

RAPPORT

# VERDSETTING AV LUFTFORURENSNINGENS KOSTNADER FOR MATERIALER – EN LITTERATURSTUDIE



**MENON-PUBLIKASJON NR. 2/2022**  
KRISTIN MAGNUSSEN, ERLEND M. FLEISJE OG STÅLE NAVRUD

**M-2202 | 2022**



## Forord

Dette prosjektet er gjennomført på oppdrag for Miljødirektoratet.

Arbeidet er gjennomført av Menon Economics. Kristin Magnussen (Menon senter for miljø- og ressursøkonomi, MERE) har vært prosjektleder, mens Ståle Navrud (MERE) har vært sparringpartner og kvalitetssikrer. Erlend M. Fleisje har bidratt med litteratursøk, oppsett av Excel-ark og omtale av litteraturen fra søket.

Vår kontaktperson i Miljødirektoratet har vært Bente Støhlen. Vi takker henne og flere medarbeidere i Miljødirektoratet for et spennende oppdrag og gode innspill underveis. Vi takker også seniorforsker Terje Grøntoft ved Norsk institutt for luftforskning (NILU) for gode innspill i samtale og via e-post.

Oslo, januar 2022

Kristin Magnussen  
Prosjektleder  
Menon Economics

# Innhold

<b>SAMMENDRAG MED KONKLUSJONER OG ANBEFALINGER</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUKSJON</b>	<b>10</b>
1.1. Bakgrunn og hovedformål med oppdraget	10
1.2. Nærmere om innhold i oppdraget	10
1.3. Metode	11
1.4. Leveranser	11
<b>2. METODE OG GJENNOMFØRING AV LITTERATURSØK OG LITTERATUROVERSIKT</b>	<b>12</b>
2.1. Metode - oversikt	12
2.2. Litteratursøk og første siling av relevant litteratur	12
2.3. Gjennomgang av relevant litteratur - hva er verdsatt og metodisk grunnlag	13
2.4. Grunnlag for metodevurdering	14
2.5. Gjennomgang av relevant litteratur – vurdering av overførbarhet til norske forhold	16
<b>3. OPPSUMMERING AV RESULTATER FRA LITTERATURGJENNOMGANG</b>	<b>17</b>
3.1. Oversikt over mest relevante studier	17
3.2. Kort gjennomgang av de mest relevante studiene	19
3.3. Oppsummering/konklusjon litteraturgjennomgang	24
<b>4. SKISSE TIL VIDERE ARBEID</b>	<b>27</b>
4.1. Oppsummering og kunnskapshull	27
4.2. Overordnet skisse til videre arbeid	28
<b>5. REFERANSER</b>	<b>31</b>
<b>6. VEDLEGG A. VERDSETTINGSFAKTORER SOM BENYTTES FOR LUFTFORURENSNING I DAG</b>	<b>33</b>

# Sammendrag med konklusjoner og anbefalinger

## Innledning og bakgrunn

For å synliggjøre konsekvenser av luftforurensning i samfunnsøkonomiske analyser, kvantifiseres helse-, material- og miljøeffekter av luftforurensning, og effektene verdsettes. Disse effektene har tradisjonelt vært verdsatt ved å benytte såkalte enhetskostnader (kr per kg utslipp, eller per km kjørt ved utslipp fra transport). For effekter av luftforurensning på materialer (bygg, monumenter, kulturminner, tuneller etc.) finnes det per i dag i liten grad standardiserte enhetskostnader som benyttes i samfunnsøkonomiske analyser.

Luftforurensning (herunder fra NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> og svevestøv, PM) kan ha negativ påvirkning på materialer både gjennom estetiske effekter (herunder nedsmussing) og korrosjon og slitasje på bygningsmateriale. De negative påvirkningene innebærer kostnader for samfunnet blant annet i form av behov for hyppigere og økt vedlikehold og rengjøring av bygg. Ulike type materialer kan bli påvirket, i ulike typer infrastruktur og bygninger, f.eks. kontorbygg, tuneller, monumenter og kulturminner.

Miljødirektoratet har behov for en kartlegging av tilgjengelig litteratur for verdsetting av effekter på materialer som skyldes luftforurensning (fra utslippskilder som veitransport, sjøfart, industri, bygg- og anleggsvirksomhet etc.). Litteraturgjennomgangen skal inkludere status for hva som er gjort av monetær verdsetting på dette området i dag, samt en vurdering av hvorvidt verdsettingsanslagene er relevante til bruk i samfunnsøkonomiske analyser i Norge.

## Formål, problemstillinger og avgrensinger

Prosjektet skal gi en oversikt over hva som er gjort av monetær verdsetting (prissetting) av effekter av luftforurensning på materialer. Dette gjelder først og fremst oversikt over verdsetting i form av enhetskostnader som kan knyttes til utslipp (f.eks. kostnader i kr/kg utslipp).

Det skal gis en overordnet anbefaling om mulig videre arbeid for å verdsette effekter av luftforurensning på materialer. Dette inkluderer en vurdering av hvorvidt det finnes enhetskostnader eller metodisk tilnærminger som er direkte overførbare til norske forhold, og på hvilke områder eller delområder det bør gjøres ytterligere arbeid.

Litteraturen som er gjennomgått, tar utgangspunkt i oversikten fra oppdraget som er oppsummert i rapporten «Verdsetting av luftforurensningens kostnader for miljø – en litteraturstudie» (Magnussen et al. 2021); med tillegg av noen nye publikasjoner.

Oversikten presenteres i en Excel-matrise. De mest relevante funnene fra litteratursøket oppsummeres også i denne rapporten.

## Oversikt over mest relevante studier

De mest relevante studiene som er identifisert i litteratursøk, er gjengitt i tabell S1. Oversikt over enhetspriser i de mest relevante studiene som oppgir enhetspriser for materialkostnader separat, er vist i figur S1.

**Tabell S1. Oversikt over de mest relevante studiene med nøkkelinformasjon. I kolonnen «materialer verdsatt» oppgis det om det er kulturminner/kulturhistoriske bygninger og/eller andre bygninger/materialer som er vurdert. (ID-nummer) i kolonnen til venstre viser til ID i Excel-arket.**

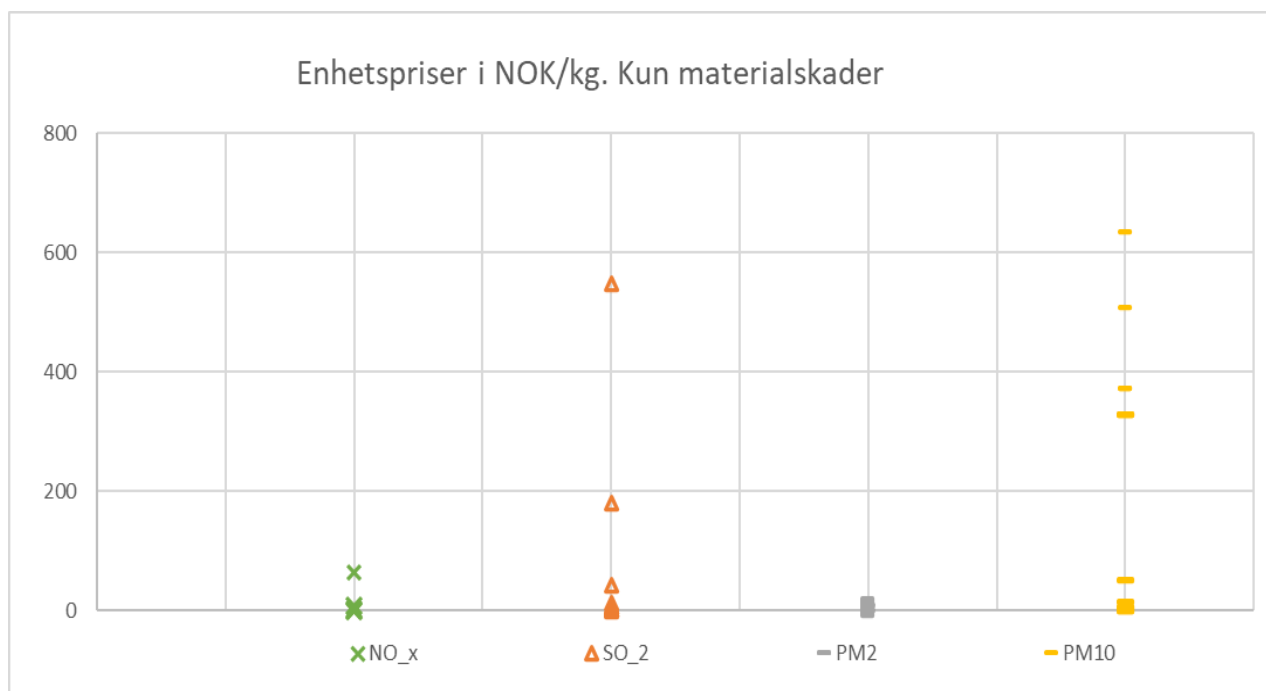
Kilde Land/område (ID-nummer)	Enhetspriser for komponent NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub>	Materialer verdsatt; kulturhistoriske eller andre bygninger (materialer)	Kommentar om metode, overførbarhet og andre forhold
<b>Grøntoft (2020)</b> Norge (ID8)	NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub>	Glass, mørtel, kalksten, malt stål, andre malte materialer, malt tre, kobber, sink, betong og murstein, «vanlige fasader» og kulturhistoriske fasader. Skiller mellom «fasader fra 16- og 1700-tallet i Oslo» og øvrige fasader.	Bygger på IPA*. Estimerer skal dekke «rens og reparasjoner». Viser at PM <sub>10</sub> forårsaker det meste av rensekostnadene pga. nedsmussing og SO <sub>2</sub> det meste av reparasjoner pga. korrosjon. Estimerte marginalkostnader er høye jf. andre publikasjoner; forfatter foreslår at de kan tolkes som «upper bounds» som inkluderer også rensekostnader som ikke egentlig er forårsaket av luftutslipp. Skadefunksjoner fra ICP Materials. Høy relevans. Se også Grøntoft (2019, ID106) som nærmere beskriver fasadene som ble vurdert, skadefunksjoner mv.
<b>Defra (2021)</b> Storbritannia (ID47)	SO <sub>2</sub> , ozon, PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub>	For SO <sub>2</sub> (fra ExternE**): Bl.a. kalkstein, sandstein, mur/mørtel, zink i galvaniserte materialer. For ozon; gummi og maling. For PM: nedsmussing av bygninger av ulike slag	Bygger på IPA og siterer Rabl (1999) for tilsmussing fra PM og ExternE-prosjektet for skader på bygninger <sup>1</sup> fra SO <sub>2</sub> , (ID70); bygger igjen på ICP Materials' skadefunksjoner mv. Metoder og tilnærming har høy relevans. Enhetsprisene ikke direkte overførbare.
<b>CE Delft (2018)<sup>1</sup></b> EU 28 (ID2)	SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , ozon (lavt skadeomfang). Det benyttes SO <sub>2</sub> -ekvivalenter for forsuring som «midpointverdsetting», slik at forsuring med NO <sub>x</sub> e.l. kan inkluderes.	Virkninger (forsuring) av SO <sub>2</sub> på utilitære <sup>1</sup> bygninger er beregnet for metall, sten, og malte materialer (i tråd med NEEDS <sup>¶</sup> ). Anslagene for PM <sub>10</sub> er oppjusterte rensekostnadstall fra Rabl (1999). Ozon er vurdert for malte materialer og gummi/plastikk.	Bygger på IPA, samler metoder og tall fra mange studier. Bruker materialskade-funksjoner for å beregne tid-til-renovasjon/-erstatning og anslag for kostnad-per-renovasjon for å beregne marginale kostnader. Tar utgangspunkt bl.a. i NEEDS. Noe tallgrunnlag fra Rabl (1999) og andre studier. Konkret modelleres korrosjon fra syre (benytter SO <sub>2</sub> -ekvivalenter) på metaller og kalkholdig sten; ozon på maling og gummi/plastikk; tilsmussing fra PM. For kulturminner er kostnadene sjablongmessig beregnet og kun øvre og nedre grenseverdier for korrosjonsskader (gitt forskjellige antakelser). Metoder og tilnærming er relevant.
<b>Trafikverket (2020) (ASEK 7.0)</b> Sverige (ID39)	PM <sub>10</sub>	Materialer inkluderer malt stål, plast, polykarbonat m. fl.	Bygger på IPA, samler metoder og tall fra flere studier, men overført til Sverige. Metodisk tilnærming er oppsummert i ID40 og ID41. Metoder er relevante og overførbare, men få enhetspriser å overføre. Materialkostnader basert på rensing av fasader.

<sup>1</sup> Seksjon 5.5 (særlig 5.5.-5) er spesielt relevant.

<b>Anthesis Enveco (2017, 2019)</b> Sverige (ID40; ID41)	PM <sub>10</sub>	Malt stål, plast, polykarbonat m. fl. (se s. 67 i ID41); teglstein, puss, malte overflater, treverk, metall og mur. Se tabell 4.3 i ID41. Kulturminner modellert med en høy renseskostnad per m <sup>2</sup> .	Grunnlag for Trafikverket (ASEK 7.0, ID39). En metoderapport (ID40) og en påbyggende rapport med anbefalte priser (ID41). Metoder er relevante og overførbare, men få enhetspriser å overføre. Seksjon 4.2 i ID41 beskriver en metode som i prinsippet kunne overføres til Norge.
<b>Umweltbundesamt (2021)</b> Tyskland (ID89)	NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> (NH <sub>3</sub> , PM <sub>2.5</sub> og PM <sub>10</sub> vurdert til null)	Følger NEEDS <sup>2</sup> , i likhet med CE Delft-2018-rapporten. Det bør tilsi at materialskader er beregnet som forsuring/ korrosjon på metall, stein og malte materialer. Kulturminner ikke verdsatt.	Bruker IPA. Bygger på tidligere metodiske og empiriske rapporter (særlig EU-prosjektet NEEDS). Oppgir gjennomsnittstall for Tyskland, men også for ulike utslippskilder (industri med ulik utslippshøyde, og for transport for ulike kjøretøy) og om det er utslipp i by, tettsted eller spredtbygd område. Ikke mye nytt metodisk å overføre. Enhetspriser ikke direkte overførbare.
<b>ETC/ATNI (2020)</b> Europa 38 + Storbritannia (ID37)	NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub>	Stein og metal, særlig sink og galvanisert stål. Kulturminner ikke verdsatt.	Metoder kan være overførbare. Basert på ExternE-metodene, prisjustert til 2019-EUR (fra 2000-EUR).

\*IPA= Impact Pathway Approach (dvs. skadefunksjonsmetoden); \*\* ExternE: Externalities of Energy; et forskningsprosjekt finansiert av EU (En fagfellelevert gjennomgang av ExternE-resultater er å finne i Scazny et al. 2015, ID58). ¶ NEEDS: New Energy Externalities Developments for Sustainability; et forskningsprosjekt finansiert av EU. <sup>1</sup>Med utilitære bygninger menes «vanlige» bygninger som ikke er av spesiell kulturhistorisk verdi.

<sup>2</sup> Det kan være krevende å komme til bunns i NEEDS som var et omfattende prosjekt med mange delprosjekter. Det finnes en komprimert (zip-)mappe her <https://cordis.europa.eu/project/id/502687/reporting> som skal inneholde alle leveranser (deliverables) fra NEEDS. En fil med navn som starter på «RS1a D6\_1» er svært relevant (se bl.a. Table 2 i denne).



Figur S1. Enhetspriser beregnet fra studier merket med høy relevans i Excel-arket som oppgir priser for respektive materialeffekt. Det er oppgitt lavt og høyt prisestimat for hver studie (der det bare er oppgitt én verdi, er den fylt inn både som lav og høy). Oppgitte enhetspriser er omregnet fra utenlandsk valuta til norske kroner med kurser i valuta-året oppgitt i studien, og oppjustert med norsk konsumprisindeks til 2020-kroner. Det er ikke korrigert for kjøpekraft e.l. ved omregning til norske kroner.

### Oppsummering og konklusjoner etter litteraturgjennomgangen

For materialer har vi to ganske nye, nordiske studier (Grøntoft 2020 og Anthesis Enveco 2019; begge med underliggende studier) som – med litt ulik tilnærming – kommer fram til enhetspriser for deler av materialkostnadene ved luftforurensning.

Den svenske studien inkluderer kun tilsmussing, ikke korrosjon, men har en god, metodisk tilnærming til beregning av enhetspriser.

Den norske studien inkluderer både korrosjon og tilsmussing, men indikerer selv at enhetsprisene trenger validering. De norske enhetsprisene er ca. 10 ganger høyere enn enhetsprisene i de øvrige europeiske studiene, men ikke så langt fra de svenske for komponenten som blir verdsatt i Sverige.

Det er grunn til å anta at materialer oppfører seg nokså likt når de er utsatt for samme konsentrasjon av forurensende eller tilsmussende komponenter. Det skulle tilsi at de grunnleggende dose-responsfunksjonene er like på tvers av land, og større likhet i de materialene enn de naturtypene som blir utsatt for luftforurensning. Sammensetningen av bygninger og konstruksjoner og mengden av dem vil imidlertid variere mellom land og innen land, og det er her det er grunn til å anta størst forskjeller mellom land. Men som påpekt av Grøntoft (pers. medd. desember 2021; jf. også Grøntoft 2020) må en også ha i mente at dose-responsfunksjonene er utviklet fra en europeisk database med ca. 20-40 stasjoner, med ulikt klima og ulike forurensningsnivåer. Forurensningsnivået er i dag generelt lavere enn da funksjonene ble utviklet. Databasen inkluderer bare tre norske stasjoner, som alle ligger i det lavere sjiktet av forurensningsnivåer. Det synes som om usikkerheten i dose-responsfunksjonene er større ved lave forurensningsverdier og at det er betydelig usikkerhet om hvor godt de forklarer observert nedbryting når verdien for alle forurensningskomponentene er lave.

Den norske studien understreker at det er usikkerhet i anslaget for antall kvadratmeter av overflateareal av ulike bygningsmaterialer i landet. Vi kan også legge merke til at den svenske studien benytter et forholdstall mellom befolkning og kvadratmeter bygning av ulike slag, slik at vi får med den geografiske forskjellen i bygningstetthet. Det kan være en interessant videreutvikling i Norge også.

Den norske studien sier eksplisitt at den ikke har med seg materialer brukt i infrastruktur, som transportinfrastruktur mv., men kun bygninger. Den svenske studien understreker at mye av tilsmussingen nettopp skjer nær veier og dermed at ikke minst transportinfrastruktur er spesielt utsatt for materialkostnader av luftforurensning.

Måten materialkostnader for kulturhistoriske bygninger og monumenter inkluderes på, er ved at de antas å være dyrere å vaske/rene og vedlikeholde. Tapet av kulturhistorisk verdi ved at noe av kulturminnets originalitet mistes ved korrosjon tas dermed ikke med.

De negative estetiske effektene av nedsmussede bygninger tas i noen studier (se f.eks. Enveco Anthesis 2019) hensyn til ved å anta at de målt i kroner er like høye som renseskostnadene. Dette bygger på argumenter fra Rabl (1999) om at tilsmussing i tillegg til at det krever vask/rene, medfører et *estetisk* velferdstap for befolkningen som kan anslås til å være omtrent lik den direkte kostnaden fra renovering. Renseskostnadene dobles derfor som en sjablongmessig tilnærming for å få med befolkningens velferdstap av redusert estetisk kvalitet av tilsmussede vanlige bygninger. Det er knyttet stor usikkerhet til denne sjablonmessige tilnærmingen, og påliteligheten av dette bør vurderes nærmere (se forslag til videre arbeid). Ingen av studiene ser ut til å inkludere kostnader på kulturhistoriske bygninger og monumenter på annen måte, ved å se på hvordan befolkningen verdsetter negative eksterne effekter av skitne og eventuelt nedslitte historiske og andre bygninger, men Watt et al. (2009) har gitt en beskrivelse av hvordan de negative effektene for kulturhistoriske bygninger kunne inkluderes i en studie. Grøntoft har gjort beregninger for et utvalg eldre (1600-1700-talls) kulturhistoriske bygninger i Kvadraturen i Oslo. Der er det tatt hensyn til at det kan være mer kostbart både å vaske og vedlikeholde gamle, kulturhistoriske bygninger, men ikke inkludert estetiske kostnader (velferdseffekter) av at de er tilsmusset/i dårlig stand pga. forurensning.

## **Overordnet skisse til videre arbeid**

### **Trinn 1: Gjøre opp status og stake ut konkret kurs for hva som er det viktigste videre arbeid**

Gjøre en vurdering av hvorfor de norske enhetsprisene er såpass mye høyere enn de andre europeiske, og sammenligne med de svenske. Grøntoft (2020) har en vurdering/diskusjon av dette, som bør tas videre med tanke på hva det betyr for praktisk bruk av prisene. Det bør også gjøres en vurdering av hvilke komponenter som bør med i en eventuell regnemodell, hvordan anslå kvadratmeter overflate av bygninger (totalt og/eller per innbygger kan estimeres), hvordan håndtere kulturhistoriske bygninger; samt infrastruktur, herunder transportinfrastruktur, mv. Dette vil være viktig for å sikre at videre arbeid bygger på den mest oppdatert kunnskapen, utnytter den kunnskap og erfaring vi har i norske miljøer – og får med det beste fra utenlandske studier.

Dette kan gjennomføres på en workshop med for- og etterarbeid. En viktig oppgave på, og resultat av, en slik workshop vil være å avklare og avdekke hva de største usikkerhetene i dagens norske kostnadsanslag er, og hva som eventuelt kan gjøres på kort (og eventuelt noe lenger sikt) for å redusere usikkerheten, slik at vi kan bruke dagens norske anslag sammen med foreliggende svenske (og eventuelt andre europeiske) til å komme med anslag.



## Trinn 2: Videreutvikle modell for beregning av enhetspriser av luftforurensningens kostnader for materialer

**Trinn 2.1:** Utvikle en enkel modell for å beregne kostnader til vedlikehold av fasader på grunn av luftforurensninger, med justeringer ut fra hva man kommer fram til i Trinn 1.

Denne deloppgaven består i å lage en enkel modell for hele landet som gir et grovt overslag over kostnaden for vedlikehold av fasader på grunn av luftforurensninger i kroner/per kg utslipp, først og fremst for byer (innenfor en viss, men ikke helt bestemt, grense for tettbygdhet).

**Trinn 2.2:** Som en deloppgave knyttet til modellutvikling: videreutvikle kostnadsberegningene som skal inngå i modellen, slik at ikke bare bedriftsøkonomiske, men også samfunnsøkonomiske kostnader inngår, for å sikre konsistens med øvrige verdsettingsestimater for luftforurensning og følge opp konklusjoner fra punkt 1<sup>3</sup>. I dette inngår også å vurdere muligheter for, og eventuelt gjennomføre, verdsetting av kostnader ved de estetiske effektene knyttet til nedsmussing av bygningsmiljøer ved bruk av overføring av verdiestimater. Disse kostnadene vil komme i tillegg til vedlikeholdskostnadene, og være aktuelle der estetiske effekter på bygningsmiljøene er (spesielt) viktige, som ved kulturminner og -miljøer. Det bør vurderes som ledd i trinn 1 om dette bør prioriteres.

Vi foreslår derfor følgende oppgaver for verdsetting av materialer, som vist i Tabell S1. Dette arbeidet kan gjennomføres i løpet av ca. 1 år, men bør i noen grad koordineres med arbeidet med helse- og spesielt miljøkostnadsdelen for å sikre konsistens. Det må understrekes at dette er overordnede forslag, som må konkretiseres, detaljeres og vurderes videre før arbeidet starter. Vi tror derfor det å bruke noe tid og ressurser på en workshop innledningsvis, vil være svært nyttig for slik vurdering, detaljering og konkretisering. Vi har også angitt tentative kostnadsanslag for de ulike trinnene. Disse må også vurderes igjen ved videre detaljering og konkretisering av oppgavene.

**Tabell S2 Anbefalte oppgaver og anslått kalendertid, samt røft kostnadsanslag nødvendig for å gjennomføre foreslåtte oppgaver. Se teksten for en mer detaljert beskrivelse av trinnene (delprosjektene).**

Delprosjekt	Tidsbruk	Røft kostnadsanslag
Trinn 1: Workshop for å vurdere hva som bør inngå i verdsetting av materialer, og eventuelle tilpasninger av dagens norske modell, ut fra erfaringer fra litteraturen.	1-2 måneder	100-200 000 kr
Trinn 2.1: Utvikle modell for anslag av luftforurensningens kostnader på fasader i norske byer og tettsteder	Ca. 6 måneder-1 år (gjennomføres etter Trinn1)	0,75 mill.kr
Trinn 2.2: Utvikle bedre kostnadsanslag til bruk i modellen, inkludert samfunnsøkonomiske kostnader i tillegg til bedriftsøkonomiske kostnader, vurdere inkludering av estetiske kostnader, mv.	Ca. 6 måneder – 1 år (Gjennomføres parallelt med Trinn 2.1. Bl.a. konklusjon fra Trinn 1 avgjør hvor mye som gjøres og hva som prioriteres.	0,5-1,5 mill.kr
<b>Totalt</b>	Ca. 1-1,5 år fra oppstart	1,35 - 2,45 mill.kr

<sup>3</sup> Hvis vi, litt forenklet, antar at markedsprisene som er brukt ved beregning av bedrifts- og privatøkonomiske kostnader ved økt rengjøring og vedlikehold pga. luftforurensning også er samfunnsøkonomisk riktige priser, vil det som kommer i tillegg samfunnsøkonomisk sett være estetisk velferdstap mellom renseperiodene for alle vanlige bygninger, og tap av både estetisk kvalitet ved nedsmussing og av originalitet av kulturminnet ved korrosjon av materialer. Ved vurdering over tid, kan det også være forskjeller i hvilken tidshorisont, diskonteringsrente osv. som benyttes i beregningene.

# 1. Introduksjon

## 1.1. Bakgrunn og hovedformål med oppdraget

For å synliggjøre konsekvenser av luftforurensning i samfunnsøkonomiske analyser kvantifiseres helse- og miljøeffekter av luftforurensning og effektene verdsettes. Disse effektene har tradisjonelt vært verdsatt ved å benytte såkalte enhetskostnader (kr per kg utslipp eller per km kjørt). For effekter av luftforurensning på materialer (bygg, monumenter, kulturminner, tunneller etc.) finnes det per i dag i liten grad standardiserte enhetskostnader som benyttes i samfunnsøkonomiske analyser.

På oppdrag fra Miljødirektoratet gjennomførte Menon Economics, i samarbeid med FHI, en statusgjennomgang av verdsettingsestimatene for henholdsvis helse, miljø og materialer (Magnussen et al. 2020). Dette oppdraget ga en oppdatert oversikt over status for enhetskostnader og grunnlaget for disse. Gjennomgangen viste at enhetskostnadene som benyttes i Norge i dag, i stor grad stammer fra LEVE-prosjektet (Luftforurensninger – Effekter og VERdier) som ble gjennomført av daværende Statens forurensningstilsyn (nå Miljødirektoratet) i siste halvdel av 1990-tallet (SFT 2005). Mye av verdsettingen som gjøres i dag, baserer seg derfor på utdatert kunnskap. Kostnader som benyttes i samfunnsøkonomiske analyser bør basere seg på et oppdatert kunnskapsgrunnlag og en enhetlig tilnærming.

Etter at ovennevnte rapport ble levert til Miljødirektoratet våren 2020, har Miljødirektoratet, FHI, Helsedirektoratet og Statens vegvesen gitt en anbefaling om videre arbeid med verdsetting av effekter av luftforurensning, levert til KLD, SD og HOD 1.7.2020. Anbefalingene omhandler effekter på helse, miljø og materialer. Det er oppfølging av effekter på **materialer** som er tema for denne rapporten.

Luftforurensning (herunder fra NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> og svevestøv) kan ha negativ påvirkning på materialer både gjennom estetiske effekter (herunder nedsmussing) og korrosjon og slitasje på bygningsmateriale. De negative påvirkningene innebærer kostnader for samfunnet blant annet i form av økt vedlikehold og rengjøring av bygg. Ulike typer materialer kan bli påvirket, i ulike typer infrastruktur og bygninger, f.eks. kontorbygg, tunneller, monumenter og kulturminner.

Miljødirektoratet ønsker mer kunnskap om verdsetting av effekter fra luftforurensning på materialer. Det er i første omgang behov for å samle gjeldende kunnskapsgrunnlag og litteratur på området. Litteraturgjennomgangen skal inkludere status for hva som er gjort av monetær verdsetting på dette området i dag, samt en vurdering av hvorvidt verdsettingsanslagene er relevante til bruk i samfunnsøkonomiske analyser i Norge.

## 1.2. Nærmere om innhold i oppdraget

Følgende oppgaver inngår i oppdraget:

- Oversikt over hva som er gjort av monetær verdsetting (prissetting) av effekter av luftforurensning på materialer. Først og fremst oversikt over verdsetting i form av enhetskostnader som kan knyttes til utslipp (f.eks. kostnader i kr/kg utslipp eller kr/km).
- Oversikten skal ta utgangspunkt i de litteratursøkene som er gjennomgått i oppdrag oppsummert i rapporten "*Verdsetting av luftforurensningens kostnader for miljø – en litteraturstudie (Magnussen et al. 2021)*". I tillegg er det gjort noen nye litteratursøk og inkludert noen studier som leverandøren har kjennskap til.
- Litteraturoversikten presenteres i en Excel-matrise, på samme måte som i Magnussen et al. (2021). De mest relevante funnene fra litteratursøkene oppsummeres også i rapporten.
- Oversikten bør som et minimum synliggjøre hvilken luftforurensningskomponent som inngår i verdsettingen, samt hvilke materialer og type bygninger/byggverk verdsettingen gjelder.

- For de mest relevante studiene bør det gis en forklaring på hvilken metodisk tilnærming som er brukt for å komme fram til verdsettingsanslaget (f.eks. skadekostnadsmetoden, tiltakskostnad/rengjøringskostnad, kostnad ved unngått skade etc.)
- Det gjøres en vurdering av om effektene som er verdsatt er relevante i norsk sammenheng og om verdsettingsstudiene er overførbare til norske forhold.
- Det ønskes en overordnet anbefaling om mulig videre arbeid for å verdsette effekter av luftforurensing på materialer. Inkludert en vurdering av hvorvidt det finnes enhetskostnader eller metoder som er direkte overførbare til norske forhold, og på hvilke områder eller delområder det bør gjøres ytterligere arbeid. Det bør her tas utgangspunkt i anbefalinger fra Miljødirektoratet, FHI, Helsedirektoratet og Statens vegvesen som ble levert til KLD, SD og HOD 1. juli 2020, og utdype og supplere disse. Supplering vil være aktuelt f.eks. på anbefalinger om verdsetting av estetiske effekter og økte vedlikeholdskostnader på samferdselsinfrastruktur.
- Det kreves ikke at oppdragstaker presenterer konkrete forslag til verdsettingsanslag som kan brukes i samfunnsøkonomiske analyser i Norge, da slike vurderinger vil være neste steg i prosessen.

### 1.3. Metode

Litteratursøket og -gjennomgangen har tatt utgangspunkt i de litteratursøkene som er gjennomgått og oppsummert i Magnussen et al. (2021). Det er gjennomført noen nye litteratursøk og innhentet noen nye publikasjoner fra kilder som ble antatt å ha relevant litteratur.

### 1.4. Leveranser

Oppdraget inkluderer følgende leveranser:

- **Systematisk oversikt over funn fra litteratursøk** som inkluderer verdsetting av effekter fra luftforurensning på materialer. Oversikten er presentert i en Excel-tabell
- **Rapport som oppsummerer de mest relevante litteratursøkene**, samt overordnede anbefalinger om videre arbeid (se avsnitt 1.2 for spesifisering av innhold).

## 2. Metode og gjennomføring av litteratursøk og litteraturoversikt

### 2.1. Metode - oversikt

Hovedresultatet fra dette prosjektet er en oppsummering av relevant litteratur og enhetspriser fra denne litteraturen, som også gir mulighet til å jobbe videre med resultatene, med tanke på videre arbeid og inkludering av enhetspriser i samfunnsøkonomiske analyser. Vi beskriver i det følgende hvordan vi gjennomførte litteratursøk og rapporterer resultater. Det er imidlertid også viktig med en vurdering av om metoder og data som ligger bak enhetsprisene er «teoretisk og praktisk gode», og om resultatene er mulige å overføre til norske forhold. Litteratursøket som ligger til grunn for denne rapporten, ble i hovedsak gjennomført for prosjektet rapportert i Magnussen et al. (2021), men supplert med litteratur om materialkostnader av luftforurensning. Gjennomgangen av litteraturen fra søket, var imidlertid nå rettet inn mot å identifisere studier som viser luftforurensningens kostnader for materialer. Vi beskriver derfor søket som ble gjort i Magnussen et al. (2021) og de justeringer som er gjort i denne rapporten med tanke på gjennomgang.

### 2.2. Litteratursøk og første siling av relevant litteratur

Vi la vekt på å inkludere både norsk og internasjonal vitenskapelig og «grå» litteratur, det vil si at vi inkluderer både vitenskapelige artikler, håndbøker og veiledere, rapporter, bøker, mv. Litteratursøket tok utgangspunkt i nasjonale og internasjonale anerkjente databaser for forskningslitteratur og øvrig litteratur.

Innen forskningslitteraturen har vi søkt på web of science, scopus og google scholar, i tillegg til den internasjonale databasen for verdsettingslitteratur, «Environmental Valuation Reference Inventory», EVRI (<https://www.evri.ca/en/content/about-evri>).

For å fange opp «grå» litteratur har vi søkt i Google og Google Scholar, samt hjemmesidene til relevante nasjonale myndigheter og institusjoner. En viktig kilde har dessuten vært henvendelser til teamets brede internasjonale kontaktnett, som har blitt forespurt om de har gjennomført eller har kjennskap til relevant litteratur om verdsetting av miljøeffekter av luftforurensning. Dette har gitt oss tilgang både til forskningslitteratur, grunnlagsdokumenter og orientering om hva myndigheter i ulike land har eller ikke har av publikasjoner på området. Vi har i tillegg brukt «snøballmetoden» ved å inkludere litteratur som er nevnt i annen litteratur.

Litteratursøket er gjennomført i flere omganger for å spisse søkeord og -strenger til å fange opp de relevante studiene, og ikke altfor mange andre. Vi har gjort flere søk med noe ulike kombinasjoner av søkeord for å «treffe» de ulike utslippskomponentene, effektene, enhetspriser og total verdsetting osv.

Etter at søkene var gjennomført, gjorde vi en rask gjennomlesing av alle titler og sammendrag og la alle som anses å ha en viss relevans inn i en oversikt i Excel-ark, der vi oppgir sentrale kjennetegn ved publikasjonen. Dette Excel-arket følger som uttrykket vedlegg til denne rapporten.

Vi gjorde deretter en siling av publikasjonene i Excel-arket ut fra relevanskriterier for oppdraget.

I samråd med oppdragsgiver har vi prioritert nyere publikasjoner fremfor eldre. Vi har ikke satt en absolutt årstallsgrense i gjennomgangen, men med tanke på relevante enhetspriser er studier fra før 2010 mindre interessante. Vi har imidlertid inkludert noen som fortsatt er metodisk relevante, og som dessuten fortsatt brukes som underlag for oppdatering av enhetspriser.

Vi har vurdert studier fra områder geografisk nær Norge som mest relevante, det vil si at studier fra Sverige, Danmark, Storbritannia, Tyskland, samt Europa, EU og øvrige EU-land. Disse landene anses som mer relevante med tanke på enhetspriser enn øvrige. Studier fra USA, anses mer relevante enn studier fra øvrige verdensdeler.

Vi har videre gjort en vurdering av relevans ut fra overordnet metode/tilnærming som er brukt, slik at studier som benytter skadefunksjonsmetoden er prioritert.

Litteraturoversikten skal gi enhetspriser for luftforurensningens skader på materialer, og studier som bare verdsetter luftforurensningen effekter på helse og/eller miljøeffekter, eller der det ikke kan skilles mellom verdsetting knyttet til henholdsvis materialer, helse og miljø anses ikke som relevante med hensyn til priser, men kan metodisk være relevante.

For alle studier i litteraturoversikten i Excel-arket oppgis som hovedregel følgende informasjon (for noen studier som er vurdert å ha lav relevans, eller der informasjonen er svært krevende å finne fram til, kan noe informasjon være utelatt):

- Tittel
- Forfattere
- Publikasjonstype: 1) vitenskapelig tidsskrift, 2) publikasjon fra nasjonal myndighet, 3) publikasjon fra (internasjonal) organisasjon, som EEA, OECD, e.l. 4) annen type publikasjon
- Publiseringsår
- År for data-innhenting (ikke alltid lett å finne, men kan være adskillig eldre enn fra publiseringsår)
- Forurensningskomponenter med enhetspriser (PM<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>, bakkenært ozon)
- Relevans (høy, middels eller lav; jf. kriterier nevnt ovenfor)
- Kommentar (f.eks. om metode, andre forhold av betydning for vurdering av studien)
- Link til studien

Ved bruk av disse kriteriene, får vi en litteraturoversikt som inneholder et relativt stort antall studier som er knyttet til verdsetting av luftforurensningens materialkostnader, og som presenteres med noen stikkord, samt med lenke i litteraturoversikten. Det gir også et mindre antall studier som anses å ha høy relevans. Disse gjennomgås nøyer, og vi oppgir mer informasjon om disse, noe som beskrives i følgende delkapitler.

### 2.3. Gjennomgang av relevant litteratur - hva er verdsatt og metodisk grunnlag

Litteratur som er vurdert å ha «høy relevans», er gjennomgått nøyer. For disse studiene er det sett nærmere på følgende forhold, som også er notert i Excel-arket for studier merket med «høy relevans».

*-Er effekter på materialer verdsatt, eller bare helse og/eller miljøeffekter:* Ved første gjennomgang kan vi ha fått med studier som oppgir enhetspriser for relevante komponenter, men som bare oppgir verdier for helse og/eller miljø. I en del tilfeller har vi måttet grave ganske dypt i studiene for å finne ut av dette. Dersom bare effekter på helse og/eller miljø er verdsatt, er studien vurdert til ikke å ha høy relevans, og dette er notert i Excel-arket.

*-Kan det skilles mellom verdsetting av helse/miljø- og materialkostnader:* Ved første gjennomgang kan vi ha fått med studier som oppgir enhetspriser for relevante komponenter, men som bare oppgir verdier for materialer, helse og miljø samlet. Disse kan fortsatt ha høy relevans metodisk. Dersom ikke prisen for materialeffekten kan skilles ut, er det merket av for det i Excel-arket, slik at man kan plukke ut de studiene som har isolert enhetspris for materialkostnader.

*-Hvilke materialeffekter er verdsatt:* For de relevante studiene, ser vi nærmere på hvilke effekter som er verdsatt og inngår i enhetsprisen. Vi skiller mellom «effekter på kulturhistoriske bygg», og «skade på øvrige bygninger (kalt utilitære bygninger i tekst og regneark).

-*Hvilke materialer er verdsatt og for hvilke påvirkninger (forsuring, nedsmussing)*: Så langt det er mulig, ser vi også på hvilke påvirkninger som er verdsatt og oppgir hvilke materialer som inngår

-*Utslippskilder*: Så langt det er mulig, oppgir vi om det er mobile eller stasjonære utslippskilder som er vurdert i verdsettingen. Mobile kilder er alle kilder knyttet til transportmidler av ulike slag, mens stasjonære kilder er f.eks. industri, kraftproduksjon, utslipp fra boliger og andre bygg.

-*Metodevurdering*: Så langt det er mulig skiller vi mellom: skadefunksjonsmetoden/Impact Pathway Approach (IPA); tiltakskostnader eller «andre» (se metodebeskrivelser i delkapittel 2.4.).

## 2.4. Grunnlag for metodevurdering

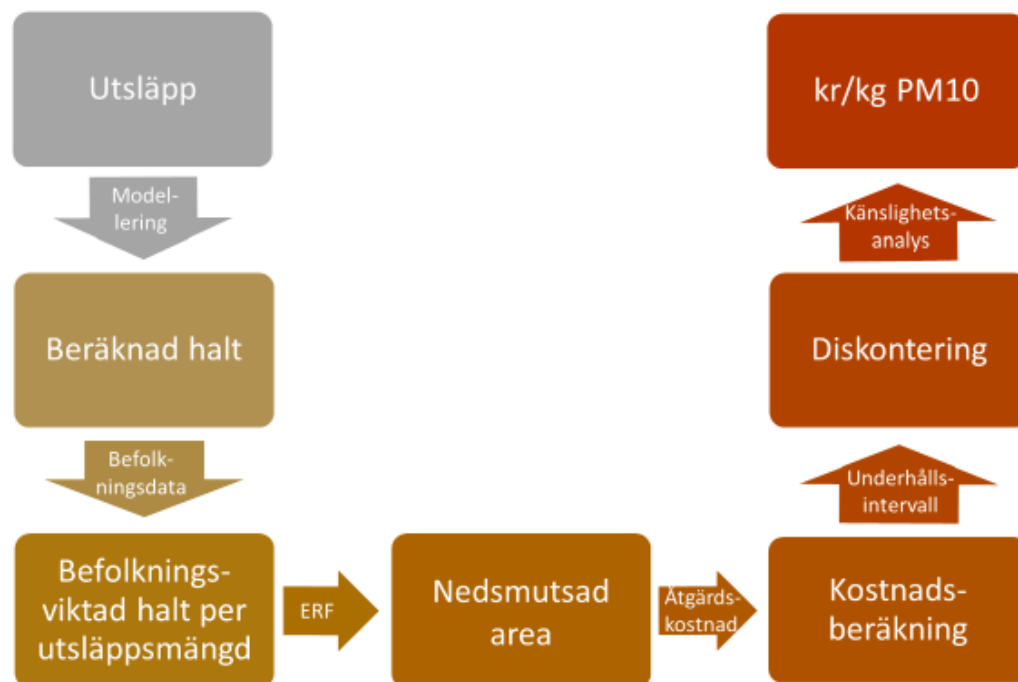
### 2.4.1. Skadefunksjonsmetoden

Ved bruk av resultater fra innsamlet litteratur, er det viktig å gjøre en vurdering av grunnlaget for de enhetsprisene vi finner fram til. Enhetsprisene blir ikke bedre enn det metodiske grunnlaget og de dataene de bygger på.

Som vi beskrev i Magnussen et al. (2020; 2021) anbefales det at man benytter trinnene i skadefunksjonsmetoden ved verdsetting av skadeeffektene av luftforurensning, slik at man kan følge alle trinn og forutsetninger og de dataene som benyttes. En figur som illustrerer skadefunksjonsmetoden for nedsmussing av materialer, er vist i figur 2.1. nedenfor. Som vi beskriver i Magnussen et al. (2020) har man imidlertid ikke alltid grunnlag for å benytte skadefunksjonsmetoden for de enhetsprisene man ønsker, og det benyttes da forenklede metoder. Det ble f.eks. gjort i LEVE-prosjektet som mange enhetspriser i dag bygger på, der man benyttet tiltakskostnader for å nå ulike målsettinger for reduksjon av luftforurensinger i Gøteborgprotokollen for å fastsette enhetspriser. Man kan også tenke seg andre tilnærminger, eller benytte deler av skadefunksjonsmetoden osv.

Figur 2.1 viser skadefunksjonsmetoden (effektkjeden) for nedsmussing.

Vi har gjort en gjennomgang av metodene som er brukt, først skilt mellom hovedmetode (f.eks. skadefunksjonsmetoden eller tiltakskostnadsmetoden e.l.), og deretter i noen grad gått inn på grunnlaget for hver enkelt metode som er brukt. I tillegg til å vurdere selve metoden og trinnene i metoden, er også det datagrunnlaget som er benyttet, vurdert i noen grad, mest for de mest relevante studiene.



Figur 2.1: Illustrasjon av skadefunksjonsmetoden (kalt effektkjeden i den aktuelle studien) for nedsmussing. Via spredningsmodellering, befolkningsdata, dose-respons (ERF)-funksjoner og tiltakskostnader kan transportutslippene av PM<sub>10</sub> kobles til skadekostnader uttrykt som en enhetspris i kroner per kg utslipp. Kilde: Anthesis Envenco 2019.

#### 2.4.2. Flere tilnærminger for å utvikle enhetspriser

For effekter på materialer gjennomfører man ikke alltid alle trinn i skadefunksjonsmetoden, men kan for eksempel slå sammen Trinn 2 og Trinn 3 eller gjøre andre tilnærminger, som f.eks. vist i figur 2.1. I en del tilfeller benytter man imidlertid helt andre, alternative tilnærminger til skadefunksjonsmetoden, oftest fordi man mangler informasjon om leddene i funksjonen for viktige forurensningskomponenter.

I LEVE-prosjektet SFT (2005), brukte man en tilnærming der man beregnet tiltakskostnader for å nå internasjonale målsettinger som Norge har forpliktet seg til gjennom Gøteborgprotokollen, og brukte beregnede tiltakskostnader per kg utslippsreduksjon som en tilnærming for å komme fram til en verdsettingsfaktor for utslipp av de komponentene som omfattes av Gøteborgprotokollen. Dette er en tilnærming som er relativt utbredt. Den måler egentlig ikke nytteverdien av utslippsreduksjon, men kostnadene ved å nå en gitt utslippsreduksjon. I SFT (2005) ble det antatt at tiltakskostnadene beregnet på denne måten ga et mål på samfunnets (Norges) betalingsvillighet for å redusere utslippene av ulike forurensningskomponenter, gitt en rekke strenge forutsetninger som ble definert i prosjektet.

Man kan også tenke seg å bruke andre tilnærminger for å finne et uttrykk for samfunnets betalingsvillighet, for eksempel kostnadene som kan knyttes til eventuelle avbøtende tiltak eller fastsatte avgifter per kg av et forurensende stoff, som avgift på NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub>.

Ved disse tilnærmingene går man ikke veien om å fastslå utslipp, eksponering, eksponering-respons, verdsetting av helse-, miljø- eller materialendepunkter som er en del av skadefunksjonsmetoden. Man kan i beste fall anta at samfunnet har lagt slike forhold til grunn ved bestemmelse av målene for utslippsreduksjoner, budsjetter for

avbøtende tiltak eller avgifter, slik at samfunnets verdsetting av reduserte utslipp til en viss grad kommer til uttrykk.

Med utgangspunkt i skadefunksjonstilnærmingen som den teoretisk beste tilnærmingen, men med kunnskapen om at det brukes og kan brukes litt ulike tilnærminger for å komme fram til eksponering, påvirkning osv., vil vi ha et godt utgangspunkt for å vurdere metodene og deres validitet.

## **2.5. Gjennomgang av relevant litteratur – vurdering av overførbarhet til norske forhold**

Etter gjennomgang av litteraturen er vår vurdering at ingen av enhetsprisene er direkte overførbare til norske forhold. Hvis man skal overføre enhetspriser, bør man i tilfelle studere/benytte enhetsprisene samlet og dessuten gjennomføre en verdioverføring i tråd med retningslinjer for verdioverføring, med utgangspunkt i de identifiserte studiene med høy relevans. Alle studier som er notert med "høy relevans" har imidlertid metoder som helt eller delvis er aktuelle for "overføring" eller utgangspunkt for metodiske studier i Norge. Vi kommer tilbake til muligheter for verdioverføring eller annen bruk av resultatene i litteraturgjennomgangen i de neste kapitlene.

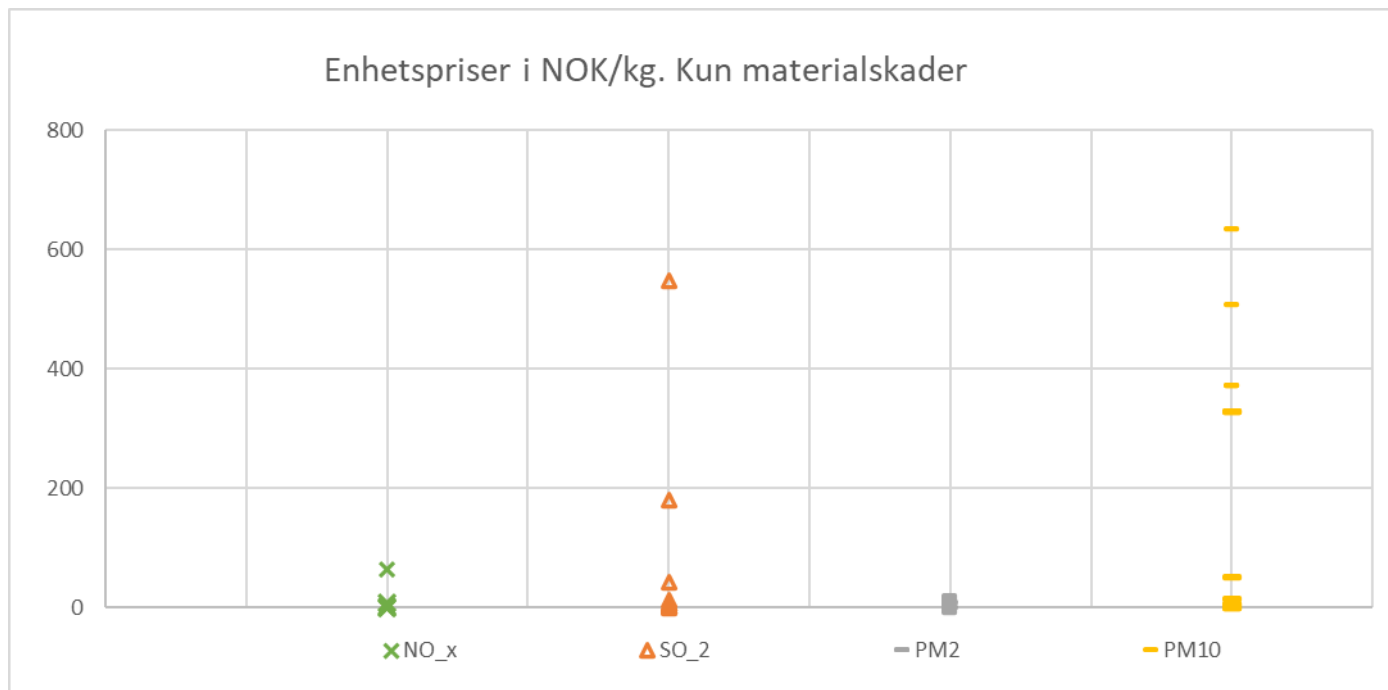


### 3. Oppsummering av resultater fra litteraturgjennomgang

#### 3.1. Oversikt over mest relevante studier

Tabell 3.1.gir en oversikt over de mest relevante studiene fra litteratursøket, som gir enhetspriser for materialkostnader som følge av luftforurensning, og der kostnadene knyttet til kun materialer kan identifiseres.

Figur 3.1. gir en oversikt over enhetspriser fra studiene med høy relevans og egne enhetspriser for materialkostnader.



Figur 3.1. Enhetspriser beregnet fra studier merket med høy relevans i Excel-arket som oppgir enhetspriser for (kun) materialkostnader. Det er oppgitt lavt og høyt prisestimat for hver studie (der det bare er oppgitt én verdi, er den fylt inn både som lav og høy. Oppgitte enhetspriser er omregnet fra utenlandsk valuta til norske kroner med kurser i valuta-året oppgitt i studien, og oppjustert med norsk konsumprisindeks til 2020-kroner. Det er ikke korrigert for kjøpekraft e.l. ved omregning til norske kroner.

**Tabell 3.1. Oversikt over de mest relevante studiene med nøkkelinformasjon. I kolonnen «materialer verdsatt» oppgis det om kulturminner/kulturhistoriske bygninger og/eller andre bygninger/materialer som er vurdert. (ID-nummer) i kolonnen til venstre viser til ID i Excel-arket.**

Kilde Land/område (ID-nummer)	Enhetspriser komponent PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub>	for NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> ,	Materialer verdsatt; kulturhistoriske eller andre bygninger (materialer)	Kommentar om metode, overførbarhet og andre forhold
<b>Grøntoft (2020)</b> Norge (ID8)	NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub>		Glass, mørtel, kalkstein, malt stål, andre malte materialer, malt tre, kobber, sink, betong og murstein, «vanlige fasader» og kulturhistoriske fasader. Skiller mellom «fasader fra 16- og 1700-tallet i Oslo» og øvrige fasader.	Bygger på IPA*. Estimerer skal dekke «rens og reparasjoner». Viser at PM <sub>10</sub> forårsaker det meste av rensekostnadene pga. nedsmussing og SO <sub>2</sub> det meste av reparasjoner pga. korrosjon. Estimerte marginalkostnader er høye jf. andre publikasjoner; forfatter foreslår at de kan tolkes som «upper bounds» som inkluderer også rensekostnader som ikke egentlig er forårsaket av luftutslipp. Skadefunksjoner fra ICP Materials. Høy relevans. Se også Grøntoft (2019, ID106) som nærmere beskriver fasadene som ble vurdert, skadefunksjoner mv.
<b>Defra (2021)</b> Storbritannia (ID47)	SO <sub>2</sub> , ozon, PM <sub>2,5</sub> , PM <sub>10</sub>		For SO <sub>2</sub> (fra ExternE**): Bl.a. kalkstein, sandstein, mur/mørtel, zink i galvaniserte materialer. For ozon; gummi og maling. For PM: nedsmussing av bygninger av ulike slag	Bygger på IPA og siterer Rabl (1999) for tilsmussing fra PM og ExternE-prosjektet for skader på bygninger <sup>1)</sup> fra SO <sub>2</sub> , (ID70); bygger igjen på ICP Materials' skadefunksjoner mv. Metoder og tilnærming har høy relevans. Enhetsprisene ikke direkte overførbare.
<b>CE Delft (2018)<sup>4</sup></b> EU 28 (ID2)	SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub> , ozon (lavt skadeomfang). Det benyttes SO <sub>2</sub> -ekvivalenter for forsuring som «midpointverdsetting», slik at forsuring med NO <sub>x</sub> e.l. kan inkluderes.		Virkninger (forsuring) av SO <sub>2</sub> på utilitære <sup>1</sup> bygninger er beregnet for metall, sten, og malte materialer (i tråd med NEEDS <sup>¶</sup> ). Anslagene for PM <sub>10</sub> er oppjusterte rensekostnadstall fra Rabl (1999). Ozon er vurdert for malte materialer og gummi/plastikk.	Bygger på IPA, samler metoder og tall fra mange studier. Bruker materialskade-funksjoner for å beregne tid-til-renovasjon/-erstatning og anslag for kostnad-per-renovasjon for å beregne marginale kostnader. Tar utgangspunkt bl.a. i NEEDS. Noe tallgrunnlag fra Rabl (1999) og andre studier. Konkret modelleres korrosjon fra syre (benytter SO <sub>2</sub> -ekvivalenter) på metaller og kalkholdig sten; ozon på maling og gummi/plastikk; tilsmussing fra PM. For kulturminner er kostnadene sjablongmessig beregnet og kun øvre og nedre grenseverdier for korrosjonsskader (gitt forskjellige antakelser). Metoder og tilnærming er relevant.
<b>Trafikverket (2020) (ASEK 7.0)</b> Sverige (ID39)	PM <sub>10</sub>		Materialer inkluderer malt stål, plast, polykarbonat m. fl.	Bygger på IPA, samler metoder og tall fra flere studier, men overført til Sverige. Metodisk tilnærming er oppsummert i ID40 og ID41. Metoder er relevante og overførbare, men få enhetspriser å overføre. Materialkostnader basert på rensing av fasader.

<sup>4</sup> Seksjon 5.5 er spesielt relevant.

<b>Anthesis Enveco (2017, 2019)</b> Sverige (ID40; ID41)	PM <sub>10</sub>	Malt stål, plast, polykarbonat m. fl. (se s. 67 i ID41); teglstein, puss, malte overflater, treverk, metall og mur. Se tabell 4.3 i ID41. Kulturminner modellert med en høy renseskostnad per m <sup>2</sup> .	Grunnlag for Trafikverket (ASEK 7.0, ID39). En metoderapport (ID40) og en påbyggende rapport med anbefalte priser (ID41). Metoder er relevante og overførbare, men få enhetspriser å overføre. Seksjon 4.2 i ID41 beskriver en metode som i prinsippet kunne overføres til Norge.
<b>Umweltbundesamt (2021)</b> Tyskland (ID89)	NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> (NH <sub>3</sub> , PM <sub>2.5</sub> og PM <sub>10</sub> vurdert til null)	Følger NEEDS <sup>5</sup> , i likhet med CE Delft-2018-rapporten. Det bør tilsi at materialskader er beregnet som forsuring/ korrosjon på metall, stein og malte materialer. Kulturminner ikke verdsatt.	Bruker IPA. Bygger på tidligere metodiske og empiriske rapporter (særlig EU-prosjektet NEEDS). Oppgir gjennomsnittstall for Tyskland, men også for ulike utslippskilder (industri med ulik utslippshøyde, og for transport for ulike kjøretøy) og om det er utslipp i by, tettsted eller spredtbygd område. Ikke mye nytt metodisk å overføre. Enhetspriser ikke direkte overførbare.
<b>ETC/ATNI (2020)</b> Europa 38 + Storbritannia (ID37)	NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , PM <sub>10</sub>	Stein og metal, særlig sink og galvanisert stål. Kulturminner ikke verdsatt.	Metoder kan være overførbare. Basert på ExternE-metodene, prisjustert til 2019-EUR (fra 2000-EUR).

\*IPA= Impact Pathway Approach (dvs. skadefunksjonsmetoden); \*\* ExternE: Externalities of Energy; et forskningsprosjekt finansiert av EU (En fagfellelvurdert gjennomgang av ExternE-resultater er å finne i Scazy et al. 2015, ID58). ¶ NEEDS: New Energy Externalities Developments for Sustainability; et forskningsprosjekt finansiert av EU. <sup>1</sup>Med utilitære bygninger menes «vanlige» bygninger som ikke er av spesiell kulturhistorisk verdi.

### 3.2. Kort gjennomgang av de mest relevante studiene

I det følgende gir vi en kortfattet beskrivelse av de studiene vi har funnet mest relevante for norske forhold. Vi gjentar ikke all informasjon som finnes i tabellene over og i Excel-arket, men legger vekt på interessante og relevante metodiske forhold og overførbarhet.

Mens tabellene behandler hver studie for seg, vil vi i denne gjennomgangen referere til flere studier som brukes i eller bygger på andre studier.

#### 3.2.1. Norske studier

På oppdrag for Grønn skattekommisjon ble det gjennomført et prosjekt for å forsøke å oppdatere marginale eksterne kostnader ved enkelte miljøpåvirkninger (Ibenholt et al. 2015). De miljøvirkningene man skulle se på var blant annet nitrogenoksider (NO<sub>x</sub>) og svevestøv, flyktige organiske forbindelser uten metan (nmVOC), svoveldioksid (SO<sub>2</sub>) og ammoniakk (NH<sub>3</sub>). Oppdraget gikk ut på å verdsette marginale, eksterne kostnader forårsaket av utslipp av disse stoffene, som stammer fra ulike kilder, men hovedsakelig utenom transportsektoren. I studien så man på samlede skadevirkninger, altså effekter både på helse, miljø og materialer, samt plager/trivselsulempere og estetiske plager. Enhetsprisene de oppgir var basert på en oppdatering av LEVE-studien, basert på tilgjengelig materiale og informasjon. Det ble ikke gjort grunnleggende vurderinger av endrede forhold ved ulike trinn i skadefunksjonsmetoden, men det ble gitt noen reviderte priser (Ibenholt et al. 2015).

En svært relevant, nyere studie for materialkostnader av luftforurensing i Norge er Grøntoft (2020) som beregner enhetskostnader for tilsmussing og korrosjon fra PM, SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub> for henholdsvis Norge og for Oslo separat. En

<sup>5</sup> Det kan være krevende å komme til bunns i NEEDS som var et omfattende prosjekt med mange delprosjekter. Det finnes en komprimert (zip-)mappe her <https://cordis.europa.eu/project/id/502687/reporting> som skal inneholde alle leveranser (deliverables) fra NEEDS. En fil med navn som starter på «RS1a D6\_1» er svært relevant (se bl.a. tabell 2 i denne).

noe tidligere publikasjon (Grøntoft 2019) beskriver nærmere de historiske fasadene i Oslo som det ble samlet særlig detaljerte data for. Denne rapporten beskriver rense- og renovasjonsmetoder og anslår rensekostnader per kvadratmeter ( $\text{m}^2$ ) fasade. Grøntoft (2020) angir enhetskostnader som er relativt høye – så mye som en størrelsesorden høyere enn anslagene for Frankrike i Rabl (1999) - og diskuterer mulige årsaker til de høye anslagene. Grøntoft (2020) drøfter også fordeler og ulemper med IPA-baserte («bottom-up») anslag, som hans egne, sammenlignet med «top-down»-anslag som beregner rensekostnader fra regnskapsdata. Grøntoft (2020) gir også en nyttig redegjørelse når det gjelder «top-down» versus «bottom up»-analyser: Førstnevnte beregnes som sum av rensekostnader per år (fra regnskapsdata e.l.), mens «bottom up» beregnes ved hjelp av skadefunksjoner, timepriser for rensing, osv. Grøntofts tall er å regne for «bottom up», og han nevner at «top-down» kan brukes til å validere.

Disse enhetsprisene er utviklet i Norge og har dermed ikke behov for «overføring». Grøntoft (2020) påpeker imidlertid i artikkelen at dette antagelig er overestimering av kostnader

knyttet til luftforurensning isolert, bl.a. fordi dose-responsfunksjonene som er benyttet, ser ut til å være mer usikre for de relativt lave forurensningsnivåene vi har i Norge, og fordi det kan være flere årsaker til vask/rens og vedlikehold enn bare forurensning. På den annen side har ikke Grøntoft inkludert andre velferdseffekter, som eksterne effekter av nedsmussede og dårlig vedlikeholdte fasader. Det vil derfor være behov for vurdering og videreutvikling for å bruke disse enhetsprisene i praksis. Vi kommer tilbake til dette i kapittel 4.

### 3.2.2. Trafikverket (Sverige 2020) med grunnlagsstudier fra Anthesis Enveco

Analysemiljøet Anthesis Enveco anslå materialkostnader knyttet til tilsmussing («nedsmutsning»; «soiling» i engelsk litteratur) fra  $\text{PM}_{10}$  (2017, 2019). Skadefunksjoner for et stort utvalg overflater ble hentet fra litteraturen. Informasjon om kostnader for å rense og renovere fasader, per  $\text{m}^2$ , og hvor ofte slik renovasjon bør gjøres, ble innhentet fra svenske entreprenører. Forfatterne viser til argumentet fra Rabl (1999) om at tilsmussing i tillegg har en *estetisk* velferdskostnad, som kan anslås å være omtrent lik den direkte kostnaden fra renovasjon, og at det å *double* rensekostnaden derfor gir et anslag for total kostnaden ved tilsmussing. Tabell 3.2. gir en oversikt over de materialeffekter av luftforurensning som identifiseres i Anthesis Enveco (2019) og hvilke de går videre med å verdsette i sin studie.

For en eventuell overføring til Norge kan enkelte parametere tilpasses, som kostnadene for fasaderens og nivået av  $\text{PM}_{10}$ -eksponering ( $\text{PM}_{10}$  brukes om alle partikler opptil  $10\mu\text{m}$  i størrelse). Å beregne enhetspriser for korrosjonsskader fra  $\text{SO}_2$  og andre stoffer ble av forfatterne vurdert å være for krevende eller usikkert.

Metoden resulterer i enhetspriser for  $\text{PM}_{10}$  som avhenger av befolkningstetthet (som avgjør mengden fasader per  $\text{km}^2$ ), og dermed varierer mellom ganske lave 14,4NOK/kg for det store lenet Västra Götaland (68 innbyggere/ $\text{km}^2$ ) til 633NOK/kg for Stockholm (ca. 5200 innbyggere/ $\text{km}^2$ ). Til sammenligning er Norges befolkningstetthet i gjennomsnitt ca. 14 innbyggere/ $\text{km}^2$ , eller kun  $\frac{1}{4}$  av tettheten i Västra Götaland, mens Oslo har ca. 3 800 innbyggere/ $\text{km}^2$ .

Ulempen ved tilsmussing av kulturminner o.l. modelleres bare i liten grad, ved at de utgjør en liten del av den totale fasademassen («stock at risk») som får anslått en høy rensekostnad per  $\text{m}^2$ .

Tabell 3.2: Avgrensning av effekter og skadekostnader for beregning av kulturmiljøkostnader. Effekter på kjøretøy og andre transportmidler er ikke inkludert, bare bygninger, infrastruktur og stasjonære objekter. Kilde: Anthesis Enveco (2019).

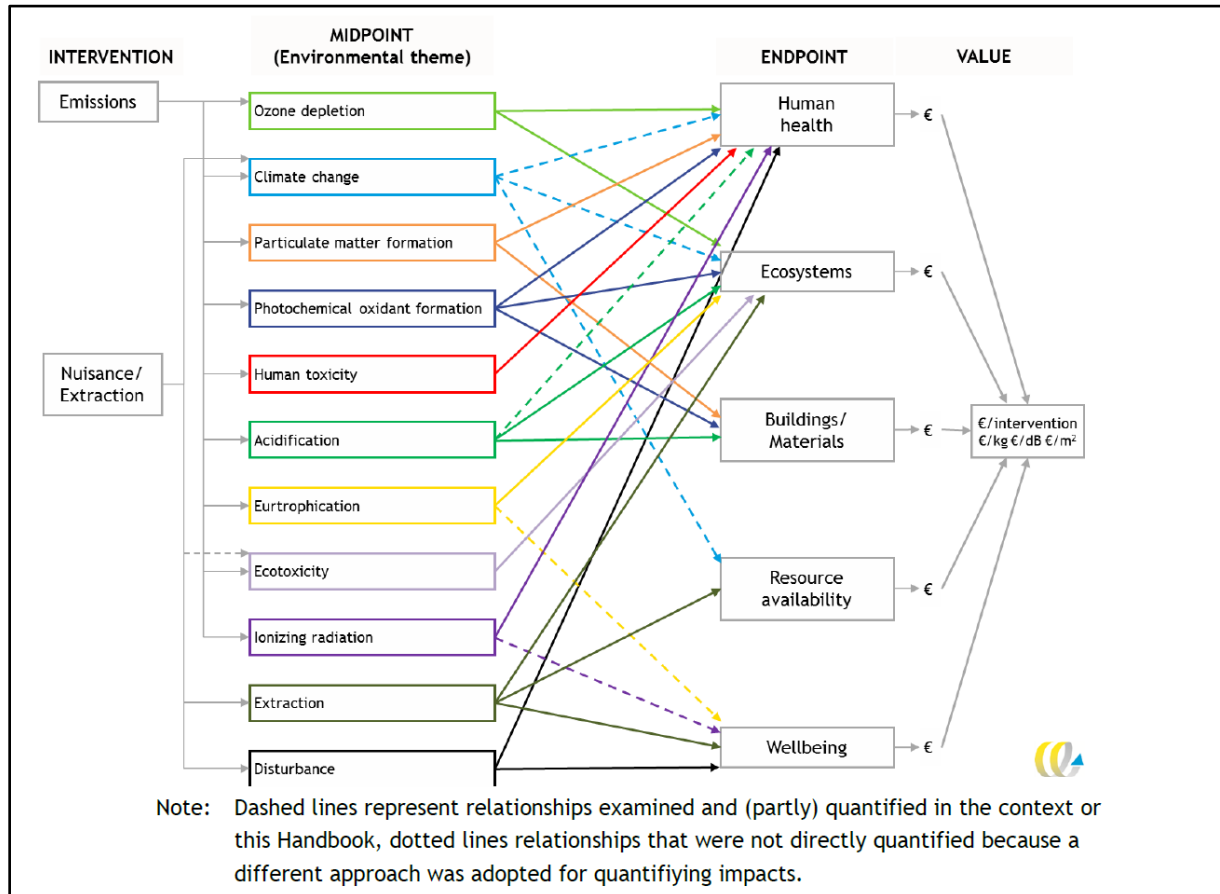
<b><i>Avgrensning</i></b>	<b>Korrosion</b>	<b>Nedsmutsning</b>
<i>Effekter som det finns indikationer på att de helt eller delvis orsakas av luftföroreningar från den svenska transportsektorn</i>	Byggnader Infrastruktur Kultur Kultur – inomhus	Byggnader Infrastruktur Kultur Kultur – inomhus
<i>Effekter för vilka det finns säker evidens beträffande koppling till luftföroreningar från den svenska transportsektorn</i>	Byggnader Infrastruktur Kultur Kultur – inomhus	Byggnader Infrastruktur Kultur Kultur – inomhus
<i>Effekter som troligen har betydande ekonomiska konsekvenser</i>	Byggnader Infrastruktur Kultur	Byggnader Kultur
<i>Effekter som troligen har betydande ekonomiska konsekvenser och för vilka det finns rimligt säkra effektkedjor för hela sambandet utsläpp-exponering-respons</i>	Byggnader*  Kultur*  *För enstaka material	Byggnader  Kultur
<i>Effekter som vi avgränsar oss till att belysa</i>		Byggnader
<i>Olika skadekostnader till följd av effekten</i>		Direkta kostnader - Materialkostnader - Personalkostnader - Avfallskostnader - Uppgraderingskostnad (om ny lösning krävs) - Planeringskostnad Indirekta kostnader - Minskat estetiskt värde
<i>Skadekostnader som vi avgränsar oss till att värdera</i>		Direkta kostnader - Materialkostnader - Personalkostnader - Avfallskostnader (delvis) Indirekta kostnader - Minskat estetiskt värde

### 3.2.3. Defra (2001; Storbritannia) med grunnlagsstudier

Storbritannias Department for Environment, Food & Rural Affairs, Defra (2021) har revidert sine enhetspriser til bruk i samfunnsøkonomiske analyser i 2021. I tillegg til beskrivelser og manualer har de også et nettbasert regneverktøy der man kan legge inn utslippskilde, sted osv., og få ut geografiske og sektorspesifikke enhetspriser. For tilsmussing fra PM benytter DEFRA anslagene fra Rabl (1998), justert til 2017-GBP. For korrosjonsskader på (utilitære, ikke-historiske) bygninger fra SO<sub>2</sub> benytter Defra anslag fra EU-prosjektet ExternE, som bygget på en IPA-tilnærming med skadefunksjoner fra ICP Materials-prosjektet (ExternE-metodene er nærmere beskrevet [her](#)). Kostnadsanslagene blir relativt lave, mellom 2,7 og 10 NOK per kg. De rapporterer også kostnader fra ozon, som gir skader bl.a. på gummi og plastikk, men disse er svært lave.

### 3.2.4. CE Delft (EU28 - 2018) og EU Transport (2018)

CE Delfts (2018) studie omfatter 28 EU-land (inkludert Storbritannia) og gir en oppdatering og oppsummering av enhetspriser på EU-nivå for flere utslippskomponenter, miljøeffekter og endepunkter. Studien tar utgangspunkt i skadefunksjonsmetoden (IPA), gjennomfører ikke egne originalstudier, men bygger på andre kilder. Deres oversikt over hva som er verdsett er vist i figur 3.2.



**Figur 3.2. Utslipp, midtpunkt (miljøeffekt) og endepunkt (bl.a. bygninger/materialer) som er verdsett i CE Delft (2018). Kilde: CE Delft 2018.**

CE Delft (2018) er interessant ved at den gir enhetspriser for henholdsvis utslippskomponentene, miljøeffektene som forsuring, partikler (svevestøv) og endepunktene, som bygninger/materialer (i tillegg til andre endepunkter som ikke er materialer og dermed ikke omtales videre her).

CE Delfts håndbok modellerer korrosjon på utilitære bygninger (grunnet forsuring), tilsmussing og dannelse av oksidanter. For korrosjon tas utgangspunkt i NEEDS-prosjektet. For tilsmussing brukes estimer fra Defra, som igjen er basert på Rabl (1999), som omtalt under seksjon 3.2.3. Virkningen av korrosjon på kulturminner følger Rabl (1999) og er satt til å utgjøre omtrent like mye som de direkte kostnadene.

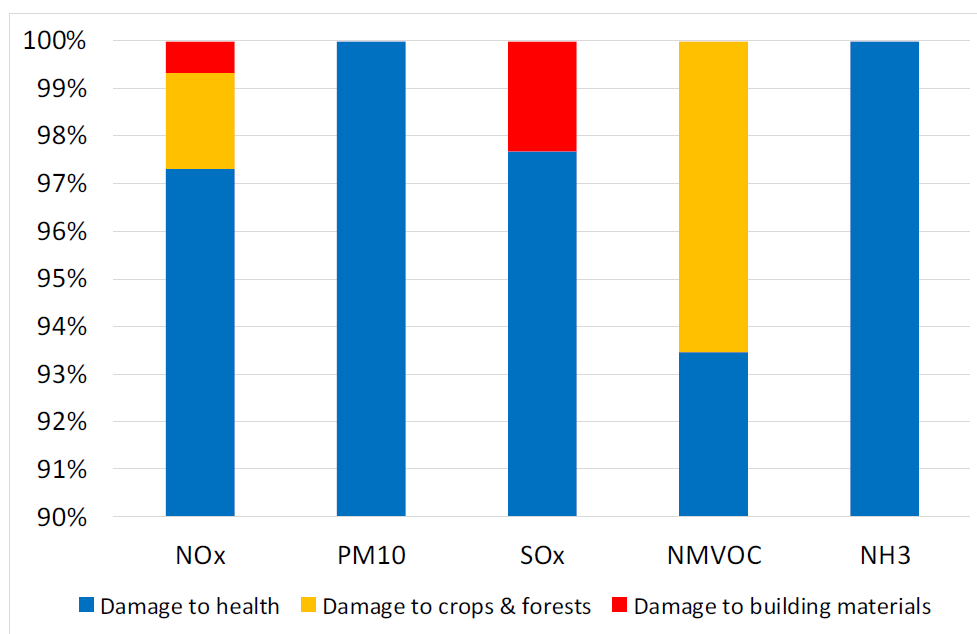
**EU-transport fra 2020** (ID51 i Excel-arket) er utarbeidet av CE Delft. Det oppgis i studien at den bygger på CE Delft (2018) og benytter samme enhetspriser som CE Delft. Vi går derfor ikke nærmere inn på denne studien.

### 3.2.5. ETC/ATNI for EEA (Europa 38+UK 2020)

ETC/ATNI har utarbeidet en rapport for European Environment Agency (EEA): «Costs of air pollution from European industrial facilities 2008-2017» (Schucht et al. 2020), som gir enhetspriser og utslippstall for 39 europeiske land, inkludert Norge. Rapporten gir enhetspriser for luftforurensningens skadekostnader både for helse, materialer og miljø.

Rapporten inneholder noen interessante figurer som skal illustrere hvor stor del av skadekostnaden av luftforurensningens ulike komponenter som kan tilskrives henholdsvis helse, materialer og miljø, se figur 3.3. Ikke overraskende er det helseeffekter som er den dominerende kostnadskomponenten, også for forurensningskomponenter som påvirker både helse, miljø og materialer. Men det må sies at det også er jobbet adskillig mer med å verdsette helseeffekter enn material- og miljøeffekter av luftforurensning. Med disse forbehold, indikerer figuren at skadekostnader knyttet til materialer utgjør i størrelsesorden én prosent for NO<sub>x</sub> og 2-3 prosent for SO<sub>x</sub>. Det er ikke registrert noen materialkostnader for PM<sub>10</sub>, mens vi jo vet at PM<sub>10</sub> er viktigste kilde til tilsmussing av bygninger. Denne oversikten må derfor, etter vår vurdering, betraktes mer som et uttrykk for hvilke effekter som er inkludert og verdsatt, enn som et bilde på faktiske skadekostnader.

*Relative share of damage to health, crops & forests and building materials in the overall European average damage costs per tonne of pollutant from main air pollutants – VOLY estimate (note: Y-axis cut off at 90 %)*



**Figur 3.3. Relativ andel av skadekostnader for helse, avlinger og skog og materialer for totale gjennomsnittlige skadekostnader per tonn forurensningskomponent (ved bruk av Verdi av leveår (VOLY)-estimer for skadekostnader på helse. Verdi av Statistiske Liv-estimer ville gitt enda større helsekostnader, både absolutt og relativt sett). NB!: Rapporten oppgir at skadekostnader for biodiversitet ikke er inkludert, fordi tallene som lå til grunn for beregningene av disse, kom for sent til å bli inkludert. Kilde: ECT/ATNI (2020).**

Når det gjelder virkninger på bygninger og materialer, følger ETC/ATNI-rapporten metoder fra tidligere, større forskningsprosjekter i EU (som ExterneE- og NEEDS-prosjektene som ble gjennomført tidlig på 2000-tallet), noe som skulle tilsi at både korrosjon og tilsmussing er modellert. Anslagene fra ExterneE og NEEDS inflasjonsjusteres med 44 prosent for en oppdatering fra 2000- til 2019-priser.

### 3.2.6. Umweltbundesamt (Tyskland 2019)

Denne rapporten gir ingen grundig metodebeskrivelse, men det vises til tidligere rapporter i samme serie for mer informasjon om metoder som er benyttet. Studien bygger i stor grad på studier som er nevnt tidligere. Metodemessig er derfor studien relevant, men bringer ikke inn noen nye momenter så vidt vi kan se. De enhetsprisene som er oppgitt som gjennomsnitt for hele Tyskland er høye, sammenlignet med de andre enhetsprisene vi har funnet i litteraturstudien. Med tanke på overførbarhet av disse prisene til Norge, er det lett å tenke seg at Tyskland dekker et stort og variert område, både geografisk, med tanke på materialtyper og -mengder, utslippskilder og -mengder osv. Uten at vi har sett videre på det, kan det tenkes at det kunne være mest relevant å finne fram til utslippskostnader for de geografiske områdene som kan tenkes å være «mest mulig likt» Norge.

Enhetskostnadene for materialskader er hentet fra NEEDS-prosjektet, er relativt lave, og skiller ikke mellom forskjellige utslippskilder (i motsetning til anslagene for helseeffekter).

### 3.3. Oppsummering/konklusjon litteraturgjennomgang

Litteraturgjennomgangen kan oppsummeres kort i det følgende.

Skadefunksjonsmetoden er mye brukt for å verdsette miljøkostnader på materialer. Den ble for eksempel brukt for å verdsette luftforurensningens kostnader i form av materialskader i SFT (2005) og er lagt til grunn i alle de studiene i litteratursøket som er vurdert å ha høy relevans.

Det er flere utenlandske studier som inneholder oppjusterte enhetspriser for luftforurensningens materialkostnader. De bygger imidlertid på tidligere studier som grunnlag, hovedsakelig større EU-forskningsprosjekter som ble gjennomført tidlig på 2000-tallet (som NEEDS, ExternE) og oppdaterer i hovedsak enhetsprisene med konsumprisindeksen fram til aktuelt år. Dette gjelder både studiene som er gjennomført på EU- eller Europa-nivå (som CE Delft og ECT/ATNI) og studier på nasjonalt nivå (som studiene fra Defra og Umweltbundesamt), se tabell 3.1.

Grøntoft (2020, 2019) har nylig publisert en artikkel med enhetspriser for Norge og Oslo, basert på luftforurensningsrelaterte vaske- og vedlikeholdskostnader for fasader i Norge som helhet og Oslo sentrum, og gir i artikkelen en god oppdatering og oppsummering av arbeidet med de ulike trinnene i skadefunksjonsmetoden for materialer. Vi har ovenfor (avsnitt 3.2.2) oppsummert en del av hans resultater, som er en god oppdatering for norske forhold på området.

Grøntoft (2020, 2019) studerer endringer i vedlikeholdskostnader siden 1980-tallet for fasadene i Kristiania-kvadraturen i Oslo, og identifiserer delen som skyldes atmosfærisk kjemisk påvirkning/slitasje (såkalt «atmospheric chemical wear»), inkludert påvirkning av luftforurensning. Han sammenligner estimer basert på en eksponeringsresponsfunksjon (ERF) for en SO<sub>2</sub>-dominert situasjon sammenlignet med beregninger med en multi-forurensningssituasjon som man har i dag. Vedlikeholdskostnadene knyttet til atmosfærisk forvitring ble funnet å være ca. 3,5 prosent og lokal luftforurensning ca. 1,1 prosent av de totale kommunale kostnader til vedlikehold av bygninger.

I artikkelen gjennomgår Grøntoft ERF-er for en rekke luftforurensningskomponenter og materialer, og det finnes slike ERF-er for mange materialer. Man har også relativt god oversikt over kostnadene til vedlikehold. Det som mangler er først og fremst oversikt over hvor store overflatearealer man har med ulike materialer i ulike norske byer og tettsteder. Grøntoft beregner bare de direkte vedlikeholdskostnadene knyttet til nedsmussing.

Anthesis Enveco (2019) (se omtale i kapittel 3.2.2) verdsatte ikke effekter på materialer og bygninger per se, men skadekostnader på kulturminner i form av økte vedlikeholdskostnader for kulturhistoriske bygninger av



nedsmussing, og folks betalingsvillighet for å unngå negative estetiske effekter av nedsmussing (basert på overføring fra utenlandske verdsettingsstudier; se bl.a. Watt m.fl. 2009).

De konstaterte at de største påvirkelige korrosjons- og nedsmussingseffektene på bebygd miljø i Sverige nå skyldes trafikk. For korrosjon er de viktigste parameterne å ta hensyn til klorid i aerosol-/partikkelform som en følge av veisaltning, samt øvrige partikler i veimiljø (smuss). For nedsmussing er det mengden deponerte partikler som er den viktigste parameteren. Basert på internasjonale data gjorde de eksempelberegninger (regneeksempler) av kostnader av nedsmussingseffekter på bebygd miljø i nærheten av trafikkerte områder. Effekter på infrastruktur som en del av trafikkinfrastrukturen var ikke inkludert i de skadekostnadene de beregnet.

Vi kan også legge merke til at mens Grøntoft legger til grunn en oversikt over kvadratmeter overflater i et visst område i Kvadraturen og Norge, benytter Söderqvist m.fl. et estimat for «fasadeareal» av ulike slag *per innbygger* som grunnlag for sine beregninger.

### **Konkluderende kommentarer**

For materialer har vi to ganske nye, nordiske studier (Grøntoft 2020 og Anthesis Enveco 2019; begge med underliggende studier) som – med litt ulik tilnærming – kommer fram til enhetspriser for deler av materialkostnadene ved luftforurensning.

Den svenske studien inkluderer kun tilsmussing, ikke korrosjon, men har en god, metodisk tilnærming til beregning av enhetspriser.

Den norske inkluderer både korrosjon og tilsmussing, men indikerer selv at enhetsprisene trenger validering. De norske enhetsprisene er ca. 10 ganger høyere enn enhetsprisene i de øvrige europeiske studiene, men ikke så langt fra de svenske for komponenten som blir verdsatt i Sverige (dvs. kun nedsmussing).

Det er grunn til å anta at materialer oppfører seg nokså likt når de er utsatt for samme konsentrasjon av forsurende eller tilsmussende komponenter, det vil si at de grunnleggende eksponerings-responsfunksjonene er like på tvers av land, og større likhet i de materialene som blir utsatt enn f.eks. for naturtyper. Sammensetningen av bygninger og konstruksjoner og mengden av dem vil imidlertid variere mellom land og innen land, og det er her det er grunn til å anta størst forskjeller.

I den norske studien understrekes det usikkerhet i antall kvadratmeter overflateareal av ulike bygningsmaterialer i landet. Vi kan også legge merke til at den svenske studien benytter et forholdstall mellom befolkning og kvadratmeter bygning av ulike slag, slik at vi får med den geografiske forskjellen i byggettetthet. Det kan være en interessant videreutvikling i Norge også.

Den norske studien sier eksplisitt at den ikke har med seg materialer brukt i infrastruktur, som transportinfrastruktur mv., kun bygninger. Mens den svenske understreker at mye av tilsmussingen nettopp skjer nær veier og dermed at ikke minst transportinfrastruktur er spesielt utsatt for materialkostnader av luftforurensning.

Måten materialkostnader for kulturhistoriske bygninger og monumenter inkluderes på, er ved at de antas å være dyrere å vaske/rense og vedlikeholde.

Velferdstapet i form av negative estetiske effektene av økt grad av nedsmussing av bygninger (mellom rensing/vedlikehold) tas hensyn til ved å anta at de målt i kroner er like høye som renssekostnadene. Renssekostnadene dobles derfor, som en forenklet sjablonmessig tilnærming, for å få et grovt anslag på velferdstapet av de negative estetiske effektene av tilsmussede bygninger mellom rensingen. Dette anslaget er imidlertid ikke validert, og det bør derfor gjennomføres separate beregninger for å anslå korrekt størrelse av

velferdstap ved estetiske effekter av nedsmussing av «vanlige bygninger» f.eks. ved verdioverføring. Ingen av studiene ser ut til å inkludere kostnader i form av tap av originalitet ved korrosjon av materialer på kulturhistoriske bygninger og monumenter eller eventuelt tap på annen måte ved disse fellesgodene. Watt et al. (2009) gir imidlertid en beskrivelse av hvordan de negative effektene for kulturhistoriske bygninger kunne inkluderes i en studie. Et eksempel på en verdsettingsstudie av det estetiske og kulturhistoriske tapet av nedsmussing og korrosjon av historiske monumenter fra luftforurensning er Morey et al. (2002) som i et valgekspperiment på et utvalg av befolkningen av 100 utendørs historiske marmormonumenter i Washington DC i USA fant at befolkningen i Boston og Philadelphia hadde en gjennomsnittlig betalingsvillighet per husstand (som et engangsbeløp) på 1996-US \$ 33-69, avhengig av nivået på bevaring av monumentene man oppnådde ved ulik grad av reduksjon av SO<sub>2</sub>-utslipp. Dette utgjør både bruksverdi (75 % av respondentene hadde besøkt minst ett av monumentene i hovedstaden) og ikke-bruksverdi av å beholde originalen fra 100 til 300 år fra tidspunktet de ble bygget (fra 1850 og framover) Dette kan tyde på at denne delen av det samfunnsøkonomiske tapet nedsmussing og korrosjon av historiske monumenter og bygninger kan være betydelig når gjennomsnittlig betalingsvillighet per husholdning aggregeres over den berørte befolkningen (i form av de som har et velferdstap i form av bruks- og/eller ikke-bruksverdi) og som vil variere avhengig av om de påvirkede kulturminner eller kulturhistoriske bygningen/bymiljøet har lokal, regional eller nasjonal verdi.

## 4. Skisse til videre arbeid

### 4.1. Oppsummering og kunnskapshull

Selv om det er gjennomført få studier i Norge siden SFTs LEVE-prosjekt ble oppsummert i 2005, viser en ny norsk studie (Grøntoft 2020) at mye av grunnlaget for videre verdsetting ser ut til å være på plass. De komponentene som bør verdsettes med tanke på kostnader på materialer, er som i LEVE-studien  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$  og  $\text{PM}_{10}$ . Foreløpig anbefaling er at svevestøv kan spesifiseres som  $\text{PM}_{10}$  da det er denne komponenten det foreligger dose-respons (eksponering-respons)-funksjoner (ERF-er) for. Hovedeffekten som da gir kostnader, er nedsmussing av fasader, inkludert (vindus)vask. Noen av de europeiske studiene inkluderer enhetspriser for bakkenær ozon og deres materialkostnader for gummi, plastikk mv., men de prisene man har kommet fram til er svært lave og bør derfor ikke ha prioritet i videre arbeid.

Det finnes dose-respons (eksponerings-respons)-funksjoner (ERF-er) for mange materialer for de relevante luftforurensningskomponentene. Dose-responssammenhengene er imidlertid etablert for høyere forurensningsverdier enn det som er vanlig i Norge, og det kan derfor være større usikkerhet for en del av dose-responsfunksjonene brukt for norske forhold.

Målingene som ligger til grunn for dose-responsfunksjonene gjøres for prøveflater (også kalt artifiiselle flater). Det mangler oversikt over forekomsten av bygningsmaterialer i ulike byer og tettsteder i Norge, og det mangler oversikt over hvor store arealene med ulike materialer faktisk er i ulike områder (byer, tettsteder og øvrige områder). Slike estimer trengs for å beregne totale arealer av ulike materialer i ulike områder, eller dersom man eventuelt vil regnes om til en faktor for «kvadratmeter av ulike bygningsmaterialer per innbygger» e.l., som er benyttet i svenske studier (Anthesis Enveco 2019).

Det er også grunn til å jobbe videre med kostnadsestimater. Man bør vurdere nærmere hvilke kostnadskomponenter som skal inkluderes og bringes inn i en samfunnsøkonomisk vurdering av kostnadene.

Estetiske effekter av nedsmussing er ikke verdsatt i Norge; kun vedlikeholdskostnader. Det bør vurderes om det også bør fremskaffes verdsettingsfaktorer for de estetiske effektene av nedsmussede fasader i Norge, spesielt knyttet til særskilte bygningsmiljøer som kulturminner og -miljøer, eller om det er mulig å overføre slike verdier. I en nylig gjennomført svensk studie inkluderte man også kostnadene ved de negative estetiske effektene av nedsmussede historiske bygninger og monumenter, ved å overføre verdier fra tidligere studier ved hjelp av verdioverføringsteknikker (Navrud & Ready 2007). Dette bør også vurderes gjort for Norge, med samme verdioverføringsmetodikk som i den svenske studien.

Kostnadene knyttet til luftforurensningens betydning for materialer utgjør ifølge tidligere studier bare noen få prosent av kostnadene knyttet til helsevirkninger av luftforurensning (se et eksempel på slik oversikt i figur 3.3.). Etter vår vurdering har dette også sammenheng med hvor stor innsats som er lagt ned i å få fram kostnadstall for ulike virkninger, og er også et uttrykk for hvor lite som er gjort for å verdsette disse skadekostnadene. Det bør derfor jobbes videre også med kostnader knyttet til materialer, blant annet fordi det foreligger såpass mye kunnskap at det ikke skal så stor ekstra innsats (kostnader) til for å få mye bedre og oppdaterte kostnadstall for norske forhold.

## 4.2. Overordnet skisse til videre arbeid

Basert på denne korte litteraturoversikten og gjennomgangen av kunnskapsgrunnlaget foreslår vi følgende oppgaver knyttet til verdsetting av materialer.

### Trinn 1: Gjøre opp status og stake ut konkret kurs for hva som er viktigste videre arbeid

Gjøre en vurdering av hvorfor de norske enhetsprisene er såpass mye høyere enn de andre europeiske, og sammenligne med de svenske. Grøntoft (2020) har en vurdering/diskusjon av dette, som bør tas videre med tanke på hva det betyr for praktisk bruk av prisene. Det bør også gjøres en vurdering av hvilke komponenter som bør med i en eventuell regnemodell, hvordan anslå kvadratmeter bygning (totalt og/eller per innbygger kan estimeres), hvordan håndtere kulturhistoriske bygninger, infrastruktur, herunder transportinfrastruktur, mv. Dette vil være viktig for å sikre at videre arbeid bygger på best oppdatert kunnskap, utnytter den kunnskap og erfaring vi har i norske miljøer – og får med det beste fra utenlandske studier.

Dette kan gjennomføres på en workshop med for- og etterarbeid. En viktig oppgave på og resultat av en slik workshop vil være å avklare og avdekke hvor de største usikkerhetene dagens norske kostnadsanslag er, og hva som eventuelt på kort (og eventuelt noe lenger sikt) kan gjøres for å redusere usikkerheten, slik at vi kan bruke dagens norske anslag, sammen med foreliggende svenske (og eventuelt andre europeiske) til å komme med anslag.

Sentrale deltagere blir de som har gjennomført verdsettingen av materialer i Norge, samt verdsettingsmiljø i Norge og Miljødirektoratet/andre direktorater. Det vil også være en fordel om man kan få med deltagere fra dem som gjennomført verdsettingen av luftforurensningens kostnader på materiale i Sverige (jf. Anthesis Enveco 2019) og/eller leder/sentrale medarbeidere i ICP Materials, eventuelt inkludere dem på annen måte (ved egne møter på Teams e.l.).

De som eventuelt får ansvar for gjennomføring av workshop og rapportering i etterkant, må sette opp mer detaljert mål og program for å oppnå det man vil, men vi kan nevne noen forhold som vil være svært relevante å få avklart på en workshop (eventuelt ved for- og etterarbeid til workshop):

- Gjennomgang av de norske prisene for luftforurensningens kostnader for materialer (Grøntoft 2020), hva bygger de på, hvor er de viktigste forutsetningene, hva er de viktigste usikkerhetene, hvilke forurensningskomponenter, materialer og forurensningseffekter er inkludert, hvordan er kostnadene beregnet,
- Gjennomgang av mest relevante utenlandske studier, de svenske (for Trafikverket; Anthesis Enveco 2019) og eventuelt noen av de andre – hva er likheter og forskjeller i det som er verdsatt og de forutsetninger mv. som er benyttet
- Hva er viktigst å jobbe videre med for å komme fram til enhetspriser for materialkostnader av luftforurensning i norsk sammenheng. Ulike forhold som kan/bør diskuteres/vurderes:
  - Hvordan håndtere at norske, relativt lave luftforurensningskonsentrasjoner gjør at (noen av) dose-responssammenhengene (sannsynligvis) er beheftet med større usikkerhet enn i andre land i Europa
  - Hvordan få bedre oversikt over arealer med ulike materialer (evt. utvikling av «kvadratmeter per innbygger» av ulike materialer, og hvordan hensynta det i en modell/beregning av enhetspriser
  - Hvordan inkludere annen infrastruktur enn bygninger (f.eks. transportinfrastruktur)
  - Hvordan eventuelt inkludere estetiske effekter? (anta dobling av kostnader sammenlignet med vask/rens slik som foreslått i Rabl (1999) og gjennomført bl.a. for Sverige (Anthesis Enveco 2019), og er det de samme for kulturhistoriske og «andre» bygninger og infrastruktur?

- Kan de norske tallene for henholdsvis Oslo og resten av landet brukes som enhetspriser, eventuelt ved visse modifikasjoner, eventuelt justeres ut fra utenlandske enhetspriser – eventuelt hvilke justeringer er aktuelle?

Tid til workshop med noen forberedelser behøver ikke være så tid- og ressurskrevende – anslagsvis 1 dag til workshop for 5-6 personer, samt noe for- og etterarbeid. Anslagsvis 1-2 ukeverk totalt (ca. 100-200 000 kr)

## **Trinn 2: Videreutvikle modell for beregning av enhetspriser av luftforurensningens kostnader for materialer**

**Trinn 2.1:** Utvikle en enkel modell for å beregne kostnader til vedlikehold av fasader på grunn av luftforurensninger.

Denne deloppgaven består i å lage en modell for hele landet som gir et grovt overslag over kostnaden for vedlikehold av fasader på grunn av luftforurensninger i kroner/per kg utslipp, først og fremst for byer (innenfor en viss, men ikke helt bestemt, grense for tettbygdhet). Dette vil antakelig være mulig for parameterne: PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> og NO<sub>2</sub> (gitt antakelser om ozonmengder). Det er i utgangspunktet tenkt å starte med å beregne dette som en sum av kostnader for henholdsvis fasadevask og annet vedlikehold på grunn atmosfærisk slitasje, og ut fra en grovinndeling av fasadene i fire typer: Pussede fasader, malte stål (metall)-fasader, malte tre-fasader og murstens-/teglfasader. (Fasader inkluderer da også tak). Dette kan man enklest gjøre ut fra en modell med jevn spredning fra kilden (til lik konsentrasjon overalt) og fordeling av ulike fasadematerialer. Gitt andre usikkerheter (som: ERFers representativitet for faktiske materialer, faktisk fordeling av (de fire) materialtypene og mengde/bidrag fra andre typer (ikke inkluderte) materialer som kobber, galvaniserte flater, sten m.m.) antatte vedlikeholds-toleranser (ds. når man gjør vedlikeholdet), vedlikeholds-prisen (hvor dyrt er det, hva slags arbeid inkluderes), må man regne med en betydelig usikkerhet i estimatet, men dette er vanskelig å tallfeste per nå.

Ifølge en foreløpig mulighetsvurdering fra forskere på området (Terje Grøntoft, NILU, pers. medd. 2019; 2021) kan metoden beskrevet over antakelig (relativt «enkelt») lages som en modell i et Excel-ark, der man kan variere en del av parameterne (material-fordeling (mellom de fire nevnte materialtypene), bygg-tetthet, vedlikeholdskostnader (kr/m<sup>2</sup>) – og kanskje vedlikeholdstoleranse, i form av hvor skittent det er før man vasker, hvor mye svekket en puss, eller maling er før den skiftes. Vedlikeholdstoleranse er mer komplisert enn de øvrige parameterne, og det kan være vanskelig for en bruker (av Excel-arket) å vurdere (gitt målene for dette som brukes i ERFene), så det bør muligens holdes konstant (ut fra en forhåndsvurdering).

Noe av hensikten med workshopen (trinn 1), vil være å forsøke å avdekke hva som gir størst usikkerhet, og dermed «mest igjen» for å redusere usikkerheten.

**Trinn 2.2:** Som en deloppgave knyttet til modellutvikling: videreutvikle kostnadsberegningene som skal inngå i modellen, slik at ikke bare bedriftsøkonomiske, men også samfunnsøkonomiske kostnader inngår, for å sikre konsistens med øvrige verdsettingsestimater for luftforurensning og følge opp konklusjoner fra trinn 1. Hvis vi, litt forenklet, antar at markedsprisene som er brukt ved beregning av bedrifts- og privatøkonomiske kostnader ved økt rengjøring og vedlikehold pga. luftforurensning, også er samfunnsøkonomisk riktige priser, vil det som kommer i tillegg samfunnsøkonomisk sett være estetisk velferdstap mellom renseperiodene for alle vanlige bygninger, og tap av både estetisk kvalitet ved nedsmussing og av originalitet av kulturminnet ved korrosjon av materialer. Ved vurdering over tid, kan det også være forskjeller i hvilken tidshorisont, diskonteringsrente osv. som benyttes i beregningene.

I dette inngår også å vurdere muligheter for, og eventuelt gjennomføre, verdsetting av kostnader ved de estetiske effektene knyttet til nedsmussing av bygningsmiljøer ved bruk av overføring av verdierestimer. Disse kostnadene vil komme i tillegg til vedlikeholdskostnadene, og være aktuelle der estetiske effekter på bygningsmiljøene er (spesielt) viktige, som ved kulturminner og -miljøer. Det bør vurderes som ledd i trinn 1 om dette bør prioriteres.

Vi foreslår at man legger hovedvekt på å utarbeide en enkel modell for å få kostnadstall for faktiske bygg og steder, slik som skissert i punktene ovenfor. Som del av arbeidet, anbefaler vi at det jobbes mer med å fremskaffe gode kostnadstall. Det er også interessant å vurdere kostnader ved estetiske negative effekter, og vi foreslår at man i første omgang baserer seg på verdioverføring fra andre studier.

Vi foreslår derfor følgende oppgaver for verdsetting av materialer, som vist i Tabell 4.1. Dette arbeidet kan gjennomføres i løpet av ca. 1 år, men bør i noen grad koordineres med arbeidet med helse- og spesielt miljøkostnadsdelen for å sikre konsistens. Det må understrekes at dette er overordnede forslag, som må konkretiseres, detaljeres og vurderes videre før arbeidet starter. Vi tror derfor det å bruke noe tid og ressurser på en workshop innledningsvis, vil være svært nyttig for slik vurdering, detaljering og konkretisering.

I tillegg til oppgavene som er skissert i trinn 1 og 2 ovenfor, er det behov for forskning på alle trinn i skadefunksjonsmetoden, også for materialer, blant annet for å få bedre kunnskap om ERFer for faktiske fasader og bygningsmiljøer og anslag for faktiske flater av ulike materialer på nasjonalt nivå. Dette antas å være et større arbeid som vil skje som ledd i internasjonalt arbeid, og vi har ikke satt opp dette som egne oppgaver her. Andre mer forskningsbaserte oppgaver er f.eks. å sjekke og eventuelt utarbeide nye, egne dose-responsssammenhenger for ulike materialer for lavere forurensningskonsentrasjoner – på et nivå vi typisk har i Norge, som er lavere enn de fleste stasjoner dagens dose-responsssammenhenger er utviklet for. Det vil også være ønskelig med mer arbeid for å få sikrere estimater for kostnader ved økt vedlikehold og nedsmussing, og i hvilken grad luftforurensning er «utløsende» for vaske- og vedlikeholds-/reparasjonsvirksomhet, både for kulturhistoriske og andre bygninger. Noe av dette kan muligens få plass i trinn 2.2, avhengig av hvordan viktigheten/betydningen av denne faktoren vurderes. Det vil også være ønskelig å gjennomføre primære verdsettingsstudier knyttet til estetiske effekter av nedsmussing. Vi har ikke inkludert slike mer forskningsmessige og langsiktige oppgaver i konkret forslag til arbeid og kostnadsanslag.

**Tabell 4.1 Anbefalte oppgaver og anslått kalendertid, samt røft kostnadsanslag nødvendig for å gjennomføre foreslåtte oppgaver. Se teksten tidligere i dette kapittelet for en mer detaljert beskrivelse av Trinnene (delprosjektene).**

Delprosjekt	Tidsbruk	Røft kostnadsanslag
<b>Trinn 1: Workshop for å vurdere hva som bør inngå i verdsetting av materialer, og eventuelle tilpasninger av dagens norske modell, ut fra erfaringer fra litteraturen.</b>	1-2 måneder	100-200 000 kr
<b>Trinn 2.1: Utvikle modell for anslag av luftforurensningens kostnader på fasader i norske byer og tettsteder</b>	Ca. 6 måneder-1 år (gjennomføres etter Trinn1)	0,75 mill.kr
<b>Trinn 2.2: Utvikle bedre kostnadsanslag til bruk i modellen, inkludert samfunnsøkonomiske kostnader i tillegg til bedriftsøkonomiske kostnader, vurdere inkludering av estetiske kostnader, mv.</b>	Ca. 6 måneder – 1 år (Gjennomføres parallelt med Trinn 2.1. Bl.a. konklusjon fra Trinn 1 avgjør hvor mye som gjøres og hva som prioriteres.	0,5-1,5 mill.kr
<b>Totalt</b>	Ca. 1-1,5 år fra oppstart	1,35 - 2,45 mill.kr

## 5. Referanser

Anthesis Enveco 2017. Effektkedjor og skadekostnader som underlag for revidering av ASEK-værdene for luftforurensing. Tilgjengelig fra:

[https://www.trafikverket.se/contentassets/773857bcf506430a880a79f76195a080/forskningsresultat/effektke\\_djor3.pdf](https://www.trafikverket.se/contentassets/773857bcf506430a880a79f76195a080/forskningsresultat/effektke_djor3.pdf)

Anthesis Enveco 2019. Underlag for reviderte ASEK-værdene for luftforurensing. Sluttrapport fra projektet REVSEK. Tilgjengelig fra: [https://enveco.se/wp-content/uploads/2019/10/revsek-rapport\\_slutversion\\_2019-07-03.pdf](https://enveco.se/wp-content/uploads/2019/10/revsek-rapport_slutversion_2019-07-03.pdf)

CE Delft 2018. Environmental Prices Handbook. EU 28 version. Tilgjengelig fra <https://cedelft.eu/publications/environmental-prices-handbook-eu28-version/>

Defra 2021. Air Quality Appraisal: Damage cost guidance (updated March 2021). Tilgjengelig fra: <https://www.gov.uk/government/publications/assess-the-impact-of-air-quality/air-quality-appraisal-damage-cost-guidance>

DFØ 2018. Veileder i samfunnsøkonomiske analyser. Direktoratet for økonomistyring, DFØ.

ECLAIRE Project 2015. Effects of Climate Change on Air Pollution Impacts and Response Strategies for European Ecosystems. Tilgjengelig fra:

[https://www.researchgate.net/publication/306292430\\_ECLAIRE\\_Effects\\_of\\_Climate\\_Change\\_on\\_Air\\_Pollution\\_Impacts\\_and\\_Response\\_Strategies\\_for\\_European\\_Ecosystems\\_Seventh\\_Framework\\_Programme\\_Theme\\_Environment\\_Project\\_Final\\_Report](https://www.researchgate.net/publication/306292430_ECLAIRE_Effects_of_Climate_Change_on_Air_Pollution_Impacts_and_Response_Strategies_for_European_Ecosystems_Seventh_Framework_Programme_Theme_Environment_Project_Final_Report)

ECT/ATNI 2020. Costs of air pollution from European industrial facilities 2008-2017. ECT/ANI Report 04/2020. Tilgjengelig på <https://www.eionet.europa.eu/etc/et-atni/products/etc-atni-reports/etc-atni-report-04-2020-costs-of-air-pollution-from-european-industrial-facilities-200820132017>

Finansdepartementet 2021. Retningslinjer for gjennomføring av samfunnsøkonomiske analyser, R-109/2021. Finansdepartementet.

Grøntoft, T. 2020. Estimation of damage costs to building facades per kilo emission of air pollution in Norway. Atmosphere 2020 11 (7). Tilgjengelig på <https://doi.org/10.3390/atmos11070686>

Holland, M, A. Hunt, F. Hurley, S. Navrud, and P. Watkiss 2005. Methodology for Cost-Benefit Analysis of CAFE (Clean Air for Europe). Volume 1: Overview and methodology. Report to DG Environment. European Commission, 112 pp.

Ibenholt, K., K. Magnussen, S. Navrud, J.M. Skjelvik 2015. Marginale eksterne kostnader ved enkelte miljøpåvirkninger. Vista-rapport 2015/19.

Magnussen, K., S. Navrud og O. SanMartin. 2010. Verdien av tid, sikkerhet og miljø i transportsektoren: Luftforurensning. Sweco-rapport 1053D: Luftforurensning.

Magnussen, K., K. Veisten og S. Navrud. 2014. Forprosjekt for vurdering av videre arbeid med verdsetting av lokal og regional luftforurensning i Statens vegvesens håndbok V712. Vista-rapport 2014/47.

Magnussen, K., A.K. Bølling, M. Låg, M. Refsnes, G.M. Aasvang, M. Røed & S. Navrud. 2020. Verdsetting av luftforurensningens kostnader for helse, miljø og materialer – et forprosjekt. Menon-rapport 115/2019. Miljødirektoratet-rapport M-1573|2019.

Magnussen, K., P.A. Aarrestad, K. Austnes, V. Bakkestuen, H. de Wit, E.M. Fleisje, I.S. Furuseth, S. Navrud. 2021. Verdsetting av luftforurensningens kostnader for miljø – en litteraturstudie. Menon-rapport 125/2021. Miljødirektoratet rapport M-2137|2021.

Morey, E., K. Greer Rossmann, L.G. Chestnut & S. Ragland 2002. Valuing reduced acid deposition: marble monuments in Washington DC. Chapter 11 (pp. 159-183) in Navrud, S. and Ready, R.C. (eds.) 2002: *Valuing Cultural Heritage. Applying environmental valuation techniques to historical buildings, monuments, and artifacts*. Edward Elgar Publishing.

Navrud, S. and R. Ready (eds.) 2002. *Valuing Cultural Heritage. Applying environmental valuation techniques to historical buildings, monuments, and artifacts*. Edward Elgar Publishing.

Navrud, S. & R. Ready (eds.) 2007. *Environmental Value Transfer: Issues and Methods*. Springer, Dordrecht. Nederland.

SFT 2005. Marginale miljøkostnader ved luftforurensning: Skadekostnader og tiltakskostnader. Tilgjengelig fra: <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/klif2/publikasjoner/luft/2100/ta2100.pdf>

Umweltbundesamt 2021. Methodological Convention 3.1 for the Assessment of Environmental Costs. Cost rates Version 02/2021. German Environment Agency.

Watt, J., S. Navrud, Z. Slizkova and T. Yates 2009. Economic Evaluation. Chapter 7 (pp. 189-214) In Watt, J., J. Tidblad, V. Kucera and R. Hamilton (eds.) 2009: *The Effects of Air Pollution on Cultural Heritage*. Springer. 306 pp.



## 6. Vedlegg A. Verdsettingsfaktorer som benyttes for luftforurensning i dag

SFTs prosjekt «Marginale miljøkostnader ved luftforurensning – skadekostnader og tiltakskostnader» (SFT 2005) angir anbefalte estimater for marginale miljøkostnader for luftforurensninger. Dette prosjektet, og resultatene det kom fram til, har vært grunnlag for svært mye av det som siden er verdsatt av luftforurensningers effekter på helse, miljø og materialer. I dette vedlegget gis en kort oppsummering av hovedresultater og forutsetninger fra prosjektet (6.1) og datagrunnlaget disse verdsettingsfaktorene ble basert på (6.2).

SFTs prosjekt «Marginale miljøkostnader ved luftforurensning – skadekostnader og tiltakskostnader» (SFT 2005) angir anbefalte estimater for marginale miljøkostnader for luftforurensninger. Rapporten er en sammenfatning av resultater fra SFTs LEVE-prosjekt (Luftforurensninger – Effekter og VERdier) om skadekostnader ved luftforurensning, samt bruk av SFTs tiltaksanalyser som implisitt verdsetter utslipp av klimagasser, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> og nmVOC. Alle estimater oppgis som kroner (2004-kroner) per kg eller tonn utslipp.

I hovedtabellene som angir kostnader for de ulike utslippskomponentene, og som gjengis nedenfor, oppgis samlede kostnader beregnet for helse, miljø og materialer ved hjelp av både skadekostnadsmetoden og som tiltakskostnader (tabell 7.1 og 7.2). Metodikken som er lagt til grunn for beregningen av disse samlede kostnadene, er beskrevet nedenfor. Det er disse samlede kostnadene som benyttes som verdsettingsfaktorer (enhetspriser) av mange miljøer i dag og som anbefales i Vegvesenets veileder for konsekvensutredninger, V712.

**Tabell 6.1: Samlede kostnader for PM10. Anbefalte estimater for marginale miljøkostnader definert ved helseskadekostnader forårsaket av norske utslipp. Angitt som kr/kg PM10-utslipp (NOK 2004). Kilde: SFT (2005)**

	Vegtrafikk eksos		Vegtrafikk vegstøv		Andre kilder <sup>2</sup>	
	Tapte leveår	Statistisk liv	Tapte leveår	Statistisk liv	Tapte leveår	Statistisk liv
- Oslo	1.600	5.500	1.000	19.600	1.200	5.300
- Drammen	600	2.400	600	5.200	400	2.100
- Stavanger <sup>3</sup>	600	2.400	600	5.200	400	2.100
- Bergen	1.500	3.800	700	12.200	600	2.800
- Trondheim	1.300	5.900	1.200	28.000	400	1.600
- Andre byer og tettsteder med mer enn 15000 innbyggere <sup>4</sup>	200	600	200	1.300	100	500

<sup>1</sup> To nivåer begrunnet i valg av metode for verdsetting av et dødsfall, dvs. verdien av et statistisk liv uavhengig av antall leveår som går tapt og helsetilstanden før dødsfall, eller verdien av et statistisk liv fordelt på tapte leveår der det antas at det i gjennomsnitt går tapt 7 leveår.

<sup>2</sup> Først og fremst utslipp fra fyring med ved og olje

<sup>3</sup> Som Drammen (SFT 1718/2000)

<sup>4</sup> Om lag ¼ av Drammen og Stavanger (SFT 1718/2000)

**Tabell 6.2: Samlede kostnader for NO<sub>x</sub> (regnet som NO<sub>2</sub>), SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, nmVOC. Anbefalte estimater for marginale miljøkostnader definert ved helse-, forsurings- og materialskadekostnader forårsaket av norske utslipp. Angitt som kr/kg utslipp (NOK 2004). Øvre estimat er definert av skadekostnader (helseskader, materialkorrosjon eller forsuring). Verdier kun angitt der skadekostnadsestimatene er høyere enn tiltakskostnader. Der skadekostnaden er lavere enn tiltakskostnader er det ikke angitt noe øvre nivå. Kilde: SFT (2005)**

	NO <sub>x</sub>			SO <sub>2</sub>		NH <sub>3</sub>		nmVOC
	Alle kilder	Vei- trafikk	Andre kilder	Alle kilder		Alle kilder		Alle kilder
	Nedre	Øvre <sup>1</sup>	Øvre <sup>1</sup>	Nedre <sup>2</sup>	Øvre <sup>1</sup>	Nedre	Øvre <sup>1</sup>	
Aust-Agder, Vest-Agder, Rogaland og Hordaland	25			16		0	6,4	0
-Bergen	25	67		16	130			
-Stavanger				16	47			
Telemark, Vestfold, Akershus, Oslo, Østfold, Buskerud, Hedemark, Oppland og Sogn og Fjordane	25			15		0	0,3	0
-Oslo	25	86	45	15	108			
-Drammen	25	49		15	79			
-Halden				15	40			
-Bærum				15	91			
-Asker				15	63			
-Skien				15	87			
-Bamle				15	30			
Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Møre og Romsdal	25			15		0	0,1	0
-Trondheim	25	120		15	21			
Nordland, Troms og Finnmark	25			15		0	0,01	0

<sup>1</sup> Øvre estimat er definert av skadekostnader (helseskader, materialkorrosjon eller forsuring). Verdier kun angitt der skadekostnadsestimatet er høyere enn tiltakskostnaden. Der skadekostnaden er lavere enn tiltakskostnaden er det ikke angitt noe øvre nivå. Se kapittel 8 for beregnede skadekostnad for de ulike områdene.

<sup>2</sup> På Sør-Vestlandet er nedre estimat for SO<sub>2</sub> definert av skadekostnaden for forsuring.

Rapporten oppgir også anbefalte estimater for klimagasser, men de gjengis ikke her da det er utenfor dette prosjektet.

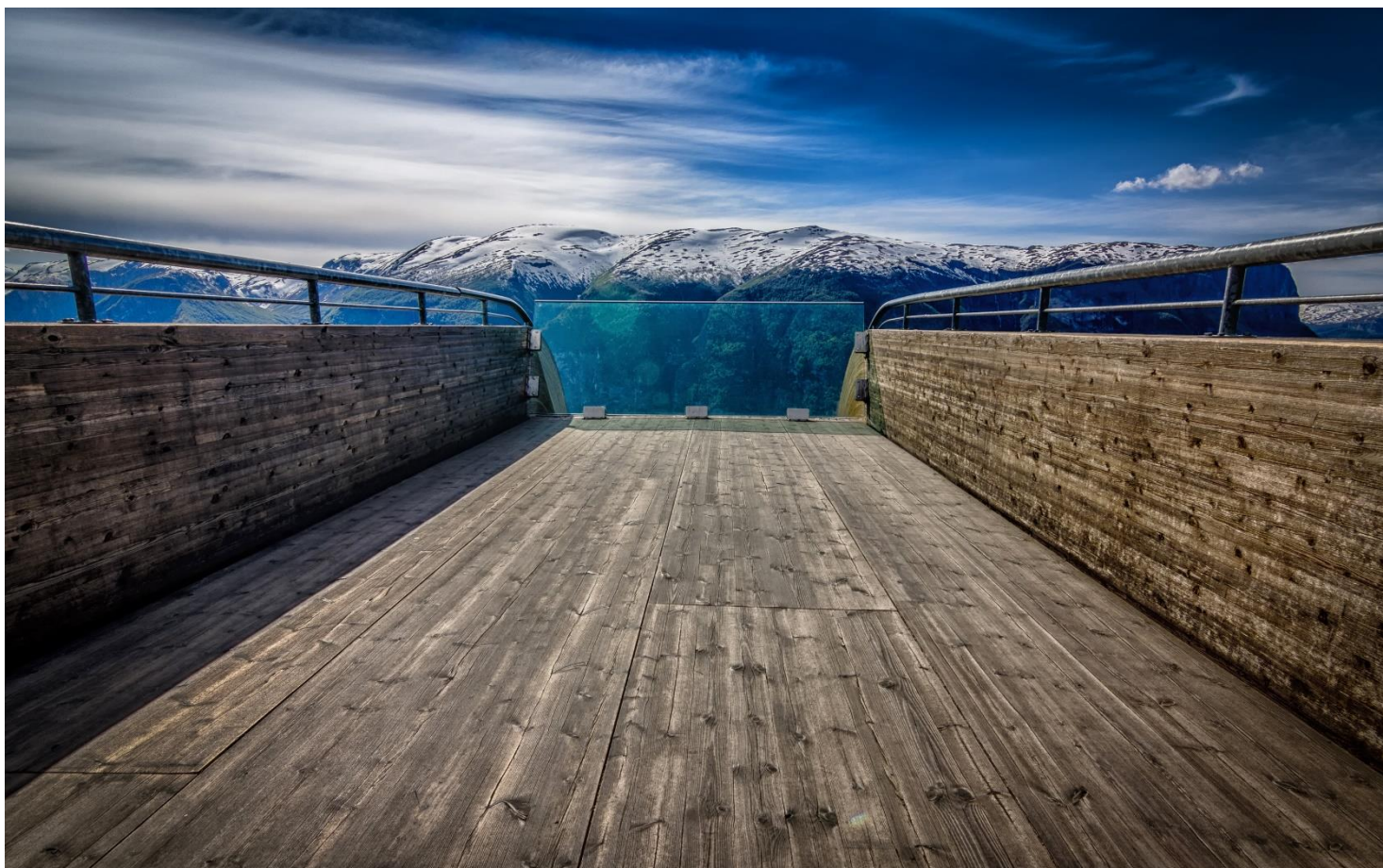
Tabell 6.3. viser hvilke metoder som ble benyttet til verdsetting av de ulike forurensningskomponentene. I LEVE-prosjektet ble skadefunksjonsmetoden benyttet for å verdsette henholdsvis helse-, miljø- og materialskader som følger av ulike utslipp til luft. Kun effekter (skader) og forurensningskomponenter der det var mulig å se på hele skadefunksjonen fra utslipp til fysiske effekter og verdsetting av disse ble inkludert. I tillegg ble det satt krav om at endringer i norske utslipp skulle ha betydning for eksponeringen. De forurensningskomponentene og skadene som ble vurdert etter skadefunksjonsmetoden vises i tabell 6.3.

I tillegg ble det for NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> og nmVOC benyttet implisitt verdsetting av reduserte utslipp med utgangspunkt i en analyse av tiltakskostnader for å oppfylle Gøteborgprotokollen. For disse utslippene hadde SFT publisert flere tiltaksanalyser som ble gjennomgått i forbindelse med prosjektet. Gjennom LEVE-prosjektet ble enkelte skader ved utslipp av NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> og nmVOC verdsatt direkte. På grunn av mangel på kunnskap kunne ikke alle miljøeffektene verdsettes direkte, slik at de direkte verdsettingsestimatene bare dekker en del av gevinsten ved å redusere utslippene. Tiltakskostnader for å nå målene i Gøteborgprotokollen for de fire ovennevnte utslippskomponentene, kan ses på som en implisitt verdsetting av disse utslippene, men det vil bare være tilfeldig om tiltakskostnadene tilsvarer de faktiske skadekostnadene, blant annet fordi internasjonale målsettinger settes ut fra en rekke ulike målsettinger og avveininger.

Hovedregelen i SFTs anbefaling var at tiltakskostnadene anvendes som nedre estimat og skadekostnaden som et øvre estimat der denne er høyere enn tiltakskostnadene.

**Tabell 6.3: Komponenter verdsatt i LEVE og øvrige deler av SFTs prosjekt Marginale miljøkostnader ved luftforurensning.**  
Kilde: Grunnlag hentet fra SFT (2005). Sammenstilt tabell hentet fra Magnussen et al. (2020).

Komponent verdsatt	Helse		Miljø (forsuring av økosystem og effekter på fisk)		Materialskaider og tilsmussing av bygninger og biler		Verdsetting av utslipp generelt	
	Verdsatt	Metode	Verdsatt	Metode	Verdsatt	Metode	Verdsatt	Metode
<i>PM<sub>2.5</sub></i>								
<i>PM<sub>10-2.5</sub></i>								
<i>PM<sub>10</sub></i>	X	Skadefunksjons- metoden						
<i>BC</i>								
<i>OC</i>								
<i>BaP som indikator for PAH</i>								
<i>NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub></i>	X	Skadefunksjons- metoden	X	Skadefunksjons- metoden			X	Implisitt verdsetting
<i>Ozon</i>								
<i>SO<sub>2</sub></i>			X	Skadefunksjons- metoden	X	Skadefunksjons- metoden	X	Implisitt verdsetting
<i>NH<sub>3</sub></i>			X	Skadefunksjons- metoden			X	Implisitt verdsetting
<i>VOC</i>							X	Implisitt verdsetting
<i>Støy</i>								



Menon Economics analyserer økonomiske problemstillinger og gir råd til bedrifter, organisasjoner og myndigheter.

Vi er et medarbeidereiet konsultentselskap som opererer i grenseflatene mellom økonomi, politikk og marked.

Menon kombinerer samfunns- og bedriftsøkonomisk kompetanse innenfor fagfelt som samfunnsøkonomisk lønnsomhet, verdsetting, nærings- og konkurranseøkonomi, strategi, finans og organisasjonsdesign. Vi benytter forskningsbaserte metoder i våre analyser og jobber tett med ledende akademiske miljøer innenfor de fleste fagfelt. Alle offentlige rapporter fra Menon er tilgjengelige på vår hjemmeside [www.menon.no](http://www.menon.no).

+47 909 90 102 | [post@menon.no](mailto:post@menon.no) | Sørkedalsveien 10 B, 0369 Oslo | [menon.no](http://menon.no)