

# CO<sub>2</sub>e-aftryk ved byudvikling af Østhavnen sammenlignet med byudvikling i forstæderne



# Indholdsfortegnelse

<b>Forord</b>	<b>3</b>
<b>Sammenfatning</b>	<b>6</b>
<b>1. Indledning</b>	<b>9</b>
<b>2. Demografisk og klimamæssigt pres på hovedstadsområdet</b>	<b>12</b>
2.1 Befolkningsvækst og byudvikling i hovedstadsområdet	12
2.2 Klimaudfordringen for hovedstadsområdet	13
2.3 Udfordringer og løsningsmuligheder	14
<b>3. CO<sub>2</sub>e-regnskab med og uden byudvikling af Østhavnen</b>	<b>17</b>
3.1 CO <sub>2</sub> e-regnskab for Lynetteholm	18
3.2 Stormflodssikring	20
3.3 Transport af jord	22
3.4 Byudvikling	27
3.5 Kollektiv transportinfrastruktur	30
3.6 Vejinfrastruktur	35
3.7 Følsomhedsberegninger	38
<b>Litteraturliste</b>	<b>40</b>
<b>Bilag</b>	<b>44</b>

# Forord

Hovedstadsområdet står i den nærmeste fremtid over for en række store klimarelaterede udfordringer. Den helt store udfordring er den stigende vandstand, som ventes at ramme Østersøen og Øresund. Det øger risikoen for stormflod i hovedstadsområdet og dermed skader på ejendom, værdier og mennesker. Derfor er det nødvendigt med yderligere investering i stormflodssikring. Derudover ventes befolkningstallet at stige, hvilket kræver massiv udbygning af boliger.

Østhavnen, som inkluderer områderne Refshaleøen, Kløverparken, Quintus og den kunstige halvø Lynetteholm, kan være en del af løsningen på udfordringerne. Østhavnen kan blive hjem for yderligere ca. 66.000 mennesker, samtidig med at Lynetteholm fungerer som dige og bidrager til beskyttelsen mod stormflod.

Staten har udarbejdet en plan for udvikling af Østhavnen med etablering af boliger, metro og vejinfrastruktur. Planen indeholder etablering af Lynetteholm og giver en række fordele for hovedstaden og for samfundet. Planen adresserer de to ovennævnte udfordringer med stormflodssikring og nødvendige boliger. Dertil bidrager planen med transportinfrastruktur til gavn for hovedstadsområdet og muliggør en hensigtsmæssig anvendelse af den overskudsjord, der opstår som en konsekvens af den øvrige byudvikling i København. Gennemførelse af planen medfører dog også udledninger af drivhusgasser, CO<sub>2</sub>e, hvilket skal indgå i en samlet vurdering af planen.

Denne analyse, der er finansieret af By & Havn, har til hensigt at bidrage til debatten om, hvordan vi løser udfordringerne med befolkningsvækst og vandstandsstigninger i hovedstadsområdet. Vi analyserer alternative løsningsmuligheder og sammenligner dem med By & Havns plan for udvikling af Østhavnen ved at opgøre CO<sub>2</sub>e-udledningerne ved planen og alternativerne.

Vi håber, at analysen kan bidrage til en debat, hvor udgangspunktet er, at det handler om, hvad der skal gøres, hvor det skal gøres og hvornår det skal gøres, og ikke om det skal gøres.

Kraka Advisory er ansvarlig for indholdet i denne rapport. Vi vil gerne takke Curt Liliegreen, direktør i Boligøkonomisk Videncenter, Ismir Mulalic, professor på CBS, og Otto Anker Nielsen, professor i transportmodellering på DTU, for værdifuld sparring undervejs i projektet. Også en stor tak til Transportministeriet og Københavns Kommune for værdifulde input til opstilling af projekt- og alternativscenarier i analysen. Desuden takker vi Metroselskabet for beregninger af den tilpassede metrolinje og COWI for beregninger og design af stormflodssikringen både i projekt- og alternativscenarie.

Rigtig god læselyst.

Peter Mogensen  
*Direktør i Kraka Advisory*

## Om Kraka Advisory

Advisory er en samfundsøkonomisk konsulentvirksomhed, der er ejet af Fonden Kraka. Vores overskud går ubeskåret til aktiviteter i tænketanken Kraka til at udvikle samfundsrelevante analyser. I Kraka Advisory benytter vi os løbende af sparring med anerkendte forskere for at sikre, at kvaliteten af vores analyser er på det højeste faglige niveau. Derudover benytter vi vores politiske indsigt til at forstå kundens strategiske behov for derved at kunne levere et forståeligt materiale, som er direkte anvendeligt i beslutningsprocessen. Kraka Advisory har et strategisk samarbejde med Deloitte, som giver os adgang til en bred vifte af klassiske konsulentkompetencer. Sammen har vi en unik position i markedet, baseret på faglighed, uafhængighed og troværdighed.

Adresse: Kraka Advisory, Rigsgade 11, 3. sal, 1316 København K

E-mail: [admin@kraka-advisory.com](mailto:admin@kraka-advisory.com)

Hjemmeside: [www.kraka-advisory.com](http://www.kraka-advisory.com)



# Sammenfatning

## Vi sammenligner med et alternativ

Lynetteholm er den nye kunstige halvø, som er tænkt både som en stormflodssikring af København og et nyt byområde, der skaber plads til den fremtidige befolkningsvækst i byen. Der er tidligere foretaget CO<sub>2</sub>e-beregninger for Lynetteholm-anlægget samt udført en samfundsøkonomisk analyse af byudviklingen i Østhavnen. I de tidligere analyser sammenlignes der med byudvikling i forstæderne i stedet for på Lynetteholm. For flere dele af de tidligere beregninger fremgår kun udledningen fra Lynetteholm, og der sammenlignes altså ikke med et fyldestgørende alternativ. Det skyldes, at der fx i samfundsøkonomiske beregninger på transportområdet anvendes et 'frozen policy' princip, hvor der ikke indregnes anlæg, som endnu ikke er besluttet. I denne rapport sammenligner vi byudvikling af Østhavnen inkl. stormflodssikring med en række alternativer, som vi anser som værende realistiske bud på, hvordan byudvikling ville finde sted i fravær af Lynetteholmsprojektet. Lynetteholmsprojektet omfatter her både stormflodssikring, jordtransport, byudvikling, offentlig transportinfrastruktur og vejinfrastruktur.

## I alternativet skal stormflodssikring fortsat håndteres

Hvis Lynetteholm ikke blev etableret, ville København fortsat skulle stormflodssikres, og der ville derfor fx skulle etableres et dige. En af fordelene ved Lynetteholm er, at halvøens konstruktion gør det muligt at deponere store mængder overskudsjord lokalt. Uden Lynetteholm vil overskudsjord fra København og omegnskommunerne skulle deponeres i alternative placeringer længere væk. Udledningerne ved Lynetteholms perimeter er større end det alternative dige, da perimeteren er markant længere end diget, men hvis man medregner CO<sub>2</sub>e besparelserne ved ikke at skulle transportere overskudsjord til alternative placeringer, medfører projektscenariet en CO<sub>2</sub>e gevinst på cirka 55.861 tons.

## Vi finder en samlet forskel på 115.135 tCO<sub>2</sub>e

Lynetteholmsprojektet udleder samlet set mere CO<sub>2</sub>e end alternativet. Merudledningen skyldes primært, at anlæg af underjordiske vej- og baneforbindelser er meget processtunge og kræver store mængder beton, hvilket er meget CO<sub>2</sub>e intensivt. Vores analyse viser, at Lynetteholm medfører en merudledning på 115.135 tons CO<sub>2</sub>e sammenlignet med alternativet. Det er markant mindre end tidligere beregninger finder. Tidligere beregninger fandt en samlet merudledning i projektscenariet på ca. 500.220 tons CO<sub>2</sub>e.<sup>1</sup> Til sammenligning er den forventede udledning fra anlæg af Femern-forbindelsen ca. 2 mio. tons CO<sub>2</sub>e. Beregningerne bygger på en række antagelser, og har et stort usikkerhedsspænd. De skal derfor ses med betydelige forbehold.

## Forskellen fordelt på hvert område

I rapporten undersøger vi forskellen i CO<sub>2</sub>e-udledningen ved at etablere fem forskellige delelementer: (1) Stormflodssikring, (2) jordtransport, (3) byudvikling, (4) kollektiv transportinfrastruktur og (5) vejinfrastruktur. Etableringen af Lynetteholms perimeter udleder 51.108 tons CO<sub>2</sub>e mere end alternativet, hvor der etableres et dige. Der er en mindre udledning på 106.969 tons CO<sub>2</sub>e ift. transport af jord og en mindre udledning på 62.163 tons CO<sub>2</sub>e for at byudvikle på Lynetteholm i stedet for i forstæderne. Vi finder en større udledning ved etablering af nødvendig kollektiv infrastruktur og vejinfrastruktur til Lynetteholm på hhv. 113.144 tons CO<sub>2</sub>e og 33.015 tons CO<sub>2</sub>e. I det samlede tal for projekt og alternativ

<sup>1</sup> Forudsætninger for beregningerne i denne rapport er opdateret ift. tidligere beregninger, så projektet bedre afspejler aktuelle forhold. Dette bliver uddybet i kapitel tre. Forskellen beregnes på baggrund af udledninger for etablering af perimeteren, jordtransport, byudvikling med teknologisk udvikling, etape 1 af Østlig Ringvej baseret på scenarie 2, etablering af metrolinje M5 baseret på scenarie 2 og trafikberegningerne hvor etape 1 af Østlig Ringvej er åben for gennemførelse.

indregner vi også forskellen i trafikarbejde, som blev beregnet i Transportministeriet mfl. (2022a). Det skal dog bemærkes, at trafikarbejdet formentlig undervurderes, da de tidligere trafikførsler sammenligner et projektscenarie, hvor der etableres en lidt kortere metros-trækning end i denne rapport, med et alternativscenarie, hvor der ikke etableres en metro.

#### **Markant befolkningsvækst får betydning for boligmarkedet**

Det er nødvendigt at byudvikle, hvad enten det gøres på Lynetteholm eller i forstæderne. Fremskrivninger af befolkningsudviklingen i de kommende år viser, at der forventes en markant stigning i antallet af indbyggere i hovedstadsområdet. Det får betydning for udviklingen på boligmarkedet og vil betyde, at boligpriserne må forventes at stige, når efterspørgslen efter boliger stiger. En udvidelse af boligudbuddet i København kan være med til at dæmpe boligudfordringerne.

#### **Klimaudfordringer skal løses**

Foruden udfordringer med en stigende bolig efterspørgsel er der to øvrige udfordringer: Den første er risiko for oversvømmelser. Det er derfor nødvendigt at stormflodssikre København. Den anden er håndtering af overskudsjord fra bygge- og anlægsprojekter i hovedstadsområdet. Der generes årligt store mængder overskudsjord i København og omegn, der skal deponeres andetsteds.

#### **Lynetteholm kan være en del af løsningen**

Lynetteholm er den nye kunstige halvø, som netop både er tænkt som en stormflodssikring af København og et nyt byområde, der skaber plads til den fremtidige befolkningsvækst i byen. Samtidig vil en udvidelse af boligudbuddet, hvor der anlægges en kunstig halvø, betyde, at stigende boligpriser afbødes. Samtidig kræver etableringen af Lynetteholm store mængder jord, hvilket gør det muligt at deponere en del af overskudsjorden fra bygge- og anlægsprojekter i København og omegn.

#### **Central byudvikling er en bæredygtig løsning**

Byudvikling kan ske på flere forskellige måder. Ved tæt byudvikling, som vil være tilfældet ved etagebyggeri på Lynetteholm, vil byudviklingen være mere bæredygtig. Det hænger sammen med, at etagebyggeri i gennemsnit har en lavere CO<sub>2</sub>e-udledning end fx rækkehuse og parcelhuse, fordi boligstørrelsen er mindre, men også fordi der fx skal anvendes mindre forsyningsledninger mv. Hertil kommer, at tætte byer har et lavere bilejerskab og derved også en højere andel grøn mobilitet i form af kollektiv trafik og cyklisme. Endelige kan kommende ændringer i byggemetoder have stor påvirkning på udledningerne. Det kunne fx være, hvis der i højere grad tænkes i mere bæredygtige materialer, som fx grøn beton eller trækonstruktioner.





# 1. Indledning

## Der forventes en stor befolkningsvækst i de kommende år

I de kommende år forventes en stor befolkningsvækst. Danmarks Statistiks befolkningsfremskrivning viser, at der frem mod 2045 forventes en befolkningsvækst på 130.000 personer i hovedstadsområdet, mens Københavns Kommunes fremskrivning viser, at der forventes en befolkningsstilvækst på godt 62.000 frem mod 2032 (Københavns Kommune, 2022). Der er usikkerhed om den præcise størrelsesorden, men i fremskrivninger af befolkningens udvikling forventes altså generelt en stor befolkningsvækst i de kommende år.

## Der er behov for stormflodssikring

Københavns Kommune (2017) undersøger det strategiske hovedgreb for stormflodssikring af København. I undersøgelsen blev det anbefalet, at København skal sikres med en ydre sikring, og at sikringen mod stormfloder fra syd allerede med det samme bliver igangsat. Samtidig pointeres det, at der er fordele ved at samordne stormflodssikring mod nord med fx deponi af jord. Det er altså nødvendigt at stormflodssikre København.

## Jord fra byggerier i og omkring København skal deponeres

I perioden fra 2012 til 2021 blev der i gennemsnit genereret 3,6 mio. tons overskudsjord årligt i København og Frederiksberg. KMC i Nordhavn har årligt modtaget 2,6 mio. tons jord, hvoraf 70 pct. kom fra København og Frederiksberg. Jorden, der genereres i forbindelse med forskellige byggeprojekter, skal deponeres et sted. Jorden kan fx deponeres i et jorddeponi, som findes forskellige steder i landet. Jorden skal således transporteres og flyttes til et depot.

## Udfordringerne kan håndteres på forskellige måder

Udfordringerne med byudvikling, stormflodssikring af København og deponering af jord, kan håndteres på flere forskellige måder, som vil have forskellige klimaeffekter. Det er derfor vigtigt at få indsamlet og skabt viden om, hvilke klimaeffekter håndteringen af de forskellige udfordringer vil have. I denne rapport beskriver vi effekterne på CO<sub>2</sub>e-udledningerne som følge af to alternativer: Byudvikling på Lynetteholm og byudvikling på Sjælland kombineret med opførslen af et dige i Københavns Havn.

## Lynetteholm kan være med til at løse udfordringerne

Lynetteholm er den nye halvø nord for Refshaleøen, som skal være hjem for op mod 35.000 mennesker, og som derfor kan være med til at imødekomme den stigende befolkningsvækst. Der forventes et tilsvarende antal nye arbejdspladser. Efter planen skal projektet stå færdigt senest i 2070. Halvøen skal fungere som nyttiggørelsesanlæg for overskudsjord og stormflodssikring af København, og når anlægget er fyldt op, skal der udvikles en ny bydel på området. Lynetteholm forventes samlet at kunne modtage 77,2 mio. tons jord, og fyldes løbende op med jord frem til 2055.

## Lang tradition for byudvikling af kystnære arealer

Byudviklingen af Lynetteholm skal ses i forlængelse af en lang tradition for byudvikling af København, hvor byen er vokset større ved inddragelse af de kystnære arealer (Transportministeriet mfl., 2022a). Halvøen skal fungere som nyttiggørelsesanlæg for overskudsjord og stormflodssikring af København, og når anlægget er fyldt op, skal der udvikles en ny bydel på området. Anlægningen af stormflodssikringen er allerede langt. Geografisk svarer anlægget af Lynetteholm til etableringen af et nyt brokvarter i København (Transportministeriet mfl., 2022a).

### CO<sub>2</sub>-beregninger i MKV og SMV...

Der er tidligere gennemført to analyser af klimaeffekter af byudvikling på Lynetteholm. I 2020 blev der udført en miljøkonsekvensvurdering af Lynetteholm (Rambøll, 2020), som bl.a. beregnede CO<sub>2</sub>e-aftrykket af anvendelse af Lynetteholm som stormflodssikring. I 2022 kom den strategiske miljøvurdering (SMV), som analyserer den samlede plan for udvikling af Østhavnen, herunder Lynetteholm (COWI, 2022). I SMV'en beskrives også de forventede miljøpåvirkninger, herunder fx støj- og luftforurening. I tillæg til SMV'en udførte Transportministeriet en analyse af de samfundsøkonomiske konsekvenser ved etableringen af planen (Transportministeriet mfl., 2022a). I nærværende rapport beskrives udelukkende CO<sub>2</sub>e-effekter.

### ... og i den samfundsøkonomiske analyse

Transportministeriet mfl. (2022a) sammenligner projektscenariet, som både indeholder byudvikling og etablering af nødvendig infrastruktur, med et alternativscenarie, hvor Østhavnen ikke udbygges, og der i stedet byudvikles i hovedstadsområdet. Rapporten fastlægger de væsentligste samfundsøkonomiske effekter ved at byudvikle Østhavnen. Den finder, at byudvikling af Østhavnen og de tilhørende infrastrukturprojekter bidrager til at holde boligpriserne i København nede. Analysens CO<sub>2</sub>e-regnskab forholder sig til byudvikling og tilhørende infrastruktur, men hverken til jordtransport eller stormflodssikring. I analysen var det således ikke muligt at vise det fulde billede af den udledning, der vil ske i et fremtidigt alternativscenarie, som både tager højde for udledningen ved stormflodssikring, jordtransport, byudvikling, kollektiv infrastruktur og vejinfrastruktur.

### Betydning af materialer

Valget af materialer har stor betydning for CO<sub>2</sub>e-udledningerne. I rapporten beregner vi udledningen ved store anlægsprojekter, hvor der fx anvendes store mængder af beton. Der forventes at ske markante reduktioner på op mod 70 pct. i emissionsfaktorer for beton frem mod 2030 (Aalborg Portland, 2022). En større anvendelse af grøn beton i fremtiden, kan derfor have stor betydning for de samlede udledninger. Hertil kommer muligheder for at bygge større bygninger med større andele af trækonstruktioner, som også har markant lavere udledninger, end den type bygninger der typisk opføres i dag (BUILD, 2023). Der eksisterer således allerede forskellige muligheder for at byudvikle mere bæredygtigt.

### København står over for flere fremtidige udfordringer

København står altså over for flere udfordringer i de kommende år. Der forventes en kraftig befolkningsvækst i København, og byen skal sikres mod fremtidige stormfloder. Der er flere forskellige muligheder for, hvordan udfordringerne kan løses. Befolkningsvæksten kan imødekommes med nye boligområder og byudvikling, mens stormflodssikring fx kan imødekommes med et dige, som beskytter København mod en eventuel stormflod. Byudvikling kan finde sted på mange forskellige måder med forskellig grad af bæredygtighed, og det kan være en fordel at tænke de forskellige udfordringer sammen i én løsning. Vi undersøger i nærværende analyse muligheden for byudvikling og stormflodssikring ved udvikling af Lynetteholm, og vi sammenligner med et alternativ, hvor der i stedet byudvikles i forstæderne.

### Rapportens indhold

I denne rapport beskriver vi i kapitel 2 det demografiske og klimamæssige pres på hovedstadsområdet, som betyder, at det er nødvendigt at stormflodssikre København og byudvikle enten i Østhavnen eller et alternativt sted. I kapitel 3 præsenterer vi et CO<sub>2</sub>e-regnskab for byudvikling af Østhavnen, hvor vi sammenligner med et alternativ, hvor Lynetteholm ikke anlægges, og der i stedet byudvikles andre steder. Vi beregner CO<sub>2</sub>e-udledningen ved stormflodssikring, jordtransport, byudvikling, kollektiv transportinfrastruktur samt vejinfrastruktur.



## 2. Demografisk og klimamæssigt pres på hovedstadsområdet

### Kapitlets indhold

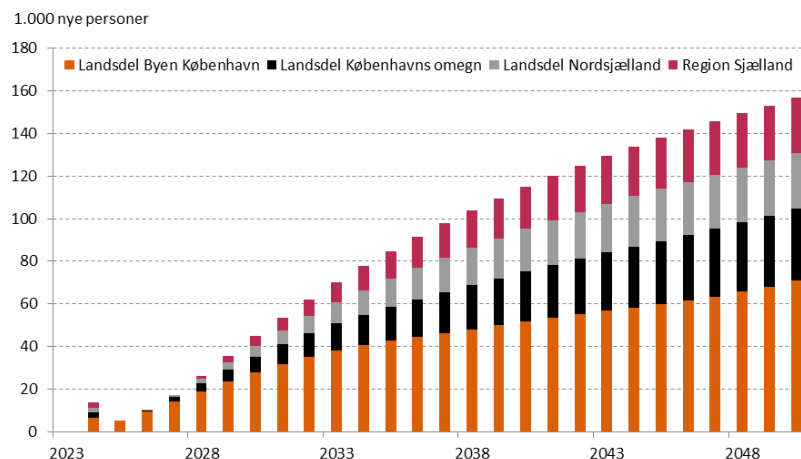
I dette kapitel dykker vi ned i det demografiske og klimamæssige pres på hovedstadsområdet i de kommende år. I afsnit 2.1 beskriver vi befolkningsvækst og byudvikling i hovedstadsområdet og i afsnit 2.2 beskrives klimaudfordringerne for hovedstadsområdet. I afsnit 2.3 diskuteres mulige udfordringer og løsningsmodeller.

### 2.1 Befolkningsvækst og byudvikling i hovedstadsområdet

#### Forventet befolkningsvækst i hovedstadsområdet

København Kommune er vokset med 37 pct. siden 1995, og udviklingen fortsætter (Københavns Kommune, 2022). Samtlige analyser af den fremtidige befolkningsudvikling i hovedstadsområdet tyder på en stigende befolkning i de kommende år. Danmarks Statistiks befolkningsfremskrivning forventer en befolkningsvækst i hovedstadsområdet på ca. 130.000 personer frem mod 2050, heraf ca. 71.000 i København, 34.000 i Københavns omegn og 26.000 i Nordsjælland, jf. figur 2.1. Københavns Kommunes fremskrivning viser en stigning i København på ca. 62.000 personer frem mod 2032 (Københavns Kommune, 2022).

Figur 2.1 Befolkningsfremskrivning i Hovedstaden og Sjælland



Anm.: Antal nye personer er angivet i 1.000 og angiver befolkningsvæksten i forhold til 2023.  
Kilde: Statistikbanken tabel FRLD123.

#### Befolkningsvækst vil medføre pres på boligmarkedet...

Den markante forventede befolkningsudvikling medfører, at der må forventes et pres på boligmarkedet i hovedstadsområdet fremover, hvis man ikke bygger flere boliger. Boligpriserne i København er allerede på et højt niveau i forhold til resten af landet. Hvis man ikke bygger flere boliger, vil boligpriserne stige mere. Et yderligere befolkningspres må derfor forventes at få stor betydning for boligmarkedet og for den måde, københavnerne bor på. Hvis presset på boligmarkedet håndteres ved, at der bygges flere boliger, vil det alt andet

lige bidrage til at holde boligpriserne nede. Hvis der ikke gøres noget for at håndtere presset på boligmarkedet, må det forventes, at priserne vil stige på ejerboliger, og der vil komme et pres på markedet for lejeboliger.

### ... og ændre befolkningssammensætningen

Det betyder, at beboere i regulerede lejeboliger vil få svært ved at flytte, fordi de ikke har råd til at flytte i ejerboliger eller i uregulerede lejeboliger<sup>2</sup>. Det vil derfor blive sværere for personer i lavindkomstgrupper at finde en bolig, og personer i højindkomstgrupper vil fortrænge lavindkomstgrupperne på boligmarkedet. Det vil på sigt få betydning for befolkningssammensætningen i København, da lavindkomstgrupperne over tid vil blive fortrængt til andre boligområder, da de ikke vil kunne følge med prisstigningerne i København. Hvis stigende boligpriser som følge af større bolig efterspørgsel ikke afbødes af et øget boligudbud, vil det altså betyde, at København fremover i højere grad vil være beboet af højindkomstgrupper. Hertil kommer en tendens mod et stigende antal singler og færre personer med børn. Det lægger yderligere pres på den nødvendige boligmasse, som skal modsvare den stigende efterspørgsel efter boliger i København.

### Nødvendigt med nye byudviklingsrum

Det forventes, at efterspørgslen efter boliger frem mod 2044 kan imødekommes af de nuværende og nye byudviklingsområder, samt ved etablering af nye boliger i de eksisterende bykvarterer i Københavns Kommune (Transportministeriet mfl. (2022a)). I Københavns Kommuneplan fra 2019 vurderes det, at kommuneplanen kan rumme efterspørgslen efter boliger frem til 2031 (Københavns Kommune (2019)). Herefter forventes det, at der vil være behov for de førnævnte nye byudviklingsområder, for at sikre et tilstrækkeligt og varieret udbud af byggemuligheder, som bl.a. skal modvirke stigende priser på byggejord. I Københavns Kommune er Refshaleøen og Kløverparken perspektivområder for byudvikling, men udviklingen af områderne forudsætter dels etableringen af ny overordnet infrastruktur (kollektiv trafik og vej), dels investeringer i den lokale infrastruktur (Transportministeriet mfl. (2022a)).

## 2.2 Klimaudfordringen for hovedstadsområdet

### Analyse af stormflodssikring af hovedstadsområdet

I 2016 bestilte borgerrepræsentationen en stormflodsplan for Københavns Kommune, som skulle belyse og estimere risikoen for stormflod i København i fremtiden (COWI, 2017). Rapporten estimerer de økonomiske konsekvenser ved fremtidige stormfloder i København, hvis vandstanden stiger.

### Truslen fra skader fra stormfloder er mellem 9,2 og 11,9 mia. kr.

De akkumulerede økonomiske skader fra en stormflod estimeres i nutidsværdi til hhv. 8,2 mia. kr. og 11,9 mia. kr. ved 87 cm eller 100 cm vandstandsstigning uden sikring mod højvande. En stormflod fra nord på 2,30 m estimeres at kunne ske hvert 1 mio. år lige nu, men i år 2100 estimeres dette at kunne ske hvert tiende år, hvis vandstanden i samme periode stiger med en meter.

### Stormflodssikring mod syd er mest presserende, men på sigt er sikring mod nord essentielt

I Københavns Kommune (2017) anbefales det, at sikringen mod syd etableres hurtigst muligt, da risikoen i de første mange år er størst herfra og de anbefalede diger og sluser er relativt nemme at etablere. Samtidig anbefales det at forberede sikringen mod nord nu og påbegynde sikringen i den nære fremtid. Sikringen mod nord kræver større forberedelse. Truslen fra nord bliver størst, når vandstanden kommer op på et kritisk niveau, som forventes i år 2070. Frem mod år 2117 udgør den akkumulerede økonomiske trussel fra nord ca.

<sup>2</sup> Med uregulerede boliger henvises til private udlejningsboliger, hvor huslejen er fastsat ud fra markedsløjen. Regulerede udlejningsboliger er fx private udlejningsboliger, der er omfattet af huslejeregulering, og almene boliger.

9,3 mia. kr., mens den fra syd udgør 2,6 mia. kr. i nutidsværdi (Københavns kommune, 2017). Figur B1 i bilag 1 viser hovedgreb for stormflodssikring af København fra rapporten.

## 2.3 Udfordringer og løsningsmuligheder

### Flere muligheder for at reducere CO<sub>2</sub>e-udledningerne

Der er flere muligheder for at reducere CO<sub>2</sub>e-udledningerne ved byudvikling. Hvis der byudvikles på Lynetteholm, vil der formentlig i højere grad blive bygget etageboliger, sammenlignet med byudvikling i forstæderne, og man vil derfor i højere grad bo tæt. Det byggede etageareal har størst betydning for udledningerne, og emissionerne er typisk lavere ved etagebyggeri sammenlignet med både rækkehuse og parcelhuse, også per beboer. Viegand Maagøe (2023) viser, at udledningen ved parcelhusområder er dobbelt så stor som udledningen for rækkehuse. Beregningen er baseret på faktiske beboelsesområder i Region Hovedstaden.

### Flere fordele ved at bo tæt ...

Der er også andre fordele ved at bo tæt. Der er behov for både kortere forsyningsledninger og mindre vej- og stiareal, hvilket betyder at CO<sub>2</sub>e-udledningerne vil være lavere, og byggeriet derfor indirekte vil være mere bæredygtigt. I litteraturen findes en klar negativ sammenhæng mellem befolkningstæthed og vej pr. indbygger, se fx Cleveland mfl. (2020), Moriarty (2002) og Glover & Simon (1975). Hertil kommer, at beboere i tætte byer også har et lavere bilejerskab og derved en højere andel grøn mobilitet i form af kollektiv trafik og cyklisme.

### ... og kommunerne kan være med til at påvirke udledninger

Kommunerne har via lokalplaner og infrastrukturplanlægning mulighed for betydelige CO<sub>2</sub>e-reduktioner, hvis der etableres fornuftige byområder. I lokalplaner kan der sættes krav til størrelsen af boligerne ud fra størrelse på udstykning og bebyggelsesprocent, typen af bolig, valg af udvendige materialer, sikring af kort afstand til kollektiv transport og fornuftig cykelinfrastruktur. Sidstnævnte kan fx sikres ved at etablere nye boligområder i nærheden af eksisterende kollektiv transport, eller ved infrastrukturinvesteringer (Viegand Maagøe, 2023). Ved at reducere det bebyggede parcelhusareal fra 205 til 120 m<sup>2</sup> kan den samlede udledning sænkes med op mod 24 pct. Hertil kommer, at øget brug af træ i bygninger kan reducere udledningerne med op mod 8 pct. og mindre arealudbredelse med op mod 9 pct. Endelig kræver tæt byggeri mindre udbygning af forsyningsledninger mm., da boligerne ligger tættere.

### Grøn beton kan mindske CO<sub>2</sub>e-udledninger markant ...

I vores beregninger er der i projektscenariet store udledninger i forbindelse med de to store infrastrukturprojekter, Østlig Ringvej og metrolinje M5. Etape 1 af Østlig Ringvej og metrolinjen M5 forventes at være færdig i 2035, men etape 2 af Østlig Ringvej forventes at være færdig i 2040. Begge projekter kræver store mængder af beton, der udgør en betydelig andel af de samlede udledninger. Aalborg Portland forventer at kunne reducere deres udledninger med op mod 70 pct. i 2030 (Aalborg Portland, 2022). En sådan reduktion i emissionsfaktorerne for beton vil have markante effekter på den samlede udledning fra anlægsprojekter i denne størrelse. Reduktionerne skal primært opnås gennem et skift væk fra fossile brændstoffer og ved udviklingen af CCS-anlæg. Det forventes derfor ikke at disse tiltag vil påvirke bæreevnen på betonet.

### ... og øget brug af trækonstruktioner har stor betydning

Man begynder i højere grad at bygge selv større bygninger med en stor andel af træ. Statens Byggeforskningsinstitut har i 2023 udgivet en rapport, der viser at udledningerne fra denne type af byggerier er markant lavere, end hvad der typisk opføres i dag (BUILD, 2023). Hvis denne type af konstruktioner bliver mere almindelige, kan det potentielt betyde, at der vil være en højere grad af teknologisk udvikling end forventet. For beregningerne i rapporten vil det betyde, at udledninger fra byudvikling i både projekt- og alternativscenariet

overvurderes. Det forventes dog ikke, at det vil have betydelige effekter på forskellen mellem disse to.

**Lynetteholm kan være med til at afbøde fremtidige prisstigninger**

Byudvikling på Lynetteholm kan også have betydning for udviklingen af boligomkostningerne. Når boligomkostningerne falder, forventes boligpriserne også at falde. En analyse af den fremtidige udvikling af boligomkostningerne estimerer, at byudvikling af Lynetteholm og resten af Østhavnen vil betyde, at boligomkostningerne i det centrale København i 2050-2070 vil være 8-9 pct. lavere, end hvis der ikke byudvikles. Hvis der byudvikles i de omkringliggende kommuner, vil boligomkostningerne i stedet være 3-4 pct. lavere (Carstensen og Hansen, 2022).

**Jorden fra byggeri skal deponeres**

Etableringen af Lynetteholm løser flere forskellige udfordringer for København på én gang. Udover mere bæredygtig byudvikling, hvor man i højere grad bor tæt, løser Lynetteholm også en del af udfordringerne med stormflodssikring af København. Hertil kommer udfordringer med deponi af jord. I perioden fra 2012 til 2021 er der i gennemsnit genereret 3,6 mio. tons overskudsjord årligt i København og Frederiksberg. KMC i Nordhavn har årligt modtaget 2,6 mio. tons jord, hvoraf 1,8 mio. tons, svarende til 70 pct., kom fra København og Frederiksberg. Lynetteholm forventes samlet set at kunne modtage 77,2 mio. tons jord, med en kapacitet på ca. 2,6 mio. tons om året. I alternativet, hvor Lynetteholm ikke etableres, skal denne mængde jord placeres i alternative depoter, hvor den altså ikke anvendes til stormflodssikring som ved etablering af Lynetteholm.





### 3. CO<sub>2</sub>e-regnskab med og uden byudvikling af Østhavnen

#### Vi udarbejder et CO<sub>2</sub>e-aftryk for Østhavnen

I dette afsnit beregner vi CO<sub>2</sub>e-udledningerne for Østhavnen. Dette CO<sub>2</sub>e-aftryk sammenligner vi med et alternativ, hvor Lynetteholm ikke opføres, men hvor stormflodssikring håndteres med et dige og nyttiggørelse af jord fra byudvikling håndteres et andet sted i landet. Byudvikling inkl. transportinfrastruktur finder sted i og uden for Københavns Kommune. Vi sammenligner således projekt og alternativ på fem forskellige områder: (1) Stormflodssikring, (2) jordtransport, (3) byudvikling, (4) kollektiv transportinfrastruktur og (5) vejinfrastruktur. For hvert af de fem områder udvælges et alternativ, som vi anser som værende relevant og realistisk, hvis der ikke skulle byudvikles i Østhavnen. Hertil lægger vi forskelle i trafikarbejdet, som er beregnet i forbindelse med den strategiske miljøvurdering (COWI, 2022).

#### Resultaterne skal ses med forbehold

Resultaterne præsenteres med et spænd for forskellige følsomhedsberegninger, da antagelserne i scenariet kan have stor betydning for resultaterne. Resultaterne skal ses med betydelige forbehold og er baseret på en række gennemsnitsbetragtninger. De er forbundet med stor usikkerhed og skal ses som et estimat for udledningerne ved de fem områder ved etablering af Lynetteholm og alternativet. Resultaterne er således ikke udtryk for den samlede udledning ved projekt- og alternativ.

#### Metodemæssige overvejelser

Beregningerne i denne rapport er i høj grad baseret på eksisterende viden og lægger sig op ad forudsætninger og antagelser i tidligere beregninger af CO<sub>2</sub>e-aftryk for Lynetteholm (Rambøll, 2020; COWI, 2022; Transportministeriet mfl., 2022). Vi baserer de fleste af vores beregninger på en bestemt type af CO<sub>2</sub>e-beregningsmetoder, en Life Cycle Analysis (LCA)-tilgang, for at gøre resultaterne mest muligt sammenlignelige på tværs af forskellige områder. Det svarer til fremgangsmåden i den strategiske miljøvurdering (COWI, 2022). Metoden adskiller sig fra metoden i miljøkonsekvensvurderingen (Rambøll, 2020), hvorfor man skal være varsom med at sammenligne resultaterne. Det skal bemærkes, at der er mindre forskelle i de inkluderede LCA-faser på tværs af områder, hvilket bl.a. skyldes forskellige emissionsfaktorer på tværs af de fem områder, som tager højde for forskellige faser. En illustration af, hvilke faser der er med i de forskellige områder, fremgår af tabel B1 i bilag 1. En uddybning af forskellene mellem en LCA-tilgang og metoden anvendt i miljøkonsekvensvurderingen fremgår af boks B2 i bilag 1. Det skal bemærkes, at vi ikke kan sikre fuld konsistens på tværs af de forskellige beregninger pga. de mange forskellige mekanismer, der er i spil.

#### Teknologisk udvikling

Da flere dele af projektet foregår over en længere tidshorisont, tager vi højde for teknologiske fremskridt i beregningerne. Det gøres ved lineært at fremskrive den teknologiske udvikling, så den opfylder EU-målet med 70 pct. reduktion i 2030 sammenlignet med 1990 og CO<sub>2</sub>-neutralitet i 2050. Denne teknologiske udvikling anvendes i beregningerne for jordtransport, byudvikling og udbygning af det underordnede vejnet. En uddybning af metoden kan findes i boks 3.1. Metoden følger samme fremgangsmåde som Transportministeriet mfl. (2022a). Der foretages desuden følsomhedsberegninger uden teknologisk udvikling.

#### Sammenligning med tidligere beregninger

I forbindelse med miljøkonsekvensvurderingen og den strategiske miljøvurdering er der udarbejdet analyser af CO<sub>2</sub>e-udledningerne ved opførelsen af Lynetteholm (Rambøll, 2020; COWI 2022; Transportministeriet mfl. 2022). Standardpraksis for en række af beregning-

erne er dog, at der i alternativet kun indgår forslag, der er besluttet, dvs. en frozen policy praksis. Derfor er der visse elementer, der ikke er medtaget i alternativscenariet, fx de veje der ville skulle etableres, hvis man udvikler i forstæderne i stedet for på Lynetteholm. Desuden indgår beregninger af fx kloak, el og anden infrastruktur heller ikke i hverken projekt- eller alternativscenarie. Vi mener, at det er relevant, at CO<sub>2</sub>e-beregningerne tager højde for et realistisk alternativ i forhold til fx etablering af stormflodssikring.

### Boks 3.1 Metode for indarbejdelse af teknologiske fremskridt

For at tage højde for teknologisk udvikling tager vi udgangspunkt i Danmark og EU's klimamål samt Parisaftalen. Her forventes det, at Danmark og EU er CO<sub>2</sub>-neutrale i 2050, og resten af verden forventes at være CO<sub>2</sub>-neutrale i 2070. Den teknologiske udvikling fremskrives lineært, så den lige akkurat opfylder klimamålene. Denne metode er et groft skøn, der ikke tager højde for forskelle i teknologiske fremskridt på tværs af områder, hvorfor tallene er forbundet med en del usikkerheder. Den teknologiske udvikling bruges til at beregne de forventede udledninger i forbindelse med jordtransport, byudvikling og udvidelser af det underordnede vejnet. For byggeri af boliger og bilejerskab fordeles der på, hvor i verden udledningen sker vha. AFTRYK1 fra statistikbanken og et særtræk fra energistyrelsen. For emissionsfaktorer fremskrives den teknologiske udvikling fra det år, hvorfra emissionsfaktoren var gældende. Metoden svarer til Transportministeriet mfl. (2022a).

#### Kapitlets indhold

I afsnit 3.1 præsenteres CO<sub>2</sub>e-regnskabet for de fem områder, hvorefter beregningerne for hvert område uddybes i de efterfølgende afsnit. I afsnit 3.2 beregner vi aftrykket for etablering af stormflodssikring. I afsnit 3.3 beregner vi aftrykket for jordtransport. I afsnit 3.4 beregner vi aftrykket ved byudvikling på hhv. Østhavnen og i alternativscenariet. I afsnit 3.5 beregner vi aftrykket ved den kollektive transportinfrastruktur, og i afsnit 3.6 beregner vi aftrykket for vejinfrastruktur. I afsnit 3.7 beskrives forskellige følsomhedsberegninger.

## 3.1 CO<sub>2</sub>e-regnskab for Lynetteholm

#### Vi udvælger et alternativ til projektet

De overordnede forudsætninger for hvert af de fem områder i hhv. projekt- og alternativscenariet fremgår af tabel 3.1 nedenfor. I projektet etableres Lynetteholm, og der byudvikles i Østhavnen. Det er nødvendigt at udvide både kollektiv transportinfrastruktur og vejinfrastruktur for at muliggøre byudvikling på Lynetteholm, jf. COWI (2022).

#### Vi opstiller et CO<sub>2</sub>e-regnskab

Analysen viser, at der er en merudledning i projektscenariet på 115.135 tons CO<sub>2</sub>e sammenlignet med alternativet. CO<sub>2</sub>e-udledningen for det samlede projekt- og alternativscenarie for hvert af de fem områder fremgår af tabel 3.2. Det skal bemærkes, at resultaterne skal betragtes med varsomhed, da de i høj grad afhænger af forskellige antagelser. For stormflodssikring, kollektiv transportinfrastruktur og vejinfrastruktur er CO<sub>2</sub>e-udledningen større i projektscenariet sammenlignet med alternativscenariet. Til gengæld er den beregnede CO<sub>2</sub>e-udledning større i alternativscenariet for jordtransport og byudvikling. Beregningsforudsætningerne for hvert af de fem områder beskrives i afsnit 3.2-3.7.

#### Resultaterne skal ses med forbehold

I tabel 3.2 fremgår beregningerne med følsomhedsintervaller. Beskrivelse af de forskellige følsomhedsscenarier fremgår af boks B3-7 i bilag 4. De brede følsomhedsintervaller illustrerer, at de forskellige antagelser har stor betydning for resultaterne. Fx stiger det beregnede CO<sub>2</sub>e-aftryk markant, hvis der ikke indregnes teknologisk udvikling for biler og for byggeri. Resultaterne skal således ses med betydelige forbehold.

**Tabel 3.1 Beskrivelse af projekt- og alternativscenarie**

	Projekt	Alternativ
<b>Stormflodssikring</b>	Der etableres en perimeter til stormflodssikring af København	Der etableres et dige til stormflodssikring af København
<b>Jordtransport</b>	Lynetteholm fyldes op med jord fra byggeri i København og omegn	Jord fra byggeri i København og omegn skal transporteres og afsættes andre steder
<b>Byudvikling</b>	Der opføres boliger til 66.600 personer i Østhavnen	Der opføres boliger til 8.400 på Refshaleøen og i Kløverparken. Ud af de resterende 57.600 bosættes/fortættes 11.520 personer i København og 46.080 personer på Sjælland
<b>Kollektiv transportinfrastruktur</b>	Metrolinje M5 bygges	En del af metrolinje M5 bygges
<b>Vejinfrastruktur</b>	Etape 1 af Østlig Ringvej etableres og lokalveje etableres i forbindelse med anlæg af boliger	Lokalveje etableres i forbindelse med anlæg af boliger

Kilde: Egen tilvirkning.

### Usikkerhedsspænd for resultaterne

De tre nederste kolonner i tabel 3.2 Viser forskellen mellem projekt og alternativscenariet. Første kolonne viser, at forskellen i vores hovedscenarie er 115.135 mio. tons CO<sub>2e</sub>. De følgende to rækker viser et spænd for forskellen mellem de to scenarier. I scenariet med den mindste forskel mellem Lynetteholm og alternativet udleder Lynetteholm 413.664 tons CO<sub>2e</sub> mindre end alternativet og i scenariet med den største forskel udleder Lynetteholm 517.665 tons CO<sub>2e</sub> mere end alternativet. Det skal dog bemærkes at disse beregninger bygger på scenarier, der repræsenterer yderpunkterne for hvad der kan forventes.

### Sammenligning med MKR

Der er tidligere foretaget forskellige beregninger af udledningen af nogle af de fem delelementer til Lynetteholm, som resultaterne i tabel 3.2 skal ses i relation til. Rambøll (2020) beregner udledningen ved opførelsen af perimenteren til 75.378 tons CO<sub>2</sub> og den efterfølgende jordopfyldning til 167.542 tons CO<sub>2</sub>. Rapporten indeholder ikke beregninger for alternativer. Vi beregner udledningen fra perimenteren til Lynetteholm til 71.264 tons CO<sub>2e</sub>, hvilket ligger nogenlunde i samme niveau som de tidligere beregninger. For jordtransport ligger vores estimat på 177.113 tons CO<sub>2e</sub> også tæt på de tidligere beregninger.

### Sammenligning med SMV og SØK

COWI (2022) og Transportministeriet mfl. (2022a) beregner de forventede udledninger ved byudvikling af henholdsvis Østhavnen og i forstæderne, samt udledninger ved konstruktion og vedligehold af Østlig Ringvej og metrolinje M5. Udledningerne ved byudvikling af Østhavnen estimeres til at være 361.600 tons CO<sub>2e</sub> i projektscenariet og 331.000 tons CO<sub>2e</sub> i alternativet, hvis der tages højde for teknologisk udvikling og 1.275.600 tons CO<sub>2e</sub> i projektscenariet og 1.538.000 tons CO<sub>2e</sub> i alternativet, hvis der ikke tages højde for teknologisk udvikling. Udledningerne ved opførelse og vedligehold af etape 1 af Østlig Ringvej er mellem 45.000 og 145.000 tons CO<sub>2e</sub>, afhængig af om beregningerne bygger på erfaringer fra Femern-forbindelsen eller inkluderer eksisterende tilgængelige teknologier. Udledningerne fra metroen udregnes til at være mellem 205.000 og 295.000 tons CO<sub>2e</sub>. Det brede spænd stemmer godt overens med de forskellige følsomhedsberegninger i tabel 3.2.

### Forskellen bliver markant mindre

Forskellen mellem projekt- og alternativscenarie i de tidligere beregninger var 500.220 tons CO<sub>2e</sub>, hvis der antages at udledningerne fra Østlig Ringvej og metrolinje M5 svarer til scenarie 2.<sup>3</sup> Forskellene kan dog ikke direkte sammenlignes, da der er forskel i antagelserne for beregningerne. En del af forskellen skyldes altså, at der er medtaget beregninger for flere forskellige effekter i vores beregning af udledningen for Lynetteholm, og vi således sammenligner med et andet alternativ end i de tidligere beregninger.

<sup>3</sup> Det skal bemærkes at beregningerne i MKR er opgjort i CO<sub>2</sub>, hvorfor forskellen i CO<sub>2e</sub> formentlig undervurderes lidt.

**Tabel 3.2 CO<sub>2</sub>e-regnskab for projekt og alternativ i perioden fra 2023-2070 (tons CO<sub>2</sub>e)**

	Stormflods- sikring	Jordtransport	Byudvikling	Kollektiv transportin- frastruktur	Vejinfrastruk- tur	Trafikarbejde	I alt
<b>Projekt</b>							
Estimat, hovedscenarie	<b>71.246</b>	<b>177.113</b>	<b>334.797</b>	<b>296.608</b>	<b>61.206</b>	<b>87.000</b>	<b>1.027.970</b>
			<b>(258.116)**</b>		<b>(227.506)*</b>	<b>(110.300)*</b>	
Nedre grænse	56.997	177.113	319.055	296.608	61.206	87.000	997.979
Øvre grænse	85.495	257.826	1.353.760	427.708	425.387	110.300	2.660.476
<b>Alternativ</b>							
Estimat, hovedscenarie	<b>20.138</b>	<b>284.082</b>	<b>396.961</b>	<b>183.464</b>	<b>28.190</b>	-	<b>912.835</b>
			<b>(320.289)**</b>				
Nedre grænse	16.111	241.773	387.930	183.464	28.190	-	853.690
Øvre grænse	24.166	432.556	1.731.251	254.164	229.141	-	2.677.361
<b>Forskel</b>							
Forskel, hovedscenarie	<b>51.108</b>	<b>-106.969</b>	<b>-62.163</b>	<b>113.144</b>	<b>33.015</b>	<b>87.000</b>	<b>115.135</b>
Mindste forskel	40.886	-174.729	-409.910	113.144	-70.055	87.000	-413.664
Største forskel	61.329	-64.660	-62.163	173.544	299.315	110.300	517.665

Anm.: Beregningerne er som forudsat i tabel 3.1. Scenarierne følger dem, der er beskrevet i de enkelte kapitler. \*For vejinfrastruktur og trafikarbejde er udledningerne med etape 2 af Østlig Ringvej præsenteret i parentes. \*\* Angiver udledningerne uden de 8.400 personer, der flytter ind på Refshaleøen og i Kløverparken, uanset om Lynetteholm opføres eller ej. Disse er ikke inkluderet i de tidligere beregninger. Det skal bemærkes at der for jordtransport indgår tal for indbygning fra Rambøll (2020). Dette tal tager ikke højde for teknologisk udvikling, og udledningen overvurderes derfor formentlig lidt. Det antages, at indbygningen er ens for begge scenarier. Det skal bemærkes, at udledningerne fra trafikarbejdet adskiller sig fra de andre elementer, da det er beregnet som forskellen mellem de to scenarier, hvor de andre elementer er beregnet som den faktiske størrelse. Derudover skal det bemærkes, at trafikførslerne er baseret på et andet både projekt- og alternativscenarie end i denne rapport.

Kilde: Rambøll (2020), COWI (2022), Transportministeriet mfl. (2022a) og egne beregninger.

## 3.2 Stormflodssikring

### Projekt og alternativ

#### Sådan har vi udvalgt de to scenarier

I projektscenariet antages det, at den planlagte perimenter til Lynetteholm etableres. Hvis dette ikke var tilfældet, ville anlægsloven for Lynetteholm dog stadig være gældende. Det betyder, at der fortsat ville blive anlagt en perimenter for Lynetteholm, selv om resten af planen ikke gennemføres. Vi antager imidlertid, at der i modsætning til perimenteren anlægges et andet alternativ. I alternativscenariet anlægges således et dige, som var det oprindelige alternativ, jf. Københavns Kommune (2017). Det skal bemærkes, at hverken Lynetteholm eller et dige isoleret set kan give den nødvendige stormflodssikring. I begge scenarier vil der på længere sigt være brug for en dokport/sluseport, der kan lukke af for vandet. Udledningen for denne port er ikke inkluderet i beregningerne.

#### I projektscenariet bygges en perimenter til stormflodssikring

I projektscenariet etableres en perimenter, som har til formål at bidrage til stormflodssikringen af København. Perimeteren fungerer som Lynetteholms afgrænsning og konstrueres som en dæmning med sten og et kystlandskab på ydersiden. Perimeteren er beskrevet yderligere i Rambøll (2020), men er siden da ændret, fx i forhold til brug af materialer. For at etablere perimeteren er det nødvendigt at udskifte en stor mængde bundmateriale. Det skyldes, at bunden ikke er fast, og at tilførte sten o.l. ellers vil synke igennem. Det foregår ved, at det bløde bundmateriale afgraves, og der udlægges sand. Udledningerne fra udskiftning af bundmateriale er inkluderet i beregningerne. Der skal i forbindelse med opførslen af Lynetteholm også skal etableres et kystlandskab. Udledningerne fra dette er ikke inkluderet i beregningerne, da det ikke bidrager til stormflodssikringen. Perimeteren fungerer

samtidig som et nyttiggørelsesanlæg, der skal opfyldes med overskudsjord fra København. Nyttiggørelsen beregnes særskilt fra dette scenarie.

**I alternativet etableres et dige**

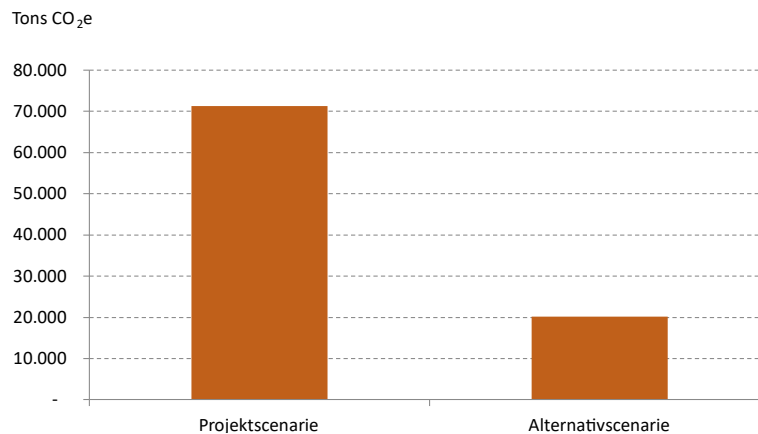
I alternativscenariet etableres en dæmningsløsning, der også har til formål at stormflodssikre København. Alternativet tager udgangspunkt i beskrivelsen af et dige i COWI (2017), og COWI har til dette projekt vurderet de nødvendige mængder for at etablere et tilsvarende dige. Skitsen for diget er beskrevet i COWI (2023a). Alternativet er således et ca. 1,3 km langt dige fra Nordhavn til Trekroner. Det antages, at det i alternativet også er nødvendigt at udskifte bundmateriale, dog i mindre omfang end i projektscenariet, da diget er mindre end perimeteren. COWIs overslag svarer til et højt vanddige, som er sammenligneligt med den beskyttelse mod stormflod, Lynetteholm giver. Et tværsnit for diget fremgår af bilag 2.

**Resultater fra projekt- og alternativscenarie**

**CO<sub>2</sub>e-udledning ved stormflodssikring**

Den samlede CO<sub>2</sub>e-udledning for projekt- og alternativscenarie fremgår af figur 3.1. Projektscenariet udleder 71.246 tons CO<sub>2</sub>e, mens alternativscenariet udleder 20.138 tons CO<sub>2</sub>e. Den store forskel i udledningen skyldes, at perimeteren til Lynetteholm er betydeligt større end diget, og der skal derfor anvendes en større mængde af materialer. I alternativscenariet fordeler udledningerne sig på 8.323 tons CO<sub>2</sub>e til produktion af materialer, 9.368 tons CO<sub>2</sub>e til transport af materialer og 2.448 tons CO<sub>2</sub>e til indbygning. Resultaterne skal ses med forbehold, da der for både projekt- og alternativscenarie er tale om et overslag. Følsomhedsberegninger fremgår af boks B3-7 i bilag 4.

**Figur 3.1 CO<sub>2</sub>e-aftryk for stormflodssikring i projekt- og alternativ i perioden fra 2023-2070 (tons CO<sub>2</sub>e)**



Anm.: I alternativscenariet bygges et dige. Emissioner fra indbygning er baseret på dieselforbruget pr. ton materiale der er anvendt for etape 1. Denne sammenhæng antages at være gældende for de resterende etaper af perimeteren samt for diget i alternativscenariet. Det skal bemærkes, at der kan være dele, der ikke indgår i beregningerne, som således ikke er udtryk for det samlede CO<sub>2</sub>e-aftryk.

Kilde: COWI (2023a), COWI (2023b) og egne beregninger.

**Sammenligning med MKR**

Vores beregning lægger sig tæt op ad miljøkonsekvensrapporten, hvor den samlede CO<sub>2</sub>-udledning fra perimeteren vurderes til at være 75.378 tons, hvoraf indbygning udgør 34.658 tons CO<sub>2</sub> (Rambøll, 2020). Der er flere forskelle på beregningerne i miljøkonsekvensvurderingen og vores beregninger, fx i forhold til hvilke faser der indgår i beregninger, og hvilken metode der anvendes. Resultaterne kan derfor ikke sammenlignes en til en. Forskellene udbygges i boks B2 i bilag 2. Det skal hertil bemærkes, at udledninger i miljøkonsekvensrapporten er beregnet i CO<sub>2</sub>, hvorimod vores emissioner beregnes i CO<sub>2</sub>e. Det betyder, at emissionen i Rambøll (2020) formentlig undervurderes en smule. Størrelsesordenen for vores beregning er dog tæt på perimeterens udledning i projektscenariet i Rambøll (2020).

### Baggrundsmateriale

## Baggrundsmateriale

Rambøll (2020) vurderer i miljøkonsekvensvurderingen den forventede CO<sub>2</sub>-udledning ved etablering af perimeteren, som skal stormflodssikre København. Her indgår både bundudskiftning hvor gytje bortgraves, genopfyldning med sand samt etablering af perimeteren. Vi anvender desuden materiale fra COWI, som har beregnet udledningen for perimeteren i projekt samt den nødvendige mængde i alternativet (COWI, 2023a; COWI, 2023b).

### Vi anvender ekstrapolerede mængder i projektet

## Data, metode og antagelser

På nuværende tidspunkt er perimeterkonstruktionen i projektscenariet ikke færdigbygget, og der findes derfor ikke en endelig oversigt over faktiske emissionsfaktorer og mængder. COWI har derfor udarbejdet en ekstrapolering af emissionsfaktorer og transportdistancer for de brugte materialer for By & Havn. Ekstrapoleringen tager udgangspunkt i emissionsfaktorer og mængder fra den faktiske produktion af etape 1, som blev afsluttet i foråret 2023. Mængderne der skal bruges til etape 2, tager udgangspunkt i entreprenørmateriale, hvorved et samlet CO<sub>2</sub>e-egnskab for hele perimeteren kan beregnes ved en LCA-beregning. I figur B4 i bilag 2 fremgår en skitse for hvor perimeteren etableres.

### Materiemængder for diget er beregnet af COWI

COWI har desuden udarbejdet et mængdeoverslag for en dæmningsløsning i alternativscenariet. En skitse for udformningen samt placeringen af diget fremgår i figur B2 og B3 i bilag 2. Diget har en sandkerne med en spunsvæg i midten af konstruktionen. I opførelsen af diget skal der således anvendes en række forskellige materialer, som er beskrevet i tabel B2 i bilag 2. Det skal bemærkes, at der er tale om et overslag for, hvordan diget skal udformes.

### Sådan foretager vi beregningen

Vi foretager en LCA-beregning på baggrund af mængderne, der skal anvendes til etableringen af diget i alternativscenariet. CO<sub>2</sub>e-udledningen beregnes som summen af udledningen ved produktionen af de forskellige materialer, der anvendes, udledningen ved transport af materialerne og udledningen ved den diesel, der skal anvendes til brug af maskiner. Der indgår således emissionsfaktorer for produktionen af hvert enkelt materiale samt emissionsfaktorer for transport af hvert enkelt materiale. For etableringen af hhv. perimeter og dige summeres udledningen ved produktion, transport og indbygning af alle anvendte materialer.

### Udledning ved indbygning

For at finde udledningen ved anvendelsen af materialerne i byggeriet (indbygningen), udregnes det gennemsnitlige dieselforbrug pr. ton materiale anvendt til etape 1 af Lynetteholm. Det giver et gennemsnitligt dieselforbrug på 0,36 liter pr. ton materiale. Det antages, at denne sammenhæng også er gældende for både de resterende etaper af Lynetteholm og for diget i alternativet. Vi anvender samme emissionsfaktorer og transportdistancer for materialer som antaget for Lynetteholm etape 2-4. Emissionsfaktorerne er baseret på et værktøjsark som COWI har udarbejdet til bl.a. at vurdere CO<sub>2</sub>e udledningen fra Lynetteholm<sup>4</sup>.

## 3.3 Transport af jord

### Der generes en stor mængde af overskudsjord

Der genereres en stor mængde overskudsjord i København og omegnskommunerne i forbindelse med forskellige byggeprojekter, fx forsyningsarbejde. I perioden fra 2012 til 2021 blev der i gennemsnit genereret 3,6 mio. tons overskudsjord årligt i København og Frederiksberg. KMC i Nordhavn har årligt modtaget 2,6 mio. tons jord, hvoraf 70 pct. kom fra København og Frederiksberg. Jorden skal deponeres et sted og kan fx deponeres i et jorddeponi, som findes forskellige steder i landet, eller kan anvendes i byggeprojekter, som muliggør indbygning af jord.

<sup>4</sup> Vi bruger konkret CO<sub>2</sub>e beregningsværktøj til byggeetaperne E2-E4.

**77 mio. tons jord  
deponeres i  
Lynetteholm**

### Projekt og alternativ

Lynetteholm forventes samlet at kunne modtage 77,2 mio. tons jord, og fyldes løbende op med jord frem til 2050. I 2023 transporteres jord både fra KMC i Nordhavn via pram (8,1 mio. tons) og fra resten af København via lastbiler. Der forventes en årlig tilførsel på 2,6 mio. tons overskudsjord, hvoraf der både indgår ren og let forurennet jord. Denne mængde svarer til den historiske gennemsnitlige tilførsel til KMC i Nordhavn, og udgør kun en del af den samlede overskudsjord i København og omegn. I projektscenariet deponeres de 77,2 mio. tons jord i Lynetteholms perimeter, som skal fungere som stormflodssikring for København.

**I alternativscenariet  
deponeres jorden  
andre steder**

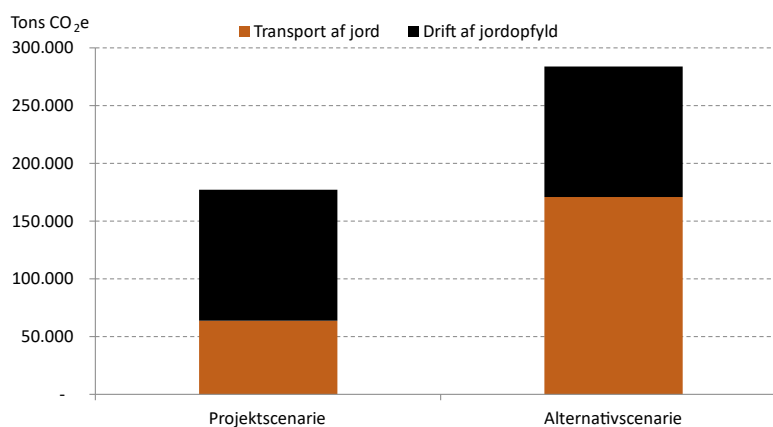
I alternativscenariet skal den samme mængde jord, der kan deponeres i Lynetteholm, deponeres alternative steder. Det er fx forskellige jorddeponier og andre anlægsprojekter, hvor jorden kan anvendes. I vores beregninger antager vi, at Københavns projekter beslutter, hvem der skal købes jorddeponering hos ud fra et budgetøkonomisk perspektiv. I beregningerne deponeres jorden således først i det billigste alternativ, dernæst det næst billigste osv. Beregningerne tager udgangspunkt i mængden af jord, der skal transporteres, og det fastsættes til det mindst mulige i forhold til KMCs kapacitet. Her tages højde for forskellige afsætningsmuligheder for ren og forurennet jord, som vi antager udgør hhv. 40 og 60 pct. af den samlede jordmængde. Fordelingen er baseret på den historiske fordeling.

**Resultater fra  
projekt og alternativ**

### CO<sub>2</sub>e-udledning for jordtransport

Udledningen i alternativscenariet er større end udledningen i projektscenariet, jf. figur 3.2. Den samlede udledning for projektscenariet er på 177.113 tons CO<sub>2</sub>e og 284.082 tons CO<sub>2</sub>e i alternativscenariet. I beregningen indgår transport af jord og udledningen fra maskiner ved drift af jordopfyldningen. Det skal bemærkes, at vi antager at driften ved jordopfyldning er ens i de to scenarier, og at denne udledning er baseret på Rambøll (2020). Driften af jordopfyldning dækker fx over de maskiner, der skal anvendes. Det kan betyde, at vi undervurderer udledningen i alternativscenariet, hvor jorden i flere tilfælde skal transporteres med forskellige transportmidler og derfor flyttes flere gange. Merudledningen i alternativscenariet skyldes hovedsageligt, at jorden skal transporteres længere væk, før den deponeres, når den ikke deponeres i Lynetteholms perimeter. Følsomhedsberegninger fremgår af boks B4 i bilag 4.

**Figur 3.2 CO<sub>2</sub>e-aftryk for jordtransport i projekt- og alternativ i perioden fra 2023-2070 (tons CO<sub>2</sub>e)**



Anm.: Drift af jordopfyld dækker over indbygningen beregnet i Rambøll (2020). Det skal her bemærkes, at det antages at der ikke er forskel på udledningen i de to scenarier. Rambøll (2020) tager ikke højde for teknologisk udvikling, hvorfor tallet formentlig overvurderes i begge scenarier. Det skal bemærkes, at der kan være dele, der ikke indgår i beregningerne, som således ikke er udtryk for det samlede CO<sub>2</sub>e-aftryk.

Kilde: Rambøll (2020), COWI (2023a) og egne beregninger.

### Resultatet for projektet svarer til MKR

Vores resultater skal ses i forhold til miljøkonsekvensrapporten, hvor Rambøll (2020) vurderer den forventede CO<sub>2</sub>e-udledning ved transport af jord til Lynetteholm. Den udregnes her til 54.250 tons CO<sub>2</sub>e, baseret på et scenarie, hvor jorden transporteres ad nuværende veje indtil 2035 og derefter ad den nye adgangsvej. Der regnes derudover på udledninger i forbindelse med driften af jordopfyldet. De vurderes til cirka 113.292 tons CO<sub>2</sub>e. De samlede udledninger bliver derfor 167.542 tons CO<sub>2</sub>e. Rambøll (2020) tager ikke højde for teknologisk udvikling i beregningerne, hvilket betyder, at udledningen formentlig overvurderes ift. vores beregninger.

### Oversigt over baggrundskilder

#### Baggrundsmateriale

Vi tager udgangspunkt i to overordnede baggrundskilder. I miljøkonsekvensvurderingen er der foretaget beregninger af transporten af jord til Lynetteholm samt en vurdering af den forventede mængde af overskudsjord, som genereres i København, Frederiksberg og Københavns omegn hvert år (Rambøll, 2020). Hertil anvender vi en analyse fra Incentive (2022), som har undersøgt markedet for jord.

### Der genereres årligt 3,6 mio. tons jord i København

Der er historisk set årligt blevet deponeret 2,6 mio. tons overskudsjord i KMC Nordhavn, hvilket svarer til en delmængde af den samlede generede jord (Rambøll, 2020). Her skal det bemærkes, at der i samme periode også har været mulighed for at deponere jord i fx Køge. Rambøll (2020) antager, at der på baggrund af den historiske mængde jord vil være samme generering af jord fremadrettet. Denne mængde er et konservativt skøn, da der i København alene historisk er blevet opgravet 4-5 mio. tons jord årligt i forbindelse med bygge- og anlægsprojektet. Der tages således kun udgangspunkt i en delmængde, af den genererede overskudsjord. Det vurderes, at fordelingen mellem ren og forurenede jord er hhv. 40 og 60 pct., baseret på den historiske fordeling.

### Jordkapacitet på 77,2 mio. tons jord i Lynetteholm

Den nyeste tilgængelige forventede jordkapacitet er 77,2 mio. tons jord (Incentive, 2022). Jordkapaciteten i Lynetteholm er beskrevet i Rambøll (2020), men er efterfølgende blevet opdateret i forbindelse med tilpasninger i perimeterens udførelse. Hertil kommer justeringer i mængden af jord, der skal sejles over med pram, som nu er justeret til 8,1 mio. tons placeret i KMC Nordhavn, baseret på By & Havns egne beregninger. Det skal bemærkes, at vi i beregningerne antager, at den fulde mængde på 8,1 mio. tons er placeret i KMC Nordhavn. I praksis er en andel placeret umiddelbart uden for KMC.

### Sådan har vi gjort

#### Data, metode og antagelser

Den samlede mængde af jord, der kan deponeres i Lynetteholm, er 77,2 mio. tons, og vi antager derfor, at der skal deponeres samme mængde i alternativscenariet. I beregningerne foretages en række antagelser. I både projekt- og alternativscenarie antages det, at der genereres 2,6 mio. tons overskudsjord årligt, som skal deponeres enten i Lynetteholm eller et alternativt sted. CO<sub>2</sub>e-udledningen beregnes som udledningen ved transport af jord i hhv. pram, lastbil eller skib, hvor der tages højde for, hvor lang en distance jorden skal transporteres. Hertil lægges udledningerne ved driften, dvs. udledningen fra maskiner.

### Antagelser i projektscenariet

I projektscenariet antages det, at den samlede kapacitet på 77,2 mio. tons skal placeres i Lynetteholm ved opbygning af perimeteren. 8,1 mio. tons skal transporteres med pram, mens den resterende del antages at blive transporteret med lastbil. Antagelserne følger miljøkonsekvensvurderingen (Rambøll, 2020), og jorden deponeres over en årrække. Det skal bemærkes, at der er sket ændringer i planen for jordopfyldning. Der indbygges nu gytje i perimeteren for etape 1, hvilket har reduceret den samlede jordkapacitet fra 81,8 mio. ton til 77,2 mio. tons. Det har desuden betydet en mindsket modtagelseskapacitet de første år, hvorfor en større andel af jorden skal sejles med pram fra Nordhavn, hvor det har været midlertidigt lagret.



### Antagelser i alternativscenariet

I alternativscenariet skal den tilsvarende mængde jord deponeres andre steder. Det antages, at der fordeles til relevante modtagelsessteder ud fra et budgetøkonomisk perspektiv. I beregningen deponeres således først i det billigste alternativ, dernæst det næst billigste osv.<sup>5</sup> Priser og kapacitet for de enkelte modtagestede kan findes i tabel B4 i bilag 2. I vores hovedberegning antages det, at projekterne i hhv. Avedøre Holmene og Aarhus Havn realiseres, og at deponierne her åbner op, når de resterende jorddepoter er fyldt op. Det antages desuden, at der ikke er et loft for, hvor dyrt det må være at skaffe sig af med jorden. Depoterne og mængderne fra hovedscenariet er illustreret i tabel 3.3 nedenfor.

**Tabel 3.3 Jorddepoter og mængder i hovedscenariet**

Depot	Mængde
Randers Havn	2,7 mio. tons
Ølst	13,0 mio. tons
Avedøre Holmene	42,0 mio. tons
Aarhus Havn	16 mio. tons
Landmænd og støjvolde	3,5 mio. tons

Anm.: Depoterne er angivet i den rækkefølge, det antages, at jorden fordeles efter.

Kilde: Mængderne er verificeret med de enkelte kommuner, bortset fra Aarhus Havn og landmænd/støjvolde, der bygger på Incentive (2022).

### Flere antagelser i alternativscenariet

Det antages, at jord, der skal deponeres på Sjælland, transporteres med lastbil. Jord til Randers, Aarhus og Ølst køres først 10 km til Prøvestenen, hvorfra det sejles til enten Randers eller Aarhus havn. Herfra køres det, der skal til Ølst, den sidste etape med lastbil. De faktiske distancer fremgår af tabel B3 i bilag 2. Det antages, at der ikke åbner nye modtagelsescentre i perioden. Der tages ikke højde for potentielle problemer med at fylde skibe og lastbiler op. Desuden antages det, at modtagestedernes kapacitet for forurenede og ren jord er henholdsvis 60 pct. forurenede og 40 pct. ren.

### Vi antager at den samlede kapacitet er tilgængelig

Uden landmænd og støjvolde er den samlede kapacitet i alternativscenariet 73,7 mio. tons. Det antages i dette scenarie, at den samlede kapacitet er tilgængelig. Der tages altså ikke højde for, at der er byggeprojekter uden for København og omegn, der potentielt skal skaffe sig af med overskudsjord. Det bemærkes desuden, at der for nuværende er et deponi i KMC Nordhavn. Der er dog tale om en midlertidig tilladelse, og det kan derfor ikke antages, at jorden fortsat kan deponeres her – hverken i projekt- eller alternativscenarie.

### Vi har valideret pris og mængde på jord

Incentive (2022) har analyseret markedet for jord for at fastsætte den fremtidige jordpris på Lynetteholm. På denne baggrund har vi valideret mængde og priser ved de forskellige afsætningsmuligheder ved kontakt til de kommuner, som administrerer de forskellige jorddepoter. Et af afsætningsmulighederne er det mulige projekt Avedøre Holmene, hvor de foreløbige mængder er valideret med Hvidovre Kommune, jf. figur B5 i bilag 2.

### Vi foretager et konservativt skøn

Antagelserne for jorddeponierne i alternativet er formentlig ikke fuldt ud realistiske, da KMC historisk kun har modtaget en del af jorden fra København og omegn, og der vil blive genereret yderligere jord fra bygge- og anlægsprojekter andre steder i landet. Det giver dog et meget konservativt skøn for udledningerne ved jordtransport, da man alternativt vil skulle bygge nye modtagecentre eller transportere jorden til udlandet. Hertil skal det bemærkes, at det kun er en delmængde af den genererede jord i København, der deponeres i Lynetteholm. I projektscenariet vil der således stadig være nok jord til også at realisere andre store anlægsprojekter som fx Avedøre Holmene.

<sup>5</sup> Det giver følgende rækkefølge: Randers Havn, Ølst, Avedøre Holmene og til sidst Aarhus Havn. Derudover afleveres der årligt 125.000 tons hos landmænd og til støjvolde.

**Antagelser for drift af jordopfyld**

Det antages, at udledningerne fra driften af jordopfyldet er tilsvarende, hvad der er estimeret i Rambøll (2020). Som tidligere nævnt, dækker driften over maskinforbruget. Derudover antages det, at der ikke er forskel på udledningerne ved driften af jordopfyldet i projekt- og alternativscenariet. Det skal bemærkes, at der Rambøll (2020) ikke tager højde for teknologisk udvikling, hvorfor tallet formentlig overvurderes lidt i begge scenarier.

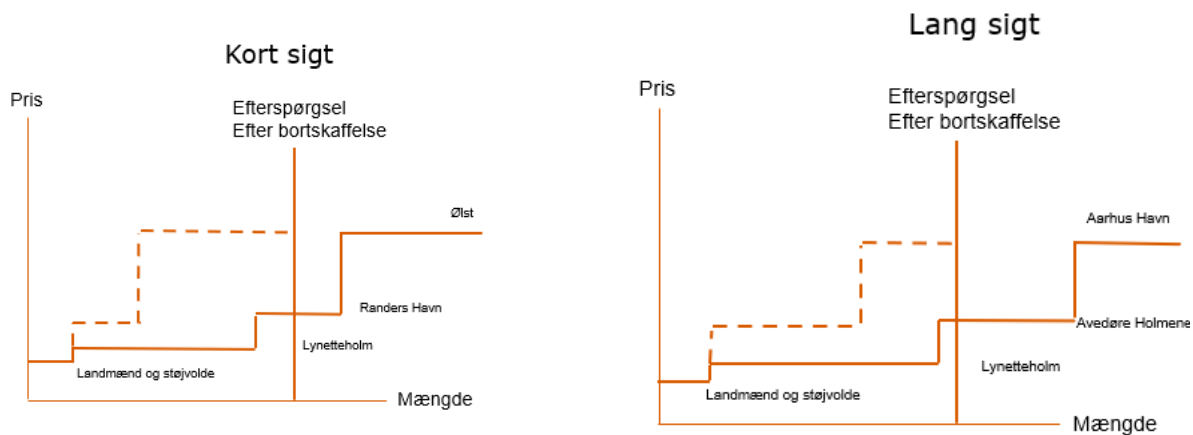
**Vi fastlægger alternativer på kort og langt sigt**

Figur 3.3 nedenfor illustrerer fastlæggelsen af alternativer for deponering af jord på kort og på langt sigt. På kort sigt vil jorden blive deponeret i Randers Havn, i Ølst, hos landmænd og i støjvolde, mens der i Incentive (2022) også indgår to jorddeponier i Vordingborg. Modtageanlægget Barmosen Jordbank er lukket for modtagelse lige nu og indgår derfor ikke som et alternativ i vores beregninger. Ligeledes er modtageanlægget i Stege Fælled Bakker markant reduceret, og indgår derfor heller ikke som et alternativ. På lang sigt antager vi, at både havneudvidelsen af Aarhus Havn samt Avedøre Holmene realiseres. Der foretages følsomhedsberegninger, der tager højde for, at Avedøre Holmene ikke påbegyndes, og at der ikke transporteres jord til Jylland, da man kan argumentere for, om det er et realistisk scenarie. De fuldt optrukne linjer illustrerer markedet for deponering af jord på kort og på langt sigt i projektscenariet, mens de stiplede linjer indikerer tilfældet i alternativscenariet, hvor Lynetteholm ikke etableres.

**Figur 3.3 Fastlæggelse af alternativer for deponering af jord**

Figur 3.3.a Kort sigt

Figur 3.3.b Langt sigt



Anm.: Stiplet linje indikerer tilfældet hvor der ikke kan deponeres jord i Lynetteholm, og den fuldt optrukne linje illustrerer tilfældet, hvor Lynetteholm etableres. Aarhus Havn og Avedøre Holmene antages først tilgængelig fra 2027.

Kilde: Egen tilvirkning ud fra Incentive (2022).

**Vi anvender priser og mængder for jorddeponier**

I tabel B4 i bilag 2 fremgår en oversigt over pris og kapacitet for hvert tilgængeligt jorddeponi, som anvendes som udgangspunkt for udvælgelsen af, hvilket alternativ der skal opfyldes først. Som tidligere beskrevet, placeres der først i det billigste alternativ, når der både tages højde for prisen for at deponere jorden samt prisen for transport af jorden til deponiet. Det skal bemærkes, at der er betydelig forskel på prisen på de forskellige steder. Kapacitetsoplysninger er valideret med de respektive kommuner.

## 3.4 Byudvikling

### Projekter og alternativer

#### Sådan har vi udvalgt de to scenarier

Der forventes at være stor befolkningsudvikling i København og på Sjælland i de kommende år. For at imødekomme den øgede efterspørgsel efter boliger er det nødvendigt med nye byudviklingsprojekter. Det vurderes derfor ikke at være et alternativ ikke at opføre nye boliger. I udvælgelsen af de to scenarier tager vi udgangspunkt i scenarierne præsenteret i den samfundsøkonomiske analyse lavet i forbindelse med den strategiske miljøvurdering (Transportministeriet mfl., 2022a).

#### I projektscenariet byudvikles på Østhavnen

I projektscenariet antages det, at der byudvikles i Østhavnen, som dækker over områderne Lynetteholm, Refshaleøen, Kløverparken og Quintus. Der etableres samlet set etageboliger til 66.000 personer. Heraf opføres forventeligt boliger til 8.400 personer på Refshaleøen og i Kløverparken, fordelt på 300.000 etagemeter, jf. den tentative tidsplan for byudvikling i Østhavnen besluttet af Københavns Kommune.

Tabel 3.4 Oversigt over projekt- og alternativscenarie

	Projektscenarie	Alternativscenarie
<b>Refshaleøen og Kløverparken</b>	8.400 personer	8.400 personer
<b>Lynetteholm mv.</b>	57.600 personer	-
<b>Resten af København</b>	-	11.520 personer
<b>Resten af Sjælland</b>	-	46.080 personer
<b>I alt</b>	<b>66.000 personer</b>	<b>66.000 personer</b>

Anm.: De 8.400 som bosættes på Refshaleøen og i Kløverparken bosættes på 300.000 etagemeter, som er vurderet at kunne opføres uden yderligere udbygning af infrastruktur. Lynetteholm mv. dækker over Lynetteholm, Refshaleøen, Kløverparken og Quintus i nyudviklede områder.

Kilde: Københavns Kommune og egen tilvirkning.

#### I alternativscenariet byudvikles på Sjælland

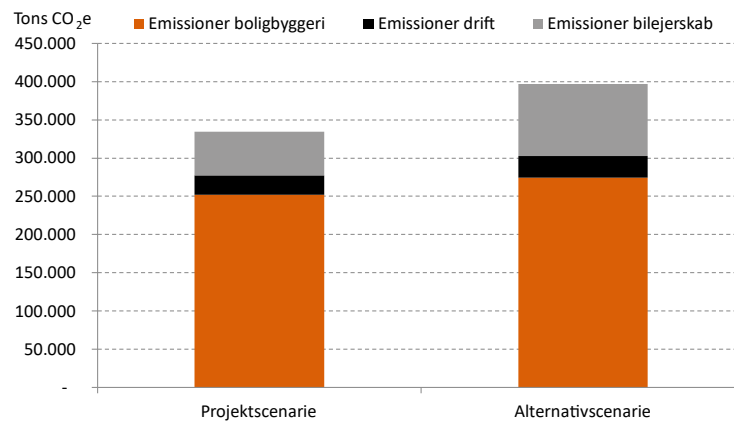
I alternativscenariet opføres etageboligerne til de 8.400 personer på Refshaleøen og i Kløverparken også, da dette allerede er besluttet af Københavns Kommune, jf. beskrivelse ovenfor. Ud af de resterende 57.600 personer, flytter 20 pct. ind i nyopførte etageboliger i København, mens de resterende 80 pct. fordeles på Sjælland, baseret på de historiske flyttemønstre ud af København. Det antages at personer, der bliver boende i København, ligner de nuværende københavnere i forhold til boligstørrelse og bilejerskab, mens det forventes at personer der flytter til det øvrige Sjælland, ligner befolkningen i de forskellige kommuner mht. bilejerskab, boligtype og boligstørrelse. Antagelsen følger Transportministeriet mfl. (2022a).

### CO<sub>2</sub>e-udledning for byudvikling

#### Resultater fra projekt og alternativ

De samlede resultater for projekt- og alternativscenarie fremgår af figur 3.4. Den samlede udledning i projektscenariet er 334.797 tons CO<sub>2</sub>e, mens det i alternativet er 396.961 tons CO<sub>2</sub>e. Udledninger er altså mindre i projektscenariet end alternativet. Det skyldes, at der i projektscenariet bygges mindre boliger, og bilejerskabet er mindre end i alternativet. Størstedelen af udledningerne kommer fra boligbyggeri, forskelle i bilejerskab udgør den næststørste, mens drift af boligerne er den mindste post i begge scenarier.

**Figur 3.4 CO<sub>2</sub>e-aftryk for byudvikling i projekt- og alternativ i perioden fra 2023-2070 (tons CO<sub>2</sub>e)**



Anm.: Det skal bemærkes, at det ikke er det fulde aftryk for byudvikling, der fremgår af figuren. Fx vil der være nogle elementer, som antages at være ens i de to scenarier, og derfor udligner hinanden. Det gælder fx emissioner fra erhvervsbygning og forsyningsledninger.

Kilde: Egne beregninger.

## Baggrundsmateriale

**Transportministeriet undersøger CO<sub>2</sub>e-gevinsten ved byudvikling på Østhavnen**

I den samfundsøkonomiske analyse foretaget i forbindelse med den strategiske miljøvurdering (SMV) er der blevet regnet på forskelle i CO<sub>2</sub>e-aftrykket ved byudvikling i Østhavnen i forhold til det øvrige Sjælland (Transportministeriet mfl., 2022a). Her beregnes CO<sub>2</sub>e-aftrykket ved byudvikling i Østhavnen til at være mellem 70.000 og 365.000 tons mindre end ved byudvikling på Sjælland, alt afhængigt af, om man indregner forventet teknologisk udvikling. Beregningerne uddybes i den samfundsøkonomiske analyse udarbejdet i forbindelse med SMV'en og i bilag 3 til den samfundsøkonomiske analyse (Transportministeriet mfl., 2022a, 2022b).

**Sådan regner vi**

### Data, metode og antagelser

Vi beregner CO<sub>2</sub>e-udledningen ved byudvikling ud fra antal etagemeter, udledningen per etagemeter samt udledningen ved forskellige typer af byggeri. I Transportministeriet mfl. (2022a) indgår et alternativscenarie for byudvikling. Vi udvider antagelserne ved at tillade, at personer, der flytter til det øvrige Sjælland, bor i forskellige boligtyper, og at der er forskel på størrelsen af disse boligtyper. I Transportministeriet (2022a) antages det i alternativscenariet, at befolkningen bosættes i etageboliger. I både projekt og alternativ opføres 300.000 etagemeter til 8.400 personer på Refshaleøen og i Kløverparken. I projektscenariet antages det, at de resterende personer bor i etageboliger i Østhavnen med en gennemsnitlig boligstørrelse på 41 kvm. pr. person. Det antages, at alle personer i projektet bosættes i etageboliger. Tidspunktet for boligopførelserne følger antagelserne i Transportministeriet mfl. (2022a). Det antages i både projekt- og alternativscenarie, at den gennemsnitlige levetid for alle boligtyper er 50 år. Vi antager, at alle emissionerne sker det år, personerne flytter ind. Det forventes, at det gennemsnitlige antal etagemeter pr. person samt at bilejerskabet er det samme som for indbyggerne i det øvrige København. En oversigt over anvendte kilder fremgår af tabel B5 i bilag 3. Det skal bemærkes, at vi tager udgangspunkt i en anden emissionsfaktor end Transportministeriet mfl. (2022a).

**Sådan regner vi i alternativscenariet**

I alternativscenariet antages det, at de resterende 57.600 personer fordeles således, at 20 pct. flytter i etageboliger i København, mens de resterende 80 pct. fordeles på Sjælland.

Fordelingen følger de faktiske flyttemønstre ud af Københavns Kommune i 2019<sup>6</sup>, baseret på Danmarks Statistiks registre. Der indgår personer, som flytter til alle sjællandske kommuner, som fordeles på boligtyper efter andelen af opførelser fra 2017 til 2019 af den givne boligtype i den givne kommune. Antallet af personer i hver boligtype ganges med et gennemsnitligt antal etagemeter pr. person for den givne boligtype i den givne kommune og ganges med en emissionsfaktor for byggeri for at finde CO<sub>2</sub>e-udledningen. Ud over emissionerne fra byggeriet, tillægges også emissionen fra drift, beregnet som det akkumulerede antal etagemeter hvert år ganget med en emissionsfaktor fra driften, der falder over årene. Emissionerne fra driften indregnes det år, personerne flytter ind, men udregnes kun frem til 2070. Denne antagelse følger Transportministeriet mfl. (2022a).

**Vi undersøger forskelle ved tæt og spredt byudvikling**

På baggrund af data fra Danmarks Statistik undersøger vi flyttemønstrene fra København, fordelingen af nyopførte boligtyper, antallet af etagemeter pr. indbygger og det gennemsnitlige bilejerskab fordelt på kommuner. Her fremgår det, at indbyggere i de øvrige sjællandske kommuner i gennemsnit bor på flere kvadratmeter og har flere biler. Der indgår etageboliger, rækkehuse og enfamilieboliger i opgørelsen. I alternativet flytter 57 pct. ind i etageboliger, 25 pct. flytter i enfamilieboliger og 18 pct. flytter i rækkehuse, jf. tabel 3.5. Forskellene mellem de to scenarier er beskrevet i tabel 3.5 nedenfor. Den gennemsnitlige boligstørrelse er 41 kvm. pr. person for etageboliger, 47 kvm. pr. person for rækkehuse og 52 kvm. pr. person for enfamilieboliger.

**Tabel 3.5 Gns. antal etagemeter, bilejerskab og boligtypefordeling**

	Projektscenarie	Alternativscenarie
<b>Gns. etagemeter per person</b>	41 kvm	45 kvm Hhv. 52 for parcelhuse, 47 for rækkehuse og 41 for etageboliger
<b>Gns. Bilejerskab*</b>	0,21 biler pr. indbygger	0,46 biler pr. indbygger
<b>Fordeling på boligtype**</b>		
Etagebyggeri	100 pct.	57 pct.
Rækkehuse	0 pct.	18 pct.
Parcelhuse	0 pct.	25 pct.

Anm.: \*Bilejerskab er baseret på Statistikbanktabel BIL54 2023.\*\*Der tages udgangspunkt i gennemsnittet for andelen af opførelser af boliger i 2017-2019, fordelt på forskellige typer af etageboliger i de sjællandske kommuner. Tabellen viser de vægtede gennemsnit på tværs af kommuner, hvor der vægtes med antallet af indbyggere. I de faktiske beregninger anvendes tallet på kommuneniveau.

Kilde: Danmarks Statistik og egne beregninger.

**Gennemsnitlige vs. marginale flyttemønstre**

Vi antager, at de personer, der ikke kan bo i København i alternativscenariet, fordeles på det øvrige Sjælland baseret på flyttemønstre ud af København i 2019. Det betyder, at vi antager at de marginale udflyttere ligner de gennemsnitlige. Der er derfor tale om en gennemsnitsbetragtning, der ikke tager højde for forskelle i socioøkonomiske forhold. Hvis de personer der i alternativet bliver skubbet ud af København, ikke ligner de gennemsnitlige udflyttere, kan flyttemønstret afvige fra det historiske. Man kan forestille sig, at de potentielle beboere på Lynetteholm i alternativet flytter til det øvrige København. Det kan føre til en række flyttekæder, der til sidst medfører, at det er de økonomisk svageste, der vil blive skubbet ud af byen. Hvis det er tilfældet, vil personerne formentlig flytte ind i boliger, der er mindre end gennemsnittet, hvilket vil betyde, at vi overvurderer udledningerne i alternativscenariet. Vi antager dog, at udviklingen er som den historiske.

<sup>6</sup> For at tage højde for eventuelle effekter på boligmarkedet som følge af Covid-19.

### Vi indregner klimabelastninger for byggeri

Vi inddrager derudover forskelle i klimabelastningen ved opførelse af forskellige boligtyper pba. af Statens Byggeforskningsinstitut (2021). Til udledningerne ved drift af boligen anvendes emissionsfaktorerne fra tabel 2.4 og 2.5 i bilag 3 til den samfundsøkonomiske analyse.

### Sådan regner vi på forskelle i bilejerskab

Udover udledningerne ved opførelse af boliger indregner vi også udledningerne ved forskelle i bilejerskab alt efter, hvor byudviklingen finder sted. Bilejerskabet er generelt lavere i København sammenlignet med de omkringliggende kommuner bl.a. på grund af korte afstande til indkøb og kollektiv transport (Mulalic og Rouwendal, 2020). Her indgår udelukkende emissioner ved bilproduktion og ikke forskelle i trafikarbejde, som beskrives i afsnit 3.6. Til beregningerne anvendes bilejerskabet fordelt på kommuner. Den fremtidige fordeling af biler følger Vejdirektoratets fremskrivning. Der regnes med tre forskellige biltyper: Konventionelle biler, elbiler og plug-in hybridbiler. Det antages, at bilerne har en levetid på 16 år, hvorfor 1/16 af det akkumulerede antal biler udskiftes hvert år. Antagelserne følger Transportministeriet mfl. (2022a). Vi beregner CO<sub>2</sub>e-udledningen som summen af udledningen ved produktionen af biler, hvor der tages højde for forskelle i bilejerskab og biltype og bilens levetid.

### Vores antagelser

Beregningerne bygger på en række gennemsnitsfaktorer. Det antages derfor, at de marginale indbyggere ligner de gennemsnitlige på en lang række parametre. Der tages kun højde for førsteordens flytteeffekter. Vi tager således ikke højde for, at udflyttere fra København potentielt fortrænger andre personer, der så må flytte længere væk fra København. Der foretages dog en følsomhedsberegning, hvor udflytningen i stedet er baseret på anden ordens flytteeffekter. Det antages at alle i alternativscenariet fordeles på Sjælland.

### Vi tager ikke højde for erhvervsbyggeri

Det er ifølge den strategiske miljøvurdering planen, at der skal etableres 54.000 nye arbejdspladser i Østhavnen (COWI, 2022). I beregningerne tager vi ikke højde for udledningen ved erhvervsbyggeri, da vi antager, at der ikke er forskel i kvadratmeterstørrelsen på tværs af projekt- og alternativscenarie. På den ene side er det sandsynligt, at billigere grundpriser uden for København betyder, at man i højere grad vil opføre større kontorbygninger i forstæderne. Hvis det er tilfældet, undervurderes udledningen i alternativscenariet. På den anden side vil man formentlig skulle bygge P-huse til arbejdspladserne i byen, hvilket formentlig vil have en højere CO<sub>2</sub>e-udledning, sammenlignet med almindelige parkeringspladser. Det taler for at vi undervurderer forskellen. P-normen for arbejdspladser i byen vil dog formentlig være lavere end på resten af Sjælland.

### Vi antager samme emissionsfaktor for drift.

Vi antager, at der ikke er forskel i forbrug af el og varme pr. kvm. på tværs af boligtyper. Denne antagelse betyder, at vi formentlig undervurderer forskellen mellem de to scenarier, hvor udledningen vil trække i retning af, at alternativet er mindre bæredygtigt. Det skyldes bl.a., at personer i etageboliger typisk forbruger mindre varme, da de omkringliggende lejligheder bidrager til opvarmningen.

## 3.5 Kollektiv transportinfrastruktur

### Projekt og alternativ

#### Sådan har vi udvalgt de to scenarier

I udvælgelsen af de to scenarier tager vi udgangspunkt i, hvilken offentlig transportinfrastruktur der er nødvendig, hvis der skal byudvikles på Østhavnen, eller hvis der i stedet skal byudvikles uden for København. Den nødvendige infrastruktur ved byudvikling i Østhavnen er beskrevet i den strategiske miljøvurdering (COWI, 2022).

Figur 3.5 Illustration af metro M5



Anm. Metrolinjen går fra Københavns Hovedbanegård til Østerport via Lynetteholm. På sigt kan ringen lukkes på strækningen fra København H og Østerport via Forum. Den blå markering illustrerer metrolinjen i alternativscenariet og den sorte linje illustrerer metrolinjen i projektscenariet.

Kilde: Metroselskabet, tilgængelig på <https://storymaps.arcgis.com/collections/3963f11909aa4e0cac-bbc97c4e479abd?item=1>

### I projektscenariet bygges hele metro M5 ...

I projektscenariet er det nødvendigt at etablere hele metrolinjen M5, jf. COWI (2022). Metrolinjen er illustreret med den sorte linje i figur 3.5. Metrolinjen går fra Københavns Hovedbanegård til Østerport station via Lergravsparken og Lynetteholm. Her indgår desuden en tunnel til Prøvestenen, hvor der anlægges et kontrol- og vedligeholdelsescenter (KVC). Metroen er tænkt som en blanding af tunnel og højbane. Den offentlige transportinfrastruktur udvides ikke yderligere.

### ... og i alternativet en del af M5

I alternativscenariet vil en del af metro M5 stadig blive opført, da det i denne analyse antages, at det er nødvendigt for den fremtidige udvikling af København. En uddybning af dette kan findes i boks 2. I alternativet opføres således en metrolinje med stationerne fra Københavns Hovedbanegård til Lergravsparken station, illustreret ved den blå linje i figur 3.5. Det inkluderer desuden tunnelen til vedligeholdelsescenteret ved Prøvestenen. Der har tidligere været en lang række overvejelser omkring løsning af kapacitetsproblemerne over havnesnittet, og valget af alternativ er baseret på disse overvejelser. Vi antager herudover, at byudvikling på det øvrige Sjælland vil ske stationsnært, og der er derfor ikke baggrund for, at den offentlige transportinfrastruktur skal udvides yderligere.

### Antagelser i alternativet adskiller sig fra tidligere analyser

Det skal bemærkes, at vi tager udgangspunkt i et andet alternativ end Transportministeriet mfl. (2022a), som i stedet tager udgangspunkt i en frozen policy antagelse, hvor der ikke etableres ikke-beslutede projekter. Transportministeriet etablerer således ikke metro i deres alternativscenarie. Hertil skal det bemærkes, at antagelsen, om at der etableres en del af metroen i alternativscenariet, har stor betydning for trafikberegningerne, som blev foretaget i forbindelse med Transportministeriet mfl. (2022a). Derudover er metroen i projektscenariet også forlænget i forhold til tidligere beregninger, hvor den stoppede ved

Lynetteholm N. Vi indregner trafikberegningerne i den samlede forskel mellem projekt- og alternativ, som således skal ses med betydelige forbehold, jf. afsnit 3.6.

### Boks 2 Antagelser om metrolinjeføring i alternativscenariet ifølge Københavns Kommune

Analyserne af kollektiv infrastruktur i København (KIK2) fra 2018 viste, at der i 2035 vil være kapacitetsproblemer i den eksisterende metro i myldretiden på tværs af havnesnittet. KIK2-analyserne konkluderede yderligere, at hverken en BRT-løsning eller en letbane kunne sikre nok kapacitet på tværs af havnesnittet, og derfor blev det anbefalet at etablere en ny metroringlinje, der dels krydser Københavns Havn to steder, dels forbinder nye byudviklingsområder med eksisterende by og tilføjer nye metrostationer til eksisterende bydele, der i dag ikke er metrobetjent.

Metroselskabet udarbejdede, for Transportministeriet, Frederiksberg Kommune og Københavns Kommune, efterfølgende en forundersøgelse af metrobetjening af Lynetteholm, hvor der også indgik linjeføringer med aflastning af den eksisterende metro på tværs af havnen. På baggrund af denne forundersøgelse besluttede projektparterne at igangsætte miljøkonsekvensvurdering af metrobetjening af Lynetteholm med udgangspunkt i M5 eller M5 Vest fra forundersøgelsen.

Projektparterne har efterfølgende ønsket at rykke metrolinjeføringen på Amager længere mod syd og derved tilføje nye metrostationer ved Islands Brygge og ved Amagerbrogade og på den måde opnå betjening af nye destinationer og et større passagergrundlag. Det er denne sydligere linjeføring, der ad to omgange er blevet sendt i hhv. idéfasehøring og efterfølgende offentlig myndighedshøring i 2022 og 2023.

En forudsætning for at kunne etablere en ny metrolinje er, at linjen fra starten er tilkoblet et kontrol- og vedligeholdelsescenter (KVC). I forundersøgelsen blev der udpeget to mulige placeringer: på Prøvestenen og på Lynetteholm. I et 0-scenarie uden Lynetteholm er det derfor kun en mulig placering for KVC på Prøvestenen.

I et 0-scenarie uden Lynetteholm må derfor antages denne linjeføring fra KBH H via Amager til Lergravsparken med KVC på Prøvestenen, da denne etape kan etableres uafhængigt af Lynetteholm og vil afhjælpe kapacitetsudfordringen over havnesnittet.

I forbindelse med forundersøgelsen af metrobetjening af Lynetteholm blev det også undersøgt, om kapacitetsudfordringen kunne løses ved at indføre 4-vognstog i M1/M2. Udgifterne til denne løsning vurderes at være på ca. 6 mia. kr. (2019-priser) og vil lukke de største metrostationer på M1/M2 i ca. 3 år. Denne løsning giver desuden ikke metrodækning af nye områder. Den øger kun kapaciteten på de eksisterende M1/M2-linjer, men til en meget høj pris og uden at fremtidssikre robustheden i det samlede metrosystem. Der er derfor ikke arbejdet videre med denne løsning.

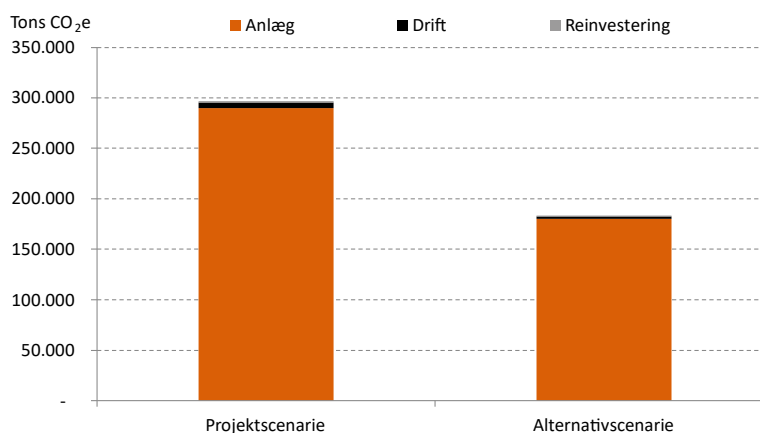
### CO<sub>2</sub>e-udledning for kollektiv transportinfrastruktur

De samlede resultater for projekt- og alternativscenarie fremgår af figur 3.6. Udledningen er større i projektscenariet end i alternativet. I projektscenariet er de samlede udledninger 296.608 tons CO<sub>2</sub>e, mens udledningerne i alternativet er 183.464 tons CO<sub>2</sub>e. I beregningerne indgår udledninger ved anlæg, drift og reinvesteringer. Klart størstedelen af udledningerne stammer fra anlæg af metro i begge scenarier.

#### Resultater fra projekt og alternativ



**Figur 3.6 CO<sub>2</sub>e-aftryk ved anlæg af kollektiv transportinfrastruktur i projekt og alternativ i perioden fra 2023-2070 (tons CO<sub>2</sub>e)**



Anm.: Anlæg dækker over konstruktionen af metrolinjen samt tilhørende stationer. Drift dækker over den strøm, det kræver at holde en metro og metrostation kørende. Reinvesteringer dækker over udskiftning af materialer efter endt levetid.  
Kilde: Egne beregninger.

**Overblik over baggrundsmateriale**

**Baggrundsmateriale**

Vi anvender beregninger for den kollektive infrastruktur ved projektet, som er beskrevet i den strategiske miljøvurdering (COWI, 2022). Beregningerne uddybes i den samfundsøkonomiske analyse, der er lavet i samme forbindelse (Transportministeriet mfl., 2022a). Vi anvender desuden supplerende analyser fra Metroselskabet, som til dette projekt har regnet på en variant af metroen (Metroselskabet, 2023a; Metroselskabet, 2023b).

**SMV'en beregner CO<sub>2</sub>e-aftryk for metroen ...**

I den strategiske miljøvurdering (SMV) beskrives det, at en forudsætning for den fulde udbygning af Østhavnen er, at der etableres metrobetjening (COWI, 2022). Beregningerne er foretaget for metrovarianten M5 Øst, som dog er justeret efterfølgende. Der beregnes et CO<sub>2</sub>e-aftryk for metroen på 295.000 ton CO<sub>2</sub>e. Det beskrives, at der i planen indgår anlæg og drift af metro M5, mens der ikke indgår noget i 0-alternativet. Det pointeres dog, at det må forventes, at der er behov for udbygning af fx andre metrolinjer.

**... som uddybes i den samfundsøkonomiske analyse**

Beregningerne i SMV'en uddybes i den samfundsøkonomiske analyse (Transportministeriet mfl., 2022a). Metrolinje M5 skal etableres fra København H til Lynetteholm N. Den gavner derfor ikke kun borgere i Østhavnen, men i store dele af København. Her viser trafikmodelberegninger, at metroen vil levere den nødvendige kapacitet til at betjene de nye byudviklingsområder i Østhavnen. Ud over Lynetteholm vil metrolinjen også betjene Refshaleøen (Transportministeriet mfl., 2022a).

**Metroselskabet udfører CO<sub>2</sub>e-beregninger**

Metroselskabet er til denne analyse blevet bedt om at udarbejde en beregning af CO<sub>2</sub>e-aftrykket ved metrolinjen M5 for By & Havn, fordelt på den fulde strækning og en forkortet version, som går fra Københavns Hovedbanegård til Lergravsparken. Da der ikke lavet forundersøgelser af en linje fra Københavns Hovedbanegård til Lergravsparken station, er der tale om et konstrueret scenarie som kun har til formål at frembringe et groft CO<sub>2</sub>e-overslag. Beregningerne er beskrevet i Metroselskabet (2023a, 2023b).

**Data, metode og antagelser**

Beregningerne er foretaget af Metroselskabet og anvender deres klimaaftryksmodel. Metroselskabet har foretaget en CO<sub>2</sub>e beregning for den nyeste version af metrolinje M5, som inkluderer den ændrede strækning på Amager og en forlængelse fra Lynetteholm N til Østerport. I beregningerne indgår anlæg og reinvesteringer, men ikke transport af materialer fra producent til byggeplads eller de faser, der har med endt levetid at gøre.

**Metroselskabet foretager beregning af CO<sub>2</sub>e-aftrykket**

Beregningerne følger samme metode som i Transportministeriet mfl. (2022a), hvor Metroselskabets klimaaftryksmodel anvendes (COWI, 2022). Forudsætningerne for Metroselskabets Klimaaftryksmodel beskrives i boks 3. Det skal bemærkes, at vi i hovedscenariet tager udgangspunkt i variant 2, mens Transportministeriet mfl. (2022a) tager udgangspunkt i variant 1A.

**Boks 3 Forudsætninger for beregningerne**

Metode og forudsætninger for Metroselskabets beregninger er beskrevet i Metroselskabet (2023). CO<sub>2</sub>e-aftrykket er beregnet vha. Metroselskabets klimaaftryksmodel, som opgør CO<sub>2</sub>e-aftryk fra anlæg og reinvesteringer i metro i et livscyklusperspektiv. Modellen indeholder de væsentligste kilder til klimaaftrykket set over en livscyklus, men ikke alle. Klimaaftryksmodellen er baseret på en hot-spot analyse og indeholder dermed de væsentligste kilder til klimaaftrykket set over en livscyklus. Modellen indeholder ikke transport af materialer fra producent til byggepladsen.

Der indgår de processer, mængder- og typer, som erfaringsmæssigt indgår i en metro linje. CO<sub>2</sub>e-aftrykket for byggematerialer er i modellen beregnet som en kombination af produkt- og branchespecifikke EPD'er og emissionsfaktorer fra databasen Gabi Professionel. Det forventede materialeforbrug er baseret på ekspertskøn og erfaringer fra M1, M2 og M3. Energiforbrug til entreprenørmaskiner, byggepladser mv. er estimeret på baggrund af anlæg af M3. Beregningen er udført efter samme metode som beregningen foretaget i den samfundsøkonomiske analyse (Transportministeriet mfl., 2022a). Derudover indgår ikke de livscyklusfaser der har med endt levetid at gøre.

I beregninger beskrives CO<sub>2</sub>e-aftrykket ved tre forskellige varianter. Variant 1A er erfaringsbaseret og tager udgangspunkt i, at nye metrolinjer har samme design, materialer og metoder som de eksisterende linjer. Variant 1B er også erfaringsbaseret og i høj grad beregnet som variant 1A. Varianten er dog optimeret med brug af lerbaserede cementer de steder i anlægget, hvor det er i overensstemmelse med Metroselskabets nuværende designspecifikationer. Derudover beregnes en variant 2, som er optimeret med eksisterende metoder. Her er materialer som beton og stål udskiftet med materialer som er tilgængelige i dag og som har en lavere klimapåvirkning. Design og mængde er tilsvarende variant 1A og 1B. I vores beregninger tager vi udgangspunkt i variant 2, mens variant 1A og 1B indgår i følsomhedsberegningerne.

**Metroselskabets klimaaftryksmodel er opdateret siden SMV'en**

Det skal bemærkes, at CO<sub>2</sub>e-aftrykket for hele metrolinjen er revideret ift. beregningen i SMV'en, som er beregnet på baggrund af M5 Øst. Det skyldes både, at strækningen er ændret på Amager og nu går til Østerport, men også, at Metroselskabet siden beregningerne til den samfundsøkonomiske analyse blev foretaget i forbindelse med SMV'en har opdateret deres klimaaftryksmodel. Det betyder, at modellen i dag har mere detaljeret data om systemelementerne i en metro og således indeholder flere datapunkter vedr. skinner, kabler osv. CO<sub>2</sub>e-aftrykket for den fulde strækning afviger derfor fra aftrykket beskrevet i SMV'en.

**Alternativet er et konstrueret scenarie**

I alternativscenariet har metroselskabet beregnet anlægget af en metro mellem København H og Lergravsparken. Det skal bemærkes, at beregningerne tager udgangspunkt i et teoretisk design uden tekniske forundersøgelser og derfor skal betragtes som et groft estimat. Der er således tale om et konstrueret scenarie og heraf også et groft CO<sub>2</sub>e-overslag.

**Beregningerne tager højde for reinvesterings og drift**

CO<sub>2</sub>e-aftrykket fra reinvesterings beregnes i de første 35 år efter metrolinjen sættes i drift. I denne beregning er der ikke taget højde for mulig teknologisk udvikling, og beregningen er derfor forbundet med stor usikkerhed. Reinvesteringerne er beregnet for perioden 2035-2070. CO<sub>2</sub>e-aftrykket fra reinvesterings beregnes ligeledes med afsæt i målsætningen om klimaneutralitet i 2050 samt en antagelse om, at udledningerne fra reinvesterings frem mod 2050 falder lineært. I rapporten benytter vi reinvesterings, der er beregnet på baggrund om målsætningen med klimaneutralitet i 2050. CO<sub>2</sub>e-aftrykket 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 af metro-tog og stationer indgår derfor ikke i opgørelsen (Transportministeriet mfl., 2022b).

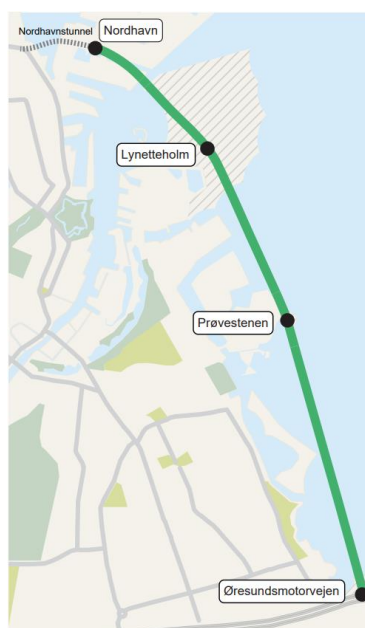
### 3.6 Vejinfrastruktur

#### Projekter og alternativer

**Sådan har vi udvalgt de to scenarier**

Scenarierne udvælges med udgangspunkt i, hvilken vejinfrastruktur der er nødvendig, hvis der skal byudvikles på Østhavnen, eller hvis der i stedet skal byudvikles uden for København. Den nødvendige infrastruktur ved byudvikling af Østhavnen er beskrevet i COWI (2022). I projektscenariet er det nødvendigt at etablere vejinfrastruktur til Lynetteholm samt mindre lokalveje mellem boligerne, mens det i alternativscenariet antages at være nødvendigt at udbygge lokalveje i forbindelse med udflytning fra København til forstæderne.

**Figur 3.7 Illustration af Østlig Ringvej**



Anm. Etape 1 går fra Nordhavn til Lynetteholm og etape 2 fra Lynetteholm til Øresundsmotorvejen.  
Kilde: Vejdirektoratet (2020b)

**I projektscenariet bygges Østlig Ringvej**

I projektscenariet etableres etape 1 af Østlig Ringvej, som går fra Nordhavn til Lynetteholm. Etableringen af både etape 1 og 2 Østlig Ringvej illustreres i figur 3.7 ovenfor. Østlig Ringvej forventes etableret i to forskellige etaper. Den første etape går fra Nordhavn til Lynetteholm og den anden etape fra Lynetteholm til Øresundsmotorvejen. I projektscenariet etableres kun etape 1 af Østlig Ringvej. Det antages, at etableringen af etape 1 vil være den nødvendige vejinfrastruktur for at kunne byudvikle på Lynetteholm, hvorimod etape 2 primært skal fungere som omfartsvej og har til formål at aflaste Motorring 3 og mindske trafikken i by-

og brokvartererne. Der er foretaget følsomhedsberegninger, hvor både etape 1 og 2 af Østlig Ringvej opføres i projektscenariet. I projektscenariet indregner vi desuden, at der skal etableres vejnet i forbindelse med byudviklingen i form af udvidelse af fx lokalveje og lignende.

**Vi inkluderer kun etape 1 af Østlig Ringvej**

I den strategiske miljøvurdering er udledningerne fra både etape 1 og 2 af Østlig Ringvej inkluderet, mens der i den samfundsøkonomiske analyse regnes på flere scenarier (COWI, 2022; Transportministeriet mfl. 2022a). I vores hovedscenarie inkluderer vi derimod kun etape 1 af Østlig Ringvej. Det skyldes at etape 2 primært har til formål at fungere som omfartsvej og aflaste trafikbelastningen på Motorring 3 og i by- og brokvartererne. Byudvikling af Østhavnen er derfor ikke afhængigt af om etape 2 etableres. Vi inkluderer følsomhedsberegninger hvor både etape 1 og 2 etableres.

**I alternativscenariet udvides vejnettet**

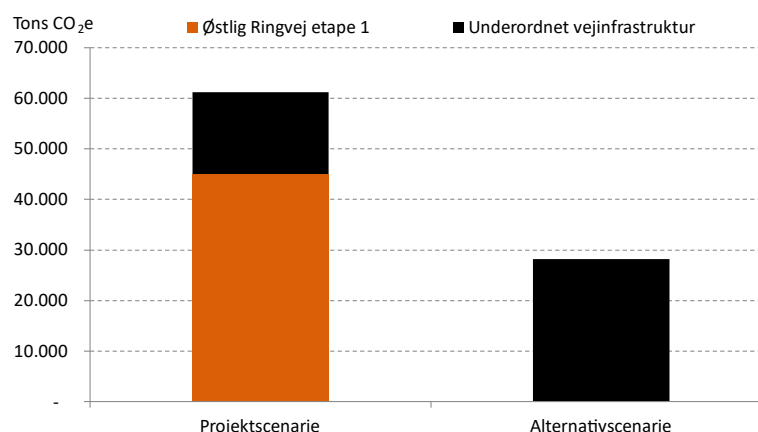
I alternativscenariet etableres Østlig Ringvej ikke, da en forudsætning for strækningens etablering er, at der skal byudvikles på Lynetteholm. Det kan derfor ikke forventes, at Østlig Ringvej etableres uanset om der skal byudvikles på Lynetteholm eller ej. I alternativscenariet skal vejnettet dog udbygges i forbindelse med udflytning fra København. I forbindelse med etablering af rækkehuse og etageejendomme, vil det være nødvendigt at udvide det underordnede vejnet. Det skal bemærkes, at det antages, at der ikke er brug for overordnet vejinfrastruktur i alternativscenariet. Denne antagelse er dog forbundet med usikkerhed, da alternativscenariet vil belaste det eksisterende vejnet ift. trængsel. Det er derfor muligt, at vi undervurderer udledningen i alternativet.

**Resultater fra projekt og alternativ**

**CO<sub>2</sub>e-udledning for vejinfrastruktur**

De samlede resultater for projekt- og alternativscenarie fremgår af figur 3.8. Udledningen er større i projektscenariet end i alternativet. Den samlede udledning i projektscenariet er 61.206 tons CO<sub>2</sub>e, hvis der kun etableres etape 1 af Østlig Ringvej, og 227.506 tons CO<sub>2</sub>e, hvis både etape 1 og 2 etableres. Til sammenligning er udledningen i alternativet 28.190 tons CO<sub>2</sub>e. I beregningerne indgår Østlig Ringvej i projektscenariet, mens underordnet vejinfrastruktur i form af lokalveje indgår i begge scenarier.

Figur 3.8 CO<sub>2</sub>e-aftryk for vejinfrastruktur i projekt- og alternativ 2023-2070 (tons CO<sub>2</sub>e)



Anm.: I projektscenariet indgår kun etape 1 af Østlig Ringvej.  
Kilde: Transportministeriet mfl. (2022) og egne beregninger.

**Baggrundsmateriale**

Vi tager udgangspunkt i CO<sub>2</sub>e-beregningerne for Østlig Ringvej fra den samfundsøkonomiske analyse af Lynetteholm (Transportministeriet mfl., 2022a). Hertil kommer materiale fra

**Overblik over baggrundsmateriale**

den strategiske miljøvurdering (COWI, 2022) samt en analyse af klimaaftrykket ved forskellige typer af byudvikling, hvor der bl.a. indgår udledningen for lokalveje (Viegand Maagøe, 2023). Endvidere anvender vi en faktor fra Europa Kommissionen (2022), for at tage højde for, at man bygger mindre vej pr. indbygger i byerne sammenlignet med i forstæderne.

#### SMV'en undersøger CO<sub>2</sub>-aftryk for Østlig Ringvej

Da den strategiske miljøvurdering blev udført, var der endnu ikke truffet endelig beslutning om linjeføringen af Østlig Ringvej (COWI, 2022). CO<sub>2</sub>e-aftrykket for Østlig Ringvej blev her beregnet til 310.000 tons CO<sub>2</sub>e. I den samfundsøkonomiske analyse af udvikling af Østhavnen undersøger Transportministeriet mfl. (2022a) ligeledes CO<sub>2</sub>e-effekten ved etablering af Østlig Ringvej, fordelt på etape 1 og etape 2. Her opgøres det til 41.000 tons CO<sub>2</sub>e og 166.300 tons CO<sub>2</sub>e, når man tager udgangspunkt i teknologiversion 2. For version 1 opgøres etape 1 til 141.000 tons CO<sub>2</sub>e. Beregningerne uddybes i bilag 3 til rapporten (Transportministeriet mfl., 2022b).

#### Andet materiale

Vi anvender desuden en analyse af Viegand Maagøe (2023), som undersøger klimaaftrykket ved forskellige typer af byudvikling. Analysen dykker bl.a. ned i det vejnet, der etableres ved forskellige typer af bebyggelse. Europa Kommissionen (2022) analyserer infrastrukturen i Europa, og sammenligner vejlængde pr. indbygger på tværs af vejtyper og områder.

### Data, metode og antagelser

#### I projektscenariet anvendes beregninger fra SMV'en

I projektscenariet anvendes de beregnede udledninger fra etape 1 af Østlig Ringvej (Transportministeriet mfl., 2022b). Det skal bemærkes, at vi tager udgangspunkt i version 2, mens hovedscenariet i Transportministeriet tager udgangspunkt i version 1A og inkluderer både etape 1 og 2. Etape 1 dækker over strækningen fra Nordhavn til Lynetteholm, mens etape 2 dækker over strækningen fra Lynetteholm til Øresundsmotorvejen via Prøvestenen. Til etape 1 benyttes der i Transportministeriets beregninger erfaringsbaserede emissionsfaktorer, mens der til etape 2 tages højde for eksisterende teknologier, der mindsker CO<sub>2</sub> udledningen. Det antages, at det overordnede vejnet ikke skal udbygges i alternativscenariet.

#### Vi anvender forskellige inputdata

I projektscenariet indgår Transportministeriets mfl. (2022b) beregninger for CO<sub>2</sub>e-udledningen ved etablering af Østlig Ringvej, mens de ikke indgår i alternativscenariet. Der indgår beregninger af den nødvendige etablering af lokalveje baseret på Viegand Maagøe (2023) i begge scenarier. Emissionen for etableringen af vejnettet baseres på et værktøjsark, COWI har udarbejdet for By & Havn i forbindelse med estimering af CO<sub>2</sub>e-aftryk i By&Havns byggemodning i Nordhavn. CO<sub>2</sub>e-udledningen er således beregnet som udledningen for etape 1 af Østlig Ringvej samt længden på de lokalveje, der skal etableres, ganget med en emissionsfaktor. Det skal bemærkes, at der også kan være tale om etablering af andre veje, som vi ikke inddrager i vores beregninger.

#### Sådan regner vi på det underordnede vejnet

Vi tager udgangspunkt i Viegand Maagøe (2023), til at beregne den nødvendige udvidelse af det underordnede vejnet i de to scenarier. Her fremgår det, at opførelsen af række- og punkthuse kræver ca. 10,1 kvm. vej pr. indbygger. Vi antager at dette vil være tilsvarende for de personer, der flytter ud af København i alternativscenariet. Vi anvender vejnettet i rækkehuse som en proxy for den fulde sammensætning af etageboliger, rækkehuse og lokalveje i alternativscenariet, hvor førstnævnte vil have mindre vej per beboer og sidstnævnte vil have mere vej per beboer. I projektscenariet skaleres vejarealet ved rækkehuse med en faktor 0,41, for at tage højde for, at der anlægges mindre vej per indbygger i tæt bebyggede områder sammenlignet med spredt bebyggelse. Det giver en forøgelse af vejnettet på 4,2 kvm. vej pr. indbygger. Faktoren er baseret på en analyse af infrastrukturen i Europa (Europa-Kommissionen, 2022). Antallet af indbyggere samt indflytningstidspunkter følger scenarierne i afsnittet om byudvikling.

### Vores antagelser

I beregningerne er reinvesteringer over 50 år inkluderet i den anvendte emissionsfaktor. Det antages, at der ikke er forskel i vejtyper i København og andre kommuner, og der inkluderes ikke fortove og cykelstier i beregningen. Derudover antages det, at vejen bygges samme år som personerne flytter ind.

### Der er tidligere lavet trafikfølsler

#### Trafikarbejde

Der er i projektscenariet inkluderet merudledningen fra trafikarbejdet i forhold til alternativet. Trafikarbejdet dækker over udledninger forbundet med forskellige former for trafik, herunder både fra vejnet og kollektiv transportinfrastruktur. I forbindelse med den strategiske miljøvurdering blev forskellen i trafikarbejdet ved at etablere Østlig Ringvej<sup>7</sup> og metroen sammenlignet med et alternativ, hvor der ikke blev etableret ny infrastruktur. (Transportministeriet mfl., 2022a). Beregningerne blev foretaget med OTM-modellen. Det skal bemærkes, at de tidligere beregninger ikke tager højde for en metrolinje i alternativet, hvorfor vi formentlig undervurderer forskellen. Det skyldes, at en metrolinje vil betyde, at flere indbyggere vil vælge at transportere sig med metro fremfor med bil, og derved vil CO<sub>2</sub>e-udledningen være mindre. Den faktiske udledning i alternativscenariet vil komme an på, hvilke adfærdseffekter der vil være af, at der findes en metrolinje i alternativet, og hvilke CO<sub>2</sub>e-udledninger metroen vil fortrænge fra fx bilkørsel.

### Udledningen er højere i projektet

Trafikarbejdet medfører en samlet merudledning i projektscenariet på 87.000 tons CO<sub>2</sub>e i scenariet, hvor kun etape 1 af Østlig Ringvej etableres og den er åben for gennemkørsel. Det inkluderer 10.700 tons CO<sub>2</sub>e, som i Transportministeriet mfl. (2022a) overflyttes fra bil ved at løse kapacitetsudfordringerne over Havnesnittet. Denne kapacitetsbegrænsning trækkes ikke fra, da vi også etablerer en metro i alternativscenariet. Merudledningen i projektscenariet er drevet af et større antal lastbiler og varebiler, som i højere grad vil anvende Østlig Ringvej, formentlig pga. trængselsudfordringer på det eksisterende vejnet. For personbiler ses en lavere udledning i projektscenariet ift. alternativscenariet.

## 3.7 Følsomhedsberegninger

### Vi foretager forskellige følsomhedsberegninger

Som tidligere beskrevet er resultaterne forbundet med stor usikkerhed. Det skyldes, at de forskellige antagelser har stor betydning for den beregnede CO<sub>2</sub>e-udledning. Vi foretager derfor en række følsomhedsberegninger, hvor vi fx tager højde for teknologisk udvikling, og beregninger, hvor vi antager, at der ikke sker teknologisk udvikling for fx biler og materialer. Sidstnævnte skal ses som et meget konservativt bud, hvor CO<sub>2</sub>e-udledningen er markant højere. Spændet for følsomhedsberegningerne blev præsenteret i afsnit 3.1.

### Følsomhedsberegninger fremgår af bilag

Der er for hvert af de fem områder foretaget en række relevante følsomhedsberegninger. En beskrivelse af disse scenarier samt resultaterne er præsenteret i boks B3-7 i bilag 4. Følsomhedsberegningerne inkluderer bl.a. forskelle scenarier for anlæg af Østlig Ringvej og metrolinje M5, samt med og uden teknologisk udvikling. Det skal dog bemærkes at de præsenterede scenarier ikke nødvendigvis vurderes som værende realistiske, men skal i stedet ses som en illustration af, hvor stor betydning de forskellige antagelser har for resultaterne.

### Følsomhederne illustrer de mange usikkerheder

De store spænd for følsomhedsberegningerne illustrerer usikkerhederne, der er forbundet med CO<sub>2</sub>e-beregninger mange år ud i fremtiden. Det skyldes, at der er store usikkerheder omkring den teknologiske udvikling, hvorvidt der åbner nye jorddepoter osv. Hovedscenarierne i vores beregning er valgt ud fra, hvad, vi vurderer, er det mest realistiske, men dog samtidig er et konservativt bud.

<sup>7</sup> Der regnes på tre forskellige scenarier: Både etape 1 og 2 af Østlig Ringvej, kun etape 1 af Østlig Ringvej og kun etape 1 af Østlig Ringvej, men hvor den er lukket for gennemkørsel.



## Litteraturliste

BUILD (2021). Klimapåvirkning fra 60 bygninger – Opdaterede værdier baseret på nyere data og danske branche EPD'er. Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet København. 2021:13. Tilgængelig på: <https://vbn.aau.dk/da/publications/klimap%C3%A5virkning-fra-60-bygninger-opdaterede-v%C3%A6rdier-baseret-p%C3%A5-ny>

BUILD (2023). Klimapåvirkning fra: 45 Træbyggerier. Tilgængelig på: <https://build.dk/Pages/Klimapaavirkning-fra-45-Traebyggerier.aspx>

Carstensen, J. C. & Hansen, M. J. (2022). Bosætning på Lynetteholm – Effekter på boligpriser, flyttemønstre og velfærd. Københavns Universitet. Notat udarbejdet i samarbejde med Transportministeriet. Tilgængelig på: <https://www.trm.dk/media/azyngj4g/bilag-5-bosaetning-paa-lynetteholm-a.pdf>

COWI (2017). Opdateret overslag for sikring af København mod stormflod. Bilag 2, rapport. Udarbejdet af COWI for Københavns Kommune. Tilgængelig på: <https://www.kk.dk/sites/default/files/agenda/09200bbb-388e-47a9-852a-cc3f38cd6e5c/2198ae83-7122-41f8-8acc-fb6ee823ef99-bilag-2.pdf>

COWI (2021a). Lynetteholm CO<sub>2</sub>-Nøgletal Konklusioner og beredskab. Udviklet for By & Havn. Internt notat.

COWI (2021b). Beregningsark til "Lynetteholm CO<sub>2</sub>-Nøgletal Konklusioner og beredskab". Udviklet for By & Havn. Internt notat.

COWI (2022). Plan for byudvikling og infrastruktur, herunder Lynetteholm. Miljørapport – Strategisk Miljøvurdering. Udarbejdet for Transportministeriet, august 2022. Tilgængelig på: <https://www.trm.dk/publikationer/2022/hoering-over-strategisk-miljoevurdering-smv-af-plan-for-byudvikling-og-infrastruktur-til-oesthavnen-herunder-lynetteholm>

COWI (2023a). Højvandsdige mellem Trekroner og Nordhavn jf. Københavns Stormflodsplan. Notat udarbejdet for by & Havn.

COWI (2023b). CO<sub>2</sub>e beregningsværktøj til E2-E4- E2 Udarbejdet for By & Havn i forbindelse med Lynetteholm. Internt dokument.

Ekvall, T. (2019). Attributional and Consequential Life Cycle Assessment. Tilgængelig på: <https://www.intechopen.com/chapters/69212>

Europa-Kommisionen (2022). Road infrastructure in Europe: Road length and its impact on road performance. Tilgængelig på: [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/information-sources/publications/working-papers/2022/road-infrastructure-in-europe-road-length-and-its-impact-on-road-performance\\_en](https://ec.europa.eu/regional_policy/information-sources/publications/working-papers/2022/road-infrastructure-in-europe-road-length-and-its-impact-on-road-performance_en)



Incentive (2022). Analyse af markedet for jord. Rapport udarbejdet for By & Havn

Københavns Kommune (2017). Stormflodsplan for København 2017. Bilag 1. Tilgængelig på: <https://www.kk.dk/sites/default/files/agenda/09200bbb-388e-47a9-852a-cc3f38cd6e5c/2198ae83-7122-41f8-8acc-fb6ee823ef99-bilag-1.pdf>

Københavns Kommune (2017). Rettelsesblad til stormflodsplan for København. Bilag 4. Københavns Kommune, Teknik- og Miljøforvaltningen, Byens Udvikling. Notat. Tilgængelig på: <https://www.kk.dk/sites/default/files/agenda/09200bbb-388e-47a9-852a-cc3f38cd6e5c/2198ae83-7122-41f8-8acc-fb6ee823ef99-bilag-4.pdf>

Københavns Kommune (2018a). Udbygning af kollektiv infrastruktur i København 2 (KIK2) – afrapportering af analysefasen. Københavns Kommune, Center for Byudvikling. Tilgængelig på: <https://www.kk.dk/sites/default/files/2021-10/Udbygning%20af%20kollektiv%20infrastruktur%20i%20K%C3%B8benhavn%202020%28KIK2%29.pdf>

Københavns Kommune (2018b). Udvikling af den højklassede kollektive infrastruktur i København (KIK2 og letbane på Frederikssundsvej). Mødedato 22.11.2018, kl. 17.30. Borgerrepræsentationens mødesal. Tilgængelig inkl. bilag på: <https://www.kk.dk/dagsordener-og-referater/Borgerrepr%C3%A6sentationen/m%C3%B8de-22112018/referat/punkt-8#block-kkdk-theme-page-title>

Københavns Kommune (2020). Afrapportering af forundersøgelse af metrobetjening af Lynetteholm. Økonomiforvaltningen, Københavns Kommune. Tilgængelig på: <https://www.kk.dk/sites/default/files/2022-05/Forunders%C3%B8gelse%20af%20Metro%20til%20Lynetteholm.pdf>

Københavns Kommune (2021). Jordmængder og byggeaktivitet i KK. Tilgængelig på: <https://www.kk.dk/dagsordener-og-referater/%C3%98konomiudvalget/m%C3%B8de-13112018/referat/punkt-8>

Københavns Kommune (2022). Status på København 2022. Københavns Kommune, Den Tværgående Analyseenhed. Tilgængelig på: <https://www.kk.dk/sites/default/files/2022-08/Status%20p%C3%A5%20K%C3%B8benhavn%202022.pdf>

Metroselskabet (2022). TILLÆGSNOTAT TIL FORUNDERSØGELSE AF METROBETJENING AF LYNETTEHOLM: Lilla Linje (M5 Øst Amagerbrogade) - København H til v/Lynetteholm N via v/Bryggebroen, DR Byen, v/Amagerbrogade, Lergravsparken, v/Prags Boulevard Øst og v/Refshaleøen og v/Lynetteholm S. Tilgængelig på: <https://lynetteholm.kk.dk/sites/default/files/2023-02/Till%C3%A6gsnotat%20til%20forunders%C3%B8gelse%20af%20metrobetjening%20af%20Lynetteholm%20-%20Lilla%20Linje%20%28M5%20%C3%98st%20Amagerbrogade%29.pdf>

Metroselskabet (2023a). Estimeret CO2-aftryk fra en metrolinje fra København H til Lergavsparken. Metroselskabet, Afdelingen for Bæredygtighed og Mobilitet. Notat udarbejdet for By & Havn.

Metroselskabet (2023b). Klimaaftryk fra anlæg, reinvesteringer og drift af M5, København H til Østerport via Østhavn (foreløbigt estimat). Metroselskabet, Afdelingen for Bæredygtighed og Mobilitet. Notat udarbejdet for By & Havn.

Miljøstyrelsen (2000) Brancheanalyse af miljømæssige forhold i træ- og møbelindustrien. Tilgængelig på: <https://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2000/87-7944-252-8/pdf/87-7944-253-6.pdf>

Mulalic, I. og Rouwendal, J. (2020). Does improving public transport decrease car ownership? Evidence from a residential sorting model for the Copenhagen metropolitan area. Tilgængelig på: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166046219302157>

Rambøll (2020). Lynetteholm Miljøkonsekvensrapport. Rapport udarbejdet for By & Havn.

Statens Byggeforskningsinstitut (2020). Klimapåvirkning fra 60 bygninger - Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger, 2020:04. Tilgængelig på: <https://build.dk/Pages/Klimapaavirkning-fra-60-bygninger.aspx>

Sund og Bælt (2019). Kapitel 19, Klimapåvirkning og klimaændringer. VVM-redegørelse for den faste forbindelse over Femern Bælt (kyst-kyst). Tilgængelig på: <https://www.trm.dk/media/vv4baeo0/19-klimapaavirkninger-og-klimaaendringerpdf.pdf>

Transportministeriet (2021) Jordmængder og demografisk udvikling i Københavns Kommune. Tilgængelig på: [https://www.kk.dk/sites/default/files/2021-10/01062021\\_-\\_bilag\\_til\\_mette\\_annelies\\_svar\\_-\\_notat\\_fra\\_transportministeriet\\_-\\_jordmaengder\\_og\\_demografisk\\_udvikling\\_koebenhavns\\_kommune.pdf](https://www.kk.dk/sites/default/files/2021-10/01062021_-_bilag_til_mette_annelies_svar_-_notat_fra_transportministeriet_-_jordmaengder_og_demografisk_udvikling_koebenhavns_kommune.pdf)

Transportministeriet, Københavns Kommune, By & Havn, Metroselskabet, Sund & Bælt & Vejdirektoratet (2022a). Samfundsøkonomiske effekter ved udvikling af Østhavnen. Tilgængelig på: <https://www.trm.dk/publikationer/2022/analyse-samfundsoekonomiske-effekter-ved-udvikling-af-oesthavnen>

Transportministeriet, Metroselskabet, A/S Øresund & Københavns Kommune (2022b). Bilag 3: Forudsætnings- og beregningsnotat for CO<sub>2</sub>e-tal ved udvikling af Østhavnen. Tilgængelig på: <https://www.trm.dk/publikationer/2022/analyse-samfundsoekonomiske-effekter-ved-udvikling-af-oesthavnen>

Transportministeriet (2022c). CO<sub>2</sub> - ved byggeri og biler. Internt dokument.

Viegand Maagøe (2023). Analyse af CO<sub>2</sub>-udledningen for forskellige typer byudvikling. Rapport februar 2023. Udarbejdet for Concito og Region Hovedstaden. Tilgængelig på: <https://concito.dk/udgivelser/analyse-co2-udledningen-forskellige-typer-byudvikling>

Aalborg Portland (2022). Aalborg Portland vil reducere CO<sub>2</sub>- udledning med 1,6 mio. tons i 2030, <https://www.aalborgportland.dk/aalborg-portland-vil-reducere-co2-udledning-med-16-mio-tons-i-2030/>



# Bilag

## Bilag 1: Metodebeskrivelse

### Boks B1 LCA som værktøj til miljøpåvirkning og ressourceforbrugsvurdering

Life Cycle Assessment (LCA), som på dansk benævnes livscyklusvurdering, er en metode der bruges til at vurdere produkters miljøpåvirkning gennem hele deres livscyklus. Metoden definerer og afgrænser først produktet. Herved afgrænses et tydeligt "referenceprodukt" som kan analyseres og holdes op mod alternativer. Dernæst opdeles referenceproduktets livscyklus i følgende fire faser: Materialefase, produktionsfase, brugsfase og bortskaffelsesfase (Miljøstyrelsen, 2000). Man medregner typisk også transport af materialer i de faser hvor det giver mening. Denne transport kan fx dække over transport af beton fra produktionsstedet til byggepladsen.

Overordnet set er der to tilgange til en LCA-beregning *attributional* og *consequential*. Attributional LCA, herfra ALCA, har til formål at undersøge, udledningerne fra produktet isoleret set. Man tager derfor ikke højde for hvordan projektet påvirker markedet. Til denne beregning bruger man derfor typisk gennemsnitlige, eller faktiske emissionsfaktorer. Consequential LCA, herfra CLCA, tager derimod højde for hvordan projektet påvirker det samlede marked. Det kan f.eks. være i forhold til, at der kun er en begrænset mængde genbrugsstål. Derfor vil beslutningen om at bruge genbrugsstål i projektet medføre at andre projekter ikke kan benytte dette. Derfor bruger man ved denne tilgang marginale emissionsfaktorer (Ekvall, 2019).

LCA-beregninger har en række generelle metodebegrænsninger. En af de største metodebegrænsninger er mangel på standardisering. Det skyldes at emissionsfaktorer og produktionssted for materialer hele tiden ændrer sig og kan variere fra projekt til projekt. Derudover er det typisk for krævende at inkludere alle elementer i de fire levetidsfaser. Kutyme er derfor at man udvælger dem der har størst betydning for det givne projekt.

**Tabel B1** Oversigt over inkluderede faser i CO<sub>2</sub>e-regnskab

	Materialeproduktion	Transport af materialer	Indbygning	Brug	Reinvesteringer	Endt levetid
Jordtransport		x	x			
Stormflodssikring	x	x	x			
Byudvikling	x	x		x	x	x
Offentlig transportinfrastruktur	x		x	x	x	
Vejinfrastruktur	x	x	x			

Kilde: Egen tilvirkning.

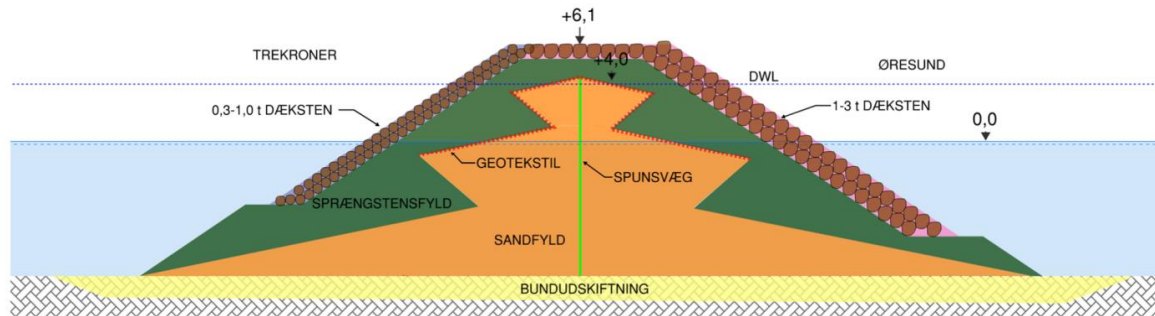
## Bilag 2: Stormflodssikring

Figur B1 Hovedgreb for stormflodssikring af København



Kilde: Københavns Kommune (2017).

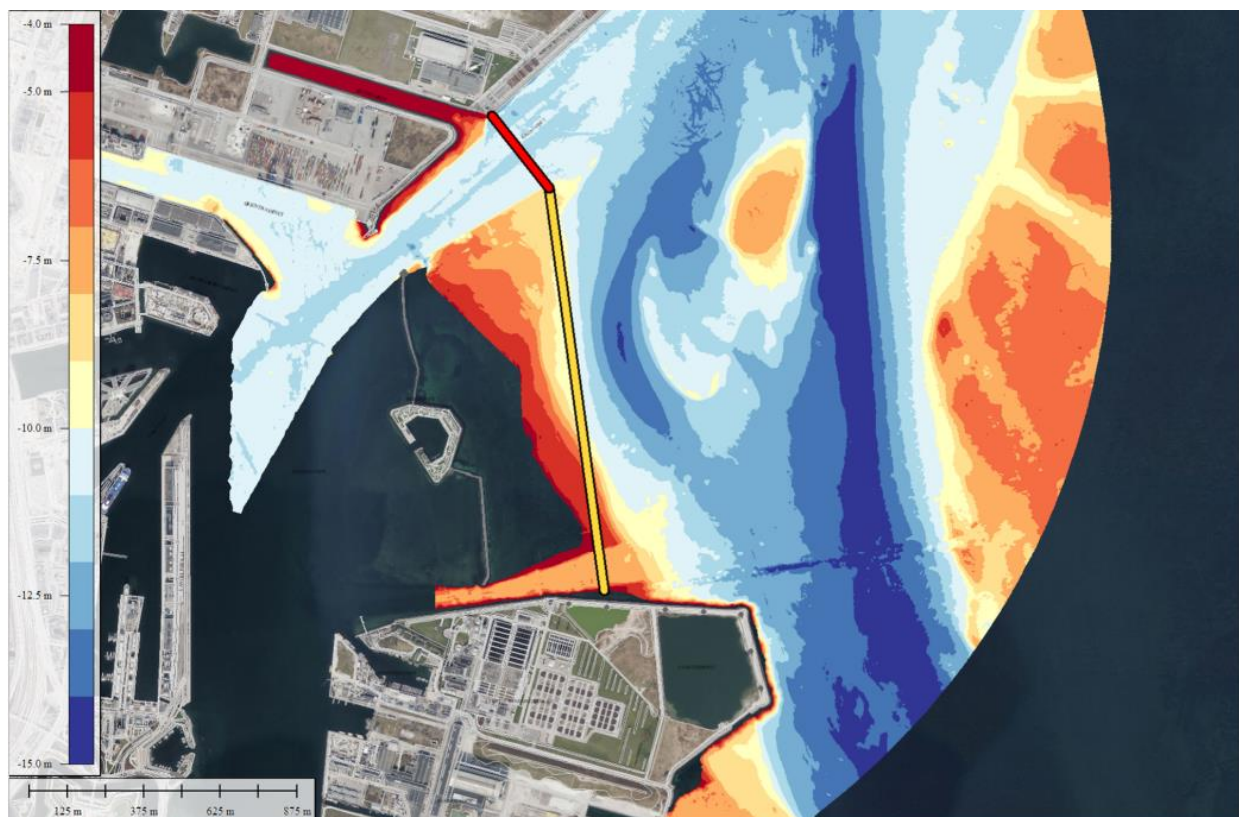
Figur B2 Udformning af dige i alternativscenariet



Anm.: "Diget er anlagt med en sandkerne således at spuns kan nedrammes i center af konstruktionen og gøre denne impermeabel. Forsiden af diget mod Øresund er beskyttet med 1-3 t dæksten, som følger med op på kronen. Bagsiden af diget er beskyttet med 0,3-1,0 t dæksten. Konekoten for diget er bestemt som  $KK=SLR+WL+Hs \cdot x$ , hvor  $x$  er valgt til 1,25 i overensstemmelse med faktor angivet i Ref. /3/. Spunsen har topkote i kote +4,0m, omtrent svarende til højeste stille vandstand i år 2200. Dette svarer også til opfyldskoten for Lynetteholm. Diget opbygges successivt med 3 sandkerner og tilsvarende sprængstensfyldstrapezer på siderne." (COWI, 2023a).

Kilde: COWI (2023a).

Figur B3 Dybdekort i projektområdet for Lynetteholm



Anm.: Den gule linje markerer højvandsdæmning (1300 m). Den røde linje markerer åbning ind til Københavns yderhavn (300m). Gennemsnitsdybden i hele digets tracé er  $h = 8,5$ . Gennemsnitstykkelser af blødbund er  $t = 4,0$  m. o

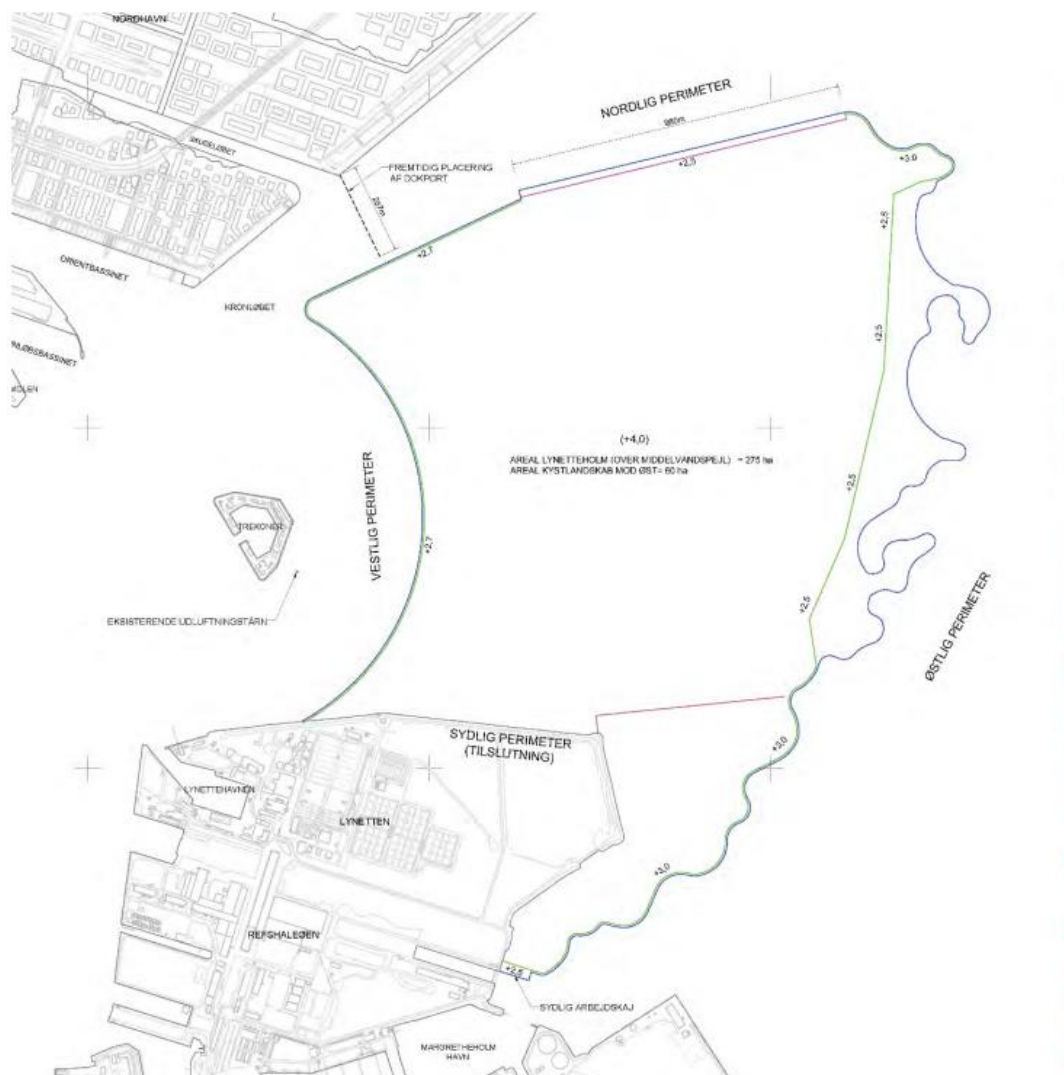
Kilde: COWI (2023a).

Tabel B2 Materialer til etablering af dige gennem yderhavnen til stormflodssikring

Højt vandsdige	Længde (m)	V (m <sup>3</sup> /m)	V (m <sup>3</sup> )
Sandfyld	1300	250	325.000
Sprængstensfyld	1300	170	221.000
Geotekstil	1300	34 (m <sup>2</sup> /m)	44.200 (m <sup>2</sup> )
Dæksten 1-3 t	1300	45	58.500
Dæksten 0,3-1,0 t	1300	21	27.300
Spunsjern, AZ18	1300	-	2000 (t)
Afgravning af blødbund	1300	270	350.000
Tilbagefyldning med sand	1300	270	350.000

Kilde: COWI (2023a)

Figur B4 Skitse for perimeteren i projektscenarie



Kilde: Rambøll (2020).

**Tabel B3 Antagelse om transportdistancer ved transport af Jord**

	Distance Lastbil (km)	Distance skib (km)
Randers Havn	10	224
Ølst	20	224
Avedøre Holmene	15	0
Aarhus Havn	10	198
Landmænd og støjvolde	20	0

Anm.: Ved transport til Ølst antages det at jorden først skal køres 10 km dernæst sejles til Randers Havn og derfra køres yderligere 10 km.

Kilde: Google maps og BednBlue.dk

**Figur B5 Oversigt over nødvendig jordmængde ved etablering af Avedøre Holmene**



Kilde: Hvidovre Kommune.



**Tabel B4 Mængder og priser for aflevering af ren og forurennet jord og anbefalet prisniveau for Lynetteholm, kr./ton**

	Ølst	Randers Havn	Støjvold	Landmænd	Lynette- holm	Aarhus Havn	Avedøre Holmene
<b>Pris Forurennet jord</b>	157 kr. (inkl. transport)*	53,3 kr. (ekskl. transport)	85 kr. (inkl. transport)*	Modtager kun ren jord	141 kr. (inkl. transport)	Ukendt	Ukendt
<b>Pris Ren jord</b>	150 kr. (inkl. transport)*	20 kr. (ekskl. transport)	60 kr. (inkl. transport)*	60 kr. (inkl. transport)*	129 kr. (inkl. transport)	Ukendt	Ukendt
<b>Kapacitet</b>	13 mio. tons	2,7 mio. tons	1-3 mio. tons per støjvold	Ukendt	77,2 mio. tons	16 mio. tons*	42 mio. tons

Anm.: \* Indikerer at kilden til tallet er Incentive(2022), hvor transportomkostninger indgår i prisen. De forventede mængder er valideret med de respektive kommuner. Kapacitet ved de pågældende jorddeponier er afklaret ved kontakt. For Aarhus Havn skal det bemærkes, at den endelige kapacitet ikke er bekræftet, men bygger på Incentive (2022).

Kilde: Egen tilvirkning ud fra Incentive (2022) og By & Havn.

### Boks B2 Metodeforskelle MKR og LCA

Der er store metodemæssige forskelle på en miljøkonsekvensrapport og en LCA-beregning. Miljøkonsekvensrapporten er baseret på hvor mange timer de forskellige maskiner skal bruges, mens en LCA-beregning fokuserer på mængder og transportdistancer. Miljøkonsekvensvurderinger laves typiske efter projekter er blevet besluttet, men inden det starter og bruges som et skøn på den forventede udledning. LCA-beregninger bruges derimod typisk opfølgende til at opgøre de faktiske emissioner ved et projekt, efter faktiske mængder og emissionsfaktorer er kendt. I Miljøkonsekvensvurderingen for Lynetteholm regnes der desuden i CO<sub>2</sub>, hvorimod vi regner i CO<sub>2</sub>e.

Nedenfor sammenlignes input til de to metoder for forskellige dele af produktionen.

	MKR	LCA
Materialeproduktion	Mængde materiale	Mængde materiale
Transport af materialer	Transporttid	Afstand
Indbygning	Maskintimer	Dieselforbrug

## Bilag 3: Byudvikling

Tabel B5 Oversigt over kilder på inputdata til beregninger for byudvikling

	Projektscenarie	Alternativscenarie
<b>Flyttemønstre</b>	Alle placeres i København	Danmarks Statistik, FLYT66
<b>Bilejerskab</b>	Danmarks Statistik, BIL54	Danmarks Statistik, BIL54
<b>Antal etagemeter</b>	Danmarks Statistik, BOL106, BOL101	Danmarks Statistik, BOL106, BOL101
<b>Emissionsfaktorer ved forskellige typer af byggeri</b>	Statens Byggeforskningsinstitut (2020, 2021)	Statens Byggeforskningsinstitut (2020, 2021)
<b>Bilimport</b>	Danmarks Statistik, AFTRYK1	Danmarks Statistik, AFTRYK1

Kilde: Egen tilvirkning.

## Bilag 4: Følsomhedsberegninger

### Boks B3 Følsomhedsberegninger stormflodssikring

#### Følsomhed 1 (F1):

Materiale-mængder, dieselforbrug og transportdistancer øges med 20 pct.

#### Følsomhed 2 (F2):

Materiale-mængder, dieselforbrug og transportdistancer reduceres med 20 pct.

	Scenarie	Stormflodssikring (tCO <sub>2</sub> e)
Projektscenarie	<b>Basis</b>	<b>71.246</b>
	F1	85.495
	F2	56.997
Alternativscenarie	<b>Basis</b>	<b>20.138</b>
	F1	24.166
	F2	16.110

### Boks B4 Følsomhedsberegninger jordtransport

#### Følsomhed 1 (F1):

Der tages ikke højde for potentielle teknologiske fremskridt.

#### Følsomhed 2 (F2):

Der køres ikke jord til Jylland, men det placeres i stedet et uspecificeret sted 25 km fra København.

#### Følsomhed 3 (F3):

Der tages ikke højde for potentielle teknologiske fremskridt, og der køres ikke jord til Jylland, men det placeres i stedet et uspecificeret sted 25 km fra København.

#### Følsomhed 4 (F4):

Alt jord i alternativet placeres et uspecificeret sted 25 km fra København

	Scenarie	Transport af jord (tCO <sub>2</sub> e)	Drift af jordopfyld (tCO <sub>2</sub> e)
Projektscenarie	<b>Basis</b>	<b>63.821</b>	<b>113.292</b>
	F1	144.534	113.292
	F2	63.821	113.292
	F3	144.534	113.292
	F4	63.821	113.292
Alternativscenarie	<b>Basis</b>	<b>170.790</b>	<b>113.292</b>
	F1	319.264	113.292
	F2	128.481	113.292
	F3	259.765	113.292
	F4	165.043	113.292

**Boks B5 Følsomhedsberegninger byudvikling**
**Følsomhed 1 (F1):**

Der tages ikke højde for teknologisk fremskridt for byggeri

**Følsomhed 2 (F2):**

Der tages ikke højde for teknologisk fremskridt for bilproduktion

**Følsomhed 3 (F3):**

Der tages ikke højde for teknologisk fremskridt for hverken byggeri eller bilproduktion.

**Følsomhed 4 (F4):**

Der benyttes samme emissionsfaktorer for byggeri som i den strategiske miljøvurdering.

**Følsomhed 5 (F5):**

Udflytningen fra København er i stedet baseret på 2. ordens flytteeffekter. Det antages dog at der ikke er nogen der flytter tilbage til København.

	Scenarie	Byggeri (tCO <sub>2</sub> e)	Drift (tCO <sub>2</sub> e)	Bilejerskab (tCO <sub>2</sub> e)
Projektscenarie	<b>Basis</b>	<b>251.873</b>	<b>25.671</b>	<b>57.253</b>
	F1	991.738	25.671	57.253
	F2	251.873	25.671	336.351
	F3	991.738	25.671	336.351
	F4	236.131	25.671	57.253
	F5	251.873	25.671	57.253
Alternativscenarie	<b>Basis</b>	<b>274.331</b>	<b>28.620</b>	<b>94.010</b>
	F1	1.093.881	28.620	94.010
	F2	274.331	28.620	576.268
	F3	1.093.881	28.620	576.268
	F4	265.300	28.620	94.010
	F5	277.106	28.977	96.998

**Boks B6 Følsomhedsberegninger Kollektiv transportinfrastruktur**

**Følsomhed 1 (F1):**

Udledningerne ved metrobyggeri baseres på erfaringer fra Cityringen

**Følsomhed 2 (F2):**

Udledningerne ved metrobyggeri baseres på erfaringer fra Cityringen, derudover benyttes der ler-baserede cementer hvor det kan lade sig gøre.

**Følsomhed 3 (F3):**

Der etableres ingen metro i alternativet

	Scenarie	Anlæg (tCO <sub>2</sub> e)	Drift (tCO <sub>2</sub> e)	Reinvesteringer (tCO <sub>2</sub> e)
Projektscenarie	<b>Basis</b>	<b>290.000</b>	<b>5.508</b>	<b>1.100</b>
	F1	420.000	5.508	2.200
	F2	400.000	5.508	2.200
	F3	290.000	5.508	1.100
Alternativscenarie	<b>Basis</b>	<b>180.000</b>	<b>2.664</b>	<b>800</b>
	F1	250.000	2.664	1.500
	F2	240.000	2.664	1.500
	F3	-	-	-

**Boks B7 Vejinfrastruktur**
**Følsomhed 1 (F1):**

Der tages ikke højde for teknologisk fremskridt ved udbygning af det underordnede vejnet.

**Følsomhed 2 (F2):**

Både etape 1 og 2 af Østlig Ringvej etableres

**Følsomhed 3 (F3)**

Kun etape 1 af Østlig Ringvej etableres, og der tages ikke højde for teknologisk fremskridt ved udbygning af det underordnede vejnet.

**Følsomhed 4 (F4):**

Udledningerne forbundet med Østlig Ringvej baseres på erfaringer fra Femern forbindelsen.

	Scenarie	Østlig Ringvej (tCO <sub>2</sub> e)	Underordnet vejinfrastruktur (tCO <sub>2</sub> e)
Projektscenarie	<b>Basis</b>	<b>45.000</b>	<b>16.206</b>
	F1	211.300	114.087
	F2	211.300	16.206
	F3	45.000	114.087
	F4	311.300	16.206
Alternativscenarie	<b>Basis</b>	-	<b>28.190</b>
	F1	-	229.141
	F2	-	28.190
	F3	-	229.141
	F4	-	28.190