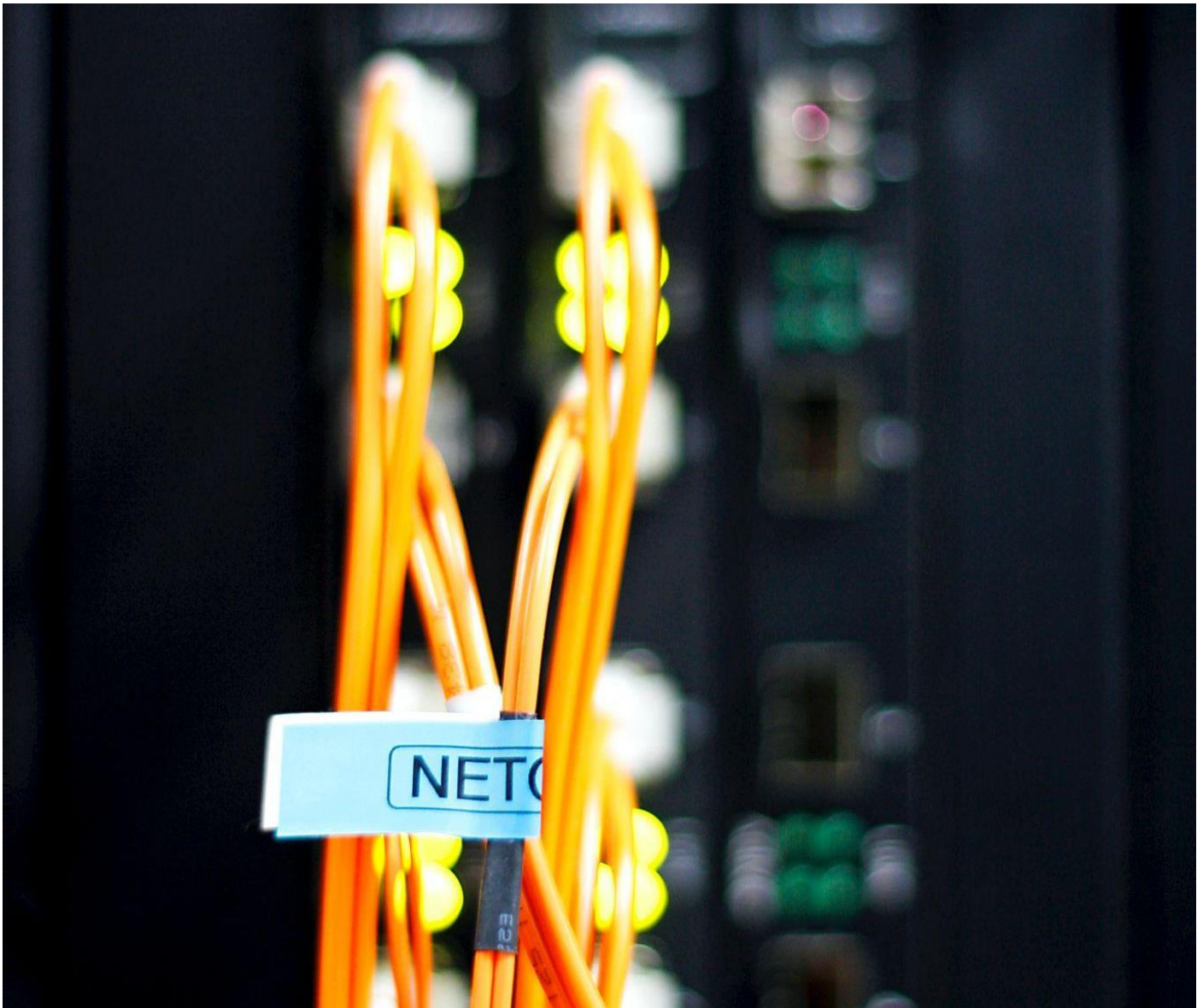


# Klimafotavtrykk fra utrulling av fiber

Prosjekt for IKT Norge



## RAPPORT

Utarbeidet av:

- Eric Rambech
- Valentin Vandenbussche

Versjon: 01

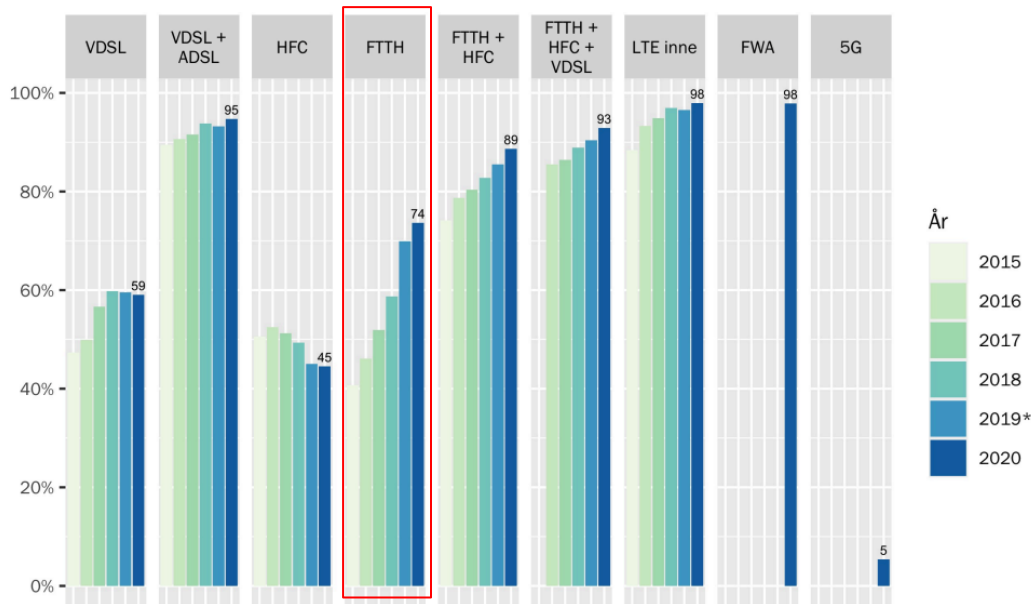
Dato: 28.12.2022

## Innholdsfortegnelse

|     |                                           |    |
|-----|-------------------------------------------|----|
| 1   | Introduksjon                              | 3  |
| 1.1 | Hensikt og omfang                         | 3  |
| 1.2 | Samarbeidspartnere                        | 4  |
| 1.3 | Innhold                                   | 5  |
| 2   | Kort om utrulling av fiber                | 6  |
| 3   | Funn fra analysen                         | 8  |
| 3.1 | Beskrivelse og resultater for hver case   | 8  |
| 3.2 | Sammenligning av casene 1 til 5           | 14 |
| 3.3 | Effekt av endringer i sentrale parametere | 16 |
| 3.4 | Oppsummering                              | 19 |
|     | Vedlegg: Metodikk                         | 20 |
|     | V.1 Generelt om metodikken                | 20 |
|     | V.2 Viktigste parameter og faktorer       | 21 |
|     | V.3 Utslippsfaktorer                      | 22 |
|     | A.4 Lenker til relevante datakilder       | 23 |

# 1 Introduksjon

Ifølge NKOM hadde 74 prosent av norske husstander tilgang til fiberbredbånd ved slutten av 2020. Som vist i figuren nedenfor øker dekningen raskt, noe som medfører et omfattende arbeid med utrulling av fibernettverk på tvers av kommunene i Norge.



Figur 1 - Bredbåndsdekning for ulike aksessteknologier, inkludert fiber ("FTTH") (kilde: [NKOM](#))

Det er lite kjent i hvor stor grad utrulling av fiber bidrar til klimagassutslipp i Norge. I tillegg opplever mange telekom-selskaper involvert i utrulling av fiber stor variasjon i de kravene kommunene stiller for denne typen arbeid. Det er heller ikke kjent hvordan ulike tekniske krav påvirker fotavtrykket av utrulling av fiber.

## 1.1 Hensikt og omfang

IKT Norge, sammen med konsulenthuset Otte og en rekke telekom-selskaper, ønsker å kartlegge det totale klimafotavtrykket av utrulling av fiber, og bedre forstå hvordan kommunale krav påvirker utslippene. Relevante krav inkluderer for eksempel dybde på grøften, behov for massehåndtering, mulighet til å gjenbruke gravmasser, og behov for reasfaltering ved slutten av prosjektet.

Omfanget for analysen inkluderer:

- FTTX - Fiber to the home / building. Dette betyr fiber som kobler et sentral knutepunkt med hvert hus eller bygning i et definert område. Dette omtales gjerne som "last mile" av fibertilkobling.
- Kun selve utrulling av fiber er inkludert (ikke utslippene fra bruksfasen), det vil si fra endt prosjektering til ferdiglagt fiber.
- Egeninitierte fiberprosjekter, det vil si prosjekter som ikke omfatter andre aktiviteter i tillegg som f.eks. vann, avløp osv.

Omfanget for klimagassutslippene inkluderer både de direkte (scope 1) og indirekte utslipp (scope 2-3):

- De direkte utslipp (scope 1) er stort sett de som kommer fra bruk av drivstoff til maskiner på anleggsplassen.

- De indirekte utslipp (scope 2-3) er alt resten: det med logistikk og produksjon av materialer for eksempel.

Merk at utslipp forbundet med produksjon av fiber, rør o.l. ikke er hensyntatt i analysen. Dette fordi de vil være like på tvers av de forskjellige utrullingsmetodene og bidrar derfor ikke til å synliggjøre forskjeller i fotatvtrykk mellom metodene.

## 1.2 Samarbeidspartnere

Prosjektet er et samarbeid mellom IKT Norge/Otte og flere aktører fra telekombransjen (telekomselskaper og entreprenører). Følgende organisasjoner er p.t. inkludert i samarbeidet.



Figur 2 - Samarbeidspartnere i prosjektet

## 1.3 Innhold

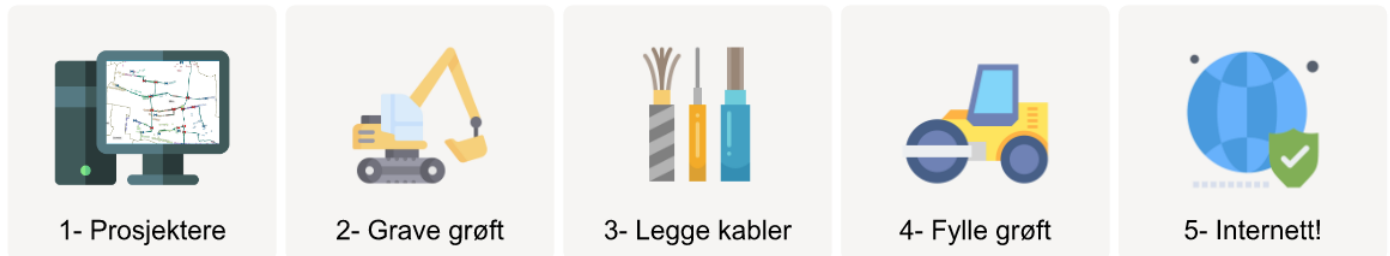
Denne rapporten er utarbeidet av Endrava på vegne av prosjektgruppen. Den er organisert med følgende kapitler:

- Kapittel 2, “Kort om utrulling av fiber”, gir en introduksjon om metodene for utrulling av fiber og viktige parameter.
- Kapittel 3, “Funn fra analysen”, detaljerer de resultatene fra klimafotavtrykksanalysen for hver case, og viser effekt av endringer i sentrale parametere.
- Vedleggene V1-V4 beskriver metodikken, presenterer de viktigste parameter og faktorer, og gir lenker til relevante datakilder brukt i analysen.

## 2 Kort om utrulling av fiber

### Stegene i et fiberprosjekt

Figuren nedenfor gir en forenklet oversikt over de viktigste stegene i et prosjekt for utrulling av fiber.

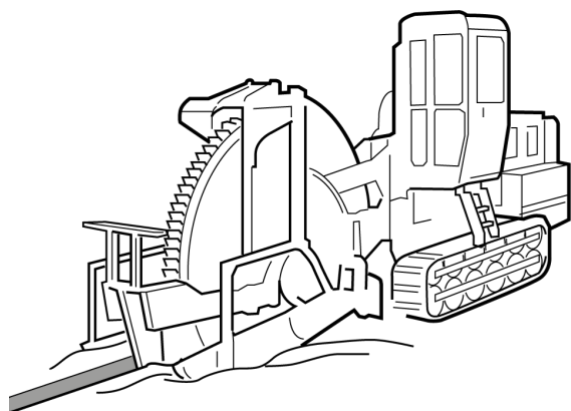
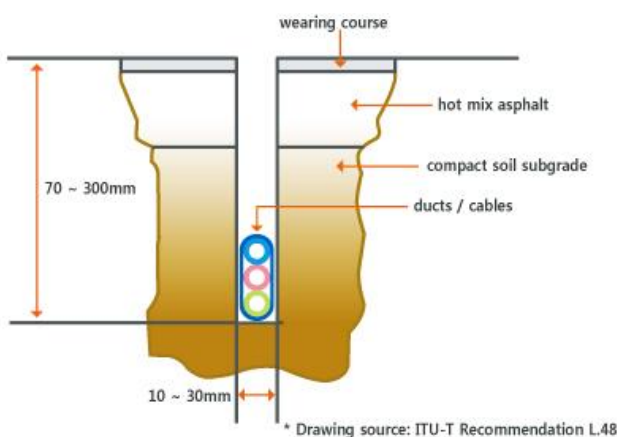


1. I prosjekteringsfasen lager man en plan over hvor fiberen bør legges, avhengig av behovet for koblinger, lokal infrastruktur, og krav fra lokale myndigheter.
2. Når planen er bekreftet, kan man gå ut og grave. Der er ulike teknikker for å grave og legge fiber, avhengig av lokale forhold og krav.
3. Når grøften er gravd ut, kan man legge fiberkabler. Man legger disse kablene i rør, gjerne med flere fiberkabler i samme rør. Det er også mulig å blåse fiber i eksisterende rør, ved behov.
4. Når kablene er på plass, kan man fylle igjen grøften. Man kan bruke ulike materialer som for eksempel sand, opprinnelige gravemasser, og nye omfyllingsmasser (e.g. veigrus, puk, osv.). Ved behov, kan man også legge ny asfalt over grøften når den er fylt opp.
5. Etter at fiberkablene er koblet får man internett tilgang.

### Ulike teknikker og maskiner

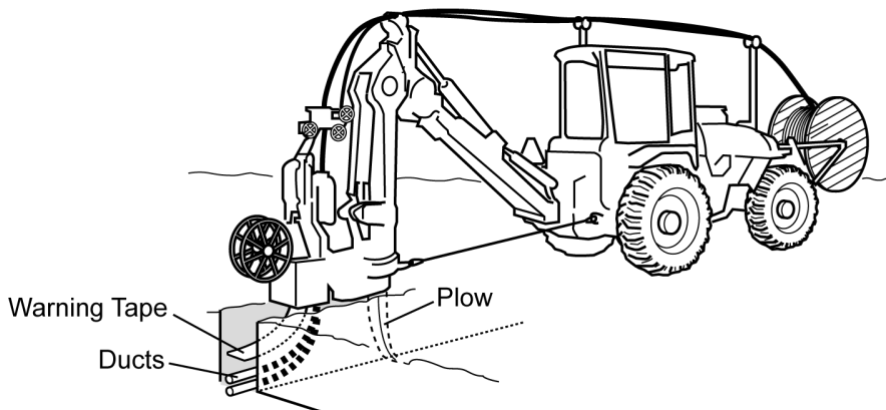
Man kan benytte seg av flere ulike teknikker og maskiner for å legge fiber, avhengig av lokale forhold og krav.

Med **microtrench** "kutter" man en smal grøft i bakken, med ca. 2-3 cm bredde og opp til 40 cm dybde. Teknikken gjør det mulig å legge fiber under bakken med minimalt inngrep, særlig i områder hvor bakken er kompakt (f.eks. urbane områder). Bruk av microtrench-teknikken forutsetter at grøften ikke kommer i konflikt med annen eksisterende infrastruktur under bakken. Med denne teknikken kan man rulle ut opp til 500 meter fiber per dag.



Figur 3 - Illustrasjon av microtrench (kilder: venstre: [Fiberplex, 2014](#), høyre: [Hexatronic, 2021](#))

Ved å bruke en **fiberplog** kan man plassere fiberkabler direkte under bakken uten å måtte grave en grøft. Plogen settes på en gravemaskin og den trekker kablene direkte i bakken, opp til 50 cm dybde. Dette forutsetter at bakken er fri for store objekter (f.eks. stein, annen infrastruktur). Med fiberplog kan man rulle ut opp mot 500 meter om dagen.

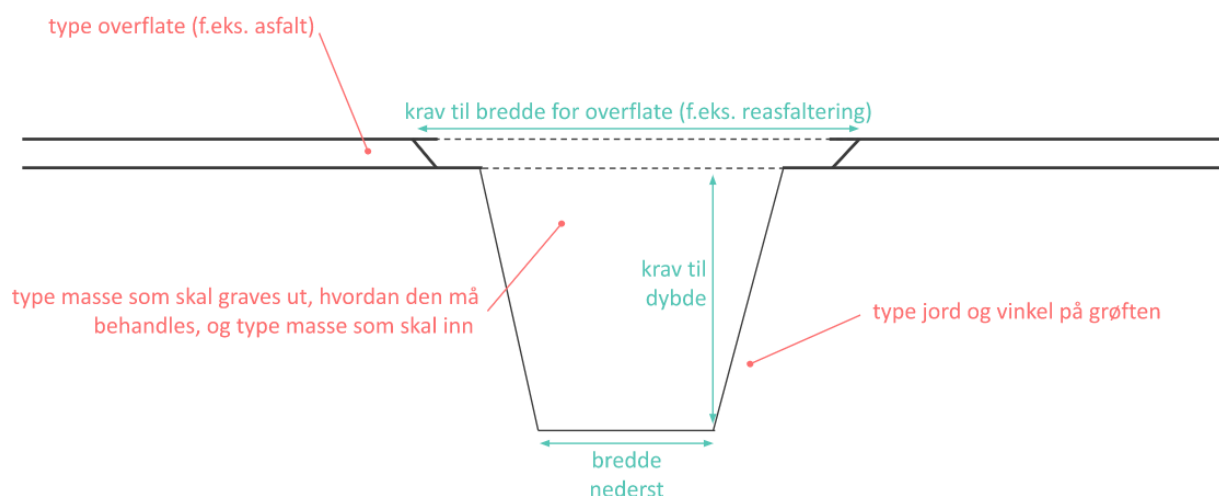


Figur 4 - Illustrasjon av bruk av fiberplog (kilde: [Hexatronic, 2021](#))

Den mest konvensjonelle teknikken er å bruke en **gravemaskin** for å grave grøft. Man kan grave opp til 100 cm dybde, og denne teknikken genererer store mengder gravemasse som må lagres lokalt eller på et annet egnet sted. Bruk av gravemaskin er en mer fleksible løsning enn microtrench eller fiberplog, da man ikke har spesielle krav til grunnforholdene. Den er derimot mer inngripende og omfattende, og man graver til vanlig kun 30 til 150 meter per dag, avhengig av prosjektet.

### Sentrale parametere i en konvensjonell grøft

Det er krav til dybde og type jord som definerer størrelsen på grøften. Avhengig av type jord trenger man en vinkel for veggene i grøften, noe som øker volumet som må graves ut. Avhengig av type overflate, kan det også være behov for mer gravearbeid, og overflatebehandling (f.eks. asfaltering) i etterkant.



Figur 5 - Tegning av en konvensjonell grøft og viktige parametere som påvirker gravearbeidet



## 3 Funn fra analysen

### 3.1 Beskrivelse og resultater for hver case

Analysen er bygget opp rundt fem ulike “case” som representerer et spenn av teknikker og krav for når man ruller ut fiber i Norge. De ulike casene er oppsummert i tabellen nedenfor.

Tabell 1 - Case brukt i analysen

| Case # | Maskin / teknikk                                       | Dybde (cm) | Bredde (cm)   | Gjenbruk av gravemasse | Lagring eller deponering av gravemasse | Asfaltering  |
|--------|--------------------------------------------------------|------------|---------------|------------------------|----------------------------------------|--------------|
| 1      | Microtrench i urbant strøk                             | 30         | 3             | Nei                    | Ja (deponering)                        | Nei (fuging) |
| 2      | Fiberplog i landbruksområde eller ved siden av veien   | 40         | /*            | /*                     | Nei                                    | Nei          |
| 3      | Gravemaskin i landbruksområde eller ved siden av veien | 100        | 20 cm nederst | Ja                     | Nei                                    | Nei          |
| 4      | Gravemaskin i “ikke urbane” områder                    | 60         | 20 cm nederst | Ja                     | Ja (midlertidig lagring)               | Ja           |
| 5      | Gravemaskin i urbant strøk                             | 40         | 20 cm nederst | Nei                    | Ja (deponering)                        | Ja           |

\* for fiberplog er ikke bredde og gravemasse relevante parametere

For alle casene er det lagt til grunn at alle maskiner kjøres på fossil diesel (lastebiler, gravemaskiner, osv.). Analyseoppsettet i Excel som følger denne rapporten har også mulighet til å gjøre analyser for biodrivstoff (HVO20 og HVO100) og strøm.

Avsnittene nedenfor beskriver hver case mer i detalj med en tilhørende oversikt over klimagassutslipp.



### 3.1.1 Microtrench i urbant strøk



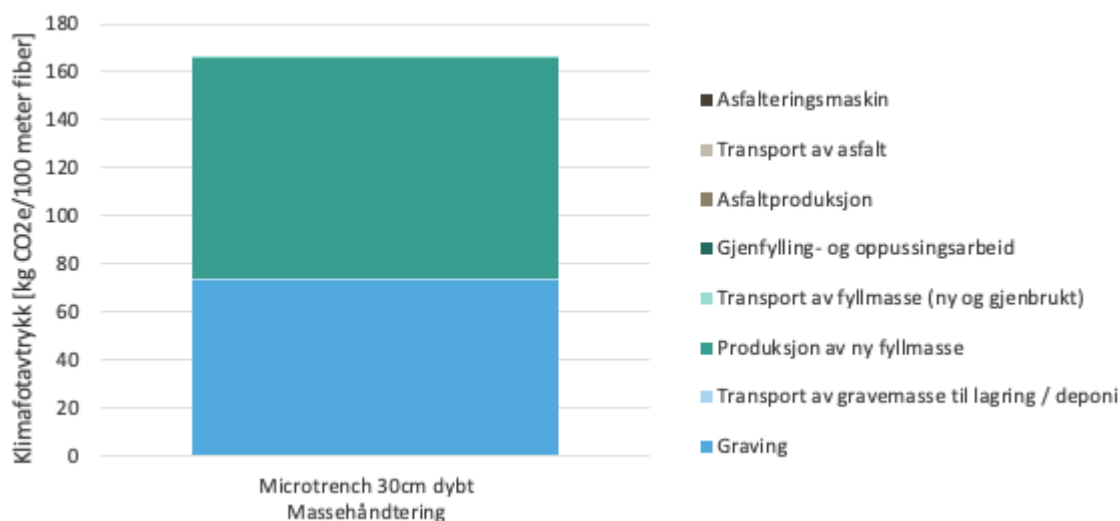
Figur 6 - Eksempel på microtrench-teknikken (foto: [Flemming Skahjem-Eriksen](#))

#### Beskrivelse

I case 1 bruker man en microtrench-maskin for å “kutte” en 30 cm dypt og 3 cm bred grøft i en asfaltert vei. Der er ikke mulighet for å gjenbruke gravemassene, og grøften fylles med fiber i rør (se kapittel 2), sand og veigrus type 0-4/4-8. På grunn av den smale bredden på grøften er det ikke hensiktsmessig å asfaltere overflaten, og det brukes i stedet et lag med en bitumenbasert fugemasse.

#### Klimagassutslipp

De totale klimagassutslippene ved bruk av microtrench summerer til 170 kgCO<sub>2</sub>e/100m fiber. Det er indirekte utslipp forbundet med produksjon av fyllmasser som bidrar mest til utslipp (sand, veggrus og bitumenbasert fugemasse), med mer enn halvparten av det totale klimafotavtrykket. Direkte utslipp fra bruk av drivstoff i microtrench-maskinen bidrar også til en stor andel av utslippene. De andre aktivitetene har enten null eller ubetydelige utslipp i denne casen.



Figur 7 - Detaljer over klimafotavtrykket av case 1 “Microtrench i urbant strøk”

### 3.1.2 Fiberplog i landbruksområde eller ved siden av veien



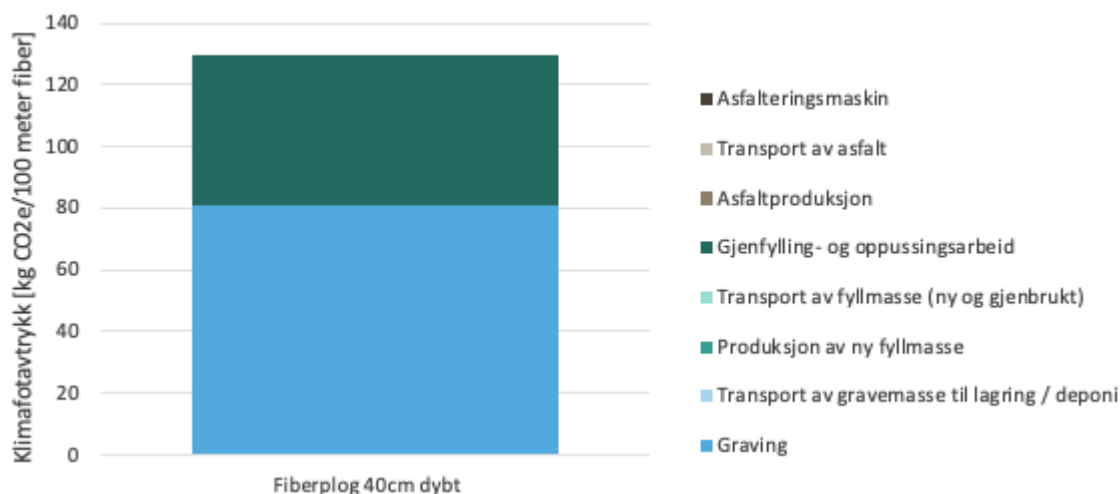
Figur 8 - Eksempel på fiberplog (foto: [Jørn Söderholm, anleggsmaskinen.no](https://anleggsmaskinen.no))

#### Beskrivelse

I case 2 blir en fiberplog brukt for å grave fiber i rør, 40 cm under bakken. Dette gjennomføres i et landbruksområde eller ved siden av veien. Med fiberplog er det ikke relevant hvor bred grøften er, siden fiberen legges direkte under bakken uten å måtte åpne en grøft. Det er derfor også ikke relevant med gravemasse eller fyllmasse. Etter at fiberen er under bakken bør man "pusse opp" overflaten for å ta bort de største tegnene til inngrep. Siden denne metoden typisk gjennomføres i landbruksområder eller ved siden av veien, er det ikke relevant med asfaltering i case 2.

#### Klimagassutslipp

De totale klimagassutslippene for bruk av fiberplog summerer til 130 kgCO<sub>2</sub>e/100m fiber. Det er direkte utslipp fra bruk av fiberplog-maskinen som bidrar til det meste av utslipp, både for plogingsarbeid og for oppussing etter at kablene er lagt ned i bakken. De andre aktivitetene har enten null eller ubetydelige utslipp i denne casen.



Figur 9 - Detaljer over klimafotavtrykket av case 2 "Fiberplog i landbruksområde eller ved siden av veien"

### 3.1.3 Gravemaskin i landbruksområde eller ved siden av veien



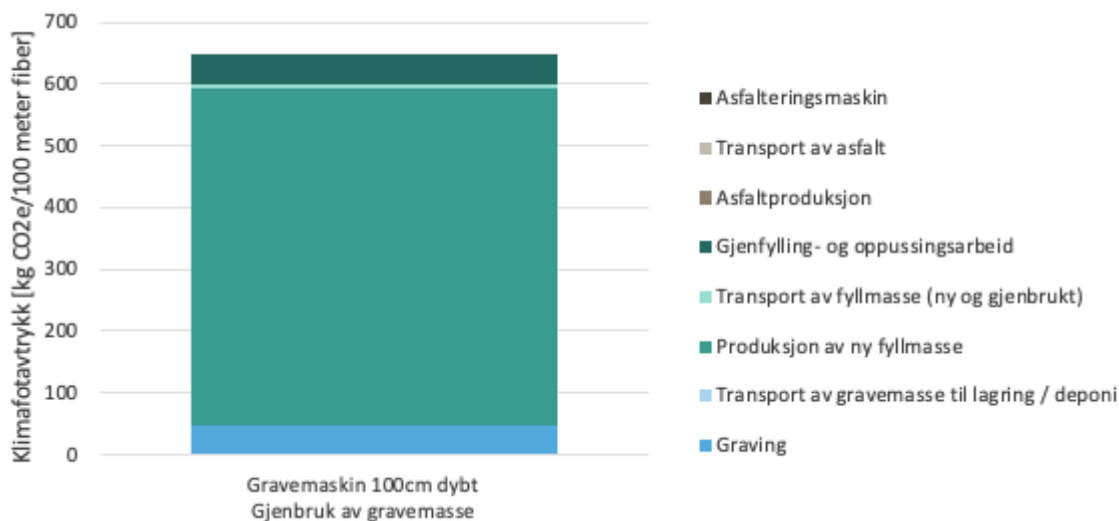
Figur 10 - Eksempel av en stor grøft med gravemaskin (foto: LW Entreprenør)

#### Beskrivelse

I case 3 graver man en konvensjonell grøft i et landbruksområde eller ved siden av veien. Grøften i denne casen er 100 cm dyp og har bredde nederst på 20 cm. Dette er en større variant av en grøft. Den graves ved bruk av en konvensjonell gravemaskin, og gravemassene kan lagres rett ved siden av grøften (se for eksempel bildet over). Det er ikke behov for massehåndtering eller ny fyllmasse i case 2, bortsett fra et lag med sand rett over fiberrørene. Det er ikke relevant med asfaltering for case 3.

#### Klimagassutslipp

De totale klimagassutslippene summerer til 650 kgCO<sub>2</sub>e/100m fiber. Selv om at det meste av gravemassene gjenbrukes til fyllmasse i case 3, er det produksjon av ny fyllmasse som bidrar mest til utslipp (indirekte klimagassutslipp), på grunn av behovet for ny sand i grøften. De andre aktivitetene har enten null eller ubetydelige utslipp i denne casen.



Figur 11 - Detaljer over klimafotavtrykket av case 3 “Gravemaskin i landbruksområder”

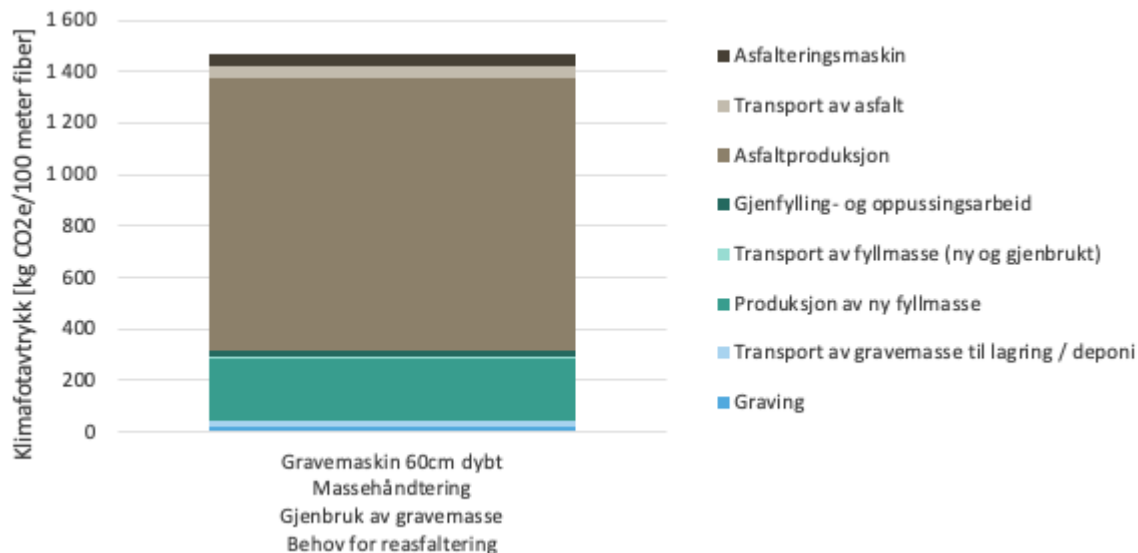
### 3.1.4 Gravemaskin i “ikke urbane” områder

#### Beskrivelse

I case 4 gjennomføres arbeidet i “ikke urbane” områder. Grøften er 60 cm dyp og 20 cm bred (nederst), og graves med konvensjonell gravemaskin. Det er mulig å gjenbruke gravemasse med case 4, men det er ikke mulig å lagre de ved siden av grøften. Der er derfor behov for transport og midlertidig lagring av disse massene. Der er krav til asfaltering av overflaten i case 4, med 50 cm på hver side av grøften (5 cm tykkelse).

#### Klimagassutslipp

De totale klimagassutslippene summerer til 1470 kgCO<sub>2</sub>e/100m fiber. I case 4 er det behov for reasfaltering og krav for asfaltering 50 cm på hver side av grøften, og dette bidrar til mer enn halvparten av de totale klimagassutslippene. Produksjon av ny fyllmasse (sand) også bidrar til noe indirekte utslipp. De andre aktivitetene har enten null eller ubetydelige utslipp i denne casen.



Figur 12 - Detaljer over klimafotavtrykket av case 4 “Gravemaskin i ‘ikke urbane’ områder”



### 3.1.5 Gravemaskin i urbant strøk



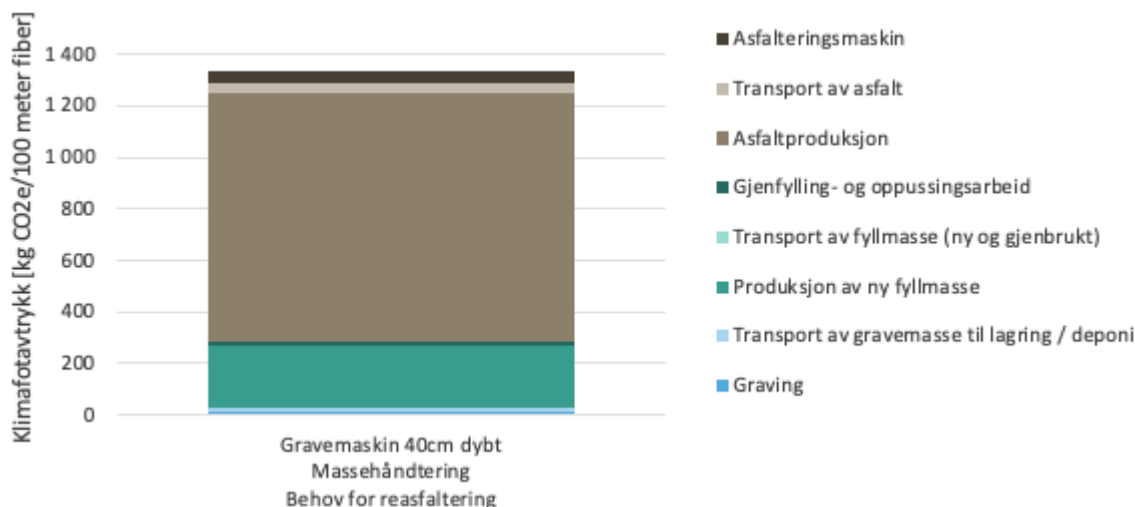
Figur 13 - Gjenfylling av grøft (foto: [Bergens Tidende](#))

#### Beskrivelse

I case 5 gjennomføres arbeidet i et urbant strøk med en konvensjonell gravemaskin. Grøften er 40 cm dyp, og har bredde nederst på 20 cm. Det er ikke mulig å gjenbruke gravemasse i case 5, og denne må derfor transporteres til et deponi. Nye fyllmasser må anskaffes og transporteres til anleggsområdet (sand og bærelag). Siden området er opprinnelig asfaltert, er det behov for reasfaltering ved slutten av prosjektet, med 50 cm asfalt på hver side av grøften (5 cm tykkelse).

#### Klimagassutslipp

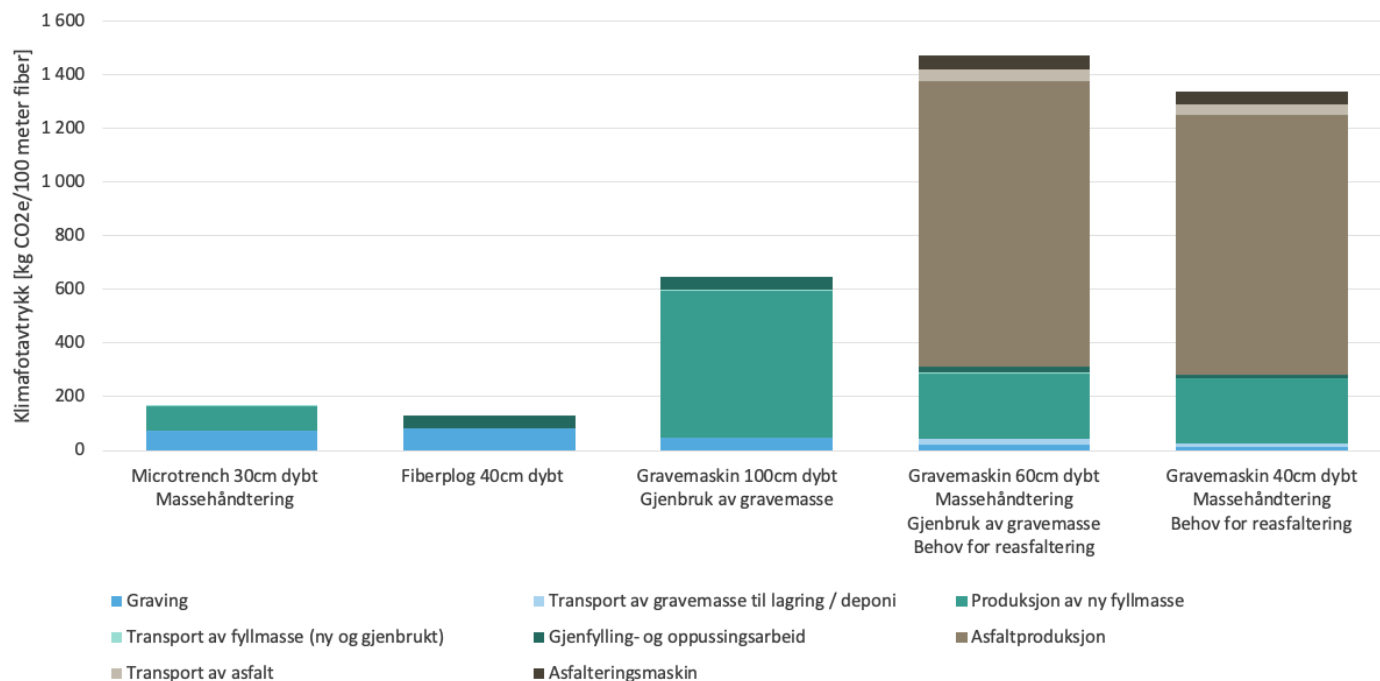
De totale klimagassutslippene summerer til 1340 kgCO<sub>2</sub>e/100m fiber. I case 5 er det behov for reasfaltering og krav for asfaltering 50 cm på hver side av grøften, og dette bidrar til mer enn halvparten av de totale klimagassutslippene. Produksjon av ny fyllmasse (sand og bærelag) bidrar også til betydelige utslipp. De andre aktivitetene har enten null eller ubetydelige utslipp i denne casen.



Figur 14 - Detaljer over klimafotavtrykket av case 5 “Gravemaskin i urbant strøk”

## 3.2 Sammenligning av casene 1 til 5

Figuren nedenfor sammenligner de totale klimagassutslippene i hver case.

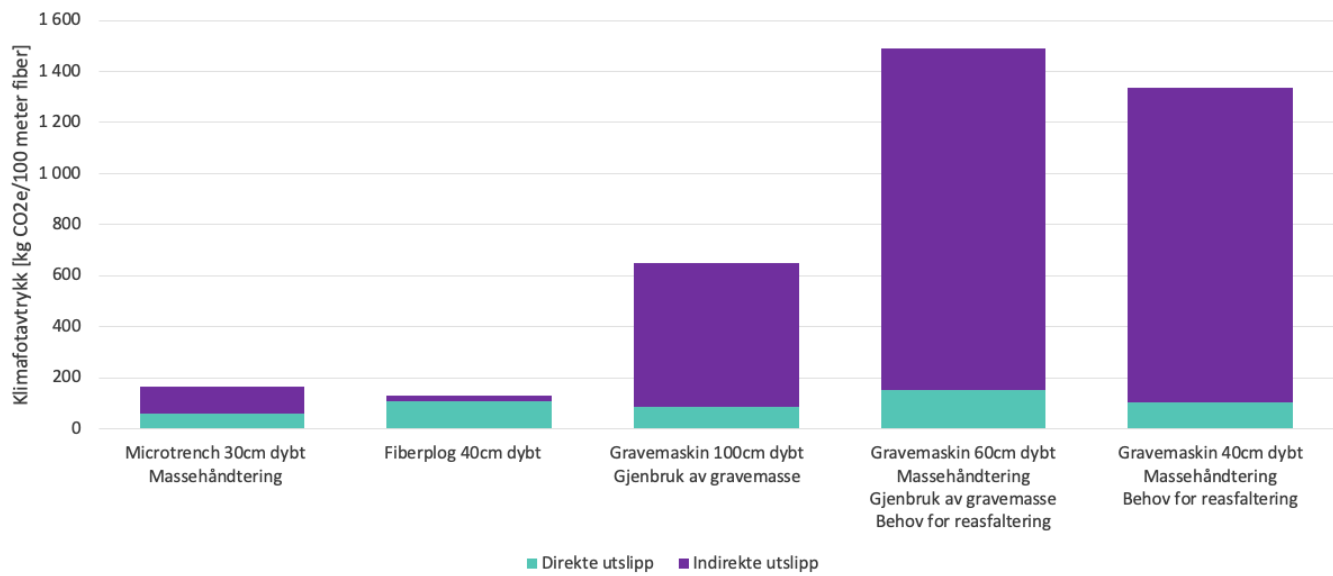


Figur 15 - Detaljer over klimafotavtrykken av hver case 1 til 5

Case 4 og 5 har de største utslippene, med 1470 og 1340 kgCO<sub>2</sub>e/100m fiber. Det er krav til asfaltering som bidrar mest til utslipp for begge casene, særlig kravet om å reasfaltere 50 cm på hver side av grøften. Produksjon av ny fyllmasse (sand og bærelag) bidrar også til mye utslipp for casene 3, 4 og 5.

Case 2 og 1 har minst utslipp, med 130 og 170 kgCO<sub>2</sub>e/100m fiber. Både fiberplog (case 2) og microtrench (case 1) er mye mindre inngripende enn de andre casene, og dette bidrar til å redusere de totale klimagassutslippene.

Figuren på neste side viser de samme resultatene, med fokus på direkte og indirekte utslipp. For de fleste casene er det de indirekte klimagassutslippene som bidrar mest til klimafotavtrykket. Dette betyr at det er klimagassutslipp ved aktiviteter utenfor anleggsplatsen for fiber som er størst, ved for eksempel produksjon av materiale på fabrikk eller pukkverk og transport med lastebil på veier.



Figur 16 - Direkte og indirekte klimagassutslipp i hver case, 1 til 5 fra venstre til høyre

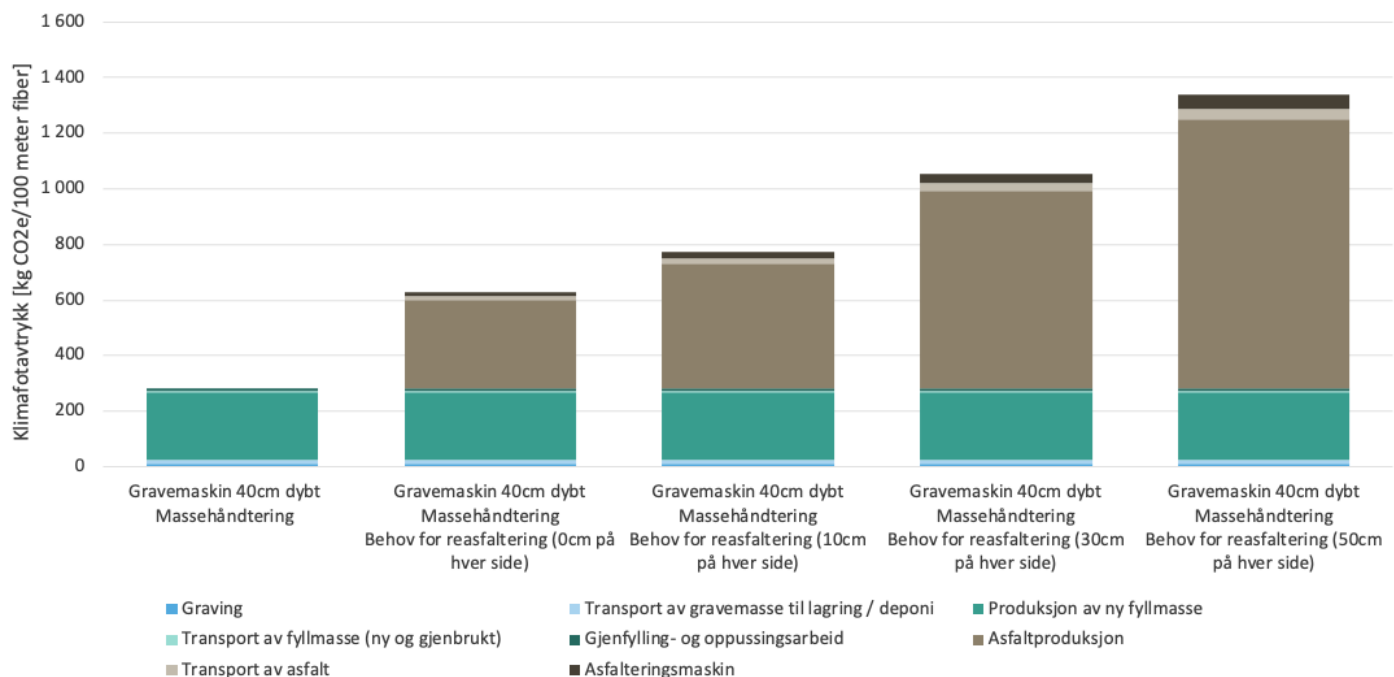


### 3.3 Effekt av endringer i sentrale parametere

#### 3.3.1 Asfaltering og bredde for reasfaltering ved siden av grøften

Resultatene for case 1 til 5 viser at det er asfaltering som påvirker utslippene mest, særlig når det er behov for å reasfaltere overflaten ved siden av grøften. Dette er fordi asfalt er et petroleumsprodukt som har betydelige produksjonsutslipp, med 52 kgCO<sub>2</sub>e/tonn asfalt produsert (Asplan Viak, 2022, i VeiLCA verktøyet). I tillegg er det behov for å transportere asfalten og å bruke en asfalteringsmaskin.

Figuren nedenfor viser de totale utslippene ved ulike variasjoner av case 5: uten behov for asfaltering (venstre), og med ulike krav til asfaltering ved siden av grøften (fra 0 cm til 50 cm på hver side).



Figur 17 - Påvirkning av ulike krav for asfaltering med case 5 som utgangspunkt: ingen behov for asfaltering (venstre), og ulike krav til asfaltering ved siden av grøften (fra 0 cm til 50 cm på hver side).

Figuren viser at krav til å asfaltere over grøften mer enn dobler klimagassutslippene sammenlignet med en grøft utenfor veien (ingen asfaltering). Når det i tillegg stilles krav til reasfaltering ved siden av grøften vil de totale klimagassutslippene øke med opp til 374 % (for 50 cm på hver side av grøften).

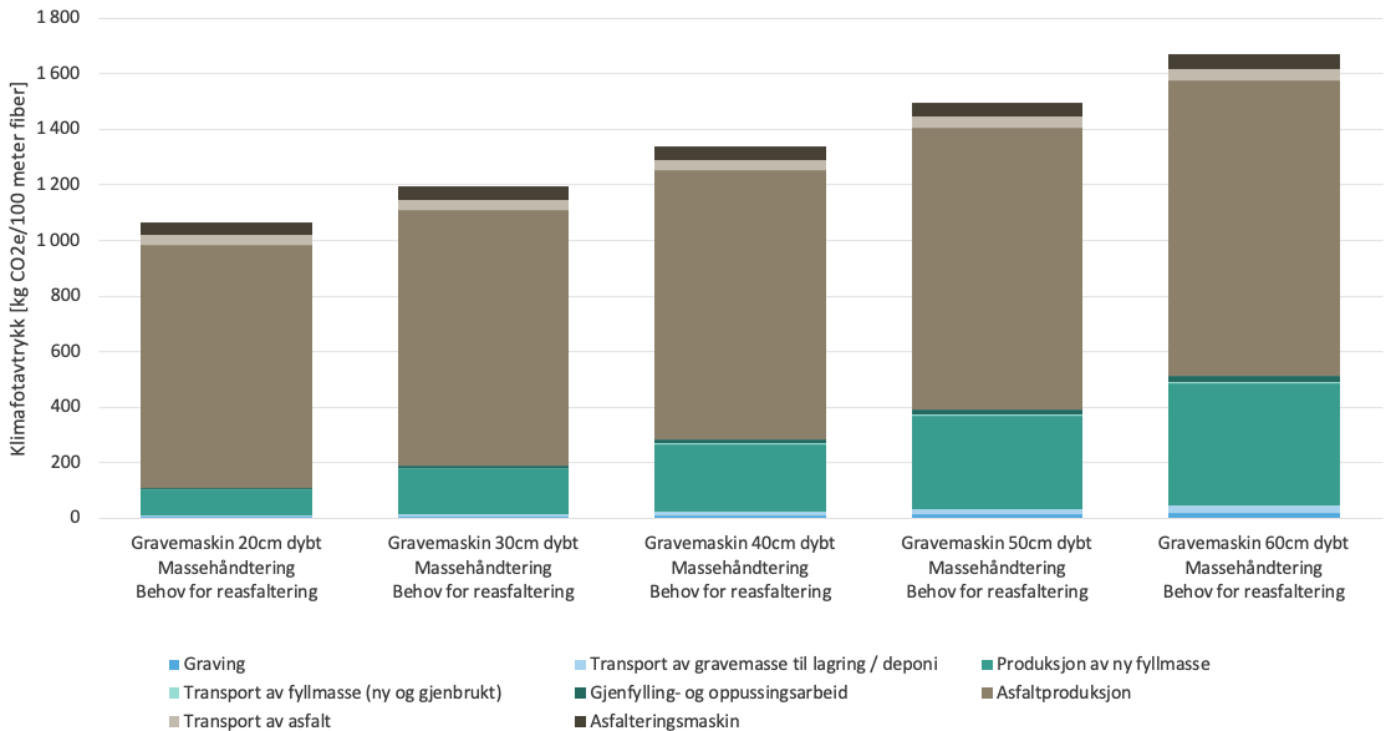
#### 3.3.2 Gravedybde

Kravet til gravedybde av grøften påvirker flere parametere som igjen bidrar til utslipp. De tre viktigste er:

- Økende dybde bidrar til økende volum i grøften, og:
  - mer masser må graves, og derfor blir det mer utslipp relatert til gravearbeid og transport av gravemasser til lagring / deponi.
  - mer fyllmasser trenges for å fylle igjen grøften, noe som fører til betydelige utslipp relatert til produksjon av ny fyllmasse (hvis krav for det), og transport av fyllmasser eller gjenbruksmasser.

- På grunn av formen på grøften (se kapittel 2) vil en dypere grøft også bety en større overflate å reasfaltere på toppen, dersom det er behov for asfaltering. Dette bidrar også til betydelige utslipp.

Figuren nedenfor viser ulike variasjoner rundt case 5, med grøftedybde fra 20 til 60 cm (fra venstre til høyre på figuren), behov for ny fyllmasse, og krav for reasfaltering 50 cm på hver side av grøften.



Figur 18 - Detaljer over klimafotavtrykken av ulike gravedybde (20 til 60 cm), med case 5 som utgangspunkt

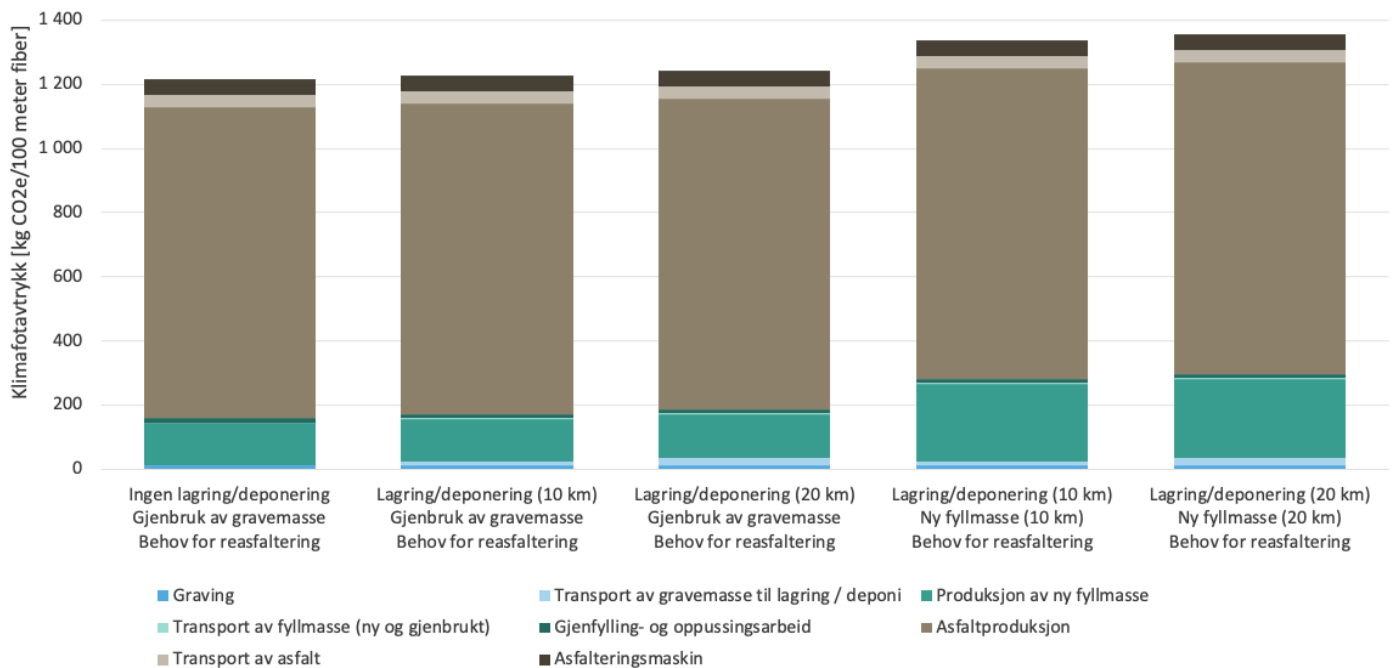
Det er utslipp fra produksjon av ny fyllmasse som øker mest for hver 10 cm ytterligere dybde. Produksjon av asfalt bidrar også til betydelige økende utslipp med økende dybde. I dette eksempelet vil krav for 60 cm dybde øke de totale utslippene med 57% sammenlignet med 20 cm dybde.

### 3.3.3 Massehåndtering og avstand til lagring

Krav til massehåndtering bidrar også til klimagassutslipp:

- Med krav om ny fyllmasse, blir det behov for produksjon og transport av de nye fyllmassene, noe som kan bidra til betydelige utslipp.
- De eksisterende gravemassene må transporteres til et deponi eller gjenbrukssted, med ytterligere transportutslipp.
- Selv med gjenbruk av gravemasser vil mulige krav om lagring på et annet sted bidra til transportutslipp frem og tilbake.

Figuren nedenfor viser ulike variasjoner rundt case 5, med gjenbruk av gravemasser uten behov for lagring (venstre), med gjenbruk av gravemasse og behov for lagring (10 og 20 km til lagringsted), og med krav om ny fyllmasse (10 og 20 km til produksjonsted) og behov for deponering av gravemasse (10 og 20 km til lagringsted) (høyre på figuren).



Figur 19 - Detaljer over klimafotavtrykken av ulike krav for massehåndtering

Det er indirekte utslipp fra produksjon av de nye fyllmassene som bidrar mest til økende utslipp når det stilles krav om ny fyllmasse. Transportsutslippene bidrar også til økende utslipp, men i mindre grad. På figuren over ser de økte utslippene med krav til ny fyllmasse begrenset ut; det er fordi case 5 som brukes som utgangspunkt inkluderer betydelige utslipp fra asfaltering, noe som reduserer det relative bidraget fra fyllmasser.

### 3.4 Oppsummering

Analysen viser at utrulling av fiber har potensiale for betydelige klimagassutslipp, og at det er asfaltering og nye fyllmasser som bidrar mest til klimafotavtrykket. Krav til dybde for grøften påvirker utslippene ved å endre volum som skal graves og gjenfylles, og størrelsen av overflaten som potensielt må reasfalteres.

Fiberplog og microtrench er to teknikker med mulighet til å gi store utslippsreduksjoner. Dette er delvis fordi inngrepet er mindre, og delvis fordi det er ingen eller lite behov for nye fyllmasser og asfaltering.

Analysen viser at utslipp fra transport og maskiner er relativt begrenset, og overgang til lav- eller nullutslippsteknologier (f.eks. biodrivstoff, elektrisitet) kunne bidra til noe men likevel begrensede utslippsreduksjoner. Disse reduksjoner ikke er kvantifiserte i rapporten, men analyseoppsettet i Excel som følger rapporten gjør det mulig å endre drivstofftype til biodrivstoff (HVO20 eller HVO100), eller strøm.

Det er ved bruk av materialer at de største utslippsreduksjoner kan oppnås, ved redusert bruk av asfalt, mulighet for gjenbruk av gravemasser, og ved å redusere størrelsen på grøften.

Det er viktig å understreke at lokale forhold setter premisser for hva slags teknikk og spesifikke krav som benyttes for fiberutrulling, og det vil ikke alltid være teknisk mulig eller ønskelig å foretrekke for eksempel fiberplog eller microtrench framfor en konvensjonell grøft. Når det er sagt er det viktig å utforske mulighetsrommet i prosjekteringsfasen for å bruke den teknikken som får jobben gjort med minst mulig klimagassutslipp. Denne analysen viser at mulighetsrommet er stort, og dertil gevinsten av å velge en klimavennlig løsning.

## Vedlegg: Metodikk

### V.1 Generelt om metodikken

I dette prosjektet etablerte Endrava et analyseoppsett i Excel som beregner klimafotavtrykk av fiberutrulling. I analyseoppsettet kan brukeren velge ulike teknikker for fiberutrulling og ulike parameter (f.eks. størrelse på grøft, avstand til lagring/deponi, type drivstoff, osv.).

Analyseoppsett beregner klimafotavtrykket basert på parametrene valgt, ved å følge en LCA (livssyklusanalyse) tilnærming. Alle beregningene er basert på en standard enhet, i dette prosjektet er det 100 m fiber rullet ut. Etter at brukeren har valgt de relevante parameterene i analyseoppsettet, beregner modellen de fysiske størrelsene basert på disse valgene: volum for grøften, masse materialer som må graves, fraktes og anskaffes. Basert på disse fysiske størrelsene, og på standardfaktorer, beregnes det deretter klimagassutslipp for hver relevant aktivitet i omfanget. Både direkte og indirekte klimagassutslipp beregnes, hvor de indirekte utslippene relaterer til aktiviteter forbundet med produksjon av materialer, transport og andre relevante utslipp før arbeidet på fiber-anleggsstedet.

Alle de relevante utslippene summeres i et klimafotavtrykk per type grøft, noe som gjør det mulig å sammenligne de ulike type grøftene, teknikker og krav.

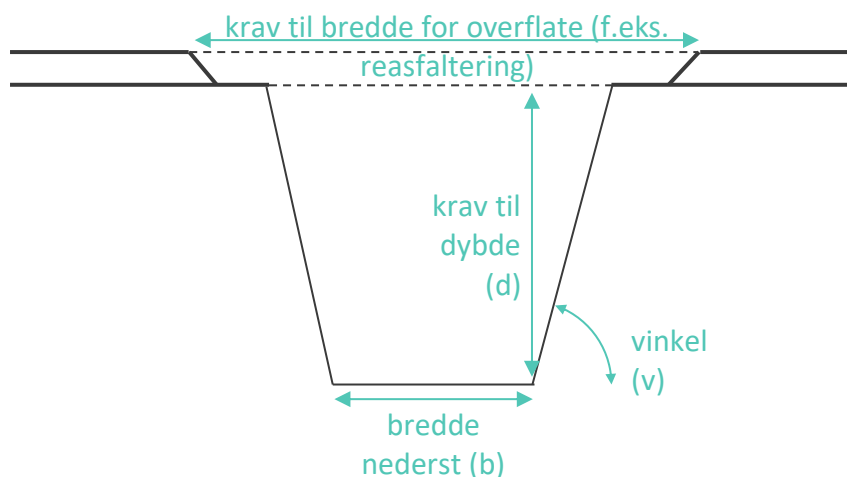
## V.2 Viktigste parameter og faktorer

Tabellen nedenfor viser de viktigste faktorer brukt i analysen når det gjelder drivstofforbruk.

Tabell 2 - Faktorer brukt i analysen for drivstofforbruk

| Type maskin                                      | Verdi | Enhet                      | Kilde                                     |
|--------------------------------------------------|-------|----------------------------|-------------------------------------------|
| <b>Microtrench</b>                               | 0,225 | liter/m                    | Pers. komm. med Kristian Bleken i Laje AS |
| <b>Fiberplog</b>                                 | 0,250 | liter/m                    | Pers. komm. med Kristian Bleken i Laje AS |
| <b>Gravemaskin</b>                               | 0,260 | liter/m <sup>3</sup> gravd | VeiLCA v5.06                              |
| <b>Gravemaskin for oppussing etter fiberplog</b> | 0,150 | liter/m oppusset           | Pers. komm. med Kristian Bleken i Laje AS |
| <b>Gravemaskin for gjenfylling</b>               | 0,260 | liter/m <sup>3</sup> fylt  | VeiLCA v5.06                              |
| <b>Legging av asfalt</b>                         | 0,800 | liter/tonn asfalt          | VeiLCA v5.06                              |
| <b>Massetransport (bil)</b>                      | 0,018 | liter/tkm                  | VeiLCA v5.06                              |

De ulike volumene for grøft i analysen beregnes basert på geometrien for grøften, som presentert nedenfor.



Figur 20 - Tegning av en typisk grøft og viktige parameter som påvirker aktivitetene

Beregning volum grøft:

- Bredde øverst (B) =  $b + 2 * (d * \tan(90 - v))$
- Areal grøft seksjon (A) =  $d * (B + b)/2$
- Volum grøft (V) =  $A * L$  (lengde for grøft)



## V.3 Utslippsfaktorer

De to tabellene nedenfor presenterer relevante utslippsfaktorer brukt i analysen, for drivstoff og for materialer.

Tabell 3 - Utslippsfaktorer brukt i analysen for drivstoff

| Tema                 | Utslippsfaktor | Enhet                                   | Kilde                                                                                | Kommentar         |
|----------------------|----------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Fossil diesel</b> | 2,670          | kgCO <sub>2</sub> e/liter               | VeilCA v5.06                                                                         | Direkte utslipp   |
|                      | 0,570          | kgCO <sub>2</sub> e/liter               |                                                                                      | Indirekte utslipp |
| <b>HVO 20</b>        | 2,136          | kgCO <sub>2</sub> e/liter               | 20% HVO + 80% fossil                                                                 | Direkte utslipp   |
|                      | 0,650          | kgCO <sub>2</sub> e/liter               |                                                                                      | Indirekte utslipp |
| <b>HVO 100</b>       | 0,000          | kgCO <sub>2</sub> e/liter               | VeilCA v5.06                                                                         | Direkte utslipp   |
|                      | 0,972          | kgCO <sub>2</sub> e/liter               | VeilCA v5.06                                                                         | Indirekte utslipp |
| <b>Strøm</b>         | 0,000          | kgCO <sub>2</sub> e/liter<br>ekvivalent | Beregning, basert på NVE 2022, og effektivisering faktor på 40% fra diesel til strøm | Direkte utslipp   |
|                      | 0,044          | kgCO <sub>2</sub> e/liter<br>ekvivalent |                                                                                      | Indirekte utslipp |

Tabell 4 - Utslippsfaktorer brukt i analysen for materialer

| Tema                              | Utslippsfaktor | Enhet                  | Kilde             | Kommentar                        |
|-----------------------------------|----------------|------------------------|-------------------|----------------------------------|
| <b>Sand</b>                       | 0,046          | kgCO <sub>2</sub> e/kg | NEPD-3143-1787-NO | Tetthet 1,4 tonn/m <sup>3</sup>  |
| <b>Kabelsand (naturesand)</b>     | 0,003          | kgCO <sub>2</sub> e/kg | NEPD-2534-1269-NO | Tetthet 1,4 tonn/m <sup>3</sup>  |
| <b>Veggrus type 0-4 eller 4-8</b> | 0,013          | kgCO <sub>2</sub> e/kg | NEPD-3219-1857-NO | Tetthet 1,5 tonn/m <sup>3</sup>  |
| <b>Bitumenbasert fugemasse</b>    | 0,208          | kgCO <sub>2</sub> e/kg | Eurobitume, 2020  | Tetthet 1,28 tonn/m <sup>3</sup> |
| <b>Asfalt</b>                     | 0,052          | kgCO <sub>2</sub> e/kg | VeilCA v5.06      | Tetthet 2,5 tonn/m <sup>3</sup>  |
| <b>Pukk 22-125</b>                | 0,006          | kgCO <sub>2</sub> e/kg | NEPD-3219-1857-NO | Tetthet 1,5 tonn/m <sup>3</sup>  |
| <b>Pukk 1-16 mm</b>               | 0,009          | kgCO <sub>2</sub> e/kg | NEPD-1601-631-NO  | Tetthet 1,5 tonn/m <sup>3</sup>  |

## A.4 Lenker til relevante datakilder

- Eurobitume, 2020. The Eurobitume LCA for bitumen. Tilgjengelig på (engelsk): [https://www.eurobitume.eu/fileadmin/Feature/LCI/EB.LCI.Report.Jan2020.Pages\\_Interactive.pdf](https://www.eurobitume.eu/fileadmin/Feature/LCI/EB.LCI.Report.Jan2020.Pages_Interactive.pdf)
- Feiring Bruk AS, 2018. NEPD-1601-631-NO - Pukk, produsert ved Feiring Bruk AS. Tilgjengelig på: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/139202-1605551797/EPDer/Byggevarer/Naturstein/NEPD-1601-631\\_Pukk--produsert-ved-Feiring-Bruk-AS--avd-L--renskog.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/139202-1605551797/EPDer/Byggevarer/Naturstein/NEPD-1601-631_Pukk--produsert-ved-Feiring-Bruk-AS--avd-L--renskog.pdf)
- Feiring Bruk AS, 2020. NEPD-2534-1269-NO - Naturgrus og sand, produsert ved Grefsrud AS, Jessheim. Tilgjengelig på: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1316091-1605276510/EPDer/Byggevarer/Asfalt/NEPD-2534-1269\\_Naturgrus-og-sand--produsert-ved-Grefsrud-AS--Jessheim.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1316091-1605276510/EPDer/Byggevarer/Asfalt/NEPD-2534-1269_Naturgrus-og-sand--produsert-ved-Grefsrud-AS--Jessheim.pdf)
- Forsand Sandkompani AS, 2021. NEPD-3143-1787-NO - Tørrsand 0,0-6,0 mm, Sandkassesand, Strøsand, Fugesand, Støpesand. Tilgjengelig på: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1320820-1635502540/EPDer/Byggevarer/Naturstein/NEPD-3143-1787\\_Torrsand-0-0-6-0-mm--Sandkassesand---Strosand--Fugesand--Stopesand.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1320820-1635502540/EPDer/Byggevarer/Naturstein/NEPD-3143-1787_Torrsand-0-0-6-0-mm--Sandkassesand---Strosand--Fugesand--Stopesand.pdf)
- John Myrvang AS, 2021. NEPD-3219-1857-NO - Lygna Pukkverk. Tilgjengelig på: [https://www.epd-norge.no/getfile.php/1321449-1636366825/EPDer/Byggevarer/Asfalt/NEPD-3219-1857\\_Lygna-Pukkverk.pdf](https://www.epd-norge.no/getfile.php/1321449-1636366825/EPDer/Byggevarer/Asfalt/NEPD-3219-1857_Lygna-Pukkverk.pdf)
- NVE, 2022. Hvor kommer strømmen fra? Tilgjengelig på: <https://www.nve.no/energi/energisystem/kraftproduksjon/hvor-kommer-strommen-fra/>
- Statens Vegvesen, 2022. VeilCA v5.06. Tilgjengelig på: <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/klima-miljo-og-omgivelser/utslipp-av-klimagasser/bruk-av-veglca/>



---

## Om Endrava

Endrava har mål om å hjelpe andre med å kutte klimagassutslipp. Teamet fra Endrava har siden begynnelsen jobbet med klima for private og offentlige organisasjoner, på tvers av sektorer: transport, industri, energi, produksjon og forbruk. Selskapet ble opprinnelig opprettet som konsulentselskap i 2016, og har nå fokus på verktøyutvikling for det grønne skiftet.

Les mer på [www.endrava.no](http://www.endrava.no)

Firmanavn: Endrava AS

Org nr: NO 925 294 160 MVA

Adresse: Øvre Slottsgate 3, 0157 Oslo, Norway