



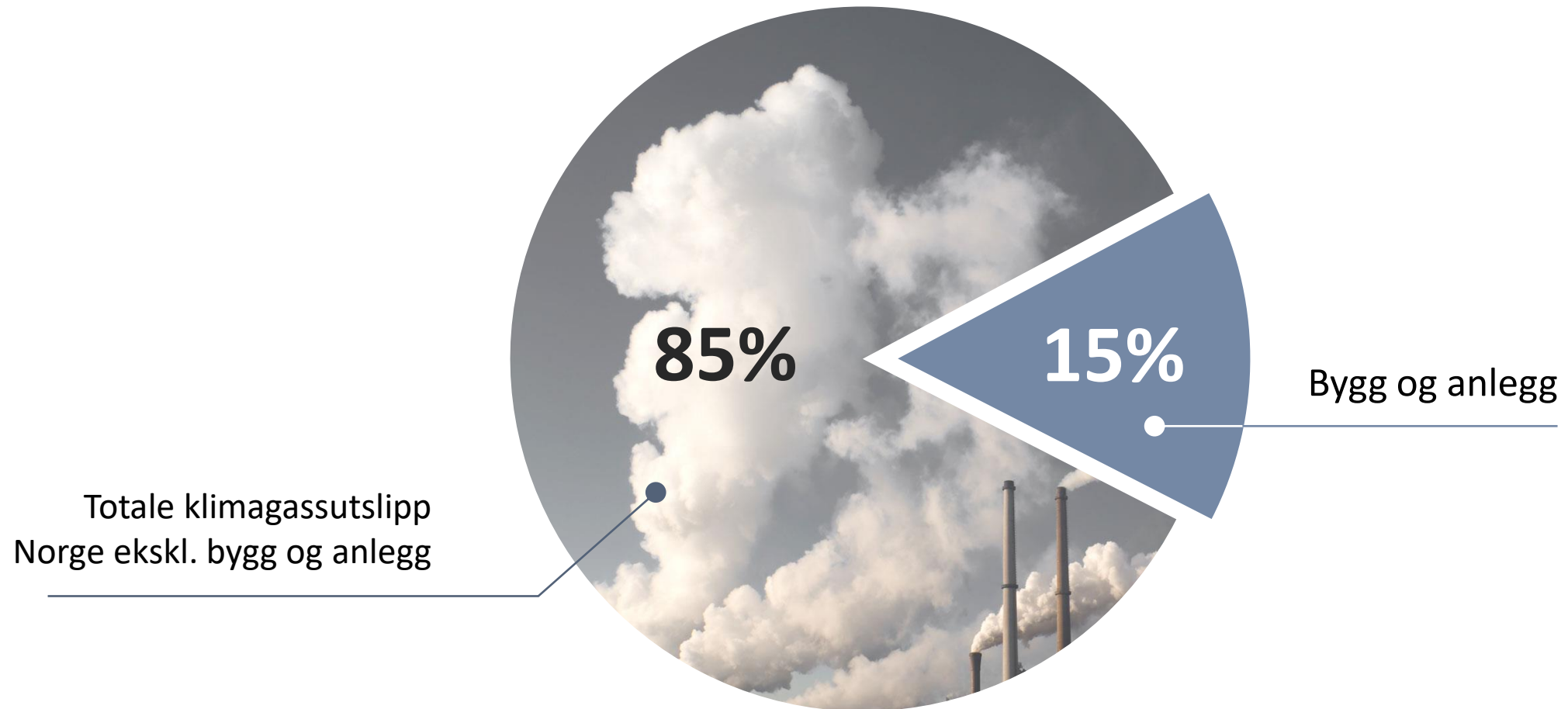
Klimagassberegninger og -analyser i MG

Lars-Fredrik Forberg
Direktør Boligutvikling, ansvarlig direktør
bærekraft, Miljøfyrtårnansvarlig MG

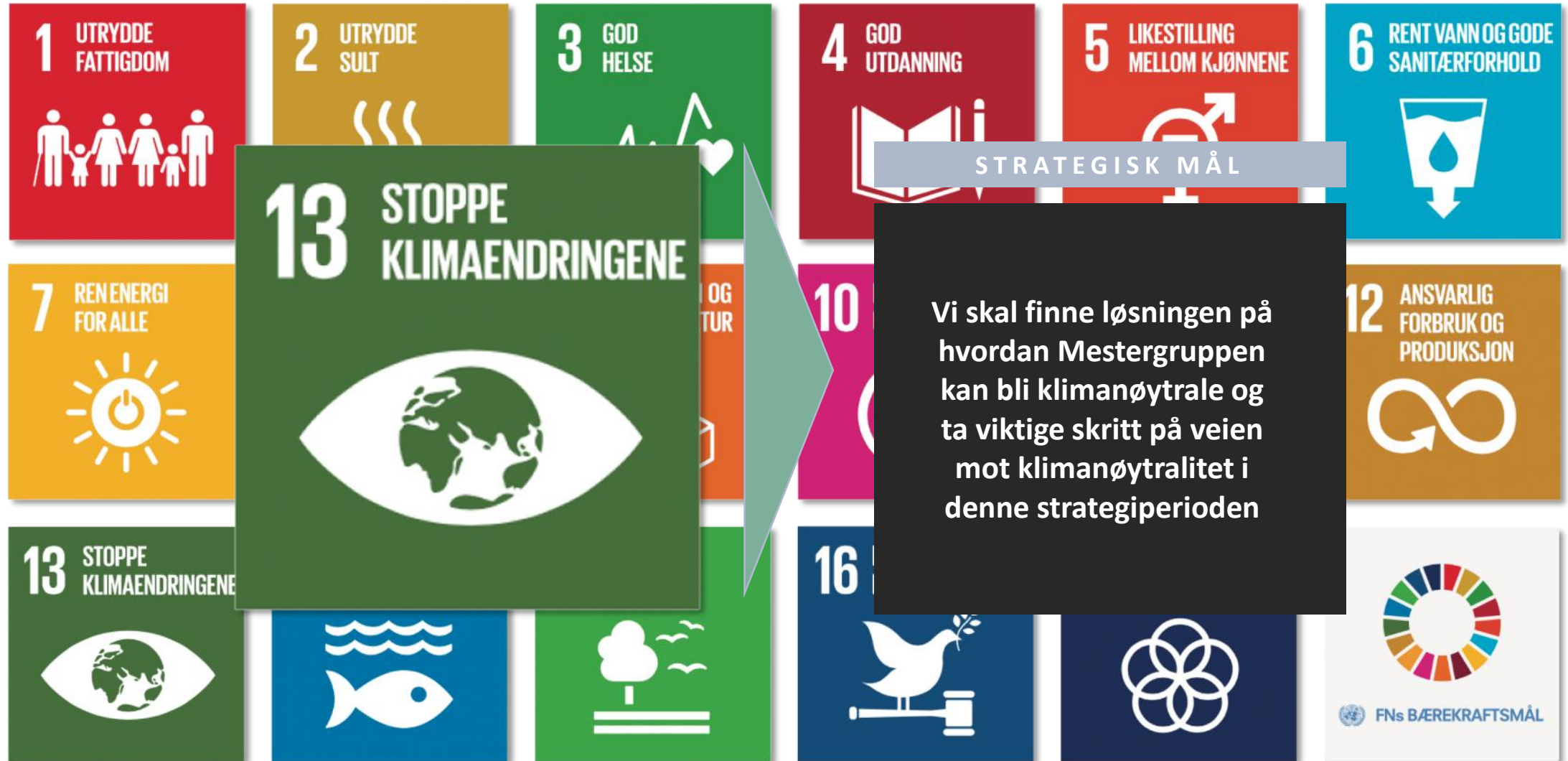
NOT CONFIDENTIAL

Send meg en mail:
lars-fredrik.forberg@mestergruppen.no

Bransjen står for en vesentlig andel av utslippene i Norge



Bærekraft



Mestergruppen er miljøfyrtårn fra 8.9.2021

Klimaregnskap for Mestergruppen, hovedkontoret



Klimagassberegninger kan gjøres i OneClick LCA

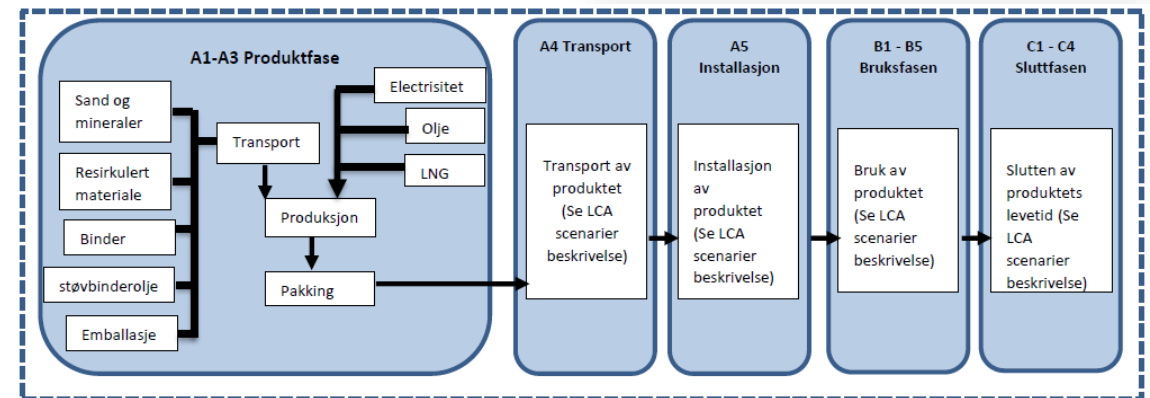
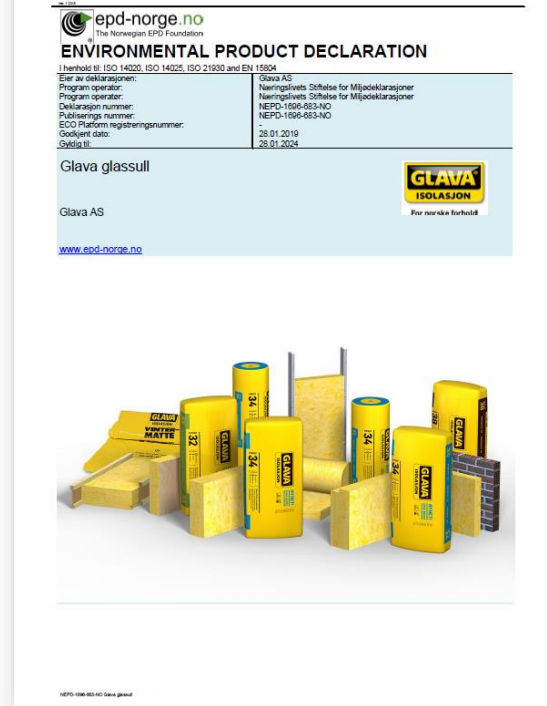
- En programvare for å gjøre LCA, LCC og klimagassberegninger
- Beregningene følger NS 3720 og tilgjengelige EPD-er (environmental product declarations)
- Standard i Statsbygg
- Importerer IFC-filer fra Revit og får materiallister fra kalkulator
- Materiallister må være på 3-sifret bygningsdelnivå for å kunne skille på hvilke materialer som inngår i himling, i etasjeskillere eller tak
- Men hva med analysen?



Beregningene baserer seg på Environmental Product Declaration (EPD)

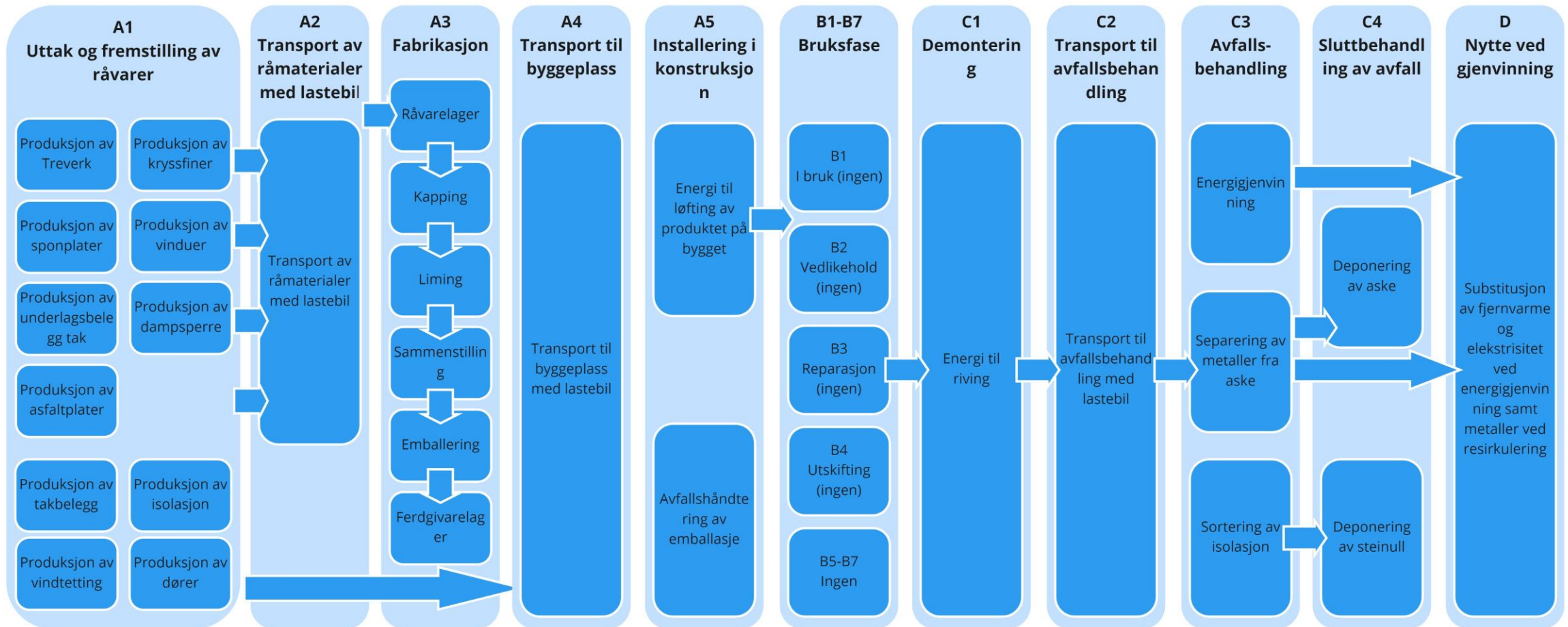
- Miljødeklarasjon – type 3 egenvurdering av miljøavtrykk. EPD-Norge godkjenner og publiserer. Dataene er tilgjengelig stort sett som pdf og ikke digitalisert
- Styres av Product Category Rules (PCR).
- Ligger på nobb.no og epd-norge.no
- Optimera sier at 60% av deres varer har det. MG antas å ha ca 45%
- EPD beskriver systemgrensene og hvilke moduler som er medtatt
- Farlige stoffer er deklarerert

• Kilder: https://www.youtube.com/watch?v=g8egvshD_Sc



Figur 1: Systemgrense

MG lager nå EPD for elementer fra egne fabrikker



Og vi forsøker å lage en klimakalkulator for garasjer



Garage

kr199,048.00

Xxxxxx CO2e

Taktype:

Saltak lavt, 22°



Saltak høyt uten
loft, 36°



Saltak høyt med
loft, 36°



Pulttak, venstre
fall, lavt, 6°



Pulttak, høyre
fall, lavt 6°



Pulttak, venstre,
høyt, 12°



Pulttak, høyre,
høyt, 12°



Flatt tak



Men så var det det med
deklarererte enheter og
prisenheter...

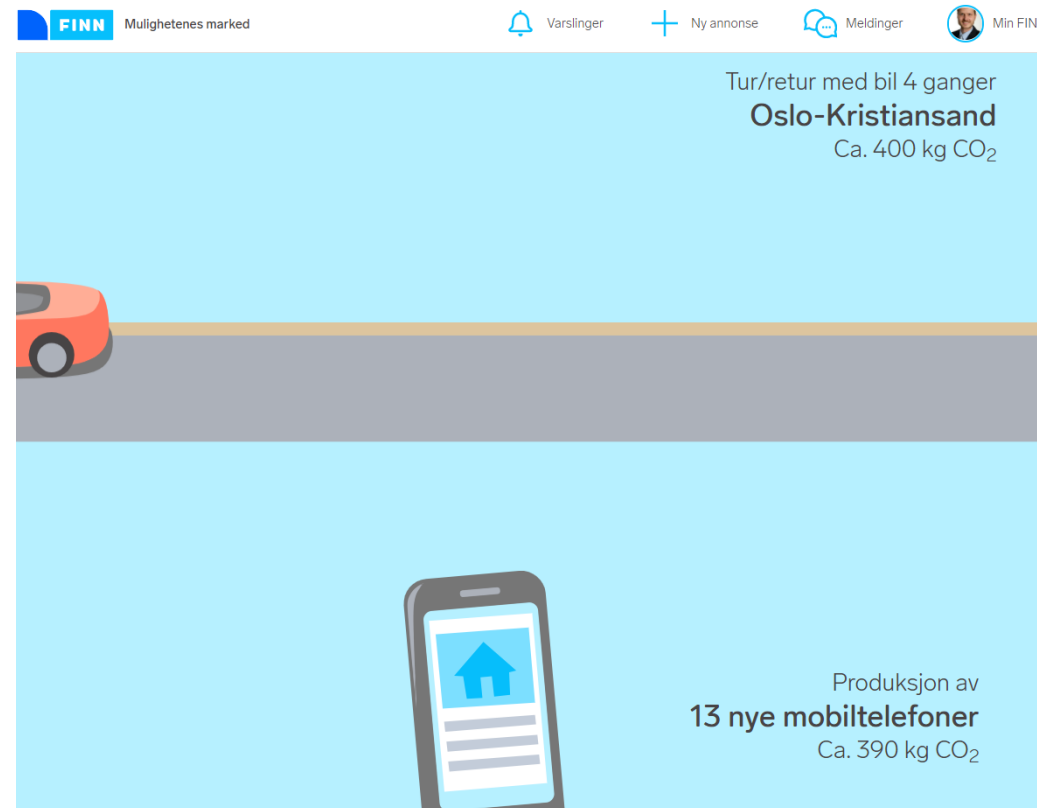
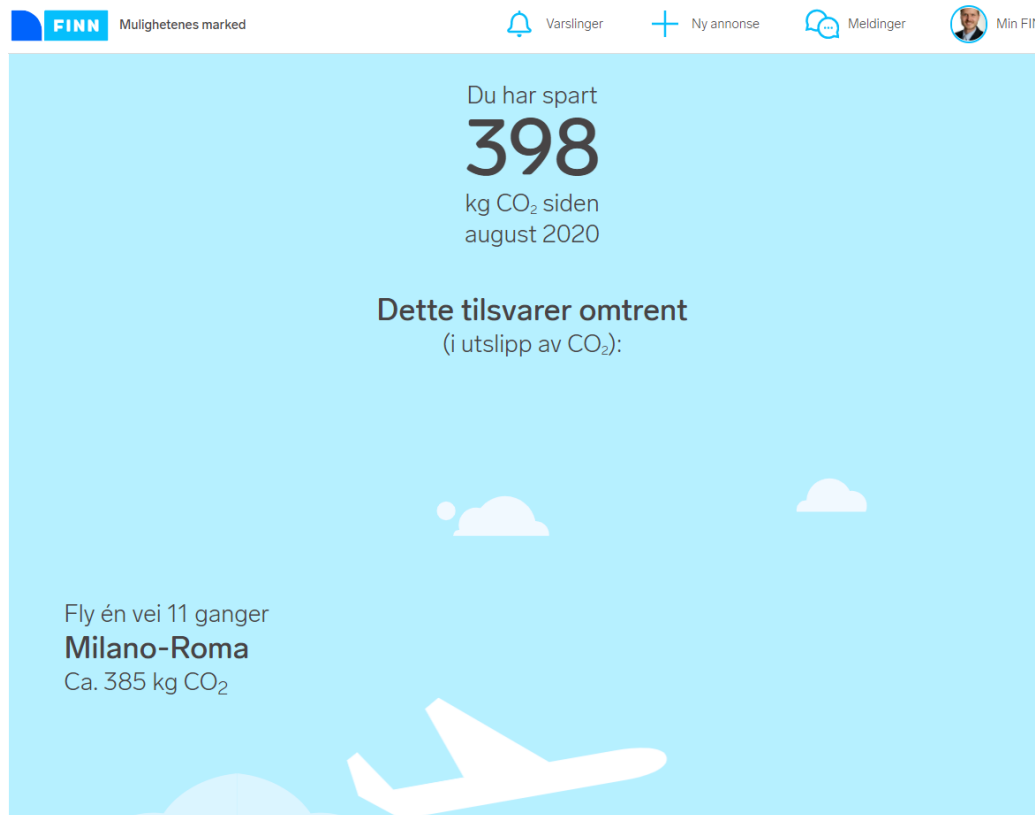
Hvordan beregne klimagasser for et MG-hus?

- N4_T – kjedet enebolig med takterrasse, 162 m² BTA, 130 m² BRA
- Levert som precut-sett, med ringmur
- Referansebygget har form som skoeske, tilsvarende areal og etasjer som det aktuelle bygget, bruk av tradisjonelle materialer uten særskilte miljøhensyn. Merk at det benyttes lavkarbonbetong
- Mengder er tatt ut fra modellen samt Mestergruppens forventede innkjøp av de ulike materialene.
- Beregninger gjort av AFRY, i OneClick LCA, 44% av EPD-er tilgjengelig
- Standardiserte nordiske transportavstand for transport til byggeplass
- For beregning av utslipp fra energi og avfall i byggefase finnes det scenarier med gjennomsnittlige utslippsverdier per m² BTA (areal for bygningen)
- Levetid: 60 år



Viktigste konklusjoner fra analysen

- N4_T slipper ut **46 tonn CO2ekv (287 kg/m2 BTA)** over hele livsfasen og binder **35 tonn CO2ekv** i treverket; Vinduer, dører, bjelker, fundamenter og yttervegger
- Bruk av **baderomskabiner** øker utslippene pga økt mengde stål og betong for bæring
- **Stål** bidrar mye til utslippene, har teoretisk en høy resirkuleringsgrad, men den kan ikke spores fra batch til batch
- Det er prismessig og klimamessig gunstig å velge en lavkarbon **betong**
- Precut **rør** til VVS-anlegget er en lite utforsket mulighet som sparer svinn på 6%. Leverandøren lanserer nå et fossilfritt alternativ som binder karbon
- Glava Proff 34 ser ut til å være den mest gunstige **isolasjonen**, både for kost og miljø, sammenlignet med andre lambdaverdier og konkurrenter
- **Avtrekksvarmepumpe** gir lavest utslipp sammenlignet med elkjel og fjernvarme
- Trykkimpregnert **kledning** gir lavest utslipp sammenlignet med Royal og behandlet/ubehandlet + maling.
- Utslippene fra **treavfall** er størst siden betong deponeres og stål resirkuleres
- **Precut** gir en CO2-besparelse i forhold til plassbygg

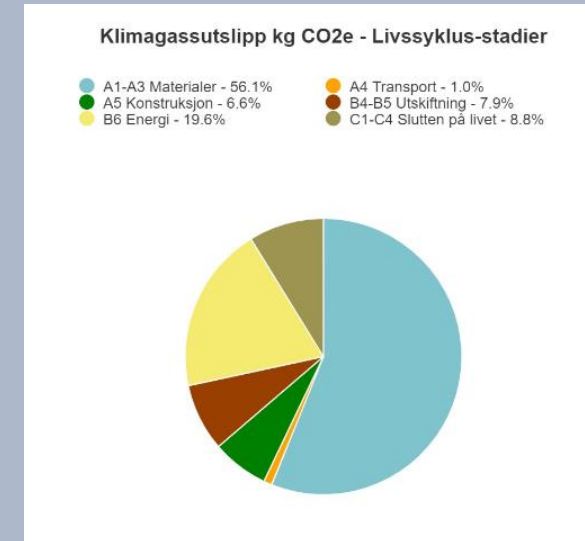


Impact: klimagassanalysen vurderer utslipp tilvarende 5 tonn CO₂ = 12 % av byggets totale utslipp 09.09.2021

Bygningsdel	CO ₂ e utslipp/andel av bygget	Kommentar
Bindingsverk	455 kg	Precut vs fallende lengder
Stål	Se modulbad	
Modulbad	+ 959 kg	4300 kg stål vs 2800 kg (plassbygd)
Betong	- 421 kg	Reduksjon mulig ved å gå fra bransjestandard til lavkarbon betong
Isolasjon	- 1800 kg	Forskjell mellom høy og lavutslippsløsning
Kledning	- 440 kg	Forskjell mellom høy og lavutslippsløsning
Parkett	-75%	Laminat har mindre utslipp enn eikeparkett
Rør (PP)	260 kg vs -289 kg	Plassbygd vs fossilfri precut rør
Byggeplassutslipp	-1800 kg	Pga biodiesel vs diesel
Sum	Ca 5,5 tonn	

Resultater

- En Nordic N4_T med precut og modulbad slipper ut 46,3 tonn CO2*
- Flest utslitt i produksjonsfasen av materialer (A1 – A3 = 56%)
- Bygningsdeler som bidrar mest til byggets totale utslipp av CO2ekv er:
 1. Vinduer og dører
 2. Bjelker
 3. Fundamentering
 4. Yttervegger
- I bygningsdelen gulv på grunn inngår betong, armering og trykkfast isolasjon.



Klimagassutslippene fra produksjon avhenger av produksjonssted, transporttype og ulike energikilde til produksjonsprosessen.

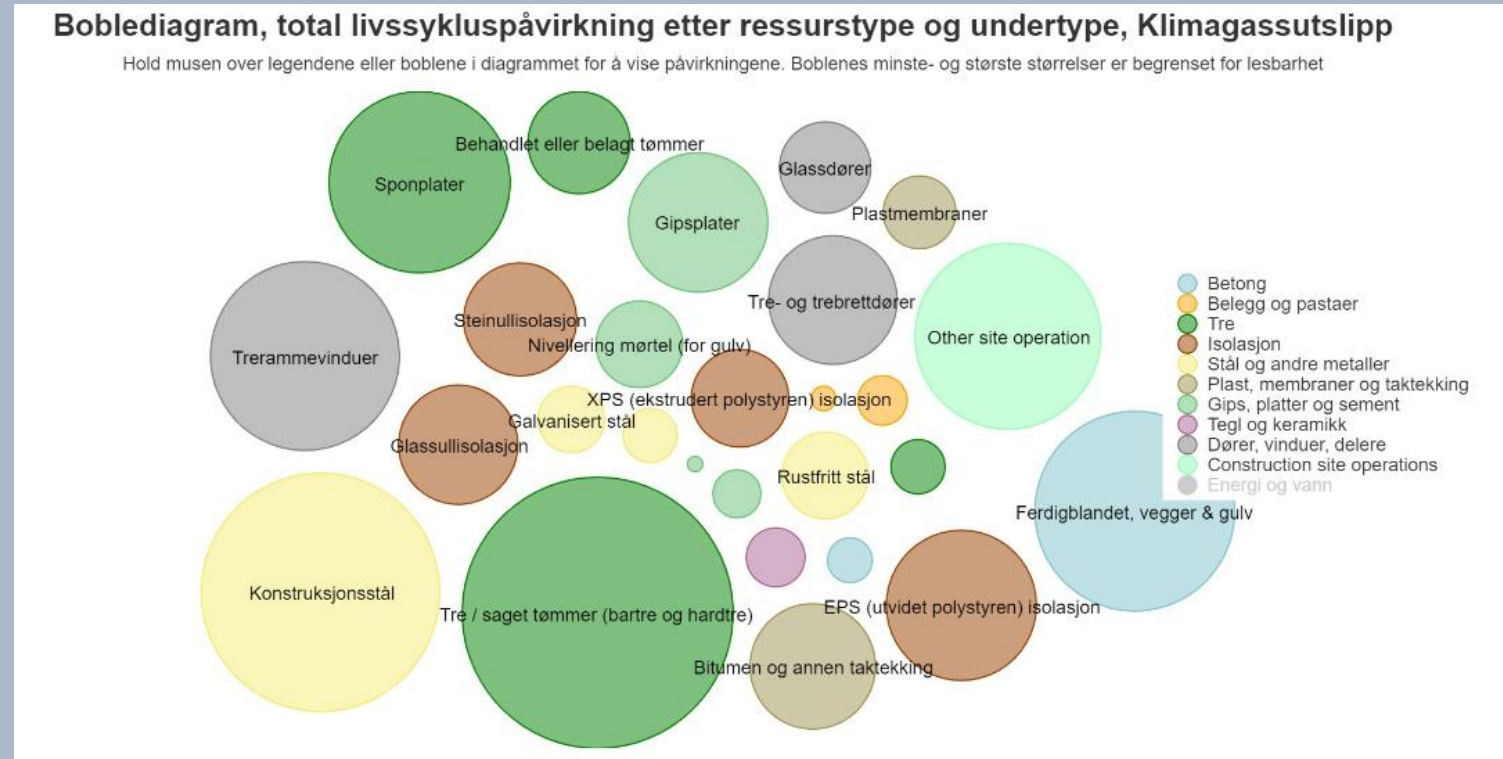
Utslipp fra avhendingsfase avhenger av materialtype og hvordan materialet blir behandlet i avfallshåndteringsprosessen f.eks. om det blir sendt til materialgjenvinning, energigjenvinning eller deponering.

Utslipp fra livsløpsfase B4-B5 Utskifting er avhengig levetiden til materialet og bygningsdelen.

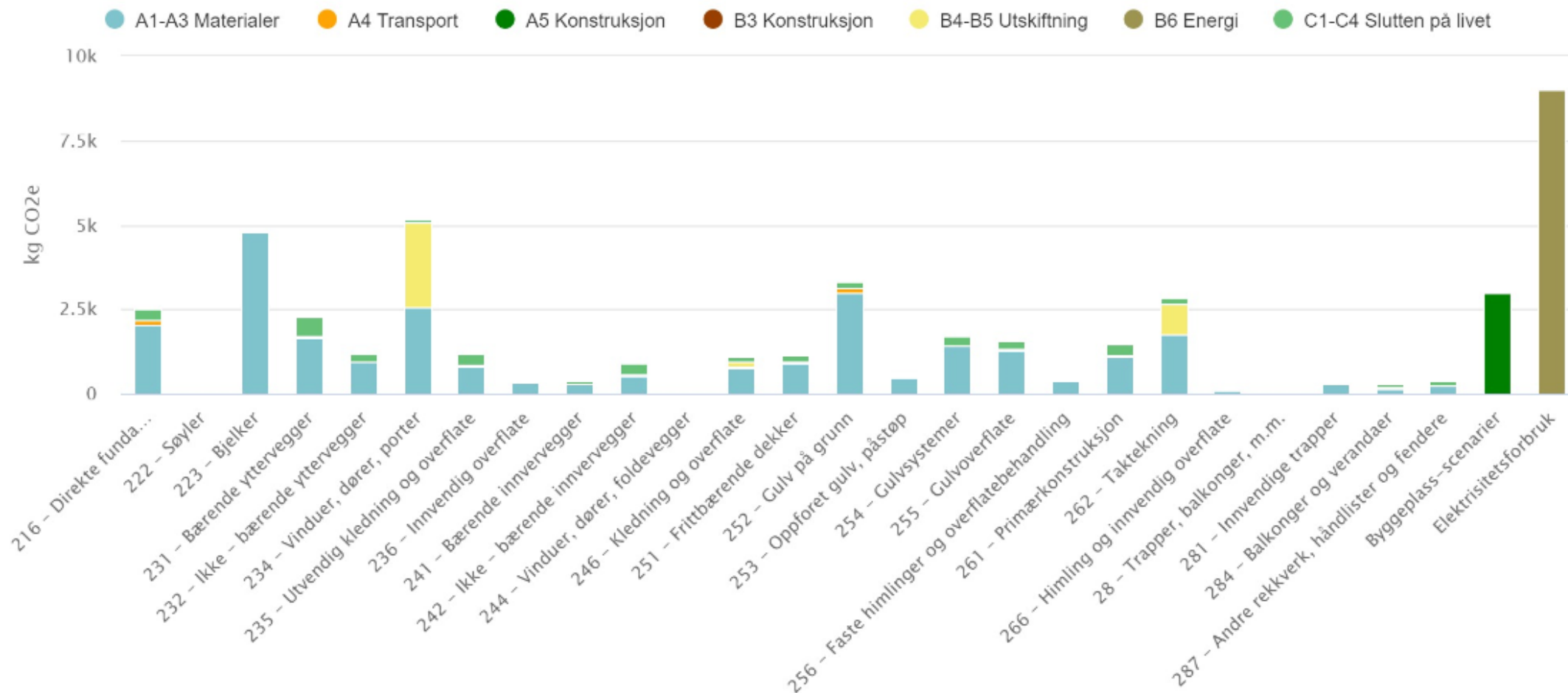
**Beregninger gjort av AFRY, i OneClick LCA, 44% av EPD-er tilgjengelig, Standardiserte nordiske transportavstand for transport til byggeplass Levetid: 60 år. Luftvarmepumper.*

Resultater

- De største utslippene kommer fra trekonstruksjoner, konstruksjonsstål, vinduer, sponplater, betong og avrettingsmasser.
- I grafen kan man også se at isolasjon, gips og dører er noen av bygningsdelene med store utslipp. .
- For å redusere utslipp fra de andre bygningsdelene må man se på valg av produsent (sammenligne utslippsverdier i EPDer) og resirkuleringsgrad i f.eks. gipsplater og mineralull.



Klimagassutslipp (GWP) gruppert etter Bygningsdel Detaljoversikt



Kort levetid og utskifting av bygningsdelen utgjør en stor del av det totale utslippet for dører og vinduer. De fleste konstruksjoner har levetid som bygget, med unntak av takteking (20 år), innvendige dører (40 år), vinduer (40 år) og overflatebehandling (15 år)

Oversikt over de største utslippene pr materiale

No.	Ressurs	Påvirkning fra start til slutt (A1-A3)	Vugge til port (A1-A3)
1.	Strukturelle stålprofiler, generisk  ?	4,8 tonn CO ₂ e	18.0 %
2.	Ferdigbetong B30M60 8-UN53AB200 Vestby  ?	3,5 tonn CO ₂ e	13.1 %
3.	Prefabrikkert konstruksjonselement av trevirke med spikerplater  ?	3,3 tonn CO ₂ e	12.6 %
4.	Isolasjon, EPS 80  ?	1,8 tonn CO ₂ e	7.0 %
5.	Vindu Fastkarm med aluminiumsbekledning, per m2  ?	1,6 tonn CO ₂ e	5.8 %
6.	Sponplater  ?	1,5 tonn CO ₂ e	5.5 %
7.	Glava glassull  ?	1,1 tonn CO ₂ e	4.1 %
8.	Gipsplate  ?	0,78 tonn CO ₂ e	3.0 %
9.	Fuktbestandig sponplater  ?	0,8 tonn CO ₂ e	3.0 %
10.	Softwood laminate  ?	0,72 tonn CO ₂ e	2.7 %
11.	Steinull-isolasjon  ?	0,59 tonn CO ₂ e	2.2 %
12.	Screws, self-tapping, steel  ?	0,53 tonn CO ₂ e	2.0 %
13.	Interior door  ?	0,54 tonn CO ₂ e	2.0 %
14.	Høvellast, bartre  ?	0,5 tonn CO ₂ e	1.9 %
15.	Avrettingsmasse  ?	0,48 tonn CO ₂ e	1.8 %

N4_T slipper ut 46 tonn CO₂ekv som er en reduksjon i utslipp på 20 % i forhold til et referansebygg i mur og en reduksjon på 1% ift et annet trebygg.

Klimagassberegningsresultater NS 3720:2018 - Hovedscenario

Hovedscenario always bruker norske 60-årige degressive energi- og transportblandinger. Alternative scenarier vises separat nedenfor

Sektor	Klimagassutslipp kg CO ₂ e ⓘ	Biogent karbonlagring kg CO ₂ e bio ⓘ
A1-A3 Byggematerialer	26 582 +24 %	35 264 +27 %
A4 Transport til byggeplassen	457 -23 %	
A5 Byggeplass	3 061 -42 %	
B1 Bruk		
B3 Repair		
B4-B5 Utskiftning og renovering	3 646 -13 %	
B6 Energibruk i drift	8 795 -25 %	
B8 Transport i drift		
C1-C4 Slutten på livet	3 806 +7,9 %	
D Utover livsløp (ikke inkludert i totalen)	-16 598 -4,2 %	
Total	46 346	35 264
Sammenlign samlede resultater med: 3 - Referansebygg -Tre		
3 - Referansebygg -Tre Total	46 716	27 832
3 - N4_T - Prefab bad sammenlignet med 3 - Referansebygg -Tre	-0,8 %	+27 %

Sammenligning mot referansebygg

- Referansebygget har form som skoese, tilsvarende areal og etasjer som det aktuelle bygget, bruk av tradisjonelle materialer uten særskilte miljøhensyn
- Det er gjort noen tilpasninger av referansebygget for å tilsvare et liknende bygg som Mestergruppen sine bygg.
- Det er f.eks. byttet ut noe Leca i ytter- og innervegg til vanlig bindingsverksvegg, betongtrapp til tretrapp, noe kledning på yttervegg er skiftet fra tegl til trekledning.
- Taket er bygget opp som et saltak med trekonstruksjon og takstein.
- Referansebygget som genereres i One Click LCA tar ikke hensyn til tekniske krav vedrørende brann og akustikk som for eksempel doble lag på innervegger eller liknende.

Energiberegning

- Det er gjort beregninger for forskjellige kilder for **energiforsyning**: elkjel med gulvvarme, fjernvarme og avtrekksvarmepumpe (luft/vann varmepumpe er standardvalg).
- Avtrekksvarmepumpe **gir lavest utslipp**, de har høyere virkningsgrad og gir «gratis» energi
- **Fjernvarme** har høyere utslippsfaktor på grunn av de energikilder som brukes i produksjonen av fjernvarme. I henhold til Statistisk sentralbyrå så sto varme fra avfallsforbrenning for 45% av produksjonen i 2019. Forbrenning av avfall gir høye utslipp av CO₂e per kWh på grunn av mye fossilt materiale i avfallet.
- **Utslippsfaktor** som er brukt for elektrisitet er Norsk forbruksmiks på 0.0128 kg CO₂e/kWh (forventet gjennomsnitt over neste 60 år) med en projeksjon fra gjennomsnittet av den norske forbruksmiksen fra 2015-2017
- Det forventes at elproduksjonen er nesten fossilfri etter 60 år.

Energiforsyningsalternativ	Utslipp fra	Utslipp [kg CO ₂ e/]
Avtrekksvarmepumpe	Energi	9 028
Elkjel	Energi	12 249
Fjernvarme	Energi	60 538
	Ekstra byggematerialer*	294

**Ved bruk av fjernvarme må isolasjon i gulv endres fra 250 til 300 og u-verdi vindu endres fra 1,0 til 0,9. Dette medfører ytterligere utslipp for bruk av mer materiale.*

08.09.2021

Isolasjon

- Krav til U-verdi, tykkelser og varmeledningsevne (lambdaverdi, λD) er spesifisert i energiberegning
- Isolasjon fra Glava er av glassull produsert av glass (52% resirkulert). Isolasjon fra Rockwool er steinull produsert av stein (varierende resirkuleringsgrad).
- Proff 34 kommer gunstigst ut

Produkttype	U-verdi vegg	Utslipp isolasjon vegg (kg CO _{2e})	Utslipp energi (kg CO _{2e} / Energikilde Luft/vann VP)	Utslipp fra isolasjon og energi (kg CO _{2e})	Pris isolasjon NOK/m ² isolert yttervegg
Glava extreme 32	0,185	774	8 693	9 467	154
Glava Proff 34	0,193	502	8 754	9 256	122
Rockwool FlexExtrem 33	0,189	2 308	8 725	11 033	165
Rockwool FlexExtrem 33, 80% reduksjon i produksjon	0,189	487	8 725	9 212	-

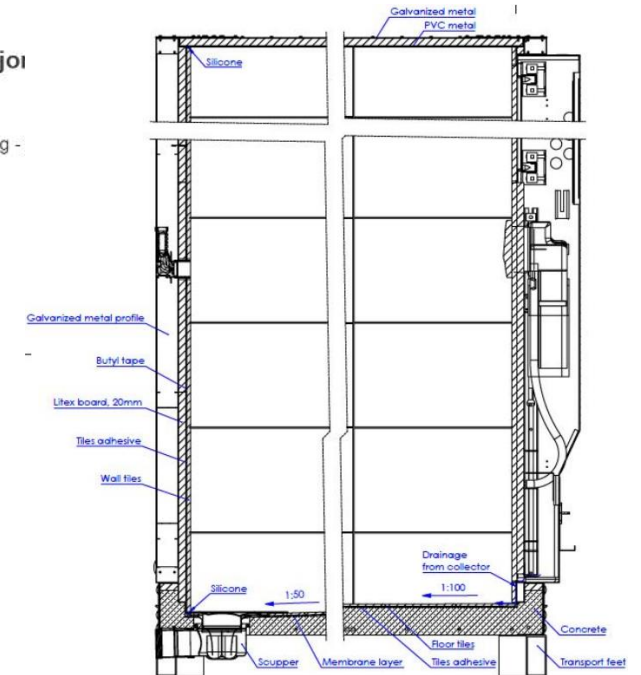
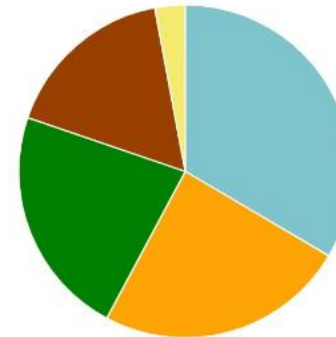
Fra tabell 4 kan ses at utslippene øker med synkende lambdaverdi. Dersom det velges en isolasjon med høyere lambdaverdi enn kravet på 0,034 (fra energiberegning) og tykkelse på isolasjon beholdes øker U-verdi og varmetapet. For å overholde forskriftskrav til energieffektivitet og varmetapstall kan konsekvensen bli at andre bygningsdeler må skiftes ut, f.eks. vinduer med lavere U-verdi.

Baderomskabiner

- Det skal brukes prefabrikkerte baderomsmoduler fra Norac i N4_T
- De største utslippene er knyttet til **innervegger**. Innervegger har størst areal og dermed mest materiale. Innerveggene består av både stål og våtromsplater som begge har høye utslipp
- Med plassbygde bad kan mengden stålbjelker reduseres og byttes ut med vanlig bjelkelag. Forskjellen er 1421 kg mindre stål og **959 kg mindre CO₂e**
- Analysen mangler produksjon og transport til byggeplass av modulbad, hvilket gjør utslippene enda større

Klimagassutslipp kg CO₂e - Klassifikasjon

- 242 - Ikke - bærende innvegger - 33.5%
- 256 - Faste himlinger og overflatebehandling -
- 251 - Frittstående dekker - 22.4%
- 246 - Kledning og overflate - 16.8%
- 255 - Gulvoverflate - 2.9%



	N4T med prefabrikkerte baderomsmoduler	N4T med plassbygget bad
Konstruksjons trevirke	18,6 m ³	19,9 m ³
Stål i bjelker	4263 kg	2842 kg
Totalt utslipp	46 572 kgCO _{2eq}	45 613 kgCO _{2eq}

Rør

- Det er gjort en sammenligning av utslipp ved bruk av **precut** og plassskuttede PP-rør
- Ved bruk av plassskappede rør er det brukt standardverdi for svinn fra One Click LCA og antatt et svinn på 6%.
- Det er brukt en EPD for PP rør for grunnavløp- og overvannsrør fra Pipelife Norge
- Pipelife har utarbeidet fossilfrie rør hvor etylenet erfossilfritt. Når utslippsfaktoren inkluderer binding av det biogene karbonet i rørene har rørene en utslippsfaktor på – 3 kg CO_{2e} i produksjonsfasen (A1-A3).

	Precut	Plassskuttet	Fossilfrie PP-rør
Lengde/vekt	97 m/420 kg	97 m/ 420 kg	
Svinn	0	6 %	
Kg CO ₂ -utslipp/m for A1-A3	2,7	2,7	-3
Kg CO ₂ -utslipp/m for hele livsløpet	2,8	2,8	-2,97
CO ₂ -utslipp totalt	243 kg CO _{2e}	260 kg CO _{2e}	- 289 kg CO _{2e}

Beregning viser at det ved bruk av precuttede rør i N4T kan spares 15 kg CO_{2e} per bygg.

Ved beregning av utslipp ved bruk av fossilfrie rør hvor binding av biogent karbonet er inkludert i utslippsfaktoren fås et totalt negativt utslipp for rørene i bygget på -289 kg CO_{2e}.

Ved bruk av fossilfrie rør bindes det opp karbon i bygget.

Det biogene karbonet slippes ut ved forbrenning av rørene ved avfallshåndteringen.

Analyse - betong

Mengde: 8.97 m ³	Totalt utslipp for hele bygget inklusive betong [kgCO ₂ ekv]	Totalt utslipp for betong [kgCO ₂ ekv]	Pris pr m ³	Reduksjon C O ₂ eq sammenli gnet mot bransjestand ard [kgCO ₂ ekv]	Reduksjon C O ₂ eq sammenligne t mot bransjestand ard [%]
Vanlig betong, bransjestand ard	37 072	1 912	Pris mangl er	-	-
Lavkarbon B	37 061	1 671	Ca 140 0 kr/m ³ eks mv a	241	2,2%
Lavkarbon A	36 701	1 491	+ 50 kr/m ³	421	1,3 %

- NorBetong leverer lavkarbonbetong i henhold til Norsk Betongforening publikasjon nr. 37 utgave juni 2015.
- Lavkarbon A kan leveres mot et tillegg på 50 kr/m³. En leverandør har lavkarbon B som standard leveranse.
- Pumpene går på fossilfritt drivstoff (fornybar diesel).
- Transportkostnad fra betongfabrikk til byggeplass er 264 kr/m³ for 30 km, men det vil være likt for alle alternativene.

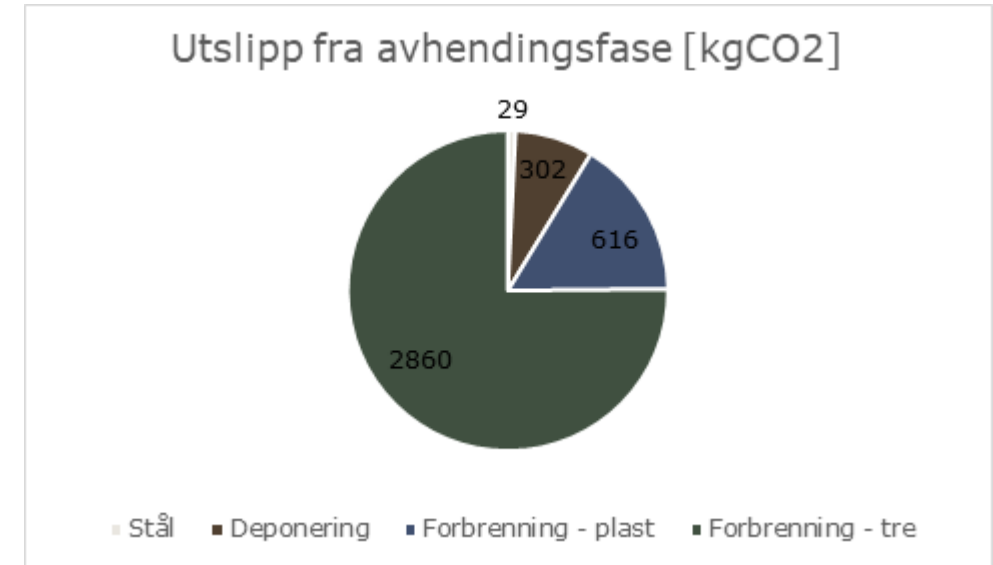
Kledning

- Det er gjort en forenklet sammenligning mellom forskjellige kledninger for N4_T.
- Det er mange faktorer som spiller inn ved sammenligning av forskjellige materialer, f.eks. konstruksjon bak, bruk av festemidler, vedlikehold og levetid er ting som kan variere med type kledning.
- Trykkimpregnert kommer best ut

	Møre Royal inkl vedlikehold med industri treolje fra Jotun	NORD trykkimpregnert kledning fra Bergene Holm	Ubehandlet grankledning med dobbelfals + grunning, mellom- og toppstrøk maling	Behandlet grankledning med dobbelfals + toppstrøk maling Drygolin Extreme	Behandlet grankledning med dobbelfals + toppstrøk maling Drygolin Ultimat
Areal kledning og overflatebehandling (Fasade inkl. parapet)	179 m ²	179 m ²	179 m ²	179 m ²	179 m ²
Levetid kledning	60 år	60 år	60 år	60 år	60 år
Intervall vedlikehold for overflatebehandling	10 år	Nor-kledning skal kun vaskes	8 år	8 år	8 år
Forbruk overflatebehandling vedlikehold 1 strøk	19,1 L	-	7,2 L	7,2 L	7,2 L
CO ₂ -utslipp/m ² Kledning	4,46 kg CO _{2e} / m ²	3,11 kg CO _{2e} / m ²	3,81 kg CO _{2e} / m ²	4,76 kg CO _{2e} / m ²	4,82 kg CO _{2e} / m ²
CO ₂ -utslipp/m ² overflatebehandling	0,67 kg CO _{2e} / m ²	•	0,89 kg CO _{2e} / m ²	0,69 kg CO _{2e} / m ²	0,77 kg CO _{2e} / m ²
Totalt utslipp (A1-C4)	0,92 tonn CO _{2e}	0,56 tonn CO _{2e}	0,84 tonn CO _{2e}	0,98 tonn CO _{2e}	1,00 tonn CO _{2e}
Pris /m ² (Pris kun for tremateriale, ikke maling eller overflatebehandling)	312 NOK	269 NOK Noe billigere enn Royal. Men kommer kun i fjellgrå. Alvdal har kommet med nye farger	135 NOK	247 NOK	229 NOK

Avfall

- 10% kapp på trevare medtatt. Ved fallende lengder slippes det ut 455 kg mer CO2 enn precut (3% svinn i fabikk)
- Forbrenning og energigjenvinning som avhendingsmetode gir de høyeste utslippene på grunn av at det kreves mye energi for å holde i gang forbrenningsverket samt at materialene som forbrennes slipper ut karbondioksid.
- En stor mengde stål resirkuleres
- NB! Biogent karbon som slippes ut ved forbrenning er ikke inkludert i utslippsfaktorene.

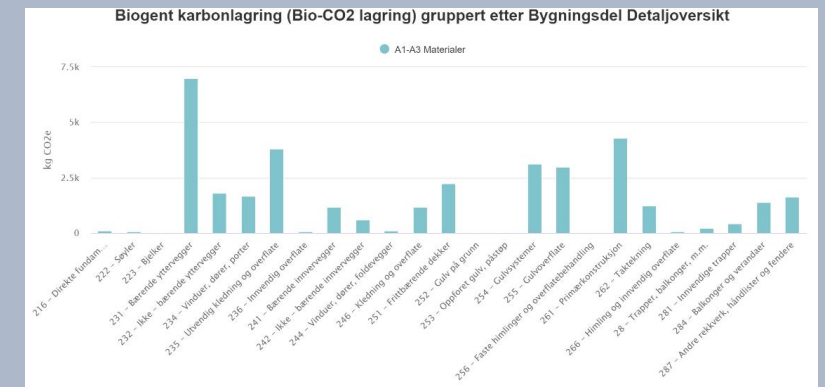


De største utslippene kommer fra forbrenning av tre. Det er i beregningen antatt at en stor mengde stål gjenvinnes og utslippene fra stål er derfor lave.

Biogent karbon

- Biogent karbon er karbon som er lagret i biologisk materiale som planter eller jord. Karbonet tas opp i form av CO₂ og lagres i materialet gjennom fotosyntese.
- På grunn av det bundne karbonet i biologisk materiale kan produkter av biologisk materiale bidra med å redusere nivåer av CO₂ i atmosfæren.
- Biogent karbon lagret i et byggemateriale kan derfor ses som et «negativt utslipp» fra produksjonsfasen.
- Når biologisk materiale forbrennes eller forråtnes slippes det lagrede karbonet ut igjen i atmosfæren.
- Beregning av opptak, utslipp og totalt bidrag av biogent karbon er komplekst og avhenger blant annet av tidsperspektiv og rotasjonstid på den biologiske massen.
- Opptak, utslipp og totalt bidrag kan beregnes på flere ulike måter, men mange ganger i LCA-studier og klimagassregnskap gjøres en forenkling og man regner med at **opptak og utslipp er likt og at det totale bidraget av utslipp er null.**

Biogent karbon	Referans ebygg	N4_T
Bygningsdeler (nr. iht. bygningsdelstabellen)	kg CO ₂	kg CO ₂
Fundament, grunn, kjeller og støttemur		99
Utvendige vegger og fasade		12 657
Søyler og bærende vertikale strukturer		57
Innervegger		2 978
Dekker, himling, gulv, bjelker og tak		14 035
Trapper og Balkonger		3656
Vinduer og dører		1 781
Sum		35 264



Mestergruppens anbefalinger/videre arbeid

- Kutte utslipp
- Intensivere arbeidet med PDT-er og PDS-er
- Faggruppe på tvers for klimagassberegninger og analyser
 - Deling av tekniske data på hus
- Konkurrere på brukerapplikasjoner og markedsføring
- Miljøsertifisere hele konsernet
- Så må vi snakke om miljøsertifiseringer på husene – vente på TerraVerras bærekraftsindeks eller lage vår egen?



TERRAVERA