

Bilag 3: Forudsætnings- og beregningsnotat for CO₂e-tal ved udvikling af Østhavnen

8. september 2022



Forudsætnings- og beregningsnotat for CO₂e-tal ved udvikling af Østhavnen

Beregningerne er udarbejdet af:

Transportministeriet
Metroselskabet
A/S Øresund
Københavns Kommune

Udgivet af: Transportministeriet
Frederiksholms Kanal 27F
1220 København K

ISBN trykt udgave: 978-87-93292-73-4
Forsideill.: Peter Sørensen, 2018

Denne publikation er omfattet af Creative Commons-licensen "CC BY-NC-ND Kreditering-ikke kommerciel - ingen afledninger".
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Indhold

Klik eller tryk her for at skrive tekst.....	5
1. Klimaeffekter ved udvikling af Østhavnen	6
1.1 Indledning	6
1.2 Samlet projekt- og nulscenarie	7
2. Klimaeffekter fra bosætning i Østhavnen	10
2.1 Befolkning	10
2.2 Indlejret CO ₂ e ved anlæg af boliger	11
2.2.1 CO ₂ e reduktionspotentialer i fremtiden	12
2.3 Indlejret CO ₂ e ved drift af boliger.....	14
2.3.1 Metode til beregning af emissionsfaktorer for el og fjernvarme	14
2.3.2 Emissionsfaktorer for den kortsigtede periode – 2022 til 2045	14
2.3.3 Emissionsfaktorer for den langsigtede periode	15
2.4 Indlejret CO ₂ e fra bilproduktion.....	15
2.5 CO ₂ e fra trafikarbejde (drift)	16
2.6 Resultater for bosætning.....	19
3. Klimaeffekter fra infrastruktur	21
3.1 Metode til opgørelse af klimaaftryk for Metro	21
3.1.1 Anlæg af Metro	21
3.1.2 Reinvesteringer	21
3.1.3 Drift.....	21
3.1.4 Udeladte livscyklusfaser.....	22
3.1.5 CO ₂ e-aftryk fra fremtidige linjeføringer – optimeringsmuligheder og potentialer.....	22
3.1.6 Fire scenarier til beregning af CO ₂ e-udledning ved anlæg og drift af metro.....	23
3.1.7 Resultater for Metro.....	26
3.2 Metode til opgørelse af klimaaftryk for Østlig Ringvej.....	28
3.2.1 Tre scenarier for CO ₂ e-udledning ved anlæg og drift af Østlig Ringvej	28
3.2.2 Initiativer for reduktion af CO ₂ e-aftryk fra Østlig Ringvej	28
3.2.3 Beregningerne i de 3 scenarier	30
3.2.4 Anlæg af Østlig Ringvej	31
3.2.5 Drift, vedligeholdelse og reinvesteringer i Østlig Ringvej	33
3.2.6 Resultater for Østlig Ringvej.....	33
4. Inddeling af CO ₂ e-effekter i forhold til EU's kvotesektor samt nationale og globale udledninger	35
5. Appendiks 1: Fælles overblik over forudsætninger	37

1. Klimaeffekter ved udvikling af Østhavnen

1.1 Indledning

De forventede klimamæssige effekter forbundet med Lynetteholmsprojektet er undersøgt i forbindelse med analysen *Samfundsøkonomiske effekter ved udvikling af Østhavnen*. Der forventes en række klimaeffekter fra projektet fra både anlægs- og driftsfasen – fra både infrastruktur og bosætning. Projektet kan samtidig forventes at medføre en ændring i den trafikale adfærd, hvilket er beregnet via OTM-modellen.

Klimaeffekter udgør i denne analyse forskellen i klimapåvirkningen mellem et projekt- og nulscenarie. Indeværende papir beskriver de forudsætninger, der ligger til grund for beregningerne.

Med henblik på at give et overordnet og initialt estimat over de forventede klimaeffekter forbundet med det samlede projekt, er der udarbejdet et skøn over den forventede CO₂-merudledning (opgjort i CO₂-ækvivalenter, herefter CO_{2e}). Beregningerne er behæftet med uæ-sentlig usikkerhed, hvilket skal ses i sammenhæng med projektets lange tidshorizont og tidlige stadie, som betyder, at der for nuværende ikke er detaljeret kendskab til det design og materialeforbrug, som vil indgå i planelementerne samt fremtidige teknologiers CO_{2e}-reduktionspotentiale. Samtidig tages der forbehold for, at der anvendes forskellige metoder til opgørelse af klimaeffekten af de forskellige dele af projektet, hvorfor usikkerheden på de forskellige estimater varierer.

Til at estimere klimaeffekterne opstilles hhv. et projekt- og nulscenarie, hvor klimaeffekterne over tid ved bosætning i Østhavnen sammenholdes med, hvor bosætningen ellers ville have fundet sted. Der er for hhv. Metro og Østlig Ringvej ikke indregnet udvidelse af infrastruktur i nulscenariet. Det er praksis, at når effekter af ny trafikal infrastruktur opgøres, så er der i nulscenariet kun medtaget den infrastruktur, der allerede er besluttet og finansieret. Derfor er der i opgørelsen af CO_{2e}-effekten ikke medregnet den CO_{2e}-udledning, der vil komme som følge af den ekstra infrastruktur, der eventuelt kunne tænkes at blive bygget, hvis udviklingen af Østhavnen ikke gennemføres. Der er endvidere ikke taget højde for, at en beslutning om etableringen af Lynetteholm kan give et mindre forbrug andre steder i samfundet og dermed en mindre udledning af CO_{2e}. Der tages samtidig ikke højde for, at der med øget bosætning i forstæderne, kan være behov for anden ny eller udvidet infrastruktur i nulscenariet. Endvidere tages der ikke højde for, at infrastrukturen i projektscenariet ikke alene betjener Lynetteholm, men er planlagt med henblik på at sikre fortsat kapacitet i metro og vejnet i København. Anlægsloven for selve Lynetteholm blev vedtaget i juni 2021, hvorfor det i indværende analyse forudsættes, at selve øen er anlagt, og CO_{2e} aftrykket herfra indgår

derfor ikke. For skøn over CO₂e aftryk af selve øens henvises til Miljøkonsekvensrapporten for etablering af Lynetteholm¹

Til beregningerne af udledningerne af CO₂e for de tre delelementer (hhv. bosætning, Metro og Østlig Ringvej) benyttes forskellige erfaringsgrundlag, som input i beregningerne. Østlig Ringvej er baseret på erfaringer for Femern Bælt-forbindelsen og en skalering heraf, Metro tager afsæt i eksisterende metrolinjer, og bosætning er baseret på livscyklusanalyser (LCA'er) fra 11 cases for etagebyggeri i Danmark. Dertil kommer, at det for de tre projekter benyttes forskellige levetider. For boligbyggeri anvendes en levetid på 50 år, mens der for Metro anvendes en levetid på 100 år og for Østlig Ringvej en levetid på 120 år. For at sikre den størst mulige grad af konsistens på tværs af beregninger, er afgrænsningen af opgjorte livscyklusfaser sammenholdt på tværs af projekter, *jf. Appendiks 1*. Analysen betragter perioden 2025-2070, hvor perioden før 2035 dog alene vedrører anlægsperioder af infrastruktur, mens driftsperioden påbegyndes efter 2035. Det bemærkes, at opførelsen af boliger vil foregå over en længere periode.

Klimaberegningerne anlægger et livscyklusperspektiv og er baseret på såkaldt attributive emissionsfaktorer for klimapåvirkning. Den attributive tilgang opgør den isolerede klimapåvirkning ved fremstilling af et givent produkt eller materiale, og tager ikke højde for evt. indirekte eller afledte effekter. Dvs. der tages ikke højde for, hvordan øget efterspørgsel af et givent materiale påvirker udbud og efterspørgsel på markedet og klimaeffekten heraf. Beregninger for Metro og Østlig Ringvej benytter så vidt muligt produktspecifikke miljøvaredeklARATIONER (EPD'er), hvor disse er tilgængelige.

Det samlede projekt- og nulscenarie beskrives og opsummeres i næste afsnit, men klimaeffekterne beregnes separat for hhv. bosætning, bilparken, Metrolinje, Østlig Ringvej samt trafikarbejdet.

1.2 Samlet projekt- og nulscenarie

Til at skønne over klimaeffekten ved udbygning af Østhavnen samt anlæg af Metro og Østlig Ringvej opstilles følgende projekt- og nulscenarie:

- **Projektscenarie:** Med bebyggelse af boliger på Lynetteholm og i Østhavnen. Metro og Østlig Ringvej anlægges. Østlig Ringvej analyseres i tre forskellige projektscenarier.
- **Nulscenarie:** Uden bebyggelse på Lynetteholm (eller yderligere bebyggelse i Østhavnen), hvorfor bebyggelsen vil finde sted på det øvrige Sjælland samt ved en fortætning af København. Metro og Østlig Ringvej anlægges *ikke*.

¹ <https://trafikstyrelsen.dk/vvm-liste/2021/jan/etablering-af-lynetteholm>.

Opgørelserne i hhv. projekt- og nulscenariet anvendes til at beregne *klimaeffekten* – eller merudledningen, der udgøres af forskellen mellem de to scenarier. Da projektet er omfattende, har det været nødvendigt at tage visse *fravalg*, som der derfor ikke er skønnet over. Fravalgene er særligt foretaget, hvor det vurderes, at påvirkningen i hhv. projekt- og nulscenariet er stort set den samme – og hvorfor *klimaeffekten* forventes at være nul. Det betyder samtidig, at selve *klimapåvirkningen* i de enkelte scenarier vil være undervurderet/ufuldstændige.

De væsentligste fravalg og antagelser, der er foretaget med henblik på forsimplinger, dækker bl.a. over, at der for byggeri alene ses på CO₂e-effekter fra privat boligbyggeri. Det antages ligeledes, at der kun bygges *etagelejligheder* i både projekt- og nulscenariet. Det antages, at erhvervsbebyggelse og parkering vil optage det samme antal etagemeter i de to scenarier, hvorfor deres CO₂e-aftryk ikke opgøres. Det antages samtidig, at kvadratmeter tilhørende fællesarealer mv. vil være lige store i de to projekter. Det samme gør sig gældende for forsyningsinfrastruktur, fx kloakering. Fsva. infrastruktur antages det, at mindre veje der fører hen til boligerne har samme størrelse i de to scenarier, hvorfor de ikke opgøres, *jf. tabel 1.1.*

Der er i nulscenariet kun medtaget den infrastruktur, der allerede er besluttet og finansieret. Derfor er der i opgørelsen af CO₂e-effekterne ikke medregnet den CO₂e-udledning, der vil komme som følge af den ekstra infrastruktur, der eventuelt kunne tænkes at blive bygget, hvis udviklingen af Østhavnen ikke gennemføres. Anlægsloven for selve Lynetteholm blev vedtaget i juni 2021, hvorfor det i disse beregninger forudsættes, at selve øen er anlagt.

Tabel 1.1 | Oversigt over projekt- og nulscenarie

	Projektscenarie	Nulscenarie
	<i>Medfører potentielle forskelle mellem projekt- og nulscenarie</i>	
Bosætning	<p>1) Med bebyggelse af boliger på Lynetteholm og i Østhavnen. Samlet for Østhavnen (Lynetteholm, Refshaleøen og Kløverparken) forudsættes 66.000 indbyggere.</p> <p>Beboelsen svarer til 41 kvm pr. indbygger*.</p> <p>2) Bilparken indgår, bilejerskabet er 217 pr. 1.000 indbygger i København.</p>	<p>1) Uden bebyggelse af boliger på Lynetteholm. Refshaleøen og Kløverparken udbygges med boliger svarende til 8.400 beboere.</p> <p>Ca. 20 pct. af befolkningen, der i projektscenariet er bosat i Østhavnen, forudsættes forsat at bo i Københavns Kommune via fortætning i nye boliger.</p> <p>Den øvrige bebyggelse (80 pct.) vil finde sted på det øvrige Sjælland (OTM-område).</p> <p>Beboelsen svarer til 47 kvm pr. indbygger*.</p> <p>2) Bilparken indgår, bilejerskabet er 387 pr. 1.000 indbygger i omegnskommunerne.</p>
Infrastruktur	<p>3) Metro og Østlig Ringvej anlægges.</p> <p>4) Trafikarbejde med 47,045 mio. vognkilometer pr. hverdagsdøgn.</p>	<p>3) Metro, Østlig Ringvej, eller anden yderligere infrastruktur, anlægges <i>ikke</i>. Der forudsættes ingen yderligere infrastruktur.</p> <p>4) Trafikarbejde med 47,20 mio. vognkilometer pr. hverdagsdøgn.</p>
	<i>Forudsættes ens i hhv. projekt- og nulscenarie, hvorfor klimapåvirkningen ikke opgøres og klimaeffekten vil være nul</i>	
Bosætning	<p>5) Erhvervsbebyggelse</p> <p>6) Parkeringspladser</p> <p>7) Kloakering og forsyningsinfrastruktur</p>	<p>5) Erhvervsbebyggelse</p> <p>6) Parkeringspladser</p> <p>7) Kloakering og forsyningsinfrastruktur</p>
Infrastruktur	<p>8) Mindre vejnet der føre hen til bebyggelse</p>	<p>8) Mindre vejnet der føre hen til bebyggelse</p>
<p>Anm.: Det lægges til grund for denne analyse, at selve øen er anlagt i både nul- og projektscenarie, hvorfor CO₂e-udledning fra anlæg af selve øen ikke opgøres i denne analyse. * Jf. Danmarks Statistik er det gennemsnitlige etagemeter forbrug pr. person lavere i København end uden for København.</p>		

2. Klimaeffekter fra bosætning i Østhavnen

Frem mod 2070 forventes befolkningen på Sjælland at vokse med mere end 300.000 personer². Der vil derfor være behov for at bygge nye boliger for at imødekomme efterspørgslen, og behovet for nye boliger forventes derfor at være det samme, uanset om den fremtidige bosætning sker i Østhavnen eller mere spredt på det øvrige Sjælland.

CO₂e-udledningen forbundet med etableringen af disse boliger forventes at være den samme pr. kvadratmeter i begge scenarier. Det forventes dog, at arealforbruget forbundet med etablering af boliger i de to scenarier vil være forskelligt, idet det forventes, at en koncentreret byudvikling i Østhavnen vil mindske arealforbruget pr. boligenhed eller pr. person i forhold til en decentral bosætning. Det forudsættes, at der alene bygges *etagelejligheder* i både projekt- og nulscenariet. Klimaeffekten fra byggeri vil derfor opstå ved den difference, der er i arealforbruget, *jf. afsnit 2.2*.

Ud over arealforbrug forventes en stor forskel på bilejerskabet ved bosætning hhv. i Østhavnen eller på det øvrige Sjælland, hvorfor der medregnes klimaeffekter fra den ekstra bilproduktion, *jf. afsnit 2.4*.

2.1 Befolkning

Der ventes en befolkningsudvikling på Lynetteholm i 2070 på 35.000 indbyggere, mens der samlet for hele Østhavnen (Lynetteholm, Refshaleøen og Kløverparken) ventes 66.000 indbyggere i 2070 i projektscenariet. Dette skal sammenholdes med en forventet befolkning på 8.400 i Østhavnen i 2035. Forudsætninger for befolkning i Østhavnen i nulscenariet baserer sig på udviklingsplaner for Refshaleøen og Kløverparken og opsummeres i Tabel 2.1.

Tabel 2.1 | Oversigt over forudsætninger for bosætning

Projektscenarie	Nulscenarie
<ul style="list-style-type: none">- Alle arealer i Østhavnen er fuldt udbygget, herunder Lynetteholm, Refshaleøen og Kløverparken.- Udbygningstakten af Østhavnen følger forundersøgelserne for Metro og Østlig Ringvej.- Befolkningsprognosen er en mekanisk forlængelse af Danmarks Statistiks befolkningsprognose på hhv. landsdels- og kommuneniveau frem til 2070.	<ul style="list-style-type: none">- I Østhavnen udbygges ca. 300.000 bolig-etagemeter på Refshaleøen og Kløverparken.- 20 pct. af befolkningen, der i projektscenariet er bosat i Østhavnen, forudsættes forsåt at bo i Københavns Kommune via fortætning. De resterende 80 pct. fordeles til kommunerne i de øvrige sjællandske kommuner via den gennemsnitlige fordeling af fraflytningerne fra Københavns Kommune fra 2017-2020.

² Kilde: Københavns Kommunes befolkningsfremskrivning.

- Grundet manglende arealer på Frederiksberg forudsættes det, at befolkningen i Frederiksberg Kommune ikke øges yderligere som følge af manglende udbygning af Østhavnen.

Forudsætningen om en fortætning på 20 pct. er behæftet med usikkerhed, idet forudsætningen om fortætning ligger 50 år ud i fremtiden, og præferencer for bosætning derved kan nå at ændre sig i perioden.

Det gennemsnitlige etagemeter forbrug er lavere i København, *jf. Tabel 2.2*. Forskellen i det gennemsnitlige etagemeterforbrug mellem projekt- og nulscenariet svarer til seks kvadratmeter pr. person i klimaberegningerne.

Tabel 2.2 | Gennemsnitlig etagemeterforbrug pr. person

Landsdel	Gennemsnitlig kvm pr. person
København	41
Frederiksberg, Dragør og Tårnby	48
Københavns Omegn	44
Nordsjælland	51
Østsjælland	51
Vest- og Sydsjælland	57

Anm: Gennemsnittet er beregnet for årene 2010-2022.

Kilde: Danmarks Statistik.

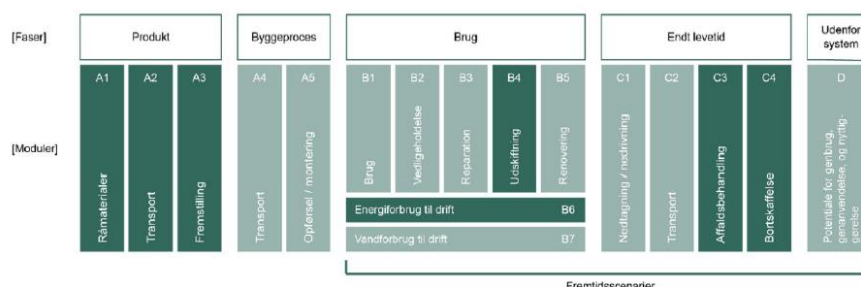
2.2 Indlejret CO₂e ved anlæg af boliger

Til at skønne over klimaeffekterne fra anlæg af bebyggelse tages der afsæt i en faktor for bygningernes indlejrede CO₂e pr. kvm bolig pr. år. Faktoren bygger på tal fra rapporten ”*Klimapåvirkning fra 60 bygninger (SBI 2020:04)*” af Regitze Kjær Zimmermann, Camilla Ernst Andersen, Kai Kanafani & Harpa Birgisdóttir. Rapporten inkluderer livscyklus analyser for 60 forskellige case-bygninger, som er opført i perioden fra 2013 til 2021 opdelt på fem bygningstyper, hvoraf 11 cases er etagebyggeri. De opførte boliger i indeværende beregninger forudsættes at være etagebyggeri, hvorfor beregningerne alene bygger på de 11 etageejendomme.

Rapportens livscyklusanalyser inkluderer modulerne A1-3 (udvinding, produktion og transport af byggevarer), B4 (udskiftning af byggevarer i brugsfasen), B6 (energiforbrug til drift i brugsfasen), C3-4 (affaldsbehandling og bortskaffelse i endt levetid-fasen). Det bemærkes, at B6 udelades i indeværende beregninger og erstattes med en emissionsfaktor for el og fjernvarme. Det skal understreges, at *ikke alle livscyklusfaser indgår i beregningerne i rapportens udførte LCA'er, jf. figur 2.1*. Det gælder bl.a. selve byggeprocessen (transport og opfør-

sel), som må forventes at have betydning for det samlede klimaaftryk. For indeværende beregning betyder de udeladte LCA-faser, at CO₂e påvirkningen ved anlæg af boliger i de enkelte scenarier undervurderes.

Figur 2.1 | Indeholdte LCA-faser (mørkegrønne)



Kilde: Klimapåvirkning fra 60 bygninger (SBI 2021:13)

Medianværdien for CO₂e-udledningen for de 11 etagebyggerier er for anlægsdelen svarende til 7 kg CO₂e pr. kvm bolig pr. år for LCA-faserne (A1, A2, A3, B4, C3, C4). Tallene tager udgangspunkt i, at byggeriet har en levetid på 50 år. Beregningsteknisk lægges den samlede udledning over levetiden ind i det år beboerne flytter ind. Til sammenligning vil der for nybyggeri over 1.000 kvm blive indført krav om LCA-beregninger med en CO₂e-grænseværdi svarende til 12 kg CO₂e pr. kvm. bolig pr. år fra 2023, jf. *Aftale om national strategi for bæredygtigt byggeri (2021)*. Samtidig vil den frivillige bæredygtighedsklasse have krav om CO₂e-grænseværdi svarende til 8 kg CO₂e pr. kvm bolig pr. år. Aftalen indeholder, at aftaleparterne løbende frem mod 2029 mødes med henblik på at fastsætte nye grænseværdier ud fra nyeste viden og data. I 2029 fremhæves en mulig CO₂e-grænseværdi svarende til 7,5 kg CO₂e pr. kvm bolig pr. år. CO₂e medianværdierne udledt fra *Klimapåvirkning fra 60 bygninger (SBI 2020:04)* er derfor nogenlunde i samme størrelsesorden³.

2.2.1 CO₂e reduktionspotentialer i fremtiden

Med henblik på at tage højde for fremtidige reduktionspotentialer i CO₂e-udledning forbundet med materialer og fremstilling, tages der afsæt i politisk besluttede klimamålsætninger.

Det antages, at boligbyggeriets fremtidige CO₂e-udledning vil falde i takt med, at Danmarks, EUs og verdens klimamålsætninger opnås. Det antages, at CO₂e-udledningen fra den danske del af produktionen i 2030 kun udleder 54 pct. af, hvad et tilsvarende byggeri ville have gjort i 2020. I år 2050 antages det, at der ikke længere vil være en CO₂e-udledning fra den danske del af produktionen. Samme antagelse anvendes for den europæiske del af produktionen. For lande uden for EU, antages det, at reduktionspotentialerne opnås langsommere end i

³ For at grænseværdierne er direkte sammenlignelige vil det kræve at de samme faser indgår i livscyklus analyserne.

Danmark og EU. Det er antaget, at landene uden for EU reducerer deres udledninger lineært fra 2020 til at være CO₂e-neutrale i 2070⁴, jf. tabel 2.3.

Det bemærkes, at denne metode er behæftet med *meget stor usikkerhed*, og formentlig overvurderer den teknologiske udvikling. Det skal særligt ses i sammenhæng med, at de politiske målsætninger er mål om *netto*-nul udledninger, og det vil langt fra være alle brancher, der kan reducere alle deres udledninger. Det gælder særligt for materialer, som altid vil være forbundet udledninger. Omvendt kan metoden dog også undervurdere den teknologiske udvikling, da CO₂e-intensiteten af produktionen falder relativt hurtigere end den samlede reduktion i CO₂e-udledningen.

Tabel 2.3 | Politiske målsætninger om reduktion i CO₂e-udledningen i procent i forhold til 1990 (2020 for "verden").

	2020	2030	2040	2050	2060	2070
Danmark	44	70	85	100	100	100
EU	24	55	77,5	100	100	100
Verden	0	20	40	60	80	100

Anm.: Reduktionen i CO₂e-udledningen for produktion i verden er i vist i forhold til 2020.
Kilde: EU Kommissionen, Klimarådet og Danmarks Statistik

Ca. 45 pct. af CO₂e-udledningen fra investeringer i boliger er indenlandsk, mens 18 pct. kommer fra øvrige EU-lande og 37 pct. kommer fra lande uden for EU, jf. *Energistyrelsens Global Afrapportering 2022*. Denne opdeling anvendes forud for fremskrivningen af de politiske målsætninger om reduktion i CO₂e-udledninger.

Beregningerne af CO₂e-udledning fra anlæg af boliger opgøres både med og uden reduktionspotentialer. I beregningerne *uden reduktionspotentialer* antages det, at alle boliger i Øst-havnen og i omegnskommunerne opføres med nuværende teknologier og CO₂e-udledninger. I beregningerne *med reduktionspotentialer* antages det, at CO₂e fra anlæg af bolig falder i takt med, at klimamålene opnås. Derved regnes der med, at indenlandske og europæiske CO₂e-udledninger falder frem mod 2050, hvor produktionen ikke længere vil medføre en CO₂e-udledning. Det kan enten opnås gennem grønne teknologier, eller fx ved benyttelse af carbon capture. Det bemærkes, at jo mere man kan reducere udledningerne forbundet med byggeriet, desto mindre bliver klimaeffekten af, at boligerne er mindre i projektscenariet end i nulscenariet.

⁴ Antagelsen om, at verden er CO₂e-neutrale i 2070, skal betragtes som et gennemsnit af de forskellige landes klimamål. Der er en række lande uden for EU, der ønsker at være klimaneutrale i 2050, mens andre lande ikke har bindende mål.

2.3 Indlejret CO₂e ved drift af boliger

Til at skønne over klimaeffekterne fra drift af bebyggelse tages der udgangspunkt i emissionsfaktorer fra Energistyrelsen. Det bemærkes, at der er usikkerhed forbundet med fremskrivningen.

2.3.1 Metode til beregning af emissionsfaktorer for el og fjernvarme

Beregningen af emissionsfaktorerne er opdelt i en kortsigtet og en langsigtet periode, da der er forskel på, hvad effekten vil være af et øget energiforbrug. For den langsigtede periode vil effekten af en øget efterspørgsel resultere i en udvidelse af den eksisterende kapacitet. Dette vil ikke være tilfældet for den kortsigtede periode, da det her vil være den nuværende kapacitet, der vil reagere på en øget efterspørgsel.

2.3.2 Emissionsfaktorer for den kortsigtede periode – 2022 til 2045

De kortsigtede emissionsfaktorer for *el* tager udgangspunkt i Energistyrelsens *Samfundsøkonomiske analyseforudsætninger 2022*. Her er emissionsfaktorer for el fremskrevet til 2045. Emissionsfaktorerne i analyseforudsætningerne er givet for CO₂, metan og lattergas, som er omregnet til CO₂e ved brug af Global Warming Potentials fra IPCCs 5th assessment report.

Udledninger fra *fjernvarme* kan variere meget, da de afhænger af det anvendte brændsel. Der er blevet lavet en særskilt kørsel i Energistyrelsens Ramses model for fjernvarmen i hovedstadsområdet med en øget befolkningstilvækst. Ud fra resultaterne er det vurderet, at den langsigtede emissionsfaktor for fjernvarme anvendes i hele projektets periode.

Omregning til kg CO₂e per m² per år

Emissionsfaktorerne i indeværende beregninger skal opgøres i CO₂e per m² per år, hvorfor der er brug for en omregning. Omregningen sker ved at gange el og varmemeforbruget på den oprindelige emissionsfaktor. Emissionsfaktorerne, som er udarbejdet i forbindelse med denne opgave er et groft estimat. Det årlige elforbrug per m² er beregnet ud fra data fra Spareenergi.dk. I beregningen af elforbruget indregnes et fast ”grundbeløb” som dækker det generelle behov, som køleskab mv, der er uafhængigt af antal beboere i husstanden. Derudover lægges der et elforbrug til per person, som differentieres i voksen, teenager og barn, samt et elforbrug forbundet med bolig-arealet.

$$\text{Elforbrug} = \text{konstant}_{\text{grundbehov}} + \text{boligareal} \cdot \text{konstant}_{\text{areal}} + \text{antal voksne} \cdot \text{konstant}_{\text{voksen}} + \text{antal teenager} \cdot \text{konstant}_{\text{teenager}} + \text{antal børn} \cdot \text{konstant}_{\text{børn}}$$

I beregningen af emissionsfaktorerne for el, er det antaget at en husstand består af 2 voksne og 1 barn under 13 ud fra Forbrugerundersøgelse fra Danmarks Statistik fra 2020. Boligopgørelsen fra Danmarks Statistik 2021 viser, at den gennemsnitlige etageejendom i 2021 var

79 m2 og er anvendt til beregningen af det årlige elforbrug. Det årlige varmeforbrug stammer fra sparenergi.dk, som repræsenterer varmeforbruget per m2 for nybyggeri, som følger bygningsreglementet.

2.3.3 Emissionsfaktorer for den langsigtede periode

Det vurderes, at konsekvensen af en befolkningstilvækst i enten København eller på det øvrige Sjælland vil være, at el og fjernvarmekapaciteten skal udvides for at kunne imødekomme den øgede efterspørgsel på energi. Det vurderet ligeledes, at den øgede kapacitet vil bestå af opsætningen af vindmøller. Dette gælder for både el og fjernvarme. Udvidelsen af fjernvarmen antages at bestå af implementeringen af store varmepumper, der omdanner el til varme. Begge emissionsfaktorer tager derfor udgangspunkt i drivhusgasudledninger forbundet med opsætningen af vindmølleparker. Der er fundet tre LCA-beregninger på vindmølleparker – én offshore og to onshore. Resultaterne fra de tre LCA'er viser, at 1 kWh el fra de respektive vindmølleparker udleder mellem 5,5 og 6,0 g CO_{2e}. Energistyrelsens beregninger tager på den baggrund udgangspunkt i 6 g CO_{2e} per kWh.

Til beregningen af en emissionsfaktor for fjernvarme er det antaget, at den samme værdi kan benyttes som for udledningerne fra en vindmøllepark. I princippet vil elforbruget være mindre, når der bruges en varmepumpe, da varmepumper har en høj virkningsgrad, dog er der udledninger forbundet med produktionen af selve varmepumpen.

Emissionsfaktorerne for driftsfasen er præsenteret i tabel 2.4 og 2.5.

Tabel 2.4 | Emissionsfaktorer for el i driftsfasen for perioden 2022-2045, Kg CO_{2e}/m²/år

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030-2045
Værdi	1,91	1,49	1,27	1,15	0,90	0,75	0,57	0,30	0,24

Kilde: Energistyrelsen.

Tabel 2.5 | Emissionsfaktorer for el og varme for den langsigtede periode, 2046-2070, Kg CO_{2e}/m²/år

	El	Fjernvarme
Værdi	0,17	0,24

Kilde: Energistyrelsen.

2.4 Indlejret CO_{2e} fra bilproduktion

Der er stor forskel på det forventede bilejerskabet i byerne og i de øvrige kommuner på Sjælland. Det er derfor relevant at medregne klimaeffekterne fra bilproduktion. Udledninger fra produktion af hhv. el-, plug-in hybrid- og konventionelle biler opsummeres i tabel 2.6.

Tabel 2.6 | Udledninger fordelt på biltype

Biltype	Ton CO2e pr. bil
Elbil	11,4
Plug-in hybrid bil	6,7
Konventionel bil	5,4

Kilde: Klimarådet 2018.

Den fremtidige fordeling af biler fordelt på drivmidler følger Vejdirektoratets fremskrivninger. Bilejerskabet antages at være konstant i alle områder på 2021-niveau, *jf. Samfundsøkonomiske effekter ved udbygning af Østhavnen (kapitel 5)*. Bilejerskabet er defineret til at være 217 biler pr. 1.000 indbygger i København, mens det gennemsnitlige bilejerskab for omegnskommunerne er defineret til at være 387 biler pr. 1.000 indbygger⁵. Dette forventes at være en konservativ antagelse, idet bilejerskabet historisk er steget mere i omegnskommunerne end i København, hvorfor forskellen i bilejerskabet i København og omegnskommunerne formentlig vil stige.

I nulscenariet, hvor Østhavnen ikke bosættes, antages det, at 20 pct. fortættes andre steder i København, mens resten bosætter sig andre steder på Sjælland, *jf. afsnit 2.1*.

Det er lavet to forskellige beregninger af CO2e fra bilproduktionen. I den første beregning er det antaget, at CO2e-udledningen pr. bil ikke reduceres frem mod 2070. I den anden beregning er det ligesom for boliger antaget, at den fremtidige CO2e-udledning reduceres i takt med, at de politiske klimamål opnås. Det er antaget, at hhv. 9 pct., 49 pct. og 42 pct. af CO2e-udledningen forbundet med anskaffelse af køretøjer kommer fra hhv. Danmark, EU og resten af verdenen⁶. Ligesom for boliger har oprindelseslandet en betydning for, om der opnås CO2e-reduktioner, og hvor hurtigt de opnås.

2.5 CO2e fra trafikarbejde (drift)

Årlige udledninger

De årlige CO2e-udledninger fra trafikken i 2035, 2040, 2050 og 2070 beregnes i Vejdirektoratets Envi-model pba. output fra OTM-trafikmodelkørsler. CO2e-udledningen i de mellem-liggende år interpoleres dernæst med metoden beskrevet i indeværende afsnit. Tabel 2.7 viser de årlige udledninger fra år med trafikmodelkørsler. Effekten er beregnet som CO2e-udledningen i projektscenariet fratrukket udledningen i nulscenariet for hhv. Etape 1 af Østlig Ringvej i 2035 og 2070 (åben for gennemkørende trafik), Etape 1 af Østlig Ringvej i 2035 og 2070 (lukket for gennemkørende trafik) samt for Etape 1 og 2 af Østlig Ringvej i 2050 og 2070.

⁵ Kilde: Danmarks Statistik.

⁶ Kilde: Danmarks Statistik.

Tabel 2.7: CO2e-effekter i nedslagsår, ton CO2e

	Etape 1, 2035, åben	Etape 1, 2070, åben	Etape 1, 2035, lukket	Etape 1, 2070, lukket	Etape 1 og 2, 2050	Etape 1 og 2, 2070
Personbiler	1.778	-283	-514	-297	1.654	-190
Lastbiler	2.052	1.118	240	931	4.381	1.262
Varebiler	-156	1.008	-102	690	26	845
Busser	-14	0	-4	0	-19	-2
<i>I alt (pr. år)</i>	3.660	1.843	-380	1.323	2.734	1.915

Anm.: Effekten er beregnet som CO2e-udledning i projektscenariet fratrukket CO2e-udledningen i o-scenariet. Et positivt tal er et udtryk for en merudledning i projektscenariet.

Kilde: Vejdirektoratets beregninger i Envi pba. OTM-trafikmodelkørsler.

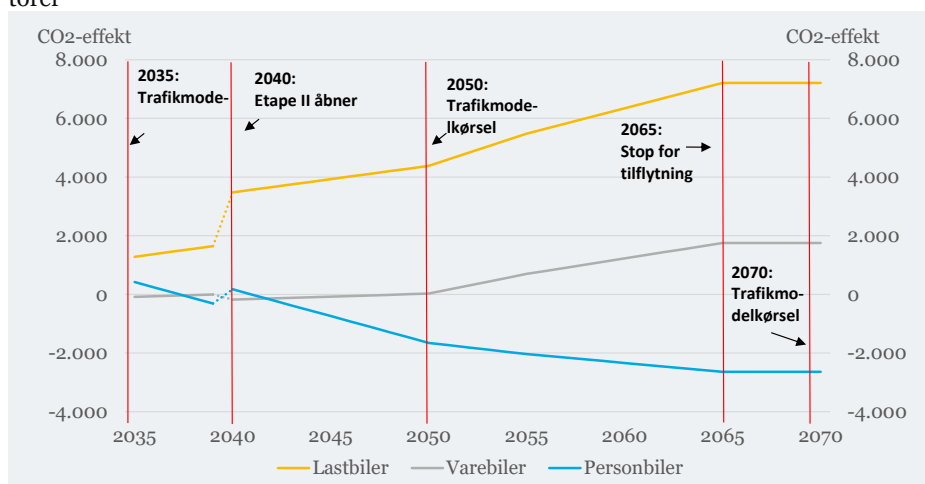
Envi benytter de konkrete ændringer i trafikken på de enkelte strækninger til at beregne CO2e-udledningen og tager blandt andet højde for ændring i hastigheder i forskellige tidsbånd, trafikarbejde og sammensætning af bilparken. Fremskrivningerne i Envi baseres blandt andet på Energistyrelsens Klimastatus og -fremskrivning samt Bloombergs Electric Vehicle Outlook.

Metode til udarbejdelse af CO2e-sti

Med udgangspunkt i de beregnede CO2e-effekter fra 2035, 2040, 2050 og 2070 interpoleres stien for CO2e-effekterne i de mellemliggende år. Derved estimeres CO2e-effekten i de enkelte år, så den samlede effekt for hele perioden kan beregnes. CO2e-effekten for et givent år er forskellen på udledningen i projekt- og nulscenarie.

Interpoleringen er først lavet med konstante emissionsfaktorer, *jf. figur 2.2*. For scenariet med Østlig Ringvej Etape 1 og 2 er CO2e-udledningen mellem 2040-2050 og 2050-2070 interpoleret under hensyn til bosætningshastigheden af Østhavnen. Da der ikke umiddelbart kan interpoleres mellem 2035-2040 pga. forskelle i infrastruktur i de to trafikmodelkørsler, er hældningen på udledningerne den samme som mellem 2040-2050.

Figur 2.2. CO2e-effekt fra trafikarbejdet, 2035-2070, konstante 2050-emissionsfaktorer

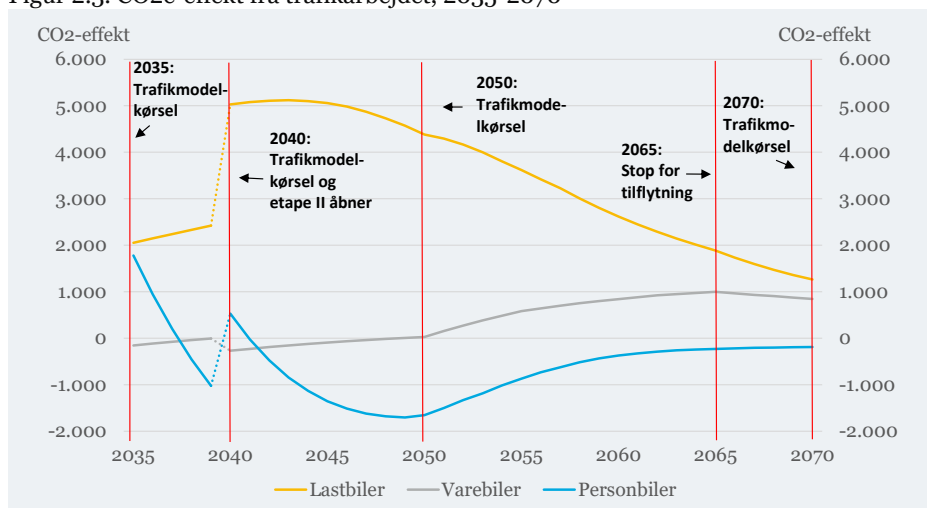


Anm.: 2050-emissionsfaktorer. CO2e-udledningen fra busser er ikke vist.

Kilde: Egne beregninger pba. OTM/Envi

Lastbilstrafikken medfører i alle nedslagsårene en merudledning af CO₂e, som primært er drevet af Østlig Ringvej. Effekten for lastbiler bliver forstærket af, at der forventes en langsommere indfasning af emissionsfrie lastbiler i forhold til personbiler. Figur 2.3 viser de interpolerede udledninger med varierende emissionsfaktorer.

Figur 2.3. CO₂e-effekt fra trafikarbejdet, 2035-2070



Anm.: Varierende emissionsfaktorer. CO₂-udledningen fra busser er ikke vist.
Kilde: Egne beregninger pba. OTM/Envi

Når der udarbejdes en tilsvarende sti for scenariet kun med etape I af Østlig Ringvej (åben for gennemkørende trafik) i hele perioden, anvendes der samme metode som for Etape 1 og 2, men i stedet interpoleres der alene mellem to trafikmodelkørsler (2035 og 2070). Det er kun muligt at interpolere mellem de to år, da de er de eneste år med modelkørsler for Østlige Ringvej Etape 1. Pga. den lange årrække der interpoleres over, er CO₂e-udledningen behæftet med mere usikkerhed end beregningerne for den fulde Østlige Ringvej.

Afslutningsvist vil trafikarbejdet blive korrigeret for kapacitetsudfordringer i metroen, idet det forventes, at have en negativ indvirkning på den enkeltes hverdag ikke at kunne benytte metroen. I takt med at passagerer oplever dette forventes flere og flere at fravælge metroen og vælge alternative transportformer. Det kan både være anden kollektiv trafik, cykel, bil, gang eller at turene simpelthen ikke bliver foretaget. Såfremt der anlægges en metrolinje, som afhjælper kapacitetsudfordringerne ved at tilbyde en alternativ transportvej på tværs af havnen, vil de negative konsekvenser i forbindelse med kapacitetsudfordringerne ikke realiseres. De negative konsekvenser af kapacitetsudfordringerne vedrører derfor nulscenariet i analysen, hvorfor det samlede trafikarbejde i projektscenariet vil blive reduceret.

2.6 Resultater for bosætning

Tabel 2.9 | CO₂e-effekter ved anlæg og drift af byggeri (CO₂e, ton)

	Nulscenarie	Projektscenarie	Difference (projekt minus o-scenarie)
Anlæg, uden reduktionspotentialer	928.000	823.000	-106.000
Anlæg, med reduktionspotentialer	203.000	181.000	-23.000
Drift (el og fjernvarme)	24.000	21.000	-3.000
I alt (spænd)	227.000 – 952.000	202.000 – 844.000	-26.000 – -109.000

Klimaberegningerne viser, at der over perioden 2035-2070 forventes en klimaeffekt på 26.000 – 109.000 ton mindre CO₂e ved anlæg og drift af boligbyggeri i Østhavnen sammenlignet med nulscenariet. Spændet og reduktionspotentialer afhænger af om det forventes, at den teknologiske udvikling og førte politik på sigt reducerer udledningerne fra byggeriet. Bliver byggeriet i fremtiden grønnere, er reduktionspotentialer fra projektet således mindre. Samlet set er den forventede forskel i CO₂e-udledningerne mellem projekt- og nulscenarie, som følge af bosætning i Østhavnen, relativt begrænset.

Tabel 2.10 | CO₂e-effekter fra bilproduktionen over perioden 2035-2070 (CO₂e, ton)

	Nulscenarie	Projektscenarie	Difference (projekt minus o-scenarie)
Bilproduktion, uden reduktionspotentialer	586.000	332.000	-254.000
Bilproduktion, med reduktionspotentialer	104.000	60.000	-46.000
Drift, trafikarbejde, Etape 1 af Østlig Ringvej (åben for gennemkørende trafik)	-	-	87.000
Drift, trafikarbejde, Etape 1 af Østlig Ringvej (lukket for gennemkørende trafik)	-	-	36.500
Drift, trafikarbejde, Etape 1 og 2 af Østlig Ringvej	-	-	110.300
Kapacitetsoverflytning fra Metro			-10.700

Klimaberegningerne viser, at der over perioden 2035-2070 kan forventes en klimaeffekt på 46.000 – 254.000 ton mindre CO₂e fra produktion af biler, når bosætningen finder sted i Østhavnen sammenlignet med nulscenariet, hvor bosætningen finder sted uden for København. Den samlede effekt fra trafikarbejdet af projektet i perioden 2035-2070 er en merudledning på ca. 87.000 tons CO₂e ved Etape 1 Østlig Ringvej (åben for gennemkørsel), og ca.

36.500 tons CO₂e ved Etape 1 Østlig Ringvej (lukket for gennemkørsel). Den samlede effekt fra trafikarbejdet af projektet i perioden 2035-2070 er en merudledning på ca. 110.300 tons CO₂e ved både Etape 1 og 2 af Østlig Ringvej. Til alle scenarier skal der dog fratrækkes ca. 10.700 ton CO₂e grundet korrektion for kapacitetsbegrænsninger fra metroen.

3. Klimaeffekter fra infrastruktur

Metoderne bag opgørelse af CO₂e-effekterne for infrastrukturprojekterne for hhv. Metro og Østlig Ringvej gennemgås i nedenstående afsnit.

3.1 Metode til opgørelse af klimaaftryk for Metro

Metroens klimaaftryk er beregnet i Metroselskabets klimaaftryksmodel, der er udviklet af Metroselskabet i samarbejde med COWI i 2019. Modellen anlægger et livscyklusperspektiv og opgør klimapåvirkning (ton CO₂e) for anlæg samt reinvesteringer og drift af metro i 100 år. Modellen er et screeningsværktøj til de tidlige projektfaser og giver et summarisk overblik over fordelingen af de *væsentligste* kilder til klimaaftrykket set over livscyklus.

3.1.1 Anlæg af Metro

I modellen er det opgjort, hvilke processer, mængder og -typer, som erfaringsmæssigt indgår i at anlægge standardelementerne i en metrolinje. F.eks. 1 højbane station, 1 dyb station, 1 km tunnel, 1 tog osv. Materialeforbruget er baseret på erfaringer fra M1M2 og Cityringen samt ekspertskøn. Da modellen repræsenterer det samlede metrosystem, har det været nødvendigt at foretage en række forsimplinger.

Til at beregne klimaaftrykket fra de anvendte materialer, er der indsamlet emissionsdata for materialernes indlejrede CO₂e. Fx kg CO₂e/ton armeringsstål og kg CO₂e/m³ beton. Ved indhentning af data er defineret følgende datahierarki:

- 1) Produktspecifikke EPD'er
- 2) Branchespecifikke EPD'er
- 3) Emissionsfaktorer fra Gabi Professionel database.

Udover indlejret CO₂e fra standardelementer er energiforbrug til entreprenørmaskiner, byggepladser m.m. estimeret i modellen på baggrund af energiopgørelser fra Cityringen.

3.1.2 Reinvesteringer

Metroen har en designlevetid på minimum 100 år. Baseret på kontraktkrav og ekspertvurderinger har hvert delelement en levetid i klimaaftryksmodellen. Levetiden afgør, hvor mange gange et specifikt delelement skal genproduceres og udskiftes over 100 år.

3.1.3 Drift

Klimaaftrykket fra den daglige drift af metroen stammer hovedsageligt fra produktion af el til fremdrift af tog og til drift af stationer. Andre processer og drivmidler forbundet med det daglige vedligehold og renhold af metrotog og stationer indgår derfor ikke i opgørelsen.

Energiforbruget fra drift udgør relativt set en mindre del af metroens klimaaftryk fra et livscyklusperspektiv.

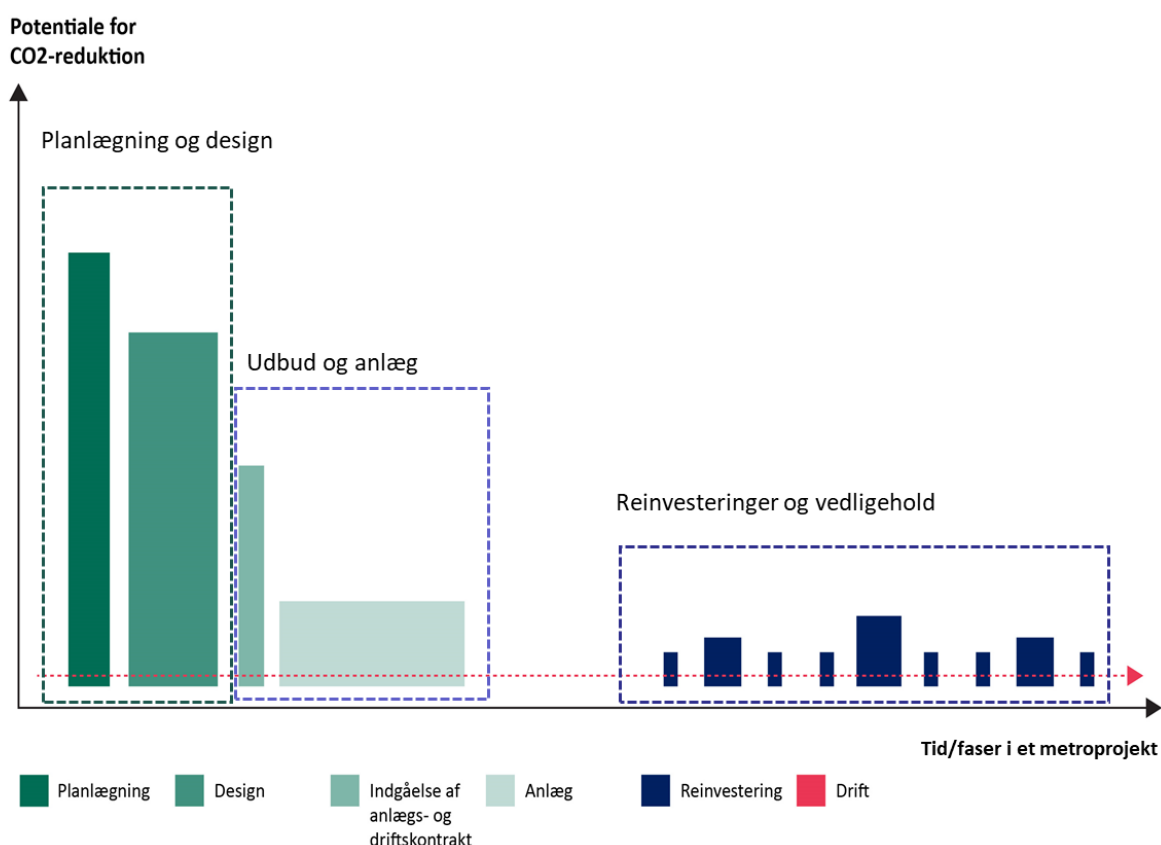
3.1.4 Udeladte livscyklusfaser

Modellen opgør ikke klimapåvirkning fra transport af materialer fra producent til byggeplads. De livscyklusfaser der har med endt levetid at gøre, dvs. nedtagning og håndtering af ressourcer/affald, er ikke opgjort, da den lange levetid medfører store usikkerheder i modellering heraf.

3.1.5 CO₂e-aftryk fra fremtidige linjeføringer – optimeringsmuligheder og potentialer

Muligheden for at begrænse klimapåvirkningen fra nye metrolinjer er størst i de tidlige projektfaser. Anlæggenes udstrækning, udformning og konceptuelle design sætter rammen for klimapåvirkningen fra anlægsfasen, samt den efterfølgende drift og vedligehold. De vigtigste beslutninger ift. nye projekters klimapåvirkning skal derfor træffes tidligt i projektet. Figur 3.1 illustrerer i hvilke projektfaser, der er størst mulighed for at reducere CO₂e-aftrykket.

Figur 3.1 | Mulighedsvinduer for reduktion af CO₂e-aftryk i et metroprojekt



Kilde: Metroselskabet.

I forbindelse med både drift af nuværende metrolinjer og udvikling af fremtidige metrolinjer påbegyndte Metroselskabet i 2021 et flerårigt innovationsprogram, der med afsæt i idéer fra

en markedsdialog gennemført samme år, undersøger mulighederne for at reducere klimapåvirkningen fra både drift og anlæg af metro. Programmet undersøger bl.a.:

- Gentænkning af metrostationernes design med henblik på materialebesparelser.
- Anvendelse af træ i stedet for beton i konstruktioner i overjordiske dele af metroanlæg, f.eks. højbanestationer.
- At minimere betonforbrug ved helt at udelade delelementer af de traditionelle stationstyper, eller erstatte delelementer med materialer med lavere klimaaftryk.
- At integrere plantearter der kan bidrage til et grønt bymiljø
- Energoptimering af metroens drift
- Redskaber til sikring af opnåelse af potentielle gevinster, herunder beregningsmetoder, kontraktmekanismer m.v.

Programmet gennemføres successivt. Designændringer fra innovationsprogrammet og fra markedsudvikling vil blive indarbejdet løbende i den videre projektering i takt med at gennemførte studier måtte vise et potentiale.

På nuværende tidspunkt er der gennemført en foreløbig designoptimering af de linjeføringer, der er undersøgt i forbindelse med udredning af metro til Lynetteholm, som således indgår i udredningens projekter. Det drejer sig bl.a. om større anvendelse af højtliggende underjordiske stationer, som er muliggjort af nyere anlægsmetoder. Det har foreløbigt bidraget med en reduktion på mellem 5% og 20%, alt efter linjeføring.

En række innovationstiltag er enten ikke afsluttet eller endnu ikke påbegyndt, hvorfor en potentiel reduktion herfra på metroanlæggenes klimapåvirkning ikke er opgjort på nuværende tidspunkt. Disse indgår derfor ikke i opgørelserne nedenfor.

3.1.6 Fire scenarier til beregning af CO₂e-udledning ved anlæg og drift af metro

Til at beregne klimapåvirkningen for metro er der derfor defineret fire scenarier, som kombinerer forskellige grader af optimeret anlægsdesign og potentiel teknologiudvikling. De anvendte forudsætninger er opsummeret i tabel 3.1 og udspecificeret i afsnittene under tabellen.

Tabel 3.1 | Anvendte forudsætninger i de fire scenarier for klimapåvirkning fra anlæg af metro

	Scenarie 1A	Scenarie 1B	Scenarie 2	Scenarie 3
Anlægsdesign				
	Design som i udredningen af metrobetjening til Lynetteholm, materialer og anlægsmetoder baseret på erfaringer fra Cityringen **	Som 1A optimeret med foreløbig innovation, som foreløbigt vurderes at kunne gennemføres indenfor den økonomiske ramme	Som 1A optimeret med materialer og tilgængelige metoder	Som 1A fremskrevet med potentiel teknologisk udvikling, bl.a. carbon capture
Emissionsfaktorer for el				
	Fremskrevet emissionsfaktoren for el*	Som i scenarie 1A	Som scenarie 1A	Som scenarie 1A
Materialer				
Beton	Metoder og materialer som på eksisterende linjeføringer.	Som 1A, herudover anvendes lerbaserede cementer i dele af anlægget, hvor muligt, f.eks. i indendørs, tørre miljøer.	Som i 1B, herudover anvendes: Slaggecement (CEM III/A) Lerbaserede cementer anvendes i dele af anlægget, hvor muligt, f.eks. indendørs, tørre miljøer.	Som i 1B, herudover forudsættes at CO _{2e} -fangst og lagring reducerer klimapåvirkningen fra cement, armeringsjern og konstruktionsstål med 80% ift. scenarie 1A
Stål		Som i scenarie 1A	Armering og konstruktionsstål af genanvendt stål produceret med grønt energimix.	
Anlægsmaskiner, byggepladser og transport				
		Som i scenarie 1A	Eldrevne byggepladsmaskiner u. 2,5 ton. HVO ₁₀₀ som drivmiddel på store maskiner og jordtransport	Emissionsfri byggepladser og jordtransport

*Kilde: Energistyrelsen. Klimapåvirkningen (g CO₂/kWh) reduceres med ca. 92% i 2030 ift. 2020. ** Designet af metrolinjen forventes optimeret i takt med innovationsprogrammet

Scenarie 1A: Erfaringsbaseret

CO₂e-aftryk fra metrolinjerne i projektscenariet beregnes som sagt på baggrund af anlægsdesign fra udredningen af metrobetjening til Lynetteholm.

Alle andre parametre i beregningen er baseret på erfaringsdata fra M1M2 og Cityringen. Der tages således ikke højde for, at design, processer samt mængder og -typer kan forbedres ved anlæg af nye linjer.

De udvalgte emissionsfaktorer er tilsvarende baseret på erfaringer fra anlæg af Cityringen. Dermed er der ikke taget højde for, at det på fremtidige anlæg vil være muligt at anvende materialer med et lavere niveau af indlejret CO₂e.

Scenarie 1B: Erfaringsbaseret, optimeret m. foreløbig innovation

CO₂e-aftrykket fra metrolinjerne beregnes som i scenarie 1A, men er optimeret med brug af lerbaserede cementer de steder i anlægget, hvor det er overensstemmende med metroselskabets designspecifikationer.

De lerbaserede cementer kan ikke i dag opnå den samme styrkeklasse og levetidscertificering som konventionel cement. Produktet forudsættes derfor anvendt i anlægselementer, hvor dette er tilstrækkeligt, herunder bag gulvbeklædning på stationer, i betonlag under skinner og som erstatning for den cementmørtel der traditionelt anvendes som stabiliserende "fyldlag" mellem tunnelelementer og undergrunden.

Scenarie 2: Optimering med eksisterende metoder

De materialer der bidrager væsentligt til klimaeffekten (beton og stål) er i scenarie 2 udskiftet med materialer med lavere klimaeffekt. De modellerede materialer er tilgængelige i dag og forudsætter ikke teknologisk udvikling. Design og mængder er de samme som i scenarie 1.

For beton anvendes slaggecement og enkelte steder lerbaseret cement, der medfører CO₂e-reduktioner på op til ca. 25% sammenholdt med konventionel cement. Det vurderes muligt at optimere yderligere vha. brug af slaggecement (CEM III/B-potentialet er ikke beregnet, men vil give en højere besparelse, da indholdet af slagge er højere. CEM III/B er tilladt i Metroselskabets betonspecifikationer).

Forbrug af armeringsjern og konstruktionsstål er modelleret med genanvendt stål produceret i lande med et grønt energimix og medfører CO₂e-reduktioner på op til 65% for forskellige stålprodukter.

Ikke-vejgående entreprenørmaskiner, der i scenarie 1 er fossilt drevet, forudsættes at benytte en kombination af el- og det certificerede biobrændstof, HVO100., som drivmidler. Begge teknologier er på markedet i dag.

Scenarie 3: Fremskrivning med potentiel teknologisk udvikling

Design og mængder er de samme som i scenarie 1. I scenariet forudsættes carbon capture and storage (CCS), som antages at medføre et CO₂e-besparelspotentiale på op til 80% for både cement, armeringsjern og stål.

I takt med den øgede elektrificering og udvikling af brint som drivmiddel forudsættes både ikke-vejgående materiel og jordtransport af være emissionsfri i scenarie 3.

3.1.7 Resultater for Metro

Tabel 3.2 | CO₂e-effekter fra anlæg, reinvesteringer og drift af 3 metrolinjer beregnet med hhv. scenarie 1-3 (ton CO₂e)

	Scenarie 1A:	Scenarie 1B:	Scenarie 2:	Scenarie 3:
	Design som i udredningen af metrobetjening til Lynetteholm, anlægsmetoder baseret på erfaringer fra Cityringen.	Som 1A, optimeret m. foreløbig innovation, som foreløbigt vurderes at kunne gennemføres inden for den økonomiske ramme.	Som 1A, optimering m. materialer og metoder til gængelige metoder.	Som 1A, Fremskrevet m. potentiel teknologisk udvikling.
Anlæg				
Østerport til Lyn N	130.000*	120.000	90.000	50.000
Kbh. H til Lyn N	290.000*	280.000	200.000	100.000
M5 ring	460.000*	440.000	320.000	180.000
Reinvesteringer over 100 år**				
Østerport til Lyn N	80.000	80.000	50.000	20.000
Kbh. H til Lyn N	150.000	140.000	90.000	40.000
M5 ring	210.000	210.000	130.000	60.000
Elforbrug i drift (pr. år)***				
Østerport til Lyn N	52	52	52	52
Kbh. H til Lyn N	102	102	102	102
M5 ring	171	171	171	171

* Designet af metrolinjen forventes optimeret i takt med innovationsprogrammet. **Ved en levetid på 100 år. *** Til at opgøre klimapåvirkningen fra el anvendes Energistyrelsens fremskrivning af emissionerne fra produktionen af el for 2030-2045.

De primære CO₂e-besparelsespotentialer i scenarie 2 er knyttet til hhv. slaggecement og genanvendt stål, som begge er restmaterialer, der findes i begrænsede mængder. Det er sandsynligt at efterspørgslen på både slaggecement og genanvendt stål vil stige i takt med øget efterspørgsel på lavemissionsbyggematerialer, hvilket kan påvirke både prisen og udbuddet af disse materialer. Der er derfor væsentlig usikkerhed forbundet med scenarie 2.

De beregnede potentialer i scenarie 3 er baseret på antagelser om en forventet teknologisk udvikling af CCS. Hvor hurtigt denne teknologi vil udvikle sig og blive udbredt på markedet for beton og stålprodukter i anlægsperioden er uvist. Det vides endvidere ikke, hvilke implikationer CSS har på prisen af cement.

For hvad angår drift og reinvesteringer har metroen en designlevetid på minimum 100 år. Baseret på kontraktkrav og ekspertvurderinger har hvert delelement en levetid i klimaaftryksmodellen. Levetiden afgør hvor mange gange et specifikt delelement skal genproduceres og udskiftes, og derved hvor mange gange klimapåvirkningen fra at fremstille delelementet skal ganges op over 100 år. Beregningen som fremgår af tabel 3.2. tager ikke højde for mulig teknologiudvikling og reduceret klimapåvirkning ved fremstillingsprocesser i fremtiden, og er forbundet med stor usikkerhed.

Forudsættes det at klimaeffekten fra reinvesteringer i metroen i perioden 2035-2070 følger de danske og europæiske målsætninger om klimaneutralitet i 2050, og at udledningerne fra reinvesteringer i metro i perioden frem mod 2050 falder lineært, vil udledningerne være som i tabel 3.3. herunder. Det bemærkes, at denne forudsætning er behæftet med meget stor usikkerhed.

Tabel 3.3 | CO₂ fra reinvesteringer i metro fra 2035-2070, hhv. med og uden forudsat CO₂-neutralitet i DK og EU fra 2050

	CO ₂ e (ton)		CO ₂ e (ton), forudsat CO ₂ -neutralitet fra 2050*	
	Scenarie 1A	Scenarie 1B	Scenarie 1A	Scenarie 1B
<i>Linjeføring</i>				
Østerport til Lyn N	2.000	2.000	460	460
København H til Lyn N	5.800	5.800	1.300	1.300
M5 ring	11.600	11.600	2.700	2.700

*Udledningerne er fremskrevet lineært fra 2035 til 2050, herefter forudsættes CO₂-neutralitet på både det danske og europæiske marked.

3.2 Metode til opgørelse af klimaaftryk for Østlig Ringvej

Estimat for CO₂e-udledning ved anlæg og drift af Østlig Ringvej er foretaget med udgangspunkt i Forundersøgelse af en Østlig Ringvej og Femern Bælt-forbindelsens VVM, der som et sammenligneligt sænketunnelprojekt bidrager med et erfaringsbaseret vidensgrundlag.

Der er endnu ikke udarbejdet en selvstændig opgørelse over Østlig Ringvejs forventede udledning af CO₂e i anlægs- eller driftsfasen, da projektering og miljøvurderingsarbejdet for projektet endnu ikke er påbegyndt.

3.2.1 Tre scenarier for CO₂e-udledning ved anlæg og drift af Østlig Ringvej

Med henblik på at give et overordnet og indledende estimat for Østlig Ringvej, er der udarbejdet tre scenarier over de umiddelbare forventelige klimaeffekter forbundet med anlæg og drift:

1. Erfaringsbaseret estimat på baggrund af korrigerede data fra Femern Bælt-tunnelen, som er et sammenligneligt sænketunnelprojekt.
2. Estimat baseret på kendte metoder og teknologier, der kan efterspørges i dag.
3. Metoderne fra scenarie 2 videreføres og tillægges en fremskrivning af den forventede teknologiske udvikling til 2030.

For at komme fra det erfaringsbaserede scenarie 1 til scenarie 2 og 3 vil der i projekteringsfasen blive arbejdet målrettet med at reducere klimaaftrykket fra tunnelen. Der er for nærværende identificeret en række redskaber til at reducere CO₂e-aftrykket, som præsenteres nedenfor.

3.2.2 Initiativer for reduktion af CO₂e-aftryk fra Østlig Ringvej

1. Cement

Der udledes CO₂e under produktion af cement. Halvdelen stammer fra opvarmning af kridt, hvor CO₂e, der naturligt er indlejret i kalksten, frigives, mens den anden halvdel kommer fra brug af fossile energikilder til at opnå høje temperaturer under brænding af cementklinkerne. Der stilles høje krav til kvaliteten af den cement, der indgår i betonen for Østlig Ringvej, for at sikre den en lang levetid.

Sund & Bælt vil arbejde med følgende prioriterede tiltag for at reducere CO₂e-udledning fra cement til Østlig Ringvej med henblik på at minimere projektets klimapåvirkning:

1. Mængden af beton, der skal bruges til at bygge Østlig Ringvej minimeres via optimering af designet
2. Det undersøges, om der er mulighed for at erstatte dele af cementen med andre materialer som ler, kridtfiller eller flyveaske, der har et lavere CO₂e-aftryk

3. Det undersøges, hvordan cementtyper med forskellige egenskaber og CO₂e-aftryk kan benyttes i forskellige dele af Østlig Ringvejs konstruktion for at minimere CO₂e-aftrykket.

4. Det undersøges om der kan stilles krav om carbon capture på de fabrikker, der producerer cementen, så CO₂e'en fra cementproduktionen indfanges og udnyttes eller lagres (carbon capture and storage CCS).

2. Stål

1. Mængder af stål der skal bruges til at bygge tunnelen minimeres ved at optimere designet.

2. Stål er 100 procent genanvendeligt uden tab af kvalitet. Der arbejdes for at benytte stål af genanvendt skrot, i det omfang det er tilgængeligt på markedet, for at reducere CO₂e-aftrykket fra det stål der anvendes i tunnelelementerne.

3. Det undersøges, om der kan stilles krav om carbon capture på de fabrikker, hvorfra stålet kommer.

3. Fossilfri byggepladser og transport

Der arbejdes for, at byggepladser og transport forbundet med anlæg af Østlig Ringvej bliver fossilfri. Det gælder for tunnelelementfabrikken, lastbiltransport til og fra byggepladser, intern transport på byggepladser samt søtransport. Det kan blandt andet ske ved at stille krav til anlægsentreprenører og underleverandører i udbud og kontrakter om at de maskiner og køretøjer, der benyttes, anvender emissionsfrie eller fossilfrie drivmidler og kræve, at skurvogne på byggepladserne er isolerede og opvarmes med varmepumper. I samarbejde med kommuner og elnetselskaber skal der sikres tilstrækkelig grøn elforsyning til byggepladserne.

4. Blue carbon - binding af CO₂e i havets skove

Det undersøges, hvordan man ved at bygge med naturen kan udforme designet for retablering af havbunden oven på tunnelen, så den kan bidrage til at udbrede havets skove, som består af tang og havgræs – herunder ålegræs i særdeleshed. Havets skove spiller en vigtig rolle i forhold til at binde CO₂e i planter og havbund – også kaldet blue carbon - hvorfor et bidrag til udbredelse af blandt andet ålegræs kan have en positiv effekt på Østlig Ringvejs CO₂e-aftryk.

5. Udbud af anlægskontrakter

Sund & Bælt kan blive bygherre for Østlig Ringvej og benytte entreprenører i anlægsarbejdet. Det vil blive undersøgt, hvordan krav om materialevalg, maksimal CO₂e-udledning eller krav om reduktion af CO₂e i udbud og kontrakter kan bidrage til at nedbringe udledning af CO₂. Det kan være op til markedet at finde den optimale metode til at reducere udledningerne. Tilgangen vil basere sig på livscyklusanalyser (LCA) og miljøvaredeklarationer (EPD). Der skal selvsagt føres tilsyn med entreprenørernes CO₂e-oplysninger og overholdelse af klimakrav. Det vil også blive undersøgt, om der kan stilles krav om lavere CO₂e-udledning, end det man kan realisere i dag.

6. Yderligere tiltag til reduktion af CO₂e-udledninger i takt med at der kommer ny viden

Nye initiativer vil blive tilføjet i takt med, at der kommer ny viden til. Der vil i fremtiden være tiltag, som vil kunne reducere CO₂e-aftrykket yderligere, men som ikke kan lade

sig gøre i dag. Det er eksempelvis intentionen at undersøge, om der kan høstes kinetisk energi fra bevægelser i tunnelen, som konverteres til elektrisk energi via en energigenerator, samt om tunnelen kan designes med et strømskinnesystem, så elektriske køretøjer kan oplades under kørslen.

Sund & Bælt ønsker at arbejde for at videndele og hente inspiration fra andre flagskibsvirksomheder fra samme eller andre brancher. Som led heri er Sund & Bælt medlem af Foreningen for Byggeriets Samfundsansvar. Det er ambitionen at bidrage til udbredelse af viden om klimavenlige løsninger for fremtidige infrastrukturprojekter med henblik på at accelerere den grønne omstilling af branchen

3.2.3 Beregningerne i de 3 scenarier

Estimaterne lægger til grund, at Østlig Ringvejs fulde tekniske tunnelstrækning er ca. 10 km., og etappen fra Nordhavn til Lynetteholm er på ca. 3 km. Femern Bælt-forbindelsen er til sammenligning 18 km. Østlig Ringvej forudsættes at have to vognbaner i hver retning, hvor Femern Bælt-tunnelen har to vognbaner i hver retning, et nødspor samt to jernbanespor. Den fulde Østlige Ringvej forudsættes at have fire tilslutningsanlæg af forskellig størrelse med tunnelafgreninger og ramper, i modsætning til Femern Bælt-tunnellens to rampeanlæg. Tunnelelementerne til Østlig Ringvej transporteres ca. 200 km fra Rødbyhavn til København, hvor de til Femern Bælt-forbindelsen transporteres ca. 10 km.

På denne baggrund estimeres det erfaringsmæssige forbrug af materialer som cement og stål, og energiforbrug af el og flydende drivmidler. Til at beregne CO_{2e}-udledningen herfra anvendes en erfaringsbaseret skalering af CO_{2e}-udledning fra Femern Bælt-forbindelsens VVM samt emissionsfaktorer for materialer og energi, fx kg CO_{2e}/m³ cement⁷ og kg CO_{2e}/kWh. Der regnes med samme mængder materialer i alle tre scenarier. Der tages dermed ikke højde for, at design, processer samt mængdemængder- og typer kan forbedres under projekteringen af Østlig Ringvej.

Det forudsættes at tunnelementfabrikken i Rødbyhavn, opført til brug for Femern Bælt-forbindelsen, videreføres til produktion af tunnelelementer til brug for Østlig Ringvej⁸. Der ved undgås nedrivning af fabrikken samt opførelse af en ny tunnelementfabrik. Fabrikken vil skulle omstilles til produktion af en ny tunnelprofil, hvilket vil give en lille CO_{2e}-udledning. Til gengæld vurderes CO_{2e}-besparelsen ved videreførelsen af fire ud af seks produktionslinjer at være mellem 40-100.000 tons CO_{2e} for en 1 og etape 2 og ved videreførelse af

⁷ I beton medregnes udelukkende emission fra cement uden emission fra tilslag.

⁸ Transportministeriet, 2021, Aftale om Infrastrukturplanen 2035. <https://www.trm.dk/politiske-aftaler/2021/aftale-om-infrastrukturplan-2035-aftale> Heraf fremgår det, at aftalepartierne ser positivt på muligheden for, at Sund & Bælt bevarer den kommende tunnelementfabrik, som etableres ved Rødbyhavn på Lolland i forbindelse med Femern Bælt-forbindelsen til brug for kommende projekter.

to produktionslinjer at være mellem 5-50.000 tons CO₂e for etappen fra Nordhavn til Lyntteholm⁹. Spændet illustrerer, at det ved opførelse af en ny fabrik i fremtiden vil være muligt at benytte udstyr, materialer og råstoffer mv. med et lavere CO₂e-aftryk end det er muligt ved opførelse i dag. Udledning i relation til tunnelementfabrikken medregnes ikke i nogen af de tre scenarier.

Det forudsættes også at der ikke gøres brug af carbon offsetting i nogen af de tre scenarier.

Det bemærkes, at beregningerne er behæftet med en væsentlig usikkerhed og ikke er en fyldestgørende beregning af CO₂e-udledningen, hvilket blandt andet skal ses i sammenhæng med projektets lange tidshorisont og det manglende kendskab til endelig udformning af tunnel og tilkørselsanlæg, tilbud fra entreprenører samt hvilke teknologier og reduktionspotentialer, der vil være tilgængelige på tidspunktet for anlæg og drift. I den kommende miljøkonsekvensvurdering og i forbindelse med projekteringen af tunnelen, vil der blive arbejdet på at optimere udformning og materialevalg samt at reducere CO₂e-udledningen i såvel anlægs- som driftsfase. Der vil blive redegjort grundigt for dette arbejde i miljøkonsekvensvurderingen.

3.2.4 Anlæg af Østlig Ringvej

Scenarie 1: Erfaringsbaseret estimat for udledning af CO₂e ved anlæg af Østlig Ringvej

Som led i VVM-undersøgelserne for Femern Bælt-forbindelsen er der i 2013 udarbejdet en opgørelse over Femern Bælt-tunnellens forventede CO₂e-udledning i anlægsfasen¹⁰. I scenarie 1 foretages estimatet på basis af CO₂e-opgørelsen i Femern Bælt-projektets VVM, korri-geret for nedenstående forskelle.

Forudsætninger for scenarie 1

1. Opdateret emissionsvurdering af stål og beton til marint brug foretaget af RAT i 2020.

Scenarie 2: Estimat for CO₂e-udledning ved anlæg af Østlig Ringvej ved eksisterende tilgængelige metoder

I scenarie 2 baseres estimatet på baggrund af eksisterende tilgængelige metoder og teknologier til klimabevidst anlæg- og drift. Forudsætningerne fremgår nedenfor.

Eventuelle meromkostninger samt tilgængelighed af materiel og materialer, herunder grønne entreprenørmaskiner samt råstoffer, er behæftet med stor usikkerhed, da der er høj efterspørgsel efter grønnere løsninger i anlægsbranchen, men et begrænset udbud af blandt

⁹ Egen beregning med udgangspunkt i VVM for Femern Bælt-forbindelsen.

¹⁰ VVM-redegørelse for den faste forbindelse over Femern Bælt (kyst-kyst) (2013). Kapitel 19, Klimapåvirkninger og klimaændringer (<https://vmdokumentation.femern.dk/Kapitel1946ba.pdf?filename=files/VVM/Kapitel19.pdf>)

andet genanvendt stål, cement med høj andel af slagge og 2. generations biobrændstof/HVO100. Dette tages der ikke højde for.

Forudsætninger for scenarie 2: Klimapotentiale ved eksisterende tilgængelige metoder

1. Cement med høj andel af slagge
2. Stål: Produceret af genanvendt stål med energi fra vedvarende kilder
3. Asfalt: Ny type asfalt
4. Drivmidler til maskiner, byggepladser, transport af materialer og tunnelelementer: Fossilfri og drives af el eller 2. generations biodiesel (HVO100).
5. El: Energistyrelsens emissionsfaktor for 2030

Scenarie 3: Estimat for CO₂e-udledning ved anlæg af Østlig Ringvej ved fremtidig forventet teknologisk udvikling i metoder

I scenarie 3 baseres estimatet på fremtidig forventet teknologisk udvikling i metoder til klimabevidst anlæg- og drift. Forudsætningerne fremgår nedenfor.

Eventuelle meromkostninger samt tilgængelighed af tilsvarende materiel, materialer og råstoffer er behæftet med stor usikkerhed, da der er høj efterspørgsel efter grønnere løsninger i anlægsbranchen, men et begrænset udbud af blandt andet genanvendt stål, slagge og grøn brint. Dette tages der ikke højde for.

Det bemærkes, at der vil være et yderligere reduktionspotentiale, som ikke er medregnet fra blandet andet grønne energikilder til produktion af cement og stål, blue carbon, der er betegnelsen for binding af CO₂e i havets skove, nye normer for beton til brug i marine miljøer, høst af kinetisk energi fra bevægelser i tunnelen eller helt nye udførelsesmetoder, der reducerer mængderne. Det er på indeværende tidspunkt ikke meningsfuldt at lave et konkret skøn for dette reduktionspotentiale.

Forudsætninger for scenarie 3: Klimapotentialer ved fremtidige metoder i tillæg til eksisterende tilgængelige metoder

1. Cement og stål: CCS (fangst og lagring af CO₂): Der forventes at være yderligere potentiale for CO₂e-reduktion på baggrund af den teknologiske udvikling indenfor CCS. Teknologien til CCS er udviklet, og der er iværksat en række initiativer i ind- og udland for at gøre teknologien tilgængelig i forbindelse med væsentlige punktkilder som cement- og stålproduktion. Nationalt er der afsat en markedsbaseret pulje på 16 mia. kr. til at indfange, anvende og lagre CO₂e fra 2024 med henblik på at opnå CO₂e-reduktionseffekter på 0,4 mio. ton CO₂e i 2025 og 0,9 mio. ton i 2030. Store anlægsprojekter kan bidrage til udviklingen ved at efterspørge materialer med et lavt CO₂e-aftryk. Fangstpotentialet for CO₂e i industrien vurderes af Energistyrelsen at være 28-80 pct. fra punktkilder¹¹. I estimerne nedenfor er angivet det spænd, der vil være i beregningerne, hvis man bruger hhv. 28 eller 80 pct. reduktion.
2. Drivmidler til maskiner, byggepladser, transport af materialer og tunnelelementer: Emissionsfri og drives af el eller brint fra 100 pct. vedvarende kilder, eller et andet CO₂e-neutralt drivmiddel.

3.2.5 Drift, vedligeholdelse og reinvesteringer i Østlig Ringvej

CO₂e-udledninger relateret til drift, vedligehold og reinvestering af Østlig Ringvej i åbningsåret, opdelt på de tre scenarier og henholdsvis Etape 1 og 2. Forudsætningerne fremgår nedenfor.

Forudsætninger for drift, vedligeholdelse og reinvesteringer

1. I scenarie 1 er CO₂e-udledningerne estimeret med udgangspunkt i VVM for i driftsfasen af Femern-tunnelen, korrigeret forholdsmæssigt for Østlig Ringvejs størrelse, hhv. Etape 1 og 2.
2. I scenarie 2 og 3 for driftsfasen er estimeret reduceret forholdsmæssigt, så det svarer til de reduktioner, der er beregnet, i scenarie 2 og 3 i anlægsfasen, hhv. Etape 1 og 2..

3.2.6 Resultater for Østlig Ringvej

På baggrund af ovenstående forudsætninger, er der beregnet et skøn for CO₂e-udledning for Etape 1 fra Nordhavn til Lynetteholm samt Etape 2 fra Lynetteholm til Øresundsmotorvejen.

¹¹ Energistyrelsen (2021) Punktkilder til CO₂ – potentialer for CCS og CCU https://ens.dk/sites/ens.dk/files/CCS/punktkildeanalyse_-_potentialer_for_ccs_og_ccu.pdf

Tabel 3.4 | CO2e-effekter fra anlæg, drift, vedligeholdelse og reinvesteringer af etape 1 og 2 af Østlig Ringvej for hhv. scenarie 1-3 (ton CO2e)

	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
	Erfaringsbaseret på baggrund af Femern Bælt-tunnelen. Vurderes foreløbigt at kunne gennemføres indenfor den økonomiske ramme.	Ved brug af eksisterende tilgængelige metoder og teknologier, der kan efterspørges i dag.	Metoderne fra scenarie 2 videreføres og tillægges en fremskrivning af den forventede teknologiske udvikling til 2030.
Anlæg			
Etape 1 fra Nordhavn til Lynetteholm	141.000	41.000	8.000 - 29.000
Etape 2 (Lynetteholm til Øresundsmotorvejen)	-	163.000	32.000 – 111.000
Drift, vedligehold og reinvestering i åbningsåret*			
Etape 1 fra Nordhavn til Lynetteholm	500	200	0-100
Etape 2 (Lynetteholm til Øresundsmotorvejen)	-	600	200-400

Kilde: A/S Øresund.

Anm.: *For etape 1 antages åbning i 2035 og for etape 2 antages åbning i 2040.

For etape 2 forventes scenarie 2 som det primære scenarie, ud fra en forventning om, at de materialer og byggemetoder der lægges til grund for scenarie 2 kan realiseres i anlægsperioden fra 2035 og frem mod åbning i 2040.

Forudsættes det at klimaeffekten vedr. drift, vedligehold og reinvesteringer for Østlig Ringvej i perioden 2035-2070 følger de danske og europæiske målsætninger om klimaneutralitet i 2050, og at udledningerne herfra i perioden frem mod 2050 falder lineært, vil udledningerne være som i tabel 3.4. herunder. Det bemærkes, at denne forudsætning er behæftet med meget stor usikkerhed.

Tabel 3.5 | Estimeret CO2e-udledning fra drift, vedligehold og reinvesteringer i Østlig Ringvej for hhv. etape 1 og etape 2 fra åbning og frem 2070

	Etape 1 2035-2070	Etape 2 2040-2070
Estimat CO2e (ton)*	4.000	3.300

*Udledningerne er fremskrevet lineært fra 2035 til 2050, herefter forudsættes CO2-neutralitet på både det danske og europæiske marked.

4. Inddeling af CO₂e-effekter i forhold til EU's kvotesektor samt nationale og globale udledninger

De forventede klimamæssige effekter af udviklingen af Østhavnen er i indeværende afsnit forsøgt opgjort på både nationalt og globalt afgrænsede emissioner samt fordelt på kvote/ikke-kvote sektoren.

En meget eksakt opdeling heraf vil kræve specifikt kendskab til bl.a. mængdeestimer af materiale- og produkttyper, herunder ligeledes deres respektive emissionsfaktorer for anlæg og drift, samt transportbehov i produktions- og anlægssammenhæng. Disse bagvedliggende informationer er ikke tilgængelige i indeværende analyse, hvorfor opgørelsen af de nationalt og globalt afgrænsede emissioner samt på fordeling på kvoteniveau er udarbejdet på baggrund af simple antagelser samt ved at benytte en fordelingsnøgle, der bygger på de nyligt udførte klimaanalyser af en eventuelt ny Kattegatforbindelse¹².

Det skal derfor understreges, at inddelingen udelukkende giver et *skønsmæssigt* overblik, idet delprojekterne indeholdt i analysen om udviklingen af Østhavnen ikke er direkte sammenlignelige, hvad angår bl.a. projekttype, materiale- og produktmæssige mængder samt anlægsperiode.

Det forudsættes i opgørelsen, at emissioner inden for produktionsandelen sker inden for kvotesektoren, mens transporten og anvendelsen sker uden for kvotesektoren. Det har ikke været muligt at indhente specifikationer for den generelle fordeling af emissioner fra byggesektoren til brug for opdelingen af ”ændret arealforbrug”, hvorfor fordelingen fra projektet om en evt. ny Kattegatforbindelse er anvendt for boligbyggeri. Klimaeffekter knyttet til driften af boliger (el og fjernvarme) er dog opgjort inden for kvotesektoren.

Fordelingen i værdier for bilejerskab bygger på en antagelse om, at alle biler importeres samt at halvdelen produceres/samles inden for Europas grænser. Antagelsen bygger dermed på formodninger, der inkluderer både aktiviteter på fabrikker, global transport af delkomponenter mm. Al europæisk aktivitet i denne sammenhæng formodes at foregå inden for kvotesektoren, og alt uden for Europa formodes at ske uden for kvotesektoren.

Opdelingen er udregnet på baggrund af en antagelse om, at produktionen af materialer til anlæg sker inden for lande omfattet af kvotesystemet og transport/trafkarbejde sker uden for kvotesystemet.

¹² https://www.vejdirektoratet.dk/sites/default/files/2022-06/Kattegat_Kombineret%20vej-%20og%20jernbaneforbindelse_wcag.pdf

Nedenstående tabeller angiver de overordnede skøn for fordelingen af CO₂e-effekter efter, om de sker hhv. inden/uden for kvotesektoren og inden/uden for Danmark for de tre scenarier - hhv. Etape 1 af Østlig Ringvej (åben for gennemkørende trafik), Etape 1 af Østlig Ringvej (lukket for gennemkørende trafik) samt Etape 1 og Etape 2 af Østlig Ringvej.

Tabel 4.1 | Fordeling af CO₂e-effekter for det samlede projekt, v. Etape 1 af Østlig Ringvej åben for gennemkørende trafik, 2027-2070, ton CO₂e

	Kvote	Ikke-kvote	I alt
Danmark	91.300 - 116.900	115.000 - 122.300	206.200 - 239.300
Udlandet	35.000 - 180.300	-87.700 - 27.000	-52.600 - 207.200
I alt	126.300 - 297.200	27.300 - 149.300	153.600 - 446.500

Kilde: Transportministeriet.

Tabel 4.2 | Fordeling af CO₂e-effekter for det samlede projekt, v Etape 1 af Østlig Ringvej lukket for gennemkørende trafik, 2027-2070, ton CO₂e

	Kvote	Ikke-kvote	I alt
Danmark	90.100 - 115.700	60.600 - 73.000	155.700 - 188.800
Udlandet	35.000 - 180.300	-87.700 - 27.000	-52.600 - 207.200
I alt	125.100 - 296.000	-22.000 - 100.000	103.100 - 396.000

Kilde: Transportministeriet.

Tabel 4.3 | Fordeling af CO₂e-effekter for det samlede projekt, v. Etape 1 og Etape 2 af Østlig Ringvej, 2027-2070, ton CO₂e

	Kvote	Ikke-kvote	I alt
Danmark	143.500 - 169.100	152.100 - 159.500	295.500 - 328.600
Udlandet	115.700 - 260.900	-68.000 - 46.600	47.700 - 307.500
I alt	259.200 - 430.100	84.100 - 206.100	343.200 - 636.100

Kilde: Transportministeriet.

5. Appendiks 1: Fælles overblik over forudsætninger

	Ansættelsesperiode	Driftsperiode	Produkt			Byggeproces			Byg							Endt levetid				Uden for systemgrænse
	Ansættelsesperiode	Driftsperiode	A1 - Råmaterialer	A2 - Transport	A3 - Produktion	A4 - Transport	A5 - Opførelse/Monterning	B1 - Brug	B2 - Vedligeholdelse	B3 - Reparation	B4 - Udskiftning	B5 - Renovering	B6 - Energiforbrug til drift	B7 - Vedtæring/vedtæring	C1 - Transport	C2 - Afslidshandling	C3 - Bortskæftelse	C4 - Bortskæftelse	D - Rensning for genbrug	
Metro	Ansættelsesperiode 2025 til 2035	Minimum 2025 til 2035	X	X	X	X	X	X				X								
Emissionsdata			Databaser: 1. Produktspecifikke EPD'er 2. Produktspecifikke EPD'er 3. LCA-databaser (Global)	Databaser: 1. Produktspecifikke EPD'er 2. Produktspecifikke EPD'er 3. LCA-databaser (Global)	Databaser: 1. Produktspecifikke EPD'er 2. Produktspecifikke EPD'er 3. LCA-databaser (Global)		Elektricitet: Middelværdi for el for 2020-2025 (125% med et ukendt forsyningsnet).	Elektricitet: Middelværdi for el for 2020-2025 (125% med et ukendt forsyningsnet).												
Mængdedata			Volumen af byggekomponenter. Gennemsnitligt volumen af byggekomponenter i forbindelse med opbygning af anlægsdelen i et emne på nuværende tidspunkt.		Volumen af byggekomponenter. Gennemsnitligt volumen af byggekomponenter i forbindelse med opbygning af anlægsdelen i et emne på nuværende tidspunkt.			Forbrug af energi til anlæg på emne på nuværende tidspunkt.				Forbrug af energi til anlæg på emne på nuværende tidspunkt.								
5-årig levetid	Ansættelsesperiode 2020-2031	Minimum 2020 til 2031	X	X	X	X	X													
Emissionsdata - scenarie 1			Databaser: 1. Produktspecifikke EPD'er 2. Produktspecifikke EPD'er 3. LCA-databaser (Global)	Databaser: 1. Produktspecifikke EPD'er 2. Produktspecifikke EPD'er 3. LCA-databaser (Global)	Databaser: 1. Produktspecifikke EPD'er 2. Produktspecifikke EPD'er 3. LCA-databaser (Global)		Databaser: 1. ENC (2011) emissionsdata for diesel og ENC (2011) emissionsdata for elektricitet 2. Fornybart vind link, GREENHOUSE GAS EMISSION INVENTORY, JUNE 2013	Databaser: 1. ENC (2011) emissionsdata for diesel og ENC (2011) emissionsdata for elektricitet 2. Fornybart vind link, GREENHOUSE GAS EMISSION INVENTORY, JUNE 2013												
Emissionsdata - scenarie 2 og 3			Databaser: 1. Produktspecifikke EPD'er 2. Produktspecifikke EPD'er 3. LCA-databaser (Global)	Databaser: 1. Produktspecifikke EPD'er 2. Produktspecifikke EPD'er 3. LCA-databaser (Global)	Databaser: 1. Produktspecifikke EPD'er 2. Produktspecifikke EPD'er 3. LCA-databaser (Global)		Emne på nuværende tidspunkt.	Databaser: 1. Produktspecifikke EPD'er 2. Produktspecifikke EPD'er 3. LCA-databaser (Global)												
Mængdedata			Estimerede volumener af beton, stål, arbjt mm. til emneproduktion og til emneproduktion i forbindelse med anlæg på nuværende tidspunkt.		Estimerede volumener af beton, stål, arbjt mm. til emneproduktion og til emneproduktion i forbindelse med anlæg på nuværende tidspunkt.			Brug af energimaskiner skåret fra emne på nuværende tidspunkt.				Skåret fra emne på nuværende tidspunkt.								
50-årige	Ansættelsesperiode 2020-2051	Driftsperiode 2020-2051	X	X	X	X	X													
Emissionsdata			Databaser: 1. Produktspecifikke EPD'er 2. Produktspecifikke EPD'er 3. LCA-databaser (Global)	Databaser: 1. Produktspecifikke EPD'er 2. Produktspecifikke EPD'er 3. LCA-databaser (Global)	Databaser: 1. Produktspecifikke EPD'er 2. Produktspecifikke EPD'er 3. LCA-databaser (Global)		Databaser: 1. ENC (2011) emissionsdata for diesel og ENC (2011) emissionsdata for elektricitet 2. Fornybart vind link, GREENHOUSE GAS EMISSION INVENTORY, JUNE 2013	Databaser: 1. ENC (2011) emissionsdata for diesel og ENC (2011) emissionsdata for elektricitet 2. Fornybart vind link, GREENHOUSE GAS EMISSION INVENTORY, JUNE 2013												
Mængdedata			Skåret fra emne på nuværende tidspunkt.		Skåret fra emne på nuværende tidspunkt.			Brug af energimaskiner skåret fra emne på nuværende tidspunkt.				Skåret fra emne på nuværende tidspunkt.								

Transportministeriet
Frederiksholms Kanal 27F
1220 København K

Telefon 41 71 27 00
trm@trm.dk
www.trm.dk