

Rapport

Klimagassvurderinger for Solenergiklyngen

OPDRAGSGIVER

Solenergiklyngen

EMNE

Klimagassberegninger for bakkemontert solkraft

DATO / REVISJON: 05.11.24 / 01

DOKUMENTKODE: 10259809-01-RIM-RAP-001_REV01



Multiconsult



Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt i den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult med mindre annet følger av norsk lov. Multiconsult påtar seg intet ansvar for bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn det som er godkjent skriftlig av Multiconsult. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter med mindre annet følger av norsk lov.



Rapport

OPPDRAAG	Klimagassvurderinger for Solenergiklyngen	DOKUMENTKODE	10259809-01-RIM-RAP-001_REV01
EMNE	Klimagassberegninger for bakkemontert solkraft	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Solenergiklyngen	OPPDRAAGSLEDER	Julie Sandnes Galaaen
KONTAKTPERSON	Janne Distad	UTARBEIDET AV	Julie Sandnes Galaaen, Kaja Stamer Ekerholt, Kevin Sanouiller
		ANSVARLIG ENHET	10101035 Miljøledelse anlegg

SAMMENDRAG

Multiconsult har på oppdrag for Solenergiklyngen kartlagt dagens regelverk, metoder og praksis for klimagassutredning av bakkemontert solkraft, foreslått veiledning til og forbedring av metodene, og samlet inn innspill fra bransjeaktører, for å kartlegge utfordringer i dagens praksis samt identifisere muligheter for forbedring.

NVEs «Krav til konsesjonssøknader for solkraftverk» og Miljødirektoratets veileder for konsekvensutredning av klima og miljø (M-1941) definerer dagens krav til klimagassutredning av bakkemontert solkraft. Bakkemontert solkraft fører til klimagassutslipp fra arealbruksendringer og fra materialer og energi ved produksjon, transport, utbygging, vedlikehold og avhending av solcellekomponenter med infrastruktur som teknisk anlegg, nettilknytning og anleggsveier. Samtidig kan det gi betydelig klimanytte i et energisystemperspektiv. Livsløpsanalyse kan benyttes til å beregne dette. M-1941 viser til ulike etablerte metoder for klimagassberegninger, og definerer en egen metode for klimagassberegning av arealbruksendringer.

Det er utført en gjennomgang av konsekvensutredninger av bakkemontert solkraft, miljødeklarasjoner for solkraftkomponenter og elektrisitet fra solkraft, vitenskapelige artikler og andre rapporter for å undersøke dagens praksis og metoder for klimagassberegning av bakkemontert solkraft. Det ble i tillegg avholdt en workshop med relevante bransjeaktører 12.09 om temaet.

Basert på litteraturgjennomgangen er det generelt materialproduksjon og arealbruksendringer som er de to største bidragsyterne til klimagassutslipp fra bakkemontert solkraft. Det er funnet at klimagassutredninger av bakkemontert solkraft i Norge har en del metodemessige fellestrekk, men at det er noen forskjeller på tvers av utredninger, spesielt mht. arealbruksendringer, klimanytte og systemgrenser. I tillegg er dagens metode for beregning av klimagassutslipp fra arealbruksendringer grov som fører til overestimerte utslipp fra bakkemontert solkraft.

Det foreslås følgende veiledning eller metodeforbedring basert på arbeidet:

- Arealbruksendringer bør skille mellom karbonlagre over og under bakken.
- Datagrunnlaget for arealbruksendringer bør verifiseres i felt med kartlegging og jordprøver.
- Det bør defineres universell metode for klimanytte eller utslippsfaktorer for erstattet energi.
- Utslippsfaktor for produksjon av solceller settes lik gjennomsnitt av gyldige EPD-er hos EPD-Norge.
- Systemgrenser skal inkludere alt som forårsakes av prosjektet.
- VegLCA skal benyttes for veier og drivstoff.

Det er behov for å forbedre kunnskapsgrunnlaget og få implementert ytterligere veiledning og metode i kravene og rammeverkene for konsekvensutredninger. Rapporten skal gjennom en høringsrunde der ytterligere innspill fra bransjen samles inn, og det bør planlegges for videre arbeid med å tette kunnskapsgap. Rapporten er ikke uttømmende for alle metodeaspekter ved klimagassutredning av bakkemontert solkraft som kan være usikre.

01	05.11.24	Rapport etter høringsrunde	JUSG, KAJSE, KEVS	ELMB, KJEF	JUSG
00	01.10.24	Rapport til høringsrunde	JUSG, KAJSE, KEVS	ELMB, KJEF	JUSG
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHALDSFORTEGNELSE

1	Innledning.....	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Formål og målsetning	5
1.3	Parallelle studier	5
1.4	Terminologi	5
2	Dagens regelverk.....	7
3	Dagens beregningsmetoder	8
3.1	Metoder for materialer og energi	8
3.2	Metoder for arealbruksendringer	9
4	Litteraturgjennomgang	11
4.1	Generelt.....	11
4.2	Systemgrenser og analyseperiode	11
4.3	Materialer og energi.....	12
4.3.1	Klimanytte i et europeisk perspektiv	14
4.3.2	Klimanytte med framtidens energisystem	14
4.3.3	Energikilders karakteristikk	15
4.4	Arealbruksendringer.....	17
4.4.1	Avgrensning.....	17
4.4.2	Kategorisering av arealbruk.....	18
4.4.3	Beregningsperiode og opptak.....	18
4.4.4	Grunnlagsdata.....	19
5	Hvordan kan dagens beregningsmetode forbedres?.....	20
5.1	Systemgrenser og analyseperiode	20
5.2	Materialer og energi.....	20
5.3	Arealbruksendringer.....	21
5.3.1	Avgrensning og kategorisering av arealbruk	21
5.3.2	Beregningsperiode og anslag for opptak	22
5.3.3	Valg av grunnlagsdata	23
5.3.4	Diskusjonspunkter fra workshop.....	23
6	Oppsummering	25
7	Referanser	26
8	Vedlegg	29
8.1	Sammenligning av konsesjonssøknader/konsekvensutredninger	29
8.2	Workshop - rammer	32
8.3	Høringsrunde	33
8.4	Workshop – presentasjon	33

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Det er i dag noe ulike praksis for klimagassutredning av bakkemontert solkraft i Norge. Selv om vi har veiledere for hvordan dette skal utføres er det handlingsrom i metoden som gjør at ulike valg kan tas av hver enkelt utreder. Resultatene vil følgelig avhenge av dette. Det er et ønske hos Solenergi at utredninger gjøres på en mest mulig konsekvent måte på tvers av prosjekter, for å bidra til mer representative vurderinger i forbindelse med utbygging av bakkemontert solkraft i Norge. For å få til dette må det vurderes om det er behov for metodeendringer eller ytterligere veiledning til dagens metode, og dette må gjøres i samarbeid med relevante aktører i bransjen for å sikre forankring og kvalitet.

1.2 Formål og målsetning

Multiconsult har på oppdrag for Solenergi kartlagt dagens regelverk, metoder og praksis for klimagassutredning av bakkemontert solkraft, foreslått veiledning til og forbedring av metodene, og samlet inn innspill fra bransjeaktører, for å kartlegge utfordringer i dagens praksis samt identifisere muligheter for forbedring. Målet med oppdraget er å sammenstille beste praksis for klimagassutredninger av bakkemontert solkraft basert på konsensus i bransjen, og dette er oppsummert i denne rapporten.

1.3 Parallele studier

Bakkemontert solkraft er nytt i Norge og fagfeltet er under utvikling. I den forbindelse er det igangsatt flere arbeider som skal øke kunnskapsgrunnlaget. Blant annet er EnviSol et forskningsprosjekt ledet av forskere fra IFE, NINA og NIBIO og skal vare fra 2024 til 2027 [1]. Forskningsprosjektet skal undersøke hvordan bakkemontert solkraftanlegg påvirker arealet og naturen de er bygd på, og foreslå tiltak og løsninger for hvordan negative virkninger på natur og biologisk mangfold kan forebygges og avgrenses. Arbeidet Multiconsult utfører for Solenergi skal samkjøres med arbeidet i EnviSol.

1.4 Terminologi

Forkortelser og begreper benyttet i rapporten er presentert i Tabell 1-1.

Tabell 1-1: Forkortelser og begreper benyttet i rapporten.

Forkortelse/begrep	Forklaring
AFOLU	Arealbrukssektoren (Agriculture, Forestry and Other Land Use)
CO ₂ -ekvivalent	Måleenhet for klimagassutslipp
D&V	Drift og vedlikehold
EPD	Miljødeklarasjon (Environmental Product Declaration)
IPCC	FNs klimapanel (Intergovernmental Panel on Climate Change)
LCA	Livsløpsanalyse (Life Cycle Assessment)
M-1941	Miljødirektoratets veileder for konsekvensutredning av klima og miljø [2]
NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat

2 Dagens regelverk

Solkraftverk er konsesjonspliktige etter energiloven dersom utbygger eller det lokale nettselskapet må etablere høyspenningsanlegg for å få kraften ut på nettet [3], og omfattes av kravene til konsekvensutredning jf. Konsekvensutredningsforskriften § 7. Alle konsekvenser tiltaket har for miljø og samfunn skal derfor utredes [3]. Iht. Norges vassdrags- og energidirektorats (NVEs) «Krav til konsesjonssøknader for solkraftverk», heretter omtalt som «NVEs veileder», [4] skal tiltakshaver:

- «Gi et generelt anslag over klimanytten i et energisystem-perspektiv
- Beregne forventede utslipp fra arealbruken/bearbeiding av karbonholdige masser, herunder drenering av myrer
- Beskrive tiltak som kan redusere eventuelle negative virkninger i anleggs- og/eller driftsfasen, herunder potensialet for bruk av nullutslippsteknologi i transport og anleggsgjennomføring»

Utredningen skal gjennomføres med anerkjent metodikk etter gjeldende KU-veileder fra Miljødirektoratet og Riksantikvaren [4].

Iht. Miljødirektoratets veileder for konsekvensutredning av klima og miljø (M-1941) skal det beregnes klimagassutslipp fra den planlagte virksomheten. Minimumskravet for omfang av dette i M-1941 er å beregne direkte klimagassutslipp i influensområdet, hvilket eksempelvis kan være utslipp fra arealbeslag eller forbrenning av drivstoff i en anleggsmaskin. Det oppfordres til å regne på alle vesentlige utslipp, også indirekte utslipp fra eksempelvis produksjon og transport av solceller, men det er ikke et krav [2]. Det vises til bruk av «relevante metoder» for klimagassberegningene generelt, og spesifikke metoder for klimagassberegning fra arealbruksendring, som videre beskrevet i neste kapittel. M-1941 ble oppdatert i 2023 med betydelige endringer i veiledning og metode.

I NVEs digitale veileder for konsesjonssøknad vannkraftanlegg [5] er det spesifisert at det skal tas utgangspunkt i utslippsfaktorer for den norske og europeiske strømmiksen ved beregning av virkningen den økte energiproduksjonen vil ha for å redusere klimagassutslipp, og det vises til metoden i den norske standarden for klimagassberegninger av bygninger, NS3720 [6], for dette.

I NVEs digitale veileder for konsesjonssøknad nettanlegg [7] er det spesifisert en tilpasning av metoden for arealbruksendring i M-1941 for arealer i skog. I tilfeller der biomasse fjernes, men det ikke graves eller fjernes jord, skal arealspesifikk standard utslippsfaktor som er oppgitt multipliseres med 0,5.

3 Dagens beregningsmetoder

3.1 Metoder for materialer og energi

Bakkemontert solkraft fører til klimagassutslipp fra materialer og energi ved produksjon, transport, utbygging, vedlikehold og avhending av solcellekomponenter med infrastruktur som teknisk anlegg, nettilknytning og anleggsveier. M-1941 stiller ikke krav til bruk av spesifikke metoder for beregning av klimagassutslipp fra materialer og energi, men den tar utgangspunkt i livsløpsanalyse (LCA).

LCA er en metode for å vurdere miljøpåvirkningen til et produkt, prosjekt eller en aktivitet gjennom hele livsløpet, hvilket for et bakkemontert solkraftverk vil si fra utbygging til avvikling av anlegget. Livsløpsfasene fra vugge til grav, altså fra råvareutvinning til slutten av livsløpet, er vist i Figur 3-1.



Figur 3-1: Livsløpsfasene til et prosjekt iht. LCA.

LCA kan benyttes for å utføre en helhetlig klimagassvurdering av bakkemontert solkraft, og undersøke direkte og indirekte virkninger av et prosjekt. Ved utførelse av en LCA og iht. M-1941 skal systemgrensene for analysen, det vil si hva som inkluderes av eksempelvis livsløpsfaser, geografiske områder og komponenter, defineres. M-1941 spesifiserer ikke hvilke livsløpsfaser som skal inkluderes i utredningen, men oppfordrer til at alle vesentlige utslipp, som er definert som utslipp over 2 000 tonn CO₂-ekvivalenter, inkluderes. Det er heller ikke retningslinjer for analyseperiode, altså hvilket tidsrom klimagassberegningen utarbeides for, bortsett fra for arealbeslag, og utreder skal vurdere levetiden og varigheten av virkningene og sette analyseperiode basert på det. NVEs veileder definerer heller ikke hvordan klimanytten skal beregnes.

Språkrådet definerer klimanytte som «konsekvens (av tiltak eller lignende) i form av reduserte klimautslipp» [8]. For et bakkemontert solkraftverk kan dette defineres som klimagassbesparelsen produksjonen av elektrisitet i solkraftverket gir i energisystemet ved å erstatte andre energikilder, sammenlignet med klimagassutslippene fra livsløpet til solkraftverket.

Relevante standarder og rammeverk for klimagassberegning på prosjektnivå utover M-1941 og NVEs veileder er hovedsakelig de internasjonale standardene for livsløpsanalyse, ISO 14044 [9] og ISO 14040 [10], og NS 3720 [6], og standardene den bygger på. Disse definerer hvordan direkte og indirekte klimagassutslipp i de ulike livsløpsfasene kan beregnes.

Det finnes flere verktøy for beregning av klimagassutslipp til prosjekter. De mest benyttede i Norge er VegLCA [11], som eies av Statens vegvesen og er tilpasset veg- og baneprosjekter, og One Click LCA [12], som eies av One Click LCA Ltd og er tilpasset bygningsprosjekter. I tillegg finnes det mer generiske LCA-verktøy som SimaPro [13], og miljødeklarasjoner for produkter (EPDer), som eksempelvis er tilgjengelig hos EPD-Norge [14].

3.2 Metoder for arealbruksendringer

Det finnes flere beregningsmetoder som brukes i Norge: M-1941:2023, M-989:2023, NIBIO [15], Statens vegvesens «Konsekvensanalyser – Håndbok V712:2021» [16], mfl. Se Vindenes (2023) for en gjennomgang [17]. Disse metodene tar alle utgangspunkt i beregningsmetoden som brukes for det nasjonale regnskapet (NIR), utarbeidet av FNs klimapanel (IPCC) for arealbruksendringer i arealbrukssektoren (AFOLU) (IPCC:2006 vol.4 [18], IPCC:2013 [19]). Felles for disse er at en klimagassberegning for arealbruksendringer kvantifiserer to effekter:

1. Hvor mye endres det naturlige opptaket fra biomassen
2. Hvor mye karbon, metan og nitrogen bundet i biomasse frigjøres i atmosfæren

Resultatet presenteres for utslipp (+) og opptak (-) med en felles enhet for alle klimagasser: tonn CO₂-ekvivalenter. I IPCCs metode klassifiseres arealbruk i seks kategorier: skog, dyrkamark, beite, våtmark, utbygd og annen utmark. For hver arealbruksendring beregnes utslipp og opptak de første 20 årene ved å gange areal som endres med en utslippsfaktor for det første året og en utslippsfaktor for de påfølgende årene. Endringer i biomasse deles i fem karbonlagre i tillegg til høydeprodukter: biomasse over bakken, biomasse under bakken, strø, død ved og organisk materiale i jordsmonn. Fremgangsmåten for å modellere biomassendringer mellom disse karbonlagre er videre definert i tre ulike detaljnivåer som varierer fra et grovt nivå (en slags sjablongmetode) med data aggregert på et globalt nivå (tier 1), data aggregert på et nasjonalt nivå (tier 2) og biodynamiske modeller med detaljert data (tier 3). De nasjonale regnskapene benytter stort sett tier 2-metoden.

Tiltakskalkulator fra Miljødirektoratet (jfr. M-989) følger denne fremgangsmåten og tar utgangspunkt i nasjonale klimagassregnskap fra 2010 og 2015 for å estimere opptaks- og utslippsfaktorer for de ulike arealovergangene kommunevis. Der det er tilstrekkelig tallgrunnlag angis disse faktorene for karbon, nitrogen og metan inndelt etter arealbruk, jordtype, treslag og bonitet. Men det skiller ikke mellom karbonlagre. Metoden M-989 etablerer også hvordan tre kartlag (AR5, SSB Arealbruk og N50) sammen med arealformål i kommuneplaner og reguleringsplaner skal brukes for å klassifisere arealbruk på fylkes- og kommunalt nivå. Beregningsperioden er på 20 år.

NIBIOs kalkulator bygger videre på metoden M-989 og inkluderer flere kartlag som SR16 og satellittdata for en mer finmasket kategorisering av arealbruk og karbonlagre.

V712 og M-1941 er begge mer overordnede metoder enn M-989 med færre arealbrukskategorier (skog, myr og jordbruksjord) og noen få utslippsfaktorer. Beregningsperioden er på 75 år for å samsvare med LCA for infrastrukturprosjekter og sikre at hele karbonutslippet som følger med en arealendring (eksempelvis nedbygging av myr) tas med i regnskapet. V712 ser kun på utslipp, men skiller mellom biomasse over bakken og under bakken for skog. I tillegg skiller metoden midlertidig og permanente arealbruksendringer. M-1941 åpner ikke for denne muligheten. Den har derimot faktorer både for opptak (null-alternativ) og utslipp inndelt mellom areal med mineraljord og organisk jord. Disse faktorene gjenspeiler ulike karbonlagre og tar utgangspunkt i det nasjonale klimagassregnskapet fra 2022. Metoden M-1941 krever at inngrep i myr beregnes som en overgang hvor hele myra (ikke bare den delen som er direkte berørt) regnes med som nedbygd, men mindre det sikres juridiske bindende tiltak for å begrense skadene eller at det er åpenbart kun en mindre andel av myra som blir berørt. I



tillegg kreves det dybdemålinger ved inngrep i myr med et 100 meters intervall i tidlig fase og 20 meters intervall som standard. Dette er ment for å kontrollere klimagassregnskapet.

4 Litteraturgjennomgang

Det er utført en gjennomgang av 18 konsesjonssøknader/konsekvensutredninger av bakkemontert solkraft, et utvalg EPDer for solkraftkomponenter og elektrisitet fra solkraft, 10 vitenskapelige artikler, Solenergiklyngens rapport om beste praksis for bakkemonterte solkraftverk [20] og Landbruksdirektoratets rapport om konsekvenser av bakkemonterte solkraftverk [21].

De fleste konsekvensutredningene er utført iht. forrige versjon av M-1941, og gir dermed ikke et helhetlig bilde på dagens utførelse. Generelle funn fra litteraturgjennomgangen samt spesifikke vurderinger for materialer og energi og arealbruksendringer er presentert i de følgende underkapitlene.

4.1 Generelt

Basert på litteraturgjennomgangen er det generelt materialproduksjon og arealbruksendringer som er de to største bidragsyterne til klimagassutslipp fra bakkemontert solkraft.

Det er funnet at klimagassutredninger av bakkemontert solkraft i Norge har en del metodemessige fellestrekk, men at det er noen forskjeller på tvers av utredninger, spesielt mht. arealbruksendringer, klimanytte og systemgrenser. Vedlegg 8.1 presenterer detaljerte funn fra gjennomgangen som vurderingene i dette kapitlet er basert på. Det er ikke fullstendig transparens av metodevalg i utredningene, så vurderingene er basert på tolkning av tilgjengelig informasjon, hvilket kan innebære noe usikkerhet.

4.2 Systemgrenser og analyseperiode

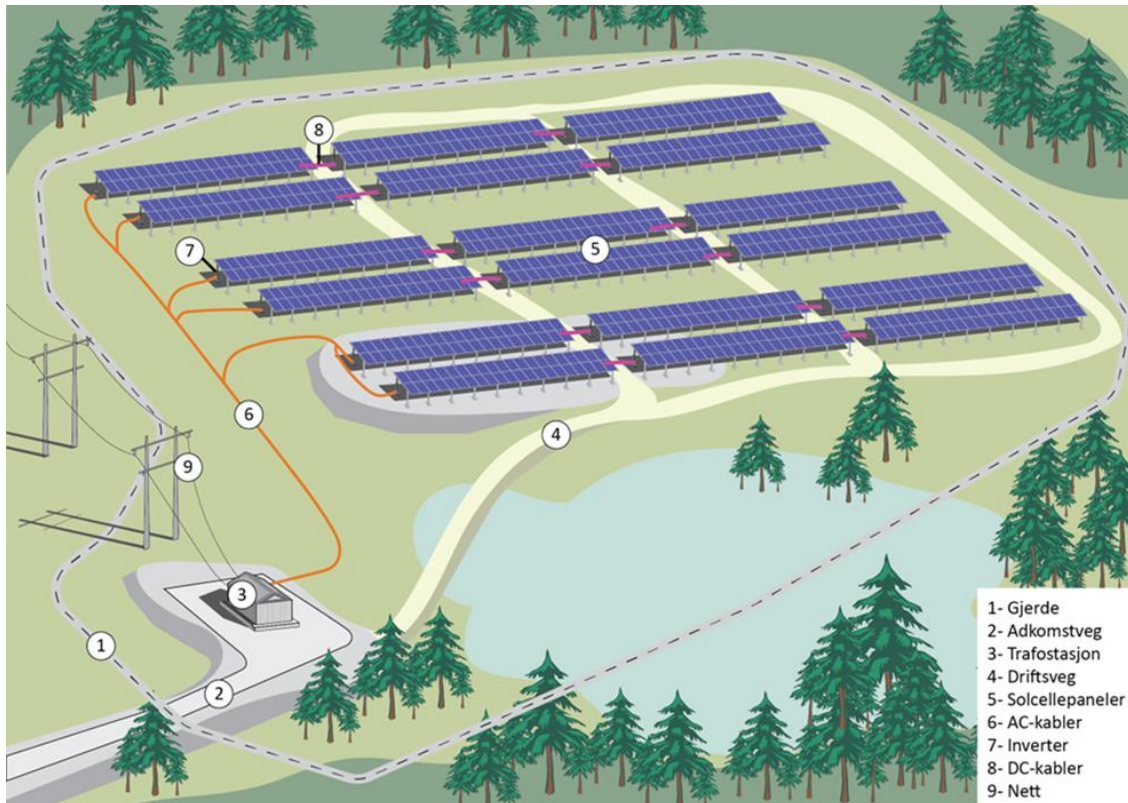
Hovedandelen av utredningene bruker en analyseperiode på 30 år, tilsvarende konsesjonstiden, mens et par av utredningene bruker en analyseperiode på 40 år. Dette gir utslag i resultatene ved at utslipp knyttet til utskiftninger, samt drift og vedlikehold ikke blir inkludert i differanseårene. Det er få av utredningene som har dokumentert levetiden på solcellekomponenter og elektrisk infrastruktur. Ulik levetid vil påvirke resultatene ettersom en livsløpsanalyse fra vugge-til-grav inkluderer utskiftninger etter endt levetid.

En sammenligning av konsekvensutredninger viser at materialproduksjon (A1-A3), materialtransport (A4) og utbygging (A5) er livsløpsfasene som hovedsakelig inkluderes. I tillegg inkluderer alle beregningene klimagassutslipp fra arealbruksendringer. Kun et fåtall av vurderte utredninger inkluderer drift og vedlikehold (D&V), hovedsakelig utskiftninger (B4), og slutten på livsløpet (C1-C4). Ettersom metoder og omfang i disse livsløpsfasene er uvisst ved etablering av solparker, vil antagelsene kunne representere store usikkerheter i resultatene. I tillegg viser EPDer at D&V og slutten på livsløpet generelt bidrar til lavere klimagassutslipp sammenlignet med livsløpsfase A1-A5.

En gjennomgang av EPDer for solcellekomponenter, tilgjengelig på EPD-Norge, viser at materialproduksjon (A1-A3) er livsløpsfasen med størst klimagassutslipp i samtlige EPDer [22] [23] [24] [25] [26] [27]. Materialproduksjon omfatter, som vist i Figur 3-1, råvareutvinning, transport til produksjonslokasjon og selve produksjonen. Etterfulgt av materialproduksjon bidrar materialtransport (A4) og utbygging (A5) til vesentlige klimagassutslipp. D&V og slutten av livsløpet bidrar også til klimagassutslipp, men beregningene er i større grad basert på antagelser og de faktiske utslippene vil avhenge av hvilke metoder som brukes.

I tillegg til solcellekomponenter omfatter en solpark andre komponenter som vil øke klimagassutslippene i alle livsløpsfaser. Dette er montasjestruktur, elektriske installasjoner som transformatorer, kabler, infrastruktur som adkomst- og anleggsveier og tilkobling til eksisterende nett, grøfter og gjerder, som illustrert i Figur 4-1. Noen av konsekvensutredningene som er utført inkluderer kun solceller eller kun solceller, montasjestruktur og fundamentering, mens andre også inkluderer

andre bestanddeler som elektrisk infrastruktur og veier. Resultatene fra utredningene og EPDer viser at solcellepanelene er komponenten som bidrar mest til utslipp fra materialproduksjon.



Figur 4-1: Bestanddeler i et bakkemontert solkraftverk og eksempel på systemgrense for klimagassutredning.

Ifølge produktkategoriregler for generert og distribuert elektrisitet, damp, varmt og kaldt vann og EPD-Norge kan prosesser som ikke bidrar til mer enn 1 % av total miljøpåvirkning utelates [14] [28]. Dette betyr at alle komponenter som bidrar til mer enn 1 % av klimagassutslippene kan inkluderes i utredningen.

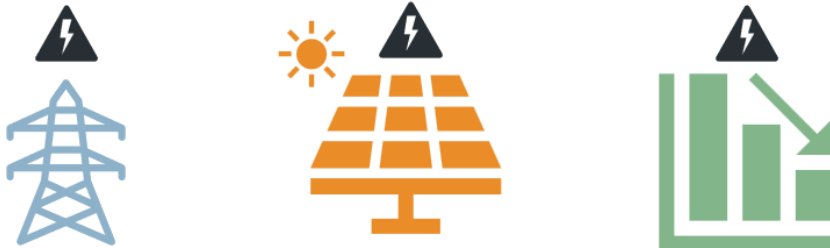
4.3 Materialer og energi

For å beregne klimagassutslipp fra bruk av materialer og energi over livsløpet til et solkraftverk, må mengder av materialer og energi kombineres med utslippsfaktorer. Det stilles ikke krav i M-1941 eller NVEs veileder til hvilke utslippsfaktorer og mengdegrunnlag som skal benyttes.

Mengdegrunnlaget som benyttes i konsekvensutredning av bakkemontert solkraft i Norge er som regel basert på prosjektering og antagelser eller erfaringstall der prosjektering ikke er utført. Utslippsfaktor for solceller, fundament og elektrisk infrastruktur er for de fleste utredninger hentet fra et gjennomsnitt av EPDer på EPD Norge. Andre kilder til utslippsfaktorer for disse bestanddelene samt tilkobling til nett er blant annet SimaPro, One Click LCA og interne verktøy hos utreder. For drivstoffbruk i anleggsmaskiner og transport i byggefasen (A5) har VegLCA med tilhørende beregnings- og utslippsfaktorer blitt benyttet. Flere utredninger inkluderer ikke hvilke utslippsfaktorer som er benyttet og hvor de er hentet fra.

Klimanytte er stort sett beregnet på samme overordnede måte i de ulike utredningene, ved å sammenligne utslippsfaktoren for anlegget som utredes med utslippsfaktor for strøm i nettet, og beregne total effekt basert på anleggets kapasitet. Disse utslippsfaktorene er gitt i mengde klimagassutslipp per mengde energi, eksempelvis g CO₂-ekvivalenter per kWh levert til nettet. Differansen mellom klimagassutslipp i nettet og klimagassutslipp fra solkraftverket, per

energimengde og totalt for estimert elektrisitetsproduksjon over levetiden, tilsvarer besparelsen i klimagassutslipp totalt sett, og dermed klimanytten. Dette er illustrert i Figur 4-2.

$$x \text{ g CO}_2\text{-ekv./kWh} - y \text{ g CO}_2\text{-ekv./kWh} = z \text{ g CO}_2\text{-ekv./kWh}$$


Figur 4-2: Beregning av klimanytte for et bakkemontert solkraftverk.

Både utslippsfaktor for elektrisitet i nettet og utslippsfaktor for elektrisitet levert av solkraftverket inkluderer estimerte utslipp fra livsløpet til henholdsvis de ulike energikildene i energimiksen og solkraftverket. Systemgrensene som er satt for utredningen av solkraftverket og metodiske aspekter ved utredningen vil naturligvis påvirke den estimerte utslippsfaktoren til solkraftverket.

Den eneste norske standarden vi har for klimagassberegninger er NS3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger [6]. Denne stiller krav til at det skal benyttes minst to ulike scenarier for elektrisitetsforsyning: norsk forbruksmiks og europeisk forbruksmiks. Veilederen for klimagassberegninger i infrastrukturprosjekter viser til den samme metoden, og europeisk forbruksmiks som hovedscenarier i driftsfasen [29]. Dette kan også benyttes for driftsfasen til solkraftverk i konsekvensutredninger, og det er stort sett slik dagens utredninger har beregnet klimanytte. Utgangspunktet skal være gjennomsnittet av forbruksmiksen de siste 3 år, og utslippsfaktoren skal beregnes for objektets levetid med en lineær funksjon til nær null utslipp i 2050. Man får da en faktor som representerer gjennomsnittet over denne analyseperioden. Denne er naturlig nok ulik for norsk og europeisk miks. I tillegg er det som inngår i beregningen av denne utslippsfaktoren hvilke energikilder som legges til grunn at definerer elektrisitetsmiksen i de tre årene før utbyggingsåret og i år 2050, hvilken utslippsfaktor som brukes for hver energikilde (som kan hentes fra ulike kilder, blant annet NS3720), og hvilken analyseperiode som benyttes. I det totale tallet for klimanytte (ikke per kWh) påvirker naturligvis antatt energiproduksjon også resultatet.

Det er betydelig variasjon i utslippsfaktor for elektrisitet i nettet mellom utredningene. Dette gir varierte resultater ettersom en høy utslippsfaktor for vil gi langt høyere klimanytte enn en lavere verdi. De fleste utredningene sammenligner kun med europeisk utslippsfaktor, og ikke norsk. I tillegg er det variasjon i den europeiske utslippsfaktoren som er benyttet. Det er ikke transparent hva som er lagt til grunn i utredningene, men det kan antas at variasjonen skyldes ulike analyseperioder (både varighet og utbyggingsår) samt ulike utslippsfaktorer for elektrisitet siste 3 år og i 2050, spesifikt sistnevnte som må baseres på antagelser. Datakilder som oppgis er blant annet One Click LCA, som baseres på data fra International Energy Agency, NS3720 og NVEs klimadeklarasjon for fysisk levert strøm [30]. Alle konsekvensutredningene har estimert betydelig klimanytte for solkraftverkene.

Bruk av generiske utslippsfaktorer for norsk og europeisk strøm til å vurdere klimanytten til et solkraftverk medfører betydelig usikkerhet, og det er mange faktorer som påvirker både hvilken energi som faktisk vil kunne bli erstattet og hvilken energimengde solkraftverket kan levere. Dette er beskrevet i de neste delkapitlene.

4.3.1 Klimanytte i et europeisk perspektiv

Strømmen som brukes i Norge i dag er i stor grad fornybar, selv om vi er koblet sammen med det europeiske kraftsystemet gjennom våre utenlandsforbindelser til Sverige, Danmark, Finland, Nederland, Tyskland, Storbritannia og Russland [31]. Det arbeides også med å koble de europeiske markedene mer sammen i fremtiden [32]. Denne sammenkoblingen skaper en balanse på bakgrunn av ulikheter i produksjonskapasitet og etterspørsel til ulike tidspunkt. Norge importerer strøm når det er lønnsomt, og prisene avhenger av både produksjonen fra ulike energikilder i Norge og produksjonen fra ulike energikilder i landene vi handler med, i tillegg til andre ytre faktorer som CO₂-kvoter [33].

Norge har per 2023 et kraftoverskudd i et normalår, som vil si at det er netto eksport av kraft [34]. 17 av de siste 25 årene har Norge vært nettoeksportør [35]. Ifølge SSB eksporteres hovedandelen av norskprodusert strøm, gitt i kroner, til henholdsvis Storbritannia, Tyskland, Danmark og Sverige [36]. Importert strøm er hovedsakelig fra Sverige etterfulgt av henholdsvis Danmark, Tyskland og Nederland [36]. En stor andel av elektrisitetsmiksen til Tyskland var per 2023 basert på kull og gass [37]. For Storbritannia og Nederland kom en stor andel av elektrisitetsmiksen fra gass [37] [38]. Sveriges og Danmarks elektrisitetsmikser, i likhet med Norge, hovedsakelig basert på fornybare energikilder. En stor andel av elektrisitetsmiksen til Sverige var per 2023 basert på vannkraft og kjernekraft, mens en stor andel av dansk elektrisitetsmikser var basert på vindkraft [39] [40].

4.3.2 Klimanytte med framtidens energisystem

Klimamålet til EU og Norge er å redusere klimagassutslippene med minst 55 % innen 2030, sammenlignet med 1990 [41] [42]. Innen 2050 har Norge som mål å bli et lavutslippssamfunn hvor klimagassutslippene skal være redusert med 90-95 % sammenlignet med 1990-nivå. For å nå klimamålene må en rekke tiltak for klimagassreduksjon implementeres.

I den sjette hovedrapporten til FNs klimapanel tydeliggjøres det at vi må legge om energisystemene våre fullstendig for å nå målene i Parisavtalen, og dette innebærer blant annet elektrifisering med fornybare energikilder [43]. Elektrisitetsandelen av global energibruk må økes fra 20 prosent i 2019 til 48-58 prosent i 2050 [43]. Samtidig som vi må energieffektivisere for å redusere mengdene som brukes, så må vi sikre tilgang på mer fornybar elektrisitet. Dette gjelder også spesifikt for Norge, der elektrifisering er et av klimatiltakene som er planlagt for å nå våre mål.

Norges elektrisitetsforbruksvekst forventes å bli betydelig større enn planlagt økning i fornybar kraftproduksjon [44], og både NVE og Statnett finner i sine kraftmarkedsanalyser at kraftbehovet vil øke mer enn produksjonskapasiteten mot 2030, slik at vi får en situasjon med kraftunderskudd eller i det minste et lavt overskudd [34] [45]. Et energiunderskudd vil innebære mer import av europeisk kraft med tilhørende energikildemiks. Energikommisjonen, som har mandat til å kartlegge energibehov og foreslå økt energiproduksjon for å bidra til at Norge fortsatt skal ha kraftoverskudd i fremtiden [46], påpeker i sin rapport at vi må kombinere tiltak og utnytte alle muligheter for å forsøke å forhindre kraftunderskudd.

Ifølge Miljødirektoratet trenger vi opp mot 43 TWh mer fornybar energi i 2035 for å gjennomføre klimatiltak som elektrifisering og nå klimamålene, sammenlignet med forbruket i 2022 [47]. Flertallet i Energikommisjonen ønsker også et mål om minst 40 TWh økt fornybar kraftproduksjon i 2030, basert på sine prognoser [44]. For å oppnå en økning på 43 TWh mer fornybar energi i 2035, må det i gjennomsnitt bygges ut 3,5 TWh i året [48]. I 2023 ble det bygd ut 850 GWh ny kraftproduksjon, mens det i første halvdel av 2024 ble satt i drift 180 GWh [48], og 4,8 TWh var under bygging eller gitt tillatelse [49]. Utbyggingstakten må derfor økes dersom Norge skal nå målet om en økning på 43 TWh mer fornybar energi innen 2035.

Europa skal også elektrifisere og vil også ha et økt framtidig kraftbehov, samtidig som de har planer om å utvikle fossil kraftproduksjon til fordel for mer sol- og vindkraft [44]. Statnett beskriver i sin langsiktige markedsanalyse at det framtidige europeiske energisystemet hovedsakelig består av sol- og vindkraft, og de antar en økning på omtrent 1 TW sol- og vindkraft i 2035, hvilket forutsetter en tredoblet hastighet på årlig utbygging enn vi hadde de siste fem årene før analysen ble gjort. Gitt analysen til NVE [34] styres eksporten til Europa i stor grad av produksjonskapasiteten i Norge. Med utbygging av fornybar kraft i Norge, som solkraft, vil det tilrettelegges for økt bruk av fornybar elektrisitet i andre land. Gjennom utenlandsforbindelser til Tyskland, Storbritannia og Nederland, vil eksport av norskprodusert strøm kunne bidra til å erstatte strøm basert på fossile energikilder. Utbygging av fornybar kraft i Norge må derfor sees i et europeisk kraftbehovsperspektiv.

NVE og Statnett forventer at kraftbalansen i Norge vil styrkes etter 2030, basert på en forutsetning om betydelig utbygging av fornybar kraft som sol- og vindkraft [34] [45]. Statnett antar en samlet økning på 30 TWh sol- og vannkraft i Norge til 2050, og at nordisk kraftforbruk og produksjon balanserer hverandre på dette tidspunktet.

Norge har et mål om 8 TWh solkraft i 2030, og en handlingsplan for å nå dette målet ble lansert i 2024 [50]. Energikommisjonen stiller seg positive til solkraft i Norge fordi den kan etableres raskt, og anslår et potensial for utbygging på 5-10 TWh innen 2030. I NVEs langsiktige markedsanalyse oppgis solkraft også som en av produksjonsteknologiene som er sentrale for økt kraftproduksjon mot 2040 [34]. I 2030 og 2040 anslås det at solkraftproduksjon står for henholdsvis 4 og 9 TWh i Norge. Hittil er imidlertid kun 500 GWh solkraft bygd ut i Norge [48].

4.3.3 Energikilders karakteristikk

For å oppfylle framtidens kraftbehov må ulike energikilder kombineres, og disse har ulike karakteristikk i form av regulerbarhet, effektivitet og livsløpsbaserte klimagassutslipp.

Solkraft og vindkraft er eksempler på uregulerbare energikilder der elektrisitet må produseres når energien er tilgjengelig i form av sol eller vind, mens eksempelvis vannkraft, kullkraft og kjernekraft er regulerbar og kan produseres etter behov. For uregulerbare energikilder er tidsaspektet for tilbud og etterspørsel av kraft sentralt. I Norge har vi størst solinnstråling og tilsig for vannkraft i sommerhalvåret [32], men størst elektrisitetsbehov i vinterhalvåret [51]. Samtidig gjør klimaendringene at vi får et varmere klima totalt sett, og sannsynligvis et lavere framtidig oppvarmingsbehov om vinteren og et høyere kjølebehov om sommeren enn det vi har i dag [52]. Det er også ulikt kraftbehov i løpet av et døgn, og solkraft har fordel av å være tilgjengelig på dagtid når behovet er større enn på nattestid. På den andre siden er etterspørselen størst på morgenen og ettermiddagen eller tidlig kveld, mens vi i vinterhalvåret kun har solinnstråling midt på dagen [53] [54]. Det finnes imidlertid muligheter for å lagre energien som ikke møter en etterspørsel, eksempelvis bruk av batterier og produksjon av hydrogen [45], samt muligheter for å planlegge enkelte forbruk etter tilgjengelighet.

Det er flere stedsavhengige faktorer som påvirker hvor mye strøm et solkraftverk produserer: solinnstråling, breddegrad, temperatur og vær [55] [56]. Norge er ikke blant landene i verden som har flest soltimer, men vi har fordel av at solceller yter optimalt ved temperaturer rundt fem minusgrader, og i tillegg refleksjon fra snø på vinteren [57]. Alle disse stedsspesifikke faktorene må derfor med i vurderinger av hvor mye strøm et solkraftverk faktisk kan produsere.

Ulike energikilder har også ulike klimagassutslipp fra utbygging, drift og vedlikehold og avvikling over livsløpet. Dette kan uttrykkes i utslippsfaktorer per leverte energimengde, som eksempelvis i FNs klimapanel sin oversikt presentert i Tabell 4-1. FNs klimapanel sin oversikt representerer generiske

verdier, mens i virkeligheten varierer utslippsfaktoren fra kraftverk til kraftverk, og eksempelvis kan et spesifikt solkraftverk ha en utslippsfaktor som er høyere eller lavere enn verdien.

Tabell 4-1: Generiske utslippsfaktorer for strøm produsert fra ulike energikilder [58].

Energikilde	Utslippsfaktor [g CO ₂ -ekv./kWh]
Kull	820
Gass	490
Biomasse	230-740
Geotermisk	38
Vannkraft	24
Kjernekraft	12
Termisk solkraft	27
Solcellekraft	27-41
Vindkraft	11-12

Klimagassreduksjonen utbygging av et nytt solkraftverk vil gi er derfor avhengig av hvilke energikilder som vil erstattes av solkraften i driftsfasen, og om disse har høyere eller lavere utslippsfaktor enn solkraftverket. Dersom gjennomsnittsverdiene for solcellekraft og vindkraft fra tabellen over benyttes, og gjennomsnittlig europeisk og norsk elektrisitet settes lik gjennomsnittet av verdiene benyttet i konsekvensutredningene i vedlegg 8.1 på henholdsvis 155 og 16 g CO₂-ekv./kWh, kan estimert klimanytte for solcellekraft se ut som presentert i Tabell 4-2.

Tabell 4-2: Estimert klimanytte ved å erstatte kull, gass, vannkraft, vindkraft, europeisk eller norsk elektrisitet med solcellekraft, basert på FN's klimapanelers utslippsfaktorer for enkeltenergikilder og gjennomsnitt fra konsekvensutredninger for elektrisitetsmikser. Positiv klimanytte betyr utslippsreduksjon, negativ klimanytte betyr utslippsøkning.

Erstattet energikilde	Estimert klimanytte [g CO ₂ -ekv./kWh]
Kull	786
Gass	456
Vannkraft	-10
Vindkraft	-23
Gjennomsnittlig europeisk elektrisitet	121
Gjennomsnittlig norsk elektrisitet	-18

Tabell 4-2 illustrerer at estimert klimanytte er betydelig ved erstatning av fossil energi, og også ved erstatning av gjennomsnittlig fremskrevet europeisk elektrisitet. Dersom solkraften erstatter vann- eller vindkraft eller gjennomsnittlig norsk fremskrevet elektrisitet er klimanytten mer usikker, og beregnet til å være negativ her.

Som beskrevet i kapittel 4.3 er dagens praksis å se på europeisk forbruksmikser, og i noen tilfeller norsk i tillegg, for å belyse intervallet for hvilke energikilder solkraftverket kan erstatte i drift.

Konsekvensutredninger utført for norske solkraftverk viser generelt betydelige besparelser over levetiden til anlegget dersom det sammenlignes med europeisk mikser, mens dette ikke nødvendigvis er tilfellet med norsk mikser. Europeisk mikser kan være mer representativ fordi vi er del av det europeiske energisystemet og resten av Europa også vil ha et økt behov for fornybar energi framover, og det er

også denne som benyttes mest for driftsfasen i konsekvensutredninger og klimagassberegninger av infrastruktur i dag [29]. Utslippsfaktorene for norsk og europeisk elektrisitetsmiks legger imidlertid opp til nær null utslipp i 2050 og dermed til at vi skal nå klimamålene og bli et lavutslippssamfunn. Disse utslippsfaktorene er altså ikke representative hvis det ikke bygges ut fornybar energi i den skalaen som er forutsatt. Metoden tar heller ikke høyde for hva elektrisiteten benyttes til, eksempelvis om den benyttes til å erstatte fossil energi gjennom elektrifisering, eller forskjellen mellom regulerbar og variabel kraft. Generelt er målet med utbygging av ny fornybar energi å erstatte fossile energikilder, men på grunn av energisystemets sammensetning kan det ikke garanteres for hver leverte energienhet, og en utslippsfaktor som illustrerer spennet i energisystemet kan derfor være fordelaktig.

Solkraft gir hovedsakelig klimagassutslipp ved produksjon og leverer fornybar energi i drift, og utslipp og besparelse skjer til ulike tidspunkt. Det er derfor viktig å designe anlegg og anskaffe produkter med så lave klimagassutslipp som mulig, for å redusere klimapåvirkningen utbyggingen gir i nærmeste fremtid.

4.4 Arealbruksendringer

Ut ifra konsekvensutredninger som er gjennomgått (jfr. vedlegg 8.1) kan vi notere at det er ulik praksis i hvordan klimagassutslipp fra arealbruksendringer vurderes og beregnes. Ulikheter observeres på avgrensning og kategorisering av arealbruk. Det er også ulikheter blant beregningsverktøy med hensyn til beregningsperiode, beregning av opptak og grunnlagsdata.

Erfaringer fra andre land knyttet til arealbruksendringer er i tillegg undersøkt via søkemotoren Google Scholar. Det er forsøkt å finne metastudier som ser på effekten av arealbruksendringer etter etablering av solkraftanlegg, men det er ikke funnet relevant litteratur. Søkord var «solar power plant impact land use emissions meta study», «solar power plant climate gas emission land use change» og «solar power plant impact soil carbon». Rapporten fra prosjektet «solcelleparker i landbruket – erfaringer fra andre land» av Norges vel konkluderer med at de vurderte landene Storbritannia, Danmark, Sverige og Tyskland har ulike utgangspunkt som former tilnærmingen til utbygging av solkraftanlegg [59]. Faktorer som for eksempel klima og andelen dyrkbar jord skiller seg fra de øvrige landene som er vurdert og erfaringene er derfor ikke direkte overførbare til norske forhold.

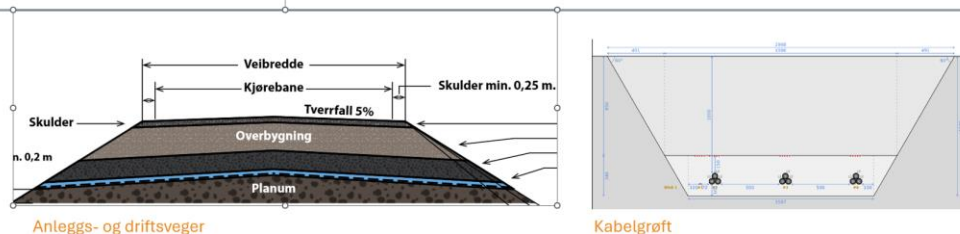
4.4.1 Avgrensning

I henhold til veilederen til NVE «Krav for konsesjonssøknad for solkraftverk» skal gjeldende KU-veileder (M-1941) følges [4] [2]. Metoden er grov og overestimerer det reelle fotavtrykket til solkraftanlegget. Den skiller for eksempel ikke mellom konsekvensen for biomasse over og under bakken for de ulike komponentene i et solkraftanlegg. Figur 4-3 illustrerer at fundamentering og montering av solcellene kan gjennomføres uten å grave og dermed frigjøre karbon lagret i jordsmonnet, i motsetning til anlegg som veier og kabelgrøft.

Lite påvirkning:



Betydelig påvirkning:



Figur 4-3: Påvirkning på karbonlagre over og under bakken.

For avgrensning sier M-1941 at alt areal skal inkluderes i arealbruksberegningene og at det ikke skal skilles mellom permanente og midlertidige arealbeslag. Det er ikke klart definert hva som inngår i «alt areal», noe som har ført til ulik definering av avgrensning. I noen utredninger er hele tiltaksområdet, altså området innenfor systemgrensene (vist med stiplet linje i Figur 4-1), inkludert i beregningene. I andre utredninger er kun det faktiske arealet som er beslaglagt inkludert. Dette fører til forskjeller i beregnede utslipp. Det mangler derfor en mer systematisk vurdering om hvordan anlegget er avgrenset. I tillegg bør terrengendringer, vegetasjonsrydding og endringer i hydrologi til våtmark beskrives og klimaeffekten vurderes. Den type vurdering bør i større grad gjenspeile anlegget som beskrives i konsesjonssøknaden. Vi observerer at plangrensen ofte brukes som grunnlag for arealbruksendringer. Det bør redegjøres om tiltaket vil medføre utslipp utenfor planområdet.

4.4.2 Kategorisering av arealbruk

Kategorisering av arealbruk er et annet punkt som varierer mellom konsekvensutredninger. Dette innebærer hva arealet forutsettes å bli omdisponert til og kan også kalles arealovergang eller endekategori. Miljødirektoratets verktøy henvist til i M-1941 forutsetter at hele arealet omdisponeres til utbygd areal, mens i NIBIOs kartbaserte verktøy og tiltakskalkulatoren fra Miljødirektoratet (jfr. M-989) kan utreder velge endekategori dersom det ikke foreligger en plan. Dersom det foreligger en reguleringsplan eller en kommuneplan, kan brukeren laste den opp i NIBIOs kartbaserte verktøy og endekategorien settes til arealformålet i planen. Et eget arealformål er definert for bakkemontert solkraftanlegg der utnyttingsgraden er satt til 10 % nedbygd areal (grått areal), mens de resterende 90 % av arealdekket kategoriseres som gressareal (grønt areal). Dette har ført til ulik praktisering ved at ulik endekategori benyttes. Eksempler på dette er at det er forutsatt at arealet omdisponeres fra skog til utbygd kontra at det forutsettes at arealet omdisponeres fra skog til beite eller jordbruk. Dette får utslag i beregnede utslipp ettersom det er andre utslippsverdier fra skog til beite enn fra skog til utbygd areal.

4.4.3 Beregningsperiode og opptak

Rapportene som er gjennomgått bruker en beregningsperiode mellom 30 og 40 år tilsvarende konsesjonsperioden. Dagens versjon av M-1941 fastsetter en beregningsperiode på 75 år for arealbruksendringer. Samtidig åpner M-1941 for bruk av andre beregningsverktøy med ulik tilnærming til arealbruksberegninger, beskrevet i kapittel 3.2. Det fører til at resultatene ikke er sammenlignbare mellom solkraftanleggene og vanskelig kan brukes til å informere om hva det reelle utslippet blir.

Det er omdiskutert om beregningsperioden bør være 30 år, som konsesjonsperioden, eller 75 år. Når beregningsperioden blir lenger enn konsesjonsperioden stilles det spørsmål om etterbruken av arealene. Det skaper et insentiv for at opptak etter konsesjonsperiodens slutt regnes med. Dersom beregningsperioden blir lenger enn konsesjonsperioden på 30 år må det avklares hvordan opptak fra arealet skal rapporteres. En vurdering av hvordan det kan inkluderes i beregningene er gitt i kapittel 5.3.2.

Fremtidig opptak i grøntarealer påvirkes av plantevekst som igjen påvirkes av faktorer som skyggeeffekt og vanntilgang [60] [21]. Skyggeeffekten påvirkes av mellomrom mellom panelradene, panelets utforming, statisk eller justerbar tilt og plassering mtp. breddegrad, himmelretning og avstand fra bakken [61] [62] [63]. Det er i dag for lite kunnskap om hvordan faktorene påvirkes ved ulike forhold og det er derfor behov for økt kunnskap for å beregne fremtidig opptak.

I rapporten «Bakkemonterte solkraftanlegg – Konsekvenser av utbygging på jord- og skogbruksarealer» av Landbruksdirektoratet gjøres det et forsøk på å kvantifisere skyggeeffekt, potensiale for opptak med vekstmodeller og stedsspesifikke data. Det vises at det er mulig å utvikle et detaljert klimagassregnskap tilsvarende «tier 3» i IPCC metode på sikt, men det er behov for mer forskningsarbeid for at modellene skal kunne predikere konsekvenser av arealbruksendringer på ulike karbonlagre. Dette er et generelt kunnskapsbehov som ikke bare gjelder solkraftanlegg, men arealbruksendringer generelt.

4.4.4 Grunnlagsdata

Alle utredningene bruker utslippsfaktorer og eksisterende kartdata som AR5- og FKB-data. Klimagasskalkulatoren fra NIBIO bygger på et bredere datagrunnlag som satellittdata, SSB Arealbruk, skogsressurskart SR16, mfl. Det fører til mer presise vurderinger («desk analysis») hvor det skilles mellom karbonutslipp fra under og over bakken. Verktøyet vil være godt egnet i en tidlig fase, før konsesjonsområdet reguleres og prosjekteres. Verktøyet blir imidlertid ikke bedre enn datagrunnlaget. Arealtyper i Norge er mangelfullt klassifisert for å anvendes som grunnlag alene til detaljerte klimagassberegninger. Både for å kvalitetssikre beregningene som gjøres i konsekvensutredninger og bidra til bedre kunnskap om karbonkonsentrasjon i ulike arealtyper i Norge, bør det gjøres feltundersøkelser for å få mer detaljert informasjon om karboninnhold. Slike feltundersøkelser kan blant annet inkludere fastsetting og avgrensning av arealtype, jordtype og måling av karboninnhold. Det innebærer å gå lenger enn det minimumet som M-1941 krever: dybdemålinger i organiske jordlag. Dette krever lite merarbeid når det uansett gjennomføres naturtypekartlegginger i konsekvensutredninger.

Utslippsfaktorene som brukes i de ulike regnearkene er grove, særlig når andre areal enn produktiv skog omdisponeres. Det blir derfor viktig å jobbe med å både oppdatere og utvikle mer detaljerte utslippsfaktorene i tiden framover, slik at de best mulig beskriver utslippene fra arealovergangene.

5 Hvordan kan dagens beregningsmetode forbedres?

Det ble avholdt en workshop 12.09 der funnene fra metode- og litteraturgjennomgangen ble presentert sammen med forslag til forbedret veiledning og metode, og dette ble diskutert. Det ble også utført en høringsrunde på første versjon av rapporten. De endelige forslagene til forbedringsmuligheter er basert på innspillene fra workshopen og høringsrunden. Det kan med fordel arrangeres flere bransjediskusjoner angående tematikken, da det ikke ble konsensus om alle temaer. Se vedlegg 0, 8.3 og 8.4 for mer informasjon om workshopen og høringsrunden.

5.1 Systemgrenser og analyseperiode

Det foreslås at systemgrenser for geografiske områder og bestanddeler som inkluderes i beregningen skal inkludere alt som forårsakes av prosjektet. Figur 4-1 kan ses som en veileder for systemgrenser, men inventar i et solkraftanlegg vil variere fra prosjekt til prosjekt. Det skal inkluderes en separat beregning av installasjoner og arealbeslag for tilknytning til eksisterende nett. Hvilke livsløpsfaser som skal inkluderes ble diskutert i liten grad i workshopen, og det ble ikke konsensus, men iht. M-1941 bør alle betydelige utslipp inkluderes.

Analyseperiode ble diskutert i workshopen, men det ble ikke konsensus. Analyseperioden som skal benyttes for arealbruksendringer er 75 år, mens konsesjonsperioden er på 30 år. Det kan vurderes om klimagassutslipp fra materialer og energi og klimanytte også bør beregnes for 75 år for å få en konsekvent analyseperiode for hele utredningen. Det ble også diskutert om analyseperioden for arealbruksendringer skal settes lik konsesjonsperioden på 30 år eller forbli 75 år. Argumenter for en analyseperiode på 30 år er at man ikke vet med sikkerhet om anlegget vil fjernes etter endt konsesjonsperiode. Argument mot var at kraftbehovet fortsatt vil være der om 30 år og at det derfor er realistisk at området vil fortsette å bli brukt til solkraft fremfor å plante ny skog og beslaglegge arealer for videre kraftproduksjon et annet sted. Dette tilsvarer også omtrent et omløp på en skogbestand. En utvidet konsesjonstid til 50 år er på høring.

5.2 Materialer og energi

Følgende veiledning eller metodespesifikasjon foreslås for klimagassutredning av materialer og energi, herunder både bruk av materialer og energi i solparken samt beregning av klimanytte:

1. Utslippsfaktor for produksjon av solceller skal beregnes basert på et gjennomsnitt av alle EPDer for solceller hos EPD Norge som er gyldige ved utbyggingstidspunktet med mindre prosjektet har en forpliktelse til å bruke et spesifikt produkt med EPD. Det skal oppgis hvilke(n) utslippsfaktor(er) som ligger til grunn for beregningen.
2. VegLCA skal benyttes til å beregne klimagassutslipp fra veier og drivstoff.
3. Det bør defineres universelle utslippsfaktorer for erstattet elektrisitet/energikilde eller en universell metode for å definere utslippsfaktorene som benyttes i alle konsekvensutredninger. Disse faktorene eller metodespesifikasjonen bør ligge hos NVE. Det kan gjøres et eget arbeid på dette med involvering av relevante bransjeaktører. Inntil dette er på plass skal det oppgis hvilke utslippsfaktorer som er benyttet for klimanytte i første og siste år i analyseperioden, samt hvilke datakilder disse er basert på.

Forslagene er basert på Multiconsults arbeid med denne rapporten samt innspill i workshopen og høringsrunden, og gjenspeiler opplevd konsensus.

Andre innspill som ble diskutert i workshopen og høringsrunden i relasjon til temaet var hovedsakelig:

1. Klimanytte bør estimeres med utgangspunkt i minimum to ulike scenarier for erstattet elektrisitet/energikilde, for å illustrere spennet og usikkerheten i dette. Scenariene bør være framskrevet over analyseperioden. Foreslåtte metoder fra workshopen omfatter beregning basert på elektrisitetsscenarier fra NS3720 og beregning basert på antagelse om erstatning av fossil energi, enten i form av utslippsfaktor for elektrisitet fra fossile energikilder eller basert på elektrifisering av fossil næring som transport. Det ble ikke konsensus rundt én metode for dette.
2. Hvorvidt det skal stilles flere krav til hvilke EPDer som skal inngå i beregnet gjennomsnitt for utslippsfaktor. Det kan vurderes om tidsrommet EPDer kan være utarbeidet på bør snevres inn ytterligere fra EPDens gyldighetsperiode fordi det skjer en rask teknologisk utvikling på solceller.
3. Utredning kan med fordel også inkludere estimater av klimagassreduksjon fra aktuelle tiltak, eksempelvis materialvalg eller optimalisering, som ikke er implementert i prosjektet enda.

5.3 Arealbruksendringer

I nasjonalregnskapet, som arealbruksverktøyene baseres på, er tilnærmingen at lite kunnskap fører til en konservativ tilnærming. I dette avsnittet listes forslag til forbedring på temaene diskutert i litteraturgjennomgangen, som også ble presentert i workshopen 12.09. Til slutt trekkes tilbakemeldinger og punkter med opplevd konsensus fra workshopen frem.

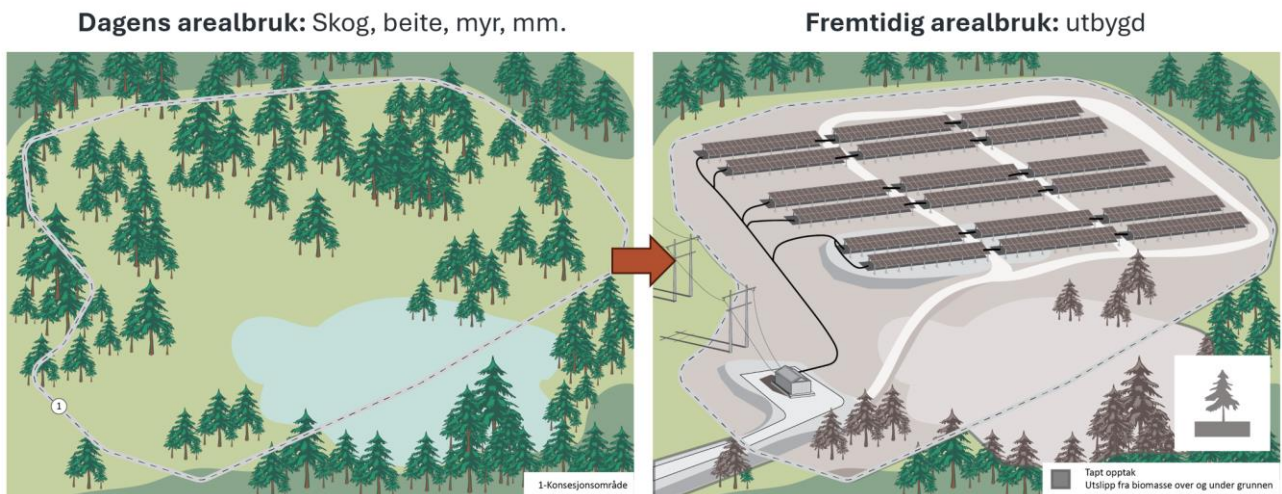
5.3.1 Avgrensning og kategorisering av arealbruk

Det er behov for en forbedring av dagens metode for å unngå overestimering av klimagassutslipp fra bakkemontert solkraft. Per dags dato er NIBIOs kartbaserte kalkulator den mest detaljerte beregningsmetoden. Kalkulatoren er imidlertid kun tilgjengelig for utvalgte kommuner i Viken, Vestfold og Telemark fylkeskommune. Det er et ønske om at kalkulatoren skal bli tilgjengelig for alle på sikt, men når dette blir avhenger av finansiering for å kunne drifte den. Det er også noen begrensninger ved NIBIOs kalkulator. Den tar utgangspunkt i et arealformål, som et prosjektområde, hvor alt som bygges ses som ett inngrep. Inngrepet kan modereres med en faktor, men det vil fremdeles overestimere utslippene. Når NIBIOs kalkulator blir tilgjengelig anbefaler vi derfor at den benyttes og at den videreutvikles for beregninger av arealbruksendringer for bakkemontert solkraft. For å oppnå mer realistisk regnskap bør metoden baseres på prosjektspesifikke regnskap som tar utgangspunkt i det faktiske anlegget (tier 3 nivå). I overgangsfasen, inntil NIBIOs kalkulator tilgjengeliggjøres for alle, er det behov for en midlertidig løsning som vi videre vil beskrive gjennom en grov- og detaljert metode.

Vi foreslår at dagens metode i M-1941 med beregningsmalen som er utgitt av Miljødirektoratet anses som en grov metode, egnet for sjablongmessige vurderinger i starten av en planprosess, og for sammenligning av mulige tomter. Parallelt med den grove metoden, anbefaler vi at det utvikles en mer detaljert metode til bruk i konsekvensutredninger og konsesjonssøknader. Felles for begge metoder er at arealbruk som berøres klassifiseres som utbygd. Det som skiller de to metodene er avgrensningen, altså hvor mye areal som regnes som berørt.

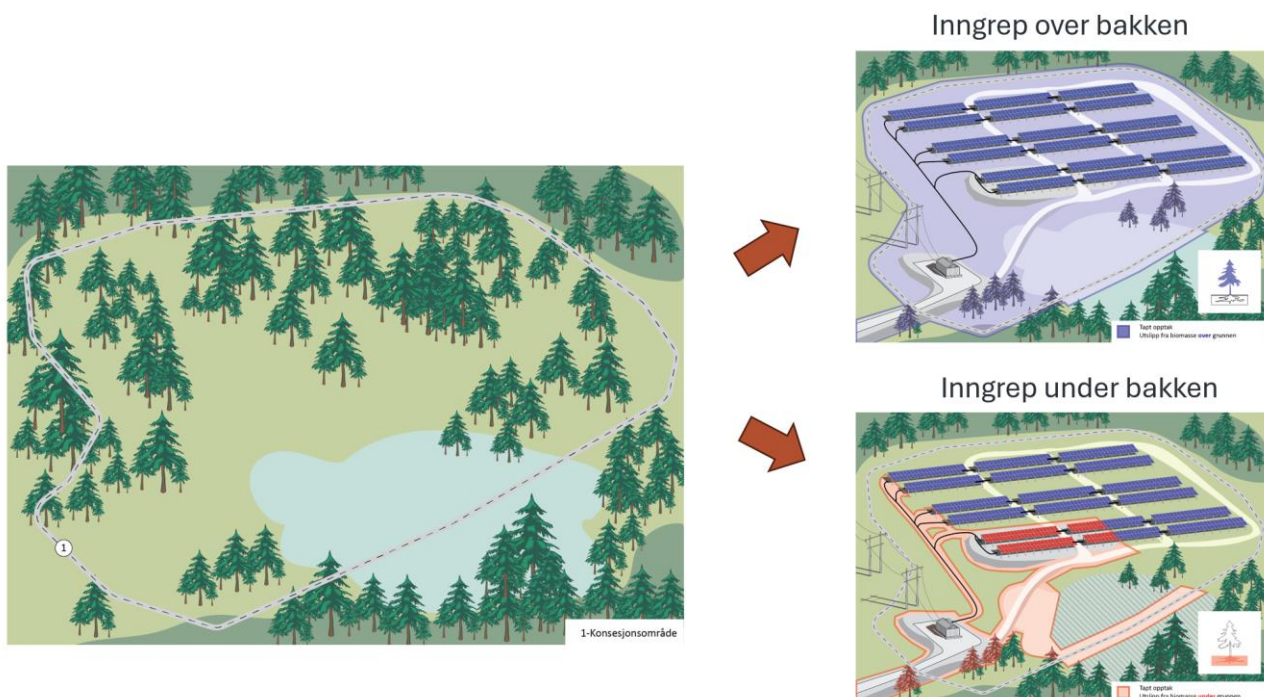
Den grove metoden kan kort forklares slik: hele arealet innenfor tiltaksområdet anses omdisponert til utbygd areal, illustrert i Figur 5-1 [64]. Tiltaksområdet må avgrenses slik at alle aktuelle arealutslipp blir inkludert. I utgangspunktet bør alt areal innenfor konsesjonsområdet, anlegg (vei, grøft), vegetasjonsrydding og terrenginngrep tas med. Areal som går på utbygging av strømmettet frem til den første trafostasjon i solkraftanlegget tas normalt ikke med siden det ikke inngår i konsesjonssøknaden, men vi anbefaler at tilknytning til eksisterende nett framstilles separat. Dette for å ha samsvar mellom systemgrense for materialer, energi og arealbruksendringer. Dersom myr

inngår i konsesjonsområdet bør hele myras utstrekning tas med, uavhengig av tiltaksgrensen, med mindre det kan vises til fysiske forhold (dybde, avrenning, mm.) som kan sannsynliggjøre at en mindre andel blir påvirket. Er usikkerheten stor, bør føre-var prinsippet ligge fast og hele myra tas med.



Figur 5-1: Grov metode forutsetter, i likhet til Miljødirektoratets arealbruksverktøy, en arealovergang til utbyggt areal.

I en detaljert metode må påvirkning på karbonlagre over bakken og under bakken skilles etter hvor mye installasjoner innenfor tiltaksområdet faktisk vil påvirke. Figur 5-2 illustrerer et praktisk eksempel. Dersom solceller fundamenteres uten å grave i jordsmonnet, vil de regnes med null utslipp fra biomasse under bakken for det arealet de opptar. Det er et viktig insentiv for at bransjen utvikler montasjesystemer som minimerer terrenginngrep og tilpasses norske landskap.



Figur 5-2: Detaljert metode skiller mellom påvirkning på karbonlagre over og under bakken.

5.3.2 Beregningsperiode og anslag for opptak

I dag er konsesjonsperioden 30 år og analyseperioden 75 år for arealbruksendringer i konsekvensutredninger. Uansett beregningsperiode bør følgende prinsipp ligge fast: alt karbon bundet i berørt biomasse regnes som utslipp i løpet av beregningsperioden. Det betyr at forskjellen mellom en

beregningsperiode på 30 år eller 75 år kun handler om hvor lenge klimagassopptaket regnes med. Det skal ikke være noe resterende utslipp etter beregningsperioden.

Når det gjelder opptak er et alternativ å kun beregne for nullalternativ, det vil si det naturlige opptaket som kunne ha skjedd hvis arealet til solkraftanlegget ikke hadde blitt omdisponert. Opptak fra skog eller annen vegetasjon etter konsesjonsperiodens slutt kan i utgangspunktet regnes med hvis solkrafteieren er juridisk forpliktet til å istandsette konsesjonsområdet. Forpliktelsen bør i så fall sikres i planbestemmelse eller konsesjonstillatelse. Opptak fra vegetasjon som vokser innenfor tiltaksområdet (vegetasjon mellom solcelleradene og kantvegetasjon) bør på sikt kvantifiseres, men vi kan ikke se at det er tilstrekkelig kunnskap og data for å kunne kvantifisere det på en god måte enda. Det er behov for økt kunnskap og avklaringer om faktorer som kan brukes for å kvantifisere opptak fra vegetasjon. Økt kunnskap er nødvendig for å bruke faktorer for mer detaljerte kategorier som eng og gress. I tillegg er det viktig å gi utbyggere økt kunnskap om tiltak som kan gjøres i solkraftprosjekter for å øke opptaket av karbon innenfor tiltaksområdet. Her inngår for eksempel en vurdering av plassering av veger, grøfter, trafostasjoner, og valg av fundamenteringsmetoder.

5.3.3 Valg av grunnlagsdata

NIBIOs kalkulator skiller mellom biomasse over og under bakken, men er ikke tilgjengelig for private foretak enda. Likevel kan klimagassberegninger vesentlig forbedres allerede i dag. Vi anbefaler at det legges konsekvent til grunn skogsressurskart SR16 utgitt av NIBIO for å vurdere karbonlagre over og under bakken når skog omdisponeres. I SR16 kan man enkelt finne mengde biomasse over og under bakken og legge til grunn at halvparten av biomassen består av karbon. Omregner man med molekylvekten for CO₂ delt med atomvekten for karbon så får man potensiale for CO₂-utslipp etter en fullstendig nedbrytning. I tillegg anbefaler vi at karbonrike arealer kartlegges og avgrenses i felt (gjørne samtidig med naturtypekartlegging), og at det tas karbonprøver per arealtype som bli berørt. Hensikten med prøveresultater er å fastsette stedsspesifikke utslippsfaktorer. Det vil også bidra til å planlegge solkraftanlegget med tanke på å minimere klimagassutslipp fra arealbruksendringer fremfor å redusere et antall dekar. På sikt bør disse dataene publiseres av Miljødirektoratet på samme måte som naturtyper.

5.3.4 Diskusjonspunkter fra workshop

Følgende veiledning eller metodespesifikasjon foreslås for klimagassutredning av arealbruksendringer:

1. Arealbruksendringer bør skille mellom karbonlagre over og under bakken, og metoden bør få frem det reelle fotavtrykket slik at den belønner godt design.
2. Datagrunnlaget for arealbruksendringer bør verifiseres i felt med kartlegging og jordprøver.

Forslagene er basert på Multiconsults arbeid med denne rapporten samt innspill i workshopen og høringsrunden, og gjenspeiler opplevd konsensus.

Andre innspill som ble diskutert i workshopen i relasjon til temaet var hovedsakelig:

1. Endekategori – utbygging av bakkemontert solkraft er ikke sammenlignbart med nedbygging til industriformål hvor hele arealet omdisponeres til utbygd grått areal. For et solkraftverk er det ikke slik at hele arealet innenfor tiltaksområdet omdisponeres til grått areal, det kan også være delvis grønt. Selv om ikke hele arealet blir utbygd vil det å hogge en skog føre til at jordsmonnet begynner å bryte ned karbonet, selv om det er et større utslipp ved å ødelegge det helt.
2. Dagens metode forutsetter at myr blir drenert dersom man har arealbruksendring fra myr. I solkraftprosjekter kan man unngå å berøre vannbalansen i myren og da vil det i prinsippet ikke



være utslipp fra myrområde. Dersom det fører til at mye udrenert myr bygges ut kan det være behov for en endring i metoden.

Punktene som er diskutert og foreslått bør ligge til grunn ved videre arbeid med å utarbeide en metode som fanger det reelle fotavtrykket til bakkemontert solkraft. Miljødirektoratet kan åpne for metodeendring dersom det foreligger økt kunnskap på området.

6 Oppsummering

Det er utført en gjennomgang av konsekvensutredninger av bakkemontert solkraft, miljødeklarasjoner for solkraftkomponenter og elektrisitet fra solkraft, vitenskapelige artikler og andre rapporter for å undersøke dagens praksis og metoder for klimagassberegning av bakkemontert solkraft. Det ble i tillegg avholdt en workshop med relevante bransjeaktører 12.09 om temaet, og en høringsrunde av første versjon av rapporten mellom 14.10 og 25.10.

Basert på litteraturgjennomgangen er det generelt materialproduksjon og arealbruksendringer som er de to største bidragsyterne til klimagassutslipp fra bakkemontert solkraft. Det er funnet at klimagassutredninger av bakkemontert solkraft i Norge har en del metodemessige fellestrekk, men at det er noen forskjeller på tvers av utredninger, spesielt mht. arealbruksendringer, klimanytte og systemgrenser. Det benyttes blant annet ulike endekategorier for arealbruksendringer og ulike antagelser om hvilke energikilder som erstattes av bakkemontert solkraft. Dagens metode for arealbruksendringer er i tillegg grov, og overestimerer utslipp fra bakkemontert solkraft.

Det foreslås følgende veiledning eller metodeforbedring basert på litteraturgjennomgangen og dialogen med bransjeaktører:

- Arealbruksendringer i konsekvensutredninger og kraftkonsesjoner bør skille mellom karbonlagre over og under bakken.
- Datagrunnlaget for klimagassutslipp fra arealbruksendringer bør verifiseres i felt med kartlegging og jordprøver.
- Det bør defineres en universell metode for klimanytte eller utslippsfaktorer for erstattet energi. Det skal oppgis hvilke utslippsfaktorer som er benyttet for klimanytte i første og siste år i analyseperioden, samt hvilke datakilder disse er basert på.
- Utslippsfaktor for produksjon av solceller settes til gjennomsnitt av gyldige EPD-er hos EPD-Norge.
- Systemgrenser skal inkludere alt som forårsakes av prosjektet. Dette inkluderer tiltaksområde med tilhørende komponenter og infrastruktur. I tillegg skal det gjøres en separat beregning av installasjoner og arealbeslag for tilknytning til eksisterende nett.
- VegLCA skal benyttes for veier og drivstoff.

I tillegg er andre aspekter som ble vurdert i litteraturgjennomgangen og diskutert i workshopen og høringsrunden, blant annet analyseperiode, alternative scenarier for klimanytte og endekategorier for arealbruksendringer.

Det er behov for å forbedre kunnskapsgrunnlaget og få implementert ytterligere veiledning og metode i kravene og rammeverkene for konsekvensutredninger, og det bør planlegges for videre arbeid med å tette kunnskapsgap. Rapporten er ikke uttømmende for alle metodeaspekter ved klimagassutredning av bakkemontert solkraft som kan være usikre.

7 Referanser

- [1] IFE, «Envisol,» [Internett]. Available: <https://ife.no/project/envisol/>. [Funnet 09 09 2024].
- [2] Miljødirektoratet, «M-1941 - Konsekvensutredning av klimagassutslipp, kap. 6.2 Utdred utslipp av klimagasser,» [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/arealplanlegging/konsekvensutredninger/metode-for-utredning/klimagassutslipp/6.2-utred-utslipp>. [Funnet 07 2024].
- [3] NVE, «Konsesjonsbehandling av solkraftverk,» 04 03 2024. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/konsesjon/konsesjonsbehandling-av-solkraftverk/>. [Funnet 07 2024].
- [4] NVE, «Krav til kosesjonssøknader for solkraftverk,» 01 03 2024. [Internett]. Available: <https://veiledere.nve.no/solkraft/soknad-om-anleggskonsesjon/virkninger-for-miljo-og-samfunn/>. [Funnet 07 2024].
- [5] NVE, «Konsesjonssøknad vannkraftanlegg,» 13 09 2024. [Internett]. Available: <https://veiledere.nve.no/konsesjonssoknad-vannkraftanlegg/soknad/virkninger-for-miljo-og-samfunn/#pageSection-14>. [Funnet 05 11 2024].
- [6] Standard Norge, *NS 3720:2018 Metode for klimagassberegninger for bygninger*, 2018.
- [7] NVE, «Konsesjonssøknad nettanlegg,» 14 08 2024. [Internett]. Available: <https://veiledere.nve.no/konsesjonssoknad-nettanlegg/soknad-om-anleggskonsesjon/virkninger-for-miljo-og-samfunn/#pageSection-10>. [Funnet 18 09 2024].
- [8] Språkrådet, «Klimanytte,» [Internett]. Available: <https://termwiki.sprakradet.no/wiki/Klimanytte>. [Funnet 18 09 2024].
- [9] Standard Norge, *NS-EN ISO 14044:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Krav og retningslinjer*, 2006.
- [10] Standard Norge, *NS-EN ISO 14040:2006 Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk*, 2006.
- [11] Statens Vegvesen, *VegLCA v5.14b*, 2024.
- [12] One Click LCA Ltd., 2024. [Internett]. Available: <https://oneclicklca.com/>.
- [13] PRé Sustainability, «SimaPro,» 2024. [Internett]. Available: <https://simapro.com/>.
- [14] EPD-Norge, «General Programme Instructions,» EPD-Norge, 2019.
- [15] NIBIO, «Kartbasert klimagasskalkulator for arealbrukssektoren».
- [16] Statens vegvesen, «Konsekvensanalyser - Håndbok V712,» 2021.
- [17] Miljødirektoratet, Avinor, Kystverket, Jernbanedirektoratet, Bane NOR, Nye veier & Statens vegvesen, «Metoder for å beregne klimagassutslipp fra arealbeslag,» 2022.
- [18] IPCC, «2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories».
- [19] IPCC, «2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands,» 2013.
- [20] Multiconsult og SolenergiKlyngen, «Bakkemonterte solkraftverk i Norge - prosess og beste praksis,» 2022.
- [21] Landbruksdirektoratet, «Bakkemonterte solkraftanlegg – Konsekvenser av utbygging på jord- og skogbruksarealer,» 2024.
- [22] EPD Norge, «NEPD-3087-1726-EN: MAXEON 3 MONO-CRYSTALLINE PHOTOVOLTAIC MODULE,» SunPower Energy Solutions France SAS, 2021. [Internett]. Available: <https://www.epd-norge.no/epder/byggevarer/solcellepaneler-og-komponenter/maxeon-3-mono-crystalline-photovoltaic-module>.
- [23] EPD Norge, «NEPD-3666-2605-EN: Mounting system for photovoltaic systems – flat roof, Lobas Solar,» Lonevåg Beslagfabrikk AS, 2022. [Internett]. Available: <https://www.epd-norge.no/epder/byggevarer/solcellepaneler-og-komponenter/mounting-system-for-photovoltaic-systems-flat-roof-lobas-solar>.
- [24] EPD Norge, «NEPD-7180-6581-EN: 182mm Mono-crystalline TOPCon Photovoltaic Module,» HONGYUAN GREEN ENERGY CO., LTD., 2024. [Internett]. Available: <https://www.epd-norge.no/epder/byggevarer/solcellepaneler-og-komponenter/182mm-mono-crystalline-topcon-photovoltaic-module>.

- [25] EPD Norge, «NEPD-7180-6581-EN: Bifacial RT 54-60 cells modules,» Hengdian Group DMEGC Magnetics Co., Ltd., 2024. [Internett]. Available: <https://www.epd-norge.no/epder/byggevarer/solcellepaneler-og-komponenter/bifacial-rt-54-60-cells-modules>.
- [26] EPD Norge, «NEPD-7184-6585-EN: BDO photovoltaic modules Duplex, Bifacial, Supreme, Spectrum Deep Red, Spectrum Forest Green & BIPV,» BISOL Proizvodnja d.o.o., 2024. [Internett].
- [27] EPD Norge, «Series 6 Photovoltaic Module,» First Solar, 2021. [Internett]. Available: <https://www.epd-norge.no/epder/byggevarer/solcellepaneler-og-komponenter/series-6-photovoltaic-module>.
- [28] EPD, «Product category rules (PCR): ELECTRICITY, STEAM AND HOT/COLD WATER GENERATION AND DISTRIBUTION, version 4.2,» EPD, 2007:08.
- [29] Statens vegvesen, Bane NOR og Nye Veier, «Infraklima. 2.3.3 Utslippsfaktor for strøm,» 2024. [Internett]. Available: <https://infraklima.no/en/node/45>. [Funnet 04 11 224].
- [30] NVE, «Hvor kommer strømmen fra?,» 18 09 2024. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/energi/energisystem/kraftproduksjon/hvor-kommer-stroemmen-fra/>. [Funnet 18 09 2024].
- [31] K. Hofstad, L. O. Askheim og K. A. Rosvold, «Kraftutveksling med utlandet,» Store Norske Leksikon, 02 07 2022. [Internett]. Available: https://snl.no/kraftutveksling_med_utlandet. [Funnet 08 10 2024].
- [32] Energifakta Norge, «Kraftmarkedet,» 20 02 2024. [Internett]. Available: <https://energifaktanorge.no/norsk-energiforsyning/kraftmarkedet/>. [Funnet 04 10 2024].
- [33] NVE, «Hvor kommer strømmen fra?,» 18 09 2024. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/energi/energisystem/kraftproduksjon/hvor-kommer-stroemmen-fra/>. [Funnet 03 10 2024].
- [34] J. G. Kirkerud, M. Buvik, I. Holm, D. Spilde, M. Sørbye, E. Skaansar, H. Kvandal, H. Birkelund, H. Skulstad, L. Petrusson, K. Fjær og C. Darras, «Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2023, rapport nr. 25/2023,» NVE, 2023.
- [35] Energifakta Norge, «Kraftmarkedet,» [Internett].
- [36] SSB, «Fakta om strøm».
- [37] IEA, «United Kingdom - Sources of electricity generation,» 2023.
- [38] IEA, «The Netherlands - Sources of electricity generation,» 2023. [Internett]. Available: <https://www.iea.org/countries/the-netherlands/electricity>. [Funnet 10 2024].
- [39] IEA, «Sweden - Sources of electricity generation,» 2023. [Internett]. Available: <https://www.iea.org/countries/sweden/electricity>. [Funnet 10 2024].
- [40] IEA, «Denmark - Sources of electricity generation,» 2023. [Internett]. Available: <https://www.iea.org/countries/denmark/electricity>. [Funnet 10 2024].
- [41] Regjeringen.no, «Klimaendringer og norsk klimapolitikk,» 2023. [Internett]. [Funnet 10 2024].
- [42] EU, «2030 climate targets,» [Internett]. Available: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-targets_en. [Funnet 10 2024].
- [43] Miljødirektoratet, «Energisystemer,» 10 06 2022. [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/fns-klimapanel-ipcc/dette-sier-fns-klimapanel/sjette-hovedrapport/energisystemer/#:~:text=Netto%20utslipp%20fra%20energisektoren%20m%C3%A5%20begrenses%20med%2087-97%%20innen%202050>. [Funnet 04 10 2024].
- [44] Energikommisjonen, «NOU 2023:3 Mer av alt – raskere,» 2023.
- [45] Statnett, «Langsiktig markedsanalyse Norge, Norden og Europa 2022-2050,» 2023.
- [46] Energikommisjonen, «Energikommisjonen,» [Internett]. Available: <https://energikommisjon.no/>. [Funnet 08 10 2024].
- [47] Miljødirektoratet, «Klimatiltak i Norge - Kunnskapsgrunnlag 2024, rapport M-2760,» 2024.
- [48] Energi og klima, «Få nye klimatiltak i statsbudsjettet,» 07 10 2024. [Internett]. Available: <https://www.energiogklima.no/nyhet/fa-nye-klimatiltak-i-statsbudsjettet>. [Funnet 10 2024].
- [49] NVE, «Ny kraft: Endelige tillatelser og utbygging,» 2024.
- [50] Energidepartementet, «Tiltaksplan for meir solkraft,» 14 05 2024. [Internett]. Available: <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/tiltaksplan-for-meir-solkraft/id3038638/>. [Funnet 08 10 2024].

- [51] NVE, «Energibruk,» 17 09 2024. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/energi/energisystem/energibruk/#:~:text=Samlet%20%C3%A5rlig%20energibruk%20i%20Norge%20er%20p%C3%A5%20over,av%20fossil%20gass%20og%20fossilt%20drivstoff%20til%20transport..> [Funnet 04 10 2024].
- [52] NVE, «Energietterspør­sel,» 18 06 2021. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/vann-og-vassdrag/vannets-kretsloop/klima/nves-arbeid-med-klimatilpasning/energiettersporsel/#:~:text=Behovet%20for%20komfortkj%C3%B8ling%20vil%20trolig%20%C3%B8ke%20fordi%20antallet%20timer%20der.> [Funnet 04 10 2025].
- [53] Fjordkraft, «Når er strømmen dyrest?,» [Internett]. Available: <https://www.fjordkraft.no/strom/nar-er-strommen-dyrest/>. [Funnet 10 2024].
- [54] Timeanddate, «Soloppgang og solnedgang i Norge,» [Internett]. Available: <https://www.timeanddate.no/astronomi/sol/norge/trondheim?month=12&year=2024.> [Funnet 10 2024].
- [55] NVE, «Solkraft,» 12 06 2024. [Internett]. Available: <https://www.nve.no/energi/energisystem/solkraft/>. [Funnet 10 04 2024].
- [56] IEA, «Report IEA-PVPS T13-05:2014 Analysis of Long-Term Performance of PV Systems,» 2014.
- [57] Sintef, «Hvor godt virker egentlig solceller om vinteren?,» 2018. [Internett]. Available: <https://www.sintef.no/siste-nytt/2018/hvor-godt-virker-egentlig-solceller-i-nordisk-klima/>. [Funnet 10 2024].
- [58] T. B. L. F. E. H. A. M. D. P. J. R. R. S. R. S. P. S. a. R. W. Schlömer S., «Annex III: Technology-specific cost and performance parameters. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,» Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2014.
- [59] Norges vel, «Rapport fra prosjektet: «Solcelleparker i landbruket – erfaringer fra andre land»,» 2023.
- [60] NIBIO, «Solkraftverk på jord- og skogareal,» vol. 10, nr. 9, 2024.
- [61] P. E. Campana, B. Stridh, S. Amaducci og M. Colauzzi, «Optimisation of vertically mounted agrivoltaic systems,» 2021. [Internett]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621032807.>
- [62] S. J. Thomas, S. Thomas, S. S. Sahoo, A. Kumar G og M. M. Awad, «Solar parks: A review on impacts, mitigation mechanism through agrivoltaics and techno-economic analysis,» 2023.
- [63] H. Marrou, L. Guilioni, L. Dufour, C. Dupraz og J. Wery, «Microclimate under agrivoltaic systems: Is crop growth rate affected in the partial shade of solar panels?,» 2013.
- [64] Miljødirektoratet, «Beregningsmal for klimagassutslipp fra karbonrike arealer,» 2023. [Internett]. Available: <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/overvaking-arealplanlegging/arealplanlegging/konsekvensutredninger/metode-for-utredning/klimagassutslipp/6.2-utred-utslipp.>
- [65] Solgrid, «Sammenstilling av klimaregnskap utført for Solgrid AS,» 2024.

8 Vedlegg

8.1 Sammenligning av konsesjonssøknader/konsekvensutredninger

Solgrid utførte i mars 2024 en sammenstilling av klimagassutredninger for fem bakkemonterte solkraftverk: Ørje, Nordvi, Sokna, Fyresdal og Bidsler [65]. Klimagassutslippene ble sammenlignet basert på en analyseperiode på 30 år. Resultatene er presentert i Tabell 8-1. Det er ikke fullstendig transparent hvilke livsløpsfaser og bestanddeler som er inkludert i hver beregning, så det er gjort en tolkning basert på tilgjengelig informasjon, og det er noe usikkerhet i dette. Alle utredningene inkluderer arealbruksendringer og klimanytte utover de inkluderte livsløpsfasene som er spesifisert.

Tabell 8-1: Resultater fra sammenstilling av konsekvensutredninger utført av Solgrid i 2024.

	Ørje	Nordvi	Sokna	Fyresdal	Bidsler
Dato for estimat	Juni 2023	November 2023	November 2023	Desember 2023	Januar 2024
Inkluderte livsløpsfaser	A1-A5	A1-A5	A1-A5, C1-C4	A1-A5, C1-C4	A1-A5, C1-C4
Inkluderte bestanddeler	Solcellepaneler og infrastruktur	Solcellepaneler og infrastruktur			
Endekategori areal	?	?	?	?	?
Analyseperiode [år]	30	30	30	30	30
Utslippsfaktor for solkraftverk [g CO₂-ekv./kWh]	44	38	86	80	74
Utslippsfaktor for europeisk el-miks [g CO₂-ekv./kWh]	122	143	174	174	174

Det er i tillegg utført en gjennomgang og sammenligning av 12 konsekvensutredninger av klimagassutslipp for bakkemonterte solkraftverk i Norge, vist i Tabell 8-2-Tabell 8-4.

¹ Vi har ikke klart å finne i rapporten hvordan arealet som omdisponeres er klassifisert i klimagassberegningen.

Tabell 8-2: Resultater fra gjennomgang av konsekvensutredninger, del 1.

	Birkeland	Him	Måna	Kile	Barkåker
Dato for estimat	Februar 2023	Juni 2023	November 2022	Januar 2023	Juni 2023
Inkluderte livsløpsfaser	A1-A3	A1-A5	A1-A5	A1-A5	A1-A5
Inkluderte bestanddeler	Solcellepaneler og infrastruktur	Solcellepaneler og infrastruktur	Solcellepaneler og infrastruktur	Solcellepaneler og infrastruktur	Solcellepaneler og infrastruktur
Endekategori areal	Beite	Åpen fastmark	Utbygd	? ²	Antatt: utbygd
Analyseperioder [år]	40	30	30	40	30
Utslippsfaktor solkraftverk [g CO₂-ekv./kWh]	26	31	42	33	46
Utslippsfaktor EU-strøm [g CO₂-ekv./kWh]	139	143	122	122	143

Tabell 8-3: Resultater fra gjennomgang av konsekvensutredninger, del 2.

	Furuset	Seval skog	Sem	Sokn
Dato for estimat	Oktober 2021	Mars 2024	September 2024	November 2023
Inkluderte livsløpsfaser	A1-A5	A1-A5, B4 og C1-C4	A1-A5, B4 og C1-C4	A1-A3
Inkluderte bestanddeler	Solcellepaneler og infrastruktur	Solcellepaneler og infrastruktur	Solcellepaneler og infrastruktur	Solcellepaneler
Endekategori areal	?	Beite	Utbygd, beite	Beite
Analyseperiode [år]	30	30	30	30
Utslippsfaktor solkraftverk [g CO₂-ekv./kWh]		20	21	24
Utslippsfaktor EU-strøm [g CO₂-ekv./kWh]		275	106,3	158

Tabell 8-4: Resultater fra gjennomgang av konsekvensutredninger, del 3.

	Nesse	Bronkemoen	Engene	Store Nøkleberg
Dato for estimat	2024	Desember 2022	September 2022	2024
Inkluderte livsløpsfaser	A1-A5	A1-A5	A1-A5	A1-A5 og C1-C4
Inkluderte bestanddeler	Solcellepaneler og infrastruktur	Solcellepaneler og infrastruktur	Solcellepaneler og infrastruktur	Solcellepaneler, systemkomponenter og batterianlegg
Endekategori areal	Beite	-	-	Beite og dyrket mark
Analyseperiode [år]	30	30	30	30
Utslippsfaktor solkraftverk [g CO₂-ekv./kWh]	26	40		21
Utslippsfaktor EU-strøm [g CO₂-ekv./kWh]	130	122		260

8.2 Workshop - rammer

Det ble arrangert en workshop om klimagassvurderinger for bakkemontert solkraft 12.09 i Multiconsults lokaler på Skøyen. Målet med workshopen var å presentere problemstillinger og arbeidet Multiconsult hadde utført så langt, diskutere metodeaspekter og dagens utfordringer, avdekke kunnskapsbehov og ulike perspektiv, samt diskutere veien videre.

Agendaen for workshopen var som følger:

13:00-13:15 (15 min) Introduksjon

13:15-13:30 (15 min) Intro 1: Arealbruksendringer

13:30-13:55 (25 min) Diskusjon 1: Arealbruksendringer

13:55-14:10 (15 min) Oppsummering 1: Arealbruksendringer

14:10-14:25 (15 min) Pause

14:25-14:35 (10 min) Intro 2: Klimanytte

14:35-14:55 (20 min) Diskusjon 2: Klimanytte

14:55-15:00 (5 min) Oppsummering 2: Klimanytte

15:00-15:15 (15 min) Pause

15:15-15:20 (5 min) Intro 3: Systemgrenser, materialer og drivstoff

15:20-15:35 (15 min) Diskusjon 3: Systemgrenser, materialer og drivstoff

15:35-15:40 (5 min) Oppsummering 3: Systemgrenser, materialer og drivstoff

15:40-16:00 (20 min) Avslutning og veien videre

Følgende bransjeaktører deltok i workshopen:

- Solenergiklyngen v/Janne Distad, Dag Tore Seierstad og Anneline Malling Breen
- Multiconsult v/Mette Kristine Kanestrøm, Julie Sandnes Galaaen, Kévin Sanouiller og Kaja Stamer Ekerholt
- Miljødirektoratet v/Jakob Sandven
- NIBIO v/Jonathan Rizzi, Katharina Hobraik og Jostein Frydenlund
- Naturvernforbundet v/Terje Kronen
- IFE v/Heine Nygård Riise
- Differ v/ Ole André Sivertsen
- Aneo v/Bård Øyvind Solberg
- Hafslund v/Marius Gjerset og Hanne Jore
- Norconsult v/Vilde Lundh Andresen
- Sweco v/Jonas Dalby
- NIRAS v/Vegard Ruttenborg



8.3 Høringsrunde

Første versjon av rapporten ble sendt på høringsrunde til aktørene som deltok i workshopen samt andre relevante aktører 14.10.24. Høringsfrist var 25.10.24, og det kom innspill fra Hafslund, Energeia, Solkraft Sør, Miljødirektoratet og NIBIO. Alle innspillene er vurdert og implementert i rapporten der det har vært hensiktsmessig.

8.4 Workshop – presentasjon