål og omforente vurderingskriterier for utredningen?*

2

*Hvilke **nøkkresultater** oppnås for anbefalt konsept sammenlignet med referansekonsept, sett i lys av forsvarssektoren sine bærekraftsmål og omforente vurderingskriterier for utredningen?*

3

*Hva skal til på **veien videre for å realisere energikonseptet**, både for Setermoen og som ramme for utvikling av andre militære anlegg?*

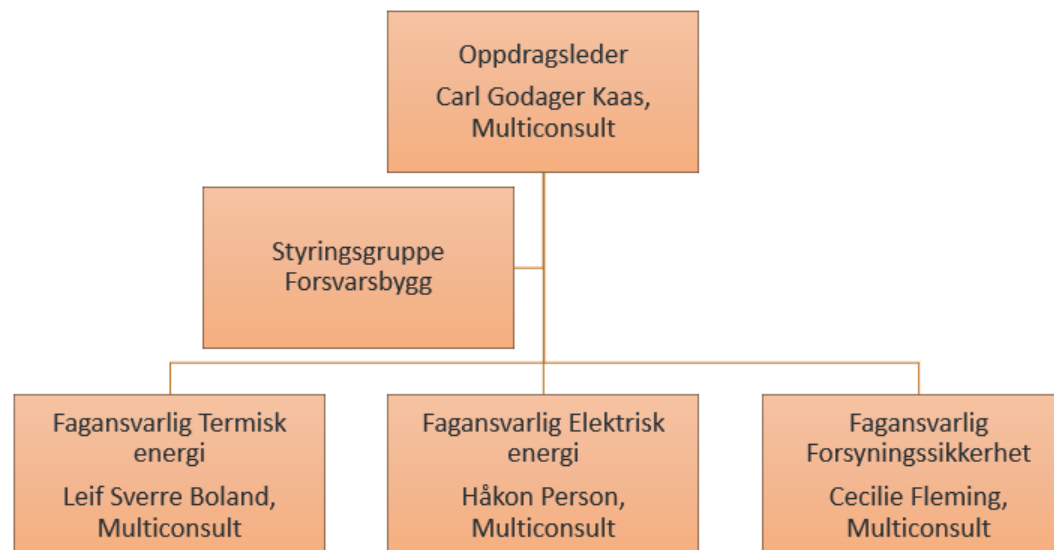


Bakgrunn og organisering

Setermoen leir skal fremover øke aktiviteten og utvides med ca. 75 000 m² økt bygningsmasse. Tradisjonelt har fokuset for Forsvarsbygg vært på energikonsept for det enkelte bygg, men denne utviklingen er av et omfang som gjør at det er ønskelig å tenke helhetlig energikonsept på områdenivå. Denne energikonseptstudien svarer ut dette i reguleringsfase.

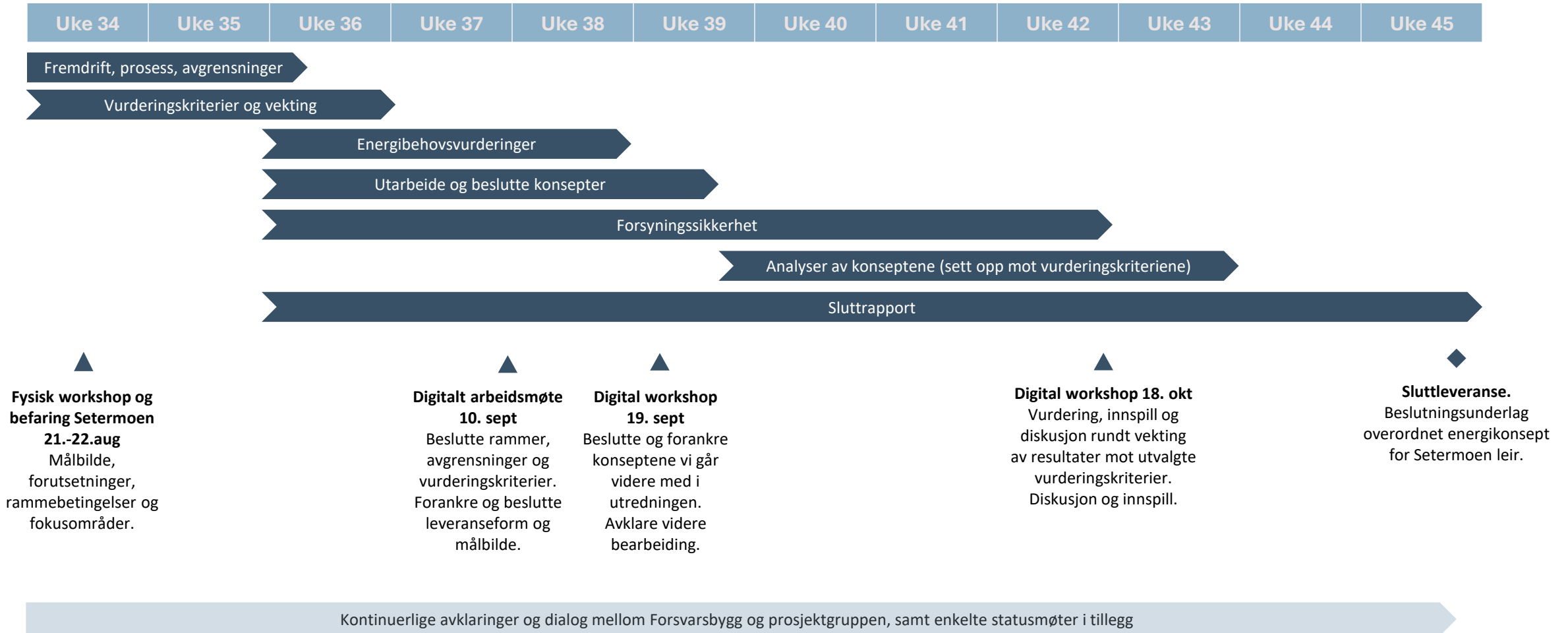
Parallelt med Setermoen videreutvikles mange andre leire, flere av dem også med et planlagt stort omfang av økt bygningsmasse. Det er derfor ønskelig at funn og anbefalinger fra denne energikonseptstudien kan bidra til å legge grunnlag og føringer for arbeid med helhetlige energikonsepter også på andre leire. Utredningen har en rolle i å definere fremtidsrettede tilnærminger for energikonsepter i tråd med Forsvarsbygg sin strategi og mål for energi og bærekraft.

Multiconsult har gjennomført utredningen på oppdrag fra Forsvarsbygg etter organisering som vist i figur. Utredningen er gjennomført i tett samspill med Forsvarsbygg, gjennom flere workshops, statusmøter og løpende dialog underveis. Gjennomføringsplanen er vist på [side 19](#).



Gjennomføring av utredningen

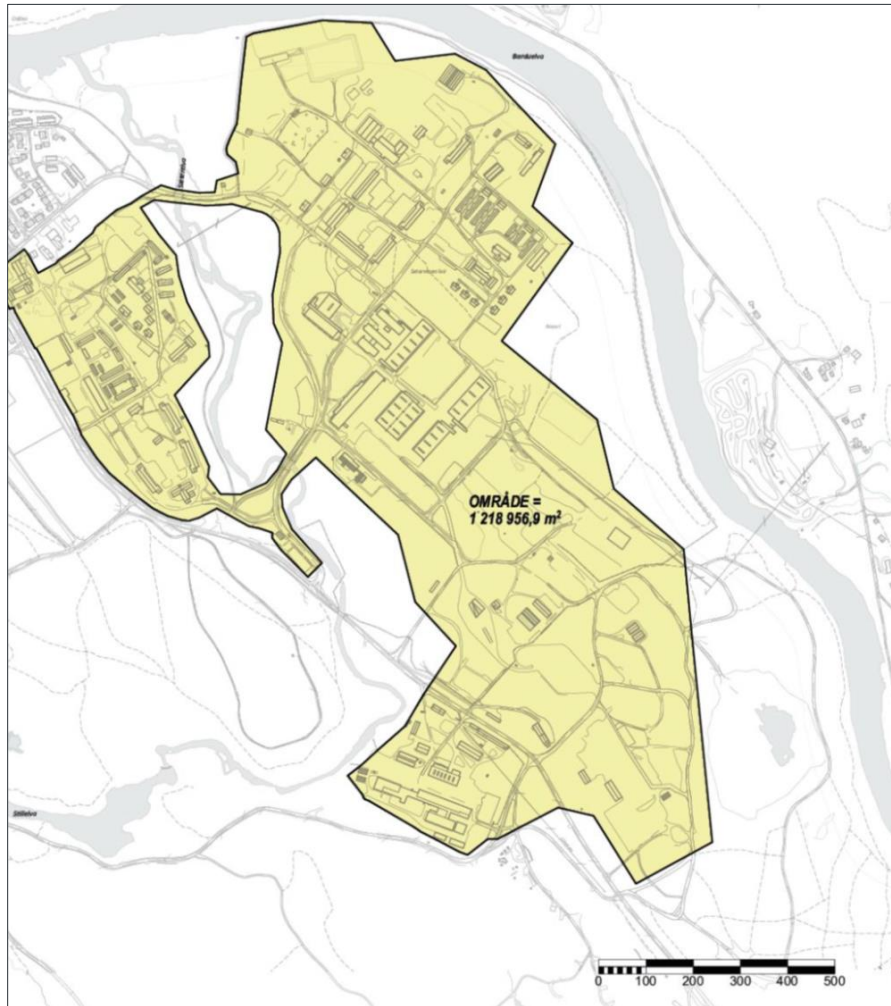
▲ Møtepunkter med Forsvarsbygg
◆ Milepæler





Kapittel 1.1 – Rammer, forutsetninger og avgrensninger for utredningen

Fysiske avgrensninger og generelle forutsetninger



Figur: Utsnitt klippet fra EBA-plan for Setermoen

Fysiske avgrensninger som er lagt til grunn

Utredningen tar utgangspunkt i et hovedscenario som skisserer omfang av bygningsmasse for ferdig utbygd Setermoen leir i år 2036. Dette inkluderer både eksisterende og nye bygg innenfor det gule området på figuren til venstre. Videre i utredningen kaller vi det «Nye Setermoen leir» eller refererer til årstallet «2036». Arealer som er lagt til grunn for ny og eksisterende bygningsmasse er vist på [side 23](#).

Generelle forutsetninger for termisk energi

- Setermoen leir forsynes i dag av varme fra en energisentral basert på flisfyring. Energisentralen står inne på området og driftes av Forsvarsbygg.
- På grunn av begrenset tilgjengelig informasjonsgrunnlag har vi lite kjennskap til dagens distribusjonsnett av varme.

Generelle forutsetninger for elkraft

- Setermoen leir tariffes over en måler for hele området.
- Det er i samråd med Forsvarsbygg forutsatt at det er tilstrekkelig kapasitet til å dele elektrisitet internt. Hvis ikke er det forutsatt at dette løses i infrastrukturprosjektet.

Arealer som ligger til grunn for beregningene

Arealoversikt nybygg for «Nye Setermoen leir»						
Type bygg	Totalt fra EBA-plan [m2]	Totalt for Alliert sone [m2]	Sum totalt [m2]	Etasjer, gjennom-snitt	Estimert takareal tilgjengelig for solceller, nye bygg [m2]	Estimat fasadeareal aktuelt for solceller, nye bygg [m2]
Flerbrukshall/verksted	30 600	800	31 400	1,5	21 000	2 100
Kvarter	22 500	-	22 500	2	13 100	1 300
Forlegning/kaserne	2 900	5 000	7 900	2	12 700	1 300
Kontor	3 900	-	3 900	3	2 800	300
Messe	2 300	3 300	5 600	1	3 600	400
Øvrig	5 000	2 400	7 400	1	7 300	700
Totalt	67 000	12 000	79 000		47 000	4 700

Arealoversikt eksisterende bygg for «Nye Setermoen leir»				
Type bygg	Areal eksisterende bygg i 2036 [m2]	Etasjer, gjennom-snitt	Estimert takareal tilgjengelig for solceller, eksisterende bygg [m2]	Estimat fasadeareal aktuelt for solceller, eksisterende bygg [m2]
Flerbrukshall/verksted	39 600	1,5	26 400	2 600
Kvarter	18 600	2	9 300	900
Kaserne	28 100	2	14 100	1 400
Kontor	20 200	3	6 700	700
Messe	8 200	1	8 200	800
Øvrig	14 500	1	14 500	1 400
Totalt	129 000		79 000	7 900

Tabellene til venstre viser arealene for oppvarmet BRA som er lagt til grunn i beregningene for de ulike bygningskategoriene. Følgende forutsetninger er lagt til grunn:

Arealer for eksisterende bygg: Basert på oversikt fra Forsvarsbygg over eksisterende bygg i dag. Avrundet. Kun bygg med vesentlig energibruk er medtatt, dvs. at kalde garasjer og andre bygg som ikke har oppvarmingsbehov og beskjedent elbehov ikke er medtatt. For «Nye Setermoen leir» er bygg som er planlagt revet tatt ut. Det er en usikkerhet i mottatt underlag og vår tolkning av dette. Et avvik til reelt areal kan påvirke presenterte tall for energi- og effektbehov noe, men det påvirker ikke anbefaling av energikonsept.

Arealer nye bygg: Baserer seg på EBA-planen, men lagt til arealer for alliert sone som ikke ligger inne i EBA-planen (oppgitt av Forsvarsbygg). Avrundet.

Antall etasjer: Antatt basert på informasjon i EBA-plan. Forutsetter det samme for eksisterende bygg. Benyttes for å estimere takareal tilgjengelig for solceller.

Takareal tilgjengelig for solceller: Noe forenklet forutsatt å være areal delt på antall etasjer.

Fasadeareal tilgjengelig for solceller: Noe forenklet forutsatt å være 10 % av tilgjengelig takareal på nye og eksisterende bygg. (Fremkommer ikke av tabell).

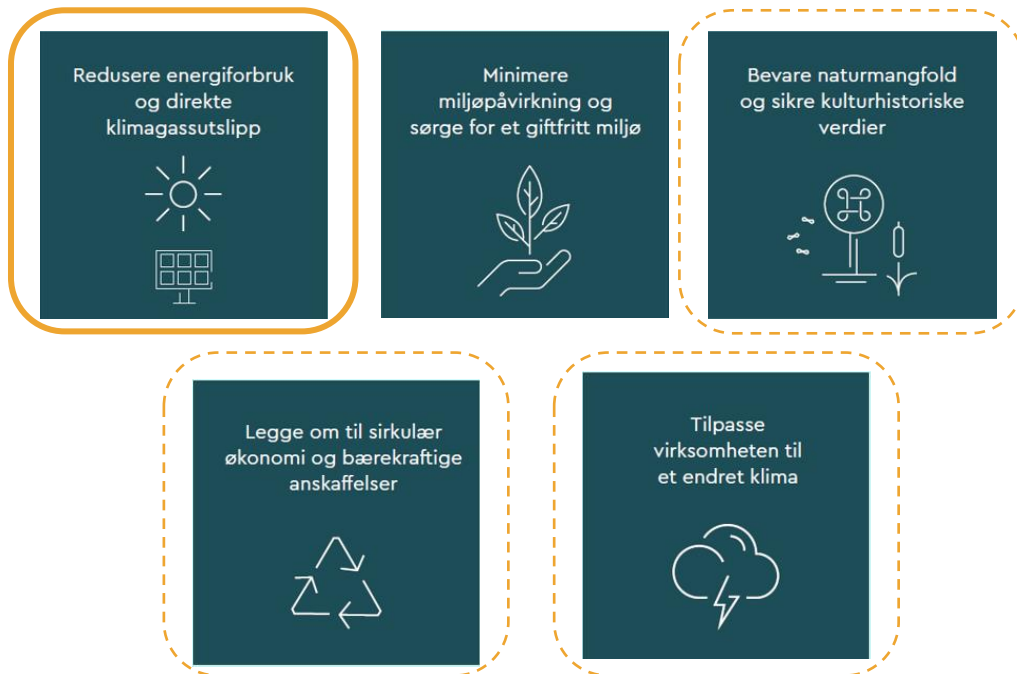


Kapittel 1.2

Mål, fokusområder og vurderingskriterier

Forsvarssektorens klima- og miljøstrategi

I Forsvarssektorens klima- og miljøstrategi trekkes det frem fem innsatsområder for bærekraft, som vist i figuren under. Det er først og fremst området «Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp» som er direkte relevant for energikonseptet, men energikonseptet berører også til en viss grad sirkulærøkonomi, naturmangfold og klimatilpasning. Utvalgte delmål fra strategien som vurderes spesielt relevante for utredningen er vist til høyre.



DELMÅL SOM ER RELEVANTE FOR UTREDNINGEN

Følgende delmål hentet fra Forsvarssektorens klima- og miljøstrategi er trukket fram som særlig relevante for utredningen (innsatsområde i parentes):



Kutte bruken av innkjøpt energi med 15 prosent i løpet av 2025
(Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)



Bruke egenprodusert energi i nybygg og rehabiliteringsprosjekter
(Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)



Utforske ny teknologi for produksjon og lagring av energi
(Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)

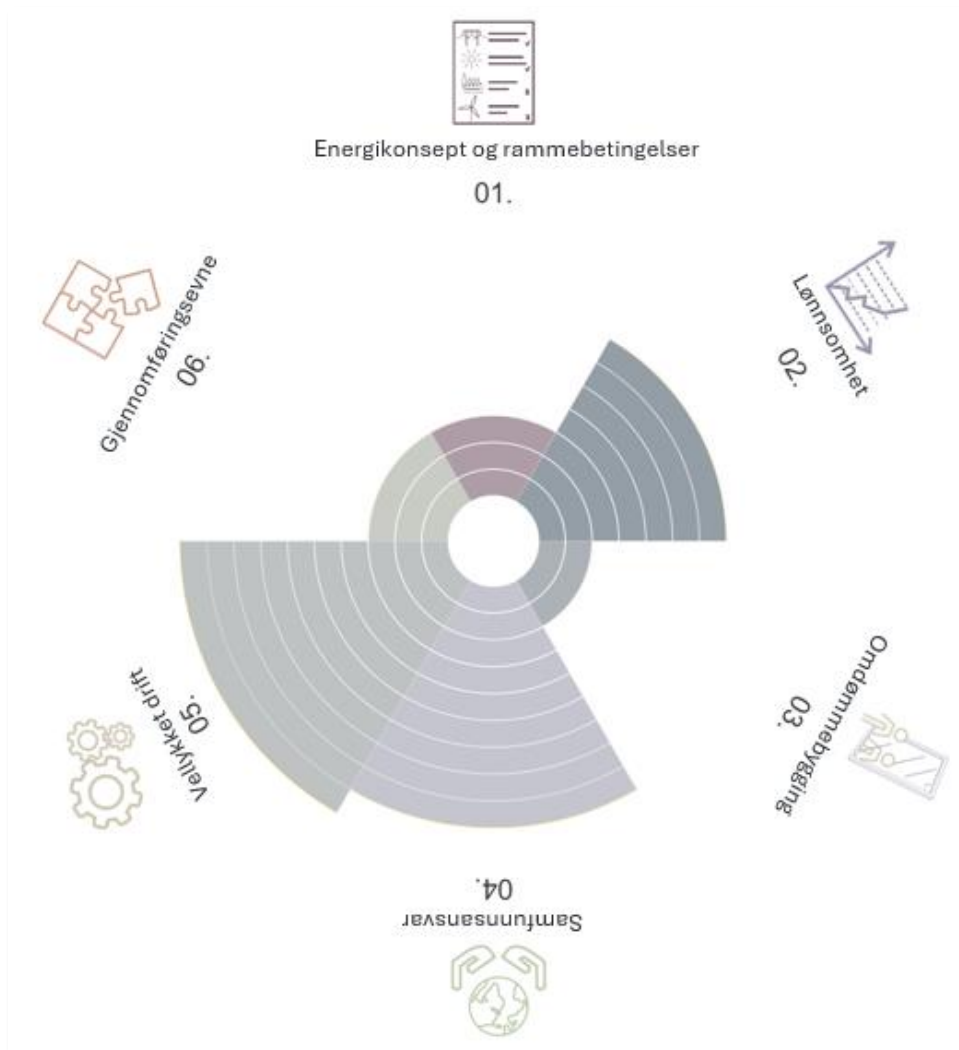


Vurdere klima og miljø på lik linje med tid, kostnader og ytelse i anskaffelser (Sirkulærøkonomi og bærekraftige anskaffelser)



Beskytte og ta vare på myr og andre økosystemer for å sikre naturmangfold (Tilpasse virksomheten til et endret klima)

Mål og fokusområder for energikonseptet



Det ble i workshop med Forsvarsbygg 21.-22. august utarbeidet en energiplanleggingsrose for prosjektet, se figur til venstre. Denne viser hvordan seks ulike hovedtemaer for energiplanlegging vektlegges i utarbeidelse av energikonseptet. En kort beskrivelse av de ulike temaene er vist under. Spørsmålene gir grunnlag for valg av score i energiplanleggingsrosen. Resultatet viser at Vellykket drift (10/10) og Samfunnsansvar (9/10) vurderes som de viktigste temaene, samt at Lønnsomhet (7/10) også er sentralt. [Vedlegg V.1](#) gir mer utdypende informasjon om energiplanleggingsrosen og vurderingene som ligger bak vektleggingen.

Denne rosen er utarbeidet spesifikt for Setermoen, men vil kunne ha overføringsverdi til energiplanlegging også for andre leire.

KORT BESKRIVELSE AV TEMAENE I ENERGIPLANLEGGINGSROSEN

Energikonsept og rammebetingelser: «I hvilken grad setter lokale, fysiske rammebetingelser føringer på energikonseptet? Hva er de viktigste rammebetingelsene?»

Lønnsomhet: «Hvor viktig/styrende er lønnsomhet, og hvilke lønnsomhetsindikatorer er de viktigste?»

Omdømmebygging: «I hvilken grad er det viktig at området blir attraktivt å være/etablere seg i? Er merkevarebygging for byggherre viktig?»

Samfunnsansvar: «Hvor viktig er det at prosjektet gir positive ringvirkninger på samfunnet og bidrar til bærekraftig utvikling?»

Vellykket drift: «Hvor viktig er det med sikker, robust og enkel drift?»

Gjennomføringsevne: «Hvor viktig er fokus på gjennomføringsevne for å realisere ønsket energikonsept? Finansiering, forankring, forretningsmodeller etc.»

Figur: Prosjektets energiplanleggingsrose viser hvilke tema som vurderes viktigst for energikonsept på Setermoen



Beskrivelse av energikonseptets valgte vurderingskriterier

Vurderingskriterier	Beskrivelse og hvorfor det er valgt ut
LCC (Levetidskostnad)	Forsvarsbygg skal investere, drifte og avhende byggene. Derfor er fokus på lave kostnader over levetiden til byggene et naturlig fokus. Inkluderer investeringskostnader, driftskostnader og utskiftingskostnader over levetiden.
Forsyningsikkerhet	Forsvarets hovedformål er å sikre forsvarsevne. For et energikonsept er derfor lav sårbarhet, høy forsyningsikkerhet og redundante løsninger helt sentralt for å underbygge dette. Grad av selvforsyning av energi er også et element i dette bildet.
Minimere klimagassutslipp og energibruk	Lave klimagassutslipp, unngå negativ påvirkning på biologisk mangfold og å redusere energibruken står sentralt i bærekraftstrategien og samfunnsansvaret til Forsvaret. Energikonseptet må understøtte dette.
Enkel, robust og effektiv drift	Energikonseptet må kunne driftes effektivt og godt for å sikre lave energikostnader, velfungerende bygg i drift og redusere sårbarheten til byggene. Løsninger som ikke krever høy grad av spesialkompetanse eller -utstyr, samt at energisystemet er enkelt og robust i drift, er derfor viktig.

[Vedlegg V.1](#) viser fokusområdene som ble trukket fram som de viktigste for å sikre et vellykket energikonsept. I videre arbeid ble disse slått sammen og redusert til fire prioriterte fokusområder som energikonseptene våre skal vurderes opp mot, «vurderingskriterier». Tabellen til venstre viser disse vurderingskriteriene, inkludert en kort beskrivelse og begrunnelse for hvorfor disse er valgt ut.

Enkelte av fokusområdene som ble trukket fram har i løpet av prosessen blitt lagt inn som grunnleggende premisser for energikonseptene og dermed ikke noe konseptene vurderes på. Det gjelder først og fremst følgende:

- **Bevare naturmangfold** var opprinnelig med som del av kriterium «Minimere klimagassutslipp og energibruk», men har i løpet av prosessen blitt definert som en grunnforutsetning om at energikonseptet ikke skal beslaglegge jomfruelig areal på Setermoen (eller i områdene rundt).
- Det er et sterkt ønske fra Forsvarsbygg om at energikonseptet skal kunne repliseres, både internt for bygg i leiren og for andre militære anlegg. **Standardiserte konsepter og løsninger** var opprinnelig med som delkriterium «Enkel, robust og effektiv drift». Dette er i løpet av prosessen tatt ut som vurderingskriterium og erstattet med en grunnforutsetning om at energikonseptene skal være standardiserte og overførbare både internt på Setermoen (byggkonsepter) og til andre leire.



Kapittel 1.3 Metodikk

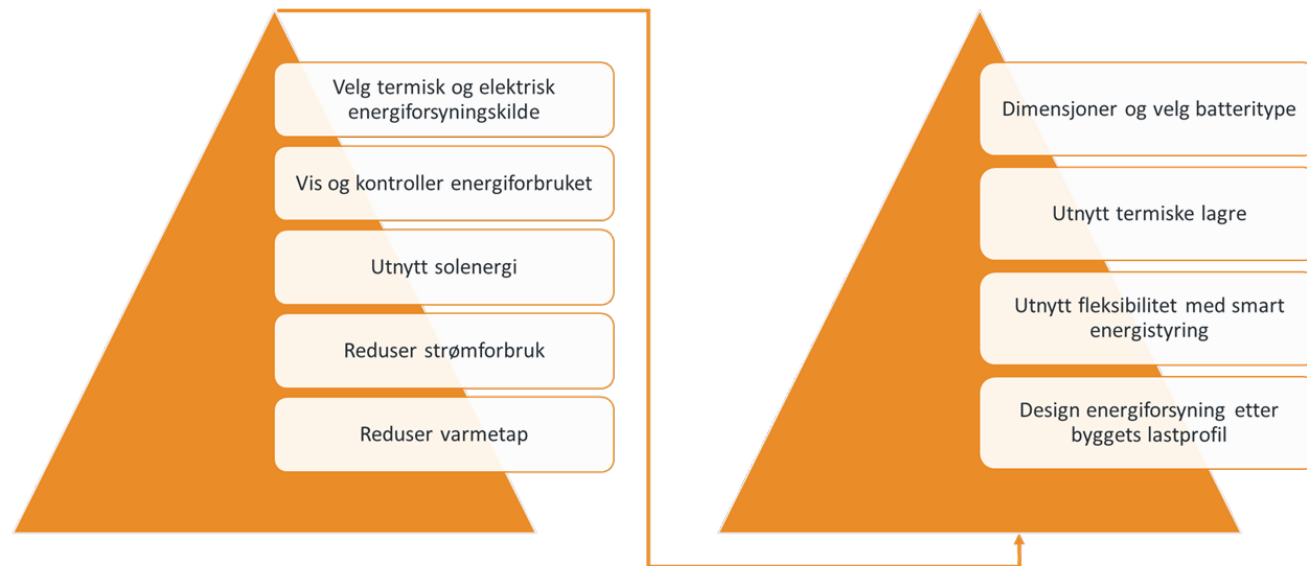


Arbeidsmetodikk

Metodikken som er benyttet for å komme fram til et helhetlig, gjennomførbart energikonsept er vist i figurene under

Multiconsult sin totrinns Kyotopyramide for energi

Del 1 er den «tradisjonelle» Kyoto-pyramiden som viser energibransjens tradisjonelt anerkjente prioriteringsrekkefølge for bygg med høy energiytelse, mens del 2 bygger videre på samme metode brukt for smart energistyring og energilagring. Fokuset rettes først mot nederste del av venstre pyramide (lavt energibehov), videre mot termisk og elektrisk energiforsyning (inkl. lokal energiproduksjon) og deretter smartstyring, batteri og termisk lager for å se på muligheter for å redusere energibruk- og effektbehov i drift (inkl. mulige lønnsomhetscase)



Figur: Multiconsult sin totrinns Kyotopyramide for energi

Steg og analyser i utredningen

Figuren under viser de ulike stegene i prosessen. Først avdekkes og konkretiseres omfang, underlag og rammebetingelser. Basert på dette vurderes energi- og effektbehov. Dette legger grunnlaget for definering av energikonsepter. Konseptene analyseres og vektet mot omforente vurderingskriterier. Resultatene leder i strategiske anbefalinger om valg av løsning (som grunnlag for en beslutning) og steg på veien videre for å legge grunnlaget for at anbefalt konsept blir realisert.



Vekting av de ulike vurderingskriteriene

Tabellen under viser hvilke vektingsfaktorer som er benyttet og analyser som er gjennomført i utredningen sett opp mot de fire utvalgte vurderingskriteriene. Felles for alle vurderingene er at det blir tatt utgangspunkt i et definert referansekonsept og satt en relativ score sett opp mot dette konseptet.

Vurderingskriterier	Vekting	Hvilke analyser er gjort i utredningen
LCC (Levetidskostnad)	100 % av lønnsomhet, 50 % av gjennomføringsevne Totalvekting: 20 %	Overordnede vurderinger for tiltak på energistyring, batteri og termisk energisystem, basert på erfaringer fra tidligere prosjekter. Lønnsomhetsberegninger for solceller.
Forsyningssikkerhet	50 % av vellykket drift 50 % av samfunnsansvar Totalvekting: 40 %	Forenklet vurdering av sårbarhet for de ulike energikonseptene.
Minimere klimagassutslipp og energibruk	50 % av samfunnsansvar Totalvekting: 15 %	Overordnede beregninger av klimagassutslipp knyttet til energibruk i drift. Beregninger av estimert energibruk gitt forutsetningene vi har kjennskap til og lagt til grunn.
Enkel, robust og effektiv drift	50 % av "vellykket drift" 50 % av gjennomføringsevne Totalvekting: 25 %	Kvalitativt vurdere i hvilken grad de ulike elementene i energikonseptet understøtter eller er tilrettelagt for enkel, robust og effektiv drift

Vektingsfaktorene har blitt definert i samspill med Forsvarsbygg, basert på hvor bredt vurderingskriteriet treffer temaene i energiplanleggingsrosen, samt hvor høyt de ulike temaene er vektet. Eksempelvis treffer «Forsyningssikkerhet» både vellykket drift (lav sårbarhet og sikker energiforsyning) og samfunnsansvar (sikre forsvarsevne). Begge temaene er vektet høyt, derav høy totalvekting. Kolonnen «Vekting» viser hvordan de ulike vurderingskriteriene vektet og grunnlaget for vektingen.

Tabellen viser også hvilken type beregninger eller analyser som er gjennomført i forbindelse vurdering av score for de ulike konseptene. Resultatene er vist i [Kapittel 6](#). Denne scoren er i hovedsak basert på delresultater presentert i Kapittel 3 til 5.



Kapittel 2

Utvelgelse av energikonsepter

Tilnærming for valg av energikonsepter

Utgangspunktet for arbeidet med å definere energikonsepter har vært å kartlegge hvilke faktorer som har vært viktigst for et område som Setermoen, og fokusere på dem. Den strategiske tilnærmingen har vært å ta utgangspunkt i det enkelte bygg (objekt) av flere årsaker. Energibruk i bygg utgjør hoveddelen av den forventet energibruk og effektbehov, og ut fra et forsyningssikkerhetsperspektiv er det interessant å vurdere hvordan energiløsninger per bygg kan bidra til økt systemsikkerhet. Det enkelte bygg legger også mange av grunnpremissene for å kunne oppnå energieffektiv og kostnadseffektiv energiforsyning fra sentrale anlegg. Vi har derfor som grunnstrategi fokusert på løsninger for det enkelte bygg ved definering av energikonseptet.

Energi pyramid ligger til grunn for arbeidet. Fokus på bygg med forutsetninger for å oppnå **lav energibruk i praksis** (det er erfaringsmessig stor forskjell på normerte beregninger og reell, målt energibruk i drift!).

Basisen for dette er det vi har kalt «Grunnkonsept enkeltbygg». Utgangspunktet er **energieffektive, standardiserte og robuste løsninger som er fleksible med tanke på hvordan energien forsynes**. Ut fra målet om minimal energi- og ressursbruk i drift og styrket autonomi på byggnivå utnyttes først interne og lokale ressurser (f.eks. spillvarme, varmepumpe), deretter fjernvarme/el fra nett.

Grunnkonseptet ligger til grunn for nye bygg i alle konseptene vi har vurdert for Setermoen (unntatt referansekonseptet som representerer «tradisjonell» løsning). Videre har aktuelle energiforsyningsløsninger for å dekke elektrisk og termisk energibehov blitt vurdert. Enkelte energiforsyningsløsninger er valgt bort som følge av lokale forhold, og de gjenværende er inkludert i ulike energikonsepter som er vurdert mot hverandre.

Varmepumpe sin rolle i grunnkonsept enkeltbygg

To sentrale mål med energikonseptet er å sørge for bygg med (1) god forsyningssikkerhet og (2) lav energibruk i drift. Ettersom lokal bergvarmepumpe i stor grad bidrar både til å redusere levert energi til byggene og vurderes å øke forsyningssikkerhet er det valgt å ha som utgangspunkt at bergvarmepumpe er del av alle energikonseptene unntatt referansekonseptene. Varmepumpe er også kjent teknologi som kan standardiseres, et viktig kriterium for valg av konsept.

I praksis bør varmepumpe vurderes i hvert enkelt tilfelle, basert på energibehov og –profil og stedlige forhold (et alternativ er at det utarbeides en veileder for dette – «*Varmepumpeveilederen*»). Det kan også være tilfeller der det optimale er at én varmepumpe dekker to eller flere bygg.

Solceller sin rolle i grunnkonsept enkeltbygg

Som nevnt i Forsvarsbyggs egen veileder «*Solstrømsvelgeren*» er solceller en fremtidsrettet løsning som er svært godt egnet for lokal kraftproduksjon over alt der det er dagslys, og kraften kan brukes direkte i bygget. Når det planlegges og tilrettelegges for bruk av solceller på bygg tidlig i planleggingsprosessen, oppnås gode løsninger til lave og konkurransedyktige priser. Solceller på bygg bidrar til målet om redusert kjøpt energi, samtidig som det ikke beslaglegger naturarealer. Solkraft vil også kunne bidra som sentral bidragsyter i et reservekraftsystem basert på fornybar energi, slik det blant annet blir brukt i flere arktiske strøk i dag.

I henhold til *Solstrømsvelgeren* skal «Egen, lokal og fornybar energiproduksjon i form av solceller på tak og / eller fasade [...] velges ved oppføring av nybygg eller dyp rehabilitering av tak eller vegger hvis dette er praktisk gjennomførbart og økonomisk forsvarlig». Solceller er derfor synliggjort i *Grunnkonsept enkeltbygg* som en meget aktuell lokal energiforsyningsløsning, og også inkludert i energikonsept 2 og 3.

Grunnkonsept enkeltbygg

Alle nye og transformerte bygg skal følge noen grunnleggende prinsipper for å oppnå energifleksible bygg med lav energibruk i drift

HOVEDPRINSIPPER FOR GRUNNKONSEPT ENKELTBYGG:

Energiriktig utforming

(Godt klimaskall med lave U-verdier og god tetthet)

Energifleksibelt

(Lavtemperatur termiske systemer som gjør bygget tilrettelagt for utnyttelse av ulike former lokal energi)

Effektstyring

(Akkumulering og styring som gir lavt effektbehov og –fleksibilitet)

Energimåling og fjerndrift

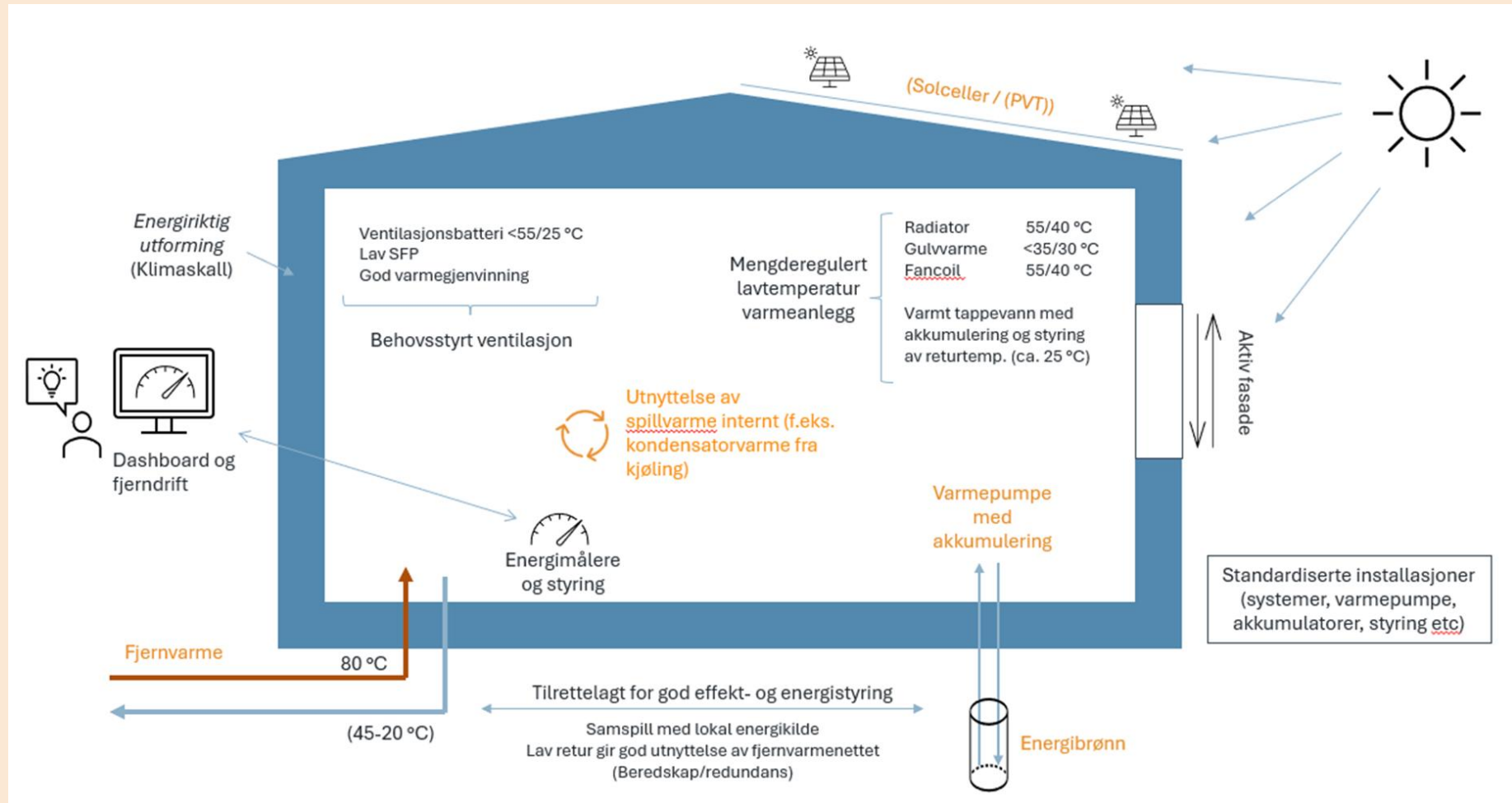
(Tilrettelagt for styring i sanntid)

Samspill med fjernvarme

(Lav returtemp. bidrar til et mer effektivt fjernvarmesystem)

Standardiserte installasjoner

(Tydelige krav til systemer og installasjoner med fokus på enkel og robust drift)



Alt som skal inn i byggene er beste praksis i bransjen over flere år. Teknologi og utstyr er kjent og tilgjengelig, gir godt dokumenterte resultater i drift over tid. En mer detaljert beskrivelse av design og samspill vil bli synliggjort i oppdatert kravspesifikasjon.

Svart er obligatoriske elementer i alle nye og transformerte bygg

Oransje er utgangspunkt for alle konsepter, men skal vurderes for hvert konkret tilfelle



Prinsipiell tilnærming til valg av energikonsepter

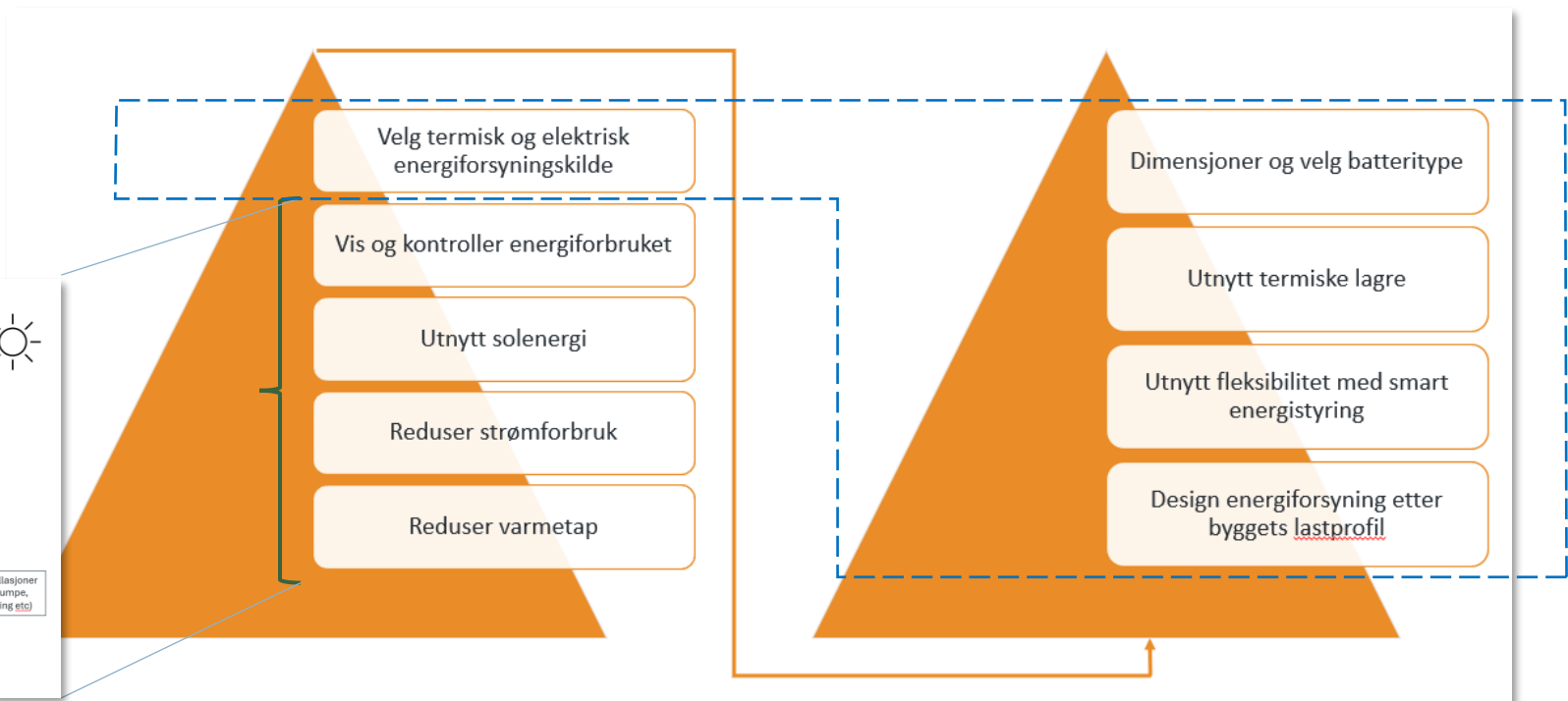
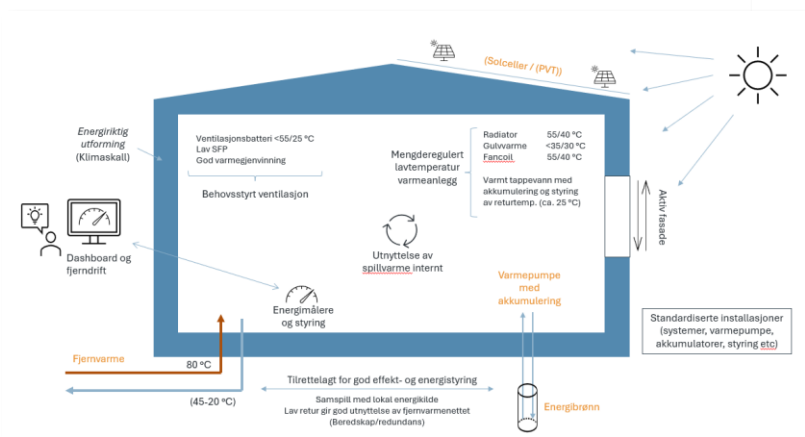
Figuren viser den **prinsipielle tilnærmingen til valg av konsepter**. Grunnkonsept enkeltbygg er felles for alle energikonseptene (unntatt referansekonseptet). Dette representerer de fire nederste boksene i energipyramiden.

Energiforsyning, lagring og smart styring varierer mellom konseptene. Eksempelvis er bergvarmepumpe inkludert i alle konseptene unntatt referansekonsept, mens solceller er inkludert i konsept 2 og 3.

De neste sidene viser hvilke energiforsyningsløsninger som er vurdert, og hvilke som er tatt med videre i energikonsepter for Setermoen.

Energikonsepter har variasjoner i energiforsyning, lagring og styring, dvs. de fem boksene i energipyramiden innenfor blå stiplet linje.

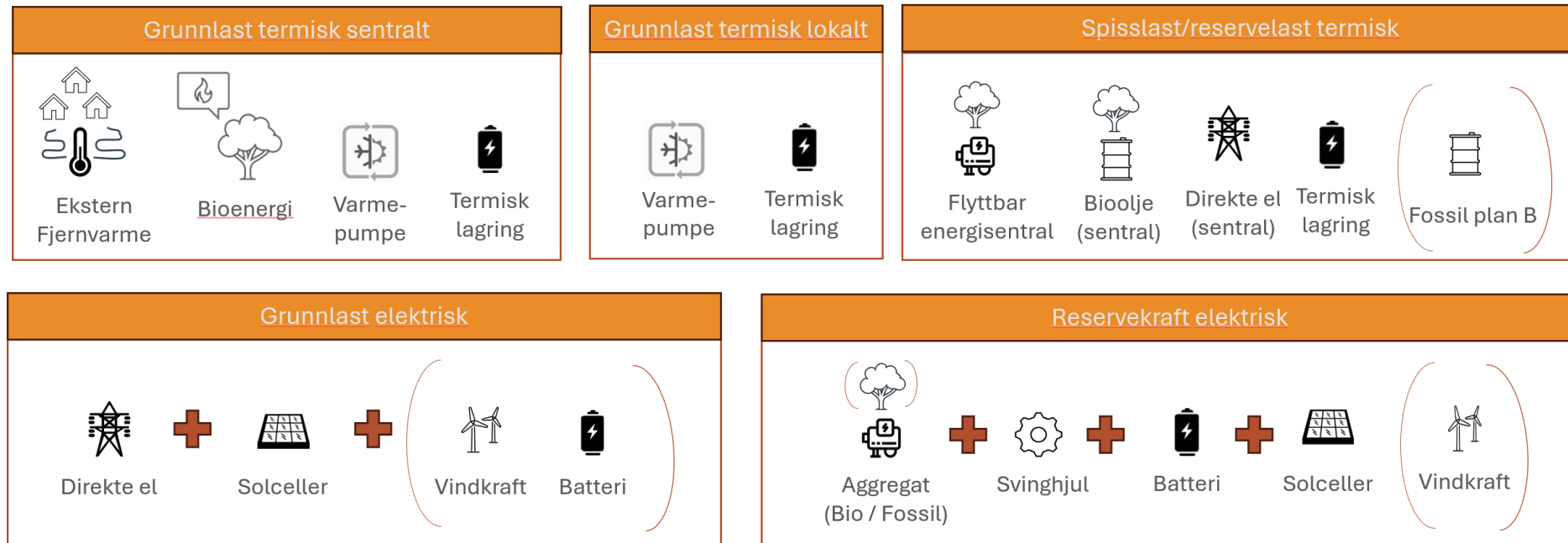
Grunnkonsept enkeltbygg (dekker de fire nederste boksene)



Energiforsyningsløsninger som bør vurderes for alle lokasjoner

Figuren viser energiforsyningsløsninger som bør vurderes for alle lokasjoner i Norge. For egen fjernvarmeproduksjon bør bioenergi (flis eller pellets) og varmepumpe (basert på energibrønner, sjø- eller elvevann eller andre energikilder) vurderes. Der det er tilgjengelig ekstern fjernvarme vil det også komme inn som et alternativ. Varmepumpe er høyaktuelt som grunnlast for enkeltbygg, og bioolje og direkte el fra kraftnettet er naturlige å vurdere som spiss- og reservelast. Ulempen med sistnevnte er at det belaster strømnettet i høylasttimer og forårsaker effekttopper. Bruk av fossil energi skal i størst mulig grad unngås, og primært som en backupløsning for mer miljøvennlige energikilder for reservevarme og -kraft ved avdekt behov. Uansett termisk system vil termisk akkumulering (lokalt og/eller sentralt) være aktuelt for å optimalisere drift, redusere effekttopper, øke dekningsgrad fra foretrukken grunnlast og gi økt forsyningssikkerhet.

For elektrisitet skal solceller alltid vurderes (solstrømsveilederen). Det bør også lokal vindkraft («industrivind»). Vind og sol vil i de aller fleste tilfeller ikke være en kostnadseffektiv måte å dekke et områdes elektrisitetsbehov alene i normal drift. Elektrisitet fra kraftnettet vil derfor i de aller fleste tilfeller være både nødvendig og naturlig for å dekke en mindre eller større del av områdets elektrisitetsbehov. For reservekraft vil ulike løsninger kunne dekke ulike behov. Reservekraftaggregat basert på enten bioenergi (ønskelig) eller fossile kilder i kombinasjon med svinghjul er tradisjonell løsning. Batteri, solceller og lokal vindkraft kan spille en rolle dersom de er en del av grunnlast i konseptet, og gjennom dette bidra med fornybar og lokalt produsert reservekraft.

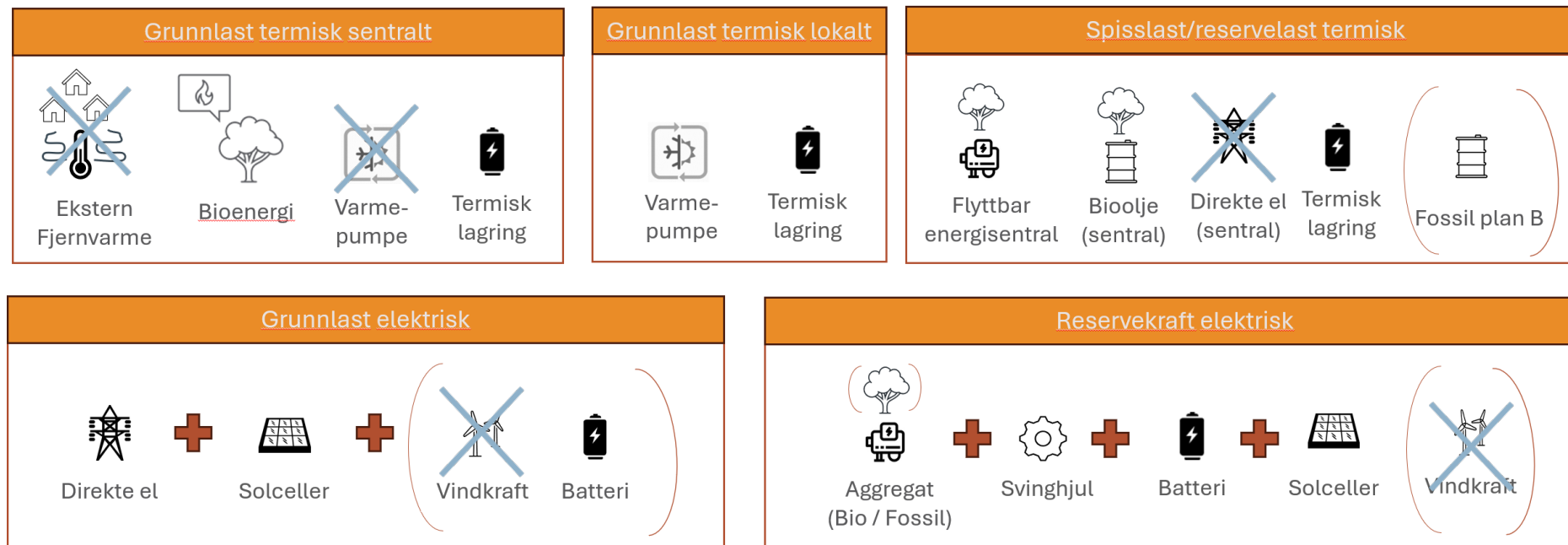


Energiforsyningsløsninger som er vurdert aktuelle for Setermoen

Figuren viser energiforsyningsløsningene som er vurdert aktuelle for Setermoen. Setermoen har egenprodusert fjernvarme. For denne har varmpumpe blitt vurdert som ikke aktuelt på grunn av temperaturnivå til eksisterende bygg på Setermoen og at flis også er en grunnlastenhet som er utfordrende og samkjøre med en varmpumpe i en varmesentral. For sentral varmeproduksjon står vi da igjen med bioenergisentral, og vurderingen om det skal etableres en ekstra energisentral for å dekke et potensielt økt termisk energibehov. For optimal drift bør akkumulering vurderes i en sentral varmesentral. Bioolje er vurdert som mest aktuelt som spisslast i sentral varmeproduksjon. Lokale varmpumper (fortrinnsvis bergvarmpumper) er vurdert som høyaktuelt for Setermoen og inkludert som del av grunnkonseptet.

For elektrisitet er solceller og batteri sammen med el fra kraftnettet (dagens løsning) vurdert som aktuelt og tatt med videre inn i energikonseptene som har blitt vurdert. Etter en overordnet vurdering ble det avklart at vindkraft ikke er aktuelt for Setermoen (se vurdering på neste side) og er dermed ikke tatt med i noen av konseptene.

For reservekraft er alle løsningene utenom vindkraft aktuelle å ta med i videre vurderinger.





Vindkraft vurdert som ikke aktuelt på Setermoen leir

Vindressursen innenfor områdegrensen er ikke god nok og nærvind inkluderes dermed ikke i konseptene

Lokal vindkraft (nærvind) kan være et godt supplement til solkraft med tanke på lokal elektrisitetsproduksjon. En fordel er at vind- og solkraft ofte produserer på ulike tidspunkt av døgnet og året, og dermed utfyller hverandre på en god måte.

Vindkraft ble derfor initielt vurdert som interessant for Setermoen. Det ble gjennomført en overordnet vurdering av nærvind gjennom informasjonsinnhenting fra Norhybrid som potensiell leverandør. Dette er en leverandør Forsvarsbygg allerede har samarbeidsrelasjon med.

Norhybrid utførte en simulering over Setermoen som avdekket at vindressursen ikke var god nok:

- Cut-in speed (minste vindhastighet som gir produksjon) er 2.9 m/s og gjennomsnittsvind i området er 2.48 m/s.
- Aktuelle lokasjoner for nærvind bør ha en gjennomsnittsvind fra rundt 6 m/s og oppover. Da får man et meningsfullt bidrag fra vindkraft i måneder med lite sol. Typisk finner man det i åpne landskap, i fjell/høyden eller kystnære områder.
- Forsvarsbygg kan verifisere om værmålingene er riktige dersom de har egne værstasjoner. Leverandøren tar høyde for at det kan være lokale forhold de ikke klarer å simulere. Det vurderes uansett som lite sannsynlig at nærvind er et aktuelt alternativ for Setermoen.



Foto hentet fra <https://www.norhybrid.com/>



Energikonsepter som er tatt med videre i utredningen

Tabellen viser energikonseptene som er tatt med videre i utredningen og vurdert mot de fire utvalgte vurderingskriteriene. Referansekonsptet er tatt med for å synliggjøre hvordan de utvalgte konseptene presterer sett opp mot en tradisjonell måte å bygge på.

Konseptnavn		Basis – energibehov og -design (de 4 nederste trinnene i energipyramiden)	Energiforsyning, styring og lagring (de 5 neste trinnene i energipyramiden)
0	Referansekonspt	<ul style="list-style-type: none"> Nybygg tilsvarer TEK17-bygg. Tradisjonelle mellom-/høytemperatur løsninger i bygg. Eksisterende bygg energimerke D-nivå (omtrent gjennomsnitt av dagens nivå). Mellom-/høytemperatur løsninger og energistyring som i dag. 	<ul style="list-style-type: none"> Fjernvarme grunn og spisslast både for nybygg og eksisterende bygg. Ingen lokal energiproduksjon Ingen lagring termisk eller elektrisk Ikke mekanisme for nedregulering/utkobling av uprioriterte laster Innføring av generell EOS og energiledelse
1	Grunnkonspt enkeltbygg inkl. varmepumper	<p>Gjelder for både konspt 1, 2 og 3:</p> <ul style="list-style-type: none"> Nybygg iht. <i>Grunnkonspt enkeltbygg</i>, dvs. god energiytelse, lavtemperatur systemer i bygg, akkumulering (termisk lagring), detaljert energimåling og godt SD- og automatiseringsanlegg. Eksisterende bygg energimerke D-nivå (omtrent gjennomsnitt av dagens nivå). Mellom-/høytemperaturløsninger og energistyring som i dag. 	<ul style="list-style-type: none"> Fjernvarme grunn- og spisslast i eksisterende bygg. Bergvarmepumpe som grunnlast nybygg, fjernvarme som spisslast. Ingen lokal elektrisitetsproduksjon Ingen lagring elektrisitet EOS/SD-anlegg inkluderer funksjoner for smart energistyring samt utkobling/nedregulering av uprioriterte laster
2	Grunnkonspt enkeltbygg inkl. varmepumper + Solceller		<ul style="list-style-type: none"> Solceller på alle nye bygg (og på eksisterende bygg når det passer med oppgradering/restlevetid tak og fasader). Utover det likt som for konspt 1.
3	Grunnkonspt enkeltbygg inkl. varmepumper + solceller og batteri		<ul style="list-style-type: none"> Solceller på alle nye bygg (og på eksisterende bygg når det passer med oppgradering/restlevetid tak og fasader). (Vindkraft vurdert, men ikke tatt med pga lokale forhold) Sentralt batteri Utover det likt som for konspt 1.
R	(Reservekraft-konspt)	I tillegg til ovennevnte konsepter er det utarbeidet et overordnet reservekraftkonsept for hvert av de alternative energikonseptene	



Kapittel 3

Energi- og effektbehovsvurderinger

Introduksjon energi- og effektbehovsvurderinger

Målet med kapitlet er å beskrive **brutto** energi- og effektbehov for termisk og elektrisk energi for Setermoen leir, i nåsituasjon og i forventet situasjon 2036. Sistnevnte definerer energien og effekten som skal forsynes av de alternative energiforsyningskonseptene i utredningen.

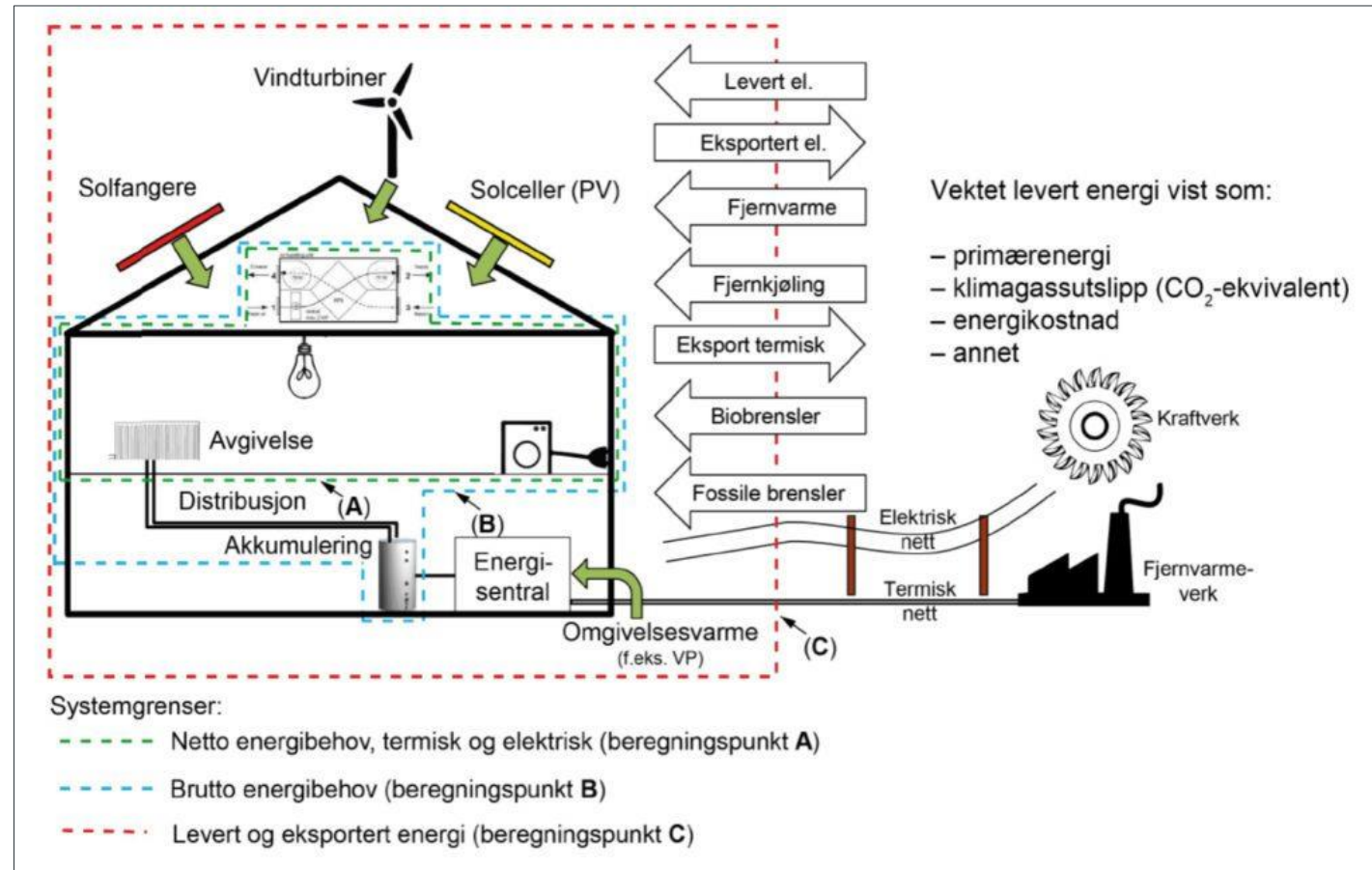
Brutto energibehov inkluderer energitapet tilknyttet distribusjon av energi, og er valgt som beregningspunkt ettersom datakildene våre har vært brutto energimålinger.

Kapitlet svarer ut følgende spørsmål:

1. Hvilken metode og hvilke datakilder er benyttet for å beregne energi- og effektbehovet?
2. Vurdering av usikkerhet
3. Nøkkeleresultater

Relevante delmål for bærekraft:

- ✓ *Kutte bruken av innkjøpt energi med 15 prosent i løpet av 2025 (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*
- ✓ *Bruke egenprodusert energi i nybygg og rehabiliteringsprosjekter (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*



Figur: Faglige definisjoner av energibegreper. Kilde: Simien.no



Metode – beregning av elektriske lastprofiler

Figuren under viser overordnet metode som er benyttet for å beregne elektrisitetsforbruk for de 5 hovedpostene som inngår. Alle beregninger for brutto energi- og effektbehov er utført med timesoppløsning, for å videre kunne vurdere verdien av energistyringskonsepter og lønnsomhet i solkraft opp mot vurderingskriteriene.

Elspesifikke laster eksisterende bygg

Målte verdier 2022 (Elhubdata for hele Setermoen Leir)



Fratrekk iht arealandel for bygg som etter plan skal rives før 2036



Brutto el-spesifikt energibehov eksisterende bygg anno 2036

Kommentar:

- 2022 er valgt som et gjennomsnittså av målte data fra 2020-2024

Elspesifikke laster nybygg

El-spesifikt forbruk hentet fra den mest realistiske datakilden blant tilgjengelige per bygningskategori [kWh/m²]



Planlagte nybyggarealer per bygningskategori



Brutto el-spesifikt energibehov nye bygg anno 2036

Kommentar:

- For flerbrukshall, verksted, messe og øvrig er el-spesifikt forbruk antatt tilsvarende som for eksisterende bygg. Her er det benyttet oversendte FB data per bygg som informasjonsgrunnlag.
- For resterende byggkategorier er det benyttet normerte tall for nybygg

Annet:

- Elbiler
- VP nybygg
- Vvb nybygg

Elbilforbruk forutsatt 30 % elbiler av 2000 parkeringsplasser. Lastprofiler per bil iht Multiconsult erfaringsdata for boliger



Elforbruk varmepumper nye bygg modellert som en funksjon av utetemperatur: Lineært økt forbruk fra 0 til 100 % mellom 11 og -33,4 °C



El til varmtvann nybygg. Forutsetter tilsvarende KV-forbruk per m² på nye og eksisterende bygg, og at 50 % omgjøres til varmt vann. Forbruk ansett fleksibelt.

Kommentar:

- Det er forutsatt av VP forsyner varme med COP = 3
- VP har 40 % effektdekningsgrad → Varmepumpen går fullt når det er kaldere enn -7 °C.
- Det er forutsatt at alt varmtvann forsynes fra el via VP i nybygg

Nøkkelresultater elektrisitet

Tabellen viser nøkkelresultatene for elektrisk energi- og effektbehov som benyttes som underlag for energikonsept 1, 2 og 3. Resultatene er vist i sum og oppdelt på hovedpostene som inngår, med historisk forbruk 2022 som kontekst. Nederste figur viser de tilsvarende totalresultater i timesprofil.

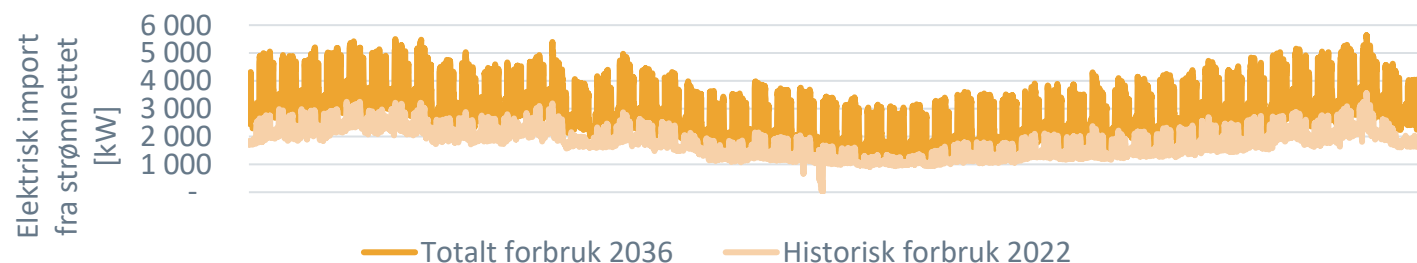
Med forutsetningene som er lagt til grunn blir summen av elektrisk energibruk per m² bygningsmasse tilnærmet lik i 2036 som i dag. Dette er ikke inkludert solceller.

Sum totalt forbruk 2036 er noe høyere enn historisk forbruk ettersom varmepumper, varmtvann og elbillading kommer inn som nye elementer. Varmepumpen representerer ikke økt energibruk, men økt elektrisk last. (Sum totalt forbruk per m² ville vært like under nivået til historisk forbruk 2022 dersom varmepumpen ikke hadde inngått i beregningene). El-spesifikt forbruk i eksisterende bygg 2036 er per m² tilnærmet likt historisk forbruk 2022 i tråd med forutsetningene som er lagt til grunn. Årsaken til at forbruket er noe høyere i 2036 per m², er at det kun er gjort fratrekk for forbruk i bygg som skal rives, og at det også foreligger forbruk som ikke er byggregulert.

Nybyggene har en del lavere el-spesifikt forbruk enn eksisterende bygg 2036 i tråd med forutsetningene som er lagt til grunn. Det el-spesifikke forbruket avhenger hovedsaklig av det elektriske utstyret som velges av Forsvarsbygg. Sannsynligvis vil noe av det nye el-spesifikke forbruket være mer energieffektivt enn det som er hensyntatt ettersom utredningen ikke har hatt tilgang til informasjon på dette nivået for eksisterende bygg og for planlagte nyinstallasjoner i enkelte bygningskategorier. Det er ikke hensyntatt potensiale i energieffektivisering for eksisterende bygg.

Årsaken til at ikke effektforbruket per hovedpost i sum blir lik totaltallene, er at totaltallene hensyntar forutsatt samtidighet mellom lastene, og at nøkkeltallene for de ulike hovedpostene er beregnet mot det arealgrunnlaget som er mest relevant for hver hovedpost, som vist av raden for bruksareal.

	El-spesifikt eksisterende bygg 2036	El-spesifikt nybygg	El til VP nybygg	El til vvb nybygg	El til Elbiler	Sum totalt forbruk 2036	Historisk forbruk 2022 for kontekst
Bruksareal [m ²]	129 000	79 000	79 000	79 000	208 000	208 000	142 000
Spesifikk effekt maks [W/m ²]	26	23	7	1	2	27	25
Høyeste effekt reell drift [MW]	3,3	1,8	0,5	0,1	0,4	5,6	3,6
Spesifikk energi [kWh/m ² ,år]	117	79	30	3	7	122	113
Elektrisk forbruk [GWh/år]	15,1	6,3	2,3	0,3	1,5	25,4	16,1



Brutto termisk energibehov - forutsetninger og vurderinger

Sliden viser hva som er lagt til grunn som beregnet energibehov for hhv. *eksisterende bygg*, *referansekonsept nybygg* og *grunnkonsept nybygg*. Metode og resultat er nærmere beskrevet i *Vedleggsnotat - Termisk energi*.

Eksisterende bygg 2036: Estimert brutto termisk energibehov for eksisterende bygg ved ferdig utbygd Setermoen leir er basert på data om fjernvarmeproduksjon for Setermoen leir for de siste fire årene, og omregnet til brutto energibehov basert på estimert produksjons- og distribusjonstap for fjernvarmen på 80 %. Dette gir gjennomsnittlig brutto energibehov på ca. 140 kWh/m² per år for alle eksisterende bygg. Det er lagt til grunn at brutto termisk energibehov per m² for eksisterende bygg i 2036 er uendret fra i dag*.

Referansekonsept nybygg: Brutto termisk energibehov for nybygg på TEK17-nivå er estimert ved å gange spesifikt effektbehov for de enkelte bygningskategoriene med brukstid på 2 000 timer. Dette treffer erfaringsmessig i snitt forholdsvis godt på reelt forbruk, og er betydelig høyere enn normerte beregninger**. Grunnen til at det er valgt å benytte erfaringstall og ikke normerte beregninger er en forventning om at vi da er nærmere reell energibruk i drift enn det vi hadde vært om vi hadde benyttet normerte beregninger.

Grunnkonsept nybygg: Tabellen til høyre viser tall for brutto termisk energibehov for TEK17-bygg og det anbefalte *Grunnkonsept enkeltbygg* som er benyttet i utredningen. På grunn av bedre isolasjon, tetthet og styring er det antatt at brutto energibehov for *Grunnkonseptet Enkeltbygg* er 15 % lavere enn for TEK17-bygg***.

Type bygg	Brutto termisk energibehov – eksisterende bygg 2036 [kWh/m ² ,år]	Brutto termisk energibehov nybygg TEK17-nivå [kWh/m ² ,år]**	Brutto termisk energibehov - <i>Grunnkonsept Enkeltbygg</i> [kWh/m ² ,år]**
Flerbrukshall	140 (Gjennomsnitt for alle bygningskategoriene)	140	119
Verksted		140	119
Kvarter		100	85
Forlegning/kaserne		100	85
Kontor		100	85
Messe		120	102
Øvrig		120	102

*Denne antakelsen er basert på tilbakemeldinger fra Forsvarsbygg underveis i utredningen; Med det store omfanget eksisterende bygg som skal videreføres er det lite sannsynlig at en stor andel av bygningsmassen vil få en omfattende energioppgradering fram mot 2036.

**Dette innebærer rundt 70-100 % økt brutto energibehov sammenliknet med beregninger etter normerte verdier iht. TEK17. Årsaken er blant annet at normerte beregninger simulerer optimal drift med normerte brukstider, mens bygg ofte driftes med økte brukstider og mindre optimal styring. I tillegg inkluderer ikke normerte beregninger prosesser i byggene. Det er riktignok stor usikkerhet knyttet til disse tallene, men det viktige for utredningen er forholdet mellom TEK-nivå og Grunnkonsept enkeltbygg og ikke de spesifikke tallene i seg selv.

***FBs miljøoppfølgingsplan viser til Krav om nasjonal nZEB (nesten nullenergibygg). De tilsvarende energikravene knyttet til klimaskallet er forutsatt som minimumskrav for *Grunnkonsept Enkeltbygg*

Brutto termisk effektbehov nybygg – forutsetninger og vurderinger

Sliden beskriver det termiske effektbehovet som er lagt til grunn for energikonseptene. For effektbehov fokuseres det på bidraget fra nybyggene, ettersom dette representerer tilleggsbehovet som skal forsynes av energikonseptene. Metode og resultat er nærmere beskrevet i *Vedleggsnotat - Termisk energi*. Tabellen viser det som er lagt til grunn for spesifikt dimensjonerende termisk effektbehov per bygningskategori for nybygg. Tallene er basert på erfaringsverdier for reelt effektbehov for nybygg*. Grunnen til at det er valgt å benytte erfaringstall og ikke normerte beregninger er en forventning om at vi da er nærmere reelt effektbehov i drift enn det vi hadde vært om vi hadde benyttet normerte beregninger. Resultatet er nærmere beskrevet gjennom et regneeksempel for Flerbrukshall i *Vedleggsnotat - Termisk energi*.

Bygningstype	Areal nybygg	Spesifikt dimensjonerende termisk effektbehov lagt til grunn i beregningene for nye bygg [W/m ²]*	Totalt termisk effektbehov for planlagte nye bygg [kW]
Flerbrukshaller/ verksted	31 400	70	2200
Kvarter	22 500	50	1130
Kaserne	7 900	50	400
Kontor	3 900	50	200
Messe	5 600	60	340
Øvrig	7 400	60	440
Totalt	79 000		4700
Dimensjonerende			4000**

**Fortsatt en samtidighetsfaktor på 0,85

ØKT EFFEKTBEHOV FOR SENTRAL TERMISK ENERGIFORSYNING

Med omfanget av nybygg som er planlagt for Setermoen er dimensjonerende effektbehov beregnet til totalt ca. 4 MW. Med forutsetning om en samlet produksjons- og distribusjonsvirkningsgrad på 80 % vil det være behov for en kapasitet på ca. 5 MW input energi i energisentralen.

- Effektverdiene kan trimmes ned ytterligere med samtidighetsvurderinger og ikke minst ved bruk av lokale energikilder.
- Med lokale varmepumper vil effektbehovet til sentral termisk energiforsyning for nybygg reduseres med 40 % (Varmepumper bruker strøm som innsatsfaktor og er forutsatt å dekke 40 % av effektbehovet).

*Dette innebærer høye effektbehov sammenliknet med beregninger etter normerte verdier iht. TEK17. Årsaken er blant annet at normerte beregninger simulerer optimal drift med normerte brukstider, mens bygg ofte driftes med økte brukstider og mindre optimal styring. I tillegg inkluderer ikke normerte beregninger prosesser i byggene.

Termisk effektbehov - eksempelberegning

EKSEMPELBEREGNING:

Reduksjon i dimensjonerende effektbehov for enkeltbygg

Det er gjennomført en overordnet beregning av effektbehov for et nybygg (Flerbrukshall) iht. *Grunnkonsept Enkeltbygg*. Denne er sammenliknet med dimensjoneringsverdier for ny flerbrukshall fra annen leir for Forsvarsbygg. Tabellen til høyre viser den estimerte reduksjonen i dimensjonerende effektbehov. Den store reduksjonen for varmt tappevann (95 %) skyldes i hovedsak lokal akkumulering. Estimert reduksjon i effektbehov for oppvarming utenom varmt tappevann er også stor (65 %) uten at vi har en entydig forklaring på det. Det bør sees nærmere på årsaker til dette i videre arbeid.

Eksempelberegningen er vist i *Vedleggsnotat - Termisk energi*.

	Effektbehov nybygg flerbrukshall fra annen leir gjennom konvensjonell tilnærming	Estimert effektbehov Flerbrukshall – iht. tilnærmingen som gjelder <i>Grunnkonsept enkeltbygg</i>	Effekt-reduksjon
Oppvarming utenom varmt tappevann	1410 kW	500 kW	65 %
Varmt tappevann	450 kW	20 kW	95 %



Illustrasjon: Eksempler på Flerbrukshaller fra EBA-plan



Usikkerheter knyttet til vurderinger av energi- og effektbehov

ELEKTRISK ENERGIBEHOV - USIKKERHETER

El-spesifikt forbruk i nybygg avhenger sterkt av det spesifikke utstyret som blir valgt installert i det enkelte bygg, samt bruken av bygget. Denne informasjonen har i liten grad vært tilgjengeliggjort i konseptutredningen, og i mangel av bedre kilder har vi valgt å basere oss på målt forbruk fra eksisterende bygg eller normerte tall, alt etter hva som er ansett mest relevant for hver bygningskategori.

Det er hovedsakelig historisk forbruk i eksisterende bygg som er lagt til grunn for å estimere el-spesifikt forbruk i nybygg. Samtidig har vi ikke hatt mulighet til å kontrollere om eksisterende forbruk er nødvendig/energieffektivt, noe som gjør at beregningene er forbundet med vesentlig usikkerhet. Analyser av historisk forbruk tilsier eksempelvis at forbruket på nattestid er bemerkelsesverdig høyt.

TERMISK ENERGIBEHOV - USIKKERHETER

Det følger betydelige usikkerheter knyttet til forutsetninger for termisk energi- og effektbehov. Reelt brutto energibehovet er i stor grad avhengig av bruken av byggene og hvordan de styres. Som grunnlag for beregninger i utredningen er det benyttet erfaringstall fra tilsvarende Grunnen til at det er valgt å benytte erfaringstall og ikke normerte beregninger er en forventning om at vi da treffer nærmere reell energibruk i drift enn det vi hadde vært om vi hadde benyttet normerte beregninger. Men dette utgjør naturligvis en betydelig usikkerhet.

Det er lagt til grunn at brutto termisk energibehov per m² for eksisterende bygg i 2036 er uendret fra i dag. Denne antakelsen er basert på tilbakemeldinger fra Forsvarsbygg underveis i utredningen; med det store omfanget eksisterende som skal videreføres det lite sannsynlig at en stor andel av bygningsmassen vil få en omfattende energioppgradering fram mot 2036. Men det er planlagt enkelte tiltak, så verdien som er benyttet vurderes som konservativ. Potensialet for energieffektivisering for eksisterende bygg er stor, så om det lykkes å realisere mer omfattende energioppgraderinger vil det utgjøre mye i redusert energibruk og et potensielt stort avvik fra det vi har forutsatt i utredningen.

GENERELLE VURDERINGER RUNDT USIKKERHETER

Usikkerhetene rundt forutsetninger for både termisk og elektrisk energi- og effektbehov gir betydelige usikkerheter rundt presenterte tall for energi- og effektbehov for Nye Setermoen leir. Tallene må leses med det i bakhodet.

Et viktig element er at hovedhensikten med utredningen ikke er å treffe eksakt på fremtidig energibruk og effektbehov, men å definere et energikonsept der forholdene ligger til rette for å oppnå lav energibruk og lavt effektbehov i faktisk drift. For dette trengs kun «gode nok» estimater på energi- og effektbehov til å få fram forskjellene mellom konseptene. Det har vært fokuset i denne utredningen.

Oppsummering energi- og effektbehovsvurderinger

TERMISK ENERGI- OG EFFEKTBEHOV

Det er beregnet og/eller estimert følgende resultater for termiske energi- og effektbehov:

- *Grunnkonsept enkeltbygg* er forutsatt å ha 15 % lavere brutto termisk energibehov enn referansebygg (TEK17-nivå), som følge av at det legges til grunn bedre ytelse på klimaskall, bedre tetthet og tilrettelegging for mer effektiv energistyring.
- *Grunnkonsept enkeltbygg* vil gi betydelig lavere effektbehov til varmt tappevann (opp mot 95 % reduksjon) og vesentlig lavere effektbehov til oppvarming og ventilasjon, sammenliknet med dagens praksis for Forsvarsbygg.
- Økt effektbehov for sentralt termisk energiforsyning som følge av planlagte nybygg er estimert til ca. 5 MW. Med lokale varmepumper vil effektbehovet fra sentral termisk forsyning i normal drift kunne reduseres til ca. 3 MW.

Relevante delmål for bærekraft:

- ✓ *Kutte bruken av innkjøpt energi med 15 prosent i løpet av 2025 (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*
- ✓ *Bruke egenprodusert energi i nybygg og rehabiliteringsprosjekter (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*

ELEKTRISK ENERGI- OG EFFEKTBEHOV

Det er beregnet og/eller estimert følgende resultater for elektrisk behov:

- Elspesifikt forbruk i nye bygg er forutsatt å være betydelig lavere enn for eksisterende bygg i Nye Setermoen Leir (79 kWh/m²,år vs. 117 kWh/m²,år)*.
- Totalt beregnet elforbruk for Nye Setermoen leir (utenom solceller) er noe høyere enn dagens forbruk målt per m² bygningsmasse (122 kWh/m²,år vs. 115 kWh/m²,år). Selv om enkelte av nybyggkategorier er forutsatt å være betydelig mer energieffektive sammenliknet med eksisterende bygg, veies det opp av at varmepumper, varmtvann og elbillading kommer inn som nye elektriske laster på forbrukssiden.
- Det antas å være et betydelig potensiale i energieffektivisering i eksisterende bygningsmasse, som igjen ville påvirket beregningene. Vi har ikke hatt mulighet til å kontrollere om eksisterende forbruk er nødvendig/energieffektivt, noe som gjør at beregningene er forbundet med vesentlig usikkerhet.

*Historisk elektrisitetsforbruk er ansett å være beste tilgjengelige informasjonskilde for å estimere fremtidig elspesifikt forbruk for eksisterende bygg, og også enkelte av bygningskategoriene som Flerbrukshall og Messe for nybygg. Her kan det ligge et betydelig potensial for å oppnå lavere forbruk. Det reelle el-spesifikke forbruket avhenger hovedsakelig av det elektriske utstyret som velges av Forsvarsbygg, prosesser i og bruk av byggene i praksis og styring av energibruk.



Kapittel 4

Energiforsyning og energistyring



Kapittel 4.1 Vurdering termisk energiforsyning

Introduksjon termisk energiforsyning

For Setermoen leir er det i all hovedsak ikke kjølebehov. Det fokuseres derfor på varmeproduksjon som skal dekke behov for romoppvarming, ventilasjonsvarme og varmt tappevann.

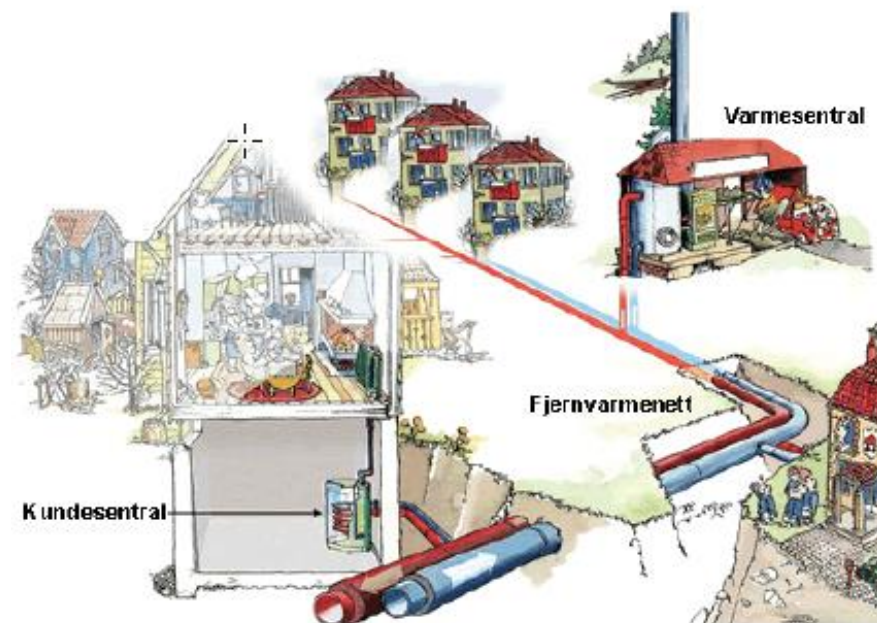
På Setermoen finnes det i dag en felles energisentral basert på flis som grunnlast og gasskjeler som spisslast. I praksis får alle eksisterende bygg fjernvarme fra denne sentralen i dag. Det er forutsatt at de av byggene som videreføres til Nye Setermoen leir vil fortsette å forsynes med fjernvarme*.

Som følge av at vi ikke har hatt tilgang til gradert informasjon i denne utredningen har vi ikke tilstrekkelig informasjon om dagens distribusjonsnett for fjernvarme til å gjøre vurderinger knyttet til distribusjonsnettet.

Kapittelet svarer ut følgende spørsmål:

1. Hvordan kan profilen for termisk energiforsyning se ut for nye og transformerte bygg, og hvilken kombinasjon av energikilder anbefales for Setermoen?
2. Hvordan kan profilen for termisk energiforsyning se ut for eksisterende bygg, og hvilken kombinasjon av energikilder anbefales for Setermoen?
3. Er det behov for en ekstra felles energisentral tilknyttet fjernvarmenettet?
4. Oppsummering

*Systemene i byggene er tilpasset fjernvarme og det er vurdert som lite hensiktsmessig i et kost nytteperspektiv å bygge om til lavtemperatur løsninger med mindre byggene skal totalrehabiliteres



Figur: Illustrasjon av fjernvarmeanlegg (Kilde: *Veien til biovarme*, NOBIO)

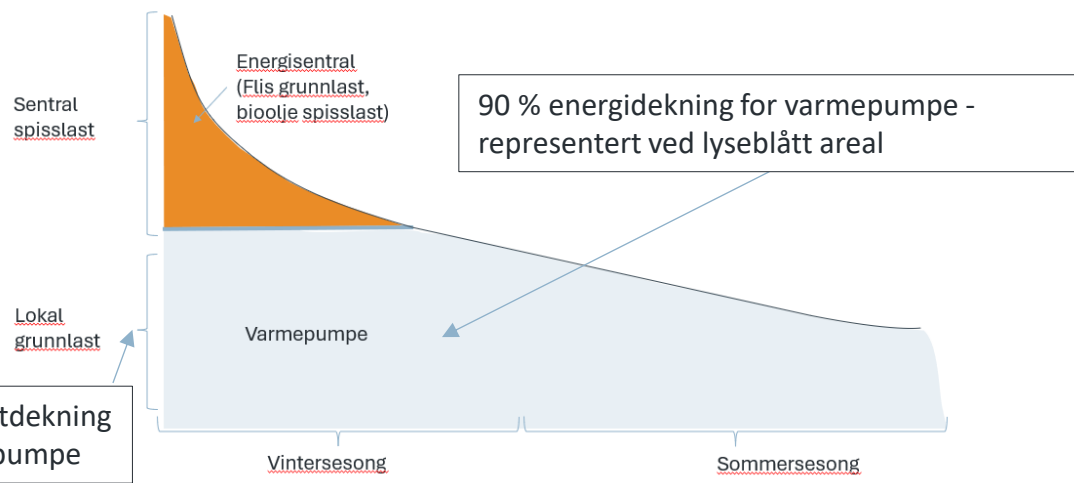
Relevante delmål for bærekraft:

- ✓ Kutte bruken av innkjøpt energi med 15 prosent i løpet av 2025 (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)
- ✓ Bruke egenprodusert energi i nybygg og rehabiliteringsprosjekter (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)



Forsyningsprofiler termisk sett fra et byggs perspektiv

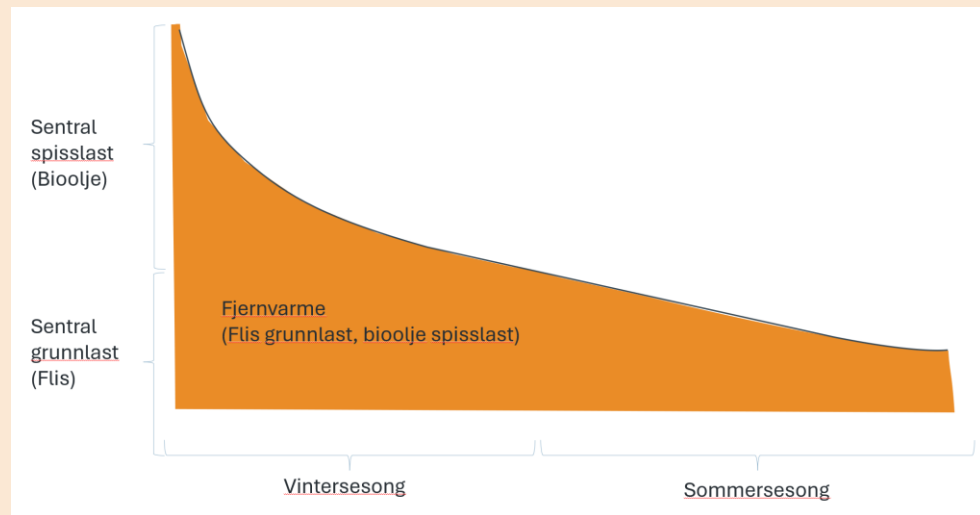
Forsyningsprofiler termisk sett fra et nybyggs perspektiv:



For **nye og transformerte bygg** vil lokale varmepumpeløsninger dekke hele det termiske behovet i sommersesongen, og være grunnlast i vintersesongen. Med dimensjonering for 40 % av effektbehovet oppnås rundt 90 % energidekning over året for varmepumpen. Effektbehovet er vist i y-aksen, mens energibehovet er arealet under linjen vist med lyseblått for varmepumpe og oransje for energisentral.

Byggets spisslast dekkes fra energisentralen, der flisfyring går som grunnlast i fyringssesongen og bioolje fungerer som spisslast. Som vist i kapittel 3 reduseres behovet for økt kapasitet for felles energisentral (ny eller utvidelse av eksisterende) med 40 %, fra ca. 5 MW til ca. 3 MW ved at lokale varmepumper er del av konseptet.

Forsyningsprofiler termisk sett fra et eksisterende byggs perspektiv:



Eksisterende bygg er tilpasset for bruk av fjernvarme, og det er forutsatt at dette er tilfellet også ved ferdig utbygd Setermoen leir.

Produksjonen av fjernvarme foregår med flis som grunnlast, og det forutsettes for Nye Setermoen leir at bioolje vil benyttes som spisslast.

Med optimalisering av produksjonen i energisentralen, f.eks. ved akkumulering og optimal brenselbehandling, vil man kunne oppnå at flis får en betydelig større energidekningsgrad.

Forsyningsprofil termisk for hele leiren

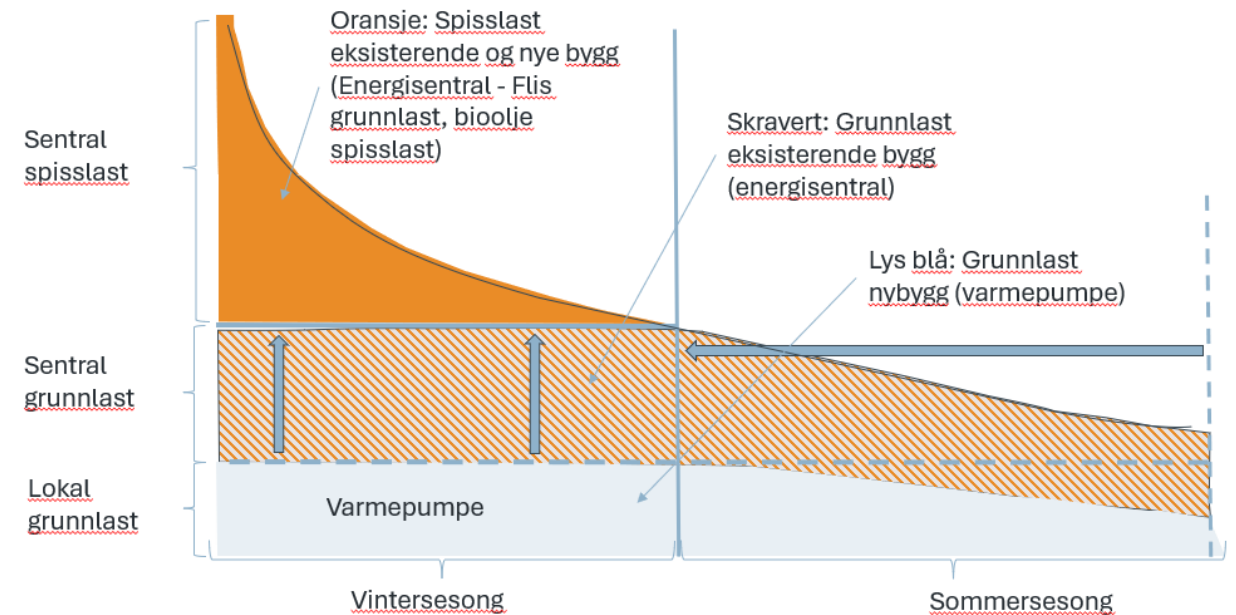
Et mål om at bergvarmepumpe på sikt kan dekke en hovedandel grunnlasten

Figuren til høyre viser skjematisk termisk energiforsyning for hele Nye Setermoen leir. Lyseblå farge er energibehov dekket av varmepumpe (grunnlast nye bygg), skravert viser energibehov dekket av energisentral (grunnlast eksisterende bygg) og oransje viser spisslast fra energisentral for både nye og eksisterende bygg.

Et mål for Setermoen på sikt kan være at varmepumper fases gradvis inn som grunnlast også for eksisterende bygg. Dette bør typisk skje når byggene uansett må totalrehabiliteres, da det krever omlegging til lavtemperatur systemer i bygg. Dette må vurderes ut fra hensiktsmessighet for det enkelte bygg.

Økt andel bygg med lokale varmepumper vil øke effekt- og energidekningen fra varmepumper totalt for leiren. Skravert felt i figuren viser dette illustrativt, der målet er at varmepumpen går fra å dekke ca. halvparten av området grunnlast (nybyggenes grunnlast) til å dekke en hovedandel av området grunnlast (både nye og eksisterende bygg). Dette vil medføre redusert behov for sentral energiproduksjon og ikke minst betydelig reduksjon i kjøpt energi på grunn av varmepumpenes ytelse.

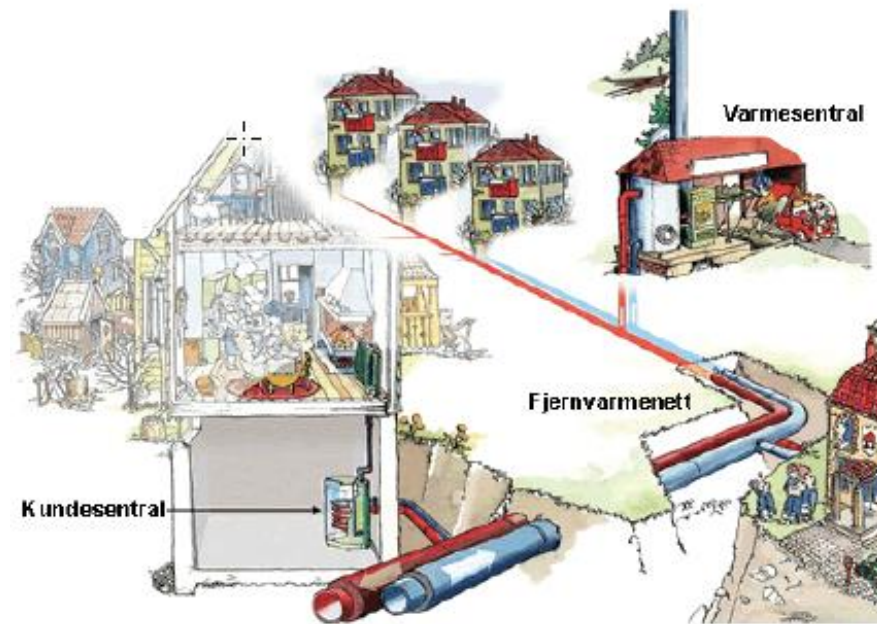
Systematisk EOS, energiledelse og energieffektivisering vil bidra til å gradvis redusere energi- og effektbehovet som skal forsynes etter hvert som årene går, som vil medføre at en større andel av det termiske energibehovet kan dekkes av varmepumpe.



Oppsummering termisk energiforsyning

For den termiske delen av energikonseptet legges følgende til grunn ved videre vurderinger og analyser av konseptene:

1. Varmepumper legges til grunn som basis for nye og transformerte bygg. Hovedhensikten med dette er å utnytte lokal overskuddsenergi og redusere levert energi i stor grad.
2. Fjernvarme videreføres for eksisterende bygg på grunn av temperaturkrav. Gradvis vil eksisterende bygg kunne konverteres til *Grunnkonsept enkeltbygg*, slik at varmepumpe dekker en større del av grunnlasten for hele området.
3. Slik situasjonen er i dag kan det se ut til at man trenger en ny energisentral på opp mot 5 MW dersom alt varmebehov skulle dekkes av fjernvarme. Med varmepumper, som ligger til grunn i konseptene, reduseres effektbehovet til ca. 3 MW.
4. Skal en eventuell ny energisentral samkjøres med eksisterende vil det være samme temperaturkrav som eksisterende energisentral. Det er derfor naturlig at denne også er basert på flis som grunnlast. Dette må sees nærmere på videre i prosjektet.
5. Dagens energisentral kan øke ytelse og forbedre virkningsgrad ved å inkludere akkumulering og styring, og optimalisere lagring og tørking av flis.



Figur: Illustrasjon av fjernvarmeanlegg (Kilde: *Veien til biovarme*, NOBIO)

Relevante delmål for bærekraft:

- ✓ *Kutte bruken av innkjøpt energi med 15 prosent i løpet av 2025 (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*
- ✓ *Bruke egenprodusert energi i nybygg og rehabiliteringsprosjekter (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*



Kapittel 4.2 Vurdering solkraft

Introduksjon solkraftvurderinger

Realisering av solkraft på bygg i Setermoen leir utgjør forskjellen mellom energikonsept 1 og 2, som vist i slide [Energikonsepter](#).

Kapitlet svarer ut følgende spørsmål:

1. Hva er det tekniske potensialet for solkraft på Setermoen leir?
2. Hvordan kan solkraft bidra inn mot Forsvarsbygg sine bærekraftsmål og hvilken rolle spiller solkraft i energikonseptet?
3. Hvordan ser den direkte økonomiske lønnsomhetscasen ut for en foreslått utbygging?
4. Oppsummering og hvordan resultatene brukes videre

Relevante delmål for bærekraft:

- ✓ *Kutte bruken av innkjøpt energi med 15 prosent i løpet av 2025 (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*
- ✓ *Bruke egenprodusert energi i nybygg og rehabiliteringsprosjekter (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*



Metode: Beregning av solkraftpotensiale

Følgende metode er benyttet for å vurdere solkraftpotensialet på bygg for Setermoen leir:

1. Vurdering av takflater og fasader som potensielt er tilgjengelige for solkraft (m²)
 - Arealer som er tilgjengelig for solceller er forenklet forutsatt å være BRA/antall etasjer, som oppgitt på slide [Arealer](#).
2. Beregning av spesifikke produksjonsprofiler (kWh/m²) for solkraft
 - Det er etablert spesifikke lastprofiler med timesoppløsning (kWh/m² solceller) for 5 stk himmelretninger for Setermoen leir.
3. Multiplisere 1 og 2 for beregning av produksjonspotensiale
 - For beregning av teknisk potensiale er det forutsatt solceller tilsvarende 50 % av tilgjengelige arealer på tak og fasader
 - Det er også beregnet et “anbefalt design” der lastprofiler og kapasitet i elektrisk infrastruktur er hensyntatt i større grad i de tekno-økonomiske vurderingene, og det er valgt en lavere takutnyttelse enn den teoretisk tilgjengelige.

Inputparametre tekniske solcelleberegninger					
Tak og fasader solkraft	Tak øst-vest (10°)	Tak sør (10°)	Fasade sør	Fasade øst	Fasade vest
Spesifikk årsproduksjon (kWh/kWp)	677	716	722	531	518
Tilgjengelige arealer tak/fasader [m ²]	120 000	0	12 000	0	0
kWp / m ² - faktor	0,215				



Nøkkelresultater – teknisk potensiale vs foreslått design

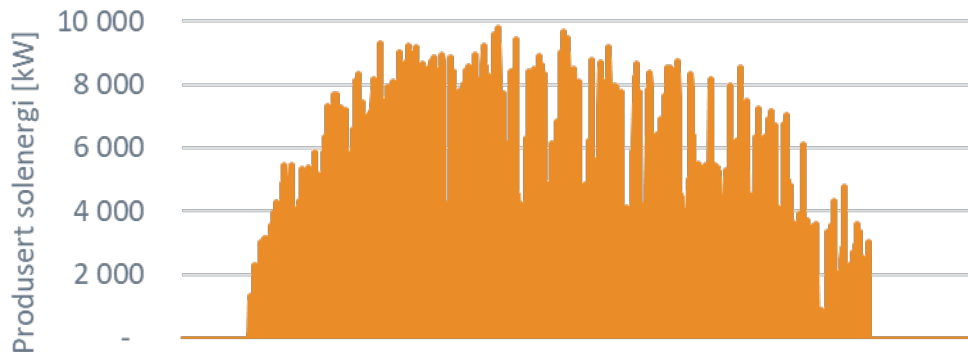
Tabellene og figurene under viser resultater og valgte inputparametre for et teknisk potensiale og et foreslått design, der sistnevnte legger opp til lavere takutnyttelse for å tilpasse produksjon til lastprofil og kapasitet i teknisk infrastruktur. Resultatene viser at Setermoen leir har et betydelig teknisk potensiale for solkraft fra tak og fasader på eksisterende bygg og nybygg med rundt 10 MW produksjonspotensiale.

TEKNISK POTENSIAL	Tak øst-vest (10°)	Fasade sør	Sum
Utnyttelse tilgj. tak og fasader	50 %	50 %	
Areal solcellepaneler [m2]	60 700	6 100	66 770
Innst. Effekt [MWp]	13 050	1 310	14 360
Maks samtidig produksjon [MW]	9,0	1,1	9,8
Årlig produksjon [GWh/år]	8,8	0,9	9,6

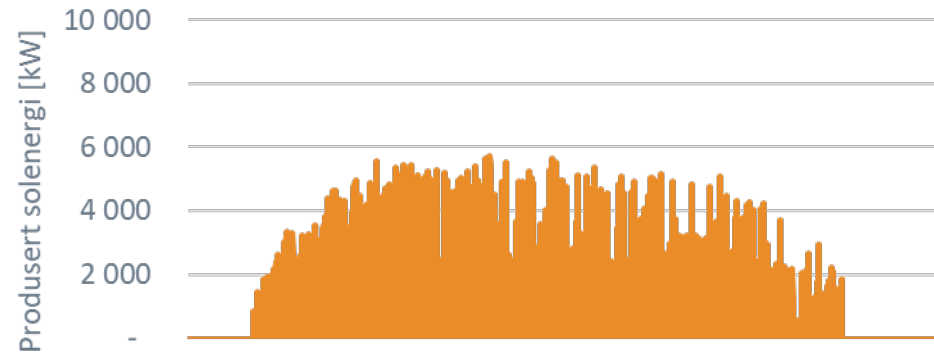
Til sammenligning er høyeste last i 2036 beregnet å være ca. [6 MW](#). Det foreslåtte designet har tilnærmet lik innmatingstopp som uttakstopp fra strømmettet ettersom samme infrastruktur skal kunne håndtere innmating og uttak av kraft. Ved smart energistyring og struping av solkraft, kan Forsvarsbygg teknisk sett realisere mer enn det foreslåtte designet innenfor rammene av eksisterende infrastruktur.

FORESLÅTT DESIGN	Tak øst-vest (10°)	Fasade sør	Sum
Utnyttelse tilgj. tak og fasader	27 %	50 %	
Areal solcellepaneler [m2]	32 800	6 100	38 900
Innst. Effekt [MWp]	7 050	1 310	8 360
Maks samtidig produksjon [MW]	4,8	1,1	5,8
Årlig produksjon [GWh/år]	4,8	0,9	5,7

Teknisk potensiale solkraft



Foreslått design

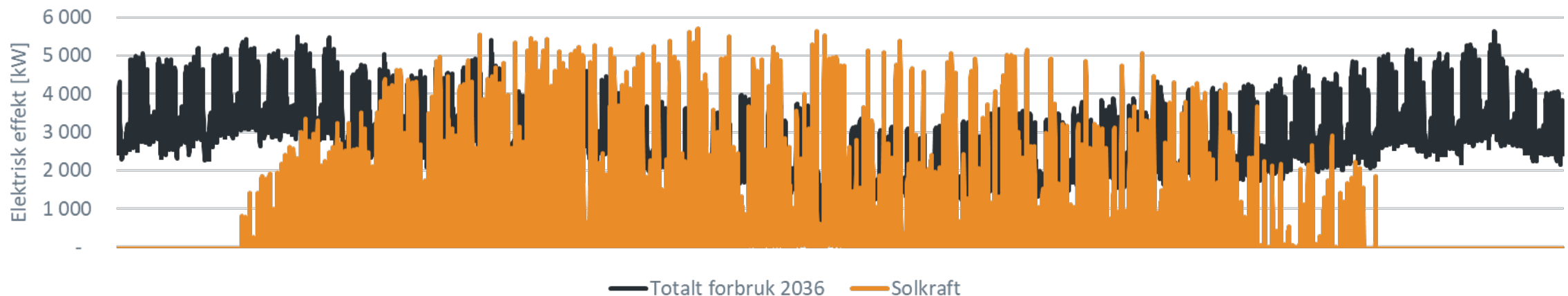


Nøkkelresultater strøm – foreslått design solcelleanlegg

Figurene viser nøkkeltall for foreslått solkraftanlegg sett i sammenheng med lastprofil og kapasitet på eksisterende infrastruktur.

- ✓ Resultatene viser at solcelleanlegget produserer 5,6 GWh solkraft, som igjen reduserer behovet for levert energi fra strømmettet med 20 - 25 % for Setermoen leir.
- ✓ Innmatingspotensialet for solkraft for det foreslåtte designet er sammenlignbart med maks uttak av elektrisk kraft for Setermoen leir. Ettersom noe av solkraften brukes lokalt, viser tabellen til høyre at reell innmatning til nettet i praksis er noe lavere.
- ✓ I tråd med premisset om å unngå påvirkning på naturmangfold ønskes det å minimere nye arealer satt av til energiinfrastruktur. Ettersom det tekniske potensialet på bygg (som ikke krever nye arealer) ikke er fullt utnyttet i det foreslåtte designet, er det ikke fokusert på bakkemontert solkraft (som krever nye arealer) i beregningene.
- ✓ Ettersom Setermoen leir er bak et felles avregningsmålepunkt, vil fokuset være på å realisere de billigste flatene for solenergi. En naturlig start er å maksimere utnyttelsen av nye bygg, i tillegg til å realisere solkraft på eksisterende bygg der forholdene ligger til rette.

Nøkkeltall energi og effekt	
Max import [MW]	5,7
Max eksport hensyntatt last [MW]	-4,0
GWh elektrisk forbruk	25,4
GWh produksjon	5,7
Direkte egenforbruk - andel [%]	88 %
Andel selvforsynt – hele leiren [%]	22 %



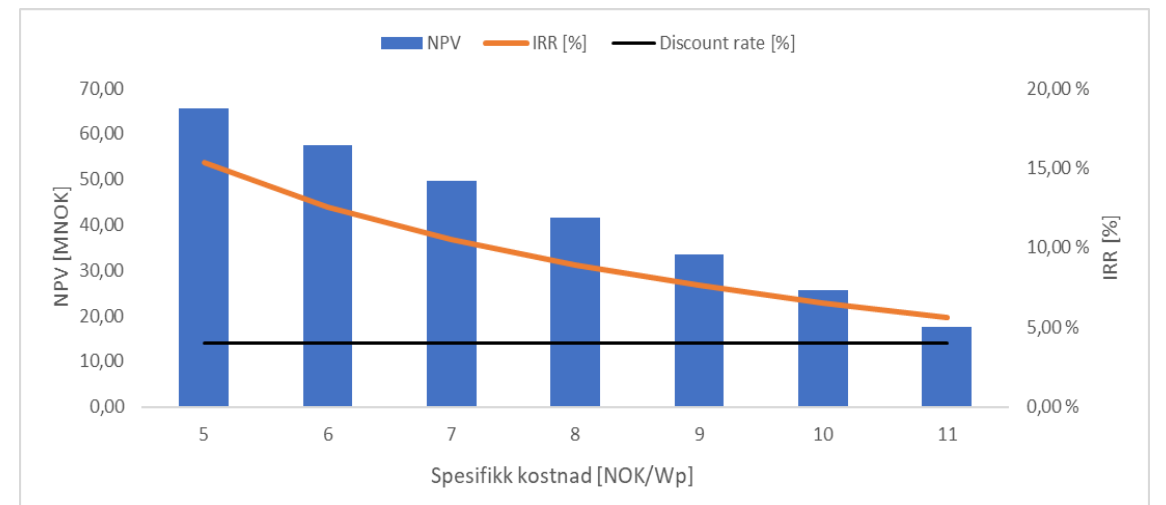
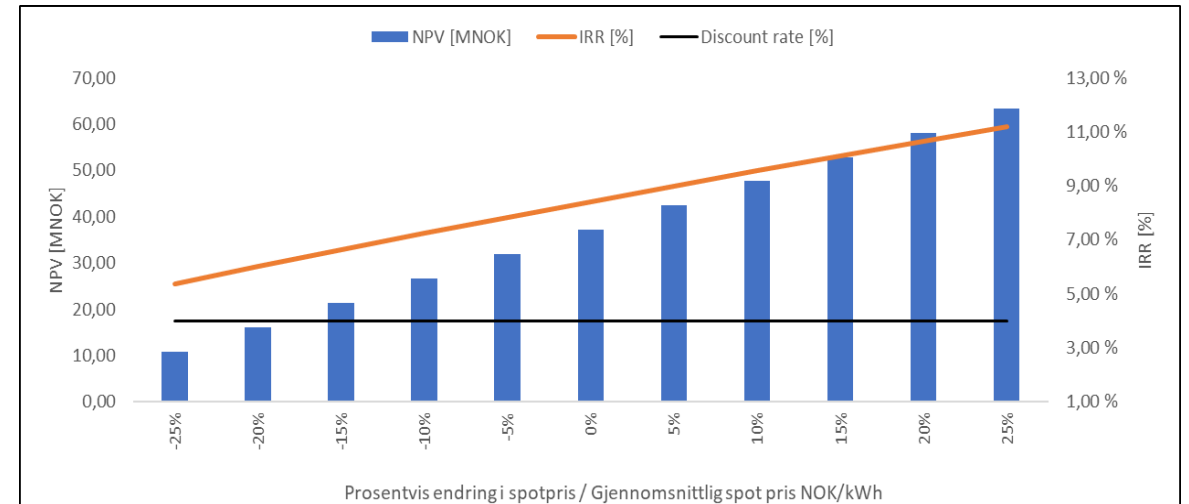
Nøkkelresultater økonomi – foreslått design solcelleanlegg

- Økonomieresultatene viser, forutsatt nøkkelinput som vist under, at solstrøm kan produseres til en kostnad på ca. 80 øre/kWh på Setermoen.
- Strømpris og innkjøpskostnad påvirker lønnsomheten mest.
- Internrenten varierer mellom 5 til 11 % når total strømkostnad varierer mellom 1-1,5 kr/kWh (se figur øverst til høyre)
- Nåverdien på investeringen varierer mellom 66 til 18 MNOK når innkjøpskostnad varierer mellom 5 til 11 NOK/Wp (se figur nederst til høyre)

Nøkkelinput		
Specific system cost	8	NOK/Wp
Installed capacity	8360	Wp
Discount rate	4,00 %	
Electricity price inkl. grid costs	1,30	NOK/kWh
Yearly O&M of system cost	0,20 %	%/Investment cost
Yearly linear degradation factor	0,10 %	
Technical lifetime PV	30	
Lifetime inverter	15	

Resultater		
Total investment cost	66 880 000	NOK
Energy production year 1	5 713 000	kWh
IRR	8,4 %	
NPV (MNOK)	38	NOK
Payback time	12	Years
LCOE	0,78	NOK/kWh

Sensitivitetsanalyse



Oppsummering solkraftvurderinger

Realisering av solkraft på Setermoen leir utgjør steget mellom Energikonsept 1 og 2 og gir følgende nøkkelresultater:

1. Realisering av solkraftpotensialet for egnede flater i nye og eksisterende bygg vil være i tråd med retningslinjene satt i miljøoppfølgingsplan og solstrømsvelgeren.
2. Det tekniske solkraftpotensialet for Setermoen Leir er estimert til ca. 10 GWh/år (10 MW). Ettersom det tekniske potensialet på bygg er ansett å være stort nok, anses det ikke å være behov for bidrag fra bakkemontert solkraft.
3. Et solkraftanlegg dimensjonert etter lastprofil for elforbruk produserer ca. 6 GWh per år, og reduserer behovet for levert energi med 20 - 25 %.
4. Lønnsomhetscasen for Setermoen leir er positiv, forutsatt en alternativ strømkostnad på 1-1,5 kr/kWh.
5. Solkraft vil også kunne bidra som drivstoffreduserende tiltak i et reservekraftforsyningsperspektiv, som beskrevet i vurderinger [forsyningsikkerhet](#).

Resultatene fra kapitlet vil inngå i videre vurderinger innen energistyringskonsept, reservekraftkonsept og helhetlige vurderingskriterier tilknyttet energikonseptene.

Relevante delmål bærekraft:

- ✓ *Kutte bruken av innkjøpt energi med 15 prosent i løpet av 2025 (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*
- ✓ *Bruke egenprodusert energi i nybygg og rehabiliteringsprosjekter (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*





Kapittel 4.3 Vurdering batteri

Introduksjon: Batterisystemets verdiforslag

Et batterisystem kan løse mange utfordringer og tilføre verdi for flere interessenter og aktører langs kraftkjeden, som vist i figuren til høyre.

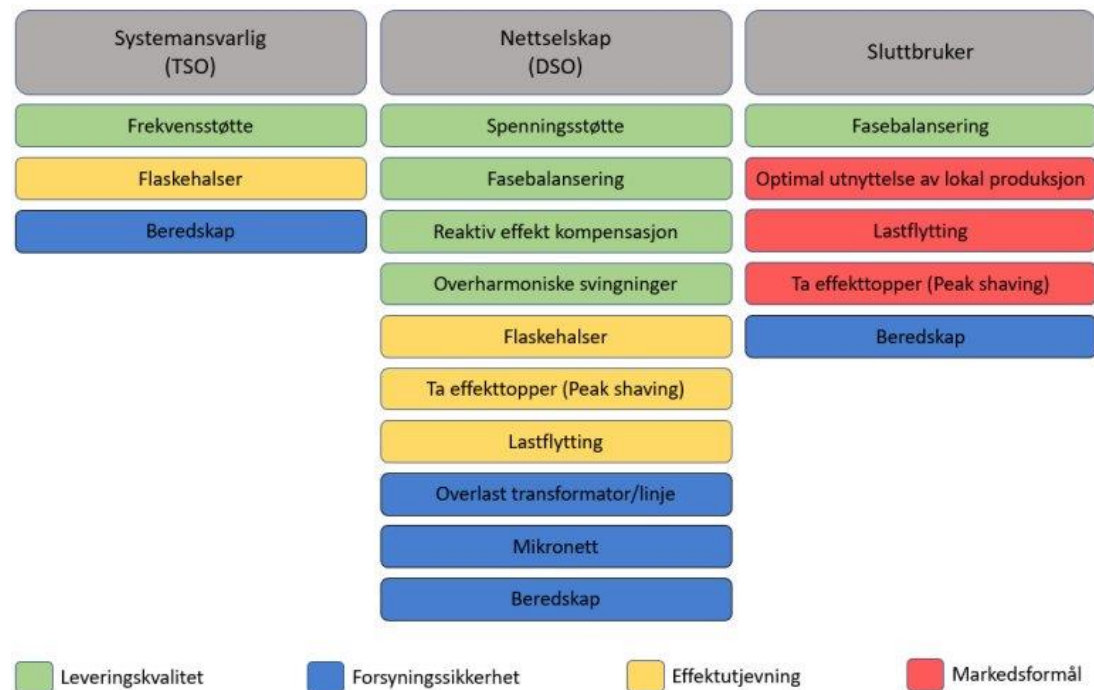
Hva kan forsvare en investering i batteri i et konkret prosjekt?

- Det løser et konkret problem / en konkret teknisk utfordring
- Det bidrar til å avbalansere det øvrige kraftnettet og øke sikkerhet og forutsigbarhet
- Det muliggjør erstatning av en eksisterende energibærer som anses mindre miljøvennlig.
- Batteriet anses å være en lønnsom investering

Kapitlet vurderer overordnet hvilke verdier og funksjoner et batteri kan bidra med for Setermoen leir, for å kunne vurdere batteri som del av energikonseptet sett opp mot vurderingskriteriene.

Relevante bærekraftsmål for utredningen:

- ✓ *Utforske ny teknologi for produksjon og lagring av energi (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*
- ✓ *Bruke egenprodusert energi i nybygg og rehabiliteringsprosjekter (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*



Kilde: NVE (2020)

Batteri – bruksområder Setermoen leir

Et batterisystem på Setermoen Leir kan bidra innen følgende bruksområder:

Vanlig drift

1. Effekttoppredusjoner
 - Redusert effekttariff
 - Økt utnyttelse av eksisterende infrastruktur
2. Lagring av egenprodusert solkraft
 - Solkraft får økt verdi
 - Mulig å utnytte større deler av solkraftpotensialet innenfor eksisterende infrastruktur
3. Ladetjenester – ved bruk av stasjonært eller mobilt batteri. Eksempel på use caser er fossilfri byggeplass og lading i felt.
4. Potensielt generere inntekter i reservekraftmarkeder, men dette vil sette krav til ekstern datautveksling og vil kunne være i konflikt med øvrige sikkerhetshensyn

Reservekraftdrift

1. Hybridisering med reservekraftaggregat for økt virkningsgrad og redusert slitasje på aggregat
2. Reduserte effektopper
3. Redundant løsning for blackstart (restart av elektriske anlegg) og sømløs overgang til reservekraftdrift
4. Styrke spennings- og frekvenskvalitet i reservekraftdrift



Batterisystem Longyearbyen. Foto: Multiconsult

Generisk lønnsomhetsvurdering batterier

- Figuren viser eksempel på kostnader og kontantstrømmer som kan realiseres for en batteriinstallasjon (LFP) 1 MW / 1 MWh, gitt at målet med batteriet er å generere mest mulig inntekter. Hver rad representerer en unik kostnad eller potensiell inntekt/besparelse som i prinsippet kan realiseres i det norske markedet.
 - Investeringskostnad ca. 8 - 10 MNOK.
 - Potensiell årlig inntjening ved aktivering: ~ 700 000 NOK.
- Tabellen viser at et batteri i det norske markedet normalt ikke vil regne seg hjem i et rent lønnsomhetsperspektiv i driftsfasen, selv ved deltakelse i fleksibilitetsmarkeder.
- For Forsvarsbygg vil deltakelse i fleksibilitetsmarkeder i tillegg kunne komme i konflikt med batteriets eventuelle rolle i et eventuelt reservekraftsystem grunnet krav til datautveksling, og synlighet i offentlig tilgjengelige registre.
- Samtidig kan batteriet som tabellen viser generere ulike typer inntekter/besparelser over levetiden som kan bidra til å styrke investeringscasen, gitt at batteriet også bidrar med andre nytteverdier til det lokale energisystemet.

Beskrivelse	Investering	Inntjening [NOK]	Kommentar
Batterisystem inkl. BoS*	~8-10 MNOK		Ekskl. utskiftning grunnet degradering.
Driftskostnad	O&M (1% av tot. CapEx) + degradering		
Effekttariff + økt egenforbruk (eks. sol)		100 000	Prosjektspesifikt
Spotpris		10 000	
FFR		~200 000	
FCR		~400 000	
Agregatortjenester	40-60% av inntjening		Integrasjon mot Statnett
Redusert anleggsbidrag			Inntjeningspotensial - Prosjektspesifikt
Ladetilbud			Prosjektspesifikt

* Balance of System: Krafterelektronik, 'myk' elektronikk, mekanisk infrastruktur, brytere osv. Ca. 30-40% av total CapEx.

Batteri - oppsummering og takeaways

Batterier er en kapitaltung investering som kan generere inntekter og verdier gjennom å tilby mange ulike typer tjenester. Genererte inntekter anses gjerne som “sekundære” drivere for et batteriinnkjøp, ettersom disse bare delvis vil kunne tilbakebetale en investering.

For at et batteri skal anses å være en formålstjenlig investering for Forsvarsbygg, bør det identifiseres en “utløsende primærdriver” for å anskaffe et batteri. Dette kan eksempelvis være et konkret problem / behov som best kan løses av batterier. Kandidater til potensielt utløsende faktorer:

- Problematisk effektbegrensning på tillatt effektuttak fra strømmettet kan løses ved bruk av batterier.
- At batteri anses nødvendig i et ønsket reservekraftkonsept
- Ønske om lading av elektriske kjøretøy på byggeplass, i drift og i felt.
- At batteriets bidrag til energikonseptet gjør det foretrukket i lys av de helhetlige vurderingskriteriene.
- Forsvarsbygg bes oppgi om de ser flere alternativer til utløsende faktorer som kan utredes nærmere.

Batterier i både normal drift og reservedrift kan i prinsippet være i stasjonært format, mobilt format (flyttbar container), eller som V2G (vanlige kjøretøy tilkoblet likestrøms ladestasjon).

Resultatene fra kapitlet vil inngå i videre vurderinger innen energistyringskonsept, reservekraftkonsept og helhetlige vurderingskriterier tilknyttet energikonseptene.



Batterisystem Longyearbyen. Foto: Multiconsult



Kapittel 4.4 Vurdering energistyringskonsept



Introduksjon vurderinger effektstyring og EOS

Effektstyring er sentralt for å kunne utnytte fordelene og mulighetene fra det energieffektive og energifleksible [Grunnkonsept enkeltbygg](#), og for verdøkning av lokalt produsert energi og lagring.

Kapitlet svarer ut følgende spørsmål:

1. Hvilke verdier kan realiseres gjennom EOS, energiledelse og effektstyring for Setermoen leir i følgende perspektiver for nye og eksisterende bygg:
 - Elektrisk normaldrift
 - Elektrisk reservekraftperspektiv
 - Termisk normaldrift
 - Termisk reservekraftperspektiv
2. Er det behov for termisk og elektrisk lagring?
3. Oppsummering og hvordan resultatene brukes videre

Relevante bærekraftsmål for utredningen:

- ✓ *Kutte bruken av innkjøpt energi med 15 prosent i løpet av 2025 (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*
- ✓ *Bruke egenprodusert energi i nybygg og rehabiliteringsprosjekter (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*
- ✓ *Utforske ny teknologi for produksjon og lagring av energi (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)*

EFFEKTSTYRING OG EOS

Effektstyring, EOS og energiledelse kan gi store besparelser i eksisterende bygningsmasse. En kjent “tommefingerregel” i bransjen er at innføring av EOS og energiledelse i eksisterende bygg kan redusere energiutgifter med 20 %. I lys av fordelene med energioppfølgingsystemer og energiledelse har Forsvarsbygg allerede vedtatt planer om innføring av EOS og energiledelse på sine lokasjoner, med tilhørende driftsorganisering.

For Setermoen leir vil EOS/energiledelse kunne redusere faktisk energibruk betydelig sammenliknet med det som er lagt til grunn i utredningen. Dette da det elspesifikke forbruket for nybygg i stor grad er forutsatt å være lik eksisterende bygg i beregningene.

Tilleggs-elementer: Foruten “vanlige” funksjoner i EOS/SD-anlegg anses følgende «tilleggs-elementer» å være relevante for det foreslåtte energikonseptet

- ✓ Effektstyring av fleksible laster mot netteiers effekttariff
- ✓ Reservekraftmodus (utkobling / nedregulering av ikke-prioriterte laster)
- ✓ Effektstyring av fleksible laster mot overskuddsproduksjon fra solkraft
- ✓ Respons på spesielt høye, og på spesielt lave, strømpristimer

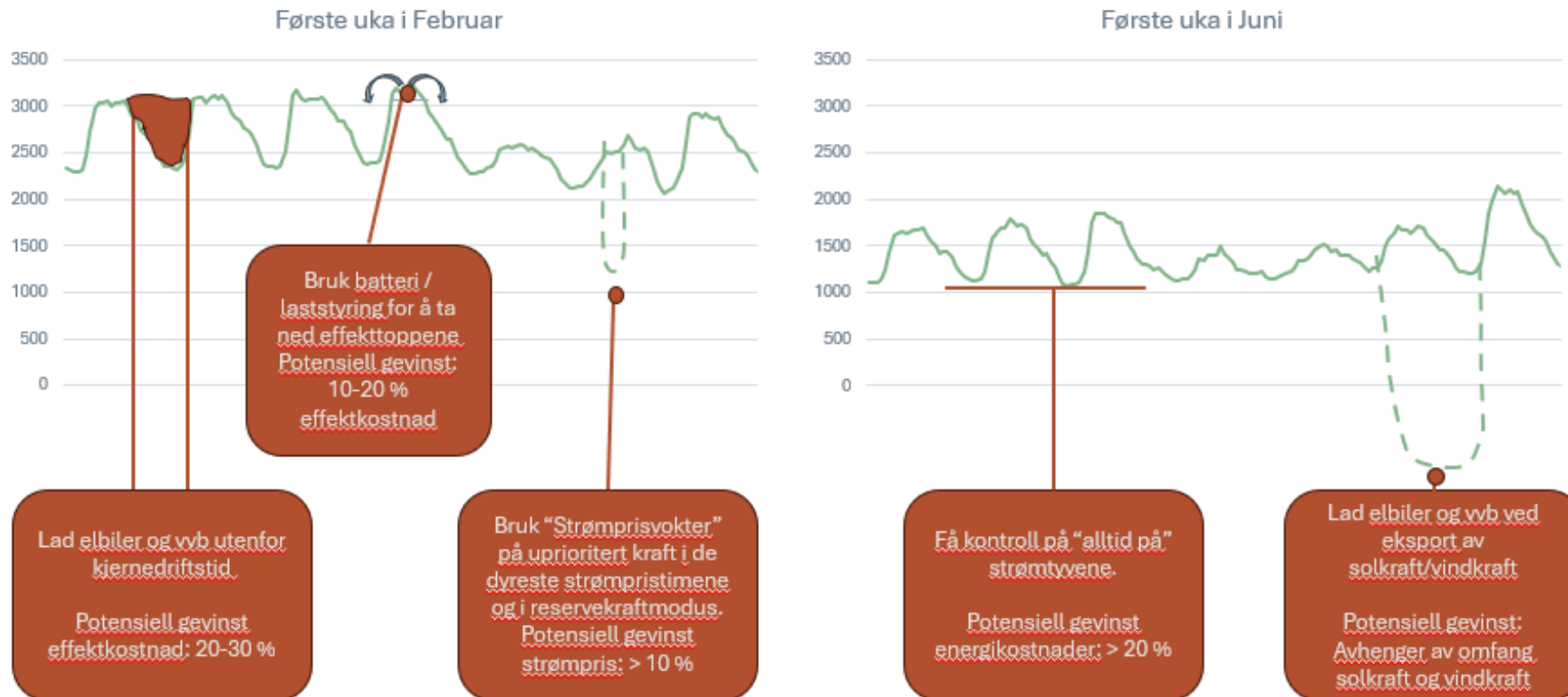
For Setermoen leir har vi ikke hatt tilgang til detaljert informasjon om kapasiteter i elektrisk og termisk nett. Dermed er ikke behovet for lagring vurdert i et infrastrukturperspektiv. Kapitlet fokuserer på å beskrive driftsmessige gevinster som kan oppnås med akkumulering – som bidrag til helhetlige kost/nytte-vurderinger.



Effektstyring strøm – beskrivelse av funksjoner og gevinster

Utnytte lave strømpriser | redusert effektkostnad | økt utnyttelse infrastruktur | kontroll

Figurene under beskriver kort hvordan de ulike funksjoner kan generere besparelser for Setermoen Leir gjennom å forme lastprofilene, med utgangspunkt i en sommeruke og vinteruke i historisk Forbruk 2022.





Effektstyring termisk – beskrivelse av funksjoner og gevinster

Effektstyring av rene termiske laster medfører en rekke fordeler i flere perspektiver. Disse utfyller og samspiller med effektstyringskonseptet for spesifikk laster og er sentrale i konseptet:

Driftsperspektiv nye/transformerte bygg

Bruk av lavtemperatur varmeanlegg og raust dimensjonerte akkumuleringstanker for oppvarming og varmt tappevann gjør anlegget energifleksibelt. Reduserte effekttopper gir jevnere drift, mindre slitasje, høyere dekningsgrad og lavere investeringskostnader på varmepumpeanlegg, som igjen påvirker positivt på målet om redusert levert energi. Dette muliggjør gjenbruk/lagring av overskuddsenergi fra eksempelvis solceller og økte virkningsgrader og dekningsgrad på varmepumpen. Lav returtemperatur gir også bedre utnyttelse av eksisterende infrastruktur for fjernvarme som spisslast. God energistyring og overvåkning er avgjørende for å kunne ta ut disse gevinstene.

For nye og transformerte bygg er grunnlast for varme og varmt tappevann forutsatt forsynt av strøm gjennom varmepumper. Effektstyring av disse lastene er beskrevet på forrige side.

Driftsperspektiv eksisterende bygg

For eksisterende bygg er termiske laster som oppvarming og varmt tappevann i hovedsak forsynt av rene termiske kilder som flis og gasskjeler (forutsatt skiftet ut med bioolje i anbefalt energikonsept). Designet i eksisterende bygg krever høye effekttopper og høye turtemperaturer frem til transformering.

Transformering av eksisterende bygg.

Transformering av eksisterende bygg vil gradvis konvertere dem til nybyggsituasjon, gjennom oppgraderinger av tekniske anlegg og energieffektiviserende tiltak. Dette vil stegvis kunne medføre at en eller begge varmesentraler ikke trenger å driftes store deler av året, som igjen vil gi driftsbesparelser og frigjøre kapasitet i fjernvarmenettet.

Reservekraftperspektiv

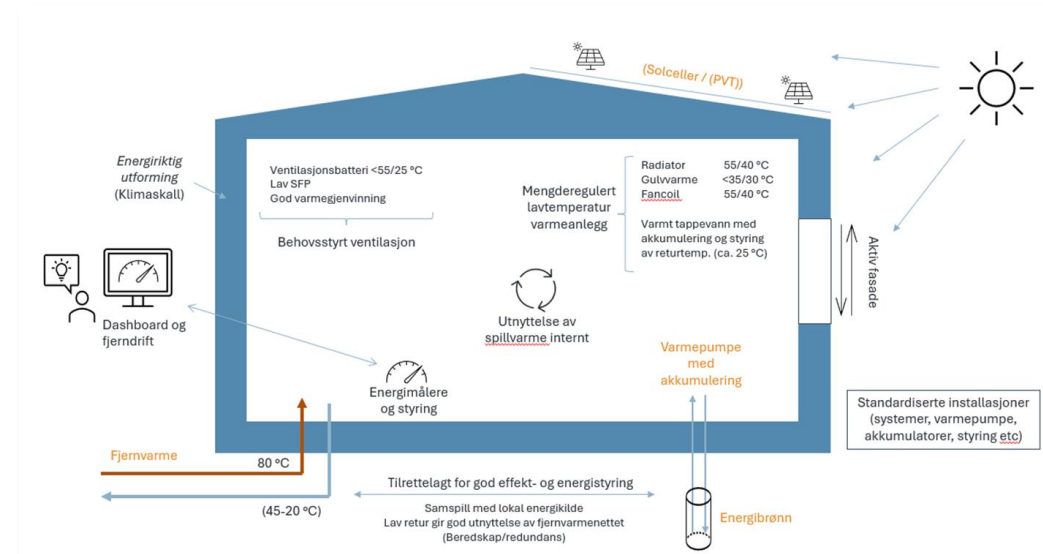
Lave effekttopper, akkumulering og lave returtemperaturer på forbruksstedene vil gi varmesentraler langt bedre arbeidsforhold, og gi besparelser på drift og investering av spisslast og reservelast. Lokale varmepumper og 2 stk varmesentraler vil i prinsippet kunne gi trippel redundans som varmeforsyningskilde gitt innføring av "reservekraftmodus" på settpunkter, der varmepumpen i tillegg har redundant infrastruktur (strøm og lokalt rørnett).

Oppsummering energistyring og EOS

Energistyringskonseptet er et strategisk grep for å sikre en vellykket innføring av energikonseptet, både for nye bygg og for transformering av eksisterende bygg. Gevinsten og måloppnåelsen oppnås best ved å se det termiske og elektriske systemet i sammenheng.

1. Effektstyring gir store gevinster og besparelser både i et driftsperspektiv og reservekraftperspektiv, der sistnevnte styringsmessig er en tilleggsfunksjonalitet i anlegget som benyttes i normal drift. Effektstyring er også middelet for å ta ut ekstragevinster fra lokal produksjon og lagring av energi.
2. Forsvarsbyggs allerede vedtatte EOS og energiledelse vil sannsynligvis kunne bidra sterkt inn mot målet om å kutte bruken av innkjøpt energi. Det er foreslått tilleggselementer for Setermoen leir som anbefales inkludert.
3. Lokal termisk akkumulering i bygg er en sentral del av det energifleksible og energieffektive *Grunnkonsept enkeltbygg*.
4. Sentral termisk akkumulering (eksempelvis ifm. bioenergisentral) og elektrisk batteri må behovsvurderes og kost/nytte-vurderes i videre detaljering basert på mer omfattende datagrunnlag.
5. I flere tilfeller vil de elektriske og termiske systemene kunne interagere og styrke hverandre gjennom samspill.

Resultatene fra kapitlet vil inngå i videre vurderinger innen reservekraftkonsept og helhetlige vurderingskriterier tilknyttet energikonseptene.



Figur: Grunnkonsept enkeltbygg

Relevante delmål for bærekraft:

- ✓ Kutte bruken av innkjøpt energi med 15 prosent i løpet av 2025 (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)
- ✓ Bruke egenprodusert energi i nybygg og rehabiliteringsprosjekter (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)
- ✓ Utforske ny teknologi for produksjon og lagring av energi (Redusere energiforbruket og direkte klimagassutslipp)



Kapittel 4.5

Levert energi og klimagassutslipp



Levert energi og klimagassutslipp – Hele Nye Setermoen leir

Resultater inkluderer både nye og eksisterende bygg for ferdig utbygd leir, samt laster utenfor bygg (elbiler etc)

Basert på estimert energibehov (kap. 3) og beskrevet energiforsyning (kap. 4) har levert energi for hele Setermoen leir samlet blitt beregnet for de ulike energikonseptene. Klimagassutslipp til energibruk i drift er beregnet basert på utslippsfaktorene i tabellen til høyre. Indirekte utslipp knyttet til materialer/ komponenter er ikke medtatt da dette erfaringsmessig utgjør en begrenset del av totale utslipp over levetiden. Det bør like fullt være fokus på komponenter med lave bundne utslipp i anskaffelser, da forskjellene kan være store fra produsent til produsent (eksempelvis for solcellepaneler).

Tabellen viser at fjernvarme til eksisterende bygg og levert elektrisitet til bygg forsyner hovedandelen av energibruken og er de største kildene til klimagassutslipp for alle konseptene. De store forskjellene finner vi på termisk energi for nye bygg (lokale varmepumper forsyner 90 % av termisk energi for nybygg) og solkraftproduksjon. Konsept 2 og 3 oppnår lavest beregnet levert energi, med ca. 15 GWh (ca. 26 %) reduksjon sammenliknet med referansekonseptet. Disse konseptene har også lavest klimagassutslipp for energibruk i drift.

Type	Kg CO2-ekv./kWh	Kilde
El (norsk)	0,0048	Electricity, Norway, 60 years forecasted average (IEA/NS3720 energy mix, projection from 2020-2022 average)
El (EU28+NO)	0,0906	Electricity, EU28 + Norway, 60 years forecasted average (IEA/NS3720 energy mix, projection from 2019-2021 average)
Flis*	0,037	Wood chips

* Det er liten forskjell i utslippsfaktor mellom flis og bioolje som er spisslast, så har benyttet utslippsfaktor for flis for all fjernvarmeproduksjon)

Konsept	Produsert energi, fjernvarme (fra energisentral), eksisterende bygg	Produsert energi, fjernvarme (fra energisentral), nye bygg	Levert energi, el til varmepumpe	Levert energi, el bygg (utenom VP og elbiler)	Levert energi elbiler	Produsert energi solceller	Levert energi - termisk og elektrisk samlet	Levert energi per m2 bygg	Klimagass-utslipp energibruk i drift - EU28+NO miks elektrisitet	Klimagass-utslipp energibruk i drift – norsk miks elektrisitet (følsomhets-analyse)
	[GWh_term/år]	[GWh_term/år]	[GWh_el/år]	[GWh_el/år]	[GWh_el/år]	[GWh_el/år]	[GWh/år]	[kWh/m ² ,år]	[tonn CO ² -ekv]	[tonn CO ² -ekv]
Referansekonsept	22,6	12,7	0,0	21,5	1,5	0,0	58,3	280	3 400	1 400
Konsept 1	22,6	1,1	2,6	21,4	1,5	0,0	49,1	236	3 200	1 000
Konsept 2	22,6	1,1	2,6	21,4	1,5	-5,7	43,4	209	2 700	970
Konsept 3	22,6	1,1	2,6	21,4	1,5	-5,7	43,4	209	2 700	970



Levert energi og klimagassutslipp – Kun nybygg

Resultater inkluderer kun nye bygg for Setermoen for å synliggjøre gevinsten ved *Grunnkonsept enkeltbygg, varmepumper og solceller*

Hvorfor fremheve kun nybygg: Eksisterende bygg står for rundt 2/3 av bygningsmassen i Nye Setermoen leir. Disse byggene får da en stor påvirkning på estimert energibruk for Nye Setermoen leir, og bør vies stor oppmerksomhet mtp. energieffektivisering og energioppfølging for å sikre lav energibruk i praksis. Men **det største handlingsrommet i utredningen ligger i måten man løser nybygg (og transformerte bygg)**. Det er her de største grepene i energikonseptene er gjort, med *Grunnkonsept enkeltbygg* som basis samt varmepumpe og solceller for utnyttelse av lokal energi. Det er derfor ønskelig å **synliggjøre hvordan konseptene kommer ut sammenliknet med hverandre når vi kun ser på nybygg**.

Resultat: Tabellen viser at isolert for nybygg så er reduksjonen både i beregnet levert energi og klimagassutslipp betydelig større enn hvis man ser på hele Nye Setermoen leir. **Beregnet levert energi reduseres fra ca. 19 GWh i referansekonseptet til ca. 6,5 GWh i Konsept 2 og 3 (65 % reduksjon)**. Levert energi per m² bygg reduseres fra ca. 240 kWh/m² til drøyt 80 kWh/m².

Resultatene viser også at **potensialet for reduksjon i energibruk ved oppgradering av eksisterende bygg til grunnkonsept nybygg er betydelig**, og bør tilstrebes når det er gjennomførbart i et kost/nytte-perspektiv.

Type	Kg CO2-ekv./kWh	Kilde
El (norsk)	0,0048	Electricity, Norway, 60 years forecasted average (IEA/NS3720 energy mix, projection from 2020-2022 average)
El (EU28+NO)	0,0906	Electricity, EU28 + Norway, 60 years forecasted average (IEA/NS3720 energy mix, projection from 2019-2021 average)
Flis**	0,037	Wood chips

** Det er liten forskjell i utslippsfaktor mellom flis og bioolje som er spisslast, så har benyttet utslippsfaktor for flis for all fjernvarmeproduksjon)

Konsept	Produsert energi, fjernvarme (fra energisentral), nye bygg	Levert energi, el til varmepumpe	Levert energi, el bygg (utenom VP og elbiler)	Produsert energi solceller, nye bygg*	Levert energi - termisk og elektrisk samlet	Levert energi per m ² bygg	Klimagassutslipp energibruk i drift - EU28+NO miks elektrisitet	Klimagassutslipp energibruk i drift - norsk miks elektrisitet (følsomhetsanalyse)
	[GWh_term/år]	[GWh_el/år]	[GWh_el/år]	[GWh_el/år]	[GWh/år]	[kWh/m ² ,år]	[tonn CO ² -ekv]	[tonn CO ² -ekv]
Referansekonsept	12,7	0,0	6,4		19,1	242	1 053	501
Konsept 1	1,1	2,6	6,3		9,9	126	843	83
Konsept 2	1,1	2,6	6,3	-3,4	6,5	83	535	66
Konsept 3	1,1	2,6	6,3	-3,4	6,5	83	535	66

* Det er forutsatt at 50 % av takarealene på nye bygg dekkes med solceller, dvs. i tråd med det som er lagt til grunn for teknisk potensial og det faktum at det er rasjonelt å utnytte tak på nye bygg maksimalt før det legges solceller på eksisterende bygg i stort omfang.



Kapittel 5

Forsyningssikkerhet og reservekraft



Kapittel 5.1 Forsyningssikkerhet

Introduksjon til forsyningssikkerhet

Kraft og termisk energiforsyning er kritiske funksjoner og innsatsfaktorer for Forsvarets operative evne. For å sikre den nasjonale forsvarsevnen og Setermoen leirs operative evne, vil det være viktig å sikre kontinuerlig strøm og varme til gitte bygg og funksjoner i krise-, krig- og fredstid.

Forsyningssikkerhet for strøm defineres som «kraftsystemets evne til å kontinuerlig levere strøm av en gitt kvalitet til sluttbrukere, og omfatter både energisikkerhet, effektsikkerhet og driftssikkerhet/ leveringspålitelighet». Forsyningssikkerhet dreier seg om å ha kraft tilgjengelig, både på ethvert tidspunkt (effekt) og over tid (energi). Denne definisjonen kan også benyttes for termisk energi.

Figuren viser **verdihierarki** på et overordnet nivå, hvor nasjonale sikkerhetsinteresser handler om å ivareta Norges forsvarsevne. Verdihierarkiet er basert på NS5814 "Krav til risikovurderinger", 2021 og hentet fra NKSBs metodeveileder for risikovurderinger.





Metode og avgrensninger for vurdering av forsyningssikkerhet

For å kunne gjøre en overordnet vurdering av forsyningssikkerhet av energikonseptene, er det benyttet en modifisert sårbarhetsskala fra NKSBs metodeveileder for risikovurderinger. Graden av sårbarhet sier noe om energikonseptets evne til å opprettholde forsyning av varme eller strøm, eventuelt gjenopprette forsyningen hvis en hendelse inntreffer.

De ulike energikonseptene er vurdert basert på i hvilken grad de har redundans, dvs. kan opprettholde forsyningen dersom en del av systemet svikter eller bortfaller, og i hvilken grad strøm eller varme kan gjenopprettes.

Sårbarhet er vurdert med bruk av nivåene i tabellen til høyre. Basert på en skjønnsmessig vurdering er det angitt et sårbarhetsnivå for hvert energikonsept, samt en score fra 0 til 10 hvor hvert av de fire graderingsnivåene i skalaen har gradert poengsum. Dette for å kunne gi større fleksibilitet og mulighet for poengdifferensiering mellom energikonseptene som ansees å være på samme sårbarhetsnivå.

Resultatene fra vurderingene er vist i [Kapittel 6](#).

Vedleggsnotat *Metodenotat vurdering av forsyningssikkerhet for energisystem* gir underlag for metode for mer detaljerte vurderinger av forsyningssikkerhet.

Avgrensninger for vurderingen:

Vurderingen av sårbarhet for energikonseptene har blitt utført på et overordnet nivå.

Sårbarhetsnivå	Beskrivelse av nivå	Score
LAV	Energikonseptets evne til å opprettholde forsyning vurderes som sterk, og/eller evnen til gjenopprette forsyningen er sterk	8-10
MODERAT	Energikonseptets evne til å opprettholde forsyningen vurderes som noe mangelfull, og/eller evnen til gjenopprette forsyningen er noe mangelfull	5-7
HØY	Energikonseptets evne til å opprettholde forsyningen vurderes som svak, og/eller evnen til å gjenopprette forsyningen er svak	3-4
MEGET HØY	Energikonseptets evne til å opprettholde forsyningen vurderes som meget svakt, og/eller evnen til å gjenopprette forsyningen er meget svak	0-2



Kapittel 5.2 Beskrivelse reservekraftkonsept



Introduksjon til vurderinger rundt reservekraft og –varme

Kapitlet beskriver vurderinger rundt reservekraft og -varme som følger hver av de alternative energikonseptene. I et reservekraftsystem er energiforsyning, effektforbruk, energiforbruk og energifleksibilitet uløselig sammenknyttet ettersom målet er å oppnå balanse mellom energibruk og energiforsyning til enhver tid.

Målet er å gi leseren en forståelse av hvordan de alternative energikonseptene med tilhørende løsning for reservekraftaggregat skiller seg fra hverandre mtp. energisikkerhet, effektsikkerhet, og driftssikkerhet og dermed leveringspålitelighet. Det er også et mål å fremheve synergiene mellom energikonseptet i normaldrift og reservekraftdrift. I sum skal beskrivelsene gi informasjonsgrunnlag for å kunne sette score på hvordan de alternative energikonseptene presterer opp mot vurderingskriteriene.

Metoden er å visuelt beskrive et startsystem i normal drift for hvert av konseptene, for så å vise hvilke energiforsyningsselementer som bidrar med energisikkerhet, effektsikkerhet og driftssikkerhet etter hvert som hendelser fører til bortfall av energiforsyningskilder.

- Elektrisk: Forskjellen mellom de ulike konseptene er fremhevet ved bruk av rød skrift – som skiller et konsept fra forrige slide/konsept.
- Termisk: Alle konseptene er vist i en og samme slide.

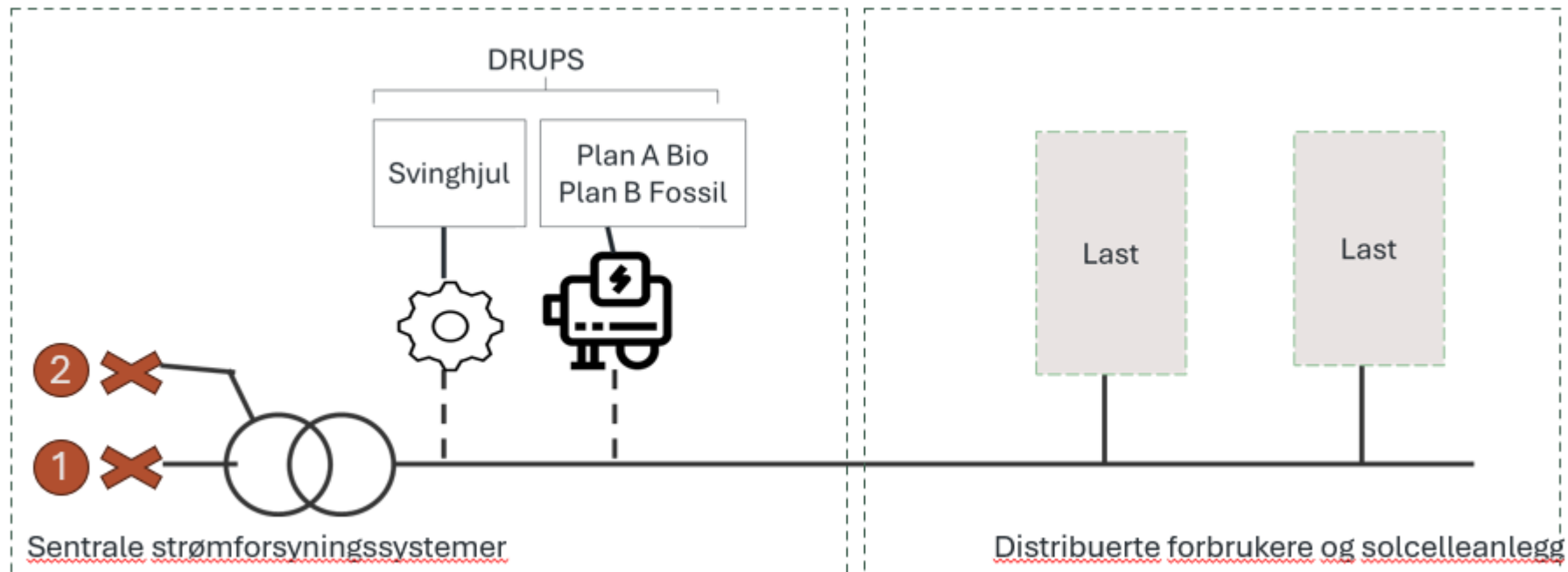
Relevante mål og fokusområder for reservekraftkonsept:

- ✓ Forsvarets hovedformål er å sikre forsvarsevne. For et energikonsept er derfor lav sårbarhet, høy forsyningsikkerhet og redundante løsninger helt sentralt for å underbygge dette. Grad av selvforsyning av energi er også et element i dette bildet.
- ✓ Energikonseptet må kunne driftes effektivt og godt for å sikre lave energikostnader, velfungerende bygg i drift og reduserer sårbarheten til byggene. Løsninger som ikke krever høy grad av spesialkompetanse eller -utstyr, samt at energisystemet er enkelt og robust i drift, er derfor viktig.

Konseptskisse reservekraftkonsept elforsyning

Konsept 0 – referansekonsept

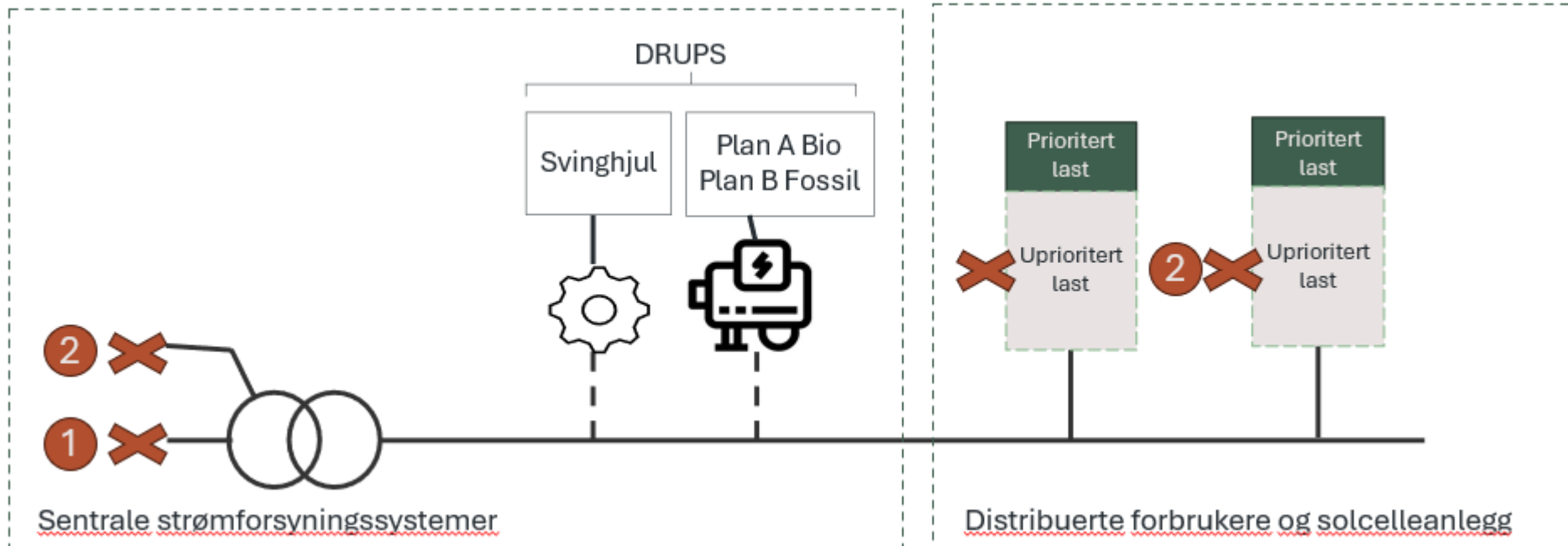
Akkumulerte hendelser	Konsept	Energisikkerhet	Effektsikkerhet	Driftssikkerhet
Hendelse 1 – Bortfall av nettlinje 1	Dobbel innmatning fra nett	Nettlinje 2	Nettlinje 2	Nettlinje 2
Hendelse 2 – Bortfall av nettlinje 1+2	Reservekraft	Reservekraftaggregat	Reservekraftaggregat	Reservekraftaggregat



Konseptskisse reservekraftkonsept elforsyning

Konsept 1: Energikonsept nybygg + Ingen lokal elproduksjon

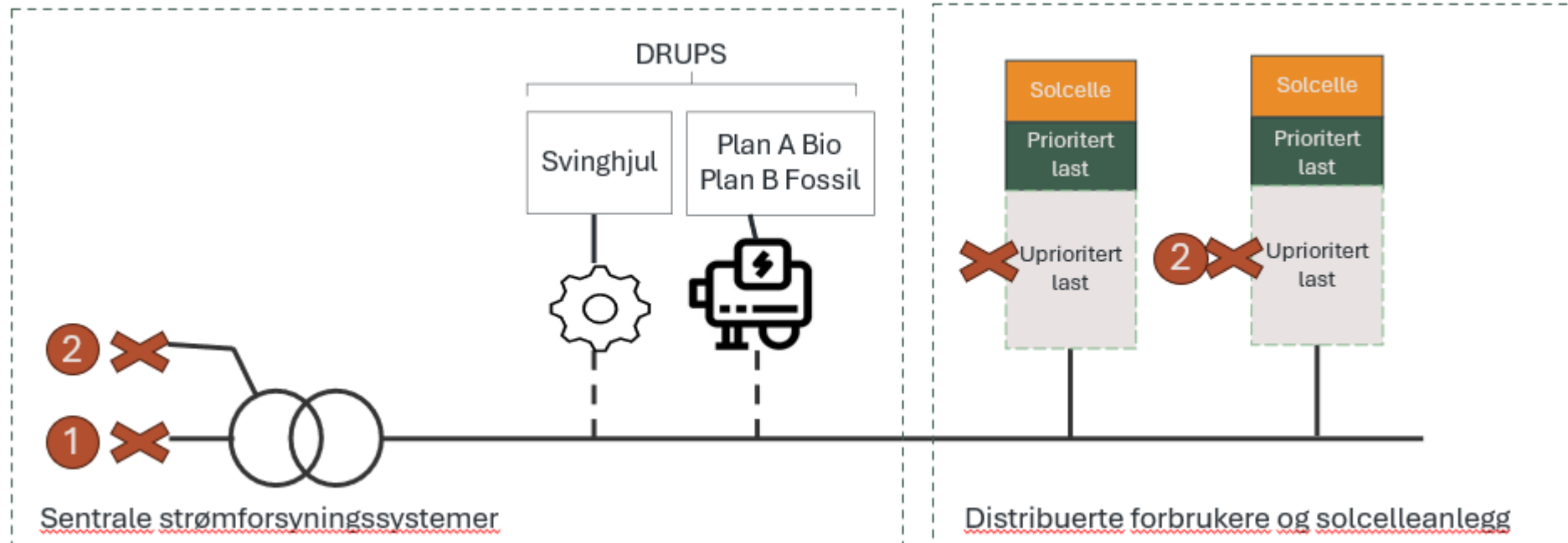
Akkumulerte hendelser	Konsept	Energisikkerhet	Effeksikkerhet	Driftssikkerhet
Hendelse 1 – Bortfall av nettlinje 1	Dobbel innmatning fra nett	Nettlinje 2	Nettlinje 2	Nettlinje 2
Hendelse 2 – Bortfall av nettlinje 1+2	Reservekraft + nedregulering/utkobling uprioriterte laster	Lavere energibehov Reservekraftaggregat	Lavere effektbehov Reservekraftaggregat	Reservekraftaggregat



Konseptskisse reservekraftkonsept elforsyning

Konsept 2: Energikonsept nybygg + Solceller

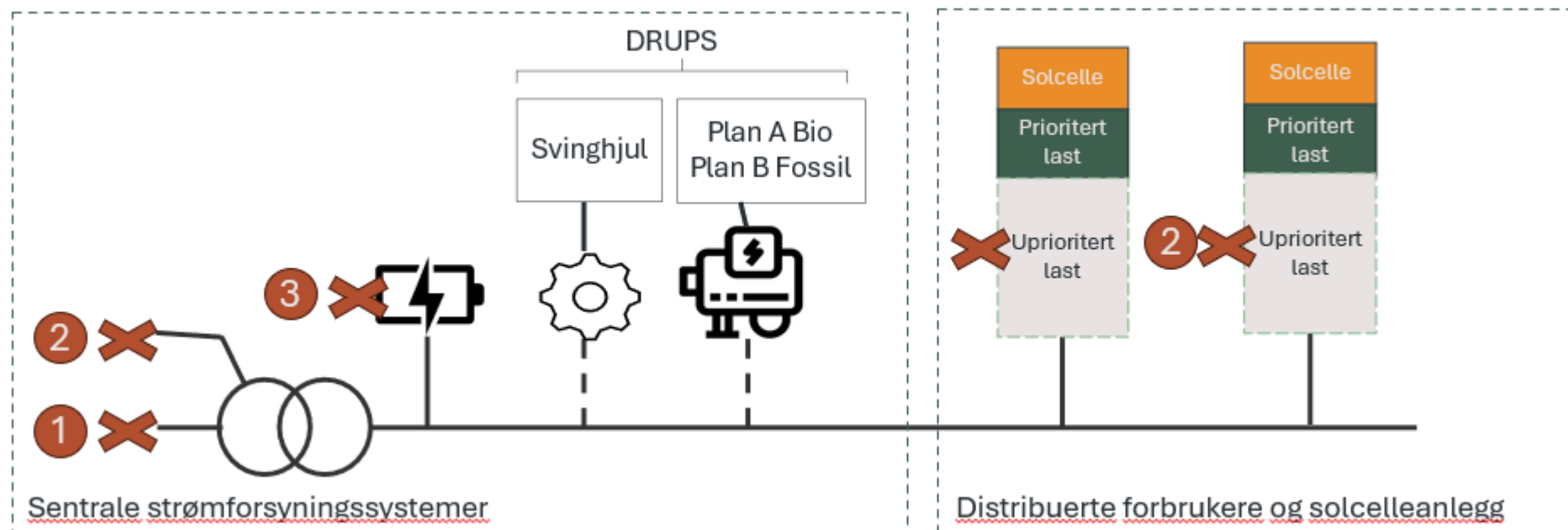
Akkumulerte hendelser	Konsept	Energisikkerhet	Effektsikkerhet	Driftssikkerhet
Hendelse 1 – Bortfall av nettlinje 1	Dobbel innmatning fra nett	Nettlinje 2	Nettlinje 2	Nettlinje 2
Hendelse 2 – Bortfall av nettlinje 1+2	Reservekraftaggregat + solceller + nedregulering/utkobling uprioriterte laster	Lavere energibehov Reservekraftaggregat + bidrag levert energi fra sol	Lavere effektbehov Reservekraftaggregat	Reservekraftaggregat



Konseptskisse reservekraftkonsept elforsyning

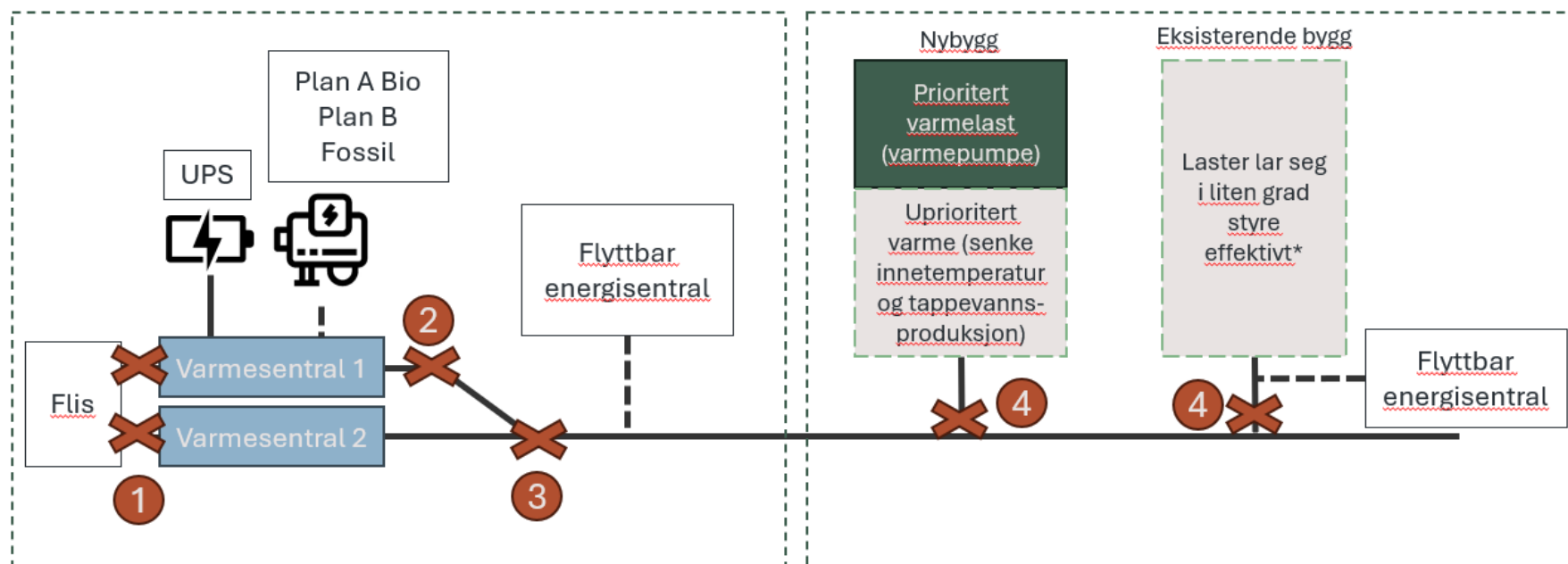
Konsept 3: Energikonsept nybygg + solceller + **batteri** (vindkraft på steder med vindressurs)

Akkumulerte hendelser	Konsept	Energisikkerhet	Effektsikkerhet	Driftssikkerhet
Hendelse 1 – Bortfall av nettlinje 1	Dobbel inmatning fra nett	Nettlinje 2	Nettlinje 2	Nettlinje 2
Hendelse 2 – Bortfall av nettlinje 1+2	Reservekraftaggregat + sol + batteri + nedregulering/utkobling uprioriterte laster	Lavere energibehov Reservekraftaggregat + bidrag levert energi fra sol + økt virkningsgrad aggregat grunnet hybridisering batteri	Lavere effektbehov + Batteri reduserer effekttopper ytterligere Reservekraftaggregat	Reservekraftaggregat +Batteri bidrar til økt strøm/spenningskvalitet og redundant blackstart
Hendelse 3 – Bortfall av batteri	Reservekraftaggregat + solceller + nedregulering/utkobling uprioriterte laster	Lavere energibehov Reservekraftaggregat + bidrag levert energi fra sol	Lavere effektbehov Reservekraftaggregat	Reservekraftaggregat



Konseptskisser reservevarmeforsyning

Aktuelle hendelser	Reservevarme for Grunnkonsept Enkelbygg inkl varmepumpe (nybygg i energikonsept 1-3)	Reservevarme for eksisterende bygg (og nybygg i referansekonsept)
Hendelse 1 – Bortfall av flisleveranse	Bioolje i energisentral	Bioolje i energisentral
Hendelse 2 – Bortfall av en hel varmesentral	Varmesentral #2 + varmepumpe	Varmesentral #2 og flyttbar energisentral
Hendelse 3 – Bortfall av begge energisentralene eller brudd på sentralt distribusjonsrørnett	Flyttbar energisentral + varmepumpe	Flyttbar energisentral
Hendelse 4 – Brudd på distribusjonsrørnett lokalt til bygg	Varmepumpe i bygg (som i normalsituasjon) og ved behov effektstyring og nedjustering laster	Flyttbar energisentral



Figuren beskriver aktuelle hendelser og tilhørende aktuelt konsept for reservevarme for både *Grunnkonsept enkeltbygg* (nybyggene i energikonsept 1-3) og eksisterende bygg. Nybygg i referansekonseptet har tilsvarende termisk energiforsyning og dermed også reservevarmekonsept, som eksisterende bygg. Ettersom termisk energiforsyning er lik for energikonsept 1-3 er reservevarmekonsepter vist i en slide og ikke en for hvert konsept som for reservekraft.



Diskusjon rundt reservekraft og –varme

ELEKTRISK

For alle konseptene er DRUPS-systemet “det siste sikkerhetsleddet”, og redundans på dette siste leddet kan videre bygges på gjennom økt antall/reservedeler.

På steder med vindressurs/annen kraftressurs som kan utfylle lokal solenergiproduksjon sammen med lagring av strøm, vil et ekstra nivå av redundans basert på lokale kilder kunne innføres. Å vurdere muligheten for å tilknytte seg et småkraftverk eller større kraftverk utenfor tomten gjennom direkte kabling er eksempel på slik tenkning, som ikke er medtatt grunnet scopeavgrensning.

TERMISK - BETYDELIG FORSKJELL PÅ NYE OG EKSISTERENDE BYGG

Nye og oppgraderte bygg iht. grunnkonsept: Ved tilstrekkelig kapasitet vil varmepumpe dekke både prioriterte og uprioriterte laster opptil 40 % effektdekning og 90 % energidekning. Dette gjør bygget lite sårbart for bortfall av fjernvarme. Varmepumpe er avhengig av elektrisitet for drift, men krever bare en el-effekt på rundt 15 % av byggets varmeeffekt.

Prioritert varmelast: Dersom varmepumpe ikke klarer å levere tilstrekkelig (f.eks. ved dimensjonerende forhold) vil effektstyring, senkning av innetemperatur, reduksjon av tappevannsproduksjon og nedjustering av ventilasjon være nødvendige tiltak.

Eksisterende bygg: Dersom fjernvarmenettet er nede må man inn med flyttbar energisentral som har kapasitet for å dekke byggets varmebehov. I dette tilfellet vil det også være aktuelt å senke innetemperatur og behovsstyre ventilasjon m.m. ved behov, men på grunn av begrensninger knyttet til effektiv energistyring er det mindre rom for dette i eksisterende bygg enn i nybygg som utføres iht. grunnkonsept.

FELLES FOR BÅDE TERMISK OG ELEKTRISK

- **I et reservekraftsystem er enkelthet et mål** i seg selv. Dette setter krav til robust tilnærming når flere kilder spiller sammen, med færrest mulig tekniske avhengigheter mellom kraftkildene som inngår i systemløsningen for å opprettholde et fungerende system.
- **Elektrisk system** kan også bidra med forsyningsikkerhet **mot termisk system** og vice versa, gjennom at varme kan forsynes fra elektriske (varmepumpe) eller rent termiske kilder.
- Vurderinger om det er ønsket å tenke reservekraft i mindre soner eller om det er aktuelt å lage løsninger for hele leiren bør gjøres for videre faser.



Oppsummering vurderinger reservekraft og -varme

Kapitlet beskriver reservekraftkonseptet som følger hver av de alternative energikonseptene. Foreslått komparativ beskrivelse og score er beskrevet i [egen tabell for vurderingskriteriet forsyningssikkerhet](#).

Den elektriske forsyningssikkerheten øker gradvis for energikonsept 1, 2 og 3, gjennom at tilleggselementer bidrar positivt. Samtidig er det **ingen store vesensforskjeller mellom alternativene - energikonseptets evne til å opprettholde/gjenopprette forsyningen vurderes for alle alternativer i sum som moderat**. En vesensforskjell kunne vært oppnådd ved bruk av kilde for lokal kraftproduksjon som kan komplementere solkraftproduksjon og lagring.

For termisk forsyning forutsetter referansekonseptet to uavhengige varmesentraler innenfor området, men tilkoblet samme forsyningssløyfer, som gjør at forsyningssikkerheten anses moderat. **For energikonsept 1, 2 og 3 oppnås et ekstra nivå av redundans gjennom lokal varmpumpeforsyning per bygg**, som gjør at forsyningssikkerheten anses høy for sistnevnte.

Det er en forutsetning for alle løsningene at de utformes slik at de ikke krever høy grad av spesialkompetanse eller – utstyr, og at det legges opp til enkel og robust drift.

Relevante mål og fokusområder for reservekraftkonsept:

- ✓ Forsvarets hovedformål er å sikre forsvarsevne. For et energikonsept er derfor lav sårbarhet, høy forsyningssikkerhet og redundante løsninger helt sentralt for å underbygge dette. Grad av selvforsyning av energi er også et element i dette bildet.
- ✓ Energikonseptet må kunne driftes effektivt og godt for å sikre lave energikostnader, velfungerende bygg i drift og reduserer sårbarheten til byggene. Løsninger som ikke krever høy grad av spesialkompetanse eller -utstyr, samt at energisystemet er enkelt og robust i drift, er derfor viktig.



Kapittel 6

Vekting av konsepter mot vurderingskriteriene

Beskrivelse av score for de ulike vurderingskriteriene

Sårbarhetsnivå	Beskrivelse av nivå	Score
LAV	Energikonseptets evne til å opprettholde forsyning vurderes som sterk, og/eller evnen til gjenopprette forsyningen er sterk	8-10
MODERAT	Energikonseptets evne til å opprettholde forsyningen vurderes som noe mangelfull, og/eller evnen til gjenopprette forsyningen er noe mangelfull	5-7
HØY	Energikonseptets evne til å opprettholde forsyningen vurderes som svak, og/eller evnen til å gjenopprette forsyningen er svak	3-4
MEGET HØY	Energikonseptets evne til å opprettholde forsyningen vurderes som meget svakt, og/eller evnen til å gjenopprette forsyningen er meget svak	0-2

Minimere klimagassutslipp og energibruk	Beskrivelse av nivå	Score
LAV	Lave klimagassutslipp i drift og lav energibruk i drift	8-10
MODERAT	Moderate klimagassutslipp i drift og/eller moderat energibruk i drift	5-7
HØY	Høye klimagassutslipp i drift og/eller høy energibruk i drift	3-4
MEGET HØY	Meget høye klimagassutslipp i drift og/eller meget høy energibruk i drift	0-2

LCC	Beskrivelse av nivå	Score
LAV	Levetidskostnader for energikonseptet er lave og forutsigbare	8-10
MODERAT	Levetidskostnader for energikonseptet er moderate og har relativt stor grad av forutsigbarhet	5-7
HØY	Levetidskostnadene for energikonseptet er høye da løsningene krever jevnlig reparasjoner, mye vedlikehold, utskiftning av deler, spesialkompetanse og lignende.	3-4
MEGET HØY	Levetidskostnadene for energikonseptet er meget høye og det foreligger stor usikkerhet knyttet til implementeringskostnader og fremtidige drifts- og vedlikeholdskostnader	0-2

Enkel, robust og effektiv drift	Beskrivelse av nivå	Score
MEGET HØY	Energikonseptet er i stor grad tilrettelagt for enkel og effektiv drift	8-10
HØY	Energikonseptet er til en viss grad tilrettelagt for enkel og effektiv drift	5-7
MODERAT	Energikonseptet er i liten grad tilrettelagt for enkel og effektiv drift	3-4
LAV	Energikonseptet er meget krevende og komplekst å drifte	0-2



Vurderinger forsyningssikkerhet

Konseptnavn		Totalvurdering av sårbarhet (score)	Begrunnelse for totalvurdering
0	Referansekonsept	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Termisk: 5 (Moderat sårbarhet) ✓ Elektrisk: 5 (Moderat sårbarhet) ✓ Totalt: 5 	<p>Termisk: Forutsetter to uavhengige varmesentraler, men tilkoblet samme forsyningssløyfer. Lokal produksjon med egne driftsansatte. Forutsetter at gjenopprettelse utføres relativt raskt og at det er noe reservedeler på lager.</p> <p>Elektrisk: Forutsetter energikonsept med to uavhengige forsyningslinjer fra to ulike trafoer utenfor leiren. Fremdeles lav styrbarhet og kontroll for Forsvaret da leiren er avhengig av ekstern leverandør for forsyning og sikring av forsyningen. Reservekraftaggregat dekker 100 % av energi- og effektbehov</p>
1	Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Termisk: 7 (Moderat sårbarhet) ✓ Elektrisk: 6 (Moderat sårbarhet) ✓ Totalt: 6 	<p>Termisk: Forutsetter to uavhengige varmesentraler, men tilkoblet samme forsyningssløyfer. Ved bortfall vil nybygg fortsatt helt/delvis varmes opp med varmepumper som grunnlast.</p> <p>Elektrisk: Som referansekonsept, men reservekraft dekker lavere effektbehov og lavere energibehov grunnet reservekraftmodus på uprioriterte laster, noe som gjør det enklere å opprettholde energiforsyning over tid.</p>
2	Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper + Solceller	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Termisk: 7 (Moderat sårbarhet) ✓ Elektrisk: 6 (Moderat sårbarhet) ✓ Totalt: 6 	<p>Termisk: To varmesentraler tilkoblet samme forsyningssløyfe. Ved bortfall vil nybygg fortsatt helt/delvis varmes opp med varmepumper som grunnlast.</p> <p>Elektrisk: Som Konsept 1 – men i tillegg bidrag fra solkraft innen energidekning i sommerhalvåret</p>
3	Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper + solceller og batteri	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Termisk: 7 (Moderat sårbarhet) ✓ Elektrisk: 7 (Moderat sårbarhet) ✓ Totalt: 7 	<p>Termisk: To varmesentraler tilkoblet samme forsyningssløyfe. Ved bortfall vil nybygg fortsatt helt/delvis varmes opp med varmepumper som grunnlast.</p> <p>Elektrisk: Som konsept 2 – men i tillegg bidrar batteriet i reservekraftdrift med lavere effekttopper, økt virkningsgrad grunnet hybridisering med reservekraftaggregat, styrket blackstart-kapabilitet og støtte til strøm- og spenningskvalitet. (Dersom vindkraft var til stede, ville vi vurdert sårbarheten å være lav (score 8))</p>



Vurderinger LCC

Konseptnavn		Totalvurdering (score 0-10)	Begrunnelse for totalvurdering
0	Referanse-konsept	✓ Termisk: 5 ✓ Elektrisk: 7 ✓ Totalt: 6	Termisk: Driftskostnader blir høye på grunn av forholdsvis høyt energibehov termisk og lite fleksibilitet i bygg. Forholdsvis lave investeringskostnader, men kostnader for distribusjonsnett og sentrale energisentraler kan øke sammenliknet med de andre konseptene (forholdet mellom dette ikke regnet på). Elektrisk: Nettstrøm er historisk sett billigste forsyning av elektrisk kraft i Nord-Norge. Energiledelse over tid vil gradvis heve scoren gjennom gradvis oppgradering av eksisterende bygningsmasse.
1	Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper	✓ Termisk: 8 ✓ Elektrisk: 8 ✓ Totalt: 8	Termisk: Tilpasning til lavtemperatursystemer i bygg har erfaringsmessig liten påvirkning på totale byggekostnader. Bergvarmepumpe gir ca. 600/m ² økning i investeringskostnad, men reduserer energikostnad betydelig (levert energi termisk redusert med 60 %). Akkumulering gir noe økte investeringskostnader for bygg, men reduserer effektbehov (gevinst i redusert investeringskost i distribusjonsnett, veksler etc.). Totalt sett forventes LCC å bli betydelig bedre enn for referanse, med betydelig lavere driftskostnader (større besparelse energikostnad enn økt driftskostnad drift/vedlikehold) og kun noe høyere investeringskostnad. Elektrisk: Ligger et poeng over referansekonsept grunnet innføring av smart energistyring mot elementene som påvirker strømregningen.
2	Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper + Solceller	✓ Termisk: 8 ✓ Elektrisk: 9 ✓ Totalt: 9	Termisk: Som for konsept 1 Elektrisk: På grunn av lavere produksjonskostnad for solceller enn prisen som er lagt til grunn for nettstrøm ligger denne et poeng over konsept 1. I tillegg er solkraftkostnaden mer forutsigbar enn spotpris.
3	Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper + solceller og batteri	✓ Termisk: 8 ✓ Elektrisk: 8 ✓ Totalt: 8	Termisk: Som for konsept 1 og 2 Elektrisk: Solceller som for konsept 2. Batteri vil ha negativ nåverdi i lønnsomhetsberegninger, derfor ett poeng under konsept 2.

Vurderinger enkel, robust og effektiv drift

Konseptnavn		Totalvurdering (score)	Begrunnelse for totalvurdering
0	Referansekonsept	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Termisk: 8 ✓ Elektrisk: 9 ✓ Totalt: 8 	<p>Termisk: Enkel i drift og velkjente løsninger, men mangler verktøy/rom for effektivt å redusere energibruk i drift. Noe kompleksitet i drift av energisentral. Totalt sett enklere og mer robust i drift enn øvrige konsepter.</p> <p>Elektrisk: Nettstrøm (nettselskap drifter) og reservekraftaggregater er så enkelt, tidsbesparende og standard det kan bli. Spørsmål om nettstrøm på 100 % effekt vil være tilgjengelig på alle Forsvarsbygg sine lokasjoner fremover (effektbegrensning er en økende problemstilling i samfunnet). Innføring av EOS vil medføre behov for nye, kontinuerlige driftsrutiner, men er noe Forsvarsbygg allerede har besluttet å gjøre grunnet den forventede oppsiden.</p>
1	Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Termisk: 6 ✓ Elektrisk: 8 ✓ Totalt: 7 	<p>Termisk: Ved etablering av Grunnkonsept nybygg vil man få en standardiseringsfordel. Nye bygg vil også være enkle å styre for lav energi- og effektbruk på grunn av lavtemperatur, akkumulering og godt SD- og automatiseringsanlegg og energimåling. Lokale varmepumper gir noe økt fokus og kompleksitet i drift. Det forutsettes at det velges som enkle og unisone komponenter, med naturlige kuldemedium og standard komponenter for å redusere driftskompleksitet. Eksisterende bygg: Eksisterende bygg som for referansekonsept, men ved ombygging/rehabilitering får man gevinstene som i grunnkonseptet. Totalt sett vurdert som to hakk dårligere score enn referanse.</p> <p>Elektrisk: Funksjoner for smart styring av strøm og reservekraftfunksjoner setter noe større krav til kvalitet på data i EOS og drift. Dette gir samtidig trygghet/synergier da flere funksjoner gjenbrukes i en reservekraftsituasjon. Ellers som referansekonsept.</p>
2	Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper + Solceller	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Termisk: 6 ✓ Elektrisk: 8 ✓ Totalt: 7 	<p>Termisk: Som konsept 1</p> <p>Elektrisk: Solceller er generelt enkle tekniske anlegg som er enkle å drifte. Konsekvensen av nedetid er ikke akutt. Påvirker helheten lite og får same score som konsept 1.</p>
3	Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper + solceller og batteri	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Termisk: 6 ✓ Elektrisk: 7 ✓ Totalt: 6 	<p>Termisk: Som konsept 1</p> <p>Elektrisk: Som konsept 2, men med økt kompleksitet grunnet batteri. Batterier som genererer mest mulig inntekter må sannsynligvis driftes av ekstern partner over internettbasert signal, noe som kanskje vil ønskes unngått fra FB sin side. Et batteri som kun reduserer locale effekttopper og støtter reservekraftsystem vil etter opplæring i stor grad kunne driftes og styres fra FB personell.</p>



Vurderinger klimagassutslipp og energibruk

Konseptnavn		Totalvurdering (score)	Begrunnelse for totalvurdering
0	Referansekonsept	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Klimagass: 6 (Moderat påvirkning) ✓ Energibruk: 4 (Høyt nivå) ✓ Totalt: 5 	<p>Klimagass: Totale klimagassutslipp for energibruk i drift høyest blant konseptene, for begge utslippsfaktorene for elektrisitet (EU28+NO-miks og norsk miks). Likevel vurdert som moderat påvirkning ettersom flis har relativt lave utslipp og at energibehovet ikke er meget høyt.</p> <p>Energibruk: Forholdsvis høy energibruk i drift. Hovedårsaken er mindre grad av lokal energiproduksjon på bygg enn øvrige konsepter, men også pga. noe høyere energibehov og -bruk enn øvrige konsepter.</p>
1	Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Klimagass: 7 (Moderat påvirkning) ✓ Energibruk: 6 (Moderat nivå) ✓ Totalt: 6 	<p>Klimagass: Totale klimagassutslipp for energibruk i drift noe til betydelig lavere enn referansekonsept, men høyere enn de øvrige konseptene, for begge utslippsfaktorene for elektrisitet (EU28+NO-miks og norsk miks). Vurdert som noe bedre enn referansekonsept (score 7), men fortsatt moderat påvirkning.</p> <p>Energibruk: Betydelig lavere levert energi enn referansekonsept, på grunn av at 90 % av termisk energibruk er forutsatt dekket av varmepumpe for nye bygg.</p>
2	Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper + Solceller	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Klimagass: 8 (Lav påvirkning) ✓ Energibruk: 7 (Moderat nivå) ✓ Totalt: 7 	<p>Klimagass: Totale klimagassutslipp for energibruk i drift betydelig lavere enn referansekonsept for begge utslippsfaktorene for elektrisitet (EU28+NO-miks og norsk miks), og betydelig bedre enn konsept 1 for EU28+NO-miks. Vurdert som noe bedre enn konsept 1 (score 8).</p> <p>Energibruk: Betydelig lavere levert energi enn referansekonsept og også konsept 1, på grunn av at 90 % av termisk energibruk er forutsatt dekket av varmepumpe for nye bygg og et betydelig omfang solceller.</p>
3	Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper + solceller og batteri	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Klimagass: 8 (Lav påvirkning) ✓ Energibruk: 7 (Moderat nivå) ✓ Totalt: 7 	Samme vurdering som for konsept 2. Batteri påvirker i marginal grad på dette vurderingskriteriet.

Oppsummerende resultattabell

Vurderingskriterier	Vektingsfaktor	Referansekonsept		Konsept 1 Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper		Konsept 2 Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper + solceller		Konsept 3 Grunnkonsept enkeltbygg inkl. varmepumper + solceller og batteri	
		Score	Vektet score	Score	Vektet score	Score	Vektet score	Score	Vektet score
LCC (Levetidskostnad)	20 %	6	1,2	8	1,6	9	1,8	8	1,6
Forsyningssikkerhet	40 %	5	2,0	6	2,4	6	2,4	7	2,8
Klimagassutslipp og energibruk	15 %	5	0,8	6	0,9	7	1,1	7	1,05
Enkel, robust og effektiv drift	25 %	8	2,0	7	1,8	7	1,8	6	1,5
Totalscore (vektet)		6,0		6,7		7,0		7,0	

Av tabellen ser vi at konsept 1-3 totalt sett kommer nokså likt ut på den vektete vurderingen. Referansekonseptet kommer markant dårligere ut, på grunn av svakere score enn de andre konseptene på alle vurderingskriteriene unntatt *enkel, robust og effektiv drift*. Hovedårsaken til dette er *Grunnkonsept Enkeltbygg* som sikrer noe til betydelig bedre score for både *LCC, forsyningssikkerhet og klimagassutslipp og energibruk*. Dette er det mest sentrale grepet i hele konseptet*.

Det er noen nyansforskjeller mellom vektet score for konsept 1-3. Inkludering av solceller i Konsept 2 gjør seg utslag i bedre score både for *LCC og klimagassutslipp og energibruk*, og gir noe høyere samlet score enn for Konsept 1.

Forsyningssikkerhet vektet tungt, dermed kommer Konsept 2 og Konsept 3 likt ut i helhetlig score, selv om Konsept 3 er forbundet med lavere LCC og noe mer komplisert drift.

*Forskjellen mellom referansekonseptet og konsept 1-3 hadde blitt markant større dersom vi kun hadde sett på nybyggene. Men ettersom nær 2/3 av bygningsmassen i ferdig utbygd leir vil være bygg som eksisterer i dag, og det ikke er lagt til grunn noen forskjell mellom konseptene for de byggene, blir den relative forskjellene mindre.



Kapittel 7

Anbefaling, nøkkelresultater og veien videre

Utredningen har hatt til hensikt å svare ut følgende:

1

*Hva er **anbefalt energikonsept** sett i lys av forsvarsektoren sine bærekraftsmål og omforente vurderingskriterier for utredningen?*

2

*Hvilke **nøkkelforhold** oppnås for anbefalt konsept sammenlignet med referansekonsept, sett i lys av forsvarssektoren sine bærekraftsmål og omforente vurderingskriterier for utredningen?*

3

*Hva skal til på **veien videre for å realisere energikonseptet**, både for Setermoen og som ramme for andre militære anlegg?*

Disse spørsmålene vil bli diskutert og besvart videre i dette avsluttende kapittelet.

Resultat hovedspørsmål 1:

Hva er anbefalt energikonsept sett i lys av omforente vurderingskriterier og bærekraftsmål?

#1 - For Setermoen leir anbefales det å gå videre med Konsept 2, som gir følgende fordeler:

- Lav forventet levetidskostnad på grunn av lav energibruk i drift og dermed lave driftskostnader
- Lav energibruk og lave klimagassutslipp spesielt for nye og transformerte bygg
- Forsynings sikkerheten er vurdert som bedre enn for referansekonseptet
- Med fokus på valg av kjente, standard og robuste løsninger vil drift bli enkel, robust og effektiv. Økt antall lokale komponenter (eksempelvis varmepumper) gir riktignok noe mer kompleks drift enn for referansekonsept

#2 - Vurder batteri (Konsept 3) i videre fase

Videre anbefales det å utrede videre verdien av sentralt batteri (Konsept 3), gjennom å identifisere utløsende primærverdier som kan forsvare anskaffelsen og setter premisser for dimensjonering/design, eksempelvis forsynings sikkerhet eller mobile ladeløsninger.

#3 - Styrk arbeid med oppgradering av eksisterende bygg

Verdien av å oppgradere eksisterende bygg opp mot nivået til Grunnkonsept Enkeltbygg er vist å være betydelig og nødvendig for å oppnå ambisiøse resultater for hele Nye Setermoen Leir. Det anbefales å styrke fokus på kartlegging av potensialet i energi-effektivisering med mål om å ta ut ytterligere gevinster, og å redusere usikkerhet i informasjonsgrunnlaget for videre prosjektering.

#4 - Basis i energikonseptet anbefales tatt videre også til andre militære anlegg

HOVEDELEMENTER I ANBEFALT KONSEPT:

- Grunnkonsept enkeltbygg innebærer at alle nye og transformerte bygg skal følge definerte, generelle prinsipper som gjør byggene energieffektive og fleksible med tanke på hvordan energien forsynes, med fokus på standardiserte og robuste løsninger.
- Lokale varmepumper installeres for alle nye og transformerte bygg, med 90 % energidekningsgrad. Dette reduserer levert energi til byggene betydelig. Fjernvarme dekker spisslast.
- Solceller legges til grunn på ca. 50 % av tilgjengelige tak for nye bygg, samt på egnede eksisterende bygg og sørvendte fasader
- System og rutiner for EOS, Energiledelse, SD-anlegg og effektstyring som sikrer at gevinstene med Energikonsept 2 og transformering av eksisterende bygg tas ut i driftsfasen.

ANBEFALT KONSEPT ER AMBISIØST

Med høy utnyttelse av lokale energikilder og et energidesign i nye og transformerte bygg som utfordrer dagens praksis for Forsvarsbygg, må anbefalt energikonsept betegnes som ambisiøst og fremtidsrettet. Samtidig legger det opp til kjente, standard og robuste løsninger som gir gode forutsetninger for vellykket drift.

Vurderingskriterier	Vektingsfaktor	Referansekonsept Tradisjonelle løsninger iht. TEK17		Konsept 1 Grunnkonsept «nybyggnivå» inkl. varmepumper		Konsept 2 Grunnkonsept «nybyggnivå» inkl. varmepumper + Solceller		Konsept 3 Grunnkonsept «nybyggnivå» inkl. varmepumper + solceller og batteri	
		Score	Vektet score	Score	Vektet score	Score	Vektet score	Score	Vektet score
LCC (Levetidskostnad)	20 %	6	1,2	8	1,6	9	1,8	8	1,6
Forsynings sikkerhet	40 %	5	2,0	6	2,4	6	2,4	7	2,8
Klimagassutslipp og energibruk	15 %	5	0,8	6	0,9	7	1,1	7	1,05
Enkel, robust og effektiv drift	25 %	8	2,0	7	1,8	7	1,8	6	1,5
Totalscore (vektet)		6,0		6,7		7,0		7,0	

Resultat hovedspørsmål 2:

Hvilke nøkkelresultater oppnås for anbefalt konsept sammenlignet med referansekonsept?



#1 – Kjøpt energi redusert med over 65 % sammenliknet med referanse for nye bygg

(Dersom vi ser på hele Nye Setermoen leir, dvs. inkludert eksisterende bygg som vi gjennom konseptet i liten grad har kunnet påvirke, gir anbefalt konsept ca. 26 % redusert behov for levert energi til termiske og elektriske laster sammenlignet med et referansekonsept)

- ✓ Solkraft på bygg reduserer behovet for kjøpt strøm med ca. 50 % for nybygg og 20-25 % for hele Nye Setermoen Leir (potensialet er enda større).
- ✓ Levert energi for å dekke termisk energibehov reduseres med over 50 % for nybygg og 20-25 % for hele Setermoen Leir, grunnet forutsatt bruk av varmepumper for alle nybygg
- ✓ Klimagassutslipp for energibruk i drift reduseres med 50 – 85 % avhengig av beregningsmetode
- ✓ System og rutiner for EOS, Energiledelse, SD-anlegg og effektstyring sikrer at gevinstene med anbefalt konsept tas ut i driftsfasen. Systematisk energiledelse og energikartlegging basert på gode EOS-systemer og SD-anlegg antas i tillegg å avdekke et betydelig potensiale for lønnsom energieffektivisering som vil bidra til redusert behov for innkjøpt energi.
- ✓ Smart energistyring av fleksible laster antas å ytterligere kunne redusere strømrelaterte kostnader med over 10 % gjennom å flytte det fleksible forbruket til mest mulig gunstige tidspunkt.



#2 – Betydelig redusert effektbehov for enkeltbygg

- ✓ Grunnkonsept enkeltbygg vil gi betydelig lavere effektbehov til varmt tappevann (opp mot 95 % reduksjon) og vesentlig lavere effektbehov til oppvarming og ventilasjon, sammenliknet med dagens praksis for Forsvarsbygg.
- ✓ Effektstyring av fleksible laster og innføring av reservekraftmodus bidrar med reduserte effekttopper og økt kontroll i både normal drift og i reservedrift. Dersom elektrisk batteri (konsept 3) velges vil dette også bidra med effekttoppreduksjoner.



#3 – Det anbefalte konseptet inkluderer bruk av ny teknologi for produksjon og lagring av energi

- ✓ Solkraft på bygg reduserer behovet for kjøpt strøm med 20-40 % for hele Setermoen Leir i normal drift og kan bidra som drivstoffreduserende tiltak i reservekraftdrift.
- ✓ For områder med vindressurs vil lokalprodusert kraft i kombinasjon med lagring kunne bidra med lokalt produsert kraft i normaldrift og reservekraftdrift hele året.
- ✓ Batterier er en aktuell løsning for Setermoen, og anbefales utredet nærmere. Hovedverdien ligger sannsynligvis i batteriets posisjon i reservekraftkonseptet. Det anbefales at det undersøkes nærmere rundt verdien av et sentralt batteri opp mot spesielt forsyningsikkerhet og reservekraft.
- ✓ Sømløs overgang mellom normaldrift og reservekraftdrift – teknisk og ressursmessig - ved at reservekraft på mange måter er en robust og redundant tilleggfunksjon til systemet som brukes i normaldrift.



#4 – Energikonseptet medfører ingen tap av natur og er basert på fornybare energikilder

- ✓ Det har vært en grunnforutsetning at energikonseptet ikke skal beslaglegge jomfruelig areal på Setermoen (eller i områdene rundt).
- ✓ Foreslått energisystem baserer seg utelukkende på fornybare energikilder i normal drift og normal drift av reservekraft, som gir lave klimagassutslipp.



DELMÅL SOM ER RELEVANTE FOR UTREDNINGEN

Kutte bruken av innkjøpt energi med 15 prosent i løpet av 2025



Bruke egenprodusert energi i nybygg og rehabiliteringsprosjekter

Utforske ny teknologi for produksjon og lagring av energi



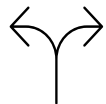
Vurdere klima og miljø på lik linje med tid, kostnader og ytelse i anskaffelser



Beskytte og ta vare på myr og andre økosystemer for å sikre naturmangfold

Resultat hovedspørsmål 3:

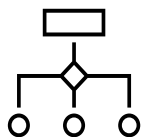
Hva skal til på veien videre for å realisere energikonseptet, både for Setermoen og andre militære anlegg?



STEG 1: VEIVALG

Beslutning om konsept og veien videre

Skal anbefalt konsept implementeres? I hvilket omfang (Kun for Setermoen eller også for andre områder)? Hvem skal ta beslutningen og hvor skal den forankres?



STEG 2: LEGGE GRUNNLAG FOR IMPLEMENTERING

Hvilke konkrete tiltak må gjøres for å oppnå vellykket implementering på generell basis?



STEG 3: IMPLEMENTERING I PROSJEKTER

Starte raskt med implementering i prosjekter. Evaluere og evt. justere veiledere/dokumenter ved behov. Opplæring og kompetanseheving av prosjektledere og driftspersonell.

Følgende dokumenter, planer og verktøy kan være aktuelle å etablere for å legge grunnlaget for implementering:

UTARBEIDELSE AV VEILEDERE



- Grunnkonsept enkeltbygg – systemskisse og designkriterier (inkluderer SD-anlegg)
- Varmepumpeveileder – vurderings- og designkriterier
- Forsyningsikkerhet – metodeveileder
- Energikonseptutredning – mal



ANSKAFSELSEDOKUMENTER:

- Krav og føringer inn i **MOP-mal**
- Oppdatere **kravspesifikasjon** med relevante krav



DRIFTSVERKTØY:

- EOS og energiledelse – driftsrutiner
- SD-anlegg (fjerndrift) - driftsrutiner
- Energioppgraderingsplan innarbeidet i bygningsforvaltningsarbeidet

Identifiserte potensielle barrierer tilknyttet gjennomføringsevne i praksis

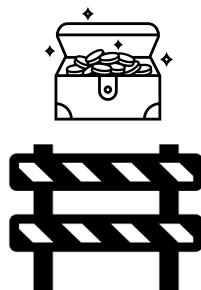
Fokus på interne forhold i Forsvarsbygg som bør gis spesielt fokus i videre veivalgsvurderinger



Informasjonsutveksling sett opp mot sikkerhetshensyn

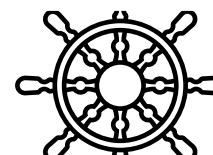
Konseptet forutsetter informasjonsutveksling, bl.a. mellom forbrukslaster og sentralt toppsystem for effektstyring, og oppfølging av live/detaljerte energidata for å kunne optimalisere drift.

Er det mulig å oppnå dette og samtidig ivareta sikkerhetshensyn? Hva er riktig tilnærming? Hvordan er dette tenkt løst for den vedtatte EOS-satsingen?



Høyere investeringskostnad er vanskelig å prioritere i prosjekthverdagen

I en vanlig prosjekthverdag er tilgjengelige midler under tøffe prioriteringer. Energikonseptet inkluderer solceller, varmepumper og andre elementer som gir høyere investeringskostnad, men besparelser i drift. Hvordan sikre at dette kan prioriteres også dersom budsjettene strammes til?



Utfordringer knyttet til vellykket etablering av energikonseptet

Konseptet fordrer en «hands on» prosjektorganisasjon som følger opp at alle kravene bestilles, leveres og at sluttresultatet oppfyller kravene. Detaljer er viktig for å ta ut gevinsten i drift. Hvordan gi prosjektleder og andre nøkkelpersoner de riktige insentivene, opplæringen og kompetansen for å følge opp de nye kravene riktig?



Rolle- og ansvarsfordeling mellom daglig drift (SD-anlegg) og energiledelse

Gevinsten av energikonseptet høstes i driftsfasen, og det er avgjørende at denne fasen lykkes. Nøkkelrollene er nasjonale energiledere, og lokalt driftspersonell. Hvordan sette opp rutiner og verktøy slik at disse miljøene samhandler godt og utfyller hverandre? Hvordan unngå at ansvar for energi- og effektresultater faller mellom stolene?



Vedlegg

V1 Mål og fokusområder | Bakgrunn

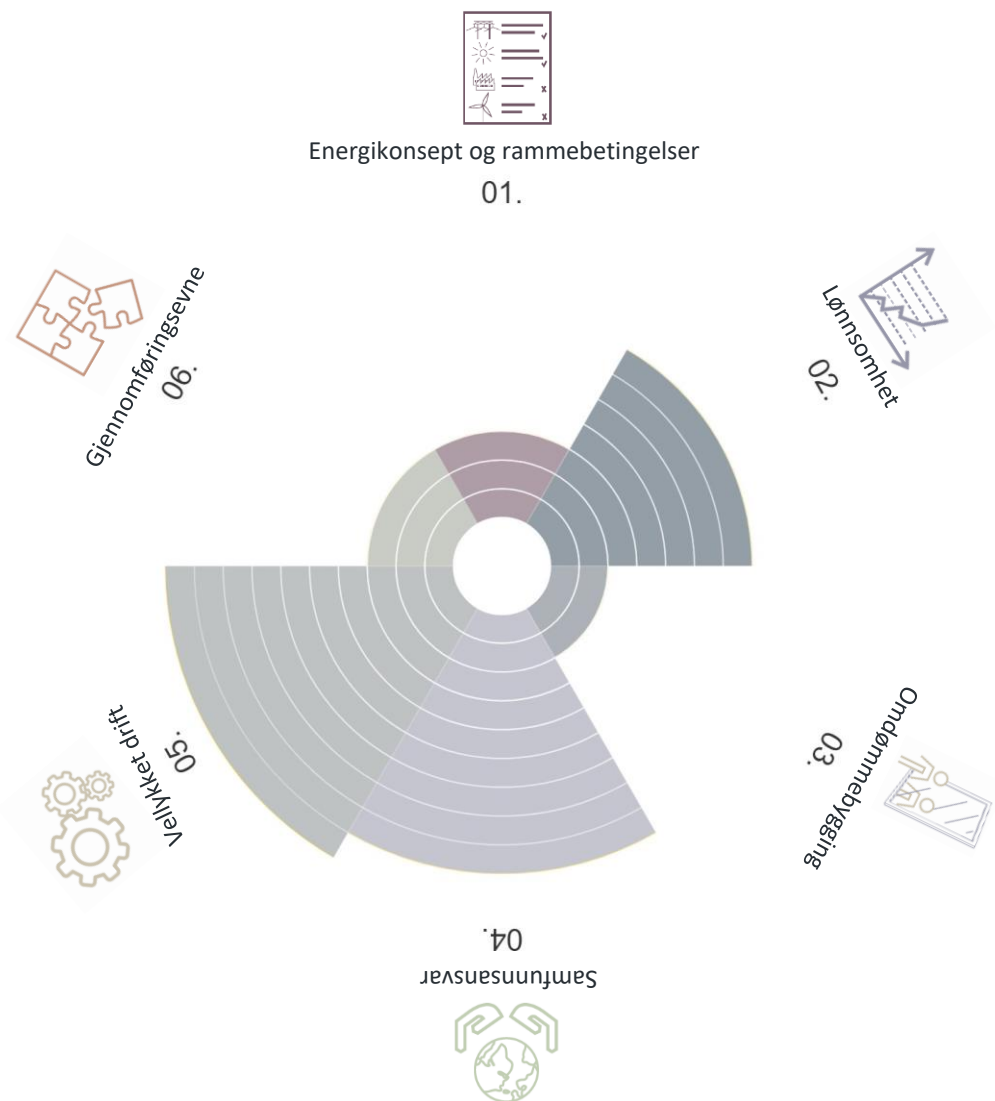
V2 Vurderinger elektrisk effektbehov

V1 Mål og fokusområder | Bakgrunn

- Energiplanleggingsrosen for Setermoen, med forklaring
- Fokusområder som er trukket fram som spesielt viktige for energikonseptet på Setermoen



Mål og fokusområder | Bakgrunn



Energiplanleggingsrosen er utarbeidet i workshop på Setermoen 21. og 22. august (se deltakere på neste side), samt oppsummerende møte på teams i etterkant.

Energiplanleggingsrosen er en del av prosessen Multiconsult kaller energiplanleggingskompasset, som er et prosessverktøy som har til hensikt å løfte fram de viktigste temaene innen energiplanlegging for et prosjekt, med tilhørende fokusområder. Dette er med på å sette retning for arbeidet med energiplanlegging, og se energiplanen opp mot helheten i prosjektet og virksomhetens strategi og mål.

Energiplanleggingsrosen med tilhørende fremhevede fokusområder for prosjektet har vært førende for arbeidet med denne energikonseptstudien, og også definert vurderingskriteriene som er brukt for å vekte de ulike konseptene mot hverandre.

Fokusområdene som ble trukket fram og fremhevet i workshopen 21. og 22. august er vist på påfølgende sider.



Mål og fokusområder

Bidragstere WS og kjernegruppe fra Forsvarsbygg

Deltakerne i workshop på Setermoen 21. og 22. august, som bl.a. bidro med input til energiplanleggingsrosen og å definere de viktigste fokusområdene, er vist i tabellen til høyre.

Kjernegruppen fra Forsvarsbygg som har deltatt i de fleste møter og workshops videre i utredningen er uthevet i tabellen. I tillegg til disse har Are Vestli også deltatt aktivt i møter og workshops gjennom utredningen.

Navn	Rolle
Marita Strømsør-Bygdevoll	Eiendomsforvaltning, distriktsleder Setermoen
Edel Torbjørnsdatter	Eiendomsforvaltning, fagansvarlig energi
Gøran Foshaug	Eiendomsforvaltning, fagingeniør energi og POC
Torgeir Norheim	Eiendomsforvaltning, områdeleder Setermoen
Magnus Sparrevik	Fagansvarlig miljø
Bendik Martinussen	Hærstaben
Cecilie Flemming	Multiconsult
Magnus Reinemo	Multiconsult
Carl Godager Kaas	Multiconsult
Leif Sverre Boland	Multiconsult
Karina Syversen	NKSB
Emil Jørgensen	NKSB
Anne Vedøy Nordmo	PL, Gjennomføringsfase, Forsvarsbygg
Lars-Kristian Nerum	PL, Gjennomføringsfase, Forsvarsbygg
Astrid Myrvang Hagen	PL, KVU sambandsbataljonen Heggelia leir
Hege Leiknes	PL, Totalprosjektleder tidligfase på Setermoen
Arild Øvergaard	Prosjektsjef tidligfase, Forsvarsbygg
Benjamin Danielsen	PSL (For andre lokasjoner enn Setermoen)
Mari Nord Myklebust	Rådgiver, fagansvar LCA
Trond Are Pedersen	Trenreg (Forsvaret drift)



Utvalgte fokusområder

Fargekoder

Grønt = kriterier konseptene vurderes direkte mot (enten ved grove beregninger eller kvalitativt)

Oransje = omtales/vurderes der det oppleves relevant for de ulike konseptene - kvalitativt

Blå = trukket fram som viktig å ha med seg, men konseptene i seg selv vurderes ikke opp mot dette

Svart = ble trukket fram, men besluttet ikke å ta med videre i denne studien

Energikonsept og rammebetingelser (3/10)

- **Energieffektivisering:** Viktig å fokusere på lavt energibehov før man ser på forsyning. Del av klima- og miljømål om effektiv ressursbruk.
- **Aktuelle energiforsyningsløsninger:** Hånd i hånd med «andre rammebetingelser». Viktig å prioritere energiløsninger, komme med tydelige anbefalinger og vise begrensninger og hva prioriteringene evt. går på bekostning av
- **Energifleksibilitet:** Flexibilitet viktig (lagre, styre energi, standardiserte løsninger)

Lønnsomhet (7/10)

- **LCC:** Forsvarsbygg skal investere, drifte og avhende, derfor naturlig fokus. Kobling mot vellykket drift → lave driftskostnader ekstra viktig. (Ligge på et overordnet nivå i utredningen, vurdere videre om/hvilket nivå vi legger oss på).

Omdømmebygging (2/10)

- **Attraktiv arbeidsgiver:** Kan energikonseptet bidra til at Forsvaret blir en (enda) mer attraktiv arbeidsgiver?
- **Lokale leverandører:** Viktig for lokal støtte og utvikling av lokalsamfunn.
- (Sosiale forhold viktig)
- (Bærekraftig bruk av midler)
- (Ny teknologi skal bidra til bedre forsvarsevne)



Utvalgte fokusområder

Fargekoder

Grønt = kriterier konseptene vurderes direkte mot (enten ved grove beregninger eller kvalitativt)

Oransje = omtales/vurderes der det oppleves relevant for de ulike konseptene - kvalitativt

Blå = trukket fram som viktig å ha med seg, men konseptene i seg selv vurderes ikke opp mot dette

Svart = ble trukket fram, men besluttet ikke å ta med videre i denne studien

Samfunnsansvar (9/10)

- **Forsyningsikkerhet:** Forsvarets hovedformål er å sikre forsvarsevne. Da er det viktig å være attraktiv og å gå foran mtp. forsyningsikkerhet
- *For alt vi er, for alt vi har: «Ikke ødelegge landet i forsøket på å forsvare det»:* Norges miljømål må nås og Forsvarsbygg som byggherre bør gå foran.
 - **Bevare naturmangfold og minimere klimagassutslipp:** Energikonseptet skal medføre lave klimagassutslipp og ikke påvirke naturmangfold negativt
- **Innovasjon:** Forsvarsbygg må ta ansvar for å gå foran og være innovative

Vellykket drift (10/10)

- **Kompetanse, eierskap og kapabilitet:** Involvering av driftere, organisasjonsmessig og kunnskap. Involvering og opplæring av brukerne.
- **Standardisering:** Konseptet kan repliseres – konkrete løsninger som ikke krever spesialkomp/-utstyr som kun finnes her
- **Forsyningsikkerhet/grad av selvforsyning:** Redundante løsninger. Forsyningsikkerhet og grad av selvforsyning må være et sentralt fokusområde.
- **Enkelt å styre godt:** SD-anlegg er avgjørende for at energikonseptet fungerer bra i drift

Gjennomføringsevne (3/10)

- **Intern forankring:** Energikonseptet må forankres opp mot interne beslutningstakere. Viktig å skape entusiasme!
- **Enkel tilgang på innsatsfaktorer eller utstyr:** Det er viktig at energikonseptet ikke krever innsatsfaktorer eller utstyr/reservedeler som det er krevende å få tak i.
- (Manglende politisk vilje kan være en showstopper (men forutsetning her om at viljen er der))
- (Påvirkning av nye regler og krav. Kan det komme nye krav og regelverk som energikonseptet ikke svarer ut?)

V2 Vurdering av elektrisk effektbehov

- Forenklet analyse av historisk strømforbruk – over året og en kald uke.
- Visualisering av varmepumper i nybygg sitt forventede bidrag til energi- og effekttopper for strøm

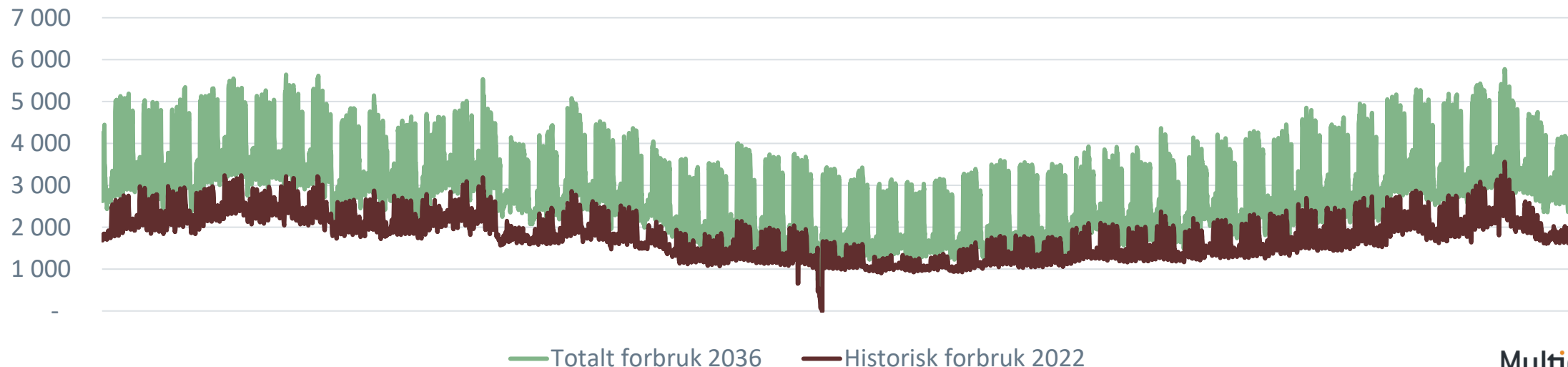
Analyse av elektrisk effektbehov - årsperspektiv

Effektbehov går fra 3,6 til ca. 6 MW etter utvidelsen ved forutsetningene som ligger til grunn:

- ✓ For nye bygg er det lagt inn en normert dag/natt-variasjon, som har mer kontrast enn "Historisk Forbruk 2022". Ved større grad av behovsstyring for eksisterende bygg antas det at det elspesifikke energibehovet for natt kan reduseres betydelig.
- ✓ Ved innføring av EOS og energiledelse antas det også at energi- og effektbehovet på dagtid har betydelig energieffektiviserings-potensiale i eksisterende bygg. Dette vil også redusere nybygg-beregningen, som for flere bygningskategorier forenklet er forutsatt å være tilsvarende eksisterende bygg der vi ikke har tilgang på informasjon om hva elektrisiteten brukes til og om all bruk er nødvendig/energieffektiv.

Dimensjonerende effektbehov for elspesifikt forbruk oppstår på dagtid, og i vinterhalvåret. Dette har følgende årsaker:

- ✓ Det antas at noen av de eksisterende byggene har elektrisk varmforsyning. Dette stemmer overens med informasjon mottatt fra FB om at noen bygg ikke er påkoblet fjernvarmenettet.
- ✓ For nye bygg er det lagt til grunn varmepumpedrift, som vil løfte elbehovet med ca. 500 kW el i kalde perioder.
- ✓ Forbruk tappevann og elbil, kan med enkle grep i stor grad holdes unna perioder med høyt samtidig forbruk (effektstyring + vv-bereder). Eksempel på dette er vist av Figur under der disse lastene i liten grad bidrar til

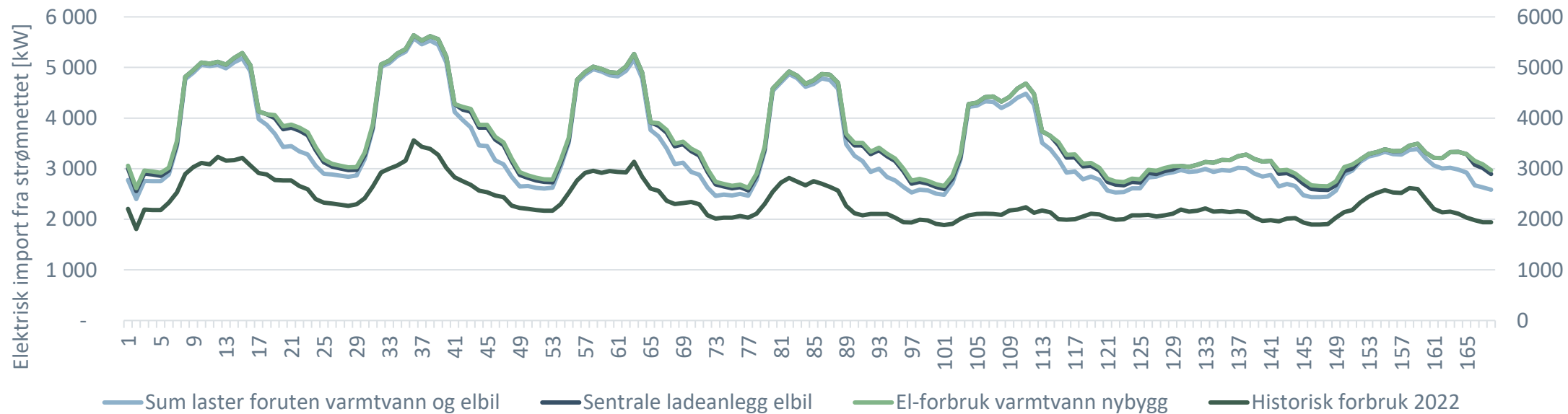




Analyse av elektrisk effektbehov - årsperspektiv

- Grafen viser beregnet elektrisk forbruk en kald uke med dimensjonerende forbruk i 2036. Man kan se at lading av elbiler og akkumulatortanker for varmt tappevann er tenkt utført slik at disse lastene ikke medfører effekttopper. Det vises også tydelig hvordan forbruket varierer fra dag til natt i hverdager og i helgen.
- Historisk Forbruk 2022 er gitt som underlagskontekst

Ukesanalyse mandag til søndag - kald februar.





Analyse av elektrisk effektbehov nybygg - varmepumpe

Grafen viser beregnet elektrisk forbruk for nybyggene. Elforbruk til varmepumper er skilt ut som egen graf, denne lasten vil gå for fullt på kalde dager men ikke gå når det er over ca. 11 grader utetemperatur. Elforbruket til nybygg vil dermed være høyest de kalde dagene, ettersom de andre lastene ikke varierer med sesong.

