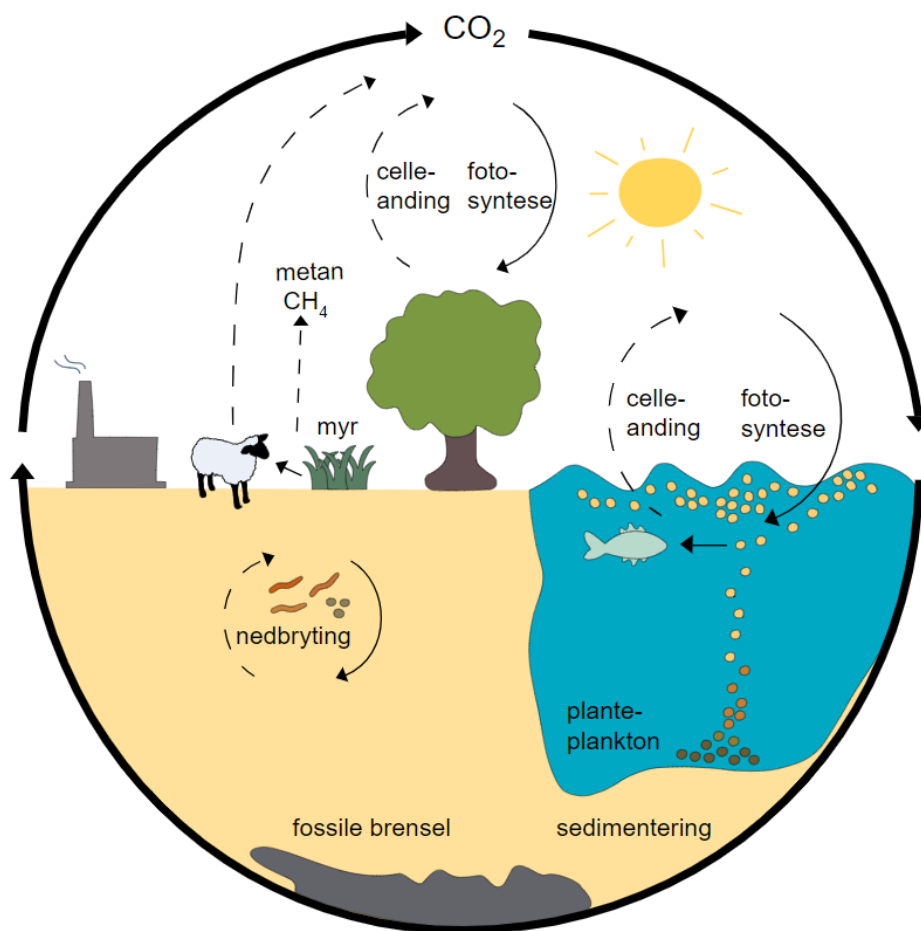


KU-Klimagassutslipp

Beregning for utvidelser rundt
Lauvåsen næringspark



Illustrasjonsbilde: *Karbonkretsløpet* av Junie Loftesnes

Laget av:	Audun Sletten		
Dato:	13.11.23	Versjon:	1
Oppdragsgiver:	Lauvåsen Pukk AS		



1	Innhold	Side
1	Sammendrag	3
2	Innledning.....	3
2.1	Detaljregulering av Lauvåsen	3
2.2	Definering av 0-alternativ.....	3
2.3	Klimagass fra skog og arealbruk	3
3	Grunnleggende forutsetninger.....	4
3.1	Tidsforløp på nedbryting og CO ₂ – utslipp	4
3.2	Forhold mellom karbon og klimagass	4
3.3	Tildekking av myr.....	4
4	Areal og volumberegninger	5
4.1	Areal skog, myr og jordsmonn.....	5
5	Beregning av bundet karbon i berørt areal	6
6	Beregning av tapt klimagassopptak	6
7	Løsning for organisk masse og betydning for klima	7
7.1	Avvirking av skogen og fremtidig nedbryting.....	7
7.2	Avdekking og nedmassing av skogsbunn	7
7.3	Behandling av myrmasse og fremtidig nedbryting	7
8	Konsekvens for klima og avbøtende tiltak	7
9	Referanser	8
8	Beregning bundet karbon.....	9
8.1	Bundet karbon i stående skog.....	9
8.2	Bundet karbon i skogsbunn.....	9
8.3	Bundet karbon i myr.....	10
8.4	Opptak/utslipp	10

Vedlegg:

- A. Beregningsunderlag

1 Sammendrag

De planlagte tilleggsområdene til fyllingsareal og utvidelse av steinbrudd vil berøre 80 daa utmark og 10 daa innmark. Arealendringen har en liten negativ konsekvens for klima, hovedsakelig utslipp fra nedbryting av stående trevirke som må fjernes. Fremtidig utslipp fra nedbryting kan begrenses ved nedmasse myr og skogbunn under fyllingen. Fyllingsarealene kan gjenoppta sin funksjon som opptaker av klimagasser og karbonlager når de istandsettes tilbake til skog og landbruk.

Rapporten beregner mengdene karbon lagret i stående trevirke, myr og skogbunn basert på arealregnskap og utslippskoeffisienter. Det er også beregnet årlige utslipp og opptak fra skogarealene, som viser at den skrinne skogen som er der i dag har mer respirasjon (utslipp) enn opptak av klimagasser.

Klimaberegningen er begrenset til tilleggsområdene og beregner klimakonsekvens ift. en 0-situasjon der disse områdene forblir regulert til LNFR som de er i dag.

Utbyggingen av 400 dekar næringsområde og blågrønn struktur på Lauvåsen, er i tråd med overordnet områderegeringsplan fra 2010. Utbyggingen medfører ikke vesentlig forskjellig konsekvens for klima enn 0-situasjonen som defineres fra nevnte områderegering. Skog og myr-områdene rundt Lauvåsen er utelatt fra denne beregningen, nettopp fordi de allerede er regulert til utbyggingsformål.

2 Innledning

2.1 Detaljregulering av Lauvåsen

Et stort myr- og skogområde ovenfor Lånkebanen på Hell, har siden 2010 vært avsatt til næring i områderegeringsplan og skal nå detaljreguleres. I den forbindelse reguleres det også tilleggsområder til fyllingsareal og steinbrudd, som tidligere har vært avsatt til LNFR. Pro Invenia er engasjert som plankonsulenter på vegne av utvikler Lauvåsen Pukk AS, søsterselskapet til Brødrene Bjerkli AS. Følgende rapport beskriver berørte skog- og myrområder, beregner karbonmengder lagret og endret klimagassopptak som følge av omreguleringen fra LNFR og endret arealbruk.

Miljødirektoratets KU-veileder M-1941 legges til grunn for utredningen.

2.2 Definerings av 0-alternativ

I følgende utredning, er den planlagte utbyggingen av tilleggsområdene vurdert opp imot et 0-alternativ med bevaring av arealene og vegetasjonen som den er i dag. Områdene *småmyran*, *tørrmyra* og *stormyra øst* er allerede avsatt til næringsområde i områderegeringsplan fra 2010, og telles derfor ikke med i denne utredning.

2.3 Klimagass fra skog og arealbruk

Utslipp og opptak av klimagasser fra skog, landbruk og arealendringer, rapporteres under en egen kategori (LULUCF; land use, land use change and forestry). Kort forklart representerer skog, den mest fordelaktige arealbruk i klimaperspektiv da trær og skogbunn både lagrer og tar opp mest karbon, mens dyrka mark og beiteland representerer netto utslipp av klimagasser, hovedsakelig på grunn av metanutslippet (CH₄) fra dyr og lystgass (N₂O) fra gjødsling. Utbygging til urbane områder, representerer netto utslipp, gjennom at arealets tidligere klimagassopptak forsvinner.

Skogen og plantene som tar opp CO₂ er del av karbonkretsløpet og vil etter hvert frigjøre karbonet i form av CO₂ når de råtner og mikroorganismer bryter ned det organiske materialet. Trevirke som man eventuelt lager av skog vil også frigjøre karbonet den dagen det brennes eller råtner. På lang sikt går opptak og utslipp av karbon opp i opp. En plante slipper ut igjen like mye som den tok opp.

3 Grunnleggende forutsetninger

3.1 Tidsforløp på nedbryting og CO₂ – utslipp

Frigjøring av CO₂ fra organisk masse som myr, skogbunn eller tømmer, krever som kjent lufteksponering over langt tidsforløp. For å gi en pekepinn på hvor lang tid nedbrytingen tar, har Digital Geologi AS gjort prøvetakinger av området som er analysert for organisk innhold ved laboratoriet NBTL.

Analysert myrmasse fra myra som ble drenert i ca. 1962, viser samme mengde organisk innhold som myrmasse fra inntakt myr. Selv om det foreligger unøyaktigheter, indikerer dette likevel at det organiske innholdet har ikke forsvunnet gjennom forråtnelse eller utvasking etter 60 år med eksponering. Dette tyder på at myrmasse eksponert gjennom drenering eller oppgraving, bevarer karbonet i minst 50år.

For å få et realistisk bilde av klimautslippene fra arealendringen i området, må derfor frigjøring av bundet CO₂ skyves minst 50år frem i tid.

3.2 Forhold mellom karbon og klimagass

Karbon er grunnstoffet som binder seg til oksygen og hydrogen i utallig mange varianter molekylkjeder, slik som sukker og cellulose, men opptrer også som gassen karbondioksid (CO₂) eller metangass (CH₄). Når vi snakker om frigjorte klimagasser fra nedbryting av plantemateriale, er det karbon-atomet fra blant annet sukkerkjedene som «hopper sammen» med to oksygenatom til å danne CO₂, eller to hydrogenatom til å danne CH₄, hvis det er snakk om anaerob nedbryting.

I omregning fra lagret karbon mengde til mengde klimagassutslipp, brukes gjerne et forholdstall 3,6 som representerer vektøkningen fra ren karbon (12g/mol) til CO₂ (44 g/mol). De rapporterte karbonmengder som antas fullt nedbrutt skal derfor ganges med 3,6 for å få tonn CO₂.

3.3 Tildekking av myr

Nibio gjennomførte gassmålinger av oksygen (O₂), metan (CH₄), lystgass (N₂O) og (CO₂) på ei oppdyrka myr på Fræna i perioden 2017-2019. Et interessant funn, var måling av synkende O₂ mengde under mektigere tildekkingen av mineraljord. Under 90 cm mineraljord var O₂-konsentrasjonen nede i 0%. (Rivedal & Øpstad, 2020). Erfaringene fra nevnte forskningsprosjekt fortelles oss at tilstrekkelig tildekking eller nedmassing av myr, vil i stor grad hindre nedbryting og påfølgende frigjøring av CO₂.

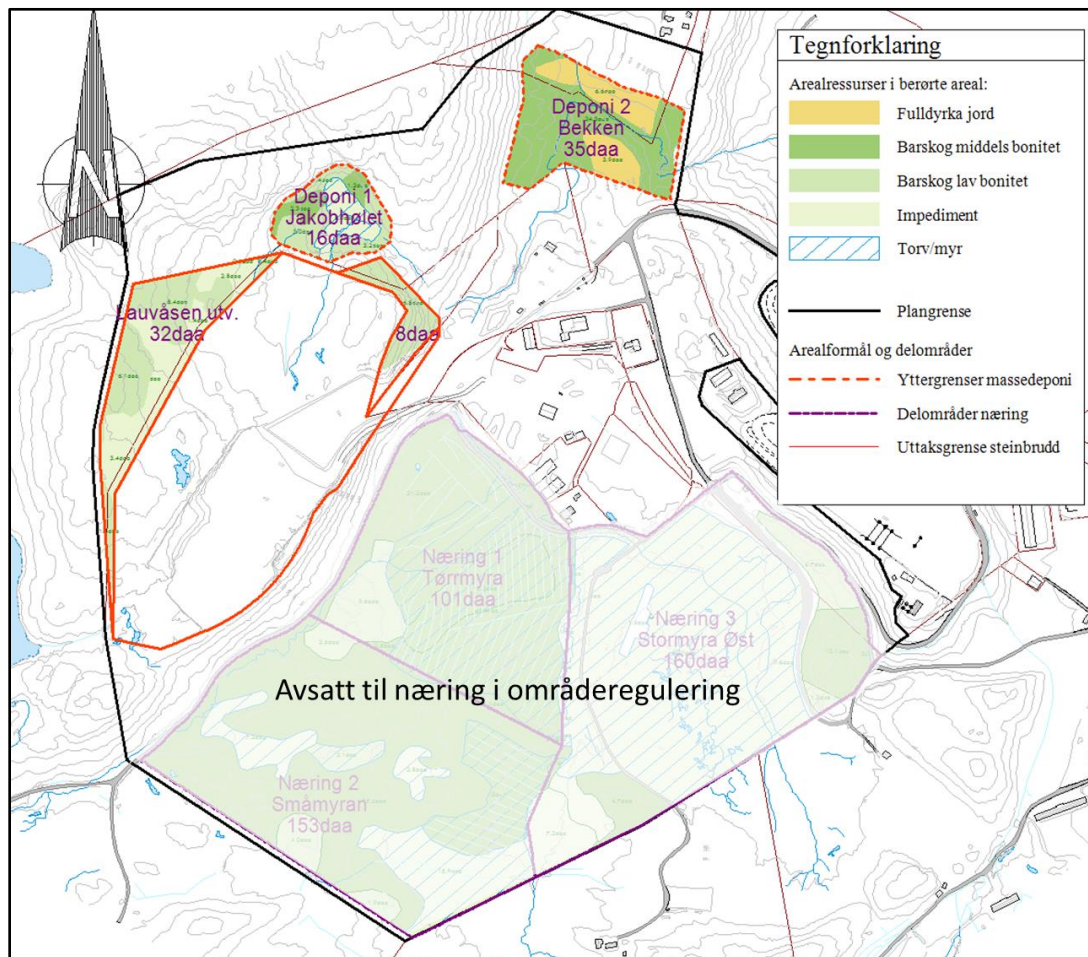
4 Areal og volumberegninger

4.1 Areal skog, myr og jordsmonn

Berørte arealressurser fremgår av kart og tabell under:

Tabell 1 Berørte arealer fordelt på arealressurs og bonitet fra AR5. Andelen myrareal angis i separat kolonne høyre

Delområde	Skogareal (dekar)			Annet	Totalsum	Myrareal dekar
	Impediment	Lav Bonitet	Mid. Bonitet			
Bekken			24.27	10.49	34.76	
Jakobhølet	5.01	7.60	3.43		16.04	5.01
Lauvåsen utv.	15.41	23.50			38.91	
TOTALSUM	20.42	31.10	27.70	10.49	89.71	5.01



Figur 1 Arealressurskartet klippet mot yttergrensene for de ulike delområder av berørt areal.

Skogarealene i tabellen over ganges med gjennomsnittlige tall fra landskogtakseringen for andel stående trevirke per m² og andel biomassevolum basert på de ulike bonitetene. Fra dette kan det beregnes mengden karbon bundet i stående biomasse for de berørte arealene.

5 Beregning av bundet karbon i berørt areal

Arealene berørt av utbyggingen inneholder betydelige karbonmengder bundet i organisk materiale som fordeler seg på myr, skogbunn og stående trevirke. I vedlegg fremgår det hvordan man har forsøkt å beregne en riktigst mulig teoretisk karbonmengde, basert på erfaringstall, kartlagte boniteter og volumberegninger fra geofysikk. Resultat av beregningen er oppsummert i 2 under.

Tabell 2 Oppsummering av beregnede karbonmengder bundet i berørte delområder

Delområde	Myr Tonn C	Skogbunn Tonn C	Stående trevirke Tonn C	Totalt Tonn C
Bekken	-	257	158	415
Jakobhølet	213	82	44	339
Lauvåsen utv.		159	77	236
TOTAL Karbon i tilleggsområder	213	498	279	989

Samlet sett representerer skogbunnen det største karbonlageret i de 3 utvidelsesområdene. Karbonmengdene bundet i myr og bundet i skogbunn kan i større eller mindre grad utsettes for nedbryting som frigjør klimagasser, avhengig av om materialet blir nedmasset eller kjørt bort. Løsning for dette og betydning for klima er nærmere omtalt i avsnitt 7.

6 Beregning av tapt klimagassopptak

Skog- og myrområdene som nedbygges som følge av utbyggingen, er del av karbonkretsløpet som omgjør CO₂ fra lufta og vann fra bakken til karbohydrater gjennom prosessen vi kjenner som fotosyntese. Samtidig som skogen puster inn CO₂, puster den også ut en mindre mengde CO₂ gjennom nedbryting, respirasjon. Tabellen under viser utslipp og opptak fra delområdene, beregnet ut ifra arealer av ulike skogboniteter og myr og Miljødirektoratets utslippintensiteter gjengitt i tabell 7 i vedlegg.

Tabell 3 Oppsummering av beregnede mengder utslipp (røde tall) og opptak (grønne tall) av klimagasser før og etter utbygging

Samlet effekt på årlig opptak/utslipp Delområde	Beregnet utslipp/opptak fra arealene over 20 år		
	Situasjon 0 t CO ₂ -eq.	Hvis utbygging t CO ₂ -eq.	Netto effekt av arealbruksendringen t CO ₂ -eq.
Bekken	-7.77	-16.80	-9.03
Jakobhølet	9.43	-2.57	-12.00
Lauvåsen utv.	41.82	0	-41.82
Hele utbyggingsområdet	43.49	-19.37	-62.86

Vi ser av tabellen over at de aktuelle tilleggsområdene *Jakobhølet* og *Lauvåsen utvidelse* har mer respirasjon enn opptak i den skrinne skogen som er der i dag, mens Bekken har i dag netto opptak av klimagasser. Fordi områdene *Bekken* og *Jakobhølet* skal fylles opp og istandsettes tilbake til skog og dyrka mark innen 10 år, kan vi få økt opptak av klimagasser når den nye vegetasjonen vokser. I utvidelsesområde for Lauvåsen steinbrudd vil det ikke komme opp noe ny vegetasjon av betydning, og heller ikke noe nytt klimagassopptak av betydning.

Samlet sett vil utbyggingen i tilleggsområdene gjør at man reduserer utslippet fra respirasjon som er i dag. Istandsetting tilbake til skog og dyrka mark kan øke opptaket i fremtiden.

7 Løsning for organisk masse og betydning for klima

7.1 Avvirking av skogen og fremtidig nedbryting

Skogen avvirket og nyttes til ulike formål avhengig av kvalitet. De største trærne nyttes som sagtømmer mens mindre krattskog blir kutta til flis. Krattskog, greiner og tømmer til brenselved vil naturlig nedbrytes og frigjør klimagass tidligere enn sagtømmer.

Det er skogen innenfor området *Bekken* som har høyest bonitet, størst karbonmengde lagret (både i trevirke og skogbunn) og høyest opptak av klimagasser. Utbygging av dette område vil derfor medføre større klimagassutslipp enn de øvrige to områdene.

7.2 Avdekking og nedmassing av skogbunn

Skogsbunnen i berørte områder er stedvis moldrik og sammen med stubber og røtter fra trær, utgjør det masse med høyt karboninnhold. For *Lauvåsen utvidelse* er det nødvendighet å avdekke dette topplaget, mens for fyllingsarelene *Jakobhølet* og *Bekken* finnes to alternative løsninger; nedmassing eller avdekking. Vurderingen er at det tynne topplaget med skogbunn i områdene bør bli liggende, med fyllingsmassene lagt over, da dette i større grad vil bevare karbonet mot nedbryting. Når områdene er ferdig oppfylt, kan de istandsettes med organisk topplag hentet fra næringsområdene.

7.3 Behandling av myrmasse og fremtidig nedbryting

Oppfylling i området *Jakobhølet* vil berøre ei lita myr på 5 daa. Den beste løsning for bevaring av karbonet og for anleggsteknisk gjennomføring, er å nedmasse myra under oppfyllingen. Dette vil presse myrmassene sammen under vannspeilet slik at de ikke eksponeres for luft og nedbrytes.

De kartlagte torv- og myrmassene i utbyggingsområdet for næring bør imidlertid fjernes, sett fra et anleggsteknisk perspektiv. Myra må masseutskiftes med steinfylling helt ned til faste morenemasser som er kartlagt 2-5m under dagens myr-overflate. Dette for å unngå setningsproblematikk på næringstomtene.

8 Konsekvens for klima og avbøtende tiltak

Regulering av LNFR området til steinbrudd medfører fjerning av 39 dekar skogareal av lav bonitet, der anslagsvis 236 tonn karbon er lagret. Disse karbonmengdene vil over tid være gjenstand for nedbryting som slipper ut CO₂.

Regulering av fyllingsarealene i *Jakobhølet* og *Bekken* vil midlertidig nedbygge 40 daa skog og 11 daa dyrka mark, der de lagrede karbonmengder i myr og skogbunn kan bevares mot nedbryting om de blir liggende under fyllingen. Stående trevirke i områdene har lagret 202 tonn karbon, hovedsakelig i området *Bekken*. Disse karbonmengdene vil også være gjenstand for nedbryting.

De berørte tilleggsområdene har hovedsakelig skrinnet skog og derfor begrenset klimagassopptak i dag. Med tidlig og godt gjennomført istandsetting av områdene til skog og dyrka mark etter oppfylling, kan arealene gi et bedre klimagassopptak enn de har i dag.

Samlet sett gir utbyggingen av de tre tilleggsområdene en liten konsekvens for klima, hovedsakelig knyttet til stående trevirke. Utslipp av klimagasser fra nedbryting blir begrenset med den valgte løsning å nedmasse myr og skogbunn under fyllingsmassene for så å gjenopprette opptak og lagring av karbon når arealene istandsettes.

9 Referanser

Grønland, A., Bjørkelo, K., Hysten, G., & Tomter, S. (2010). *CO₂-opptak i jord og vegetasjon i Norge. Lagring, opptak og utslipp av CO₂ og andre klimagasser.* . Bioforsk-Rapport-2010-05-162.

Jensen, J., Christensen, B., Schjønning, P., Watts, C., & Munkholm, L. (2018, Juli). Converting loss-on-ignition to organic carbon content in arable topsoil: pitfalls and proposed procedure. . *Eur J Soil Sci.*

Lovelock, C. E., Fourqurean, J. W., & Morris, J. T. (2017, vol 4). Modeled CO₂ Emissions from Coastal Wetland Transitions to Other Land Uses: Tidal. *Frontiers in Marine Science.*

Rivedal, S., & Øpstad, S. (2020). *Jord, drenering, klimautslipp.* Fureneset: NIBIO.

Siggerud, E. H. (2023). *Resultater glødetapsmålinger myrmateriale Stormyra, Stjørdal.* Trondheim.

VEDLEGG – Beregningsunderlag

8 Beregning bundet karbon

8.1 Bundet karbon i stående skog

Næringsområdet og fyllingsareal berører barskogområde varierende mellom lav og middels bonitet og varierende alder.

Det er beregnet hvor mye karbon som er bundet i skogen ved bruk av følgende parametere og antagelser:

Tabell 4 Parametere brukt til utledning av karbonmengde i stående skog

Skogskategorier	Stående masse trevirke	Biomasse-volum per stammevirke	Densitet	Tørr biomasse	Karbon-innhold	Karbon per areal <i>kg C / m²</i>
	<i>m³/daa</i>	<i>m³ / m³</i>	<i>t/m³</i>	<i>tonn/m³</i>	%	
Lav bonitet	7.3	2	0.45	0.9	50 %	3.3
Lav/mid bonitet*	9.0	2	0.45	0.9	50 %	4.1
Middels bonitet	12.3	2	0.45	0.9	50 %	5.5
Høy bonitet	19.3	2	0.45	0.9	50 %	8.7
Uproduktiv skog	2.5	2	0.45	0.9	50 %	1.1

* Kategori er tilført for å gjenspeile arealene i Småmyran med mid. Bonitet, men som har lav tetthet på skog

Tallene lengst til høyre i tabellen over samsvarer med tallene i rapport *Metode for beregning av karbon- utslipp knyttet til arealbeslag ved vegbygging* (Vold m.fl. 2015).

8.2 Bundet karbon i skogsbunn

Skogsjorda utgjør et stort karbonlager fordi den naturlig tilføres organisk materiale fra planter og dyr som blander seg inn med mineralske løsmasser. Trærne sine røtter og stubber teller også som del av skogsjorda, som bevares i lang tid før nedbryting. I beregningen av skogsbunnens karbonmengde, har man inndelt i tre kategorier etter vektprosent organisk materiale, for å bedre gjenspeile forskjellen mellom de skrinne skogområdene med lav bonitet og de rikere skogområdene i planområdet. I tabell under presenteres parametere brukt i beregningen:

Tabell 5 Parametere brukt til utledning av karbonmengde i skogsbunn

Kategorier skogsbunn	Mektighet jordsmonn <i>m</i>	Densitet <i>kg/m³</i>	Andel tørrstoff <i>vol %</i>	Organisk materiale <i>vekt%</i>	Organisk materiale <i>kg/m²</i>	Karbon- andel <i>%</i>	Karbon per areal <i>kg C / m²</i>
Lite organisk	0.3	1500	0.5	6 %	13.5	50 %	6.8
Middels organisk	0.3	1500	0.5	8 %	18	50 %	9.0
Rik organisk	0.3	1500	0.5	12 %	27	50 %	13.5
Standardverdier uavhengig av bonitet, alder (vold m.fl. 2015)							13.1

Tallene for vekt-% organisk materiale baserer seg på antagelser og erfaring. Vi ser at standardverdien for karbon per skogbunn-areal fra *Metode for beregning av karbon- utslipp knyttet til arealbeslag ved vegbygging* (vold m.fl. 2015), korresponderer med våre tall for rik organisk skogbunn, men vil åpenbart gi en overestimering om det brukes for skinnere skogarealer. Derfor brukes utslippskoeffisientene fra egen utledning.

8.3 Bundet karbon i myr

Berørte myrområder består av mesteparten vann, men også relativt høy tetthet organisk materiale i de nederste delene, betegnet som såkalt Aapamyrr eller blautmyr. Parameterne som er brukt i beregningen er baseres på erfaringstall fra (Grønland, Bjørkelo, Hysten, & Tomter, 2010). Beregnet spesifikk karbonmengde for de to myrtypene fremkommer i tabell under:

Tabell 6 Parametere brukt til utledning av karbonmengder i myr

Kategorier Myr	Volumvekt tørrstoff <i>kg/m³</i>	Karbon- andel <i>%</i>	Karbon per volum <i>kg C / m³</i>
Høgmyr	85	50 %	43
Aapamyrr (blautmyr)	150	50 %	75

8.4 Opptak/utslipp

Endringer i opptak og utslipp av CO₂ er beregnet med utslippsintensiteter fra Miljødirektoratets verktøy, gjengitt i tabell under for ulike skogs-boniteter:

Tabell 7 Erfaringstall for utslipp og opptak av klimagasser fra arealbrukskategorier

	Opptak (negative tall) og utslipp (positive tall)	
	<i>tonn CO₂-eq/ daa/år</i>	
Lav bonitet skog	0.089	Kilde: Miljø- direktoratets verktøy for arealbruks- endringer
Middels bonitet skog	-0.016	
Høy bonitet skog	-0.113	
Myr	-0.030	
Dyrka mark, organisk jord	3.018	
Dyrka mark, mineraljord	-0.028	