

Mikkel Follestad Haakonsen

Bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire.

En case-studie av Terningmoen.

Masteroppgave i Eiendomsutvikling og -forvaltning

Veileder: Tore Brandstveit Haugen

Medveileder: Magnus Sparrevik

Juni 2023

Mikkel Follestad Haakonsen

Bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire.

En case-studie av Terningmoen.

Masteroppgave i Eiendomsutvikling og -forvaltning
Veileder: Tore Brandstveit Haugen
Medveileder: Magnus Sparrevik
Juni 2023

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for arkitektur og design
Institutt for arkitektur og planlegging



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Denne masteroppgaven er den avsluttende oppgaven for studieprogrammet Eiendomsforvaltning og -utvikling ved NTNU Trondheim. Oppgaven har tatt utgangspunkt i levert rapport i emnet AAR4874 Teori og metoder for masteroppgaver, høsten 2022.

Min motivasjon for oppgaven har vært å bidra til en bærekraftig utvikling av forsvarssektorens eiendom, bygg og anlegg (EBA). Etter gjennomført bachelor i ingeniørfag ved Forsvarets høyskole – Krigsskolen, har jeg jobbet med eiendomsforvaltning og -utvikling på Terningmoen leir, i rollen som EBA-offiser. I tillegg har jeg hatt rollen som brukerrepresentant fra Forsvaret i konseptvalgutredningen (KVU) for utvikling av Terningmoen. Pr. tidspunkt inkluderer nevnte KVU ingen spesifiserte bærekraftstiltak. Implementering av fornybar energi er et viktig tema med hensyn på bærekraftig utvikling. Videre har utviklingen av verdenssituasjonen, med økte energipriser og krigen i Ukraina, gitt økt fokus på energi og forsyningssikkerhet. Egenproduksjon av elektrisitet ved bruk av solceller vurderes å kunne bidra til redundans og økt forsyningssikkerhet, samtidig som det bidrar til bærekraftig utvikling. Det anses derfor som et handlingsrom for å inkludere bruk av solceller i utviklingen av Terningmoen. Mitt ønske for denne oppgaven har derfor vært å bidra til å forstå hvordan forsvarssektoren kan inkludere bruk av solceller i utviklingen av Terningmoen, og i sektoren for øvrig.

Jeg ønsker å takke alle som har vært villige til å bidra med data og informasjon for å utarbeide denne studien. Spesielt ønsker jeg å takke ansatte ved Terningmoen leir og Elverum kommune. Jeg vil også takke mine veiledere, Tore Brandstveit Haugen ved NTNU og Magnus Sparrevik ved Forsvarsbygg, for god veiledning og tilbakemeldinger i utarbeidelsen av oppgaven.

God lesning.

X Mikkel F. Haakonsen

Mikkel F. Haakonsen

Sammendrag

Total omstilling fra fossildrevet til fornybar energiproduksjon er et av FNs mål for å stoppe klimaendringene. På strategisk nivå fremmes implementering av solkraftproduksjon i eiendomsutviklingen som en løsning for å øke produksjonsmengden av fornybar energi. Flere forskningsprogrammer er opprettet for å finne taktiske løsninger for en bærekraftig eiendomsutvikling med fornybar energiproduksjon. Felles for forskningsprogrammene er at de ser utviklingen av distrikter eller nabolag som en helhet fremfor enkeltbygg. Forsvarsbygg (FB) har allerede gjennomført flere studier, med hensikt å utvikle løsninger for produksjon og lagring av energi. Derimot har ikke FB gjennomført studier som tar hensyn til en helhetlig utvikling av solkraftproduksjon i Forsvarets leire, gjennom å vurdere alle bærekraftdimensjonene.

I likhet med eksisterende forskningsprogrammer bør eiendomsutviklingen ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire gjennomføres helhetlig, og ikke kun vurdere løsninger for enkeltbygg. For å oppnå en bærekraftig eiendomsutvikling er det ansett som nødvendig å vurdere alle dimensjonene i bærekraftbegrepet: miljø, samfunn og økonomi. Studiens formål er å gi en anbefaling til hvordan en bærekraftig eiendomsutvikling kan varetas ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire. Problemstillingen er derfor som følger, med påfølgende forskningsspørsmål:

«Hvordan varetas bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire?»

1. Hvilke konsepter muliggjør solkraftproduksjon i Forsvarets leire med hensyn på lokale rammebetingelser?
2. Hvordan påvirkes miljømessige faktorer av konseptene for solkraftproduksjon?
3. Hvordan påvirkes sosiale faktorer av konseptene for solkraftproduksjon?
4. Hvordan påvirkes økonomiske faktorer av konseptene for solkraftproduksjon?

Case-studie er valgt forskningstilnærming for å forstå den gjensidige påvirkningen mellom solcelleanlegget og omgivelsene. Mixed metode ble benyttet i case-studien til å definere konsepter for solkraftproduksjon, vurdere konseptenes prissatte og ikke-prissatte konsekvenser for miljø, samfunn og økonomi, og sammenligne konsekvensene.

Terningmoen leir og skyte- og øvingsfelt (SØF) ble benyttet som case. På Terningmoen ble det definert tre konsepter for solkraftproduksjon. Konseptet Bekkekoa består av bakkemonterte solceller i et område som må avskoges. Skytterhuset er et konsept som består av to bakkemonterte solcelleanlegg på allerede bebygde arealer. Konseptet Skytterhuset må ivareta primærfunksjonen til arealene ved å benytte «Parking lot PV», hvor solcellene heves over bakken. Det tredje konseptet består av bygningsmonterte solceller fordelt på tak og fasader i Terningmoen leir.

Konseptet bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir er vurdert som den beste konseptuelle løsningen for en bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire. Konseptet har lavest konsekvens for miljømessige og sosiale faktorer, og er mest lønnsomt. Videre konkluderer studien med at ikke-prissatte konsekvenser bør prioriteres fremfor prissatte konsekvenser og klimagassutslipp, i eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire. Det begrunnes med at prissatte konsekvenser og klimagassutslipp i stor grad styres av kontekstuelle faktorer, som er uavhengige av konseptuell løsning. I tillegg er det stor usikkerhet tilknyttet inndataene for beregning av prissatte konsekvenser og klimagassutslipp.

Abstract

Total conversion from fossil to renewable energy production is one of UN's aims to stop climate change. Strategically, solar power production in real estate development is a promoted solution to increase the amount of renewable energy production. Several research programs have been established to find tactical solutions for implementation of renewable energy production in real estate development. The research programs reviews development of districts and neighborhoods holistically, rather than analyzing individual buildings. Forsvarsbygg (FB) has already completed several studies, with the intention of developing solutions for production and storage of energy. However, FB has not performed any studies that examine a holistic development of solar power production in the Norwegian Armed Forces' camps, considering all the dimensions of sustainability.

Like the existing research programs, the real estate development of solar power production in the Armed Forces' camps should be holistic, and not only consider solutions for individual buildings. To achieve a sustainable real estate development, it is considered necessary to study all dimensions of sustainability: environment, society and economy. The purpose of the study is to provide a recommendation on how sustainable real estate development can be ensured by solar power production in the Armed Forces' camps. Therefore, the problem statement is as follows, with subsequent research questions:

"How to ensure sustainable real estate development by solar power production in the Armed Forces' camps?"

1. Which concepts enable solar power production in the Armed Forces' camps, regarding local framework conditions?
2. How are environmental factors affected by the concepts for solar power production?
3. How are social factors affected by the concepts for solar power production?
4. How are economic factors affected by the concepts for solar power production?

Case study is the chosen research approach to understand the mutual influence between the solar power plant and the surroundings. Mixed method was used in the case study to define concepts for solar power production, evaluate the concepts' priced and non-priced consequences for the environment, society and the economy, and compare the consequences.

Terningmoen camp and training area (SØF) was used as case. Three concepts were defined for solar power production at Terningmoen. The Bekkekoia concept consists of a ground-mounted solar power plant in an area that require deforesting. The Skytterhuset concept consists of two ground-mounted solar power plants on already built areas. The Skytterhuset concept must adapt to the areas primary function by using "Parking lot PV", where the solar panels are raised above the ground. The third concept consists of building-mounted solar panels distributed on roofs and facades in the camp.

Building-mounted solar panels at Terningmoen camp has been evaluated as the best conceptual solution for a sustainable real estate development with solar power production in the Armed Forces' camps. The concept has the lowest impact on environmental and social factors and is the most profitable. Furthermore, the study concludes that non-priced consequences should be prioritized above priced consequences and greenhouse gas emissions, in the real estate development of solar power production. Priced consequences and greenhouse gas emissions are mainly controlled by contextual factors, which are independent of the conceptual solution. Additionally, great uncertainty is linked with the input data for calculating priced consequences and greenhouse gas emissions.

Innholdsfortegnelse

Forord	III
Sammendrag	IV
Abstract	V
Figurer	IX
Tabeller	XI
Forkortelser	XII
1. Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.1.1 Bærekraftig utvikling	1
1.1.2 Strategisk implementering av solkraftproduksjon i eiendomsutvikling	1
1.1.3 Taktisk utvikling av solkraftproduksjon i eiendomsutvikling	2
1.1.4 Forsvarssektorens tilnærming til solkraftproduksjon	2
1.2 Formål	3
1.3 Problemstilling og forskningsspørsmål	3
1.3.1 Forskningsspørsmål	3
1.4 Avgrensninger	4
1.5 Oppgavens struktur	5
2. Litteratur og teori	6
2.1 Bærekraftig eiendomsutvikling	6
2.1.1 Plan og bygningsloven	6
2.1.2 Konsekvensutredning	6
2.1.3 Miljømessig eiendomsutvikling	8
2.1.4 Sosial eiendomsutvikling	9
2.1.5 Økonomisk eiendomsutvikling	10
2.2 Eiendomsutvikling i forsvarssektoren	10
2.2.1 Roller i forsvarssektorens eiendomsutvikling	10
2.2.2 Prosjektmodell for investeringer i forsvarssektoren	12
2.2.3 Konseptfasen	12
2.3 Energi i eiendomsutvikling	13
2.3.1 Netto energibehov og levert energi	13
2.3.2 Strømpris	14
2.4 Solkraftproduksjon	14
2.4.1 Solcellers virkemåte	15
2.4.2 Effektpåvirkende faktorer for solceller	15
2.4.3 Bygningsmonterte solceller	17
2.4.4 Bakkemonterte solceller	17
2.5 Oppsummering av litteratur og teori	18

2.5.1	Bærekraftig eiendomsutvikling	18
2.5.2	Eiendomsutvikling i forsvarssektoren	18
2.5.3	Energi i eiendomsutvikling og solkraftproduksjon	19
3.	Metode	20
3.1	Forskningstilnærming	20
3.1.1	Case-studie	20
3.1.2	Mixed metode i case-studie	20
3.2	Case-beskrivelse	21
3.2.1	Forsvarets utvikling på Terningmoen	21
3.2.2	Lokalisering av Terningmoen	22
3.2.3	Reguleringsplan Terningmoen leir.....	23
3.2.4	Reguleringsplan Terningmoen SØF	24
3.2.5	Kulturminner i Terningmoen leir og SØF.....	24
3.2.6	Naturvern i Terningmoen leir og SØF	25
3.2.7	Leirplan for Terningmoen	25
3.3	Case-gjennomføring	25
3.3.1	Konsepter for solkraftproduksjon.....	26
3.3.2	Konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer	28
3.3.3	Konseptenes påvirkning på sosiale faktorer	29
3.3.4	Konseptenes påvirkning på økonomiske faktorer	29
3.4	Datainnsamling	29
3.4.1	Litteraturstudie	29
3.4.2	Dokumentstudier	30
3.4.3	Befaring	30
3.4.4	Fokusert intervju.....	31
3.4.5	Dybdeintervjuer	31
3.4.6	Simuleringer.....	31
3.5	Studiens kvalitet	31
3.5.1	Relabilitet.....	31
3.5.2	Validitet	32
3.5.3	Generaliserbarhet.....	33
4.	Funn	34
4.1	Konsepter for solkraftproduksjon.....	34
4.1.1	Estimering av behov for elektrisitet	34
4.1.2	Konsepter for solkraftproduksjon.....	35
4.1.3	Konseptenes potensial for solkraftproduksjon	39
4.2	Konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer	41
4.2.1	Naturmangfold	41

4.2.2	Landskap	42
4.2.3	Forurensing	44
4.2.4	Klimagassutslipp	44
4.2.5	Oppsummering av påvirkning på miljømessige faktorer.....	45
4.3	Konseptenes påvirkning på sosiale faktorer	45
4.3.1	Likestilt tilgang og muligheter	46
4.3.2	Miljørettsferd og helserisiko	47
4.3.3	Samfunn- og stedsverdi	48
4.3.4	Fysiologiske behov	50
4.3.5	Oppsummering av påvirkning på sosiale faktorer	51
4.4	Konseptenes påvirkning på økonomiske faktorer	52
5.	Analyse og drøfting	53
5.1	Konsepter for solkraftproduksjon.....	53
5.1.1	Energibehov og -effektivisering.....	53
5.1.2	Konseptenes tilpasningsdyktighet.....	53
5.2	Konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer	54
5.2.1	Bakkemonterte solcellers påvirkning på mikroklima	54
5.2.2	Klimagassutslipp	54
5.2.3	Internprioritering av miljømessige faktorer.....	55
5.3	Konseptenes påvirkning på sosiale faktorer	56
5.4	Konseptenes påvirkning på økonomiske faktorer	57
5.5	Bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire.....	58
5.5.1	Prioritering av bærekraftdimensjonene	58
5.5.2	Arealeffektivitet som parameter for bærekraft	59
5.5.3	Andre faktorer som påvirker solkraftproduksjon	59
6.	Konklusjon.....	61
6.1	Konsepter for solkraftproduksjon.....	61
6.2	Konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer	62
6.3	Konseptenes påvirkning på sosiale faktorer	62
6.4	Konseptenes påvirkning på økonomiske faktorer	63
6.5	Bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire.....	64
7.	Refleksjoner for videre forskning.....	66
8.	Referanser	67
9.	Vedlegg	74

Figurer

Figur 2.1 - Konsekvensvifte. Kilde: Miljødirektoratet, 2021.	7
Figur 2.2 - Naturens sfærer, prosesser og hvordan de påvirkes. Kilde: Breuste et al., 2020, s. 5.....	8
Figur 2.3 - Rollehierarkiet for eiendomsutvikling i forsvarssektoren. Kilde: Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2019, s.11-12; Haakonsen, 2022, s.7.	11
Figur 2.4 - Prosjektmodell for investeringer i forsvarssektoren. Kilde: Det Kongelige Finansdepartement, 2019, s.4; Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2019, s.9; Haakonsen, 2022, s.9.	12
Figur 2.5 - Generell oppbygning av en solcelle. Kilde: Reenaas et al., 2010, s. 281.....	15
Figur 3.1 - Lokalisering av Terningmoen. Kilde: gardskart.nibio.no; Haakonsen, 2022, s.3.	22
Figur 3.2 - Fordeling av Terningmoen leir og SØF. Kilde: norgeskart.no; Haakonsen, 2022, s.3.....	22
Figur 3.3 - Reguleringsplan for Terningmoen leir. Kilde: Elverum kommune, 2007.	23
Figur 3.4 - Reguleringsplan for Terningmoen SØF. Kilde: Elverum kommune, 2019; Haakonsen, 2022, s.12.	24
Figur 3.5 - Vernede bygg og hensynssoner på Terningmoen leir. Kilde: Forsvarsbygg, 2018.	25
Figur 3.6 - Case-studiens struktur. Kilde: Egenprodusert.	26
Figur 3.7 - Filtreringsprosess for kartlegging av konsepter for solkraftproduksjon. Kilde: Egenprodusert.	28
Figur 4.1 - Lokalisering av konsepter for bakkemonterte solceller. Kilde: Norgeskart.no.	36
Figur 4.2 - Bilde av området for etablering av solceller ved Bekkekoia. Synsvinkel fra nord mot sør. Kilde: Egenprodusert, 09.02.2023.	36
Figur 4.3 - Bilde av områdene for etablering av solceller på parkeringsplassen ved adkomst Terningmoen (øverst), og ved Skytterhuset (nederst). Synsvinkel fra nord mot sør. Kilde: Google Streetview, november 2022; Egenprodusert, 09.02.2023.	37
Figur 4.4 - Eksempel på "Parking lot PV". Kilde: wileywilson.com, 2023.....	37
Figur 4.5 - Bilde fra planlagt plassering av blått bygg lengst sør. Synsvinkel mot sør. Kilde: Egenprodusert, 06.03.2023.	38
Figur 4.6 - Bilde fra planlagt plassering av oransje bygg i nord-øst. Synsvinkel mot sør. Kilde: Egenprodusert, 06.03.2023.	38
Figur 4.7 - Plassering av bygningsmonterte solceller. Kilde: Vedlegg A.	39
Figur 4.8 - Konseptenes konsekvensgrad for naturmangfold. Kilde: Egenprodusert.	42
Figur 4.9 - Konseptenes konsekvensgrad for landskap. Kilde: Egenprodusert.	44
Figur 4.10 - Konseptenes samlede konsekvensgrad for miljømessige faktorer. Kilde: Egenprodusert.	45
Figur 4.11 - Konseptenes konsekvensgrad for likestilt tilgang og muligheter. Kilde: Egenprodusert.	47
Figur 4.12 - Konseptenes konsekvensgrad for miljørettsferd og helserisiko. Kilde: Egenprodusert.	48
Figur 4.13 - Konseptenes konsekvensgrad for samfunn- og stedsverdi. Kilde: Egenprodusert.	49
Figur 4.14 - Konseptenes samlede konsekvensgrad for sosiale faktorer. Kilde: Egenprodusert.	51
Figur 5.1 - Følsomhetsanalyse for besparelse i klimagassutslipp som følge av endring i utslippsfaktorer. Kilde: Egenprodusert.....	55
Figur 5.2 - Følsomhetsanalyse for nettonåverdi som følge av endring i økonomiske inndata. Kilde: Egenprodusert.	57
Figur 5.3 - Konseptenes arealeffektivitet. Kilde: Egenprodusert.	59

Figur 6.1 - Konseptenes samlede konsekvensgrad for miljømessige faktorer. Kilde: Egenprodusert.	62
Figur 6.2 - Konseptenes samlede konsekvensgrad for sosiale faktorer. Kilde: Egenprodusert.	63

Tabeller

Tabell 2.1 - Konsekvensskala. Kilde: Miljødirektoratet, 2021.	7
Tabell 2.2 - Oversikt over strømprisens komponenter med kostnadsenhet. Kilde: Egenprodusert.	14
Tabell 2.3 - Albedo for ulike overflater. Kilde: Byggforsk, 1991, s. 4. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/222/solstraalingsdata_for_energi_og_effektberegninger	17
Tabell 3.1 - Søkeord benyttet i litteraturstudien. Kilde: Egenprodusert.	30
Tabell 4.1 - Eksisterende forbruk av elektrisitet på Terningmoen. Avrundet til nærmeste 100. Kilde: Forsvarsbygg, 2023.	34
Tabell 4.2 - Estimert netto energibehov og behov for elektrisitet til nybygg på Terningmoen. Avrundet til nærmeste 100. Kilde: Egenprodusert.	34
Tabell 4.3 - Estimert behov for elektrisitet på Terningmoen. Avrundet til nærmeste 100. Kilde: Egenprodusert.	34
Tabell 4.4 - Estimerte nøkkeltall for konseptene bakkemonterte solceller ved Bekkekoa og Skytterhuset. Avrundet til nærmeste 100. Kilde: Egenprodusert.	40
Tabell 4.5 - Estimerte nøkkeltall for konseptet bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir. Avrundet til nærmeste 100. Kilde: Egenprodusert.	41
Tabell 4.6 – Konseptenes besparelse i klimagassutslipp. Avrundet til nærmeste 100. Kilde: Egenprodusert.	45
Tabell 4.7 – Konseptenes risiko tilknyttet fysiologiske behov. Kilde: Egenprodusert.	50
Tabell 4.8 – Funn for konseptene med hensyn på økonomiske faktorer. Avrundet til nærmeste 1 000. Kilde: Egenprodusert.	52
Tabell 6.1 - Oppsummering av konseptenes produksjonspotensial. Avrundet til nærmeste 100. Kilde: Egenprodusert.	61
Tabell 6.2 - Oppsummering av konseptenes økonomiske faktorer. Avrundet til nærmeste 1 000. Kilde: Egenprodusert.	64

Forkortelser

Følgende forkortelser er benyttet i oppgaven:

BA	Brukeransvarlig
BAPV	Building attached photovoltaic – Engelsk for utenpåmonterte solceller – Solceller som festes utenpå en bygnings fasader eller tak.
BIPV	Building-integrated photovoltaic – Engelsk for bygningsintegreerte solceller – Solceller som integreres i bygningskroppen, og erstatter bygningskomponenten på tak eller fasader.
BRA	Bruksareal – En bygnings bruksareal, ekskludert yttervegger. Beregnes etter Norsk Standard NS 3940:2012.
BTA	Bruttoareal – En bygnings areal, inkludert yttervegger.
DOK	Forskrift om dokumentasjon av byggevarer.
EBA	Eiendom, bygg og anlegg.
FB	Forsvarsbygg
FD	Forsvarsdepartementet
FST	Forsvarsstaben
HSAT	Solceller med en-akset tracking.
KS1	Kvalitetssikring 1 – Første beslutningspunkt i forsvarsdepartementets prosjektmodell PRINSIX. Markerer overgangen fra konsept til forprosjekt.
KS2	Kvalitetssikring 2 – Siste beslutningspunkt i forsvarsdepartementets prosjektmodell PRINSIX før gjennomføring. Markerer overgangen fra forprosjekt til gjennomføring.
KVU	Konseptvalgutredning – Utarbeides i konseptfasen i forsvarsdepartementets prosjektmodell PRINSIX, som beslutningsunderlag for KS1.
LCC	Livssyklus kostnader – Tiltaks prissatte kostnader over hele livsløpet i tillegg til investeringskostnaden, som inkluderer drift, vedlikehold og avhending. Beregnes etter Norsk Standard NS 3454.
NNV	Nettonåverdi - Metode for å bedømme investeringers lønnsomhet.
ODG	Oppdragsgiver

PA	Prosjektansvarlig
PE	Prosjekteier
PED	Positive Energy Districts. EU ledet forskningsprogram.
PV	Photovoltaic – Engelsk uttrykk for solceller.
SAK10	Byggesaksforskriften.
SØF	Skyte og øvingsfelt.
TEK17	Byggteknisk forskrift.
Wh	Wattimer – Målenhet for faktisk produksjonseffekt.
Wp	Watt-peak – Målenhet for produksjonseffekt ved standard testforhold.
ZEN	Zero Emission Neighborhoods in Smart Cities. NTNU og SINTEF ledet forskningsprogram.

1. Innledning

Hensikten med innledningen er å sette konteksten for den gjennomførte studien. Dette kapittelet redegjør for bakgrunnen til studien, hvilken retning studien har sitt fokus og hvilke rammer som er satt for gjennomføringen av studien.

1.1 Bakgrunn

1.1.1 Bærekraftig utvikling

Bærekraftig utvikling kan forstås som å tilfredsstillere behovene i nåsituasjon uten at det hindrer tilfredsstillende av fremtidige generasjoners behov. I den sammenheng er det nødvendig å vurdere den gjensidige påvirkning mellom miljø, samfunn og økonomi (OECD, 2008, s. 2; Tjernshaugen, 2022; Haakonsen, 2022, s. 1).

1.1.2 Strategisk implementering av solkraftproduksjon i eiendomsutvikling

Å stoppe klimaendringene er essensielt for en bærekraftig utvikling. Total omstilling fra fossildrevet til fornybar energiproduksjon er derfor et av målene for å stoppe klimaendringene (FN-Sambandet, 2022).

Energikommisjonær i EU, Kadri Simson sier: «Buildings are the single largest energy consumer in Europe, using 40% of our energy, and creating 36% of our greenhouse gas emissions...» (European Commission, 2021, s. 1).

Ettersom bygninger utgjør den største andelen av Europas energiforbruk, og står for en stor andel av klimagassutslippet, er EUs reviderte bygningsdirektiv sendt frem for politisk behandling. Revidert bygningsdirektiv har til formål å transformere hele EUs bygningsmasse, både eksisterende og nybygg, til nullutslippsbygg innen 2050. For å oppnå målet fastsettes det at alle nybygg må være nullutslippsbygg innen 2030, hvorav offentlige nybygg må være nullutslippsbygg innen 2027 (European Commission, 2021; Røberg, 2023).

For å etablere nullutslippsbygg er det nødvendig å utvikle løsninger for fornybar energiproduksjon. Revidert bygningsdirektiv stiller krav om implementering av solcelleanlegg, dersom det er teknisk egnet, økonomisk og funksjonelt mulig. Det fremmes også at alle eksisterende offentlige bygg bør anlegge solceller innen 2027, og at alle nye boligbygg og parkeringsplasser bør ha solceller innen 2029 (Røberg, 2023).

Parallelt har Energikommisjonen fremmet nasjonal implementering av solkraftproduksjon i eiendomsutviklingen. I februar 2023 fremla Energikommisjonen sin rapport. Kommisjonen har kartlagt Norges energibehov og utarbeidet forslag til økt energiproduksjon. Kommisjonen fastsetter at det er stort behov for utbygning av fornybar energiproduksjon for å nå klimamålsetningene. Utvikling av solkraft fremmes som et av alternativene for økt kraftproduksjon med stort potensial. Energikommisjonen anbefaler å tilrettelegge for utvikling av både bakkemonterte og bygningsmonterte solcelleanlegg (Sørgard *et al.*, 2023, s. 9-25).

NVE (Birkelund *et al.*, 2021, s. 37) vurderer at den teknologiske utviklingen vil gjøre utbygging av solkraft billigere og mindre tidkrevende. Av den grunn vurderer NVE at potensialet for solkraft er stort i Norge, og vil utgjøre en vesentlig andel av norsk kraftproduksjon i 2040 (Haakonsen, 2022, s. 1).

For å oppsummere er det på strategisk nivå nødvendig med en total omstilling fra fossildrevet til fornybar energiproduksjon. Nasjonalt og internasjonalt er det et økende energibehov, hvor bygg står for en stor andel av energiforbruket. En av løsningene som fremmes i Norge, og Europa for øvrig, er implementering av solkraftproduksjon i eiendomsutviklingen.

1.1.3 Taktisk utvikling av solkraftproduksjon i eiendomsutvikling

For å oppnå de strategiske målsetningene om nullutslippsbygg og omstilling fra fossildrevet til fornybar energiproduksjon, er det iverksatt flere forskningsprogrammer. Et eksempel er forskningsprogrammet Zero Emission Neighborhoods in Smart Cities (ZEN) som ledes av NTNU og SINTEF. Visjonen til programmet er å utvikle bærekraftige nabolag med null klimagassutslipp. Et annet eksempel er Positive Energy Districts (PED) som ledes av EU. Formålet med programmet er å utvikle distrikter med nettonull klimagassutslipp og årlig overskuddsproduksjon av fornybar energi (Svarva et al., 2021; Urban Europe).

Det er også opprettet innovasjonsarenaer for å støtte utviklingen av bærekraftige lavutslippssamfunn. Et eksempel er innovasjonsprogrammet FutureBuilt, med visjon om å vise at en bærekraftig nullutslippsby er mulig å realisere. For å ivareta bærekraftperspektivet har FutureBuilt flere kvalitetskriterier for sine prosjekter innenfor miljømessig og sosial bærekraft (FutureBuilt, 2023).

Felles for de nevnte programmene er at fokus er rettet mot distrikter eller nabolag fremfor å se på enkeltbygg isolert. Programmene fokuserer også på utvikling av allerede bebygde områder.

1.1.4 Forsvarssektorens tilnærming til solkraftproduksjon

Forsvarssektoren publiserte sin klima- og miljøstrategi i 2022 (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2022b). I likhet med EU og Energikommisjonen fremmer forsvarssektoren en omstilling fra fossildrevet til fornybar energiproduksjon. Forsvarssektorens målsetning er å: «Redusere innkjøpt energi med 10% i løpet av 2025.» (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2022b, s. 6). Å utvikle egenprodusert energi i alle relevante nybygg og rehabiliteringsprosjekter er et av tiltakene forsvarssektoren skal gjennomføre for å nå målsetningen.

Klima og miljøstrategien til forsvarssektoren skal også sørge for å bevare naturmangfoldet og kulturhistoriske verdier i utviklingen av sin arealbruk. I utviklingen av egenprodusert energi er det derfor nødvendig å utarbeide løsninger som samsvarer med naturmangfoldet og kulturhistoriske verdier (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2022b, s. 8).

Forsvarsbygg har allerede etablert solcelleanlegg på enkelte bygg. I tillegg har FB gjennomført flere mulighetsstudier med hensikt å utvikle løsninger for produksjon og lagring av energi. For eksempel «Solstrømvelger'n» er et verktøy for etablering av bygningsmonterte solceller, som FB har lansert (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2022c, s. 138-141; Haakonsen, 2022, s. 1).

FB har derimot ikke gjennomført studier som ser på en helhetlig utvikling av solkraftproduksjon i Forsvarets leire. Studiene som er gjennomført besvarer derfor ikke hvordan utviklingen av egenprodusert energi skal samsvare med naturmangfoldet og kulturhistoriske verdier, i tillegg til økonomi og klimagassutslipp.

1.2 Formål

En militærleir kan sammenlignes med et nabolag eller et distrikt. I likhet med et nabolag er det lokalisert flere bygg med ulike funksjoner i en leir. For eksempel forlegningsbygg, messe (storkjøkken), kontorer, garasjer og lager. Det ansees derfor som hensiktsmessig å vurdere en militærleir som en helhet ved implementering av solkraftproduksjon, slik en utvikler distrikter og nabolag i sivile forskningsprogrammer.

Derimot er en militærleir ofte tilknyttet et øvingsfelt som består av ulike type arealer. Arealene i et øvingsfelt består for det meste av mindre berørte områder, hvor naturen i stor grad er intakt. En militærleir skiller seg derfor fra nabolag og distrikter, fordi en har mulighet til å utvikle arealer som ikke er bebygde.

Formålet med oppgaven er å bidra til en bærekraftig utvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire. I likhet med eksisterende forskningsprogrammer bør utviklingen av solkraftproduksjon se på leirene som en helhet og ikke kun vurdere løsninger for det enkelte bygg. For å oppnå en bærekraftig eiendomsutvikling er det ansett som nødvendig å vurdere alle dimensjonene innenfor bærekraftbegrepet: miljø, samfunn og økonomi. Studien har definert ulike konsepter for solkraftproduksjon i Forsvarets leire. Konsekvensen av konseptene har deretter blitt vurdert med hensyn på miljømessige, sosiale og økonomiske faktorer. Gjennom konsekvensen av konseptene, har studien søkt å gi en anbefaling til hvordan en bærekraftig eiendomsutvikling kan varetas ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire.

1.3 Problemstilling og forskningsspørsmål

Problemstillingen for oppgaven er:

«Hvordan vareta bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire?»

1.3.1 Forskningsspørsmål

For å konkretisere problemstillingen er den brutt ned i forskningsspørsmål. Forskningsspørsmålene gir føringer for utarbeidelsen av studien og hvordan problemstillingen besvares. Følgende forskningsspørsmål er definert:

1. Hvilke konsepter muliggjør solkraftproduksjon i Forsvarets leire med hensyn på lokale rammebetingelser?
2. Hvordan påvirkes miljømessige faktorer av konseptene for solkraftproduksjon?
3. Hvordan påvirkes sosiale faktorer av konseptene for solkraftproduksjon?
4. Hvordan påvirkes økonomiske faktorer av konseptene for solkraftproduksjon?

1.4 Avgrensninger

Følgende avgrensninger er gjort for studien:

Nr.	Avgrensning
1.	Oppgaven er utarbeidet og distribuert på UGRADERT plattform. Informasjon av høyere sikkerhetsgradering har derfor ikke blitt vurdert.
2.	Oppgaven har kun tatt hensyn til produksjon av elektrisitet i Forsvarets leire. Behovet for lagring og bruk av elektrisitet i Forsvarets leire ansees som komplekst, fordi det krever vurderinger av hele spekteret fred, krise og krig. I tillegg vil den pågående elektrifiseringen av kjøretøy og annet materiell påvirke Forsvarets behov. Det har av den grunn ikke vært tilstrekkelig med tid til å inkludere lagring og bruk av elektrisitet i studien.
3.	Oppgaven har forutsatt at all elektrisitet som produseres av solcelleanlegget forbrukes direkte, enten internt i leiren eller selges til forsyningsnettet. Bakgrunnen for det er at lagring og bruk av elektrisitet ikke er vurdert.
4.	Oppgaven har sett på leirens strømforbruk som en helhet og skiller ikke på enkeltbygg. Grunnen til dette er at informasjon om enkeltbygg har høyere gradering enn UGRADERT.
5.	Oppgaven har kun forholdt seg til teknologiske data gitt i Multiconsult sine studier (Thorud <i>et al.</i> , 2020a; Thorud <i>et al.</i> , 2020b). Utvikling av solcelleteknologi sin påvirkning er ikke vurdert, fordi teknologien er i stadig utvikling og det allerede gjøres mye forskning på dette feltet.
6.	Oppgaven har ikke vurdert kostnadene for fundamentering av bakkemonterte solceller, fordi denne kostnaden er vurdert som minimal.
7.	Oppgaven har ikke vurdert behovet for utbygging av infrastruktur tilknyttet strømmettet på Terningmoen leir. Grunnen til dette er at pågående prosjekt på Terningmoen allerede krever utbygging av elektrisk infrastruktur. Studien har derfor kun tatt hensyn til komponentene: solcellepaneler, vekselrettere og eventuelle områdetilpasninger.
8.	Oppgaven har ikke tatt hensyn til juridiske forhold knyttet til kraftproduksjon. Grunnen til dette er at det er usikkert hvordan politiske prosesser, for eksempel Energikommisjonen, vil påvirke lovverket for fornybar energiproduksjon i de kommende årene (Sørgard <i>et al.</i> , 2023, s. 9-25).
9.	Oppgaven har forutsatt at solcelleanlegget i sin helhet anskaffes som en investering. Ulike anskaffelsesmetoder som leie og leasing er derfor ikke vurdert. Grunnen til dette er at ulike anskaffelsesmetoder medfølger behov for vurdering av det juridiske handlingsrommet for solkraftproduksjon i Forsvarets leire.
10.	Oppgaven har ikke tatt hensyn til endring i kontekstuelle usikkerhetsfaktorer. For eksempel endring i politiske føringer og strømpriser. Grunnen til dette er at kontekstuell usikkerhet ikke kan styres (Samset, 2015, s. 63-64).

1.5 Oppgavens struktur

Oppgaven er strukturert på følgende måte:

Kapittel 1 – Innledning	Presentasjon av bakgrunn, formål og problemstilling for studien. Samt presentasjon av rammene for studien.
Kapittel 2 – Litteratur og teori	Redegjørelse for litteratur og teori tilknyttet: bærekraftig eiendomsutvikling, eiendomsutvikling i forsvarssektoren, energi i eiendomsutvikling og solkraftproduksjon.
Kapittel 3 – Metode	Fremstilling og vurdering av valgt metode for gjennomføring av studien.
Kapittel 4 – Funn	Fremstilling av funn for hvert av forskningsspørsmålene.
Kapittel 5 – Analyse og drøfting	Analyse og drøfting av funnene for hvert av forskningsspørsmålene, samt problemstillingen som helhet.
Kapittel 6 – Konklusjon	Besvarelse av forskningsspørsmålene og problemstillingen.
Kapittel 7 – Refleksjoner for videre forskning	Innspill til videre utvikling av studien og fagfeltet.

2. Litteratur og teori

Kapittelet redegjør for relevant litteratur og teori som har blitt benyttet i oppgaven. Kapittelet redegjør for bærekraftig eiendomsutvikling, eiendomsutvikling i forsvarssektoren, energi i eiendomsutvikling og generelt om solkraftproduksjon.

2.1 Bærekraftig eiendomsutvikling

Bærekraftbegrepet består som nevnt av tre likeverdige dimensjoner, miljø, samfunn og økonomi. Dette delkapittelet redegjør for de tre dimensjonenes betydning for eiendomsutvikling.

2.1.1 Plan og bygningsloven

Plan og bygningsloven skal sikre en bærekraftig eiendomsutvikling ved å styre og regulere utnyttelsen av norske arealer. Loven består av en plandel og en byggesaksdel (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2022).

Plandelen fastsetter hvilke offentlige planverk som er førende. I tillegg beskrives fordelingen av planmyndigheten for de statlige forvaltningsnivåene; stat, fylkeskommune og kommune. Loven bestemmer at det er forvaltningsnivåenes ansvar at planverkene er samstemte (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2022). For etablering av solkraftproduksjon vurderes det derfor som tilstrekkelig å forholde seg til kommuneplan og reguleringsplanen for tomten (Haakonsen, 2022, s. 10).

Byggesaksdelen gir føringer for utarbeidelse og behandling av byggesaker. Plan og bygningsloven utfylles av Byggteknisk forskrift (TEK17), Forskrift om dokumentasjon av byggevarer (DOK) og Byggesaksforskriften (SAK10). De nevnte forskriftene er juridisk bindende og må derfor etterfølges (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2022).

Kommuneplan

Kommuneplanen består av en samfunnsdel og en arealdel. Samfunnsdelen definerer kommunens strategi og plan for utvikling med hensyn på nasjonale, regionale og kommunale føringer. Arealdelen beskriver hvordan kommunens arealer skal benyttes til å realisere kommuneplanens samfunnsdel (Leikvam og Olsson, 2022, s. 153).

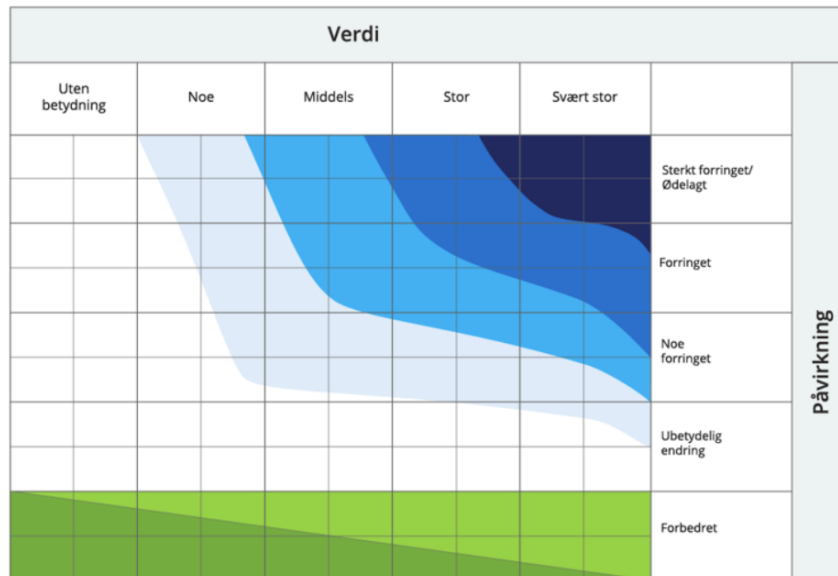
Reguleringsplan

Reguleringsplan er en detaljert planbeskrivelse for et avgrenset område, for eksempel en tomt. En reguleringsplan gir føringer for hvordan arealene skal anvendes og kan utvikles. Formålet med en reguleringsplan er å ivareta bestemmelsene i kommuneplanen for det enkelte området (Leikvam og Olsson, 2022, s. 155).


2.1.2 Konsekvensutredning

Forskrift om konsekvensutredninger hører til plan og bygningslovens plandel, og har til hensikt: «...å sikre at hensynet til miljø og samfunn blir tatt i betraktning under forberedelsen av planer og tiltak...» (Klima- og miljødepartementet og Kommunal- og distriktsdepartementet, 2021, avsnitt 1).

Miljødirektoratet (2021) sin veileder, *M-1941 Konsekvensutredninger for klima og miljø* presenterer en kvalitativ metode for å vurdere tiltaks konsekvenser for klima og miljø. Først gjøres det en vurdering av verdien til området som tiltaket skal etableres i. Skalaen for området verdi er femdelt fra «Ubetydelig verdi» til «Svært stor verdi». Deretter vurderes tiltakets påvirkning på området verdi. Graden av påvirkning er femdelt fra «Forbedret» til «Sterkt forringet». Kombinasjonen av området verdi og tiltakets påvirkning gir konsekvensen av tiltaket. Konsekvensgraden kan leses av en konsekvensvifte. Figur 2.1 viser en konsekvensvifte og tabell 2.1 forklarer konsekvensskalaen.



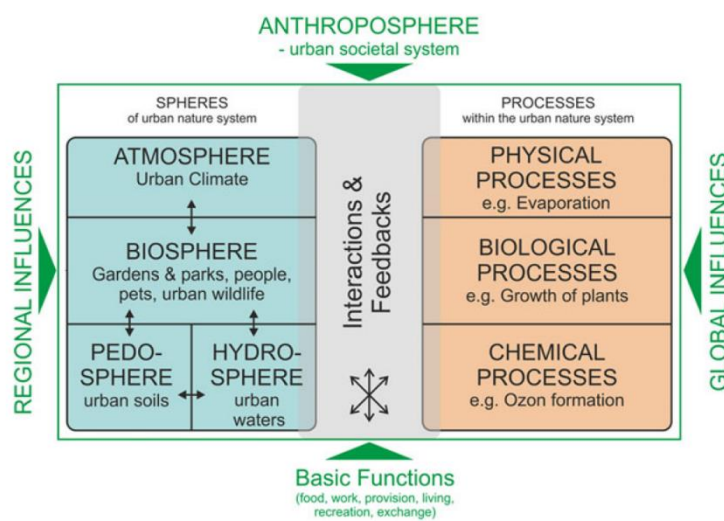
Figur 2.1 - Konsekvensvifte. Kilde: Miljødirektoratet, 2021.

Skala	Konsekvensgrad
	Svært alvorlig miljøskade
	Alvorlig miljøskade
	Betydelig miljøskade
	Noe miljøskade
	Ubetydelig miljøskade
	Noe/ betydelig miljøforbedring
	Stor/svært stor miljøforbedring

Tabell 2.1 - Konsekvensskala. Kilde: Miljødirektoratet, 2021.

2.1.3 Miljømessig eiendomsutvikling

Breuste *et al.* (2020, s. 5-6) deler miljø i sfærene: atmosfære, biosfære, pedosfære og hydrosfære. Eiendomsutvikling påvirker alle miljøets sfærer og prosessene som foregår i hver av sfærene. I tillegg påvirker de ulike sfærene hverandre. Pedosfæren består av jordsmonn og andre masser i grunnen, og hydrosfæren består av vann. Begge disse sfærene påvirkes direkte av fysiske endringer i landskapet eller ved endring i sammensetningen av kjemiske stoffer. Biosfæren består av alle dyre- og plantearter som blant annet påvirkes av fysiske endringer i landskapet, endring i støy og luftkvalitet. Atmosfæren utgjør de klimatiske forholdene og påvirkes blant annet av klimagassutslipp fra eiendomsutviklingen. For å ivareta miljøets sfærer i eiendomsutviklingen er det nødvendig å redusere klimaendringene, ikke forurense lufta, vann og grunnen, samt ivareta naturmangfoldet og landskapet. Figur 2.2 illustrerer sammenhengen mellom naturens sfærer, prosesser og hvordan de blir påvirket.



Figur 2.2 - Naturens sfærer, prosesser og hvordan de påvirkes. Kilde: Breuste *et al.*, 2020, s. 5.

Miljødirektoratet (2021) synliggjør eiendomsutviklingens påvirkning på miljøet ved å dele konsekvensutredninger i faktorene: naturmangfold, landskap, forurensing og klimagassutslipp.

Naturmangfold

Med naturmangfold menes mangfoldet av dyre- og plantearter, og økosystemene de lever i (Miljødirektoratet, 2021).

Landskap

Faktoren landskap omfatter variasjonen og verdien av ulike landskap. Landskap er formet over lang tid og skaper et felles livsmiljø for mennesker, planter og dyr (Miljødirektoratet, 2021).

Forurensing

Forurensing kan forekomme i form av støy, luftforurensing, vannforurensing og grunnforurensing (Miljødirektoratet, 2021).

Klimagassutslipp

Klimagasser er gasser som bidrar til klimaendringer, for eksempel karbondioksid. Klimagassutslipp må vurderes i et helhetlig perspektiv og ta hensyn til hvordan eiendomsutviklingen kan påvirke klimagassutslipp fra landskap og infrastruktur. Det er

også nødvendig å se klimagassutslippet gjennom hele levetiden, fra produksjon av materialer til avhending (Fuglseth *et al.*, 2022).

2.1.4 Sosial eiendomsutvikling

Sosial bærekraft er et vidt begrep, og påvirkes på alle nivåer, fra det enkelte individ til globale samfunn (McGuinn *et al.*, 2020). Litteraturen forstås som å være samsvarende i beskrivelsen av sosial eiendomsutvikling og deler begrepet i faktorene: likestilt tilgang og muligheter, miljørettsferd og helserisiko, samfunn- og stedsverdi og fysiologiske behov (Opp, 2017, s. 293; Bratseth *et al.*, 2021).

Likestilt tilgang og muligheter

Faktoren handler om å skape like muligheter for alle til utdanning, jobb, transport og selvrealisering. I tillegg handler faktoren om like rettigheter med hensyn på medbestemmelse og deltakelse i samfunnet. Med hensyn på eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon, kan dette oppnås ved blant annet å tilrettelegge for sosial infrastruktur, som for eksempel grøntområder. Grøntområder kan benyttes til å delta i sosiale aktiviteter, eller drive selvrealisering gjennom for eksempel fysiske aktiviteter og rekreasjon (Opp, 2017; McGuinn *et al.*, 2020).

Miljørettsferd og helserisiko

Miljørettsferd og helserisiko handler om å ivareta befolkningens helse og trivsel. En utvikling som ikke er miljømessig bærekraftig, kan påvirke befolkningens helse og trivsel. For eksempel kan økt utslipp av helseskadelige stoffer og ødeleggelse av naturen i området redusere befolkningens helse og trivsel (Opp, 2017, s. 298).

Samfunn- og stedsverdi

Faktoren samfunn- og stedsverdi omfatter områdets tilrettelegging for deling av kunnskap, tillit og fellesskapsfølelse (Opp, 2017, s. 299).

Ivaretagelse av balansen mellom tradisjon og innovasjon kan være en måte å skape fellesskapsfølelse og deling av kunnskap. For eiendomsutviklingen kan dette forstås som å følge kulturminnelovens formål om å ivareta områders kulturarv og identitet, som del av en helhetlig miljø- og ressursforvaltning (McGuinn *et al.*, 2020, s. 25; Klima- og miljødepartementet, 2021).

Sikkerhet og demokratiske verdier er viktige forutsetninger for utvikling av tillit. Forsvarets oppgaver er blant annet å forsvare de demokratiske verdiene i det norske samfunnet, og ivareta samfunnssikkerheten. For å kunne løse sine oppgaver er Forsvaret avhengig av å kunne gjennomføre aktiviteter som trening og øving (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2014; McGuinn *et al.*, 2020).

Stedsverdien er også knyttet til områdets identitet, og menneskers tilhørighet til området. Områders identitet og tilhørighet kan påvirkes gjennom det arkitektoniske uttrykket. Med arkitektonisk uttrykk menes den helhetlige estetiske utformingen i et området, og samspillet mellom ulike objekter (Bratseth *et al.*, 2021, s. 5; FutureBuilt, 2021).

Fysiologiske behov

Fysiologiske behov handler om å ivareta menneskers grunnleggende behov. For eiendomsutvikling er blant annet ivaretagelse av menneskers trygghet viktig. Det kan oppnås ved å utvikle bygg og anlegg som ikke risikerer personers liv og helse (Opp, 2017, s. 301).

2.1.5 Økonomisk eiendomsutvikling

«Økonomisk bærekraft kan forstås som økonomisk vekst over en lengre periode. For å skape økonomisk vekst må de aktivitetene som gjennomføres være lønnsomme (OECD, 2008).» (Haakonsen, 2022, s. 20).

Solkraftproduksjon anses som en investering, fordi det anskaffes anleggsmidler for å redusere klimagassutslipp ved produksjon av fornybar energi. Nettonåverdimetoden (NNV) er en metode for å bedømme investeringers lønnsomhet og derav økonomiske bærekraft. NNV baserer seg på å beregne differansen mellom nåverdien av fremtidige kontantstrømmer og investeringskostnaden. Investeringskostnaden er summen av alle kostnadene tilknyttet anskaffelsen som er nødvendig for å iverksette drift. De fremtidige kontantstrømmene er differansen av årlige inntekter og kostnader knyttet til investeringen. Dersom nettonåverdien er positiv, er investeringen lønnsom. Desto høyere nettonåverdi, desto mer lønnsom og økonomisk bærekraftig er investeringen (Hoff og Helbæk, 2021, s. 371-390; Haakonsen, 2022, s. 21).

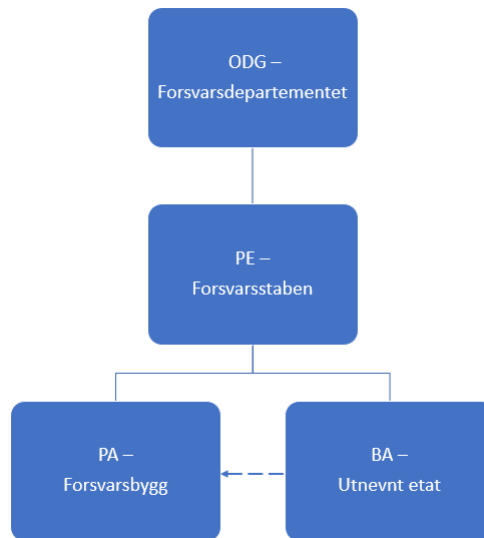
2.2 Eiendomsutvikling i forsvarssektoren

Delkapittelet presenterer en oversikt over rollefordelingen og prosjektmodellen for eiendomsutvikling i forsvarssektoren. I tillegg redegjøres det for hvordan bærekraftig eiendomsutvikling implementeres i konseptfasen. *Retningslinjer for investeringer i forsvarssektoren* (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2019) styrer investeringer i forsvarssektoren (Haakonsen, 2022, s. 7).

2.2.1 Roller i forsvarssektorens eiendomsutvikling

I forsvarssektoren er det fire sentrale roller for eiendomsutvikling, herunder oppdragsgiver (ODG), prosjekteier (PE), prosjektansvarlig (PA) og brukeransvarlig (BA). De ulike rollene, beskrives i dette delkapittelet (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2019, s. 13; Haakonsen, 2022, s. 7).

Figur 2.3 illustrerer rollehierarkiet for eiendomsutvikling i forsvarssektoren.



Figur 2.3 - Rollehierarkiet for eiendomsutvikling i forsvarssektoren. Kilde: Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2019, s.11-12; Haakonsen, 2022, s.7.

Oppdragsgiver (ODG)

Forsvarsdepartementet (FD) har rollen som oppdragsgiver. Som oppdragsgiver er FD ansvarlig for den strategiske styringen av et prosjekt. Den strategiske styringen er todelt i porteføljedefinering og -leveranse. Porteføljedefinering omfatter å definere strategiske målsetninger og etablere en investeringsplan, som definerer hvilke prosjekter som skal gjennomføres. Investeringsplanen fastsetter tids- og kostnadsramme for det enkelte prosjekt, i henhold til de strategiske målsetningene. Porteføljeleveranse innebærer å kontrollere at prosjektene gjennomføres effektivt og forsvarlig innenfor de gitte rammene, slik at ønsket effekt oppnås (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2019, s. 6-14; Haakonsen, 2022, s. 8).

Prosjekteier (PE)

Forsvaret ved Forsvarsstaben (FST) har i de fleste tilfeller rollen som prosjekteier. Situasjoner der FST ikke er PE vil ikke bli beskrevet. Prosjekteier gjennomfører prosjektstyringen av de enkelte prosjektene på vegne av FD. Dette gjøres ved å følge opp at prosjektet leverer i henhold til de gitte rammene fra ODG. PE er ansvarlig for at prosjektets effektmål oppnås, ved at valgt løsning oppfylder brukernes funksjonelle behov og krav innenfor prosjektets rammer. PE er ansvarlig for at dokumentasjonen som fremsendes til beslutningspunktene er i henhold til prosjektmodellen og har god nok kvalitet (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2019, s. 14; Haakonsen, 2022, s. 8).

Prosjektansvarlig (PA)

Forsvarsbygg har rollen som prosjektansvarlig for eiendomsutvikling i forsvarssektoren. PA planlegger og gjennomfører byggeprosjektene. I tillegg utarbeider prosjektansvarlig beslutningsdokumentasjon til beslutningspunktene i henhold til prosjektmodellen. PA har det tekniske og merkantile ansvaret for at valg og realisering av løsning tilfredsstiller brukerens funksjonelle behov og krav. Prosjektansvarlig har også ansvar for oppnåelse av resultatmålene, som betyr at

prosjektet leverer innenfor besluttet kostnad, tid og kvalitet (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2019, s. 15; Haakonsen, 2022, s. 9).

Brukeransvarlig (BA)

Alle etater kan ha rollen som brukeransvarlig. BA er ansvarlig for å ivareta brukerens behov i byggeprosjektene. I tillegg har brukeransvarlig ansvaret for å ivareta øvrige identifiserte aktører og interessenter i prosjektet. Brukeransvarlig skal utarbeide og fremme funksjonelle behov og krav for PE, støtte PA i utarbeidelse av funksjonelle krav og representere mottaker av prosjektets leveranse og virkninger (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2019, s. 15; Haakonsen, 2022, s. 9).

2.2.2 Prosjektmodell for investeringer i forsvarssektoren

Prosjekter i forsvarssektoren gjøres i henhold til forsvarsdepartementets prosjektmodell PRINSIX (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2019, s. 9). Modellen baserer seg på statens prosjektmodell og består av fasene: idé, konsept, forprosjekt, gjennomføring og avslutning. Prosjektmodellen er sekvensiell og har definerte skiller for overgang fra en fase til en annen. Det er to beslutningspunkter i modellen. Overgangen fra konsept til forprosjekt defineres av beslutningspunktet, kvalitetssikring 1 (KS1). Det andre beslutningspunktet, kvalitetssikring 2 (KS2) definerer overgangen fra forprosjekt til gjennomføring (Det Kongelige Finansdepartement, 2019, s. 4; Haakonsen, 2022, s. 9).

Figur 2.4 illustrerer prosjektmodellen for investeringer i forsvarssektoren.



Figur 2.4 - Prosjektmodell for investeringer i forsvarssektoren. Kilde: Det Kongelige Finansdepartement, 2019, s.4; Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2019, s.9; Haakonsen, 2022, s.9.

2.2.3 Konseptfasen

Formålet med konseptfasen er å utarbeide en konseptvalgutredning (KVU), som anbefaler hvilken alternativ løsning som bør realiseres. Valg av konsept baserer seg på en helhetsvurdering av hvilket alternativ, som innenfor de gitte rammefaktorene, på best mulig måte oppfyller behovet, og gir ønsket effekt for brukeren og samfunnet for øvrig. Konseptfasen avsluttes når KVU fremsendes til KS1 for beslutning (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2019, s. 9; Haakonsen, 2022, s. 9).

Dette delkapittelet redegjør for hvordan bærekraftig eiendomsutvikling varetas i konseptfasen.

Leirplan

En leirplan skal foreligge alle Forsvarets leire. Formålet med en leirplan er å redegjøre for disponeringen av leirens EBA, og skal kunne benyttes som grunnlag i langtidsplanlegging. Forsvarsbygg har ansvar for utarbeidelse av leirplanene. En leirplan gir et overblikk over leirens struktur, tilstandsgrad på EBA og muligheter for utvikling. Oppsummert danner leirplan grunnlaget for utvikling av Forsvarets leire (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2022a, s. 6).

Arealeffektivitet

Arge og de Paoli (2000, s. 17) definerer arealeffektivitet som produktivitet i bygninger. I forbindelse med energiproduksjon beskriver arealeffektiviteten hvor mange kvadratmeter som kreves for å produsere en gitt mengde energi. Det betyr at desto mindre areal som kreves for å produsere en gitt mengde energi desto bedre.

Tilpasningsdyktighet

Konseptfasen i prosjekter preges av stor usikkerhet. Det er derfor ønskelig å skape et handlingsrom for å redusere tid- og ressurskostnaden ved endringer underveis i et prosjekt. I tillegg er det hensiktsmessig at produktet er tilpasningsdyktig til endring i behovet. Fleksibilitet kan forstås som: «å skape handlingsrom og tilpasningsdyktighet.» (Olsson, 2009, s. 5). Det skilles mellom intern og ekstern fleksibilitet. Intern fleksibilitet handler om prosessene i prosjektet og rekkefølgen prosessene gjennomføres i. Ekstern fleksibilitet er knyttet til produktets egenskaper (Olsson, 2009; Samset, 2015, s. 60).

Arge og Landstad (2002, s. 18) skriver at en bygnings tilpasningsdyktighet kan deles i: generalitet, fleksibilitet og elastisitet. Med generalitet menes bygningens evne til å kunne dekke flere behov og funksjonelle krav. Fleksibilitet beskriver bygningens evne til å endre egenskaper med minimale endringskostnader. Elastisitet betyr bygningens evne til å regulere størrelse og form.

Levetidsperspektivet i KVVU

Concept-programmet forsker på investeringsprosjekter underlagt statens prosjektmodell. I den forbindelse er det gjennomført en forstudie som undersøker hvordan levetidsperspektivet varetas i tidligfase for statlige prosjekter. Berg og Prebensen (2023) skriver at vurdering av levetidsperspektivet er viktig i tidligfase for å skape et helhetlig bilde av hva den faktiske samfunnskostnaden av et tiltak vil være. Av den grunn skal det i KVVU gjennomføres samfunnsøkonomiske analyser. Livssyklus-kostnader (LCC) er en metode for å analysere samfunnsøkonomiske effekter. LCC er et tiltaks prissatte kostnader i tillegg til investeringskostnaden over hele livsløpet, inkludert drift, vedlikehold og avhending. For å gjennomføre samfunnsøkonomiske analyser påpeker Berg og Prebensen (2023) at det også er nødvendig å vurdere ikke-prissatte konsekvenser.

I forstudien skriver Berg og Prebensen (2023) at levetidsperspektivet blir omtalt i de analyserte KVVU-ene. Likevel blir effektene av levetidsperspektivet i liten grad benyttet som grunnlag for beslutningen i KS1. Det kan derfor se ut til at investeringskostnaden prioriteres fremfor levetidsperspektivet ved konseptvalg. Som et resultat skal deres videre forskning rettes mot hvordan ikke-prissatte konsekvenser bør vektlegges i beslutningsgrunnlaget i tidligfase.

2.3 Energi i eiendomsutvikling

Dette delkapittelet redegjør for relevante begreper og prinsipper for energi i eiendomsutvikling.

2.3.1 Netto energibehov og levert energi

En bygnings totale energibehov betegnes som netto energibehov og består av følgende poster:

- Oppvarming og kjøling
- Varmtvann
- Ventilasjon
- Lys og utstyr

- Vifter og pumper

Levert energi betegner energien som kjøpes for å dekke hele eller deler av netto energibehov. Levert energi kan fremskaffes i form av elektrisitet eller vannbåren varme (Anda og Bjelland, 2013, s. 19).

2.3.2 Strømpris

Strømprisen består av to produkter, kraftpris og nettleie, som normalt betales månedlig. Kraftpris er prisen på elektrisiteten som forbrukes. Statnett utarbeider årlig en kortsiktig markedsanalyse av kraftmarkedet med en tidshorizont på fem år. Denne markedsanalysen estimerer at den årlige gjennomsnittlige kraftprisen i Sør-Norge vil være ca. 50-70 euro/MWh i 2027. Nettleie er prisen nettselskapet tar for transport av strømmen. Nettleie dekker alle nettselskapets kostnader og statlige avgifter, ekskludert merverdiavgift (mva.) (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2022; Statnett, 2022, s. 1; Haakonsen, 2022, s. 20).

Nettleie består primært av fire komponenter. Fastledd er den ene komponenten og består av et fast beløp. Energiledd er en variabel kostnad som varierer med strømforbruket. Effektledd er den tredje komponenten, og er en variabel kostnad som beregnes etter månedens høyeste effektuttak. Elavgift er den fjerde komponenten, og er en statlig avgift som varierer med strømforbruket (Norges vassdrags- og energidirektorat, 2022; Elvia, 2023, s. 1). Tabell 2.2 oppsummerer fordelingen av komponentene i strømprisen med kostnadsenhet.

Strømpris	
Nettleie	Kraftpris
Fastledd (kr/mnd.)	Kraftpris (kr/kWh)
Energiledd (kr/kWh)	
Effektledd (kr/kW/mnd.)	
Elavgift (kr/kWh)	

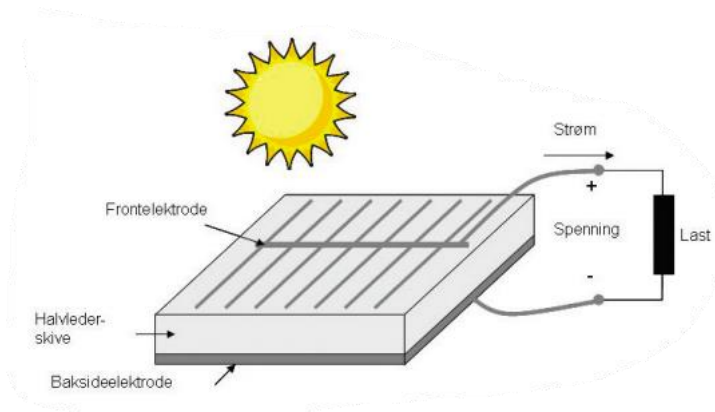
Tabell 2.2 - Oversikt over strømprisens komponenter med kostnadsenhet. Kilde: Egenprodusert.

2.4 Solkraftproduksjon

Dette delkapittelet forklarer solcellers virkemåte, og metoder for installasjon av solceller.

2.4.1 Solcellers virkemåte

Solceller (PV) er bygd opp ved å koble en halvleder i en lukket krets med en elektrode på hver side av halvlederen, der en elektrode er negativt ladet og den andre er positivt ladet. Figur 2.5 illustrerer oppbygningen av en solcelle. En halvleder er et materiale som har bedre ledeevne av elektrisitet enn isolater, men dårligere ledeevne enn metaller. Når sollyset treffer en solcelle absorberes energien fra sollyset i halvlederen. Elektroner hos atomene i halvlederen får dermed økt energi og flytter seg lengre fra atomkjernen. Elektroner hos naboatomene flytter seg etter for å fylle det tomme rommet, etter elektronene som absorberte solenergien. Slik skapes elektrisitet ved en kjedereaksjon av elektroner som flytter seg for å fylle naboatomets tomrom av elektroner. Flere solceller kan seriekobles til et solcellepanel og har en levetid på 25 år (Reenaas, Marstein og Foss, 2010, s. 281; Haakonsen, 2022, s. 14).



Figur 2.5 - Generell oppbygning av en solcelle. Kilde: Reenaas et al., 2010, s. 281.

Vekselstrøm og likestrøm

Solceller produserer likestrøm, som ikke er kompatibel med vekselstrøm som benyttes i elektrisitetsforsyningen (SINTEF, 2022). Likestrøm går i én retning med konstant styrke. Vekselstrøm går derimot i snitt like mye strøm i begge retninger. Vekselstrøm benyttes fremfor likestrøm i forsyningsnettet fordi: «vekselstrøm kan transformeres opp til høy spenning for energioverføring over store avstander med små tap.» (Sandstad og Grøn, 2021, avsnitt 5) (Haakonsen, 2022, s. 15).

Vekselrettere

Vekselrettere transformerer likestrømmen fra solcellene til vekselstrøm, slik at elektrisiteten kan fordeles på forsyningsnettet. En type vekselretter er grenvekselretter. Grenvekselretterens kapasitet styrer hvor mange solceller som kan kobles til hver vekselretter. Antallet vekselrettere styres derfor av forholdet mellom solcelleanleggets produksjonsmengde og vekselretterenes kapasitet (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, 2022; Haakonsen, 2022, s. 15).

2.4.2 Effektpåvirkende faktorer for solceller

Solcellers produksjonseffekt ved standard testforhold oppgis i Watt-peak (Wp). Solcellers faktiske produksjonseffekt oppgis i Wattimer (Wh) (Kaplani og Kaplanis, 2014, s. 444). Det er flere faktorer som påvirker solcellers effekt, herunder

solinnstråling, temperatur, ansamling av nedbør og skitt og albedo. Dette delkapittelet redegjør for disse faktorene (Haakonsen, 2022, s. 15).

Solinnstråling

Solcellers strømproduksjon varierer med mengden sollys som treffer solcellene. Mengden sollys varierer med den geografiske plasseringen. Orienteringen til solcelleanlegget i forhold til himmelretning påvirker også solinnstrålingen. Sørvendte solceller produserer mest elektrisitet midt på dagen. Østvendte solceller produserer mest elektrisitet på morgenen, og vestvendte produserer mest på ettermiddagen. Videre påvirker også solcellenes vinkel mot sola, graden av solinnstråling. På Østlandet er optimal vinkel mellom 30-45 grader (Thorud *et al.*, 2020b, s. 8; Haakonsen, 2022, s. 15).

Temperatur

Lufttemperaturen påvirker temperaturen til solcellene, og strømproduksjonen varierer med solcellenes temperatur. Solcelletemperaturens påvirkning på strømproduksjon er gitt ved formelen:

$$P = P_m * (\gamma_P * (T_C - 25^\circ\text{C}))$$

P: Strømproduksjon

P_m: Strømproduksjon ved standard testforhold

γ_P: Temperaturkoeffisienten, normalt mellom (−0,4 til −0,5)%/°C

T_C: Solcelletemperatur

Solcelletemperatur på 25°C påvirker ikke strømproduksjonen. Solcelletemperatur over 25°C medfører produksjonstap. Solcelletemperatur under 25°C medfører produksjonsgevinst (Kaplani og Kaplanis, 2014, s. 444; Haakonsen, 2022, s. 16).

Skygge og ansamling av snø og skitt

«Skygge og ansamling av snø og skitt vil redusere solinnstrålingen på solcellene og bør derfor unngås (Thorud *et al.*, 2020b, s. 7).» (Haakonsen, 2022, s. 17).

Albedo

«Albedo er flaters evne til å reflektere lys. Solceller som etableres i områder med høy albedo vil få mer solinnstråling grunnet refleksjon, enn solceller i områder med lavere albedo (Korneliussen og Allkunne, 2022).» (Haakonsen, 2022, s. 17). Tabell 2.3 gir oversikt over albedo for ulike overflater.

Overflate	Albedo
Nysnø	0,85
Gammel snø	0,4-0,7
Lyse farger	0,5
Betong og mørke farger	0,3

Vegetasjon og lys sand	0,25
Sand, singel og lys skifer	0,2
Asfalt, skifer	0,1

Tabell 2.3 - Albedo for ulike overflater. Kilde: Byggforsk, 1991, s. 4. Tilgjengelig fra: https://www.byggforsk.no/dokument/222/solstraalingsdata_for_energi_og_effektberegninger.

2.4.3 Bygningsmonterte solceller

Det er to ulike metoder for å installere solceller på bygninger. Den ene metoden er utenpåmonterte solceller (BAPV) som festes utenpå en bygnings fasader eller tak. Den andre metoden er bygningsintegreerte solceller (BIPV) som integreres i bygningskroppen, og erstatter bygningskomponenten på tak eller fasader. Flaten solceller skal installeres på bør minimum ha et sammenhengende areal på 40m². For takvinkel større enn 12 grader bør BIPV vurderes. For flate tak og tak med mindre vinkel enn 12 grader bør BAPV vurderes. På flate tak er det hensiktsmessig å installere halvparten av solcellene østvendt og andre halvpart vestvendt for en jevn produksjon gjennom døgnet (Thorud et al., 2020b, s. 5-8; SINTEF, 2022; Haakonsen, 2022, s. 17).

2.4.4 Bakkemonterte solceller

Det er flere ulike metoder for etablering av bakkemonterte solceller. Etablering av bakkemonterte solceller består av tre hovedfaktorer, herav fundamentering, en eller tosidig solcellepanel og tracking. For tosidige solcellepaneler med tracking kan kraftproduksjonen bli 20% høyere enn ved fastmonterte solceller i optimal vinkel (Thorud et al., 2020a, s. 38). De tre hovedkomponentene beskrives nærmere i dette delkapittelet (Haakonsen, 2022, s. 17).

Fundamentering

Fundamentering av bakkemonterte solceller varierer med grunnforholdene og kan gjøres på tre måter. En metode er å benytte stag i form av jordskruer som borres inn i løsmasser, eller stag med borekrone som bores ned i berg. Metode to er pæling med I- eller H-bjelker. Den tredje metoden er bruk av ballast som legges oppå bunn av stativet til solcellepanelene. Bruk av jordskruer og pæling er de mest brukte metodene. Jordskruer vurderes som det beste alternativet ved fundamentering i løsmasser (Thorud et al., 2020a, s. 39-41; Haakonsen, 2022, s. 17).

En eller tosidige solceller

Standard solcellepaneler har solceller kun på en side. Tosidige solcellepaneler har derimot solceller på begge sider. Tosidige solcellepaneler muliggjør derfor produksjon av elektrisitet fra lyset som reflekteres fra bakken, i tillegg til det sollyset som treffer solcellepanelet direkte (Thorud et al., 2020a, s. 39; Haakonsen, 2022, s. 18).

Tracking

Solceller med tracking følger solens posisjon på himmelen gjennom døgnet. En-akset trackere (HSAT) er mest brukt, fordi det har størst kost-nytte effekt. HSAT samsvarer normalt sett godt med strømforbruket gjennom døgnet slik at en større andel av strømproduksjonen forbrukes direkte (Thorud et al., 2020a, s. 38; Haakonsen, 2022, s. 18).

2.5 Oppsummering av litteratur og teori

Delkapittelet oppsummerer den presenterte litteraturen og teorien.

2.5.1 Bærekraftig eiendomsutvikling

Plan og bygningsloven skal sikre en bærekraftig eiendomsutvikling. Som del av lovverket regulerer kommuneplan og reguleringsplan utviklingen av den enkelte tomt. For å ivareta miljøet og samfunnet i utviklingen av planer og tiltak benyttes konsekvensutredninger til å vurdere områders verdi og tiltaks påvirkning på områdene (Klima- og miljødepartementet og Kommunal- og distriktsdepartementet, 2021, avsnitt 1; Kommunal- og distriktsdepartementet, 2022; Leikvam og Olsson, 2022, s. 153-155).

Miljømessig eiendomsutvikling deles i faktorene: naturmangfold, landskap, forurensing og klimagassutslipp. Naturmangfold og landskap handler om å vareta eksisterende arter og deres økosystemer, i tillegg til landskapet. Forurensing og klimagassutslipp handler om å hindre at tiltak medfører utslipp som er skadelig for det lokale miljøet og det globale klimaet (Miljødirektoratet, 2021; Fuglseth *et al.*, 2022).

Sosial eiendomsutvikling deles i faktorene: likestilt tilgang og muligheter, miljørettsferd og helserisiko, samfunn- og stedsverdi og fysiologiske behov. Likestilt tilgang og muligheter handler om å skape like muligheter for alle og vareta alles rettigheter, ved blant annet å tilrettelegge for sosial infrastruktur, som for eksempel grøntområder. Miljørettsferd og helserisiko omhandler å vareta befolkningens helse og trivsel, og er knyttet til de miljømessige faktorene. Samfunn- og stedsverdi omhandler tilrettelegging for deling av kunnskap, tillit og fellesskapsfølelse gjennom ivaretagelse av: områders identitet, balansen mellom tradisjon og innovasjon, og sikkerhet og demokratiske verdier. Fysiologiske behov handler om å vareta menneskers grunnleggende behov, blant annet trygghet (Opp, 2017; McGuinn *et al.*, 2020; Bratseth *et al.*, 2021).

I tillegg til miljø og samfunn er bærekraftig eiendomsutvikling avhengig av økonomisk vekst over en lengre periode. For å skape økonomisk vekst må de aktivitetene som gjennomføres være lønnsomme (OECD, 2008; Haakonsen, 2022, s. 20).

2.5.2 Eiendomsutvikling i forsvarssektoren

Eiendomsutvikling i forsvarssektoren følger prosjektmodellen PRINSIX som baserer seg på statens prosjektmodell. Forsvarsdepartementet i rollen som oppdragsgiver styrer den strategiske utviklingen. Forsvarsstaben som prosjekteier gjennomfører prosjektstyringen av det enkelte prosjekt på vegne av FD. Forsvarsbygg utarbeider beslutningsdokumentasjon, planlegger og gjennomfører byggeprosjektene i rollen som prosjektansvarlig. Brukeransvarlig skal vareta brukerens behov i byggeprosjektene ved å utarbeide funksjonelle behov og krav, i tillegg til å støtte FB (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2019, s. 6-15; Haakonsen, 2022, s. 8-9).

I konseptfasen anbefales hvilken alternativ løsning som bør realiseres. I den sammenheng gir leirplanen grunnlag for utvikling av Forsvarets leire (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2019, s. 9; Haakonsen, 2022, s. 9). Likevel preges konseptfasen av stor usikkerhet (Samset, 2015, s. 60). Olsson (2009) skriver derfor at produktet bør være tilpasningsdyktig til endring i behovet. Arge og Landstad (2002, s. 18) deler tilpasningsdyktighet i: generalitet, fleksibilitet og elastisitet. Generalitet er evnen til å kunne dekke flere behov og funksjonelle krav. Fleksibilitet er evne til å endre egenskaper med minimale endringskostnader. Elastisitet er evne til å regulere størrelse og form. Arge og de Paoli (2000, s. 17) skriver at arealeffektivitet definerer bygg og anleggs produktivitet.

Valg av konsept baserer seg på en helhetsvurdering av hvilket alternativ, som innenfor de gitte rammefaktorene, på best mulig måte oppfyller behovet, og gir ønsket effekt for brukeren og samfunnet for øvrig. For å skape et helhetlig bilde av hva som er den anbefalte konseptuelle løsningen er det nødvendig å vurdere både prissatte og ikke-prissatte konsekvenser gjennom hele levetidsperspektivet. I praksis viser studier likevel at investeringskostnaden prioriteres ved konseptvalg, fremfor prissatte og ikke-prissatte konsekvenser i levetidsperspektivet (Berg og Prebensen, 2023).

2.5.3 Energi i eiendomsutvikling og solkraftproduksjon

En bygnings totale energibehov betegnes som netto energibehov. Levert energi betegner energien som kjøpes for å dekke hele eller deler av netto energibehov. Kostnaden for levert energi i form av elektrisitet styres av strømprisen. Strømprisen består av kraftpris og nettleie. Kraftprisen er prisen på elektrisiteten som forbrukes. Nettleie dekker alle nettselskapets kostnader og statlige avgifter. Med solkraftproduksjon reduseres kostnaden for levert energi ved forbruk av egenprodusert elektrisitet (Anda og Bjelland, 2013, s. 19; Haakonsen, 2022, s. 20; Norges vassdrags- og energidirektorat, 2022).

Reenaas, Marstein og Foss (2010, s. 281) skriver at solkraftproduksjon produserer elektrisitet ved at energien fra sollyset skaper en elektrisk strøm i solcellene. Flere solceller kan seriekobles til et panel, og vekselrettere muliggjør at elektrisiteten som produseres av solcellene kan kobles på forsyningsnettet og forbrukes (SINTEF, 2022). Produksjonseffekten til solceller påvirkes av faktorene: mengde solinnstråling, solcellenes temperatur, skygge og ansamling av snø og skitt og albedo. For å produsere mest mulig elektrisitet ved bruk av solceller må disse faktorene tas hensyn til (Thorud *et al.*, 2020b, s. 7; Haakonsen, 2022, s. 14-17).

Solceller kan etableres som bygningsmonterte og bakkemonterte anlegg. For bygningsmonterte solcelleanlegg kan solcellene festes utenpå en bygnings fasader eller tak ved bruk av BAPV, eller de kan integreres i bygningskroppen ved å erstatte kledning eller taktekke ved bruk av BIPV. Bakkemonterte solcelleanlegg kan etableres på flere ulike måter avhengig av arealene solcellene etableres på (Thorud *et al.*, 2020a, s. 38-41; Thorud *et al.*, 2020b, s. 5-8; Haakonsen, 2022, s. 17-18; SINTEF, 2022).

3. Metode

Metodekapittelet beskriver hvordan arbeidet med studien har blitt gjennomført og hvorfor denne fremgangsmåten er valgt, samt en vurdering av valgt metodikk. Overordnet ble problemstillingen besvart gjennom å utrede de enkelte forskningsspørsmålene. Summen av funnene fra forskningsspørsmålene besvarte problemstillingen og studien i sin helhet.

3.1 Forskningstilnærming

Forskingstilnærming beskriver hvilket perspektiv som er valgt for å studere problemstillingen. Studiens perspektiv uttrykkes gjennom den valgte metodikken som ble benyttet til å gjennomføre studien (Yin, 2018, s. 9-17). Delkapittelet beskriver studiens forskningstilnærming og begrunner valgt metodikk.

3.1.1 Case-studie

Yin (2018, s. 15) skriver at case-studie som metodikk har en todelt definisjon. Den første delen beskriver case-studie som ramme for å skape forståelse for et fenomen, og dets gjensidige påvirkning på omgivelsene. Dersom fenomenet og omgivelsene ikke kan adskilles, fordi de overlapper kan case-studie også være hensiktsmessig som metode. Den andre delen beskriver case-studiens egenskaper til å behandle situasjoner med mange variabler, ved å styre struktur for gjennomføring, datainnsamling og analyse. I den sammenheng er det nødvendig å benytte flere kilder og data, til å kontrollere at kildene samsvarer (Haakonsen, 2022, s. 23).

For å utarbeide en anbefaling til bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire, ble case-studie vurdert som hensiktsmessig. Grunnen til det er at en må forstå særegenhetene til lokasjonen og den gjensidige påvirkningen mellom solcelleanlegget og omgivelsene for å kunne beslutte en bærekraftig eiendomsutvikling. I tillegg er det ikke noe tydelig skille mellom solcelleanlegg og omgivelsene, fordi blant annet solcellers effekt påvirkes av omgivelsene.

Bærekraftig eiendomsutvikling er et komplekst begrep. Egenskapene til en case-studie ble derfor vurdert som nyttige for å studere en bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire. Grunnen til dette er at case-studie kan brukes som verktøy til å håndtere mengden variabler.

Videre skriver Yin (2018, s. 9-13) at case-studie er en relevant metode for å studere hvordan og hvorfor fenomener fremtrer i nåtid uten, å styre fenomenets eller observatørs adferd. Kjernen i studien var å forstå hvordan en bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire kan gjennomføres. Studien ønsket å beskrive dette gjennom en upåvirket sammenheng mellom konsepter for solkraftproduksjon og omgivelsene. Case-studie ble derfor ansett som relevant forskningstilnærming for å besvare problemstillingen.

3.1.2 Mixed metode i case-studie

Mixed metode kjennetegnes ved kombinasjon av kvantitativ og kvalitativ metodikk. Formålet med mixed metode er å gi en bredere forståelse av en problemstilling, sammenlignet med å benytte kvantitativ eller kvalitativ metode isolert (Creswell, 2022, s. 2). Som Berg og Prebensen (2023) skriver er det viktig å vurdere både prissatte og ikke-prissatte konsekvenser av et tiltak i tidligfase, for å skape et helhetlig bilde av hva som er den samfunnsøkonomisk beste løsningen. For å forstå hvordan en bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire kan gjennomføres, ble det derfor vurdert som formålstjenlig å benytte mixed metode i case-studien.

Den kvalitative metoden kan beskrives som å søke forståelse om særegenheter ved et fenomen (Tjora, 2021, s. 26-28). Det er flere faktorer ved en bærekraftig eiendomsutvikling som ikke kan prissettes. For eksempel er det vanskelig å prissette områders verdi for menneskers tilhørighet, eller verdien av et lokalt biologisk mangfold. For å vurdere de ikke-prissatte konsekvensene av konseptene for solkraftproduksjon, ble det ansett som hensiktsmessig å benytte kvalitativ metode.

Kvantitativ metode kan forstås som å forklare sammenhenger og trender. I den sammenheng benyttes det ofte store mengder data og numeriske fremstillinger, for å fremme representative funn og resultater (Tjora, 2021, s. 35-38; Creswell, 2022, s. 6). I en bærekraftig eiendomsutvikling er det også flere faktorer som kan prissettes og vurderes ved numeriske fremstillinger. For eksempel økonomisk lønnsomhet og klimagassutslipp er faktorer som kan vurderes numerisk og gi prissatte konsekvenser. De prissatte konsekvensene av konseptene for solkraftproduksjon ble derfor ansett som hensiktsmessig å vurdere ved bruk av kvantitativ metode.

Videre skriver Creswell (2022, s. 6-10) at mixed metode kjennetegnes ved at kvalitativ og kvantitativ datainnsamling og analyse ikke behandles separat, men integreres med hverandre. Integrering kan gjøres ved å sammenligne funn fra kvantitative og kvalitative analyser, supplere kvantitative data med kvalitative data for å forstå de kvantitative resultatene, eller benytte kvalitative data og analyser til å utvikle rammer for kvantitativ datainnsamling og analyse. En eller flere av metodene for å integrere kvalitativ med kvantitativ data og analyse kan benyttes i case-studie for å utvikle en case, utvikle funn for en case og sammenligne funnene. Mixed metode ble vurdert som hensiktsmessig å benytte i denne case-studien for å utvikle caset, vurdere prissatte og ikke-prissatte konsekvenser av konseptene for solkraftproduksjon og sammenligne prissatte og ikke-prissatte konsekvenser, med det formål å gi anbefaling for en bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire.

3.2 Case-beskrivelse

Delkapittelet beskriver Terningmoen og begrunner valget av Terningmoen som case.

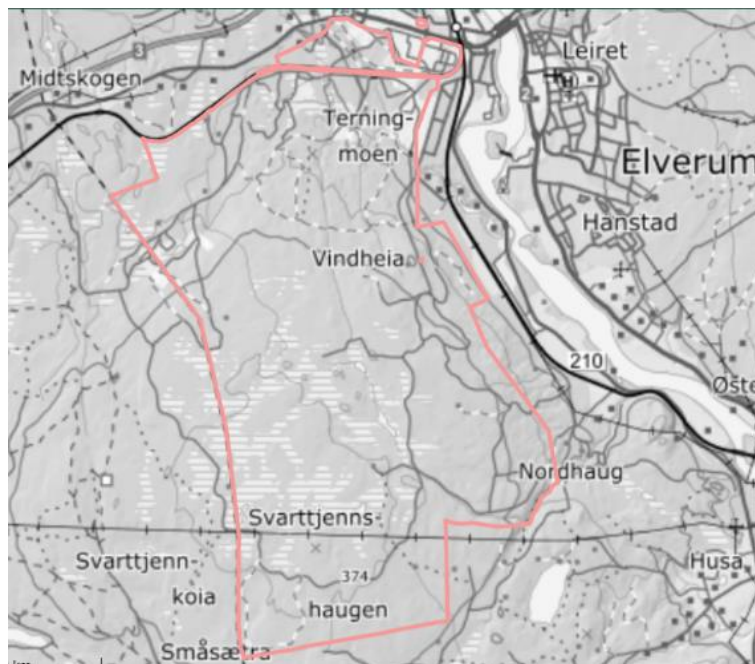
3.2.1 Forsvarets utvikling på Terningmoen

Inneværende langtidsplan for forsvarssektoren er fastsatt i Stortingsproposisjon Prop. 14 S (2020-2021) *Evne til forsvar – vilje til beredskap*. Langtidsplanen beskriver utviklingen for en styrket bemanning og økt operativ evne i Forsvaret. I den forbindelse er et av tiltakene å samlokalisere rekruttutdanningen, ved etablering av en felles rekruttskole på Terningmoen, i tillegg til eksisterende rekruttskole på Madla. Prosjektet for etablering av en felles rekruttskole på Terningmoen er igangsatt og krever økt kapasitet for EBA. Utbyggingen av Terningmoen vil medføre utvikling av EBA, i leiren og SØF. Prosjektet er per tidspunkt i tidligfase, nærmere bestemt konseptfase (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2020, s. 58; 2022c, s. 38; Haakonsen, 2022, s. 2).

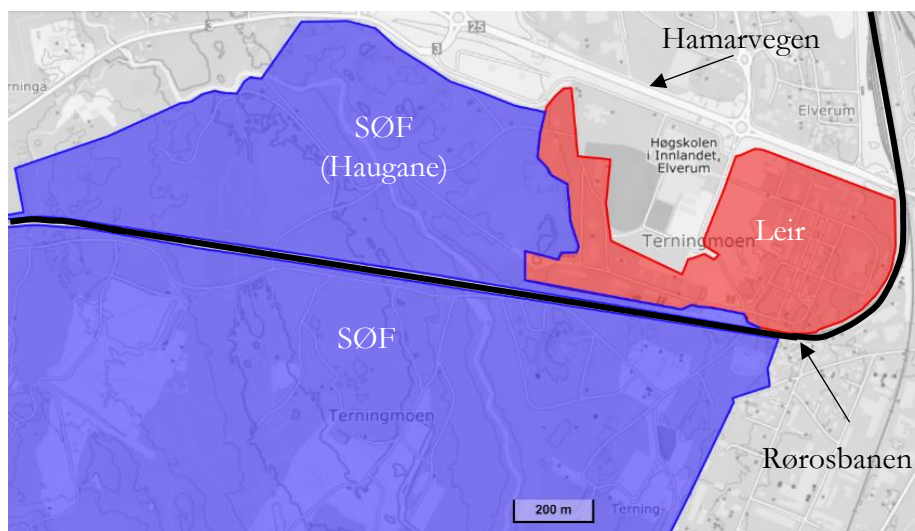
Med bakgrunn i prosessene som foregår tilknyttet implementering av solkraftproduksjon i forsvarssektoren, anses det som formålstjenlig at utvikling av solkraftproduksjon også vurderes for Terningmoen. Samset (2015, s. 47-49) beskriver at påvirkningsmuligheten på prosjekter er størst, og endringskostnaden lavest i tidligfase. Etersom utviklingen av Terningmoen er i tidligfase er det et handlingsrom for inkludering av solkraftproduksjon.

3.2.2 Lokalisering av Terningmoen

Terningmoen er lokalisert vest for Glomma i Elverum. Terningmoen er nært tilknyttet sivil bolig- og næringsbebyggelse. Nærmeste nabo er flerbruksanlegget Terningen Arena som ligger på en tomt som ble skilt ut fra Forsvarets arealer i 2005. Terningen Arena huser blant andre Høgskolen i Innlandet og Elverum Håndball (Terningen Arena, 2022). Forsvarets tomt på Terningmoen fordeler seg i to, hvorav et leiområde avgrenset av gjerde, og SØF som er åpent for fri ferdsel. Terningmoen leir former seg som en hestesko rundt Terningen Arena mellom Hamarvegen i nord og Rørosbanen i øst og sør. Terningmoen SØF strekker seg sørover fra leiren og Rørosbanen i nord. En mindre del av SØF, kalt Haugane, ligger vest for leiren mellom Hamarvegen og Rørosbanen. Figur 3.1 viser lokaliseringen av Terningmoen. Figur 3.2 viser fordelingen av Terningmoen leir og SØF (Haakonsen, 2022, s. 2).



Figur 3.1 - Lokalisering av Terningmoen. Kilde: *gardskart.nibio.no*; Haakonsen, 2022, s.3.



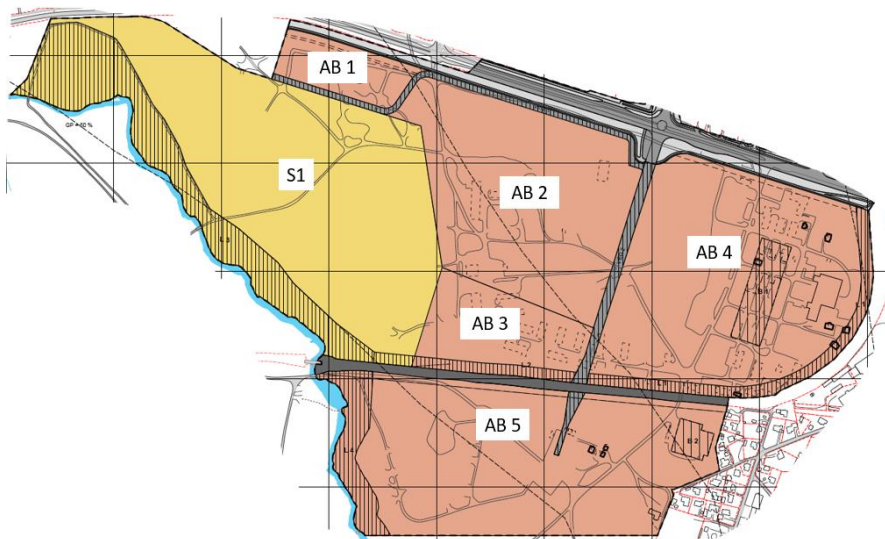
Figur 3.2 - Fordeling av Terningmoen leir og SØF. Kilde: *norgeskart.no*; Haakonsen, 2022, s.3.

På Terningmoen er det arealer og mulighet for både etablering av bakkemontert og bygningsmontert solcelleanlegg. Utviklingsprosjektet som er igangsatt på Terningmoen i forbindelse med etablering av rekruttskole vurderes å kunne gi muligheter, men også føringer for hvordan solkraftproduksjon kan etableres. Nærheten til sivil bebyggelse og aktivitet, samt Forsvarets aktivitet i området vil trolig medføre at ulike konsepter for solkraftproduksjon har en betydelig påvirkning på sosial bærekraft. Terningmoen muliggjør etablering av solceller i flere ulike miljøer, fra bebygd område i leiren, til skog og myr i SØF. Ulike konsepter for solkraftproduksjon vil av den grunn ha ulik påvirkning på miljø. Det er også rimelig å anta at ulike konsepter vil gi forskjellig utslag på økonomiske faktorer som etablerings- og driftskostnader, samt besparelser i form av egenproduksjon av elektrisitet (Haakonsen, 2022, s. 3-4).

Terningmoen anses derfor å kunne gi bedre innsikt i hvordan eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon påvirker en bærekraftig utvikling med hensyn på miljø, samfunn og økonomi.

3.2.3 Reguleringsplan Terningmoen leir

«Gjeldende reguleringsplan for Terningmoen leir er fra 2007 og regulerer leirområdet og delen av SØF nord for jernbanen, kalt Haugane (Elverum Kommune, 2007).» (Haakonsen, 2022, s. 11). Figur 3.3 viser reguleringsplanen for Terningmoen leir.



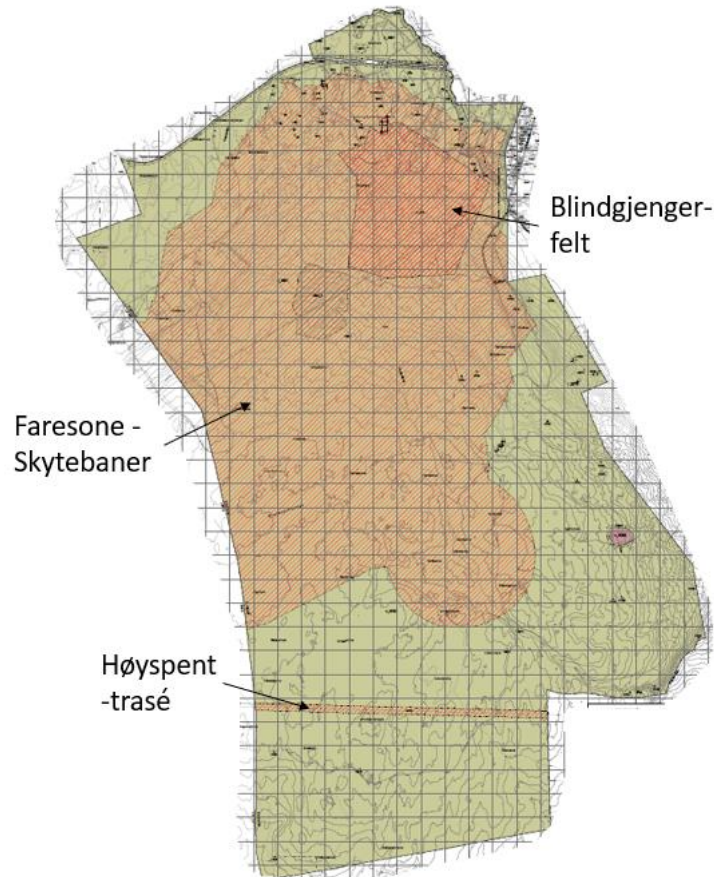
Figur 3.3 - Reguleringsplan for Terningmoen leir. Kilde: Elverum kommune, 2007.

Området AB1 er regulert til undervisning, idrett eller næringsformål. Området AB2 er i dag skilt ut og eies av Terningen Arena. Området S1 er regulert for sivil og militær sambruk for å kunne drive trening og øving. Området AB3-5 er regulert til militære formål (Elverum Kommune, 2007, s. 3-4; Haakonsen, 2022, s. 11).

I reguleringsplanen sier rekkefølgekrav h. følgende: «Før det kan foretas utbygging av områdene AB1 og AB3-5, skal det foreligge godkjent bebyggelsesplan.» (Elverum Kommune, 2007, s. 1). I forbindelse med KVVU for Terningmoen er det iverksatt et arbeid for å oppdatere reguleringsplanen. Det forutsettes derfor at bebyggelsesplanen vil være i henhold til bebyggelsesplanen for KVVU Terningmoen (Haakonsen, 2022, s. 12).

3.2.4 Reguleringsplan Terningmoen SØF

«Gjeldende reguleringsplan for Terningmoen SØF er fra 2019 (Elverum Kommune og Løten Kommune, 2019).» (Haakonsen, 2022, s. 12). Figur 3.4 viser reguleringsplanen for Terningmoen SØF.



Figur 3.4 - Reguleringsplan for Terningmoen SØF. Kilde: Elverum kommune, 2019; Haakonsen, 2022, s.12.

Innenfor blindgjengerfeltet er det brann og eksplosjonsfare. I faresonen for skytebaner er det risiko for nedslag av ammunisjon ved aktivitet på skytebanene. I sonen for høyspenttrasé er det etablert kabelgate hevet over bakken med høyspenning (Elverum Kommune og Løten Kommune, 2019, s. 4; Haakonsen, 2022, s. 12).

3.2.5 Kulturminner i Terningmoen leir og SØF

I leirområdet er det flere bygninger som har varierende verneklasse. I tillegg er det lagt hensynssoner rundt de vernede byggene for å ivareta det arkitektoniske uttrykket til omgivelsene byggene står i. Majoriteten av de vernede byggene i leiren har verneverdig eksteriør. Tre bygg sør for jernbanen, (bygg 150-152) er fredet (Forsvarsbygg, 2018). Tiltak som fattes på vernede bygg eller innenfor hensynssonen skal skje i henhold til Landvernplan for Forsvaret, eller i samråd med ansvarlige fagorganer (Elverum Kommune, 2007, s. 4; Haakonsen, 2022, s. 13).

Figur 3.5 viser oversikt over de vernede byggene på Terningmoen leir og hensynssonene.



Figur 3.5 - Vernede bygg og hensynssoner på Terningmoen leir. Kilde: Forsvarsbygg, 2018.

I Terningmoen SØF er det registrert flere kulturminner etter aktivitet fra reformasjonens tid. Av disse kulturminnene er det både fredede og ikke fredede minner. Tettheten av kulturminnene er størst nord og øst i feltet (Riksantikvaren, 2022; Haakonsen, 2022, s. 13).

3.2.6 Naturvern i Terningmoen leir og SØF

På Terningmoen er det flere områder som er ilagt naturvern.

Elva Terningåa som renner gjennom SØF i nord, og et skogsområde rett sørvest av blindgjengerfeltet, er områder av særlig naturverdi. Det betyr at det ikke kan gjøres terrenginngrep i områdene. Nord for jernbanen er det to myrdrag, vest i Haugane, der det ikke er lov å etablere nye bygg. Langs jernbanen er det også en sone der eksisterende natur skal søkes bevart og det ikke er lov og opprette nybygg (Elverum Kommune, 2007, s. 4; Elverum Kommune og Løten Kommune, 2019, s. 5; Haakonsen, 2022, s. 14).

I tilknytning til myrdragene sør i SØF er det registrert flere rødlistede arter. Rødlistede arter: «er arter eller naturtyper med en vurdering av risiko for å forsvinne fra området eller å bli utryddet.» (Frafjord, Olerud og Rueness, 2022, avsnitt 1). Det er både registrert nært truede og sterkt truede arter i Terningmoen SØF (Nibio, 2022; Haakonsen, 2022, s. 14).

3.2.7 Leirplan for Terningmoen

På Terningmoen leir samsvarer leirplanen med bebyggelsesplanen som ble utarbeidet i konseptvalgutredningen. Vedlegg A viser bebyggelsesplanen for Terningmoen leir.

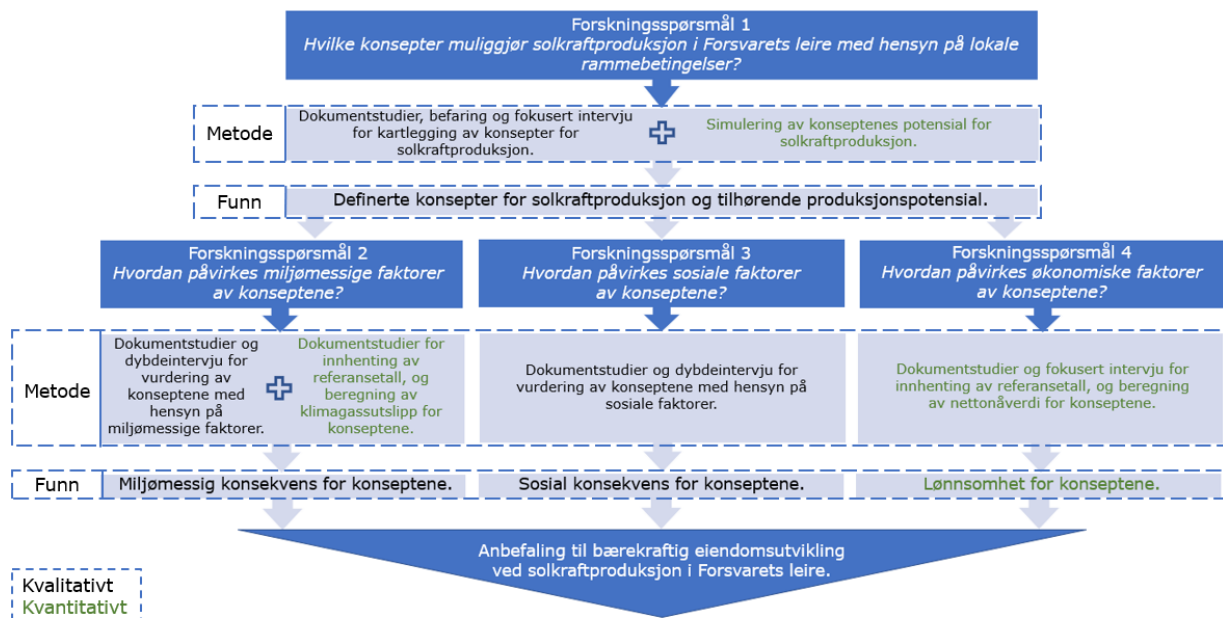
3.3 Case-gjennomføring

En case-studie kan gjennomføres for en enkelt case eller flere caser i samme studie (Yin, 2018, s. 47-51). Som nevnt vil den geografiske plasseringen av solceller medfølge en særegen, gjensidig påvirkning mellom solcelleanlegget og omgivelsene. Ulike lokaliseringer av solceller vil derfor sannsynligvis gi ulike funn (Haakonsen, 2022, s. 23).

Det ble også vurdert at ulikheter tilknyttet kontekstuelle faktorer, som eksempel kommunale føringer, strømpriser og kultur, vil øke med den geografiske avstanden fra et solcelleanlegg til et annet. For å minimere antallet kontekstuelle variabler i studien ble det vurdert som hensiktsmessig å vurdere en enkelt case.

Yin (2018, s. 51-53) skriver at case-studier kan analyseres som en enhet eller brytes opp i flere mindre enheter. Tredelingen av bærekraftbegrepet med miljø, samfunn og økonomi skapte en naturlig oppdeling av forskningsspørsmål og derav case-studien. Likevel ble de tre faktorene sett i sammenheng for at eiendomsutviklingen skulle være bærekraftig (Haakonsen, 2022, s. 23).

Case-studien ble gjennomført i tre steg. Først ble lokale rammebetingelser analysert for å definere konsepter for solkraftproduksjon, og konseptenes produksjonspotensial ble simulert. Videre ble konseptenes påvirkning vurdert med hensyn på miljømessige, sosiale og økonomiske faktorer. Summen av funn for konseptene og påfølgende drøfting ble benyttet til å besvare problemstillingen, ved å anbefale hvordan en bærekraftig eiendomsutvikling kan varetas for solkraftproduksjon i Forsvarets leire. Figur 3.6 illustrerer strukturen til case-studien.



Figur 3.6 - Case-studiens struktur. Kilde: Egenprodusert.

3.3.1 Konsepter for solkraftproduksjon

Definering av konsepter for solkraftproduksjon ble gjennomført som en tredelt prosess. Først ble behovet for elektrisitet estimert. Deretter ble konsepter for solkraftproduksjon kartlagt. Siste del var simulering av konseptenes potensial for solkraftproduksjon og dekningsgrad av behovet for elektrisitet.

Estimering av behov for elektrisitet

Estimering av behovet for elektrisitet ble gjort ved å identifisere eksisterende forbruk av elektrisitet og fremtidig endring i forbruket. Eksisterende forbruk summert med fremtidig endring ga det totale behovet for elektrisitet. Estimering av behovet for elektrisitet beskrives slik:

$$\text{Behov} = \text{Eksisterende forbruk} + \Delta_{\text{forbruk}}$$

Eksisterende forbruk av elektrisitet

Eksisterende forbruk av elektrisitet ble kartlagt gjennom fokusert intervju av elektroingeniør i Forsvarsbygg.

Fremtidig endring i forbruk

Fremtidig endring i forbruk av elektrisitet på Terningmoen ble kartlagt ved å estimere nybyggenes netto energibehov med utgangspunkt i konseptvalgutredningens bebyggelsesplan.

TEK17 §14-2, tabell *Energirammer* ble benyttet som referansetall for beregning av netto energibehov (Direktoratet for byggkvalitet, 2022). Bebyggelsesplanen for nybygg består av flere bygningskategorier. For å benytte referansetallene i TEK17, ble funksjonen til nybyggene i størst mulig grad koblet med bygningskategoriene i TEK17. Messebygget ble sammenlignet med et hotellbygg, fordi det drives storkjøkkendrift i begge bygningskategoriene. Depot, garasje og lager ble sammenlignet med lett industri/verksted, fordi det i hovedsak benyttes til lagring, distribusjon og enkelt vedlikehold av ulike typer materiell. Sykestue ble sammenlignet med sykehjem og ikke sykehus, fordi det kun gjennomføres mindre medisinske inngrep, og derfor ikke vil ha like høyt energibehov som et sykehus. Resterende bygningskategorier samsvarte mellom bebyggelsesplanen og TEK 17.

Videre oppgir bebyggelsesplanen størrelsen på nybyggene i bruttoareal (BTA). Netto energibehov beregnes i TEK17 med hensyn på bruksareal (BRA). Nybyggenes areal ble beregnet fra BTA til BRA ved å trekke fra arealet for yttervegger. Det ble forutsatt at nybyggene bygges etter passivhusstandard for å redusere energibehovet. Tykkelse på en yttervegg etter passivhusstandard er ca. 400 mm (Anda og Bjelland, 2013, s. 85-90).

Etter å ha beregnet nybyggenes BTA til BRA, ble nybyggenes BRA multiplisert med kravet til netto energibehov for tilsvarende bygningskategori i TEK17 §14-2, tabell *Energirammer*. Byggenes netto energibehov ble beregnet som daglig og årlig verdi.

Reguleringsplanen for Terningmoen leir, §1.d. fastsetter følgende: «Bebyggelse som gjennom lov eller forskrift ikke er automatisk fritatt for tilrettelegging for vannbåren varme, skal sikres slik tilrettelegging.» (Elverum Kommune, 2007, s. 1). Videre stiller TEK17 §14-4 krav om at alle bygg over 1000 m² oppvarmet BRA skal ha: «energifleksibile varmesystemer som dekker minimum 60 prosent av normert netto varmebehov...» (Direktoratet for byggkvalitet, 2022, avsnitt 2). Kravet ble forstått som at alle nybyggene over 1 000 m² oppvarmet BRA må kobles til varmesystemer som eksempel vannbåren varme. Ettersom majoriteten av byggene på Terningmoen allerede er tilkoblet vannbåren varme, ble det forutsatt at alle nybygg kobles til vannbåren varme. Nybyggenes behov for elektrisitet ble derfor beregnet ved å redusere netto energibehov med 60%.

For nybygg med samme bygningskategori ble beregningene av netto energibehov gjort samlet. For befalsforlegningene var det ikke oppgitt mål på bebyggelsesplanen. For å beregne areal BTA til BRA for befalsforlegning, ble gjennomsnittet av forholdet mellom BRA og BTA for de andre byggene multiplisert med BTA for befalsforlegning.

Kartlegging av konsepter for solkraftproduksjon

Kartleggingen av konsepter for solkraftproduksjon ble gjort som en filtreringsprosess. Først ble bindende lovverk og planverk analysert for å eliminere områder som ikke kan utvikles for solkraftproduksjon. Analysen begynte øverst i planhierarkiet med kommuneplanen, for

deretter å analysere reguleringsplanen og andre eventuelle lovverk som legger føringer i området. For Terningmoen gir Kulturminneloven og Naturvernloven føringer for utviklingen. Etter at alle bindende lovverk og planverk var analysert, ble leirplanen analysert for å finne områder i leiren som kan utvikles for solkraftproduksjon. Til slutt ble effektpåvirkende faktorer for solceller benyttet til å kartlegge egnede konsepter for solkraftproduksjon. Utnyttelsen av tak og fasader ble gjort i henhold til krav til brannsikkerhet i standarden for elektriske lavspenningsinstallasjoner (Norsk Elektroteknisk Komite, 2022, s. 432). Figur 3.7 illustrerer filtreringsprosessen for kartlegging av konsepter for solkraftproduksjon.



Figur 3.7 - Filtreringsprosess for kartlegging av konsepter for solkraftproduksjon. Kilde: Egenprodusert.

Konseptenes potensial for solkraftproduksjon

Hvert av konseptene for solkraftproduksjon ble simulert i PVsyst. Simuleringene estimerte produksjonspotensialet og hvor stor andel av behovet for elektrisitet som kunne dekkes.

Simuleringen for bakkemonterte solceller ved Bekkekoia ble gjennomført som en simulering. Bakkemonterte solceller ved Skytterhuset og parkeringsplassen ved adkomsten til Terningmoen leir, ble gjennomført som to separate simuleringer. Bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir ble gjennomført som fire separate simuleringer. Herav ble det gjennomført en simulering av solceller på nybygg med flate tak, en simulering av solceller på nybygg med sørvendt saltak, en simulering av solceller på nybygg med saltak vendt mot øst-vest, og en simulering av solceller på eksisterende bygg. Grunnen til at simuleringene for Skytterhuset og Terningmoen leir ble splittet opp, var at filstørrelsen ble begrenset av kapasiteten til maskinen som ble benyttet.

3.3.2 Konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer

Konseptenes påvirkning på miljøet ble vurdert med hensyn på faktorene:

- Naturmangfold
- Landskap
- Forurensing
- Klimagassutslipp

Naturmangfold og landskap

Faktorene naturmangfold og landskap ble analysert ved å vurdere verdien av området og tiltakets påvirkning på områdets verdi for hvert av konseptene for solkraftproduksjon. Grunnlaget for vurderingene var funn fra dybdeintervjuet for konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer, dokumentstudiene og Miljødirektoratet (2021) sin veileder, *M-1941 Konsekvensutredninger for klima og miljø*. Områdets verdi og tiltakets påvirkning på områdets verdi ble benyttet til å definere konseptenes konsekvensgrad.

Forurensing

Funn fra dybdeintervjuet for konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer ble benyttet til å vurdere konseptenes sannsynlighet for forurensing.

Klimagassutslipp

Simuleringene i PVsyst ga beregninger av klimagassutslipp for de ulike konseptene. For beregningene av klimagassutslipp ble det forutsatt at alle komponenter blir produsert i

Norge. Klimagassutslipp som følge av nødvendige tilpasninger av områdene til konseptene ble lagt til resultatene fra PVsyst. Vedlegg D redegjør for inndata som ga grunnlag for beregningene i PVsyst, og beregninger av klimagassutslipp som følge av områdetilpasninger. Inndataene ble basert på referansetall som ble utledet fra dokumentstudiene. Resultatene av beregningene for bakkemonterte solceller ved Skytterhuset og parkeringsplassen ved adkomsten til Terningmoen ble summert for å gi samlet resultat for konseptet Skytterhuset. Resultatene av beregningene for bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir ble summert for å gi samlet resultat for konseptet Terningmoen leir.

3.3.3 Konseptenes påvirkning på sosiale faktorer

Konseptenes påvirkning på samfunnet ble vurdert ved med hensyn på faktorene:

- Likestilt tilgang og muligheter
- Miljørettsferd og helserisiko
- Samfunn- og stedsverdi
- Fysiologiske behov

Likestilt tilgang og muligheter, og samfunn- og stedsverdi

Faktorene likestilt tilgang og muligheter, og samfunn- og stedsverdi ble analysert ved å vurdere verdien av området og tiltakets påvirkning på områdets verdi for hvert av konseptene for solkraftproduksjon. Grunnlaget for vurderingene var funn fra dybdeintervjuet for konseptenes påvirkning på sosiale faktorer, dokumentstudiene og Miljødirektoratet (2021) sin veileder, *M-1941 Konsekvensutredninger for klima og miljø*. Områdets verdi og tiltakets påvirkning på områdets verdi ble benyttet til å definere konseptenes konsekvensgrad.

Miljørettsferd og helserisiko

For de ulike konseptene ble den samlede konsekvensgraden for miljømessige faktorer benyttet til å definere konsekvensgraden for miljørettsferd og helserisiko.

Fysiologiske behov

Funn fra dybdeintervjuet for konseptenes påvirkning på sosiale faktorer ble benyttet til å vurdere konseptenes risiko for personell- og materiellskader.

3.3.4 Konseptenes påvirkning på økonomiske faktorer

Simuleringene i PVsyst ga lønnsomhetsberegninger, blant annet nettonåverdi, for konseptene. Vedlegg F redegjør for hvilke økonomiske inndata som ga grunnlag for beregningene i PVsyst. Økonomiske inndata ble basert på referansetall som ble utledet fra dokumentstudiene og fokusert intervju. Noen inndata var like for alle konseptene, mens andre inndata var kun gjeldende for det enkelte konsept. Resultatene av beregningene for bakkemonterte solceller ved Skytterhuset og parkeringsplassen ved adkomsten til Terningmoen ble summert for å gi samlet resultat for konseptet Skytterhuset. Resultatene av beregningene for bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir ble summert for å gi samlet resultat for konseptet Terningmoen leir.

3.4 Datainnsamling

Delkapittelet beskriver metodene som ble benyttet for datainnsamling.

3.4.1 Litteraturstudie

Formålet med litteraturstudien har vært å plassere studien i en faglig kontekst (Olsson, 2011). Til å begynne med ble litteraturstudien benyttet for å skaffe overblikk over fagfeltet

og tidligere forskning, innenfor bærekraftig eiendomsutvikling og solkraftproduksjon. Deretter ble litteraturstudien rettet mot innhenting av teoretisk grunnlag.

Databasene Oria og Google har blitt benyttet for innhenting av litteratur. Oria har blitt benyttet for å fremskaffe forskningslitteratur og andre akademiske tekster. Google har blitt benyttet for å fremskaffe informasjon fra internasjonale og nasjonale organisasjoner innenfor fagfeltet. Tabell 3.1 gir en oversikt over søkeordene som har blitt benyttet i litteraturstudien på norsk og engelsk. Søkeordene har blitt benyttet hver for seg, og i kombinasjoner med hverandre.

Søkeord	
Norsk	Engelsk
Bygningsintegreerte solceller (BIPV)	Building-integrated photovoltaic (BIPV)
Bærekraft	Sustainability
Grønne byer	Green cities
Miljømessig bærekraft	Environmental sustainability
Solcellepark	Solar park
	Solar power plant
Solceller (PV)	Photovoltaic (PV)
Sosial bærekraft	Social sustainability
Utenpåmonterte solceller (BAPV)	Building attached photovoltaic (BAPV)

Tabell 3.1 - Søkeord benyttet i litteraturstudien. Kilde: Egenprodusert.

3.4.2 Dokumentstudier

Tjora (2021, s. 195) skriver at dokumentstudier omfatter dokumenter: «...som er produsert for andre formål enn forskning.». Dokumentstudiene har hatt til hensikt å skaffe kunnskap knyttet til valgt case. Dokumenter har blitt benyttet til å kartlegge gjeldende rammebetingelser for Terningmoen. Videre har dokumentstudiene blitt benyttet for å skaffe vurderingsgrunnlag tilknyttet miljømessig, sosial og økonomisk bærekraft. Eksempler på vurderingsgrunnlag som er utredet i dokumentstudiene er kartlegging av naturvernområder, referansetall for strømpriser og referansetall for estimering av investeringskostnader for solceller.

Databasen Google ble benyttet for å fremskaffe informasjon i dokumentstudiene. Studien har også benyttet interne dokumenter i forsvarssektoren. Alle interne dokumenter som er benyttet, har informasjonsgradering - UGRADERT. Interne dokumenter er tilegnet gjennom personlige tilganger og nettverk i forsvarssektoren, eller veileder.

3.4.3 Befaring

Befaring ble gjennomført av områdene hvor konseptene for solkraftproduksjon på Terningmoen er lokalisert. Under befaringen ble det tatt feltnotater i form av stikkord og bilder. Formålet med befaringen var å avdekke eventuell informasjon om konseptene som ikke fremkom av dokumentstudiene.

3.4.4 Fokuserert intervju

Fokuserte intervjuer er korte og har et sterkt avgrenset tema (Tjora, 2021, s. 141). Hensikten med det fokuserte intervjuet var å innhente fageksperts vurderinger knyttet til eksisterende forbruk av elektrisitet, og kostnadsestimat for ulike komponenter til solcelleanlegget. Informanten i intervjuet var elektroingeniør i Forsvarsbygg. Intervjuet ble gjennomført som et strukturert intervju, hvor informanten fikk tilsendt intervjuguide på forhånd. Under intervjuet ble det tatt lydopptak og notater (Haakonsen, 2022, s. 26).

3.4.5 Dybdeintervjuer

Tjora (2021, s. 127-131) skriver at formålet med dybdeintervjuer er å skape en åpen samtale og reflektere rundt et tema. Videre er dybdeintervjuer hensiktsmessig dersom en ønsker innsikt i meninger og holdninger. I studien ble det gjennomført totalt to dybdeintervjuer. Et intervju fokuserte på hvordan konseptene for solkraftproduksjon kunne påvirke miljømessige faktorer. Det andre intervjuet fokuserte på konseptenes påvirkning på sosiale faktorer. Hensikten med dybdeintervjuene var å undersøke lokale aktørers meninger og holdninger til konseptene for solkraftproduksjon.

Dybdeintervjuene ble gjennomført som semistrukturerte intervjuer i gruppe format. Gjennomføring av intervjuene i gruppe ble gjort med formål om å skape en åpen og faglig dialog mellom aktører, med ulik fagkompetanse og erfaring. Deltakerne til intervjuene ble valgt slik at aktørene som direkte påvirkes av eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon på Terningmoen var representert. I tillegg ble deltakerne valgt for å skape en variasjon i fag- og lokalkunnskap. For dybdeintervjuet vedrørende konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer deltok miljøvernkonsulent fra Forsvaret og miljøkoordinator i Forsvarsbygg på Terningmoen. For dybdeintervjuet om konseptenes påvirkning på sosiale faktorer deltok plassmajor, EBA-offiser og skytefeltoffiser for Terningmoen fra Forsvaret, områdeleder for Terningmoen og seniorrådgiver fra kulturminne og miljøseksjonen i Forsvarsbygg, samt arealplanlegger fra Elverum kommune. Deltakerne ble tilsendt intervjuguide på forhånd. Under intervjuene ble det tatt lydopptak og notater, som ble benyttet til å skrive referat. Deltakerne har godkjent vedlagte referater.

3.4.6 Simuleringer

Simuleringer ble gjennomført for hvert av konseptene for solkraftproduksjon. Det finnes flere typer programvare som kan benyttes til å gjøre simuleringer av solcelleanlegg. PVsyst vurderes av Forsvarsbygg som et godt simuleringsverktøy for solceller, og ble derfor benyttet i denne studien (Thorud *et al.*, 2020b, s. 6). Hensikten med simuleringene var å estimere konseptenes potensial for solkraftproduksjon, samt gjennomføre beregninger av nettonåverdi og klimagassutslipp for konseptene.

3.5 Studiens kvalitet

Tjora (2021, s. 259) skriver at reliabilitet, validitet og generaliserbarhet er kjente kriterier for vurdering av studiers kvalitet. Delkapittelet beskriver hvordan studiens begrensinger påvirker kvaliteten med hensyn på de tre kriteriene, og hvordan dette er tatt hensyn til.

3.5.1 Reliabilitet

Reliabilitet omhandler den gjennomgående logikken i studien. Med det menes at det er en kontinuitet gjennom hele studien og at de ulike delene henger sammen. For eksempel at resultatene kan knyttes mot den presenterte metoden. Forskerens erfaring og rolle kan også påvirke reliabiliteten (Tjora, 2021, s. 259).

Case-studiens struktur har medført at et bestemt utvalg konsepter har blitt vurdert. Det kan derfor være andre konsepter for solkraftproduksjon i Forsvarets leire som ikke er blitt vurdert i denne studien.

Overordnet kan egen kunnskap og erfaring ha påvirket relabiliteten til studien. Egen arbeidserfaring tilknyttet Terningmoen kan ha skapt et bias som påvirker analysene og vurderingene som er gjort i denne studien. Dette er noe jeg har vært bevisst fra et tidlig tidspunkt. Jeg har derfor bevisst forsøkt å beholde objektiviteten i studien (Haakonsen, 2022, s. 30).

3.5.2 Validitet

Validitet betyr i hvilken grad studien besvarer problemstillingen. For å besvare problemstillingen må resultatene være relevante og tilstrekkelig presise (Tjora, 2021, s. 260).

Validiteten av informasjon fra intervjuene kan ha blitt påvirket av flere faktorer (Tjora, 2021, s. 260). I utgangspunktet vurderes informasjonen fra intervjuene som gyldig fordi utvalget ble basert på deres faglige kompetanse og kjennskap til Terningmoen. Informantene ble orientert om at deltakelse er frivillig, og prosessen i forbindelse med intervjuene tilstrebet å være transparent og inkluderende. Hensikten med dette var å skape en åpen og faglig dialog. Likevel kan faktorer som misforståelser, utydelig spørsmålsformuleringer, og andre menneskelige og mellommenneskelige faktorer ha ført til at informasjon har blitt holdt tilbake eller blitt glemt av (Haakonsen, 2022, s. 29).

Vurderingene av konseptenes påvirkning på miljømessige og sosiale faktorer er basert på to dybdeintervjuer. Informasjonen som er trukket ut fra dybdeintervjuene er derfor begrenset, og er ikke nødvendigvis representativ for flertallets oppfatning. Dybdeintervjuer ble likevel valgt som metodikk, fordi formålet var å få innsikt i aktørers begrunnelse og refleksjoner tilknyttet deres meninger, fremfor å gjenspeile flertallets oppfatning.

Beregninger av behov for elektrisitet, produksjonsestimater, klimagassberegninger og lønnsomhetsberegninger er basert på referansetall og vurderinger av fagekspertter. Samset (2015, s. 159-168) skriver at disse metodene gir estimater av lav til middels nøyaktighet. I tidligfase er det høy grad av usikkerhet og lav grad av informasjon som påvirker utviklingen av estimater. Følge Samset er det derfor hensiktsmessig å benytte estimater med middels til lav nøyaktighet, fremfor høy nøyaktighet, i tidligfase (Haakonsen, 2022, s. 29).

For benyttet litteratur og dokumenter er det også flere faktorer som kan ha påvirket validiteten. Det er forsøkt å være kritisk til kildene som er brukt, ved å samle inn et bredt spekter av kilder, og kontrollere at kildene samsvarer med hverandre. I tillegg er det forsøkt å benytte objektive kilder ved å forholde seg til anerkjente forlag eller statlige institusjoner. Det er derimot ingen garanti for at de benyttede kildene har lav grad av pålitelighet og validitet. Oversettelse av kilder fra andre språk kan også ha medført misforståelser eller feiltolkninger av kildene (Haakonsen, 2022, s. 29).

Befaringen av konseptene for solkraftproduksjon ble gjennomført i februar. Snø reduserte derfor muligheten til å observere detaljer i landskapet. Dette kan ha påvirket vurderingene som er gjort med hensyn på bakkemonterte solceller.

3.5.3 Generaliserbarhet

Generaliserbarhet beskriver i hvilken grad og hvordan studien kan benyttes i en større sammenheng (Tjora, 2021, s. 260)

Yin (2018, s. 20) skriver at en utfordring ved bruk av case-studie er å generalisere studien, slik at den kan benyttes til å videreutvikle et fagfelt. For å utdype dette vil for eksempel geografiske særtrekk ved Terningmoen gi ulike funn, sammenlignet med å gjøre den samme studien på en annen lokasjon. Case-studien kan dermed ikke benyttes til statistisk generalisering. Derimot kan case-studier bidra til å utvikle og generalisere det teoretiske grunnlaget. For eksempel kan analyser og vurderinger som er gjort i denne studien, være med på å utvikle og generalisere det teoretiske grunnlaget for utvikling av solkraftproduksjon i Forsvarets leire. Av den grunn er det bevisst undersøkt flere ulike konsepter for solkraftproduksjon på Terningmoen (Haakonsen, 2022, s. 28).

Replikasjon er en annen utfordring ved gjennomføring av en enkel case-studie. Grunnen til dette er blant annet tilknyttet samfunnets og teknologiens kontinuerlige utvikling. Dersom den samme case-studien forsøkes gjenskapt ved et senere tidspunkt kan samfunnets utvikling ha medført endring av Forsvarets behov tilknyttet arealene på Terningmoen. I tillegg kan informantene som deltok i studien gi andre svar og vurderinger, fordi de også utvikler seg. Med hensyn på teknologisk utvikling kan dette påvirke for eksempel effekten og prisen ved etablering av solcelleanlegg. Case-studier kan derfor sies å beskrive et øyeblikksbilde og er i liten grad etterprøvbart, fordi faktorer som er i kontinuerlig utvikling påvirker studiens analyser og funn (Yin, 2018, s. 61; Haakonsen, 2022, s. 29).

4. Funn

Kapittelet presenterer funn for hvert av forskningsspørsmålene. Informasjonen presenteres i den detaljgrad som tillates innenfor informasjongradering på oppgaven - UGRADERT.

4.1 Konsepter for solkraftproduksjon

Funnene for forskningsspørsmålet er tredelt. Første funn er estimat av behovet for elektrisitet. Deretter presenteres de definerte konseptene for solkraftproduksjon. Siste del kartlegger konseptenes potensial for solkraftproduksjon og dekningsgrad av behovet for elektrisitet.

4.1.1 Estimering av behov for elektrisitet

Eksisterende forbruk av elektrisitet, fremtidig endring i forbruk og estimert behov for elektrisitet presenteres i dette delkapittelet.

Eksisterende forbruk av elektrisitet

Elektroingeniør i FB (2023) oppga at store deler av eksisterende bygg på Terningmoen er tilkoblet vannbåren varme for oppvarming. Dermed dekker vannbåren varme majoriteten av netto energibehov for leiren. Tabell 4.1 viser eksisterende forbruk av elektrisitet for Terningmoen.

Gjennomsnittlig dagsforbruk (kWh/dag)	Gjennomsnittlig årsforbruk (kWh/år)
400	150 700

Tabell 4.1 - Eksisterende forbruk av elektrisitet på Terningmoen. Avrundet til nærmeste 100. Kilde: Forsvarsbygg, 2023.

Fremtidig endring i forbruk

Vedlegg B viser beregningene for estimering av nybyggenes netto energibehov med utgangspunkt i konseptvalgutredningens bebyggelsesplan. Tabell 4.2 oppsummerer estimatene for nybyggenes netto energibehov og behov for elektrisitet.

Scenario	Estimert daglig behov (kWh/dag)	Estimert årlig behov (kWh/år)
Netto energibehov for nybygg.	14 800	5 417 700
Behov for elektrisitet ved tilkobling på vannbåren varme for nybygg.	5 900	2 167 100

Tabell 4.2 - Estimert netto energibehov og behov for elektrisitet til nybygg på Terningmoen. Avrundet til nærmeste 100. Kilde: Egenprodusert.

Estimert behov for elektrisitet

Tabell 4.3 oppsummerer estimert behov for elektrisitet på Terningmoen.

Eksisterende forbruk (kWh/dag)	Estimert fremtidig endring (kWh/dag)	Estimert behov Terningmoen (kWh/dag)	Estimert behov Terningmoen (kWh/år)
400	5 900	6 400	2 317 800

Tabell 4.3 - Estimert behov for elektrisitet på Terningmoen. Avrundet til nærmeste 100. Kilde: Egenprodusert.

4.1.2 Konsepter for solkraftproduksjon

Delkapittelet presenterer definerte konsepter for solkraftproduksjon på Terningmoen.

Elverum kommuneplan

«Elverum kommuneplanen fastsetter at Terningmoen kan benyttes til militær aktivitet og legger ingen føringer for utvikling av området (Elverum Kommune, 2019, s. 17).» (Haakonsen, 2022, s. 11).

Reguleringsplan Terningmoen

Reguleringsplanen setter ingen begrensninger for etablering av solceller i Terningmoen leir (Elverum Kommune, 2007).

I SØF ble det vurdert at solceller må etableres utenfor blindgjengerfeltet og faresonen for skytebaner, fordi det er høy sannsynlighet for at panelene vil bli ødelagt dersom de etableres innenfor disse sonene. Området Haugane er regulert til sivil og militær sambruk. Forsvarssektoren har dermed ikke enerett over arealene. Haugane ble derfor ikke vurdert som aktuelt for solkraftproduksjon (Elverum Kommune, 2007; Elverum Kommune og Løten Kommune, 2019).

Reguleringsplanen for Terningmoen inkluderer også føringer tilknyttet andre lovverk, herunder naturvernloven og kulturminneloven. Det ble vurdert at solceller ikke kan etableres på registrerte kulturminner eller i registrerte hensynsoner for naturvern (Elverum Kommune, 2007; Elverum Kommune og Løten Kommune, 2019).

Effektpåvirkende faktorer

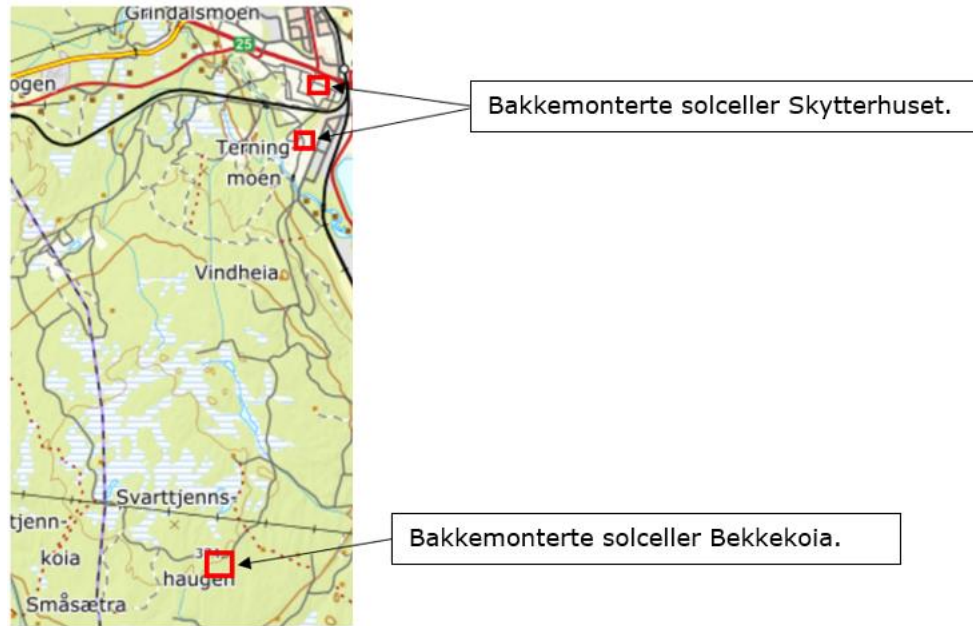
Flate arealer eller arealer med helling mot sør ble vurdert som gunstige for solceller. Myr ble vurdert som ugunstige områder for solceller, fordi det trolig er tid- og ressurskrevende å transportere og installere solceller på myr. I tillegg ble det ansett som utfordrende å vedlikeholde solceller på myr, fordi myr gir begrenset fremkommelighet.

Med hensyn på størrelse og orientering ble det vurdert som hensiktsmessig å benytte nybygg fremfor eksisterende bygg til etablering av solceller. Grunnen til dette er at majoriteten av eksisterende bygg på Terningmoen er mindre bygg med saltak orientert i øst-vest retning. Av bebyggelsesplanen planlegges det med flere større bygg med langveggen orientert mot sør, som gir et bedre utgangspunkt for bruk av solceller enn de eksisterende byggene.

For nybyggene ble det vurdert som gunstig å benytte BIPV. Grunnen til det er at BIPV vil gi besparelse i investeringskostnaden og klimagassutslipp, fordi en benytter et mindre kvantum av materialer. På eksisterende bygg ble det vurdert som hensiktsmessig å benytte BAPV, fordi det er fordyrende, og vil gi økt klimagassutslipp som følge av mer avfall, dersom eksisterende materialer må fjernes.

Bakkemonterte solceller

To områder ble vurdert som gunstige for etablering av bakkemonterte solceller. Det ene området ligger vest av Bekkekoa i søndre ende av SØF. Det andre området, kalt Skytterhuset, består av en åpen plass ved skytebanene, ca. 500 meter sør for Terningmoen leir, i tillegg til arealene som er planlagt til parkering ved adkomsten, nord-vest i leiren. Figur 4.1 viser lokaliseringen av konseptene for bakkemonterte solceller.



Figur 4.1 - Lokalisering av konsepter for bakkemonterte solceller. Kilde: Norgeskart.no.

Området ved Bekkekoia har slak helling mot sør. Det er behov for å avskoge en sone rundt plasseringen til solcellene for å redusere skygge fra trær i området. Totalt må det avskoges ca. 55 000 m². Det må også legges kabel i bakken for å føre elektrisitet til leiren. Det må legges ca. 6 km med kabel. Solcellene må heves minimum 150 cm over bakken, fordi gjennomsnittlig snødybde i området er 100-150 cm (Varsom SeNorge, 2022). Plasseringen av solcellene må også muliggjøre brøyting og annet vedlikehold. Figur 4.2 viser bilde av området for etablering av solceller ved Bekkekoia, fra nord mot sør.



Figur 4.2 - Bilde av området for etablering av solceller ved Bekkekoia. Synsvinkel fra nord mot sør. Kilde: Egenprodusert, 09.02.2023.

Området ved Skytterhuset består av åpne arealer som har avstand fra skyggende elementer i sør. Parkeringsarealet ved adkomsten til leiren, og det åpne området ved Skytterhuset benyttes til andre formål. Figur 4.3 viser bilde av parkeringsplassen ved adkomsten til Terningmoen, og området ved Skytterhuset, fra nord mot sør.



Figur 4.3 - Bilde av områdene for etablering av solceller på parkeringsplassen ved adkomst Terningmoen (øverst), og ved Skytterbuset (nederst). Synsvinkel fra nord mot sør. Kilde: Google Streetview, november 2022; Egenprodusert, 09.02.2023.

Ved å heve solcellene over bakken ble det vurdert at arealene kan ivareta primærfunksjonen, samtidig som det etableres solceller. «Parking lot PV» er et konsept som muliggjør solkraftproduksjon på parkeringsplasser. Figur 4.4 viser et eksempel på kombinasjon av parkeringsplass og solkraftproduksjon. Statens vegvesen (2014, s. 79) oppgir en høyde på 4,5 meter for varetransport. Solcellene ble derfor hevet med 5 meter fri høyde, slik at større kjøretøy har adgang under solcellene.



Figur 4.4 - Eksempel på "Parking lot PV". Kilde: wileywilson.com, 2023.

Bygningsmonterte solceller

De planlagte nybyggene nærmest Terningen Arena skal tilrettelegges for varemottak. I bebyggelsesplanen er disse byggene planlagt med en etasje. Statens vegvesen (2014, s. 79) oppgir en høyde på 4,5 meter for varetransport. Det ble derfor forutsatt at nybyggene som skal tilrettelegges for varemottak har gesimshøyde på minimum 6 meter.

Bebyggelsesplanen viser at det blå bygget lengst sør er planlagt med flatt tak. Det muliggjør etablering av BAPV. Det ble vurdert som lite gunstig å benytte fasader på dette bygget, grunnet skygge fra nærliggende bygg og trær. Figur 4.5 viser bilde fra planlagt plassering av bygget mot sør.



Figur 4.5 - Bilde fra planlagt plassering av blått bygg lengst sør. Synsvinkel mot sør. Kilde: Egenprodusert, 06.03.2023.

For det planlagte brune bygget er det tegnet flatt tak som muliggjør BAPV. Det ble vurdert som lite gunstig å benytte fasader på dette bygget, grunnet skygge fra planlagt nybygg i nærheten.

Det blå bygget planlagt lengst nord er tegnet med flatt tak og muliggjør BAPV. Det ble vurdert som lite gunstig å benytte fasader på dette bygget, grunnet skygge fra planlagt nybygg i nærheten.

For det planlagte oransje bygget i nord-vest er det tegnet flatt tak som muliggjør BAPV. Det ble vurdert som lite gunstig å benytte fasader på dette bygget, grunnet skygge fra planlagt nybygg i nærheten.

De planlagte gule nybyggene på tre etasjer er tegnet med saltak. Det ble forutsatt en takvinkel på 30 grader. For de to gule nybyggene som er planlagt med langside mot sør, ble BIPV på takflaten mot sør vurdert som gunstig. For det gule nybygget planlagt lengst sør ble BIPV på den sørvendte fasaden også vurdert som gunstig. BIPV på hele taket ble vurdert som gunstig for de gule nybyggene med langside vent øst-vest. Resterende fasader på de gule byggene ble vurdert som lite gunstig å benytte, grunnet skygge fra planlagt nybygg i nærheten.

Det oransje bygget i nord-øst er tegnet med flatt tak. Det muliggjør BAPV. Det ble vurdert som lite gunstig å benytte fasader på dette bygget, grunnet skygge fra trær i nærheten. Figur 4.6 viser bilde fra planlagt plassering av bygget mot sør.

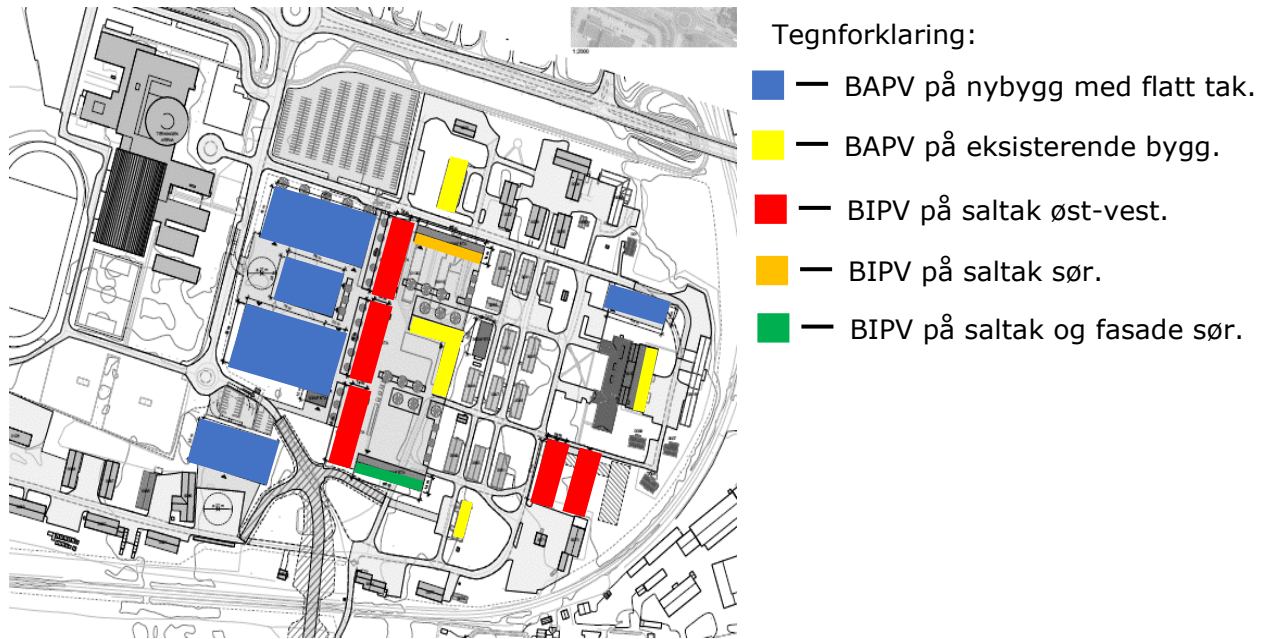


Figur 4.6 - Bilde fra planlagt plassering av oransje bygg i nord-øst. Synsvinkel mot sør. Kilde: Egenprodusert, 06.03.2023.

De turkise byggene er planlagt med flate tak. Det ble forutsatt saltak med takvinkel på 30 grader orientert øst-vest for disse byggene. Grunnen til det er at produksjonen fra BIPV på saltak estimert vil bli høyere enn ved BAPV på flatt tak. Det ble vurdert som lite gunstig å benytte fasader på disse byggene, grunnet skygge fra trær i nærheten.

Av eksisterende bygg er det fire bygg som ble ansett som gunstige for solkraftproduksjon. Resterende eksisterende bygg ble vurdert å få mye skygge fra nærliggende trær eller planlagte nybygg. For de eksisterende byggene er det aktuelt med BAPV på tak.

Figur 4.7 viser plassering av bygningsmonterte solceller.



Figur 4.7 - Plassering av bygningsmonterte solceller. Kilde: Vedlegg A.

4.1.3 Konseptenes potensial for solkraftproduksjon

Vedlegg I til O er rapporter med resultater fra simuleringene som ble gjennomført i PVsyst. Side 6-7 viser produksjonspotensialet til konseptene. Summen av simuleringene for bakkemonterte solceller ved Skytterhuset og parkeringsplassen ved adkomsten til Terningmoen, gir samlet resultat for konseptet Skytterhuset. Summen av simuleringene for bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir gir samlet resultat for konseptet Terningmoen leir.

Bakkemonterte solceller

Tabell 4.4 oppsummerer estimerte nøkkeltall for konseptene bakkemonterte solceller ved Bekkekoia og Skytterhuset.

	Bekkekoia		Skytterhuset	
		Skytterhuset	Parkeringsplass	Total
Estimert årlig produksjon (kWh/år)	2 327 000	1 644 100	641 500	2 285 600
Estimert andel strøm levert til Terningmoen (kWh/år)	805 000	750 600	548 500	1 299 100
Estimert dekningsgrad av behov	35%	32%	24%	56%
Estimert gjennomsnittlig spesifikk produksjon (kWh/kWp/år)	1 100	1 000	1 100	1 100
Estimert arealbehov (m ²)	55 000	8 500	2 900	11 400
Estimert behov for trekking av EL-kabel (m)	6 000	0		
Merknad	Må avskoge området 55 000 m ² .	Solceller må heves for å ivareta primærfunksjonen til områdene.		

Tabell 4.4 - Estimerte nøkkeltall for konseptene bakkemonterte solceller ved Bekkekoia og Skytterhuset. Avrundet til nærmeste 100. Kilde: Egenprodusert.

Bygningsmonterte solceller

Tabell 4.5 oppsummerer estimerte nøkkeltall for konseptet bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir.

Terningmoen leir	
Estimert årlig produksjon (kWh/år)	2 218 500
Estimert andel strøm levert til Terningmoen (kWh/år)	1 552 200
Estimert dekningsgrad av behov	67%
Estimert gjennomsnittlig spesifikk produksjon (kWh/kWp/år)	700
Estimert totalt arealbehov (m ²)	17 000
BAPV på flate tak (m ²)	10 800
BAPV på eksisterende bygg (m ²)	1 600
BIPV på saltak (m ²)	4 200
BIPV på fasade (m ²)	400

Tabell 4.5 - Estimerte nøkkeltall for konseptet bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir. Avrundet til nærmeste 100. Kilde: Egenprodusert.

4.2 Konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer

Delkapittelet presenterer funn for hver av faktorene tilhørende miljømessig eiendomsutvikling. Vedlegg C er referat fra dybdeintervjuet for konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer.

4.2.1 Naturmangfold

Bakkemonterte solceller Bekkekoia

I dybdeintervjuet fremkom det at lokaliseringen for solcelleanlegget er i nærheten av sentrum til en tiurleik. Miljøkoordinator i Forsvarsbygg forklarte at storfuglen fungerer som en paraplyart. En paraplyart fører med seg flere andre arter i et område. Videre består området av naturskog med relativt høy trealder, som gir godt grunnlag for naturmangfold. Lengre nord i feltet er det også et stort intakt myrområde i lavlandet med regional verdi. Myrområdet er viktig for naturmangfoldet.

Av dokumentstudiene fremkommer det at området Bekkekoia har noe, til middels verdi for naturmangfoldet. Det er ikke noen vern knyttet til tiur som art. Området vil av den grunn være et lokalt viktig fugletrekk. I henhold til Miljødirektoratets metode for verdisetting er området Bekkekoia derfor av noe verdi. Likevel siden området er nært senter for en tiurleik og storfuglen er en paraplyart, samt at området gir godt grunnlag for naturmangfold, ble området vurdert å ha middels verdi (Miljødirektoratet, 2021; Artsdatabanken, 2023).

Videre fremkom det av dybdeintervjuet at avskoging så nært sentrum for en tiurleik vil redusere kvaliteten til leiken og antallet tiur. Det er mulig at tiurleiken opphører i sin helhet som følge av avskogingen. En tiurleik ligger på samme sted opp mot århundrer. Restaureringstiden for tiurleiken vil derfor være lang. I tillegg er det usikkerhet knyttet til hvordan avskogingen og solcelleanlegget kan påvirke de mikroklimatiske forholdene i området. På en side kan skyggen som skapes fra solcellepanelene ødelegge eksisterende

mikroklima, for eksempel blåbærlyng. På den andre siden kan skyggen gi grobunn for andre arter i området. Det er også usikkert om et solcelleanlegg ved Bekkekoia kan ha fjernpåvirkninger på myrområdet lengre nord, i form av for eksempel høyere temperatur lokalt.

I henhold til metoden for vurdering av tiltakets påvirkning, ble solkraftproduksjon på Bekkekoia vurdert å forringe verdien av området. Grunnen til dette er at tiltaket vil redusere funksjonen av tiurleiken, samt at restaureringstiden for en tiurleik er varig. I tillegg er det usikkerhet knyttet til tiltakets påvirkning på mikroklimatiske forhold og fjernpåvirkninger av myrområdet med regional verdi (Miljødirektoratet, 2021).

Bakkemonterte solceller Skytterhuset

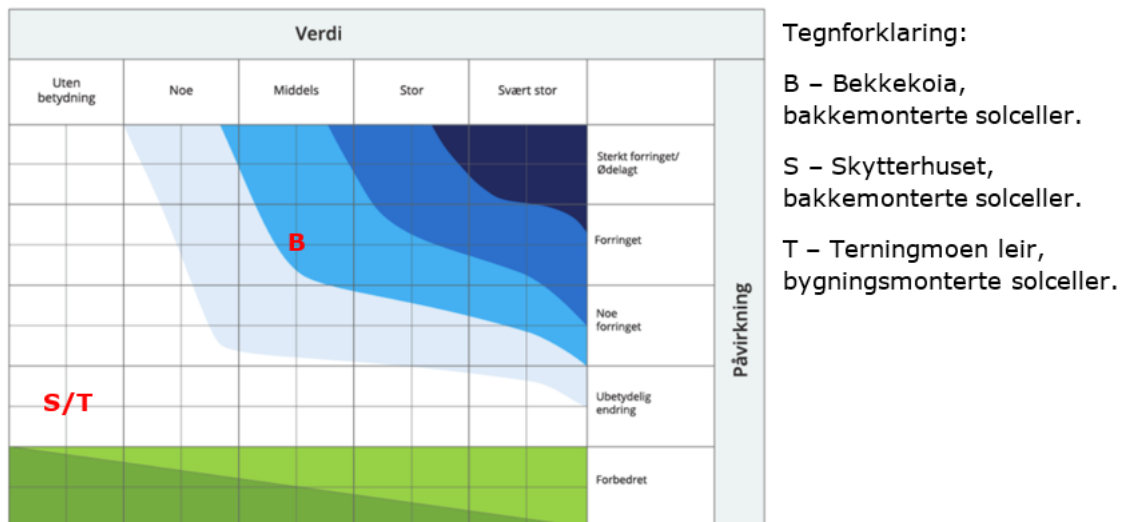
Deltakerne i dybdeintervjuet fremmet at områdene Skytterhuset og parkeringen ved adkomsten til Terningmoen leir har ubetydelig verdi for naturmangfoldet. Videre er konseptets påvirkning på naturmangfoldet i området ubetydelig. Miljøvernkonsulent i Forsvaret begrunnet det med at området har vært bebyggt i lengre tid.

Bygningsmonterte solceller Terningmoen leir

Området Terningmoen leir ble også vurdert av deltakerne i dybdeintervjuet å ha ubetydelig verdi for naturmangfoldet, samt at konseptet har ubetydelig påvirkning. Grunnen til det er at området har vært bebyggt i lengre tid.

Oppsummering naturmangfold

Figur 4.8 viser konsekvensgraden for konseptene med hensyn på naturmangfold. Konseptet Bekkekoia ble vurdert å skape en betydelig miljøskade, og er derfor ikke bærekraftig. Konseptene Skytterhuset og Terningmoen leir ble vurdert å skape en ubetydelig miljøskade, og er dermed bærekraftige. Av de vurderte konseptene kan det tolkes som utnyttelse av allerede bebygde arealer er mest bærekraftig for naturmangfoldet.



Figur 4.8 - Konseptenes konsekvensgrad for naturmangfold. Kilde: Egenprodusert.

4.2.2 Landskap

Bakkemonterte solceller Bekkekoia

Deltakerne i dybdeintervjuet informerte om at området Bekkekoia består av naturskog, og at det tidligere har vært et hogstområde. Miljødirektoratet (2021) sier at vanlig forekommende naturlandskap har noe verdi. Landskapet i området Bekkekoia ble derfor vurdert å ha noe verdi.

Solcelleanlegget vil medføre et arealinngrep, men sammenlignet med størrelsen på skogsområdet sør i øvingsfeltet ble arealinngrepet vurdert som lite. Anlegget vil sannsynligvis ikke være synlig fra lengre avstand, og kun påvirke landskapet lokalt. Miljøvernkonsulent i Forsvaret mente at solcelleanlegget vil bryte med sammenhengen i landskapet lokalt, og derav forringe landskapskarakteren og opplevelsen av området. I sum ble det vurdert at solkraftproduksjon på Bekkekoa vil ha noe forringet påvirkning på områdets verdi.

Bakkemonterte solceller Skytterhuset

Deltakerne i dybdeintervjuet mente parkeringsplassen ved adkomsten til Terningmoen har stor verdi. Grunnen til dette er at området er i nærheten av hovedvegen gjennom Elverum og derfor har stor betydning for Terningmoens uttrykk. Miljødirektoratet (2021) sier at landskap med regional betydning har stor verdi. Landskapet langs hovedvegen gjennom Elverum ble vurdert å ha regional verdi, fordi det er en hovedfartsåre. Området ble derfor vurdert å ha stor verdi.

Deltakerne i dybdeintervjuet mente at tiltaket sannsynligvis vil være i kontrast til sammenhengen og det visuelle uttrykket til landskapet. Miljødirektoratet (2021) sier at et tiltak som bryter med romlige mønstre og forringer den visuelle opplevelsen av området har en forringende påvirkning. Solkraftproduksjon på parkeringsplassen ved adkomsten til Terningmoen ble derfor vurdert å ha en forringet påvirkning på områdets verdi.

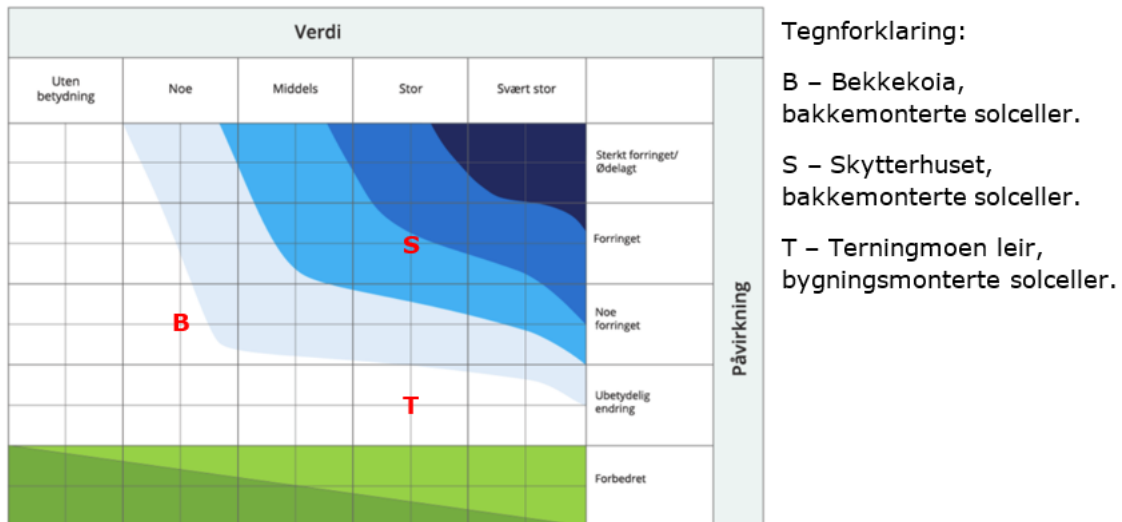
Bygningsmonterte solceller Terningmoen leir

Området Terningmoen leir ble vurdert å ha stor verdi. Grunnen til dette er at området, i likhet med parkeringsplassen, ligger nært hovedvegen gjennom Elverum og derfor har stor betydning for Terningmoens uttrykk. I tillegg er det vernet bebyggelse i leiren som ble vurdert å ha stor betydning for kulturhistorien.

Bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir ble vurdert å medføre ubetydelig endring på områdets verdi, fordi det er bygningsmassen som i stor grad påvirker landskapet, og ikke solcellene i seg selv.

Oppsummering landskap

Figur 4.9 viser konsekvensgraden for konseptene med hensyn på landskap. Konseptene Bekkekoa og Terningmoen leir ble vurdert å skape en ubetydelig miljøskade, og er derfor bærekraftige. Konseptet Skytterhuset ble vurdert å skape en betydelig miljøskade, og er dermed ikke bærekraftig. Av de vurderte konseptene kan det tolkes at bygningsmonterte solceller er mest bærekraftig for landskapet.



Figur 4.9 - Konseptenes konsekvensgrad for landskap. Kilde: Egenprodusert.

4.2.3 Forurensing

Bakkemonterte solceller Bekkekoia

Deltakerne i dybdeintervjuet vurderte det som lite sannsynlig at konseptet vil medføre noen form for forurensing. Likevel poengterte miljøvernkonsulent i Forsvaret at grunnarbeider eller uttørking av grunnen under solcellepanelene kan føre til utvasking av næringsstoffer som samles i nærliggende bekker og vassdrag. Uttørking av grunnen kan også øke sannsynligheten for brann i området om sommeren. Eventuelle strålingsverdier fra transformatoren som må etableres kan gi en helse og miljørisiko.

Bakkemonterte solceller Skytterhuset

Deltakerne i dybdeintervjuet vurderte det som lite sannsynlig at konseptet vil medføre noen form for forurensing.

Bygningsmonterte solceller Terningmoen leir

Det ble vurdert som lite sannsynlig at konseptet vil medføre noen form for forurensing, fordi det er allerede bebygde arealer.

Oppsummering forurensing

Alle konseptene ble vurdert å ha liten sannsynlighet for forurensing, og gir dermed en ubetydelig miljøskade. Samtlige konsepter er derfor bærekraftige med hensyn på forurensing. Av de vurderte konseptene kan det tolkes som utnyttelse av allerede bebygde arealer gir minst sannsynlighet for forurensing.

4.2.4 Klimagassutslipp

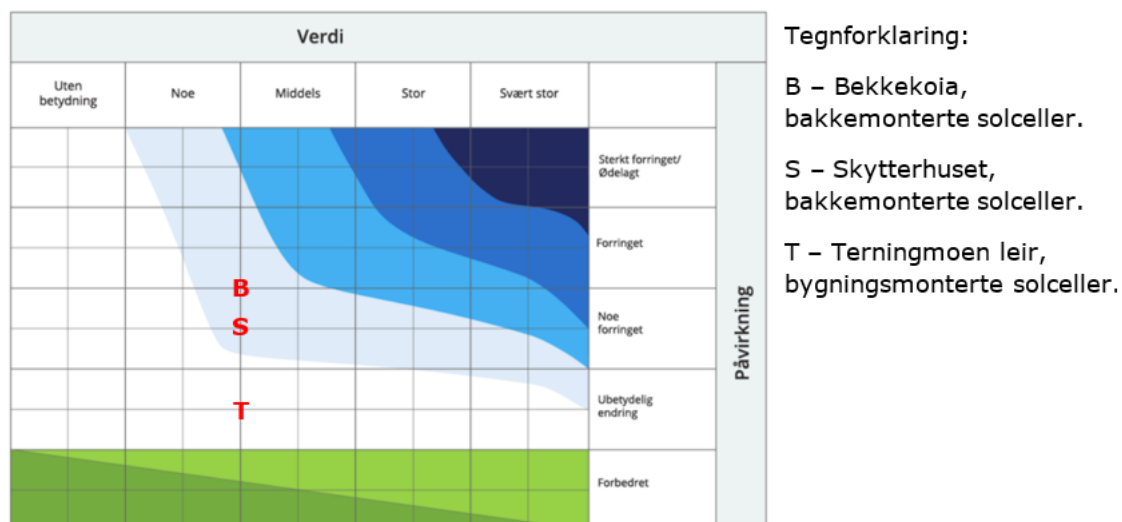
Beregninger av klimagassutslipp vises i vedlegg D, og I til O side 12. Summen av klimagassutslippet for bakkemonterte solceller ved Skytterhuset og parkeringsplassen ved adkomsten til Terningmoen, gir samlet resultat for konseptet Skytterhuset. Summen av klimagassutslippet for bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir gir samlet resultat for konseptet Terningmoen leir. Tabell 4.6 oppsummerer beregnet besparelse i klimagassutslipp for konseptene. Alle konseptene ble vurdert å ha en større besparelse enn utslipp av klimagasser, og gir dermed noe miljøforbedring. Samtlige konsepter er derfor bærekraftige med hensyn på klimagassutslipp. Av de vurderte konseptene kan det tolkes at utnyttelse av allerede bebygde arealer gir størst besparelse i klimagassutslipp. Grunnen til dette er at klimagassutslipp fra avskoging vil gi et betydelig økt klimagassutslipp.

	Bekkekoia - Bakkemonterte solceller	Skytterhuset - Bakkemonterte solceller	Terningmoen leir - Bygningsmonterte solceller
Besparelse i klimagassutslipp for solcelleanlegg	4 800 tCO ₂	4 500 tCO ₂	3 300 tCO ₂
Besparelse i klimagassutslipp tilknyttet områdetilpasninger	-1 400 tCO ₂	0 tCO ₂	200 tCO ₂
Konseptets totale besparelse i klimagassutslipp	3 400 tCO ₂	4 500 tCO ₂	3 500 tCO ₂
Merknad	Området må avskoges.	Anlegget må tilpasses områdenes primærfunksjon.	Unngåtte klimagassutslipp ved bruk av BIPV.

Tabell 4.6 – Konseptenes besparelse i klimagassutslipp. Avrundet til nærmeste 100. Kilde: Egenprodusert.

4.2.5 Oppsummering av påvirkning på miljømessige faktorer

Figur 4.10 viser den samlede konsekvensgraden for konseptene med hensyn på miljømessige faktorer. Konseptene Bekkekoia og Skytterhuset har konsekvensgrad med tyngdepunkt tilsvarende noe miljøskade, og er derfor ikke bærekraftige. Konseptet Terningmoen leir har konsekvensgrad med tyngdepunkt tilsvarende ubetydelig miljøskade, og er derfor bærekraftig. Alle konseptene ble vurdert å ha en større besparelse enn utslipp av klimagasser. Av de vurderte konseptene kan det tolkes at bygningsmonterte solceller er mest bærekraftig for miljøet.



Figur 4.10 – Konseptenes samlede konsekvensgrad for miljømessige faktorer. Kilde: Egenprodusert.

4.3 Konseptenes påvirkning på sosiale faktorer

Delkapittelet presenterer funn for hver av faktorene tilhørende sosial eiendomsutvikling. Vedlegg E er referat fra dybdeintervjuet for konseptenes påvirkning på sosiale faktorer.

4.3.1 Likestilt tilgang og muligheter

Bakkemonterte solceller Bekkekoia

Forsvaret fremmet at området Bekkekoia benyttes ukentlig til trening og øving. Videre ble det poengtert at planlagt personellvekst på Terningmoen vil gi behov for flere arealer til å drive trening og øving. Øvingsfeltet er også åpent for allmennheten og benyttes daglig av sivile som et friluftslivsområde. Miljødirektoratet (2021) viser at områder med høy bruksfrekvens har stor verdi. Området Bekkekoia ble derfor vurdert å ha stor verdi med hensyn på likestilt tilgang og muligheter.

Forsvaret mente konseptet reduserer Forsvarets og sivil tilgjengelighet i området i svært stor grad. I tillegg vil arealbeslaget i svært stor grad redusere muligheten Forsvaret har til å dekke sine behov for trening og øving i forbindelse med planlagt personellvekst. Miljødirektoratet (2021) sier at tiltak som medfører svært redusert tilgjengelighet og i stor grad reduserer området, gir forringet påvirkning. Etablering av bakkemonterte solceller ved Bekkekoia ble derfor vurdert å forringe verdien av området.

Bakkemonterte solceller Skytterhuset

I dybdeintervjuet fremkom det at området Skytterhuset og parkeringsplassen ved adkomsten til Terningmoen leir benyttes daglig av Forsvaret og sivile. Videre benyttes området ved Skytterhuset av Elverum skytterlag til å arrangere Landsskytterstevnet.

Bruksfrekvensen av området Skytterhuset og parkeringsplassen ved adkomsten til Terningmoen ble vurdert å være større enn bruksfrekvensen ved Bekkekoia. Området ble derfor vurdert å ha svært stor verdi med hensyn på likestilt tilgang og muligheter.

Solcelleanlegget må tilpasses slik at primærfunksjonen til området ivaretas. Likevel mente Forsvaret at arealbeslaget til solceller vil hindre bruk av området i stor grad. Miljødirektoratet (2021) sier at tiltak som medfører svært redusert tilgjengelighet og i stor grad reduserer området gir forringet påvirkning. Etablering av bakkemonterte solceller ble derfor vurdert å forringe verdien av området.

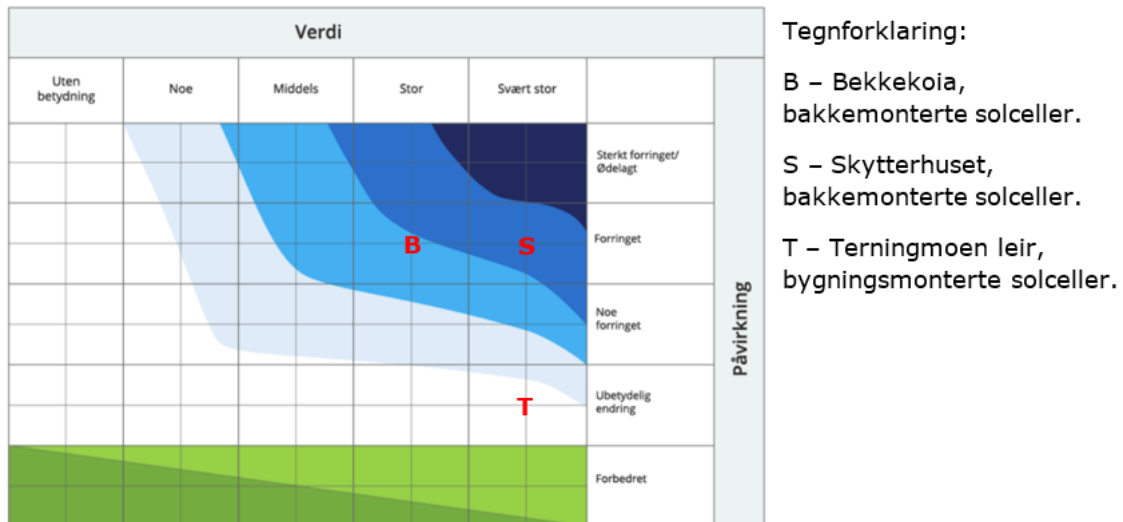
Bygningsmonterte solceller Terningmoen leir

Området Terningmoen leir ble vurdert å ha svært stor verdi med hensyn på likestilt tilgang og muligheter. Grunnen til dette er at Forsvaret er avhengig av området til å drive sin daglige aktivitet.

Deltakerne i dybdeintervjuet vurderte at bygningsmonterte solceller ikke påvirker tilgjengeligheten til området og Forsvarets evne til å utføre sine oppgaver. Miljødirektoratet (2021) sier at tiltak som ikke medfører redusert tilgjengelighet og ikke reduserer området gir ubetydelig påvirkning. Etablering av bygningsmonterte solceller ble derfor vurdert å ha ubetydelig påvirkning på verdien av området.

Oppsummering likestilt tilgang og muligheter

Figur 4.11 viser konsekvensgraden for konseptene med hensyn på likestilt tilgang og muligheter. Konseptet Bekkekoia ble vurdert å skape en betydelig miljøskade, og er derfor ikke bærekraftig. Konseptet Skytterhuset ble vurdert å skape en alvorlig miljøskade, og er derfor ikke bærekraftig. Konseptet Terningmoen leir ble vurdert å skape en ubetydelig miljøskade, og er dermed bærekraftig. Av de vurderte konseptene kan det tolkes at bygningsmonterte solceller er mest bærekraftig for likestilt tilgang og muligheter.



Figur 4.11 - Konseptenes konsekvensgrad for likestilt tilgang og muligheter. Kilde: Egenprodusert.

4.3.2 Miljørettsferd og helserisiko

Bakkemonterte solceller Bekkekoia

Sett i lys av konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer er konseptet Bekkekoias samlede konsekvensgrad tilsvarende noe miljøskade. Konseptets konsekvens for miljørettsferd og helserisiko ble derfor vurdert å utgjøre noe miljøskade.

Bakkemonterte solceller Skytterhuset

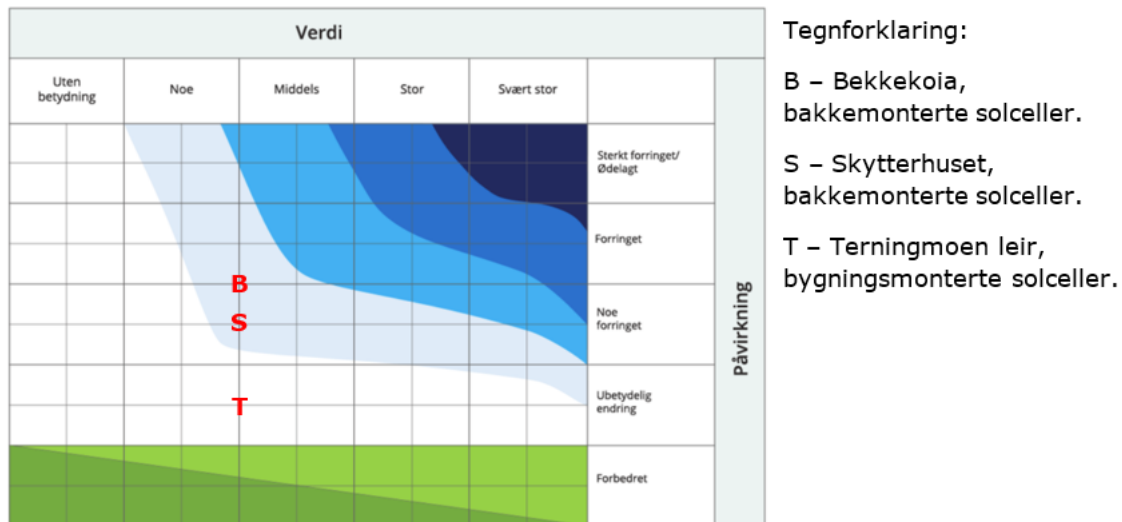
Sett i lys av konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer er konseptet Skytterhusets samlede konsekvensgrad tilsvarende noe miljøskade. Konseptets konsekvens for miljørettsferd og helserisiko ble derfor vurdert å utgjøre noe miljøskade.

Bygningsmonterte solceller Terningmoen leir

Sett i lys av konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer er konseptet Terningmoen leirs samlede konsekvensgrad tilsvarende ubetydelig miljøskade. Konseptets konsekvens for miljørettsferd og helserisiko ble derfor vurdert å utgjøre ubetydelig miljøskade.

Oppsummering miljørettsferd og helserisiko

Figur 4.12 viser konsekvensgraden for konseptene med hensyn på miljørettsferd og helserisiko. Konseptene Bekkekoia og Skytterhuset ble vurdert å skape noe miljøskade, og er derfor ikke bærekraftige. Konseptet Terningmoen leir ble vurdert å skape en ubetydelig miljøskade, og er derfor bærekraftig. Av de vurderte konseptene kan det tolkes at bygningsmonterte solceller er mest bærekraftig for miljørettsferd og helserisiko.



Figur 4.12 - Konseptenes konsekvensgrad for miljørettsferd og helserisiko. Kilde: Egenprodusert.

4.3.3 Samfunn- og stedsverdi

Bakkemonterte solceller Bekkekoia

I dybdeintervjuet fremkom det at området Bekkekoia er godt egnet til Forsvarets trening og øving. Forsvaret poengterte at store områder med restriksjoner i øvingsfeltet grunnet naturvern, medfører at området Bekkekoia blir mer attraktivt, fordi området ikke er ilagt restriksjoner. I tillegg ble området vurdert å ha noe opplevelsesverdi som friluftslivsområde for sivile. Miljødirektoratet (2021) viser at områder som er godt egnet for en eller flere aktiviteter har stor verdi. Området Bekkekoia ble derfor vurdert å ha stor samfunn- og stedsverdi.

Forsvaret mente at avskogingen og etableringen av solceller vil redusere områdets attraktivitet for Forsvaret med hensyn på trening og øving. Elverum kommune og Forsvarsbygg mente det er en økt toleranse for tiltaket i befolkningen, fordi det er i et øvingsfelt og nært allerede bebygde områder i Elverum. Deltakerne i dybdeintervjuet pekte også på at tidlig inkludering og medvirkning fra befolkningen kan øke aksepten for et solcelleanlegg ved Bekkekoia. Miljødirektoratet (2021) sier at et tiltak som medfører redusert attraktivitet gir noe forringet påvirkning. Etablering av solceller ved Bekkekoia ble derfor vurdert å gi noe forringet effekt på områdets verdi.

Bakkemonterte solceller Skytterhuset

Elverum kommune poengterte at parkeringsplassen ved adkomsten til Terningmoen leir er i nærheten av hovedvegen gjennom Elverum. Området påvirker derfor identiteten og uttrykket til hele Elverum, i tillegg til Terningmoen. Området ligger også i nærheten av vernet bygningsmasse i Terningmoen leir. Miljødirektoratet (2021) viser at områder som er anerkjent i regional sammenheng med hensyn på identitet, opplevelse og tilhørighet, har stor verdi. Området Skytterhuset og parkeringsplassen ved adkomsten til Terningmoen leir ble derfor vurdert å ha stor samfunn- og stedsverdi.

Elverum kommune mente at et solcelleanlegg som dekker hele det planlagte parkeringsarealet trolig vil være dominerende og i kontrast til resten av området. Forsvarsbygg sa at Terningmoen allerede er et område med en kombinasjon av moderne og vernede bygg. Fjernpåvirkningen på vernede bygg i Terningmoen leir ble derfor vurdert å være lav. Miljødirektoratet (2021) sier at et tiltak som er dominerende i området, og er i kontrast med romlige mønstre og sammenhenger har en forringet påvirkning. Etablering av bakkemonterte solceller i området ble derfor vurdert å ha forringet påvirkning på samfunn- og stedsverdien.

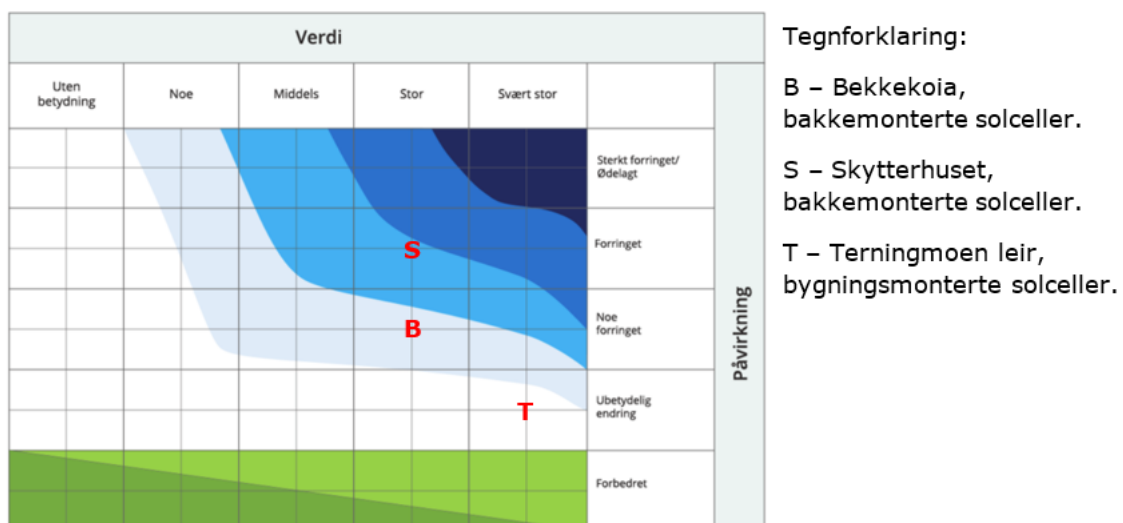
Bygningsmonterte solceller Terningmoen leir

Deltakerne i dybdeintervjuet fremmet at Terningmoen leir, i likhet med parkeringsplassen, er i nærheten av hovedvegen gjennom Elverum, og derfor påvirker identiteten og uttrykket til hele Elverum i tillegg til Terningmoen. Forsvarsbygg informerte om at vernede og fredede bygg i leiren har nasjonal verdi. Forsvaret er også avhengig av området for å drive sin aktivitet. Miljødirektoratet (2021) viser at områder som er nasjonalt anerkjent med hensyn på opplevelse og identitet har svært stor verdi. Videre har områder med en svært spesiell nøkkelfunksjon, svært stor verdi. Terningmoen leir ble derfor vurdert å ha svært stor samfunn- og stedsverdi.

Deltakerne i dybdeintervjuet fremmet at bygningsmonterte solcellers påvirkning på samfunn- og stedsverdi avhenger av designet. Elverum kommune presiserte at helheten av bygningsmassen med hensyn på design, plassering, orientering og utforming påvirker verdien av området. Bygningsmonterte solceller i seg selv ble derfor vurdert å ha en ubetydelig påvirkning på områdets samfunn- og stedsverdi, forutsatt at designet samsvarer med helheten.

Oppsummering samfunn- og stedsverdi

Figur 4.13 viser konsekvensgraden for konseptene med hensyn på samfunn- og stedsverdi. Konseptet Bekkekoia ble vurdert å skape noe miljøskade, og er dermed ikke bærekraftig. Konseptet Skytterhuset ble vurdert å skape en betydelig miljøskade, og er derfor ikke bærekraftig. Konseptet Terningmoen leir ble vurdert å skape en ubetydelig miljøskade, og er derfor bærekraftig. Av de vurderte konseptene kan det tolkes at bygningsmonterte solceller er mest bærekraftig for samfunn- og stedsverdi.



Figur 4.13 - Konseptenes konsekvensgrad for samfunn- og stedsverdi. Kilde: Egenprodusert.

4.3.4 Fysiologiske behov

Bakkemonterte solceller Bekkekoia

Det ble vurdert som lav risiko for personell- og materiellskader ved drift og vedlikehold av anlegget ved Bekkekoia. Grunnen til dette er at solcellene er bakkemontert, ca. 1,5 meter over bakken. Videre sa Forsvarsbygg at drift og vedlikehold kan ivaretas gjennom inkludering i planleggingen av anlegget. Likevel vil det ifølge Forsvaret, trolig være ressurskrevende å kontrollere anlegget grunnet avstanden til Terningmoen leir.

Bakkemonterte solceller Skytterhuset

Det ble vurdert som høy risiko for materiellskader ved drift og vedlikehold av anlegget. Grunnen til dette er at Forsvarsbygg sa det er høy sannsynlighet for at bærekonstruksjonen vil bli påkjørt, ettersom primærfunksjonen til området må ivaretas. Derimot mente Forsvarsbygg konseptet vil være mindre ressurskrevende å drifte og kontrollere enn konseptet ved Bekkekoia, på grunn av kortere avstand til Terningmoen leir.

Bygningsmonterte solceller Terningmoen leir

Det ble vurdert som middels risiko for personell og materiellskader ved drift og vedlikehold av bygningsmonterte solceller. Grunnen til det er at solcellene primært installeres på tak og det er derfor en risiko for personellskader ved arbeid i høyden. Forsvarsbygg poengterte at sikkerhetstiltak i forbindelse med drift og vedlikehold av solcellene må inkluderes i planleggingen av anlegget. Sammenlignet med de andre konseptene mente Forsvarsbygg at bygningsmonterte solceller er mindre ressurskrevende å kontrollere og vedlikeholde, fordi avstanden er kort og det allerede er faste rutiner for kontroll av byggene.

Oppsummering fysiologiske behov

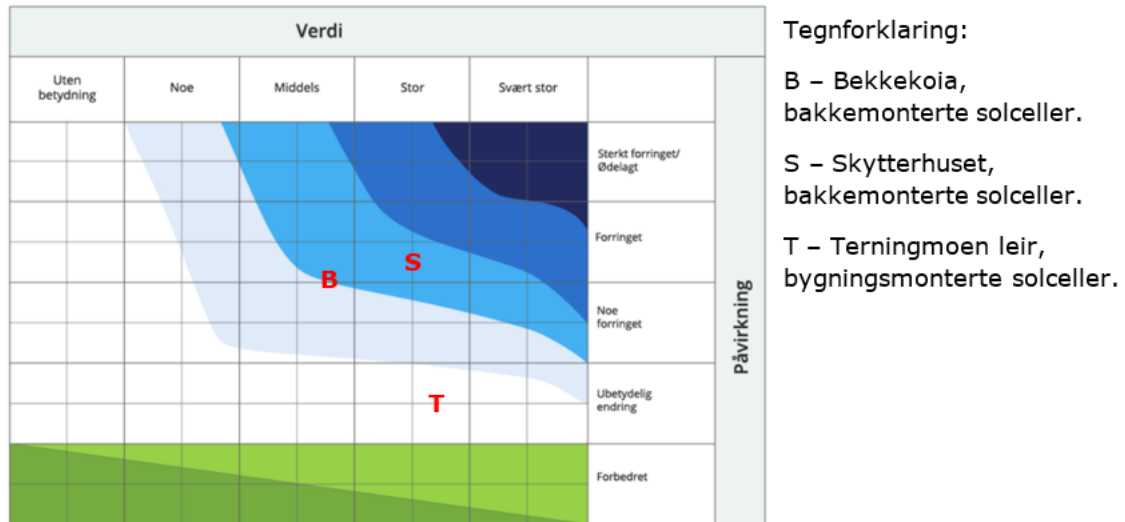
Tabell 4.7 viser konseptenes risiko tilknyttet fysiologiske behov. Det ble vurdert at sikkerhetstiltak kan redusere risikoen, så lenge det inkluderes i planleggingen av anleggene.

	Bekkekoia - Bakkemonterte solceller	Skytterhuset - Bakkemonterte solceller	Terningmoen leir - Bygningsmonterte solceller -
Fysiologiske behov	Lav risiko	Høy risiko	Middels risiko

Tabell 4.7 – Konseptenes risiko tilknyttet fysiologiske behov. Kilde: Egenprodusert.

4.3.5 Oppsummering av påvirkning på sosiale faktorer

Figur 4.14 viser den samlede konsekvensgraden for konseptene med hensyn på sosiale faktorer. Konseptet Bekkekoia har konsekvensgrad med tyngdepunkt tilsvarende noe til betydelig miljøskade, og er derfor ikke bærekraftig. Konseptet Skytterhuset har konsekvensgrad med tyngdepunkt tilsvarende betydelig miljøskade, og er derfor ikke bærekraftig. Konseptet Terningmoen leir har konsekvensgrad med tyngdepunkt tilsvarende ubetydelig miljøskade, og er derfor bærekraftig. Det ble vurdert at sikkerhetstiltak kan redusere risikoen for personell- og materiellskader for alle konseptene, så lenge det inkluderes i planleggingen av anleggene. Av de vurderte konseptene kan det tolkes at bygningsmonterte solceller er mest bærekraftig for samfunnet.



Figur 4.14 - Konseptenes samlede konsekvensgrad for sosiale faktorer. Kilde: Eigenprodusert.

4.4 Konseptenes påvirkning på økonomiske faktorer

Tabell 4.8 viser funn for konseptene med hensyn på økonomiske faktorer. Lønnsomhetsberegninger vises i vedlegg I til O side 8-11. Summen av beregningene for bakkemonterte solceller ved Skytterhuset og parkeringsplassen ved adkomsten til Terningmoen, gir samlet resultat for konseptet Skytterhuset. Summen av beregningene for bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir gir samlet resultat for konseptet Terningmoen leir. Det kan tolkes som at bygningsmonterte solceller er mest økonomisk bærekraftig, fordi det er det eneste konseptet med positiv nettonåverdi og har lavest investeringskostnad. Grunnen til dette er at investeringskostnaden for bakkemonterte solceller er høy som følge av behov for tilpasninger av områdene. Samtidig er investeringskostnaden for bygningsmonterte solceller redusert på grunn av unngåtte kostnader til taktekke og kledning ved bruk av BIPV.

	Bekkekoa - Bakkemonterte solceller	Skytterhuset - Bakkemonterte solceller	Terningmoen leir - Bygningsmonterte solceller
Investeringskostnad (NOK)	26 858 000	40 892 000	18 496 000
Estimert nettonåverdi (NOK)	-751 000	-13 889 000	7 985 000
Estimert besparelse grunnet forbruk av egenproduksjon (NOK)	17 912 000	28 905 000	34 535 000
Merknad	Høy investeringskostnad grunnet behov for infrastruktur.	Høy investeringskostnad grunnet tilpassing til områdenes primærfunksjon.	Lav investeringskostnad grunnet unngåtte kostnader til taktekke og kledning ved BIPV.

Tabell 4.8 – Funn for konseptene med hensyn på økonomiske faktorer. Avrundet til nærmeste 1 000. Kilde: Egenprodusert.

5. Analyse og drøfting

Kapittelet analyserer og drøfter funnene i studien. I tillegg analyseres og drøftes problemstillingen ved å se funnene i sammenheng med hverandre. Formålet med kapittelet er å generalisere funnene for å anbefale en bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire.

5.1 Konsepter for solkraftproduksjon

Utviklingen av solkraftproduksjon styres av rammebetingelsene. Dette delkapittelet drøfter funn tilknyttet rammebetingelsene og hvordan endringer i rammebetingelsene påvirker utviklingen av solkraftproduksjon.

5.1.1 Energibehov og -effektivisering

Behovet for energi er den dimensjonerende faktoren for solkraftproduksjon. I omstillingen til fornybar energiproduksjon er reduksjon av energibehovet og effektivisering av energiforbruket like relevant som utviklingen av fornybar energiproduksjon.

Energibehovet for det enkelte bygg vil trolig være lavere enn estimert i studien. Grunnen til dette er at studien har benyttet maksimalt tillatte verdier i TEK 17 til å estimere energibehovet. Videre vil energibehovet for oppvarming reduseres til et minimum dersom nybyggene bygges etter passivhusstandarden. Energieffektivt utstyr i huset vil også redusere energiforbruket. Eksempel på energieffektivt utstyr er LED-lys, fremfor andre lys som benytter mer energi for å gi samme effekt. Bruken av byggene er også viktig for reduksjon av energibehovet. En kombinasjon av sensorer og brukeradferd vil kunne gi et bedre brukerstyrt energiforbruk. Eksempel på dette er at lys og ventilasjon reguleres i soner i byggene, slik at effekten er størst i rommene som er i bruk og reduseres i tomme rom (Anda og Bjelland, 2013).

Selv om energibehovet for det enkelte bygg trolig vil være lavere enn estimert, kan det argumenteres for at estimert energibehov til leiren som en helhet er realistisk. I en leir er det flere elektriske komponenter som ikke regnes som del av et byggs energibehov. Eksempler på dette er kjøretøysporter og gatelys. I tillegg vil elektrifisering av kjøretøyparken og annet materiell gi et økt behov for elektrisitet til lading. Det kan derfor argumenteres for at differansen mellom estimert energibehov og faktisk behov til enkeltbygg tilsvarer energibehovet til leirens infrastruktur, som for eksempel EL-bil lading og gatebelysning.

Effektivisering av energiforbruket vil også gi et redusert behov for solkraftproduksjon. «Elektrisitet er en høyverdig energiform som ikke bør brukes til oppvarmingsformål.» (Anda og Bjelland, 2013, s. 20). Etersom solceller produserer elektrisitet, bør energibehovet for oppvarming dekkes av andre lavverdige fornybare energiformer. I studien forutsettes det at 60% av energibehovet dekkes av vannbåren varme. Ved å øke andelen av energibehovet for oppvarming som dekkes av andre fornybare lavverdige energiformer, reduseres behovet for solkraftproduksjon.

5.1.2 Konseptenes tilpasningsdyktighet

Bygg og anleggs tilpasningsdyktighet har en indirekte påvirkning på økonomiske og miljømessige faktorer. Tilpasningsdyktige bygg og anlegg kan benyttes selv om behovet endres. I levetidsperspektivet kan det medføre reduserte kostnader tilknyttet tilpasning til endret behov. I tillegg kan det medføre redusert miljøpåvirkning, fordi tilpasninger i løpet av anleggets levetid blir lite ressurskrevende. Konseptenes tilpasningsdyktighet bør derfor tas i betraktning for en bærekraftig eiendomsutvikling (Olsson, 2009).

Bygningsmonterte solceller har større generalitet, enn bakkemonterte solceller. Bygningsmonterte solceller virker å ha stor generalitet fordi det utnytter arealer som ikke benyttes til andre formål. Bakkemonterte solceller medfølger derimot et arealbeslag som hindrer annen bruk av arealene. Bakkemonterte solceller kan tilpasses for å kombinere flere behov og funksjonelle krav, slik det er gjort med «Parking lot PV», for konseptet Skytterhuset. Selv om solcelleanlegget tilpasses for parkering, mener Forsvaret, i dybdeintervjuet for konseptenes påvirkning på sosiale faktorer, at solcelleanlegget vil gi redusert tilgjengelighet. Sammenlignet med bygningsmonterte solceller som kan etableres på alle bygg uten å gi redusert tilgjengelighet, kan bakkemonterte solceller kun kombineres med et begrenset antall funksjoner og vil gi redusert tilgjengelighet.

Derimot kan bakkemonterte solceller ha større elastisitet enn bygningsmonterte solceller. Bakkemonterte solcelleanlegg er prinsipielt enkle å justere i størrelse ved at lengden på rader med solceller økes eller reduseres. I tillegg kan bakkemonterte solcelleanlegg økes eller reduseres ved å endre antallet rader med solceller. Bygningsmonterte solceller er derimot styrt av bygningenes form og orientering. Bakkemonterte solceller har derfor høyere elastisitet fordi de kan reguleres fritt, sammenlignet med bygningsmonterte solceller som er styrt av bygget de er montert på.

5.2 Konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer

Delkapittelet drøfter usikkerheter knyttet til miljømessige faktorer, samt hvilken påvirkning det har for utvikling av solkraftproduksjon.

5.2.1 Bakkemonterte solcellers påvirkning på mikroklima

I dybdeintervjuet for konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer fremkom det usikkerhet knyttet til bakkemonterte solcellers påvirkning på det mikroklimatiske naturmangfoldet.

Litteraturen beskriver også usikkerhet tilknyttet solcellers påvirkning på mikroklimaet. Blaydes *et al.* (2022) skriver at flere habitater for pollinerende insekter blir etablert i solcelleparker. I den gjennomført studien har solcellers effekt på humlebestander i Storbritannia blitt simulert. Studien konkluderer med at solcelleparker kan øke humlebestanden. Vervloesem *et al.* (2022) har gjennomført en case-studie av bakkemonterte solcellers påvirkning på mikroklimaet. I studien benyttes caser i Italia med middelhavsklima. Studien konkluderer med at solcellene hadde en negativ påvirkning på vegetasjonen under solcellene. Sett under ett gir litteraturen divergerende svar og det er manglende kunnskap om hvordan solceller påvirker det mikroklimatiske naturmangfoldet.

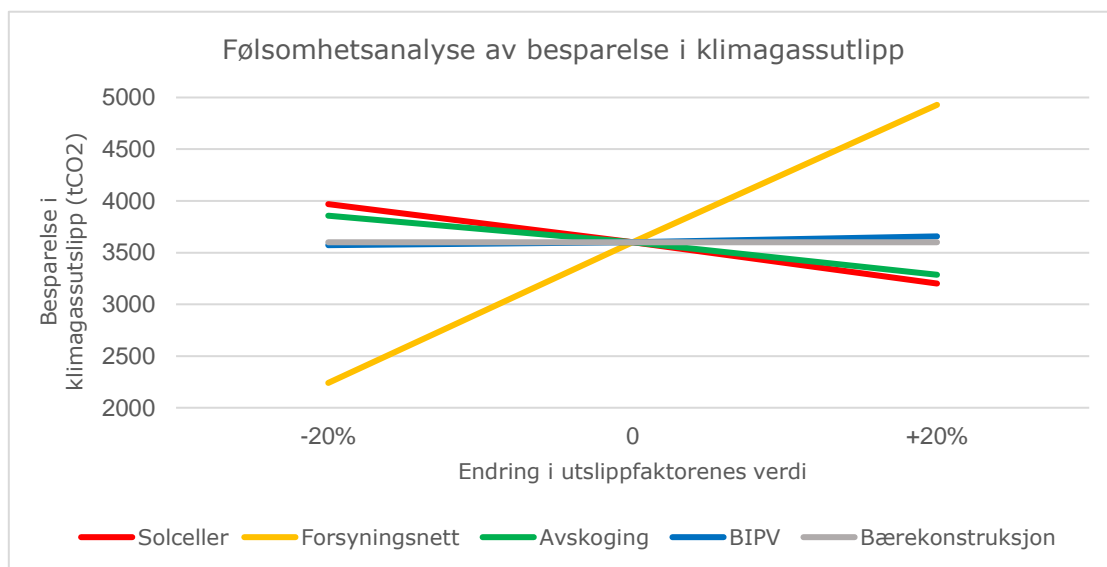
Som tidligere beskrevet påvirkes alle miljøets sfærer av hverandre. Det mikroklimatiske naturmangfoldet påvirkes også av de geografiske klimatiske forholdene (Breuste *et al.*, 2020, s. 5-6). For å kunne forstå solcellers påvirkning på mikroklimaet i Norge, er det derfor nødvendig å undersøke solcellers påvirkning på mikroklimatisk naturmangfold i klimaer tilsvarende norsk klima.

5.2.2 Klimagassutslipp

Kontekstuelle faktorer vurderes å ha størst innvirkning på solkraftproduksjonens besparelse i klimagassutslipp. Figur 5.1 viser en følsomhetsanalyse av besparelse i klimagassutslipp. Med utgangspunkt i besparelsen i klimagassutslipp for konseptet Bekkekoia, er verdiene for faktorene som påvirker klimagassutslippet endret med +/- 20%. Følsomhetsanalysen viser at solcelleanleggets besparelse i klimagassutslipp er mest følsom for endring i utslippsfaktoren til elektrisitet fra forsyningsnettet. Utslippsfaktoren til forsyningsnettet er uavhengig av den konseptuelle løsningen for solkraftproduksjon, og

styres av hvordan elektrisiteten som leveres fra forsyningsnettet produseres. Det vil si at utbygging av fornybar energiproduksjon vil gi lavere utslippsfaktor til forsyningsnettet, som igjen betyr at det enkelte solcelleanlegg vil få redusert besparelse i klimagassutslipp. Sett i et klimagassperspektiv kan det derfor argumenteres for at miljøeffekten av solkraftproduksjon vil reduseres over tid.

Følsomhetsanalysen viser at solceller er den faktoren med nest størst innvirkning på besparelsen i klimagassutslipp. Solcellenes klimagassutslipp er knyttet til produksjon av solcellene og regnes derfor som en kontekstuell faktor. I et klimagassperspektiv kan det derfor være viktigere å vurdere valg av solceller med hensyn på klimagassutslippet tilknyttet produksjon og transport, fremfor hvilket konsept for solkraftproduksjon som velges.



Figur 5.1 - Følsomhetsanalyse for besparelse i klimagassutslipp som følge av endring i utslippsfaktorer. Kilde: Egenprodusert.

For å gjennomføre helhetlige beregninger av klimagassutslipp er det nødvendig å beregne reduksjon av klimagassopptak som følge av hindret tilvekst. Trær og annen vegetasjon tar opp klimagasser. Etter hvert som vegetasjonen vokser øker mengden klimagassopptak. Dersom et område for eksempel avskoges, reduseres områdets klimagassopptak og potensiell økning i klimagassopptak som følge av hindret tilvekst. Miljødirektoratet (2023) oppgir et referansetall på opptak av 1 tCO₂ pr. 1m³ tilvekst av skog. Det er derimot ikke identifisert hvordan volumet av tilvekst i et område skal beregnes og hvor lang analyseperioden skal være. Et solcelleanlegg har estimert levetid på 25 år, men trær kan ha levetid på flere hundre år. Dersom reduksjonen av klimagassopptak ved tilvekst som følge av avskoging skal tas hensyn til, vil klimagassutslippet for konseptet Bekkekoaia være betydelig høyere enn beregnet i denne studien (Søgaard og Bjørkelo, 2018; Miljødirektoratet, 2022).

5.2.3 Internprioritering av miljømessige faktorer

Vedrørende internprioritering av de miljømessige faktorene er det divergens mellom teori og praksis. Litteraturen sier at klima og miljø er avhengig av alle miljøets sfærer og at de påvirker hverandre (Breuste *et al.*, 2020, s. 5-6). Det kan derfor forstås som at litteraturen mener de miljømessige faktorene er likeverdige, og ikke kan internprioriteres. I praksis kan det derimot argumenteres for at klimagassutslipp prioriteres fremfor de andre miljømessige faktorene. Grunnen til dette er at det er gitt byggetillatelse til fornybar energiproduksjon som har negativ konsekvens for naturmangfold og landskap. Et

eksempel på dette er utbyggingen av vindkraft på Fosen. Høyesterett har konkludert med at: «vinterbeiteområdene ved Storheia og Roan i praksis er tapt for reindriften, og at utbyggingen derfor vil true reindriftnæringens eksistens på Fosen hvis ikke kompensierende tiltak settes inn.» (Norges Høyesterett, 2021, avsnitt 8). Pr. tidspunkt er det også flere aktive søknader for utbygging av solkraftproduksjon i Norge hvor det vurderes at tiltaket kan gi konsekvenser for naturmangfold og landskap. Eksempler på dette er søknad om utbygging av solkraftproduksjon på Alvdal, Birkeland og Sør-Fron (Førde *et al.*, 2022, s. 45; Gudbrandsdal Energi Fornybar AS, 2022, s. 24; Helgestad *et al.*, 2023, s. 4).

For eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire kan det argumenteres for at klimagassutslipp bør ha lavest prioritet av de miljømessige faktorene. En grunn til dette er at de vurderte konseptene ikke kan skilles med hensyn på klimagassutslipp, fordi alle konseptene gir en besparelse i klimagassutslipp. I tillegg viser det seg at klimagassutslippet i hovedsak styres av kontekstuelle faktorer som er uavhengig av den konseptuelle løsningen for solkraftproduksjon.

5.3 Konseptenes påvirkning på sosiale faktorer

Delkapittelet belyser andre perspektiver ved konseptene med hensyn på sosiale faktorer, som ikke ble belyst i funnene fra dybdeintervjuene og dokumentstudiene.

I dybdeintervjuet for konseptenes påvirkning på sosiale faktorer mente Forsvaret at konseptet Skytterhuset med «Parking lot PV» vil redusere tilgjengeligheten til områdene. Derimot kan konseptet Skytterhuset øke områdenes attraktivitet. Om sommeren kan skyggen fra solcellene gjøre det kaldere og mer behagelig å benytte områdene. På vinteren kan solcellene gi noe skjerming for snø og gjøre det lettere å benytte områdene, fordi behovet for brøyting reduseres. Med andre ord kan «Parking lot PV» gi økt attraktivitet gjennom skjerming fra vær og vind.

For konseptene Bekkekoia og Skytterhuset ble det fremmet i dybdeintervjuet at solcelleanleggene vil ha en negativ påvirkning på områdenes arkitektoniske uttrykk og attraktivitet. Det ble begrunnet i dybdeintervjuet med at anlegget vil stå i kontrast med, og være dominerende i området. Fra et annet perspektiv kan det tenkes at synliggjøring av solkraftproduksjon kan øke tilliten til staten og forsvarssektoren. Ved å vise at statlige organisasjoner satser på fornybar energi kan det øke befolkningens tillit til at klima tas på alvor. I tillegg kan det skape en fellesskapsfølelse ved at alle, både Forsvaret og kommunen, bidrar med å bekjempe klimaendringene.

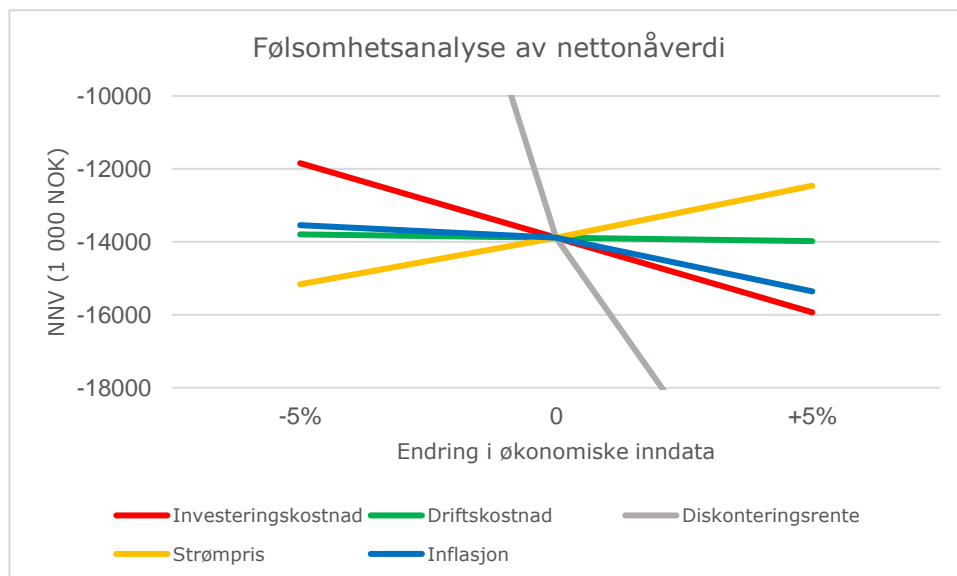
I dybdeintervjuet fremkom det at tilpasning til det arkitektoniske uttrykket gjennom design er et premiss for at konseptet bygningsmonterte solceller har lav påvirkning på samfunns- og stedsverdien. Konseptet bygningsmonterte solceller vil dekke majoriteten av takflater i Terningmoen leir. Skalaen av bygningsmonterte solceller kan derfor bli så stor at det påvirker det arkitektoniske uttrykket. Det stilles derfor høye krav til prosjekteringen av de bygningsmonterte solcellene. Bunkholt *et al.* (2021, s. 16) skriver at erfaringer fra byggebransjen tilsier at dagens variasjon i utseende for BIPV gjør det utfordrende å tilpasse det arkitektoniske uttrykket. Spesielt gjelder dette tilpasning til bygg eller områder med vernerestriksjoner. Av den grunn kan skalaen kombinert med begrensninger i prosjekteringen føre til at bygningsmonterte solceller i praksis har større påvirkning på samfunns- og stedsverdien, enn den konseptuelle vurderingen.

Likevel er de sosiale faktorene dynamiske, og samfunnsutviklingen kan medføre endring i solkraftproduksjons påvirkning på samfunn- og stedsverdi. Samfunn- og stedsverdien kan argumenteres for å være subjektiv fordi det tar utgangspunkt i folks tillit og fellesskapsfølelse. Både bakkemonterte og bygningsmonterte solkraftanlegg er relativt nytt. Det blir stadig etablert flere solkraftanlegg, som kan gjøre at samfunnet blir mer vant til det som del av det arkitektoniske uttrykket. Utviklingen av solkraftproduksjon kan dermed medføre at solkraftanlegg over tid vil ha mer positiv påvirkning på samfunn- og stedsverdien, fordi befolkningen har blitt vant til det.

Videre fremmer litteraturen at medbestemmelse påvirker de sosiale faktorene positivt (Opp, 2017; McGuinn *et al.*, 2020). I dybdeintervjuet ble tanken om medbestemmelse også trukket frem ved at Forsvarsbygg mente at inkludering av befolkningen i Elverum kunne øke aksepten for etablering av solceller ved Bekkekoia. Med andre ord viser både litteraturen og dybdeintervjuene at inkludering av befolkningen i utviklingen av solkraftproduksjon kan ha positiv påvirkning på sosiale faktorer.

5.4 Konseptenes påvirkning på økonomiske faktorer

De økonomiske faktorene påvirkes i stor grad av kontekstuelle forhold. Figur 5.2 viser en følsomhetsanalyse av nettonåverdien for konseptet Skytterhuset, hvor de økonomiske inndataene er endret med +/- 5%. Følsomhetsanalysen viser at nettonåverdien er mest følsom for endring i diskonteringsrenta. Diskonteringsrenta er knyttet til avkastningskravet og risikoen for investeringen. Diskonteringsrenta er derfor uavhengig av den konseptuelle løsningen for solkraftproduksjon i Forsvarets leire.



Figur 5.2 - Følsomhetsanalyse for nettonåverdi som følge av endring i økonomiske inndata. Kilde: Egenprodusert.

Forsvaret er en statlig organisasjon og er ikke avhengig av økonomisk avkastning i samme grad som en privat bedrift. I motsetning til private bedrifter er ikke Forsvaret avhengig av økonomisk overskudd for å overleve som organisasjon. Forsvarets formål er å forsvare de demokratiske verdiene i det norske samfunnet, og ivareta samfunnssikkerheten (Det Kongelige Forsvarsdepartement, 2014). Det kan derfor argumenteres for at forsvarssektoren kan akseptere en lavere diskonteringsrente enn private bedrifter.

Videre er det knyttet stor usikkerhet til de økonomiske inndataene. Ettersom analyseperioden for investeringen er 25 år, kan det skje store endringer i de økonomiske faktorene. For eksempel strømprisene er i denne studien basert på en prognose med et

femårig perspektiv. Pr. tidspunkt er strømprisene betydelig høyere enn prognostisert pris om 5 år. I fjerde kvartal 2022 var strømprisen for tjenesteytende næringer 1,6 NOK/kWh, ekskludert avgifter. Det er ca. 180% høyere strømpris enn det som er benyttet i denne studien. Med andre ord er det utfordrende å gjøre økonomiske vurderinger knyttet til konseptene for solkraftproduksjon, fordi det er stor usikkerhet knyttet til de økonomiske inndataene, som kan gi store utslag over en analyseperiode på 25 år (Statnett, 2022, s. 1; Statistisk sentralbyrå, 2023).

5.5 Bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire

En bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire er avhengig av å se de tre dimensjonene miljømessig, sosial og økonomisk bærekraft i sammenheng. Med grunnlag i analysen og drøftingen av det enkelte forskningsspørsmål, søker delkapittelet å drøfte bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire.

5.5.1 Prioritering av bærekraftdimensjonene

I teorien er de tre bærekraftdimensjonene gjensidig avhengig av hverandre. I praksis kan det likevel være utfordrende å finne løsninger som tilfredsstillende miljø, samfunn og økonomi i like stor grad. Delkapittelet søker derfor å drøfte prioriteringen av bærekraftdimensjonene.

Som nevnt er utbyggingen av vindkraft på Fosen et eksempel på at reduksjon i klimagassutslipp gjennom fornybar energiproduksjon prioriteres, fremfor naturmangfold og landskap. I tillegg kan vindkraftanlegget på Fosen vise at reduksjon i klimagassutslipp også prioriteres fremfor sosial bærekraft. Grunnen til dette er at Høyesterett mener vindkraftanlegget har en betydelig negativ effekt for samenes mulighet for kulturutøvelse gjennom reindrift (Norges Høyesterett, 2021). Vindkraftanlegget på Fosen er derfor et eksempel på at reduksjon i klimagassutslipp i praksis prioriteres fremfor både naturmangfold, landskap og sosial bærekraft.

Likevel kan det være nødvendig å prioritere reduksjon av klimagassutslipp gjennom fornybar energiproduksjon fremfor sosiale faktorer. For å stoppe klimaendringene er en avhengig av en total omstilling til fornybar energiproduksjon (FN-Sambandet, 2022). Samfunnsutviklingen medfører også at det er behov for mer energi i fremtiden. For å produsere mer og fornybar energi må det utvikles flere kraftanlegg (Sørgard *et al.*, 2023). Uavhengig av løsning vil kraftanleggene påvirke det arkitektoniske uttrykket i varierende grad, enten i form av demninger til vannkraft, eller vindturbiner og solkraftanlegg på land eller til havs.

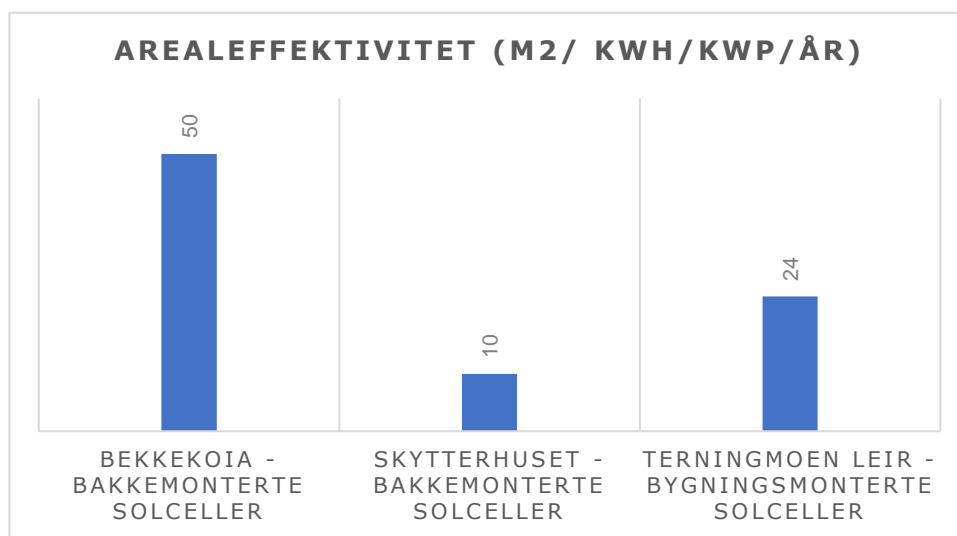
Den gjennomførte case-studien argumenterer for at eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire bør prioritere de ikke-prissatte konsekvensene fremfor klimagassutslipp. Case-studien viser at klimagassutslipp påvirkes mest av kontekstuelle faktorer som er uavhengig av den konseptuelle løsningen. I tillegg kan ikke konseptene skilles med bakgrunn i klimagassutslipp, fordi alle konseptene gir en besparelse. For en bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire, kan det derfor være hensiktsmessig å prioritere ikke-prissatte konsekvenser for miljø og samfunn, fremfor klimagassutslipp.

I praksis skriver Berg og Prebensen (2023) at prissatte konsekvenser prioriteres ved konseptvalg. Derimot argumenterer den gjennomførte studien for at ikke-prissatte konsekvenser for miljø og samfunn bør prioriteres. Grunnen til dette er at det er stor usikkerhet tilknyttet de økonomiske inndataene. Usikkerheten kan dermed gi store utslag

i løpet av solcelleanleggets levetid. Videre er konseptenes nettonåverdi mest følsom for endringer i diskonteringsrenta, som er en kontekstuell faktor. Som en statlig organisasjon kan det derfor argumenteres for at Forsvaret kan akseptere en lav diskonteringsrente. Stor usikkerhet knyttet til økonomiske inndata og stor påvirkning av kontekstuelle faktorer, gir dermed grunn til å prioritere ikke-prissatte konsekvenser fremfor prissatte konsekvenser i en bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire.

5.5.2 Arealeffektivitet som parameter for bærekraft

Arealeffektive løsninger reduserer tiltaks areal og anses som bærekraftig, fordi det reduserer byggekostnaden og miljø- og klimaavtrykket (Bygg21, 2018, s. 69). Figur 5.3 viser konseptenes arealeffektivitet, ved å dividere konseptenes areal på estimert gjennomsnittlig spesifikk produksjon. Konseptet Skytterhuset er mest arealeffektivt fordi det krever minst areal for å produsere samme mengde elektrisitet. Det kan derfor se ut til at bakkemonterte solceller på allerede bebygde arealer er mest bærekraftig.



Figur 5.3 - Konseptenes arealeffektivitet. Kilde: Egenprodusert.

Funnene i studien viser derimot at arealeffektiviteten til konseptene ikke gjenspeiler en bærekraftig eiendomsutvikling. Arealeffektiviteten gjenspeiler for eksempel ikke nettonåverdien til konseptene. Grunnen til dette er at arealeffektiviteten ikke tar høyde for tilpasninger som ikke endrer konseptenes areal. Eksempel på dette er heving av solceller for konseptet Skytterhuset. I tillegg tar ikke arealeffektiviteten høyde for de kvalitative vurderingene i lys av miljømessige og sosiale faktorer. Funnene i case-studien viser at det er bygningsmonterte solceller som vurderes som mest bærekraftig med hensyn på de kvalitative vurderingene. Arealeffektivitet kan derfor sies å være for lite nyansert, til å benyttes i vurderingen av bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon.

5.5.3 Andre faktorer som påvirker solkraftproduksjon

Arbeidet med studien har synliggjort flere faktorer som påvirker en bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire. Disse faktorene kan derimot ikke direkte knyttes til bærekraftdimensjonene miljø, samfunn og økonomi.

Behovet for elektrisitet er en faktor som påvirker utviklingen av solkraftproduksjon i Forsvarets leire. For eksempel hvor stor andel av leirens forbruk, og hvilke funksjoner som skal dekkes av egenprodusert energi er dimensjonerende for solkraftproduksjonen.

Forsyningssikkerhet er en annen faktor som er nært tilknyttet behovet. I dybdeintervjuet for konseptenes påvirkning på sosiale faktorer nevnte Forsvaret at solcelleanlegget ved

Bekkekoa vil være et sårbart mål for hærverk eller sabotasje. Det ble begrunnet med at hele anlegget er samlet på et stort område. I tillegg poengterte Forsvaret at avstanden fra leiren til Bekkekoa vil gjøre det mer ressurskrevende, og derav vanskeligere å kontrollere anlegget. Ved for eksempel å benytte bygningsmonterte solceller kan det oppnås en grad av redundans ved at solcellene er fordelt på flere mindre arealer fremfor et stort. Majoriteten av byggene er også i et inngjerdet område som er kontrollert av Forsvaret. Bruk av bygningsmonterte solceller vil derfor gjøre det lettere å kontrollere fremfor å ha solkraftproduksjon utenfor leiren.

Teknologien påvirker også utviklingen av solkraftproduksjon. Utvikling av solcelleteknologi gjør for eksempel solcellene stadig mer effektive, som medfører at solkraftproduksjon blir mer arealeffektivt. Den teknologiske utviklingen kan også øke solkraftproduksjonens tilpasningsdyktighet ved at solceller kan benyttes på nye typer arealer og på flere måter. For eksempel løftet Forsvaret i dybdeintervjuet for konseptenes påvirkning på sosiale faktorer, forslag om å drive solkraftproduksjon i kombinasjon med skytebaner.

Pr. tidspunkt peker litteraturen på at eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon fremdeles er umodent. Erfaringer knyttet til prosjektering, drift og vedlikehold av solcelleanlegg i Norge er derfor begrenset. Bunkholt *et al.* (2021) har skrevet en erfaringsrapport knyttet til bruk av BIPV. Rapporten peker på flere utfordringer og kunnskapshull i hele levetidsperspektivet. I prosjekteringen peker Bunkholt *et al.* (2021, s. 14-18) blant annet på utfordringer ved organisering og ansvarsfordeling som følge av manglende kompetanse. I drift og vedlikehold peker rapporten for eksempel på utfordringer med utførelse av vedlikehold, fordi det kan være vanskelig å komme til takflater med BIPV. Manglende kunnskap og erfaring kan derfor medføre utvikling av suboptimale løsninger for solkraftproduksjon.

6. Konklusjon

Kapittelet presenterer delkonklusjonene for hvert av forskningsspørsmålene. Til slutt presenteres den samlede konklusjonen for problemstillingen.

6.1 Konsepter for solkraftproduksjon

Leirens behov for elektrisitet er den dimensjonerende faktoren for konseptene for solkraftproduksjon. Behovet kan reduseres ved å bygge energieffektive bygg. I tillegg bør behovet for oppvarming dekkes ved å benytte lavverdig fornybar energi, for eksempel vannbåren varme.

I case-studien ble det definert tre ulike konsepter for solkraftproduksjon på Terningmoen. Det ene konseptet er lokalisert ved Bekkekoia helt sør i SØF. Konseptet Bekkekoia består av bakkemonterte solceller i et område som må avskoges. Skytterhuset er det andre konseptet og består av to bakkemonterte solcelleanlegg på allerede bebygde arealer. Det ene anlegget er lokalisert ved Skytterhuset, rett sør for Terningmoen leir. Det andre anlegget er lokalisert på parkeringsplassen nord-vest i Terningmoen leir, ved adkomsten til leiren. Konseptet Skytterhuset må ivareta primærfunksjonen til områdene ved å benytte «Parking lot PV», hvor solcellene heves over bakken. Det tredje konseptet består av bygningsmonterte solceller fordelt på tak og fasader i Terningmoen leir. Primært benyttes planlagte nybygg, i tillegg til noen eksisterende bygg. Tabell 6.1 oppsummerer produksjonspotensialet til konseptene.

	Bekkekoia - Bakkemonterte solceller	Skytterhuset - Bakkemonterte solceller	Terningmoen leir - Bygningsmonterte solceller
Estimert årlig produksjon (kWh/år)	2 327 000	2 285 600	2 218 500
Estimert andel strøm levert til Terningmoen (kWh/år)	805 000	1 299 100	1 552 200
Estimert dekningsgrad av leirens behov	35%	56%	67%
Estimert arealbehov (m ²)	55 000	11 400	17 000
Merknad	Området må avskoges.	Anlegget må tilpasses områdenes primærfunksjon.	

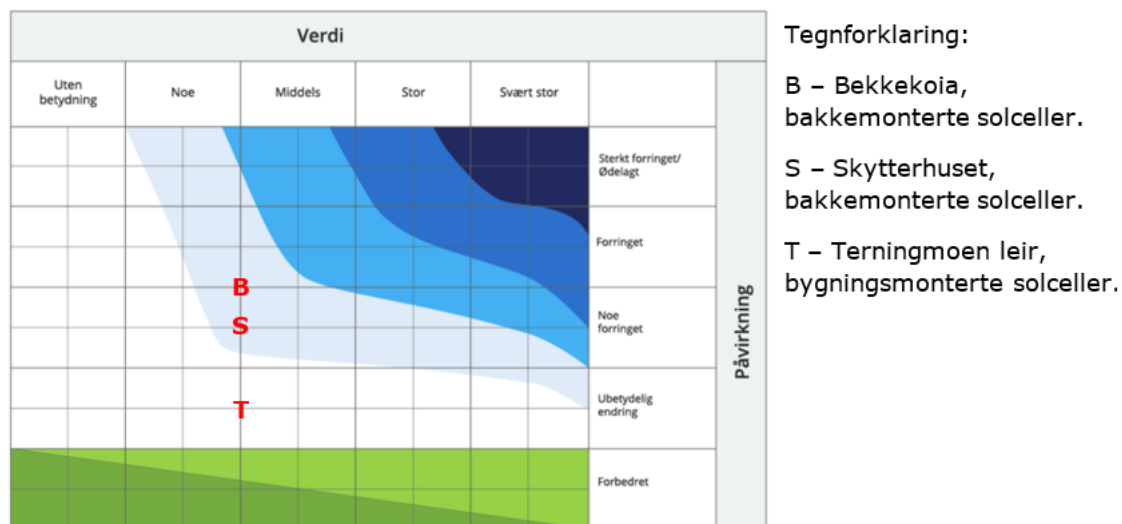
Tabell 6.1 - Oppsummering av konseptenes produksjonspotensial. Avrundet til nærmeste 100. Kilde: Egenprodusert.

Konseptene har varierende tilpasningsdyktighet. Bygningsmonterte solceller vurderes å ha høyere generalitet enn bakkemonterte solceller. Grunnen til det er at bygningsmonterte solceller kan etableres på alle bygg uten å gi redusert tilgjengelighet, mens bakkemonterte solceller kun kan kombineres med et begrenset antall funksjoner og vil trolig gi redusert

tilgjengelighet. Derimot vurderes bakkemonterte solceller å ha høyere elasticitet enn bygningsmonterte solceller. Grunnlaget for det er at bakkemonterte solceller kan reguleres relativt fritt i størrelse og form, mens bygningsmonterte solceller er styrt av byggets størrelse, form og orientering.

6.2 Konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer

Case-studien vurderte konseptenes påvirkning på miljøfaktorene: naturmangfold, landskap, forurensing og klimagassutslipp. Vedrørende naturmangfold er det usikkerhet knyttet til bakkemonterte solcellers påvirkning på mikroklimatiske forhold, grunnet manglende kunnskap i litteraturen og hos fageksperter. Samlet ble konseptet bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir vurdert å gi ubetydelig miljøskade. Bygningsmonterte solceller er dermed konseptet som ga lavest konsekvensgrad for miljøet. Bygningsmonterte solceller vurderes å ha liten påvirkning på naturmangfoldet, fordi solcellene er en del av bygningene, som har liten verdi for naturmangfoldet. I tillegg påvirker bygningsmonterte solceller i liten grad landskapet, fordi solcellene sees som en del av bygningsmassen. Konseptet Skytterhuset og Bekkekoia vurderes derimot å stå i kontrast til landskapet, og forringer områdenes verdi. Konseptet Bekkekoia vurderes også å forringe naturmangfoldet, fordi det berører et eksisterende skogsområde med verdi for turløyper og andre arter. Figur 6.1 viser den samlede konsekvensgraden for konseptene med hensyn på miljømessige faktorer.



Figur 6.1 – Konseptenes samlede konsekvensgrad for miljømessige faktorer. Kilde: Egenprodusert.

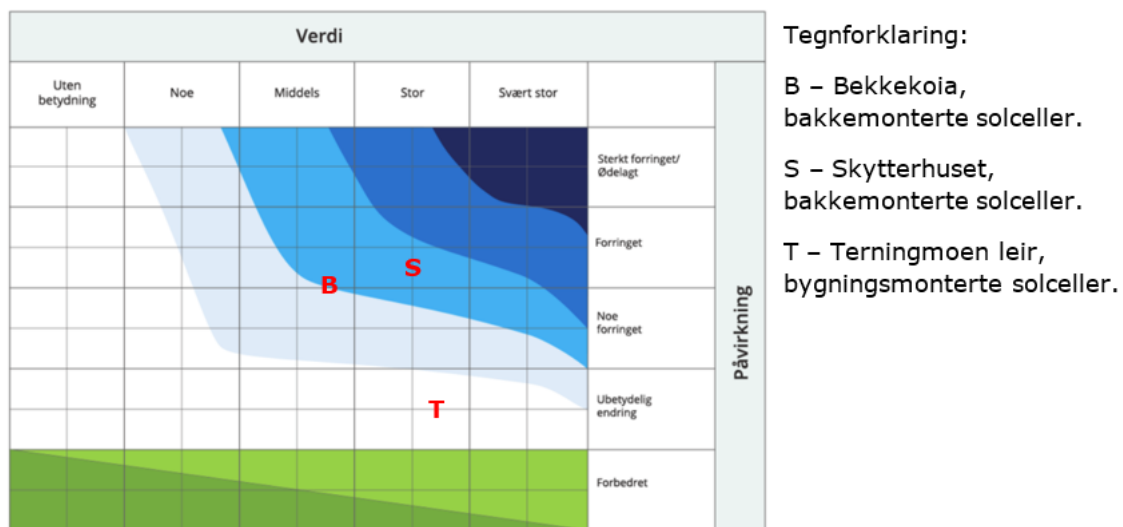
For bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire vurderes det at klimagassutslipp bør ha lavest prioritet av de miljømessige faktorene. En grunn til dette er at konseptene ikke kan skilles ut fra klimagassutslipp, fordi alle konseptene gir en besparelse i klimagassutslipp. I tillegg viser det seg at klimagassutslippet i hovedsak styres av kontekstuelle faktorer som er uavhengig av den konseptuelle løsningen for solkraftproduksjon.

6.3 Konseptenes påvirkning på sosiale faktorer

Konseptenes påvirkning på de sosiale faktorene: likestilt tilgang og muligheter, miljørettsferd og helseserisiko, samfunns- og stedsverdi og fysiologiske behov, ble vurdert i case-studien. Vurderingene av konseptenes påvirkning på sosiale faktorer baserer seg på

kvalitative data. Dermed er ikke vurderingene nødvendigvis representative for flertallets oppfatning.

Samlet ble konseptet bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir vurdert å gi ubetydelig miljøskade. Bygningsmonterte solceller er dermed konseptet som ga lavest konsekvensgrad for samfunnet. Bygningsmonterte solceller vurderes å ikke påvirke området tilgang og muligheter, fordi solcellene er en del av bygningene. Videre vurderes bygningsmonterte solceller å ha liten innvirkning på området stedsverdi, fordi det ikke er solcellene i seg selv, men bygningsmassens design, plassering, orientering og utforming som påvirker stedsverdien. Det stilles derfor premiss om at de bygningsmonterte solcellene kan tilpasses det arkitektoniske uttrykket. Begrensninger knyttet til prosjektering i tillegg til skalaen på anlegget, kan derimot medføre at bygningsmonterte solceller i praksis vil ha større påvirkning på stedsverdien enn vurdert i studien. Konseptene Skytterhuset og Bekkekoa vurderes å gi redusert tilgang og muligheter for områdene, fordi de medfører et arealbeslag. I tillegg reduserer konseptene stedsverdien, fordi konseptene vurderes å være dominerende og i kontrast til omgivelsene. For konseptet Skytterhuset ansees påvirkningen av stedsverdien som særdeles viktig, fordi parkeringsplassen ved adkomsten til Terningmoen er i nærheten av hovedvegen gjennom Elverum. Konseptet påvirker derfor hele byens identitet, i tillegg til Terningmoens uttrykk. Med hensyn på fysiologiske behov kan konseptenes risiko for personell- og materiellskader reduseres ved å inkludere det i planleggingen av anleggene. Figur 6.2 viser den samlede konsekvensgraden for konseptene med hensyn på sosiale faktorer.



Figur 6.2 - Konseptenes samlede konsekvensgrad for sosiale faktorer. Kilde: Egenprodusert.

Likevel er de sosiale faktorene dynamiske og kan påvirkes av samfunnsutviklingen, og medbestemmelse i planleggingen av solkraftproduksjon. Den kontinuerlige etableringen av nye solkraftanlegg kan medføre at solkraft over tid vil ha mer positiv påvirkning på samfunns- og stedsverdien, fordi befolkningen har blitt vant til det som en del av det arkitektoniske uttrykket. Litteraturen og studien viser også at inkludering av befolkningen i planleggingen av solkraftproduksjon kan ha positiv påvirkning på sosiale faktorer.

6.4 Konseptenes påvirkning på økonomiske faktorer

Case-studien vurderte også konseptene med hensyn på økonomisk lønnsomhet. Samlet ble konseptet bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir vurdert som mest lønnsomt. Konseptet har lavest investeringskostnad på grunn av unngåtte kostnader til taktekke og

kledning ved bruk av BIPV. Konseptene Bekkekoa og Skytterhuset har høye investeringskostnader som følge av behov for områdetilpasninger. Konseptet bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir er det eneste med positiv nettonåverdi. Tabell 6.2 oppsummerer konseptenes økonomiske faktorer.

	Bekkekoa - Bakkemonterte solceller	Skytterhuset - Bakkemonterte solceller	Terningmoen leir - Bygningsmonterte solceller
Investeringskostnad (NOK)	26 858 000	40 892 000	18 496 000
Estimert nettonåverdi (NOK)	-751 000	-13 889 000	7 985 000
Merknad	Høy investeringskostnad grunnet behov for infrastruktur.	Høy investeringskostnad grunnet tilpassing til områdenes primærfunksjon.	Lav investeringskostnad grunnet unngåtte kostnader til taktekke og kledning ved BIPV.

Tabell 6.2 - Oppsummering av konseptenes økonomiske faktorer. Avrundet til nærmeste 1 000. Kilde: Egenprodusert.

Studien viser at de økonomiske faktorene i stor grad påvirkes av kontekstuelle forhold og at det er stor usikkerhet knyttet til de økonomiske inndataene. Følsomhetsanalyse av nettonåverdien viser at konseptene er mest følsomme for endring i diskonteringsrenta. Diskonteringsrenta er uavhengig av konseptuell løsning for solkraftproduksjon i Forsvarets leire. I tillegg gjør kombinasjonen av solcelleanleggets levetid og svingninger i økonomiske inndata, for eksempel strømpris, at det er stor usikkerhet knyttet til konseptenes lønnsomhet.

6.5 Bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire

Vurderingene av konseptenes påvirkning på miljømessige, sosiale og økonomiske faktorer, viser at konseptet bygningsmonterte solceller på Terningmoen leir er den beste konseptuelle løsningen for en bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire.

Det er flere faktorer som ikke direkte kan knyttes til dimensjonene miljø, samfunn og økonomi som også påvirker en bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire. Sett i lys av forsyningsikkerhet kan konseptet bygningsmonterte solceller også ansees som bærekraftig. Grunnen til dette er at konseptet skaper en grad av redundans ved å spre anlegget på flere bygg, fremfor å ha hele anlegget samlet på et område. Videre er det lettere å kontrollere bygningsmonterte solceller, fordi byggene er i et inngjerdet område som er kontrollert av Forsvaret.

Likevel er eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon et umodent fagfelt. Manglende kunnskap og erfaring kan derfor medføre usikkerhet og utvikling av suboptimale løsninger. Litteraturen sier at arealeffektive løsninger anses som bærekraftige, fordi det reduserer byggekostnaden og miljø- og klimaavtrykket. Derimot viser studien at arealeffektivitet er en lite nyansert parameter for bærekraft, fordi tilpasninger som ikke endrer konseptenes areal ekskluderes. I tillegg tar ikke arealeffektiviteten høyde for de kvalitative vurderingene

i lys av miljømessige og sosiale faktorer. Arealeffektivitet kan derfor sies å være for lite nyansert, til å benyttes i vurderingen av bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon.

Til slutt viser case-studien at en bærekraftig eiendomsutvikling ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire bør prioritere de ikke-prissatte konsekvensene fremfor de prissatte konsekvensene og klimagassutslipp. Grunnen til dette er at prissatte konsekvenser og klimagassutslipp i stor grad styres av kontekstuelle faktorer som er uavhengige av konseptuell løsning for solkraftproduksjon. I tillegg er det stor usikkerhet knyttet til inndataene for beregning av prissatte konsekvenser og klimagassutslipp.

7. Refleksjoner for videre forskning

Kapittelet presenter refleksjoner for videre forskning som har blitt identifisert gjennom arbeidet med studien.

Forsvarets behov for egenprodusert elektrisitet vil trolig påvirke solkraftproduksjonen i Forsvarets leire. Leirene har trolig varierende behov for selvforsyning, lagring og bruk. Overordnet vil lagring av elektrisitet kunne øke selvforsyningsgraden i Forsvarets leire. Videre vil et lokalt lager av elektrisitet kunne øke forsyningssikkerheten. Et lokalt lager av elektrisitet kan fungere som en reserveløsning dersom forsyningen fra kommunalt strømnnett eller solkraftanlegget kuttes. Vedrørende bruk av elektrisitet kan elektrifisering av kjøretøyparken og annet materiell, endre behovet for forsyning og lagring av elektrisitet. Summen av behovet for lagring og bruk av elektrisitet kan også påvirke løsningene for produksjon av elektrisitet.

Grad av selvforsyning gjennom solkraftproduksjon vil trolig være en verdi for Forsvaret i beredskapssammenheng. Hvilken betydning selvforsyning av elektrisitet har for Forsvaret påvirker hvordan lokale solkraftanlegg skal sikres. Forsvarets krav til sikring av lokale solkraftanlegg kan dermed påvirke løsningene for solkraftproduksjon.

I dybdeintervjuet om konseptenes påvirkning på sosiale faktorer nevnte Forsvaret at det kan være mulig å utnytte skytebaner til solkraftproduksjon. Skytebaner ble ikke vurdert i denne studien fordi det er risiko for at solcellene blir skutt i stykker. Likevel er det flere skytebaner med store åpne arealer, som er gunstige for solkraftproduksjon, i Forsvarets leire. Dersom det er mulig å kombinere solkraftproduksjon med skytebaner, vurderes det som et stort potensial for eiendomsutviklingen ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire.

Denne studien tar ikke for seg juridiske forhold tilknyttet solkraftproduksjon. Forsvaret er prinsipielt ikke en energiprodusent. Dersom solkraftproduksjonen har til formål å dekke energibehovet for hele leire vil produksjonsmengden bli betydelig. Ulike anskaffelsesmodeller vil også kunne påvirke implementering av solkraftproduksjon. Forsvarets juridiske handlingsrom kan derfor påvirke eiendomsutviklingen ved solkraftproduksjon.

Forsvaret spurte i dybdeintervjuet om konseptenes påvirkning på sosiale faktorer, om det kommunalt ønskes en samlokalisert eller fragmentert solkraftproduksjon. Med samlokalisering menes at kommunen etablerer færre større områder for utvikling av solkraftproduksjon, slik som en i dag har industriområder. Motsatt vil fragmentert solkraftproduksjon kunne gi flere små anlegg, ved å muliggjøre etablering av solceller på hver enkelt eiendom. Kommunens strategi for utvikling av solkraftproduksjon vil trolig ha flere fordeler og ulemper, samt påvirke eiendomsutviklingen ved solkraftproduksjon i Forsvarets leire.

8.Referanser

Anda, S. og Bjelland, A. S. H. (2013) *Fra passivhus til plusshus : tverrfaglig planlegging av energieffektive boliger*. Bergen: Fagbokforlaget.

Arge, K. og de Paoli, D. (2000) *Kontorutforming som strategisk virkemiddel*. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

Arge, K. og Landstad, K. (2002) *Generalitet, fleksibilitet og elastisitet i bygninger : prinsipper og egenskaper som gir tilpasningsdyktige kontorbygninger*. Norges byggforskningsinstitutt.

Artsdatabanken (2023) *Artskart*. Tilgjengelig fra: [https://artskart.artsdatabanken.no/app/#map/312385,6751707/11/background/greyMap/filter/%7B%22IncludeSubTaxonIds%22%3Atrue%2C%22Found%22%3A%5B2%5D%2C%22NotRecovered%22%3A%5B2%5D%2C%22BoundingBox%22%3A%22POLYGON%20\(\(307286.2391529086%206749273.898329893%2C317483.5516529086%206749273.898329893%2C317483.5516529086%206754139.835829893%2C307286.2391529086%206754139.835829893%2C307286.2391529086%206749273.898329893\)\)%22%2C%22Style%22%3A1%7D](https://artskart.artsdatabanken.no/app/#map/312385,6751707/11/background/greyMap/filter/%7B%22IncludeSubTaxonIds%22%3Atrue%2C%22Found%22%3A%5B2%5D%2C%22NotRecovered%22%3A%5B2%5D%2C%22BoundingBox%22%3A%22POLYGON%20((307286.2391529086%206749273.898329893%2C317483.5516529086%206749273.898329893%2C317483.5516529086%206754139.835829893%2C307286.2391529086%206754139.835829893%2C307286.2391529086%206749273.898329893))%22%2C%22Style%22%3A1%7D).

Berg, H. og Prebensen, F. W. (2023) *Levetidsperspektivet i store offentlige investeringer – en forstudie* Trondheim: Concept. Tilgjengelig fra: https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262021752/2023-02-22+Forstudie_Levetidsperspektivet_final.pdf/733832a0-65a5-5321-b023-85e38c84dd2a?t=1678190456528.

Birkelund, H. et al. (2021) *LANGSIKTIG KRAFTMARKEDSANALYSE 2021 – 2040 FORSTERKET KLIMAPOLITIKK PÅVIRKER KRAFTPRISENE*. (29/2021): Norges vassdrags- og energidirektorat. Tilgjengelig fra: https://publikasjoner.nve.no/rapport/2021/rapport2021_29.pdf.

Blaydes, H. et al. (2022) Solar park management and design to boost bumble bee populations, *Environ. Res. Lett*, 17(4), s. 44002. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac5840>

Bratseth, K. et al. (2021) *FUTUREBUILT KRITERIER SOSIAL BÆREKRAFT*.

Breuste, J. et al. (2020) *Making Green Cities: Concepts, Challenges and Practice*. Cham: Cham: Springer International Publishing AG.

Bunkholt, N. S. et al. (2021) *Bruk av bygningsintegreerte solceller (BIPV) i Norge*. (102023807-5). Oslo: SINTEF Tilgjengelig fra: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2825950/Bruk%20Bav%20Bbygningintegreerte%20solceller%20Bi%20Norge.pdf>.

Bygg21 (2018) *10 kvalitetsprinsipper for bærekraftige bygg og områder*. Oslo: Bygg21. Tilgjengelig fra: https://bygg21.no/wp-content/uploads/2021/03/33019_delrapport-3a_digitalt.compressed.pdf.

Creswell, J. W. (2022) *A Concise Introduction to Mixed Methods Research*. SAGE.

Det Kongelige Finansdepartement (2019) *Rundskriv R Statens prosjektmodell - Krav til utredning, planlegging og kvalitetssikring av store investeringsprosjekter i staten*. Oslo: Det Kongelige Finansdepartement. Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/globalassets/upload/fin/vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r_108_2019.pdf.

Det Kongelige Forsvarsdepartement (2014) *Mål og oppgaver i forsvarssektoren*. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/tema/forsvar/innsikt/mal-og-oppgaver-i-forsvarssektoren/id2009096/> (Hentet: 04.11 2014).

Det Kongelige Forsvarsdepartement (2019) *Retningslinjer for Investeringer i forsvarssektoren*. Det Kongelige Forsvarsdepartement.

Det Kongelige Forsvarsdepartement (2020) *Prop. 14 S (2020 –2021) Evne til forsvar – vilje til beredskap Langtidsplan for forsvarssektoren*. Oslo: Det Kongelige Forsvarsdepartement. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/81506a8900cc4f16bf805b936e3bb041/no/pdfs/prp202020210014000dddpdfs.pdf>.

Det Kongelige Forsvarsdepartement (2022a) *Retningslinjer for tjenestefeltet eiendom, bygg og anlegg*. Internt dokument for sektoren: Det Kongelige Forsvarsdepartement.

Det Kongelige Forsvarsdepartement (2022b) *Forsvarssektorens klima- og miljøstrategi*. Internt dokument for sektoren: Det Kongelige Forsvarsdepartement.

Det Kongelige Forsvarsdepartement (2022c) *Prop. 1 S (2022 –2023) Utgiftskapitler: 1700–1791 Inntektskapitler: 4700–4799* Det Kongelige Forsvarsdepartement. Tilgjengelig fra: https://www.regjeringen.no/contentassets/826a4b6b30de43589d6e680c985611d3/no/pdfs/prp202220230001_fdddpdfs.pdf.

Direktoratet for byggkvalitet (2022) *Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning*. Tilgjengelig fra: <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>.

Elektroingeniør Forsvarsbygg (2023) *Energibehov og -forbruk på Terningmoen, i Haakonsen, M. F. (red.)*. Elverum: Mikkel Follestad Haakonsen.

FutureBuilt (2023) *Om oss*. Tilgjengelig fra: <https://www.futurebuilt.no/Om-oss>.

Førde, E. et al. (2022) *Måna solkraftverk Konsekvensutredning*. Sandvika. Tilgjengelig fra: <https://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/866b53e7-ba05-4499-a00a-e60a72527725/202224054/3430777>.

Gudbrandsdal Energi Fornybar AS (2022) *Konsesjonssøknad - Kile solkraftverk*. Tilgjengelig fra: <https://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/0985952c-a639-40d5-b965-a0702c2a82fc/202219104/3430485>.

Helgestad, M. R. et al. (2023) *BIRKELAND SOLPARK AS KONSEKVENSTREDNING*. Oslo. Tilgjengelig fra: <https://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/806a49b5-d103-473c-add7-6b86f4525ce7/202219130/3431106>.

Hoff, K. G. og Helbæk, M. (2021) *Bedriftens økonomi*. 9. utgave. Oslo: Universitetsforlaget.

Haakonsen, M. F. (2022) *Alternativanalyse av bakkemontert solcelleanlegg og bygningsmonterte solceller i Forsvarets leire - Rapport i AAR4874 Teori og metoder for masteroppgaver*. Trondheim: Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet.

Kaplani, E. og Kaplanis, S. (2014) Thermal modelling and experimental assessment of the dependence of PV module temperature on wind velocity and direction, module orientation and inclination, *Solar energy*, 107, s. 443-460. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.05.037>

Klima- og miljødepartementet (2021) *Lov om kulturminner (kulturminneloven)*. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1978-06-09-50>.

Klima- og miljødepartementet og Kommunal- og distriktsdepartementet (2021) *Forskrift om konsekvensutredninger*. Klima- og miljødepartementet, Kommunal- og distriktsdepartementet. Tilgjengelig fra: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-21-854>.

Kommunal- og distriktsdepartementet (2022) *Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven)*. Tilgjengelig fra: https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71/KAPITTEL_2#KAPITTEL_2.

Korneliussen, F. H. og Allkunne (2022) *Albedo*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/albedo>.

Leikvam, G. og Olsson, N. (2022) *Eiendomsutvikling*. 2. utgave. Bergen: Fagbokforlaget.

McGuinn, J. et al. (2020) *Social Sustainability: Concepts and Benchmarks*. Luxembourg: European Union. Tilgjengelig fra: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/648782/IPOL_STU\(2020\)648782_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/648782/IPOL_STU(2020)648782_EN.pdf).

Miljødirektoratet (2021) *Veileder M-1941 Konsekvensutredninger for klima og miljø*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/arealplanlegging/konsekvensutredninger/>.

Miljødirektoratet (2022) *Opptak og utslipp fra skog og arealbruk i Norge*. Tilgjengelig fra: <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/klima/norske-utslipp-av-klimagasser/utslipp-og-opptak-fra-skog-og-arealbruk/>.

Miljødirektoratet (2023) *Utslipp og opptak fra skog og arealbruk: For kommuner*. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/tjenester/klimagassutslipp-arealbruk-kommuner/?area=581§or=44>.

Nibio (2022) *Nibio Gårdskart*. Tilgjengelig fra: <https://gardskart.nibio.no/landbrukseiendom/3420/13/13/0?gardskartlayer=none>.

Norges Høyesterett (2021) *Vedtak om konsesjon til vindkraftutbygging på Fosen kjent ugyldig fordi utbyggingen krenker reindriftssamenes rett til kulturutøvelse*. Tilgjengelig fra: <https://www.domstol.no/no/hoyesterett/avgjorelser/2021/hoyesterett-sivil/hr-2021-1975-s/> (Hentet: 11.10 2021).

Norges vassdrags- og energidirektorat (2022) *Nettleie*. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/kunde/nett/nettleie/>.

Norsk Elektroteknisk Komite (2022) *Norsk elektroteknisk standard Elektriske lavspenningsinstallasjoner*. Norsk Elektroteknisk Komite.

OECD (2008) *Sustainable Development: Linking Economy, Society, environment Summary in Norwegian*. Paris: OECD. Tilgjengelig fra: <https://www.oecd.org/insights/41774340.pdf>.

Office of Energy Efficiency & Renewable Energy (2022) *Solar Integration: Inverters and Grid Services Basics*. Tilgjengelig fra: <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-integration-inverters-and-grid-services-basics>.

Olsson, N. (2009) *Fleksibilitet i prosjekter – et tveegget sverd*. (Concept temahefte). Trondheim: Concept. Tilgjengelig fra: https://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010610/th_2009_nils_olsson.pdf/7555d6fc-7a7f-46a9-bed0-56e08416b093.

Olsson, N. (2011) *Praktisk rapportskrivning*. Trondheim: Tapir akademisk.

Opp, S. M. (2017) The forgotten pillar: a definition for the measurement of social sustainability in American cities, *Local environment*, 22(3), s. 286-305. <https://doi.org/10.1080/13549839.2016.1195800>

Reenaas, T. W., Marstein, E. S. og Foss, S. E. (2010) Solceller, *Naturen*, 133(6), s. 280-290. <https://doi.org/10.18261/ISSN1504-3118-2009-06-02>

Riksantikvaren (2022) *Kulturminnesøk*. Tilgjengelig fra: <https://www.kulturminnesok.no/kart/?q=&am-county=&lokenk=location&am-lok=&am-lokdating=&am-lokconservation=&am-enk=&am-enkdating=&am-enkconservation=&bm-county=&cp=1&bounds=60.883933466976245,11.449069969821721,60.84130622604007,11.613864891696721&zoom=13>.

Røberg, V. H. (2023) *Revisjon av bygningsenergidirektivet – kompromiss i Europaparlamentet*. Tilgjengelig fra: <https://www.stortinget.no/no/Hva-skjer-pa-Stortinget/EU-EOS-informasjon/EU-EOS-nytt/2023/eueos-nytt---9.-februar-2023/revisjon-av-bygningsenergidirektivet--kompromiss-i-europaparlamentet/> (Hentet: 09.02 2023).

Samset, K. (2015) *Prosjekt i tidligfasen: Valg av konsept*. 2. utgave. Bergen: Fagbokforlaget.

Sandstad, J. og Grøn, Ø. (2021) *Vekselstrøm*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/vekselstr%C3%B8m>.

SINTEF (2022) *Det er også byggetekniske krav til solcelleanlegg*. Tilgjengelig fra: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2022/det-er-ogs%C3%A5-byggetekniske-krav-til-solcelleanlegg/> (Hentet: 01.12 2022).

Statens vegvesen (2014) *Byen og varetransporten*. Statens vegvesen. Tilgjengelig fra: <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-v126.pdf>.

Statistisk sentralbyrå (2023) *Elektrisitetspriser*. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/energi/statistikk/elektrisitetspriser>.

Statnett (2022) *Kortsiktig Markedsanalyse 2022-27*. Statnett. Tilgjengelig fra: <https://www.statnett.no/om-statnett/nyheter-og-pressemedinger/nyhetsarkiv-2022/kortsiktig-markedsanalyse-okende-forbruk-gir-kraftunderskudd-fra-2027/>.

Svarva, B. F. *et al.* (2021) *Annual Report 2021*. Norwegian University of Science and Technology (NTNU), SINTEF Community. Tilgjengelig fra: <https://fmezen.no/wp-content/uploads/2022/09/FME-ZEN-Annual-Report-2021.pdf>.

Søgaard, G. og Bjørkelo, K. (2018) *Klimagassregnskap for arealbrukssektoren i Oslo: aktuelle arealbruksoverganger, klimagassutslipp og tiltak*. (Nibio rapport): Nibio. Tilgjengelig fra: https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmloi/bitstream/handle/11250/2576380/NIBIO_RAPPORT_2018_4_155.pdf?sequence=5&isAllowed=y.

Sørgard, L. *et al.* (2023) *Mer av alt – raskere Energikommisjonens rapport*. Oslo: Olje- og energidepartementet. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/5f15fcec3143d1bf9cade7da6afe6e/no/pdfs/nou202320230003000dddpdfs.pdf>.

Terningen Arena (2022) *Våre leietakere / Samarbeidspartnere*. Tilgjengelig fra: <http://www.terningenarena.no/leietakere/>.

Thorud, B. *et al.* (2020a) *Mulighetsstudie for sikker og fornybar energiproduksjon og -lagring*. Internt dokument for sektoren.

Thorud, B. *et al.* (2020b) *Solstrømvelgern*. Internt dokument for sektoren.

Tjernshaugen, A. (2022) *Bærekraft*. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/b%C3%A6rekraft>.

Tjora, A. H. (2021) *Kvalitative forskningsmetoder i praksis*. 4. utgave. Oslo: Gyldendal.

Urban Europe *Positive Energy Districts (PED)*. Tilgjengelig fra: <https://jpi-urbaneurope.eu/ped/>.

Varsom SeNorge (2022) *Snødybde 1991-2020*. Tilgjengelig fra: <https://www.senorge.no/map>.

Vervloesem, J. *et al.* (2022) *Effects of Photovoltaic Solar Farms on Microclimate and Vegetation Diversity, Sustainability (Basel, Switzerland)*, 14(12), s. 7493. <https://doi.org/10.3390/su14127493>

Yin, R. K. (2018) *Case study research and applications : design and methods*. Sixth edition. Los Angeles, California: SAGE.

9.Vedlegg

Følgende dokumenter er vedlagt:

Vedlegg	Tittel
A	Bebyggelsesplan for Terningmoen
B	Forskningsspørsmål 1 - Beregning av fremtidig endring i forbruk og behov for elektrisitet
C	Forskningsspørsmål 2 - Referat fra dybdeintervju - Konseptenes påvirkning på miljømessige faktorer
D	Forskningsspørsmål 2 - Beregning av klimagassutslipp
E	Forskningsspørsmål 3 - Referat fra dybdeintervju - Konseptenes påvirkning på sosiale faktorer
F	Forskningsspørsmål 4 - Økonomiske inndata for simuleringer i PVsyst
G	Følsomhetsanalyse - Besparelse i klimagassutslipp
H	Følsomhetsanalyse - Nettonåverdi
I	Simulering PVsyst - Bekkekoia
J	Simulering PVsyst - Parkering adkomst Terningmoen
K	Simulering PVsyst - Skytterhuset
L	Simulering PVsyst - Terningmoen leir - Eksisterende bygg
M	Simulering PVsyst - Terningmoen leir - Nybygg - Flate tak
N	Simulering PVsyst - Terningmoen leir - Nybygg - Saltak sør
O	Simulering PVsyst - Terningmoen leir - Nybygg - Saltak øst-vest

