

Miljøprojekt Nr. 712 2002
Teknologiudviklingsprogrammet for
jord- og grundvandsforurening.

Metoder til værdisætning af dansk vejtrafiks forurening af jord og grundvand

Lena Nilausen, Anne Ohm, Mads Paabøl Jensen
og Annelise Madsen
COWI Rådgivende Ingeniører A/S

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

INDHOLD	3
FORORD	5
SAMMENFATNING	7
SUMMARY	11
1 INDLEDNING	15
2 PROBLEMSTILLINGEN	17
3 KILDER OG STOFFER	19
3.1 KILDER TIL JORD- OG GRUNDVANDSFORURENING	19
3.1.1 <i>Punktkilder</i>	20
3.1.2 <i>Vejtrafik</i>	20
3.1.3 <i>Anlæg og vedligeholdelse af veje</i>	21
3.2 OVERSIGT OVER TYPER AF FORURENENDE STOFFER	23
3.3 DATAKILDER TIL BELYSNING AF FORURENINGSMÆNGDER	26
4 EFFEKTER AF FORURENINGEN	29
4.1 ÅRSAGSKÆDEN	29
4.2 SKADER PÅ MENNESKER OG MILJØ	30
5 VÆRDISÆTNING	33
5.1 GENEREL INTRODUKTION TIL VÆRDISÆTNING	33
5.1.1 <i>Værdi og pris</i>	34
5.1.2 <i>Udledning af enhedspriser</i>	34
5.1.3 <i>Værdisætningsmetoder</i>	34
5.2 KILDER TIL VÆRDISÆTNING	39
5.2.1 <i>Danske kilder</i>	40
5.2.2 <i>Internationale kilder</i>	40
5.3 VURDERING AF METODER	42
5.3.1 <i>Kategorisering af skader</i>	42
5.3.2 <i>Metoder til værdisætning af forskellige typer af skader</i>	44
5.3.3 <i>Prioritering ved værdisætning af jord- og grundvandsforurening</i>	46
5.3.4 <i>Samlet vurdering</i>	47
6 PERSPEKTIVER FOR VÆRDISÆTNING	49
7 ORDLISTE	51
8 LITTERATURLISTE	53
8.1 JORD- OG GRUNDVANDSFORURENING	53
8.2 VÆRDISÆTNING AF EKSTERNE OMKOSTNINGER	54
8.3 SAMFUNDSØKONOMISK METODE	56

Forord

Miljøstyrelsens Transport- og Luftkvalitetskontor i samarbejde med Jord- og Grundvandskontoret har iværksat dette forprojekt, der har til formål at give en oversigt over metoder til værdisætning af dansk vejtrafiks forurening af jord og grundvand, samt foreliggende viden om trafikens forurening af jord og grundvand.

Tanken er, at forprojektet skal give et indledende overblik over problemstillingen og foreliggende viden, og at dette senere skal følges op af et projekt, som skal give et samlet bud på en værdisætning af vejtrafikens konsekvenser for forurening af jord og grundvand i Danmark.

Der er derfor i forprojektet lagt vægt på at foretage en indledende afgrænsning af problemstillingen og at identificere de væsentligste forureningstyper og mulige værdisætningsmetoder.

Forprojektet er gennemført af COWI og finansieret af Miljøstyrelsens teknologipulje for jord og grundvand.

Sammenfatning

De samfundsøkonomiske omkostninger forbundet med vejtrafikkens forurening af jord og grundvand indgår i dag normalt ikke i forbindelse med samfundsøkonomiske vurderinger. Da de samfundsøkonomiske metoder imidlertid anvendes i stigende grad i forbindelse med samfundsmæssige beslutninger, er det vigtigt, at de metoder og enhedspriser, der anvendes, er så korrekte og dækkende som muligt.

I dette projekt er mulighederne for at værdisætte vejtrafikkens forurening af jord og grundvand vurderet. Der gives dels en oversigt over forureningens karakter og typer af skader for mennesker og miljø, dels en oversigt over mulige metoder til værdisætning.

Forprojektet er gennemført af COWI og finansieret af Miljøstyrelsens teknologipulje for jord og grundvand.

Formålet med projektet er at give et indledende overblik over problemstillingen og foreliggende viden. Der er tale om et mindre forprojekt, og det er tanken, at dette senere skal følges op af et projekt, hvor der skal foretages en egentlig værdisætning af vejtrafikkens konsekvenser for jord og grundvand i Danmark.

Der er identificeret følgende fem hovedkilder til jord- og grundvandsforurening fra vejtrafikken:

- Punktkilder som tankstationer, værksteder mv.
- Vejtrafik (f.eks. udstødning, dækafslid, vejafslid, oliespild, mv.)
- Anlæg og vedligeholdelse af veje generelt (asfaltbelægning, bærelag under veje (slagge, tjære, mv.)), samt herunder
 - - Glatførebekæmpelse (vejsaltning, fejning etc.) og
 - - Ukrudtsbekæmpelse (pesticider, gasbrænding, børstning og brug af damp).

Også andre kilder kan bidrage til forurening af jord og grundvand langs vejnettet, f.eks. nedfald af partikler fra skorstene, fra igangværende eller tidligere industrielle aktiviteter og fra tilstedeværelsen af gamle fyldlag, og det er væsentligt at skelne mellem forurening forårsaget af vejtrafikken og øvrige kilder.

De væsentligste forurenende stoffer/stofgrupper fra trafikken jord- og grundvandsforurening, hidrørende fra disse kilder, vurderes at være:

- MTBE
- Tungmetallet Pb (fra benzin)
- Total PAH'er, herunder benz(a)pyren
- BTEX
- Total kulbrinter fordelt på fraktionerne C_6-C_{10} , $C_{10}-C_{25}$ og $C_{25}-C_{35}$
- Tungmetallerne Cd, Cr, Cu, Ni, Zn og Pb
- Chlorid (i form af NaCl)
- Pesticider
- Phthalater.

Nogle af disse stoffer udledes ikke mere eller er under udfasning, mens andre fortsat udledes. Bly i benzin er således udfaset, og pesticider anvendes ikke længere i ukrudtbekæmpelsen på vejene, mens der med hensyn til MTBE pågår forhandlinger nationalt/internationalt om udfasning. Selv om der ikke tilgås yderligere mængder af et forurenende stof til jord og grundvand, kan eksisterende forurening dog fortsat forårsage skader og omkostninger. De samfundsøkonomiske omkostninger er således relevante for både historiske og fremtidige udledninger. Hvis der alene er tale om historiske udledninger, er der i sagens natur ikke behov for at regulere forbruget og udledning af stoffet ved at indregne de samfundsøkonomiske omkostninger i forbrugerprisen. De samfundsøkonomiske omkostninger kan imidlertid være relevante i forbindelse med overvejelser om oprensning af forurenede jord eller andre tiltag, der skal mindske generne fra forureningen.

De nævnte stoffer kan give anledning til helbredsskader for mennesker og dyr, misvækst og sygelighed hos planter, forringet biodiversitet samt forringet vand- og jordkvalitet. Det vurderes, at de væsentligste skader vedrører helbredsskader for mennesker og skader på grundvandet. De forurenende stoffer kan f.eks. skade reproduktionsevnen, påvirke centralnervesystemet og immunsystemet, give forøget kræftisiko og give irritation. Skader på grundvand vedrører især smagsforringelser forårsaget af MTBE og vejsalt, hvilket kan gøre grundvandet uegnet til drikkevand.

Med hensyn til værdisætningsmetoder kan der principielt skelnes mellem følgende metoder, som er funderet i økonomisk velfærdsteori:

- Markedsomsatte goder
(allerede eksisterende markedspriser på effekter/skader)
- Direkte metoder
(interviewbaserede undersøgelser af individers betalingsvillighed)
- Indirekte metoder
(baseres på den eksterne effekts sammenhæng med markedsomsat gode).

Udover disse metoder, som er mest korrekte, da de baserer estimeringen på de bagvedliggende efterspørgselskurver, findes der en række ikke-efterspørgselsbaserede metoder, som f.eks. Avoidance costs og Clean-up costs metoderne. Endvidere benyttes ofte i mangel af bedre den såkaldte benefit transfer metode, hvor værdisætning udarbejdet i én sammenhæng anvendes som estimat i en anden sammenhæng (f.eks. anvendelse af skøn fra andre lande).

De forskellige værdisætningsmetoder egner sig til værdisætning af forskellige typer af skader. Nedenfor er anført hvilke værdisætningsmetoder, der primært

egner sig til en række primære skadeskategorier. Der er alene nævnt de efterspørgselsbaserede metoder.

Værdisætningsmetoder til de forskellige kategorier af skader

Skadekategori	Egnet værdisætningsmetode
Forringet produktivitet	Den markedsbaserede metode Avertive behaviour Defensive expenditure
Forringet sundhed	Den markedsbaserede metode (baseret på Human Capital tilgangen) Contingent valuation
Forringede naturværdier	Rejseomkostningsmetoden Hedonisk prisfastsættelse Contingent valuation
Tab af eksistensværdi	Contingent valuation

Projektet har samlet set vist, at værdisætning af trafikens forurening af jord og grundvand er en meget kompleks problemstilling, og at der på centrale områder mangler den nødvendige viden til at foretage en værdisætning. En fuldstændig værdisætning af trafikens forurening af jord og grundvand er således på grund af omfanget af skader og kompleksiteten næppe realistisk. Der vil derfor være behov for, at værdisætningen af jord og grundvandsforureningen i første omgang begrænses til værdisætning af de mest dominerende skader (eller stoffer) eller til værdisætning af skaderne fra en eller flere forureningskilder.

Med hensyn til foreliggende viden, har projektet vist, at der er god viden om potentielle kilder til forurening og om hvilke typer af skadelige stoffer, der udledes fra vejtrafik og vejanlæg. Der er ligeledes god viden om disse stoffers potentielt skadelige virkninger på mennesker og miljø. Der mangler imidlertid viden om de kvantitative sammenhænge, dvs. hvilke mængder af de pågældende stoffer der udledes, og i hvilket omfang disse stofmængder fører til skader på mennesker og miljø.

Med hensyn til værdisætning foreligger der i dag ikke konkrete bud, men der foreligger relativt veludviklede generelle metoder, ligesom der foreligger estimater for visse effekter, f.eks. værdi af liv eller produktionstab ved sygdom.

Konklusionerne med hensyn til foreliggende viden om vejtrafikens forurening af jord og grundvand er sammenfattet i nedenstående tabel.

Foreliggende viden

	God	Delvis	Ringe
Forureningskilder	X		
Typer af stoffer	X		
Mængder af stoffer udledt			X
Spredning		X	
Eksponering			X
Typer af skader	X		
Skadesomfang			X
Værdisætning		X	

Et værdisætningsprojekt bør derfor tage udgangspunkt i et enkelt eller eventuelt nogle få forurenende stoffer af særlig interesse. Der vil her være behov for at kortlægge sammenhængene mellem udledninger af forurenende stoffer fra trafikken og de deraf følgende skader, hvorefter valg af værdisætningsmetode kan ske. Vidensbehovet for selve værdisætningen vil afhænge af den valgte metode. For den markedsbaserede metode er der f.eks. behov for viden om

markedspriser, mens der for contingent valuation metoden er behov for at gennemføre interviews.

Da forureningen består af mange og forskelligt virkende stoffer, kan det være vanskeligt at afgrænse analysen. Hvis analysen af specifikke stoffer viser betydende omkostninger, kan disse anvendes som minimumsomkostninger i samfundsøkonomiske vurderinger. Hvis analysen imidlertid kun mindre omkostninger, kan det ikke på forhånd afvises, at der alligevel kan være tale om væsentlige omkostninger, da andre stoffer kan have betydning, og da de kombinerede effekter af mange stoffer kan have betydning, selv om de enkelte stoffer kun har mindre betydning.

I forbindelse med yderligere overvejelser om værdisætning af vejtrafikkens forurening af jord og grundvand, vil det være relevant at følge udviklingen i gangværende relevante projekter, som f.eks. EU-projektet POLMIT om vejtrafikkens forurening af jord og grundvand.

Summary

Economic costs from emissions to soil and groundwater from road transport are normally not taken into account in social cost benefit analyses. However, cost benefit analysis is increasingly used as the basis for important policy decisions and it is therefore important that the methods and unit prices included in the framework are as complete as possible.

In this project the possibilities for valuation of emissions to soil and groundwater from road traffic are assessed. Overviews of the characteristics of the pollution, the types of damages to humans and the environment from the pollution, and the methods for valuation are presented in this project.

This pre-project has been undertaken by COWI and financed by the Danish Environmental Protection Agency's technology fund for soil and groundwater.

The aim of this project is to provide a first overview of the problem and the current state of knowledge. It is a quite small project and it is envisaged that the project will be followed by a larger project, which should aim to undertake an actual valuation of the emissions to soil and groundwater from road traffic in Denmark.

Five main sources of pollution of soil and groundwater from the road traffic have been identified:

- Single sources (petrol stations, garages)
- Road traffic (such as exhaust gases, wear of treads, wear of roads)
- Construction and maintenance of roads in general (asphalt coating, base (cinders, tar)) and below this
 - - Prevention of slippery roads (sprinkling with salt, sweeping etc.)
 - - Weed control (pesticides, gas burning)

Other sources can also contribute to the pollution along the road network, for example particles from industrial chimneys, etc. Hence, it is important to distinguish between pollution from the road traffic and other sources.

The most important road traffic emissions/emission groups to soil and groundwater are assessed to include:

- MTBE
- The heavy metal lead (Pb) (from petrol)
- Total PAH, including benzo(a)pyrene
- BTEX
- Total hydrocarbons for the fractions C_6 - C_{10} , C_{10} - C_{25} and C_{25} - C_{35}
- The heavy metals Cd, Cr, Cu, Ni, Zn and Pb
- Chloride (in NaCl)
- Pesticides
- Phthalates.

Some of the above listed substances are no longer emitted, or they are currently being phased out, while others are still emitted. Thus, lead in petrol has been phased out and pesticides are no longer being used for weed control. Further, currently negotiations are taken place nationally as well as internationally to phase out MTBE. Even though no new emissions are being emitted to soil and groundwater, the existing pollution can still cause damages on humans and the environment. Valuations of these damages are therefore relevant for both historical and future emissions. If pollution consists of historic emissions only, then of course no need for regulating the demand exists, and no costs should be added to the price to internalise social costs. However, the social costs are still relevant for evaluating whether to clean or remove the polluted soil or to reduce the impacts from the pollution.

The above mentioned emissions can lead to damages on the health of humans and animals, failure of the crops, deterioration of the biodiversity and deterioration quality of soil and water. It is assessed that the most important damages are health damages on humans and the deterioration of the groundwater. The emissions can give rise to for example damage on the capability of reproduction, affecting the central nervous system and the immune system, risk of cancer and irritation. The damage and deterioration of the groundwater include deterioration of the taste of drinking water from MTBE and salt, which ultimately can make the water unsuitable for drinking.

As for methods of valuation, in principle the following methods founded in economic welfare theory exists:

- Market valuation of physical effects
(existing market prices for effects/damages)
- Direct methods
(interview based surveys of individual willingness to pay)
- Indirect valuation
(based on the correlation of the external effects with a marketed good)

The above methods are founded in economic welfare theory and are therefore most appropriate because they base the estimation on the demand curve for the effect. Besides these methods, a number of approximate valuation techniques exists. For example the Avoidance costs and Clean-up costs techniques. These techniques however, do not base the estimation on the demand curve. Finally, the so-called Benefits Transfer approach is often used for valuation. Benefits transfer apply a data set (valuation) developed for one particular use to another context (such as using estimates from other countries).

The various valuation methods are appropriate for different kinds of impacts. Below the valuation method appropriate for particular damage categories are pointed out. Only the methods based on the demand curve are mentioned.

The appropriate valuation methods for various damage categories

Damage category	Appropriate valuation method
Reduced productivity	The market based method Avertive behaviour Defensive expenditure
Damage to health	The market based method (based on the Human Capital approach) Contingent valuation
Deteriorated amenity	Travel costs Hedonic pricing Contingent valuation
Loss of existence values	Contingent valuation

The project has shown that the valuation of soil and groundwater pollution from road traffic is very complex, and it has been documented that on central points the information needed to do the valuation is lacking. A complete valuation of all damages from emissions to soil and groundwater from road traffic is therefore not possible at the present time. Therefore, to start, valuation will have to be limited to valuation of the most prominent and dominating damages (or substances) or to valuation of the damages from one or a few sources of pollution.

The project has shown that the level of information regarding potential sources of pollution to soil and groundwater as well as the types of substances and emissions are relatively good. Further, also the potential types of damages from exposure to the substances are well known. However, the quantitative scientific relationships between emission and exposure and exposure and damage have been very poorly described.

As for valuation today no overall estimates exist. However, relatively well developed methods for valuation are available just as estimates for certain specific effects and damages exist, such as value of life or lost productivity.

The conclusions regarding the level of knowledge about pollution of soil and water from road traffic have been summarised in the table below.

Available knowledge

	Good	Partly described	Poor
Sources of pollution	X		
Types of emissions and substances	X		
The quantities emitted			X
Spreading		X	
Exposure			X
Types of damages	X		
Level of damage			X
Valuation		X	

A valuation project should therefore be limited to one or a few polluting substances of particular interest. There seems to be a need for better knowledge regarding the quantitative scientific relationships between emission and exposure and exposure and damage. When this information is available, the appropriate valuation method for each damage category can be pointed out. The need for information for each valuation will depend on the method chosen. Thus, the market based method calls for information about market prices, while the contingent valuation method involves undertaking a survey.

Since the pollution consists of many substances with very different effects, it may be difficult to limit the analysis. If the analysis of specific substances shows significant costs, then the cost estimate may be used as a minimum estimate in social cost benefit analyses. However, if the analyses shows insignificant

nificant costs, then it can not be concluded that the costs associated with pollution from traffic to soil and groundwater are low, because other substances not yet analysed may have significant costs or because the combined effect of a number of substances could turn out to be significant.

For future work on the topic the development in relevant on-going project as for example the EU project POLMIT about soil and groundwater pollution from road traffic should be followed closely.

1 Indledning

Både i Danmark og EU er det yderst sjældent at trafikens påvirkning af jord og grundvand medtages i økonomiske analyser af trafikprojekter, trafikpolitik, mv. I Danmark anvendes Vejdirektoratets samfundsøkonomiske metode og de trafikøkonomiske enhedspriser, der benyttes i denne sammenhæng, omfatter således de traditionelle parametre som luftforurening, ulykker og støj, men ikke forurening af jord og grundvand forårsaget af trafik. En tilsvarende afgrænsning ses i EU.

I Danmark baserer vi vores vandforsyning på grundvand. Det betyder dels, at trafikens forurening af jord og grundvand kan vise sig at være en væsentlig omkostning, som bør medregnes i samfundsøkonomiske analyser på trafikområdet, dels at eventuelle erfaringer fra andre lande om værdisætning af denne type forurening ikke nødvendigvis kan overføres direkte til Danmark.

Miljøstyrelsens Transport- og Luftkvalitetskontor og Jord- og Grundvandskontor har på denne baggrund iværksat et arbejde, som skal lede frem til, at de samfundsøkonomiske omkostninger forbundet med trafikens forurening af jord og grundvand opgøres, således at de fremover kan indgå på lige fod med øvrige eksterne omkostninger i samfundsøkonomiske analyser på trafikområdet, f.eks. med hensyn til erstatningsstoffer for MTBE, kørselsafgifter på veje, afgifter på miljøvenlige biler og lignende.

I første omgang har Miljøstyrelsen iværksat et forprojekt, der har til formål at give en samlet oversigt over metoder til værdisætning af dansk vejtrafikforurening af jord og grundvand. Et eventuelt projekt i forlængelse af forprojektet får med stor sandsynlighed som mål at give et samlet bud på en værdisætning af vejtrafikens konsekvenser for jord og grundvand i Danmark.

Forprojektet er gennemført af COWI, og nærværende rapport er en afrapportering heraf.

I forprojektet gives et overblik over:

- Vejtrafikens forurening af jord og grundvand og deraf følgende skader
- Foreliggende viden og muligheder med hensyn til værdisætning

Under det første punkt kortlægges kilder til jord- og grundvandsforurening, typer af forurenende stoffer, samt typer af skader på mennesker og miljø som følge af forureningen. Under det andet punkt kortlægges relevant viden om værdisætning, og de forskellige værdisætningsmetoders relevans for forskellige typer skader vurderes.

Projektet er gennemført i perioden december 2001 til april 2002.

Der har til projektet været nedsat en følgegruppe, som har bistået med faglig sparring og informationer om kilder, m.v. til projektet. I følgegruppen har deltaget:

Pia Berring, Miljøstyrelsens Transport- og Luftkvalitetskontor (formand)
Lars Olsen Hasselager, Miljøstyrelsens Transport- og Luftkvalitetskontor
(stedfortræder for Pia Berring under dennes orlov)
Christina Burkal, Miljøstyrelsens jordforureningskontor
Lisbeth Strandmark, Miljøstyrelsens økonomikontor
Katja-Birr Pedersen, systemanalyseafdelingen, DMU
Kim Winther, Energistyrelsen
Flemming Clausen, Vejdirektoratet
Gitte Falstrup, Vejdirektoratet
Anne Ohm, COWI
Lena Nilausen, COWI

Der har været afholdt to møder i følgegruppen, i henholdsvis januar og marts 2002.

Rapporten indledes i Kapitel 2 med en beskrivelse af problemstillingen, dvs. sammenhængen mellem vejtrafik, forurening, skader og samfundsøkonomiske omkostninger. Dernæst gives i Kapitel 3 en oversigt over kilder til jord- og grundvandsforurening og typer af forurenende stoffer fra vejtrafikken. I Kapitel 4 identificeres de væsentligste skader, som vejtrafikken forurening af jord og grundvand kan give anledning til.

Kapitel 5 indeholder en generel introduktion til værdisætningsmetoder og forskellige værdisætningsmetoder. Dernæst gives en oversigt over danske og udenlandske kilder til værdisætning, og en vurdering af hvilke værdisætningsmetoder der kan være relevante for værdisætning af jord- og grundvandsforurening.

I Kapitel 6 gives herefter en samlet vurdering af perspektiverne for værdisætning af jord- og grundvandsforurening.

Endelig er der i Kapitel 7 og 8 angivet henholdsvis en ordliste og en litteraturliste.

2 Problemstillingen

Samfundsøkonomiske metoder anvendes i stadig stigende grad i forbindelse med samfundsmæssige beslutninger, hvor der er behov for overblik og en systematisk præsentation af effekter af påtænkte tiltag. Det gælder såvel mere overordnede nationale tiltag, som mere konkrete anlæg eller investeringer. Det er derfor vigtigt, at de metoder og enhedspriser, der anvendes, er så korrekte og dækkende som muligt.

Ved samfundsøkonomiske vurderinger af eksterne effekter af dansk vejtrafik eller dansk vejinfrastruktur anvendes oftest Vejdirektoratets Trafikøkonomiske Enhedspriser. Effekter for jord og grundvand har hidtil ikke indgået i dette prissæt, og som følge heraf har sådanne effekter sjældent været inddraget i samfundsøkonomiske beregninger.

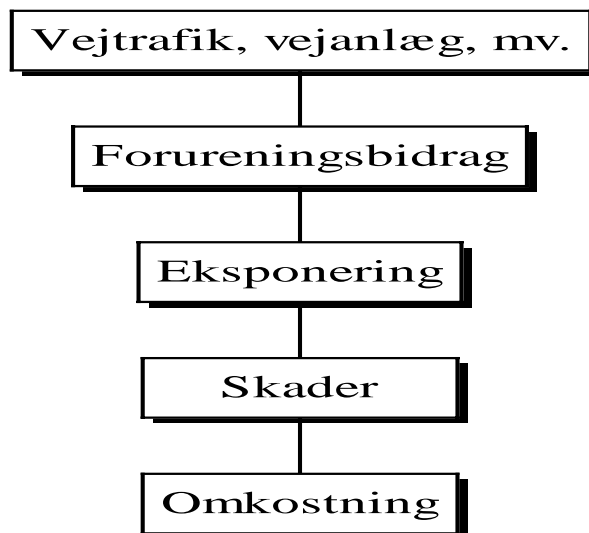
Der kan skelnes mellem to hovedtyper af beslutningsgrundlag, hvor værdisætning af vejtrafikkens forurening af jord og grundvand er relevant.

Den ene er generelle trafikpolitiske overvejelser, som for eksempel samfundsøkonomisk vurdering af vejinvesteringer eller kørselsafgifter på veje, hvor jord- og grundvandsforureningen bør indgå på lige fod med andre eksterne omkostninger fra vejtrafikken. Her er der typisk behov for generaliserede omkostninger, f.eks. kr. per køretøjskm. De forureningstyper, som her er relevante, er stoffer der aktuelt udledes, idet det er her, der er mulighed for at påvirke adfærden ved at internalisere de eksterne omkostninger.

Den anden er beslutningsgrundlag i forbindelse med konkrete tiltag, der skal reducere vejtrafikkens forurening af jord- og grundvand, f.eks. påbud om erstatningsstoffer, anlægskrav i forbindelse med bortskaffelse af forurenede jord eller geografisk specifikke tiltag. Her vil omkostningerne til tiltaget skulle sammenholdes med benefits i form af reducerede gener og skader fra trafikens jord- og grundvandsforurening. I denne sammenhæng kan både den aktuelle og den historiske forurening af jord og grundvand være relevant. For eksempel vil omkostninger til at rense jord inden genanvendelse kunne sammenholdes med benefits i form af reducerede skader fra historisk forurening.

Ved analyse og værdisætning af de negative effekter fra trafikken, som eksempelvis forurening af jord og grundvand, er det hensigtsmæssigt at opdele de samlede effekter i en kæde af årsager. I analyser af luftemissionerne er de principielle årsagssammenhænge godt belyst, og forståelsesrammen herfra kan med fordel overføres til problemstillingen med forurening af jord og grundvand. I figuren nedenfor er årsagskæden fra vejtrafikkens forurening af jord og grundvand til samfundsøkonomiske omkostninger således opdelt i fem led, inspireret af forståelsesrammen og definitionerne i *"Sundhedsmæssig vurdering af luftforurening fra vejtrafik"*, Miljøprojekt 352, Miljøstyrelsen 1997¹.

¹ Se også: Transportens eksterne omkostninger Miljøprojekt nr. 619, 2001 (20-8-01)



Figur 2.1: Værdisætning af jord- og grundvandsforurening fra dansk vejtrafik

Forståelsesrammen betegnes også som "impact pathway" tilgangen. Figuren illustrerer den principielle sammenhæng ved værdisætning af jord- og grundvandsforurening fra vejtrafikken: *Vejtrafik og vejanlæg, mv.* giver anledning til *forureningsbidrag* til jord og grundvand som miljøet og befolkningen (direkte eller indirekte) *eksponeres* for, hvilket giver anledning til *skader*, der medfører *omkostninger* for samfundet. For hvert led i kæden kan viden om årsagssammenhæng kombineres med viden om graden af belastning. Omkostningerne kan beregnes samlet eller marginalt.

I *princippet* kan man således beregne de samlede omkostninger af dansk vejtrafikks forurening af jord og grundvand på basis af selvstændige analyser af de enkelte elementer i denne årsagskæde. I praksis er sammenhængene imidlertid uhyre komplekse, og den eksisterende viden næppe tilstrækkelig. Selvom tilgangen måske ikke er direkte anvendelig som metode til værdisætning af vejtrafikens forurening af jord og grundvand, er det imidlertid væsentligt at holde sig de grundlæggende sammenhænge for øje. Blandt andet er det væsentligt i forbindelse med præsentation af samfundsøkonomiske analyser, at effekter, som ikke kan værdisættes, beskrives kvalitativt eller kvantitativt i det omfang det er muligt.

3 Kilder og stoffer

3.1 Kilder til jord- og grundvandsforurening

Kilder til jord- og grundvandsforurening fra vejtrafikken kan deles op i 5 hovedkilder:

- Punktkilder (tankstationer, værksteder mv.).
- Vejtrafik, som omfatter både diffus forurening i form af emissioner fra udstødning, dækafslid, vejafslid, undervognsbehandling, rust, maling etc., samt punktkilder i forbindelse med spild af olie fra bilmotorer etc., spild i forbindelse med trafikulykker og tankuheld mv. Vejtrafikken kan fordeles på lette køretøjer samt lastbiler og busser over 3,5 tons. Forurening fra vejtrafikken kan endvidere fordeles ud fra anvendelsen af brændstoftype: Benzin- eller dieseldrevne køretøjer².
- Anlæg og vedligeholdelse af veje (asfaltbelægning, bærelag under veje (slagge, tjære, brugt myremalm fra kulgasværkerne, flyveaske mv.)). Diffus forurening forårsaget af regnvandsudvaskning af asfaltbelægning og vejstøv etc. Håndtering af fejemøg. Punktkilder i forbindelse med spild ved anlægs- og vedligeholdelsesarbejder. Forurening i forbindelse med anlæg og vedligeholdelse af veje kan opdeles i forureningen langs med og under det eksisterende vejnet samt i forurening i forbindelse med terrænregulering og jordflytninger ved nyanlæg eller ved vejudvidelser af eksisterende veje.
- Glatførebekæmpelse (vejsaltning, snefejnning etc.).
- Ukrudtsbekæmpelse (brug af pesticider, gasbrænding, børstning og brug af damp)³.

Foruden de ovennævnte kilder kan der være andre kilder, der kan bidrage til forurening af jord og grundvand langs vejnettet, f.eks. nedfald af partikler fra skorstene, fra igangværende eller tidligere industrielle aktiviteter og fra tilstedeværelsen af gamle fyldlag. Disse kilder indgår ikke i projektet, men i forbindelse med vurdering af de undersøgelsesresultater, der foreligger fra undersøgelser langs veje, vil det ikke altid være muligt entydigt at skelne mellem, hvad der skyldes trafikken, og hvad der kan skyldes øvrige kilder.

Ud fra søgning i danske og internationale databaser har det ikke været muligt at indhente oplysninger om det samlede bidrag fra vejtrafikken til forurening af jord og grundvand med efterfølgende skadeseffekter på mennesker og miljø. Der er derfor alene i det følgende identificeret de væsentligste kilder til og hovedtyper af jord- og grundvandsforurening fra vejtrafikken.

Kilderne til jord- og grundvandsforurening kan deles op i gamle kilder, nuværende kilder samt fremtidige kilder ud fra en vurdering af, hvornår de enkelte

² En eventuel forurening fra brug af biobrændsler indgår ikke i projektet, men fremtidig brug af biobrændsler kan medføre en ændret belastning af jord og grundvand.

³ Fra 2000 er det ikke tilladt for statslige institutioner at anvende pesticider til nogen form for ukrudtsbekæmpelse, og Kommunernes Landsforurening har besluttet et fuldstændigt stop for brug af pesticider til ukrudtsbekæmpelse fra 2003.

stoffer er/bliver anvendt. Brugt myremalm fra kulgasværkerne indeholder bl.a. cyanider og blev tidligere anvendt som bærelag og ukrudtsbekæmpelsesmiddel, og bly fra benzinen er eksempler på gamle kilder til forurening. Benzin og dieselolie er eksempler på både gamle, nuværende og fremtidige kilder til forurening.

3.1.1 Punktkilder

Punktkilderne på tankstationer kan bestå af direkte spild ved tankning samt spild fra rørsystemer og tanke eller indirekte spild i form af udsivning fra olieudskillere og evt. utætheder ved afløb. På tankstationerne håndteres motorbrændstof (benzin og dieselolie) samt i mindre grad motorolie (smøreolie) og sprinklervæske (Miljøstyrelsen, Vejledning nr. 11, 1998).

På servicestationerne findes der ud over salg af brændstoffer også værkstedsfaciliteter med f.eks. smøregrav og vaskehal. Der kan således på servicestationerne være oplagring og håndtering af følgende produkter/produkttyper, som kan være potentielle kilder til jord- og grundvandsforurening: Smøreolie, hydraulikolie, spildolie, rustbeskyttelsesmidler, opløsningsmidler, malingsrester, alkohol- og glycolforbindelser (Miljøstyrelsen, Vejledning nr. 11, 1998).

I Branchebeskrivelse for Autoværksteder udarbejdet af Amternes Videnscenter for Jordforurening (Amternes Videnscenter for Jordforurening, 1997) er der udarbejdet en oversigt over processer, teknologi og miljøbelastning ved aktiviteterne på et autoværksted:

- Mekaniske reparationer
- Karosseriarbejder
- Undervognsbehandling
- Øvrige aktiviteter, bl.a. omfattende påfyldningsanlæg for benzin og/eller dieselolie, automobilvask.

På værkstederne anvendes en lang række forurenende stoffer, hvoraf de væsentligste er:

- Olie (motor-, hydraulik-, gear-)
- Benzin (+/- MTBE)
- Dieselolie
- Rense/affedtningsmidler (vand- eller opløsningsmiddelbaserede)
- Kølervæske
- Bremsvæske
- Rustbeskyttelsesmidler.

Kilderne til jord- og grundvandsforurening fra tank- og servicestationer er kendt og velbeskrevet i mange undersøgelser.

3.1.2 Vejtrafik

Forurening fra vejtrafik omfatter både diffus forurening i form af emissioner fra udstødning, dækafslid, vejafslid, undervognsbehandling, rust, maling etc. Desuden forekommer punktkildeforurening fra spild i forbindelse med trafikulykker og tankuheld mv.

Den *diffuse forurening* består af emissioner fra udstødning, partikler fra udstødning og undervognsbehandling, bremsebelægninger, rust, maling, dækafslid, vejafslid etc.

Den diffuse forurening består overvejende af metaller, phthalater, olieprodukter, benzinkomponenter samt PAH-forbindelser (Miljøstyrelsen, 2002). I forbindelse med vejafslid frigøres også "støv" bestående af finkornet stenmateriale (silikater).

I tidligere undersøgelser er der foretaget vurderinger over transportens udledninger til luft, som bl.a. består af CO₂, NO_x, HC, SO₂, CO, partikler (PM₁₀), benzen, bly mv. (Miljøstyrelsen, 2001a). Partiklerne kan som diffus forurening påvirke jord- og grundvand. Udledningerne til luften er søgt værdisat i diverse undersøgelser, men udledningerne af PAH'er er dog tilsyneladende ikke værdisat i disse undersøgelser. Grænsefladen mellem værdisætning af luftforureningen og værdisætningen af den efterfølgende diffuse forurening af jord og/eller grundvand bør vurderes nærmere.

Punktkildeforureningen fra vejtrafikken består bl.a. af spild af motorolie etc. selv fra forholdsvis nye biler, hvilket bl.a. kan ses af, at parkeringsarealer etableres med olieudskillere.

Ved *trafikulykker* kan der ske spild af væsker i form af motorbrændstof (benzin (+/- MTBE) eller dieselolie), motorolie samt andre olietyper, kølevæske etc., samt spild af partikler i form af mindre dele fra køretøjerne i form af maling/lak, metaldele etc. I forbindelse med oprydningen fra disse uheld vil størstedelen blive fjernet mekanisk fra vejbanerne. Der kan indhentes statistiske oplysninger om antallet af uheld samt om muligt hvilke typer af spild, der forekommer. Miljøbelastningen ved denne type uheld vil være meget afhængig af typen af forurenede stoffer samt de fysiske forhold i området, hvor uheldet er foregået.

Ved *tankuheld* kan der ske spild fra køretøjer, som transporter forurenende stoffer enten i fast eller flydende form. Denne form for ulykker sker forholdsvis sjældent. Der kan indhentes statistiske oplysninger om antallet af uheld samt muligvis hvilke typer af spild, der forekommer. Miljøbelastningen ved denne type uheld vil være meget afhængig af typen af forurenede stoffer samt de fysiske forhold i området, hvor uheldet er foregået.

3.1.3 Anlæg og vedligeholdelse af veje

Vej opbygges i dag med et bundsikringslag på råjordsplanum, herefter et grusbærelag, hvorpå asfaltbelægningen er udlagt. Udviklingen i opbygningen af veje har gennem tiden betydet forskellig brug af materialer til overfladebelægning: Gasværkstjære, tjære eller bitumen. Til bærelag er i tidens løb blev anvendt slagge, tjære, brugt myremalm, flyveaske mv. (Vejdirektoratet, 2001a).

Etablering af en vej omfatter udlægning af materialer, som kan medføre en risiko for det omgivende miljø. Nedbør og mekanisk slid på belægningerne (bl.a. ved fejning med kost) vil medføre en spredning af belægningsmateriale til vejrabatterne. Fejning og sugning med maskine opsuger grus mv. (fejemøj) fra belægningerne. Fejemøj indeholder store mængder kulbrinter og tungmetaller, og undersøgelser indikerer, at kulbrinterne er bitumen (Gitte Falstrup, 2002).

I dag etableres nye motorveje med opsamling af regnvand i lukkede systemer fra kørebanerne, men mange veje udenfor bymæssig bebyggelse har ikke opsamling af regnvand. Spredningen af vejvandet til det omgivende miljø vil afhænge af vejanlæggets udformning samt af hvorledes afledningen af vandet foregår. Ved danske og udenlandske undersøgelser er der påvist høje indhold af bly, cadmium, chrom, nikkel, zink og PAH'er i afløbsvandet samt i sedimenter (Miljøstyrelsen, 1997).

I forbindelse med anlæg- og vedligeholdelsesarbejder kan der ske spild af vejmaterialer eller spild fra de køretøjer/entreprenørmaskiner, som udfører arbejderne.

Nedenfor er forholdene vedrørende glatføre- og ukrudtsbekæmpelse beskrevet separat.

3.1.3.1 Glatførebekæmpelse

Glatførebekæmpelse på det danske vejnet udføres ved en kombination af mekanisk fjernelse af sne med sneplove og koste samt spredning af salt (NaCl), alternativt forebyggende saltning i forbindelse med glatførevarsel. Vejsaltet transporteres til det omgivende miljø ved direkte spredning på vejbanen/rabatter, vindbåren spredning, overfladeafstrømning fra kørebanen og sprøjt på grund af trafikken. Saltet anvendes både i fast og i opløst form: Tørsalt, fugtsalt eller saltlage (Vejdirektoratet - Skov og Landskab (FSL), 2001).

Tilstedeværelsen af klorid i jorden kan bevirke pH-ændringer i jorden, hvorved tungmetaller bliver mere mobile, således at der kan ske en forøget udvaskning af tungmetaller.

3.1.3.2 Ukrudtsbekæmpelse

Ukrudtsbekæmpelse anvendes for at fjerne uønsket plantevækst på eller langs befæstede arealer, hvor vegetation er uønsket af hensyn til belægningernes holdbarhed (f.eks. på arealer hvor belægninger afsluttes med kantsten), af æstetiske hensyn (f.eks. på brostensbelagte arealer) eller for at fjerne uønskede planter, f.eks. bjørneklo. Ukrudtsbekæmpelse kan endvidere anvendes, før asfaltbelægninger udlægges, for at sikre at bærelag og asfaltbelægning ikke ødelægges af uønsket plantevækst (Vejdirektoratet, 2001b og Gitte Falstrup, 2002).

Alternativer til kemisk ukrudtsbekæmpelse er fjernelse af ukrudt mekanisk ved traditionel lugning, ved fejning med stålkost (børstning) eller ved varme, f.eks. anvendelse af damp eller varme. De fleste af de alternative metoder skønnes at have negativ effekt på belægningernes levetid og medfører desuden en frigørelse og dermed spredning af overfladebelægningen til omgivelserne.

Da anvendelse af pesticider til ukrudtsbekæmpelse er under udfasning på offentlige veje, forventes vejtrafikkens bidrag til jord- og grundvandsforurening med pesticider at blive minimeret. I dag anvendes pesticider kun til bekæmpelse af bjørneklo. Tidligere anvendelser af pesticider har dog medført en belastning af det omgivende miljø. Hvis der foretages en opgørelse af forbruget af pesticider fordelt på forbrug ved veje i forhold til forbrug ved andre anvendelser, vil forbruget på vejene sandsynligvis udgøre en forholdsvis lille andel.

3.2 Oversigt over typer af forurenende stoffer

Der er foretaget en litteratursøgning i nationale og internationale databaser med det formål at undersøge, om der foreligger litteratur over vejtrafikens bidrag til jord- og grundvandsforurening.

Der foreligger en del undersøgelser over, hvad der reelt findes i vejrabatjorde, men ud fra disse resultater fås en vurdering af den samlede belastning af rabatjorden, og ikke hvilke bidrag der kommer fra de enkelte kilder.

Vejdirektoratet har deltaget i et EU-projekt "POLMIT- Pollution of Ground-water and Soil by Road and Traffic Sources: Dispersal mechanisms, pathways and mitigation measures". I projektet har i alt 7 lande deltaget, og der er blevet målt på 14 målestationer fordelt i Europa. Ved undersøgelserne skulle der dels udtages jordprøver, dels udtages jordvæskeprøver.

I projektet blev der valgt at analysere for indholdet af:

- Tungmetallerne: Cd, Cr, Cu, Pb, Zn
- Øvrige metaller: Ca, K, Mg og Na.
- Anionerne Cl^- og SO_4^-
- De organiske parametre PAH, NVOC og THC
- pH, ledningsevne, suspenderet stof og vandmængder

Vejdirektoratet har udsendt en foreløbig rapport "Road Directorate 2000. Examination of pollution in soil and water along roads caused by traffic and the road pavement. Danish Road Institute, Report 104, 2000". Den foreløbige konklusion i denne rapport er, at den største påvirkning af vejens nærliggende jord- og vandmiljø skyldes anvendelse af vejsalt om vinteren. Spredningen af de undersøgte parametre fra trafik og veje er på lavt niveau, men der kan dog ses en akkumulering af nogle stoffer i vejens nærmiljø.

Vejdirektoratet v. Knud Pihl, 2002 har oplyst, at der pt. foreligger ikke en samlet afrapportering af POLMIT-projektet. De enkelte lande har endnu ikke udarbejdet den endelige afrapportering.

I Vejdirektoratets rapport "Vejledning i håndtering af jord i og fra offentlige vejarealer. 2001" (Vejdirektoratet, 2001a) anbefales vejrabatjord som udgangspunkt analyseret for indholdet af:

- Total kulbrinter fordelt på fraktionerne $\text{C}_6\text{-C}_{10}$, $\text{C}_{10}\text{-C}_{25}$ og $\text{C}_{25}\text{-C}_{35}$.
- PAH (7 stk., Miljøstyrelsen)
- Tungmetallerne Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn.

Som supplement, afhængig af om der evt. er punktkilder i form af brændstofudslip og/eller andre kemikalier, kan der analyseres for indholdet af BTEX, MTBE eller for de relevante stoffer fra den enkelte punktkilde.

Der foreligger i Danmark mange velbeskrevne undersøgelser af forureningen fra tankstationer og værksteder, samt af forureningen forårsaget af bilulykker og tankuheld.

Der er i Danmark udført en del undersøgelser af den diffuse forurening i vejrabatjorde i forbindelse med vejudvidelser, gravearbejder i rabatjorden samt ved nyanlæg. I litteraturlisten er kun nævnt nogle af disse undersøgelser, idet

der ikke er foretaget en systematisk indsamling af data fra kommuner, amter og Vejdirektoratet.

Analyseparametrene i de enkelte undersøgelser er forskellige, men i alle undersøgelser er der analyseret for PAH. Øvrige analyseparametre er total kulbrinter, As, Cr, Cu, Ni, Pb, Se og Zn. Prøvetagningssteder og prøvetagningsdybder varierer i de enkelte undersøgelser.

Ud fra det indhentede datamateriale kan der ikke drages entydige konklusioner om forureningen langs vejene. Generelt kan dog siges, at forureningen, hvis denne ikke skyldes en fyldrelateret forurening, som oftest er begrænset til 5-10 m fra vejkanterne og til de øverste 10-25 cm jordlag.

Forureningsindholdet i vejrabatjordene afhænger af en række forhold: Vejlæggets udformning, trafikintensiteten og -sammensætningen, alderen på vejen, udformningen af vejafvandingsystemet, andre nærliggende kilder til diffus forurening, fyldrelateret forurening etc.

Amternes Videncenter for Jordforurening udarbejdede i samarbejde med Miljøstyrelsen i 1997 en opsamling af data for diffus forurening fra kommuner og amter. Ud fra datamaterialet er det ikke muligt at skelne, hvilken del af den diffuse forurening, der stammer fra trafikken (Amternes Videncenter for Jordforurening, 1999).

I Miljø- og Energiministeriets bekendtgørelse nr. 655 af 27. juni 2000 om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder er der udarbejdet en liste over analyseparametre i forbindelse med udvaskningstest for de enkelte restprodukter og forurenede jord til genanvendelse.

Tabel 3.1: Analyseparametre i forbindelse med udvaskningstest for restprodukter og forurenede jord til genanvendelse.
(Miljø- og Energiministeriet. Bekendtgørelse nr. 655 af 27. juni 2000).

Restprodukter og jord	Analyse, faststof	Analyse, eluat
Slagger fra affaldsforbrænding	As, Cd, Cu, Cr (total), Ni, Pb, TOC og Zn	Klorid, sulfat, Na, Ca, As, Cd, Cr (total), Cu, Ni, Pb, Zn. pH og ledningsevne.
Bundaske fra kulfyring	As, Cr, Cu	Sulfat, As, Cu pH og ledningsevne.
For sure asker suppleret med	Cd, Ni og Pb	Cd, Ni og Pb
Flyveaske fra kulfyring	As, Cr, Cu	Sulfat, As, Cu pH og ledningsevne.
For sure asker suppleret med	Cd, Ni og Pb	Cd, Ni og Pb
Forurenede jord	Afhænger af forureningstype	Afhænger af forureningstype pH og ledningsevne

En del af disse restprodukter ligger som underbygning på det eksisterende vejnet.

I Vejledning i Håndtering af forurenede jord på Sjælland, Juli 2001 udarbejdet af amterne på Sjælland og Lolland-Falster samt Københavns og Frederiksberg Kommuner er der krav til at analysere overskudsjord fra veje, rabatjord m.v. for indholdet af olie, PAH, Cd, Cu, Pb og Zn.

En søgning på bl.a. de udenlandske hjemmesider:

- <http://www.caracas.at/> (Conserted Action initiative the Environmental and Climate Programme of the European Commision DG XII)
- <http://www.cordis.lu/> (EU, Community Research & development Information Services), herunder også COST (European Co-operation in the field of Scientific and Technical Research)
- <http://www.riskworld.com/> (news and views on risk analysis, risk assesment, risk managenment)
- <http://www.vv.se> (Vägverket)

har givet meget begrænset resultat om forurening af jord og grundvand fra vejtrafik.

Transportøkonomisk Institut (TØI) i Norge har udarbejdet en miljøhåndbog, hvor der er bl.a. er givet en beskrivelse af, hvilke stoffer fra vejtrafikken der medfører forurening af jord og grundvand, men der er kun meget begrænsede oplysninger om mængder af de forurenende stoffer (Trafikøkonomisk Institut (TØI), 2000).

Det svenske Vägverkets hjemmeside (www.vv.se) har nogle oversigtsbetragtninger over mængder af forurenende stoffer, bl.a. slitage af ca. 365.000 tons vejmateriale årligt samt slitage af ca. 9.600 tons dækmaterialer pr. år. Der er ikke umiddelbart foretaget en kvantificering af den tilhørende mængde af PAH og tungmetaller.

Jord- og grundvandsforurening fra vejtrafikken langs veje kan betyde:

- en direkte eksponering af mennesker, dyr og vegetation
- en indirekte eksponering af mennesker, dyr og vegetation via grundvand
- en eksponering af mennesker, dyr og vegetation på grund af jordflytninger i forbindelse med nyanlæg af veje samt vejudvidelser.

De forurenende stoffer nævnt i dette afsnit kan stamme fra en eller flere af de potentielle kilder til jord- og grundvandsforurening fra vejtrafikken.

Det foreliggende materiale giver ikke umiddelbart mulighed for at kvantificere, hvor stor en andel de enkelte potentielle kilder reelt bidrager med. På baggrund af ovenstående gennemgang og til brug for det videre arbejde med værdisætning af vejtrafikkens forurening af jord og grundvand, vurderes det dog, at nedenstående stoffer/stofgrupper har den største relevans for værdisætning af trafikens jord- og grundvandsforurening:

- MTBE
- Tungmetallet Pb (fra benzin)
- Total PAH'er, herunder benz(a)pyren
- BTEX
- Total kulbrinter fordelt på fraktionerne C_6-C_{10} , $C_{10}-C_{25}$ og $C_{25}-C_{35}$
- Tungmetallerne Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Pb
- Chlorid (i form af NaCl)
- Pesticider
- Phthalater

For så vidt angår PAH'er og metaller giver de hovedsageligt anledning til spredning til jorden, mens MTBE og chlorid hovedsageligt giver anledning til spredning til grundvandet. De øvrige stoffer/stofgrupper giver anledning til spredning til både jord og grundvand.

Af de ovennævnte stoffer indgår i benzin stofferne MTBE, BTEX og total kulbrinter, hvor den største fraktion af kulbrinter udgøres af C_6 - C_{10} . De øvrige fraktioner af total kulbrinter samt PAH indgår i begrænsede mængder. Bly er tidligere blevet tilsat benzinen, men blev udfaset i 1990'erne.

Af de ovennævnte stoffer indgår i dieselolie stofferne total kulbrinter, hvoraf den største fraktion udgøres af C_{10} - C_{25} og til dels C_{25} - C_{35} . Indholdet af PAH udgør ca. 5% af dieselolien, mens indholdet af BTEX og C_5 - C_{10} indgår i begrænsede mængder (Miljøstyrelsen, 1993).

Reduktionen i belastning kan opnås via ændret adfærd eller substitution/udfasning af uønskede stoffer. Således er bly i benzin som nævnt udfaset. Der tilgår derfor ikke yderligere mængder, men eksisterende forureninger kan fortsat forårsage skader og omkostninger. Tilsvarende gælder for pesticider, som ikke længere anvendes i ukrudtbekæmpelsen på vejene. Med hensyn til MTBE pågår der for tiden forhandlinger nationalt/internationalt om udfasning heraf.

3.3 Datakilder til belysning af forureningsmængder

En yderligere belysning af spørgsmålet om forureningsmængder forudsætter en indsamling af data om mængder for de relevante stoffer. Der er principielt to muligheder for opgørelser af mængder:

- Indsamling og bearbejdning af data over det målte/beregnete indhold af de relevante stoffer i jord og grundvand, som vurderes at stamme fra vejtrafikken alene, f. eks. fra data over indholdet af forurenende stoffer i vejrabatjorde, eller ved mængdevurdering af indholdet af forurenende stoffer i afledt regnvand, f.eks. målinger i afløbsvandet langs eksisterende motorvejsstrækninger med afløbssystemer, ved grøftafvanding etc. Ved vurdering af disse data skal der tages hensyn til den forventede udvikling i jordens og grundvandets indhold af forurenende stoffer ud fra beregninger/skøn over den fremtidige trafikudvikling kombineret med vurderinger af mulighederne for ændret forbrug af de potentielt skadelige stoffer.
- Udarbejdelse eller indhentning af viden om massestrømsanalyser, evt. vurderet ved de tidsmæssige ændringer i forbruget, f.eks. forbrug af brændstoffer, smøre-/motorolier, bremsebelægninger, dæk, salt, etc. Ved massestrømsanalyserne skal det søges kvantificeret, hvor stor en del af forbruget, som kommer ud i miljøet og giver anledning til forurening af jord og grundvand, og hvor stor en del som kan give anledning til skadeeffekter.

Det tidsmæssige perspektiv for udledning af de forskellige stoffer er væsentligt for at vurdere fremtidige mængdebelastninger.

Oplysninger om de enkelte stoffers toxicitet, bionedbrydelighed og biotilgængelighed, mobilitet, skadeeffekter etc. kan indhentes fra de relevante databaser. Nedenfor er nævnt eksempler på disse (Amternes Videntcenter for Jordforurening, 2002):

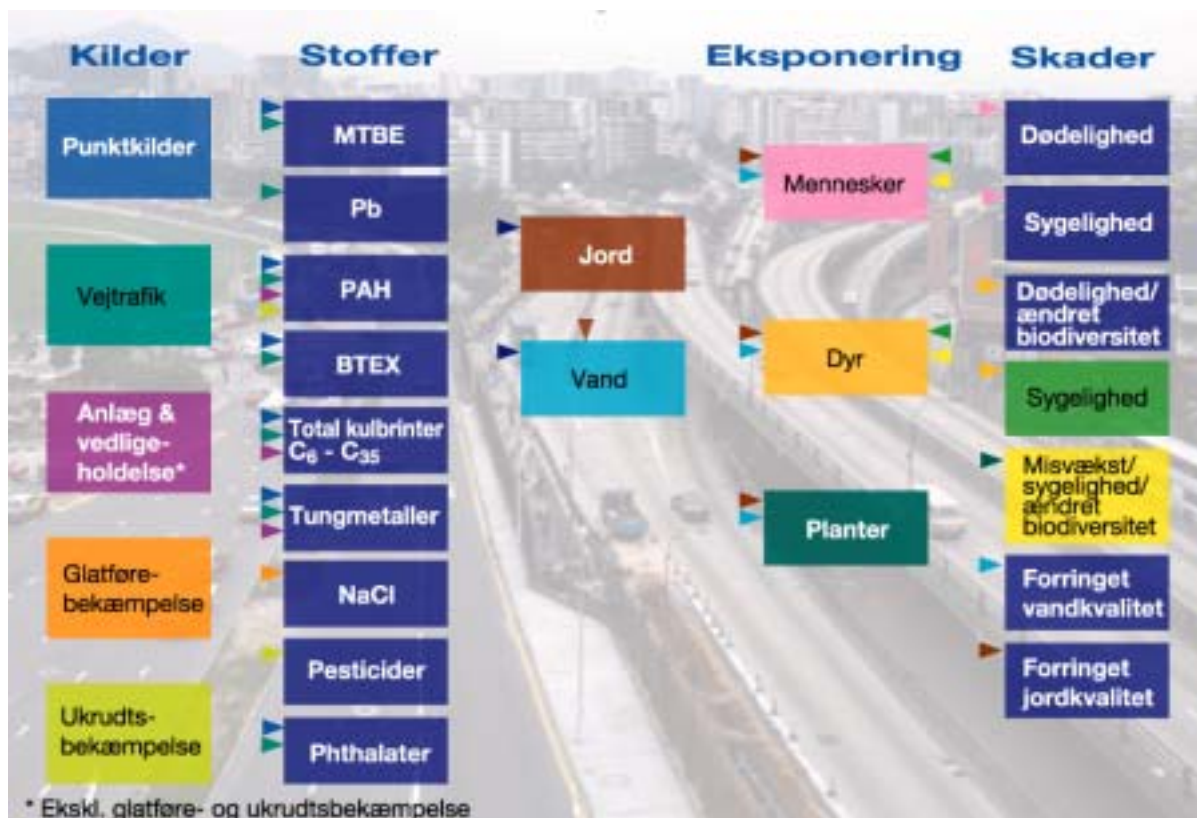
- <http://webbook.nist.gov/chemistry/>. Database over kemiske stoffers fysiske og kemiske egenskaber (NIST Chemistry WebBook). Opdateres af US National Institute of Standards and Technology og indgår i NIST's Standard Reference Data Program.
- <http://www.speclab.com/elements/>. Database med det periodiske system med bagved liggende datablade for grundstofferne. Opdateres af Spectrum Laboratory Inc., Ft. Lauderdale, FL & Savannah, GA.
- <http://www.atsdr.cdc.gov/toxfaq.html>. (ATSDR ToxFAQs - Hazardous Substance Facts Sheets). En samling af datablade som primært dækker udvalgte kemiske stoffers sundhedsmæssige effekter. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry (U.S. Department of Health and Human Services).
- <http://www.epa.gov/ceampubl/ceamhome.htm>. Centre for Exposure Assessment Modelling (CEAM), (US Environmental Protection Agency, US EPA)). CEAM er et center for udviklingsarbejder omkring modelanvendelse ved vurdering af eksponerings- og risikoforhold.
- <http://www.epa.gov/iriswebp/iris/subst/index.html>. En database (Integrated Risk Information System) over sundhedsmæssige effekter ved eksponering af kemiske stoffer i miljøet (US EPA).
- <http://www.epa.gov/docs/envirofw/html/emci/chemref/index.html>. EMCI Chemical References. Indgang til databaser over kemiske stoffer/stofgrupper. Vedligeholdes af US EPA.
- <http://chemfinder.cambridgesoft.com/>. ChemFinder Searching er en søgetjeneste for kemiske stoffer. Cambridges Soft Corporation.
- <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/nceahome.cfm>. National Center For Environmental Assessment (NCFA), (US EPA). USA's nationale videnscenter for risikovurdering, hvor der kan findes vejledninger, publikationer og databasen IRIS (Integrated Risk Information System).
- <http://umbbd.ahc.umn.edu/index.html>. Database (Biocatalysis-Biodegradation Database) over nedbrydningsforløb (biologisk) for kemiske stoffer. University of Minnesota.
- <http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?HSDB>. Hazardous Substances Data Bank (HSDB) er en database, som indeholder oplysninger om bl.a. stoffers toksicitet overfor mennesker og dyr, stoffers skæbne i miljøet. U.S. National Library of Medicine.
- <http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/icstart.html>. International Chemical Safety Cards. En database med bl.a. oplysninger om stoffers kemisk fysiske egenskaber samt stoffer opførsel i naturen. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).

Miljøstyrelsen har indenfor de seneste år anbefalet en række kvalitetskriterier for udvalgte kemiske stoffer. I "*Oprydning på forurenede lokaliteter - Hovedbind*" (Miljøstyrelsen, 1998) med senere justeringer i enkelte af kvalitetskriterierne er der opstillet kvalitetskriterier for jord, grundvand og luft. I "*Bekendtgørelse nr. 871 af 21/9 2002 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg*" (Miljøministeriet, 2001) er der endvidere udarbejdet kvalitetskrav til vand for en række forskellige stoffer.

4 Effekter af forureningen

4.1 Årsagskæden

I figur 4.1 er årsagskæden fra vejtrafikkens forurening af jord og grundvand til skader på mennesker og miljø illustreret mere detaljeret, jf. Impact pathway tilgangen (se tabel 2.1).



Figur 4.1: Kilder til forurening af jord og grundvand samt de afledte skader

I figuren illustrerer pile i samme farve som en kilde, at den pågældende kilde forårsager udledning af det pågældende stof. Se i øvrigt ordlisten for en nærmere forklaring af de enkelte stoffer.

Som det fremgår af figuren er der tale om komplekse sammenhænge, hvor de enkelte kilder hver bidrager med en række stoffer/grupper, som enten direkte eller inddirekte via jord eller grundvand hver især eksponerer mennesker, dyr og planter med forskellige skader som konsekvens. Der kan ske en direkte emission af potentielt skadelige stoffer og/eller en indirekte immission forårsaget af selve trafikken. Befolkningen og dyr/vegetation kan eksponeres direkte eller indirekte af de potentielt skadelige stoffer. Den direkte eksponering kan ske ved kontakt, dvs. indtagelse eller hudkontakt. (Eksponeringen kan også ske ved indånding af støv eller dampe, som imidlertid vedrører luftforurening og derfor ikke er emnet her. Se evt. Miljøstyrelsen, 2001a). Den indirekte eksponering kan ske ved kontakt, efter forureningen har spredt sig til andre miljøer, f.eks. fra jord til grundvand eller efter jordflytning.

Der kan yderligere foretages en opdeling af kilderne punktkilder og vejtrafik, således at der kan gennemføres vurdering af bidrag fra f.eks. lette køretøjer og tunge køretøjer med udgangspunkt i hvilken type drivmiddel, der anvendes, den slidtage der sker på vejbelægnings og de skader/omkostninger, der er forbundet hermed.

4.2 Skader på mennesker og miljø

Eksponeringen af mennesker og dyr/vegetation kan som vist i figuren give anledning til følgende typer af skader på mennesker og miljø:

- Helbredsskader for mennesker (dødelighed og sygelighed)
- Sygelighed og dødelighed for dyr
- Misvækst/sygelighed hos planter
- Forringet vandkvalitet
- Forringet jordkvalitet

Sygelighed og dødelighed hos dyr, misvækst/sygelighed hos planter, forringet vandkvalitet og forringet jordkvalitet kan virke tilbage på menneskers helbred.

De væsentligste skader som trafikken forurener af jord og grundvand medfører, er helbredsskader for mennesker og skader på grundvandet. Disse skader kan yderligere medføre nedsat produktivitet. Dertil kommer skader på biodiversitet og naturværdier, primært i lokalområdet omkring selve vejinfrastrukturen. Derimod vurderes der ikke at være tale om nævneværdige skader på landbrugsproduktionen eller øvrig produktion.

I tabel 4.1 og tabel 4.2 er i forlængelse heraf givet en oversigt over de vigtigste helbredsskader og skader på grundvand, som jord- og grundvandsforurening forårsaget af trafikken, vurderes at give anledning til.

Tabel 4.1: Helbredsskader, eksempler

Stof/stofgruppe	Skade
Bly (Pb)	Sundhedsskadelig Reproduktionssskadelig Påvirkning af centralnervesystemet (indlæringsvanskeligheder hos børn)
PAH'er	Kræftfremkaldende Mutagene Reproduktionssskadelig Giftige Lokal irriterende
BTEX	Kræftfremkaldende Påvirkning af immunsystemet Påvirkning af centralnervesystemet Giftige Lokal irriterende
Total kulbrinter	Kræftfremkaldende Lokal irriterende Påvirkning af centralnervesystemet
Cadmium (Cd)	Sundhedsskadelig Lokal irriterende
Nikkel (Ni)	Kræftfremkaldende Lokal irriterende
Pesticider	Påvirkning af centralnervesystemet
Phthalater	Reproduktionssskadelig Kræftfremkaldende

Kilde: Amternes Videncenter for Jordforurening, 2002.

Tabel 4.2: Skader på grundvand, eksempler

Stof	Skade
MTBE	Smagsforringelse/uegnet som drikkevand
Vejsalt (NaCl)	Smagsforringelse/uegnet som drikkevand

Kilde: Amternes Videncenter for Jordforurening, 2002.

Som eksempel på de komplekse sammenhænge med hensyn til skader og gener forårsaget af trafikens jord- og grundvandsforurening og kan nævnes *brug af vejsalt* i forbindelse med glatførebekæmpelse:

Vejsaltet transporteres til det omgivende miljø ved direkte spredning på vejbanen/rabatter, vindbåren spredning, overfladeafstrømning fra kørebanen og sprøjt på grund af trafikken. Ved eksponeringen kan saltet medføre følgende skader:

- Planter går ud eller lider af misvækst dels på grund af salt på de overjordiske plantedele dels på grund af optag af salt fra jord (en direkte effekt).
- Saltpåvirkningen af jorden kan medføre en mindsket artsdiversitet af planterne (kan både være en direkte eller en indirekte effekt).
- Saltpåvirkningen af jorden kan medføre pH-ændring i jordmiljøet og dermed en øget udvaskning af tungmetaller til grundvandet (en indirekte effekt) eller en ændret planteoptagelse af tilgængelige plantenæringsstoffer.
- Øget saltpåvirkning af jorden kan medføre øget bidrag af salt til grundvandet, hvilket kan gøre grundvandet uegnet som drikkevand, f.eks. en ødelagt grundvandsressource (en indirekte effekt).
- Saltpåvirkningen kan medføre ændringer i ødelæggelse af biotoper, hvilket vil påvirke levevilkårene for større og mindre dyr (kan både være en direkte eller en indirekte effekt).

5 Værdisætning

5.1 Generel introduktion til værdisætning

Markedet betragtes i velfærdsteorien som et mødested for profitmaksimerende virksomheder og nyttemaksimerende forbrugere. Når priserne afspejler de faktiske omkostninger, vil markedet ifølge teorien sikre en optimal ressourcfordeling. Det er imidlertid ofte tilfældet, at kun en del af de samfundsøkonomiske omkostninger betales af brugerne, f.eks. trafikanterne, mens de øvrige omkostninger betales af det øvrige samfund, f.eks. i forbindelse med trafikens forurening. Sådanne øvrige omkostninger for samfundet betegnes eksternaliteter. Ved at internalisere de eksterne omkostninger via f.eks. en afgift, kan mere korrekte prissignaler sendes til markedet. Ligeledes er det væsentligt, at der ved samfundsøkonomiske vurderinger af f.eks. infrastrukturudbygning, medregnes samtlige samfundsmæssige omkostninger, incl. de eksterne omkostninger.

Der er derfor behov for at opgøre de eksterne omkostninger, i nærværende projekt omkostningerne forbundet med trafikens forurening af jord og grundvand.

For nogle af de eksterne omkostninger som jord- og grundvandsforurening fra trafikken medfører, kan der findes tilgængelige markedspriser - eksempelvis prisen for at oprense forurenede jord i forbindelse med ny anvendelse. Forureningen medfører imidlertid også en række skader og gener, der medfører omkostninger for samfundet, for hvilke der ikke eksisterer et direkte marked, hvor disse prifsatses. Det er derfor nødvendigt at anvende en alternativ metode til at udlede værdien. Der findes i dag en række forskellige metoder, som er udviklet til dette formål.

Formålet med værdisætning af ikke-markedsomsatte skader og gener er således at tilvejebringe en værdi, som kan indgå på lige fod med andre priser i økonomiske analyser af trafikprojekter, afgiftspolitik, mv.

Det bemærkes, at det i den samfundsøkonomiske analyse er de marginale eksterne omkostninger, der er behov for. Det betyder, at historisk forurening i princippet ikke er relevant, fordi omkostningerne ved denne forurening ikke kan internaliseres. Den historiske forurening har dog stor betydning for størrelsen af de marginale omkostninger i dag, fordi de marginale skader og dermed omkostningerne ofte stiger med mængden af forurening. Den historiske forurening har endvidere betydning for konkrete oprensningsomkostninger, mv., ligesom det ud fra et finansieringssynspunkt kan overvejes, om f.eks. biltrafikken kan bidrage til finansiering af de samfundsmæssige oprensningsomkostninger.

I afsnittene nedenfor redegøres først kort for forskellen mellem pris og værdi. Herefter gives en kort introduktion til de metoder, der findes til værdisætning af eksternaliteter og andre ikke prissatte effekter, herunder skader og gener fra jord- og grundvandsforurening, samt vurdering af de krav metoderne stiller til data.

5.1.1 Værdi og pris

Det er væsentligt at skelne mellem begreberne pris og værdi. En pris er det beløb, der betales på et marked for et givent gode, og som er et resultat af mødet mellem udbud og efterspørgsel på markedet. Værdien af et gode er derimod det beløb, som en forbruger ville have været parat til at betale for det pågældende gode, eller omvendt det beløb som forbrugeren skulle kompenseres med for at skulle undvære godet og være lige tilfreds. For nogle forbrugere er værdien højere eller lig med prisen, og disse forbrugere vil eventuelt købe godet. For andre forbrugere er værdien lavere end prisen, og disse forbrugere vil ikke købe varen.

For en vare, hvortil der er knyttet eksterne omkostninger, betaler forbrugeren kun markedsprisen, mens den reelle samfundsmæssige omkostning er højere, nemlig svarende til de omkostninger der påføres andre. Disse omkostninger kan være omkostninger, hvor der eksisterer en markedspris, f.eks. mindsket produktion af en vare, og omkostninger, hvor der ikke eksisterer en markedspris, f.eks. forringet sundhed eller tab af biodiversitet. I sidstnævnte tilfælde må man forsøge at værdisætte skaderne på anden vis.

5.1.2 Udledning af enhedspriser

For at kunne udlede en enhedspris eksempelvis pr. km kørt er det nødvendigt at koble værdisætningsestimater for skader med antal kørte km. Det er således nødvendigt at benytte en tilgang, der kobler forureningsbidrag til jord og grundvand fra trafikken med værdien af skaderne.

Impact pathway tilgangen er en tilgang, som på denne måde systematisk kobler en aktivitet med tilhørende forurening (eksempelvis forurening af jord og vand) til "skader og gener" med henblik på efterfølgende værdisætning og opgørelse af en enhedspris (jf. afsnit 2). Tilgangen består som nævnt af en række trin: Emissionsmodellering, sprednings- og eksponeringsmodellering, estimering af den fysiske effekt ud fra "dose-response" sammenhænge og endelig priser for de fysiske effekter.

Impact pathway tilgangen baserer sig på at identificere og udnytte sammenhængen mellem et givent forureningsniveau og de tilhørende fysiske effekter. De fysiske effekter, som eksempelvis skader på menneskers helbred, skal estimeres på baggrund af de fysiske sammenhænge mellem forurening, eksponering og skader. Endelig fastsættes de samlede omkostninger ved en given forurening ud fra værdien af de forskellige skader. Værdien af skaderne kan som nævnt dels være baseret på markedspriser, dels være baseret på værdisætningsestimater for eksterne effekter.

Denne procedure illustrerer, at metoden stiller krav om såvel data om de videnskabelige sammenhænge mellem koncentrationer af stoffer og deres skadevirkninger samt økonomiske data. Det største problem er som regel at estimere spredning og eksponering samt sammenhængen mellem dosis og effekt.

5.1.3 Værdisætningsmetoder

Økonomisk værdisætning sigter på at fastsætte *betalingsvilligheden* (willingness to pay (WTP)) for at undgå en negativ indvirkning eller villigheden for at acceptere (willingness to accept (WTA)) en kompensation for at opleve en

negativ indvirkning. Rationalet bag denne tilgang er, at værdier skal være baseret på *individens præferencer*, hvilket omsættes monetært til individuel betalingsvillighed.

Trafikkens forurening af jord- og grundvand er årsag til en række gener og skader. Når disse skader er identificeret og kvantificeret i fysiske termer, skal de værdisættes. Nogle skader, som eksempelvis skader på afgrøder, kan værdisættes ved at benytte kendte markedspriser, mens der for andre som eksempelvis øget risiko for sygdom og død samt forringelse af miljøet ikke findes priser i markedet. For disse skader og gener er det nødvendigt at benytte en alternativ metode.

Der findes som nævnt en række forskellige metoder, der kan benyttes til at værdisætte ikke-markedsprisfastsatte effekter. Hver enkelt metode er forbundet med forskellige fordele og ulemper og stiller forskellige krav til data. Hvilken metode, man bør vælge, vil således afhænge af den konkrete situation. Dette diskuteres indledningsvist nedenfor, mens de mere konkrete vurderinger i forhold til jord- og grundvandsforurening fra vejtrafik behandles senere.

Værdisætningsmetoderne kan principielt inddeles i følgende kategorier:

- **Markedsomsatte goder**, som baserer sig på værdisætning af effekter ud fra observerede fysiske ændringer i miljøet og allerede eksisterende markedspriser på effekter/skader.
- **Direkte metoder**, som baserer værdisætning direkte på individens tilkendegivelse af betalingsvillighed. Af eksempler på direkte metoder kan nævnes Contingent Valuation og Stated Preference.
- **Indirekte metoder**, som søger at afdække pris ud fra individens handlinger i en given situation, der omfatter en ikke-prisfastsat effekt. Af eksempler på indirekte metoder kan nævnes hedonisk prisfastsættelse (også kaldet husprismetoden), "avertive"⁴ og "defensive"⁵ behaviour og Travel Cost metoden (også kaldet rejseomkostningsmetoden).

Udover ovenstående metoder, som alle har basis i økonomisk velfærdsteori, og som baserer estimationen på de bagvedliggende efterspørgselskurver, findes der en række andre metoder, som bliver brugt til at give approksimative estimater af forskellige slags. Disse metoder betegnes ofte som ikke-efterspørgsels-baserede metoder og omfatter bl.a. Avoidance costs og Clean-up costs metoderne. Disse metoder har det til fælles, at de ikke er baseret på individuelle betalingsvilligheder, som den økonomiske velfærdsteori foreskriver. Metoderne er i stedet alternative tilgange eksempelvis baseret på opgørelse af omkostningerne ved at rense op efter en forurening.

Endelig er en tilgang som kaldes *benefits transfer* de sidste år blevet stadig mere anvendt. Benefits transfer er defineret som "*overførslen af eksisterende estimater af ikke-markedsomsatte effekter til brug i et nyt studie, der er forskelligt for det studie hvori værdierne oprindeligt var estimeret*"⁶. Benefits transfer kan således ikke

⁴ Individens afholdelse af omkostninger for at undgå at en forurening opstår.

⁵ Individens afholdelse af omkostninger for at undgå skader af en opstået forurening.

⁶ Fra OECD, 1995: *the transfer of existing estimates of non-market values to a new study, which is different from the study for which the values were originally estimated.*

betegnes som en egentlig værdisætning metode, men derimod snarere som en pragmatisk tilgang til at tilvejebringe værdisætningsestimater til konkret brug.

I det følgende gives en kort beskrivelse af det teoretiske grundlag og den praktiske udformning af de mest udbredte metoder, ligesom det kort diskuteres i hvilken relation, de forskellige metoder særligt har deres styrke. For en beskrivelse af de øvrige metoder samt en mere udførlig beskrivelse af de mest udbredte metoder henvises til Møller, 1996, OECD, 1995 og US EPA, 2000.

5.1.3.1 Markedsomsatte goder

Den markedsbaserede metode benytter, som navnet antyder, en markedsbaseret tilgang til værdisætning af skader. De fysiske effekter værdisættes ud fra priser, som kan observeres direkte i markedet. Det betyder eksempelvis, at skader på afgrøder værdisættes ud fra de aktuelle markedspriser på afgrøderne. Metoden anvendes således ofte i forbindelse med produktions- og forbrugtab.

I princippet kan den markedsbaserede metode ikke karakteriseres som en værdisætningsmetode i sig selv, da metoden benytter eksisterende priser til værdisætningen. Metoden kun kan bruges til værdisætning for en begrænset del af de skader, der opstår som følge af jord- og grundvandsforurening.

5.1.3.2 Contingent valuation (CV)

Contingent valuation ("betinget værdisætning") er et eksempel på en direkte metode, hvor man forsøger at uddrage folks betalingsvillighed direkte gennem interviews. Man kan eksempelvis spørge, hvad folk er villige til at betale for at undgå/reducere forurening fra trafikken omkring deres bolig. Ud fra denne type spørgsmål kan et estimat for værdien af miljøgodet uddrages ved en aggregering af de individuelle betalingsvilligheder. Metoden er i princippet enkel, men den kræver en dataintensiv undersøgelse, som kan være kostbar og tidskrævende. Metoden resulterer i hypotetiske værdier, som ikke afspejler, hvad folk rent faktisk har været villige til at betale, men derimod hvad de hypotetisk vil betale under en række forudsætninger.

En fordel ved contingent valuation analyser er, at alle spørgsmål i princippet kan belyses, og som følge deraf kan alle effekter, inklusiv forurening af jord- og grundvand, i princippet forsøges værdisat ud fra disse metoder. En ulempe er, at individerne ikke oplever konsekvenser af deres svar, hvilket kan betyde, at individerne overdriver/underdriver deres svar i forhold til egne interesser. Det forsøges dog i interviewmetoderne at tages højde for strategiske svar.

I praksis bør CV undersøgelser kun udføres, hvis interviewpersonerne er velinformerede om selve den skade, som forsøges værdisat. Respondenterne skal med andre ord stilles overfor spørgsmål, der har så realistisk et skær som muligt. Netop denne begrænsning er relevant for værdisætning af jord- og grundvandsforurening, da det formentlig ikke er rimeligt at forvente, at almindelige mennesker kan vurdere skadevirkningerne af forureningen.

Fordelen ved de direkte metoder er, at der opnås information om betalingsvilligheden i forhold til et konkret miljøgode, hvilket ikke er tilfældet ved de indirekte metode, hvor folk ikke giver direkte udtryk for deres præferencer.

Metoden er mest egnet, når respondenterne er velinformede om de skader de skal forholde sig til.

5.1.3.3 Hedonisk prisfastsættelse

Ved Hedonisk prisfastsættelse estimeres værdien af et miljøgode ved at udnytte, at andre goder, som er prissat i markedet, indeholder forskellig mængde af miljøgodet. Hermed er miljøgodet implicit værdisat. Metoden baserer sig således på at finde et marked og priser for goder, hvor godet pris også er afhængig af det ikke-markedsomsatte miljøgode. Metoden kan bedst illustreres med et eksempel på værdisætning af forurening på en ejendom med forurennet jord.

Grunde/huse er markedsomsatte, og prisen kan antages at være bestemt som en funktion af en række egenskaber ved grunden/huset. Egenskaberne kan være beliggenhed, alder, størrelse, men også graden af forurening på grunden, som vil påvirke prisen på grunden/ejendommen.

Sammenhængen mellem pris og egenskaber kan beskrives ved hjælp af en såkaldt hedonisk prisfunktion. Idéen bag den hedoniske prisfastsættelse er nu, at hvis man er i stand til at udskille én egenskabs selvstændige indflydelse på prisen på grunden/ejendommen, så har man et udtryk for betalingsvilligheden for denne egenskab. Det vil sige, hvis man kan isolere egenskaben forurening i en prisfunktion for grunde/ejendomme, så har man i princippet værdisat forureningen.

Den hedoniske prisfastsættelsesmetode har typisk været anvendt i forbindelse med værdisættelse af miljøeffekter (støj), som har betydning for prisen på grunde og fast ejendom.

Det vurderes, at konkrete forureninger af jord, som eksempelvis kan stamme fra vejtrafik, i princippet kan værdisættes ud fra den hedoniske metode. Umiddelbart kan en hedonisk prisfastsættelse synes enkel, men i praksis knytter der sig en lang række ulemper og begrænsninger ved metoden til værdisætning af forurening.

Metoden stiller store krav til datamaterialet, da det er nødvendigt at medtage alle de variable, som påvirker huspriser i en regressionsanalyse, som skal bruges til at beregne prisen, for at få isoleret virkningen af forurening fra de andre variable.

Det kan desuden være et problem, at nogle egenskaber i en prisfunktion er mere synlige for forbrugeren end andre og dermed dominerende i prisfunktionen. Det betyder eksempelvis, at det kan være vanskeligt for købere at vurdere konsekvenserne af en given forurening. Individuer kan med andre ord have vanskeligt ved at opfatte kvalitetsforskelle ved forurening, hvilket kan betyde, at forureningen ikke bliver værdisat "korrekt" af de enkelte individer.

I regressionsanalysen, som skal udføres for at udlede prisfunktionen, vil det desuden være et problem, at visse variable vil være positivt korrelerede med forurening, hvilket skaber problemer med multikollinearitet. Jo tættere man kommer på en by, jo højere vil prisen på ejendommen være, men jo større vil sandsynligheden for forurening af jorden formentlig også være. Dette skaber multikollinearitet.

Det største problem, som knytter sig til værdisætningsmetoden, er dog formentligt, at der ved handlen med huse er tilknyttet meget store transaktionsomkostninger. Det betyder, at markedet på intet tidspunkt er i optimal ligevægt (der sker for få handler), hvilket igen betyder, at de forurenede ejendomme ikke nødvendigvis er ejet af de individer, som har den største nytte af ejendommen. Dette bevirker, at man får skæve skøn. Det skal dog nævnes, at der sker for få handler på hele boligmarkedet, hvilket til en vis grad ophæver effekten (de ikke forurenede ejendomme er heller ikke nødvendigvis ejede af de individer, som har den største nytte). Omsætningshastigheden er dog efter al sandsynlighed mindre for de forurenede ejendomme, hvilket vil bevirke, at skønnene for forurenede ejendomme er mere usikre.

Metoden er velegnet, når en miljøparameter spiller en rolle for prisen på en ejendom, og når variationer i "kvaliteten" af miljøparameteren er synlig. Metoden er begrænset til områder, hvor der findes relevante og brugbare markedspriser.

5.1.3.4 Avoidance costs

Avoidance costs eller afværgeomkostninger er i sig selv blot en opgørelse af omkostninger ved at undgå en forurening. Anvendelse af avoidance costs er derfor ikke en metode, der baserer sig på individuel betalingsvillighed. I mangel af bedre har politiske beslutninger om at afholde afværgeomkostninger imidlertid været anvendt som estimat for betalingsvilligheden, idet den politiske beslutning er blevet fortolket som udtryk for den samfundsmæssige betalingsvillighed. Den politiske beslutning om at nedbringe forureningen antages at betyde, at samfundet implicit tillægger gevinsten ved at undgå forureningen mere værdi end omkostningerne for at nedbringe den. Hvis det omvendt gælder, at samfundet ikke har en politisk beslutning om at nedbringe forureningen, så vil en værdisætning ud fra avoidance costs metoden lige såvel kunne resultere i en overestimering som en underestimering af de "sande" omkostninger, og bliver nemt tautologisk.

En politisk beslutning om at undgå en forurening behøver ikke at være samfundsmæssig optimal, hvilket kan påvises i de tilfælde, hvor der findes robuste betalingsvillighedsestimater for de skadevirkninger, forureningen måtte medføre. Der vil med andre ord kunne være situationer, hvor omkostningerne ved at lade en forurening ligge er mindre end omkostningerne ved at fjerne den.

Avoidance cost tilgangen kan eventuelt anvendes, når andre metoder ikke er mulige, og primært til at sikre konsistens mellem de forskellige beslutninger. Det er vigtigt at understrege, at metoden ikke er et udtryk for borgernes betalingsvillighed for et miljøgode, men alene et udtryk for, hvad politikerne har besluttet.

Avoidance costs metoden har været benyttet til værdisætning i Danmark for omkostningerne for luftforurening fra biltrafikken. Således er luftforureningsomkostningerne i Vejdirektoratet trafikøkonomiske enhedspriser bestemt ud fra den såkaldte katalysator-tilgang. I tilgangen er værdisætningen baseret på omkostningerne til katalysatoren sat i forhold til reduktionen i emissioner.

5.1.3.5 Clean-up costs metoden

Ved clean-up costs forstås oprensingsomkostninger forbundet med oprensning af forurening, som har fundet sted. Clean-up costs metoden er på mange måder parallel til avoidance costs metoden. Clean-up costs tilgangen er heller

ikke er baseret på individuelle betalingsvilligheder, som den økonomiske velfærdsteori foreskriver.

Princippet i tilgangen er, at omkostninger til oprensning af en given forurening benyttes som mål for at undgå de negative effekter af forureningen. Idéen bag metoden er, at når "byrden" af en forurening er opstået, så kan de omkostninger, som man vælger at bruge til oprensning af området, til det samme niveau som før forureningen, bruges som et mindste mål for den skade, der ville være opstået.

Ligesom for avoidance costs metoder er dette ud fra et velfærdsøkonomisk synspunkt diskutabelt. Strengt taget er omkostningerne til oprensning aldrig en substitut til skadeomkostningerne.

Hvis der gennemføres en foranstaltning som at fjerne en forurening, gælder der de samme overvejelser som for avoidance costs metoden. Det vil sige, at hvis man i samfundet vælger at oprense givne forureninger pga. en politisk beslutning, så kan oprensningsomkostningerne tages til udtryk for at mindstemål af politisk betalingsvillighed for at undgå skadevirkninger.

5.1.3.6 *Benefits transfer*

I erkendelse af at værdisætning er både dyrt og tidskrævende, har der de seneste år internationalt i stedet været anvendt den såkaldte *benefits transfer*⁷ metode. Benefits transfer er et begreb som dækker over en metode, der estimerer en værdi ved at *overføre* en beslægtet værdi fra et andet studie. Benefits transfer kan også omfatte overførsel af estimater på tværs af lande.

Benefits transfer kan gennemføres på basis af en ekspertvurdering af et eller flere tilgængelige estimater eller på basis af en såkaldt metaanalyse, hvor en række forskellige estimater analyseres systematisk.

Forskere er uenige om, hvorvidt benefits transfer er en anvendelig metode til værdisætning af eksternaliteter og andre ikke-markedsomsatte goder. Skeptikere påpeger, at der er en risiko for, at resultater fra et studie ikke vil være brugbare under andre omstændigheder i et andet studie (Se EU, 2000.). Estimer af eksterne omkostninger er i forvejen ofte usikre, og denne usikkerhed forøges yderligere ved benefits transfer.

Metoden er imidlertid meget anvendt, formentlig i lyset af knappe ressourcer til at gennemføre originale studier. Der gælder en række regler for korrekt anvendelse af benefits transfer. Fremgangsmåden for udførelse af benefits transfer samt forbehold for metodens anvendelig er nærmere beskrevet i EU, 2000.

5.2 Kilder til værdisætning

Med henblik på at afdække det nuværende vidensniveau og muligheder for værdisætning er der gennemført en litteratur- og informationsøgning efter værdisætninger af jord- og grundvandsforurening fra vejtrafik. Da det på forhånd var forventet, at der kun findes meget få eller ingen konkrete prisestimater af jord- og grundvandsforurening fra vejtrafik, har afsøgningen af in-

⁷ Ifølge OECD kan *benefits transfer* defineres som: "*the transfer of existing estimates of non-market values to a new study, which is different from the study for which the values were originally estimated*"

formation sigtet bredt. Således har litteratursøgningen omfattet såvel nationale som internationale kilder, ligesom der er søgt efter kendte værdisætninger af jord- og grundvand, som stammer fra andre kilder end trafik (f.eks. affald eller udslip fra virksomheder).

5.2.1 Danske kilder

Transportens eksterne omkostninger er kortlagt og analyseret i en række danske studier. Det er imidlertid kun få studier, der indeholder egentlige værdisætninger af de eksterne omkostninger. Den vigtigste danske kilde på området er Vejdirektoratet Trafikøkonomiske enhedspriser, som har eksisteret i en lang årrække og løbende er genstand for opdateringer. De Trafikøkonomiske enhedspriser indgår ofte som baggrundsdata ved samfundsøkonomiske analyse af eksempelvis infrastruktur projekter, som er forbundet med ændringer i de eksterne effekter. De Trafikøkonomiske Enhedspriser indeholder værdisætninger på de eksterne effekter luftforurening, uheld, støj, barriereeffekt, mv., men jord- og grundvandsforurening indgår ikke.

Det har ikke været muligt at finde danske kilder med værdisætning af jord- og grundvandsforureninger. I samfundsøkonomiske analyser på transportområdet er effekten af jord- og grundvandsforurening enten helt udeladt eller diskuteres alene kvalitativt (For sidstnævnte, se SAS, 1999 eller Vejdirektoratet, 2000).

En nylig rapport om transportens eksterne omkostninger udarbejdet af DMU for Miljøstyrelsen (Miljøstyrelsen, 2001a) indeholder en oversigt og diskussion af estimater for de eksterne omkostninger for trafikken for danske forhold. Jord- og grundvandsforureninger indgår imidlertid ikke i oversigten og bliver kun sparsomt omtalt⁸.

Det kan på dette grundlag konstateres, at der ikke findes værdisætninger for danske forhold af trafikken forurening af jord- og grundvand.

5.2.2 Internationale kilder

Der findes talrige internationale rapporter, som indeholder oplysninger om værdisætninger på de eksterne omkostninger fra trafikken. Imidlertid er billedet internationalt stort set det samme som i Danmark - i hvert fald når hovedkilderne fra EU og OECD (ECMT) afdækkes.

Som eksempel kan nævnes ECMT fra 1998 "Efficient Transport for Europe - Policies for Internalisation of External Costs", som analyserer forholdene omkring internalisering af transportens eksterne omkostninger og indeholder oversigter over priser for de eksterne effekter. Imidlertid indgår jord- og grundvandsforurening ikke i disse oversigter og behandles ikke i rapporten (ECMT, 1998 side 92).

I en af de seneste internationale rapporter om transportens eksterne omkostninger (INFRAS og IWW, 2000) gælder det ligeledes, at de eksterne omkostninger i forbindelse med jord- og grundvand ikke er medtaget. Der refereres ingen værdisætningsestimater, og problemet diskuteres heller ikke kvalitativt.

⁸ Resultatet af et amerikansk studie Litman, T., 2001: *Transportation cost analysis* omtales dog, se afsnit 5.2.2

En række andre hovedkilder omhandlende eksterne omkostninger fra transporten er afdækket (se litteraturlisten). Imidlertid er billedet for disse rapporter det samme. Jord- og grundvandsforurening er som oftest kun sparsomt behandlet kvalitativt og ikke værdisat.

I en nylig rapport fra ECMT (ECMT, 2001) om fordele ved transport er det bl.a. belyst, i hvilket omfang de forskellige lande i EU medtager de forskellige effekter (positive og negative) af transport i deres samlede vurderinger af et projekt. Rapporten indeholder således en oversigt over hvilke lande, der i deres officielle analyseramme medtager de forskellige eksterne effekter, herunder jord- og grundvandsforurening. Af oversigten fremgår det, at ingen af EU landene medtager prissatte effekter af jord- og grundvandsforurening kvantitativt. Østrig, Finland, Grækenland og Storbritannien medtager effekterne som kvalitative vurderinger og Nordirland, Østrig og Grækenland medtager effekter i multikriterieanalyser, hvor effekterne imidlertid ikke er værdisat.

Generelt er skaderne ved jord- og grundvandsforureninger ikke medtaget kvantitativt i økonomiske analyser, fordi der ikke foreligger værdisætninger af skaderne ved jord- og grundvandsforurening. Man er opmærksom på problemet med forurening af jord og grundvand, men har ikke værdier for omkostningerne.

I det omfattende EU finansierede forskningsprojekt ExternE er eksternaliteterne ved energiforbrug belyst. Formålet med projektet var at lave den første systematiske tilgang til vurdering af de eksterne omkostninger fra produktion og forbrug af energi.

ExternE projektet har adopteret impact pathway tilgangen til kvantificering af de eksterne effekter og de tilhørende omkostninger. I projektet behandles primært de eksterne effekter forbundet med luftforurening, men effekterne af forurening af vand berøres også. Bl.a. refereres resultaterne af en række studier, der har analyseret værdien af højere kvalitet af overfladevand og grundvand (dog ikke fra forureninger fra trafik). Det bemærkes imidlertid, at resultaterne i meget stor udstrækning knytter sig specifikt til det sted, de er opgjort for, og således ikke kan tages til udtryk for de generelle marginale omkostninger (ExternE, 1999b side 359-383).

Helt generelt bemærkes det i projektet, at vurderingen af skader og den tilhørende værdisætning er meget vanskelig ved forurening af vandressourcer. Det fremhæves, at der behøves mere forskning på området.

I Miljøstyrelsen rapport om transportens eksterne omkostninger (Miljøstyrelsen, 2001a) omtales et par udenlandske studier med omkostningsestimater for vandforurening fra vejtrafikken. Bl.a. omtales to canadiske studier; Litman, T., 2001: *Transportation cost analysis* og Bein, P., 1997: *Monetization of environmental impacts of roads*. I studiet af Litman fremhæves det, at kvantificeringen af omkostningerne ved vandforurening er meget vanskelig. Studiet indeholder en liste over estimater for omkostninger for en række konkrete forureninger (bl.a. olieforurening fra Exxon Valdez ulykken), men også af overordnede skøn for de samlede omkostninger i forbindelse med oliespild i USA. Studiet af Bein estimerer ligeledes en værdi på basis af en sammenlignende analyse af eksisterende estimater fra forskellige sammenhænge. Der er ikke redegjort nærmere for udarbejdelsen af estimaterne.

Det er ikke kun transportsektoren, som bidrager til forurening af jord- og grundvand. Affaldsbehandling er ligeledes forbundet med processer, som medfører forurening af jord og grundvand. I år 2000 udførte COWI et projekt for EU, DG Miljø (EU, 2000), som havde til formål at redegøre for eksisterende værdisætninger af eksternaliteter fra deponering og forbrænding af affald. Dette studie belyste bl.a. den daværende viden om forurening til jord og grundvand og tilhørende værdisætninger.

I studiet fremhæves det imidlertid, at sammenhængen mellem emissioner og skader er dårligt belyst, hvilket skyldes, at der mangler viden om spredningen og eksponering og skaderne som følge af eksponering. Men det fremhæves også, at værdisætningerne knytter sig snævert til det specifikke sted, hvilket er en væsentlig begrænsning i forhold til at udlede generelle estimater. Følgende konkluderes i forbindelse med anbefaling af brug af estimater for omkostningerne af jord- og grundvandsforureninger (emissioner): "Due to lack of robust results for valuation of emissions to soil and water, it is currently not possible to cite any cost figures".

Studiet kan således ikke anbefale at benytte nogen værdisætninger generelt. Der refereres resultater af en række studier, som har forsøgt at værdisætte omkostningerne ved forurening af jord- og grundvand. Det fleste af disse kilder har imidlertid estimeret omkostningerne for udslippene perkolat (vand som trænger gennem affaldet i et deponi) direkte udtrykt som en omkostning pr. ton affald deponeret, hvilket ikke er interessant i forhold til forureningen fra trafik. To kilder (Tellus Institut, 1992 og ECON, 1995) indeholder værdisætningsestimater af emissioner til jord- og grundvand. Estimaterne er udledt ved hjælp af såkaldte "miljøindeks" kombineret med et omkostningsestimat for en enkelt basisemission (bly). Miljøindekset afspejler de forskellige emissioners toksicitet, sundhedsskadelige virkninger og negative effekter på økosystemet i de forskellige elementer. Der er imidlertid metodemæssige problemer forbundet med estimaterne. Tellus baserer ikke sit estimat på en velfærdsteoretisk tilgang, men anvender såkaldte kontrolomkostninger, dvs. omkostninger som myndighederne har valgt at afholde for at undgå en forurening (svarende til avoidance costs).

Det må således konstateres, at der internationalt kun findes meget få data om værdisætning af skader og gener fra jord- og grundvandsforurening, og at disse næppe umiddelbart vil kunne overføres til danske forhold.

5.3 Vurdering af metoder

I dette afsnit diskuteres og vurderes de forskellige værdisætningsmetoder i forhold til jord- og grundvandsforurening fra vejtrafik.

5.3.1 Kategorisering af skader

I forbindelse med valg af værdisætningsmetoder kan der skelnes mellem følgende hovedtyper af skadeseffekter⁹:

- Forringet produktivitet
- Forringet sundhed
- Tab eller forringelse af naturværdier
- Tab af eksistensværdi

⁹ Se OECD, 1995.

Et eksempel på en effekt/skade, som medfører "forringet produktivitet", er reduceret jordkvalitet, som forringer det potentielle høstudbytte for et landbrug.

Forringet sundhed opstår f.eks., når et menneske eksponeres for forurennet jord, som medfører øget risiko for sygdom eller død.

Tab eller forringelse af naturværdier opstår f.eks., når forurening af jord medfører skader på vegetationen, som reducerer den rekreative eller visuelle værdi af et naturområde.

Eksistensværdi er en såkaldt ikke-brugsværdi (non-use value), dvs. værdi som individer tillægger f.eks. et miljøgode på trods af at de ikke konkret anvender eller har til hensigt at anvende det. Et eksempel på en skade, som forårsager tab af eksistensværdi kan være, at et naturområde ødelægges.

Skader og gener fra trafikens jord- og grundvandsforurening omfatter som nævnt tidligere primært:

- Helbredsskader for mennesker (dødelighed og sygelighed)
- Sygelighed og dødelighed for dyr
- Misvækst/sygelighed hos planter
- Forringet vandkvalitet
- Forringet jordkvalitet

Heraf skønnes de vigtigste som nævnt at være helbredsskader for mennesker med deraf følgende nedsat produktivitet, samt skader på grundvandet. Dertil kommer skader på biodiversitet og naturværdier, primært i lokalområdet omkring selve vejinfrastrukturen.

I tabellen nedenfor er skader og gener i forbindelse med trafikens jord- og grundvandsforurening koblet med de hovedtyper der skelnes mellem til brug for værdisætning:

Tabel 5.1: Kategorisering af skader fra trafikens jord- og grundvandsforurening

Skader/gener fra trafikens forurening af jord og grundvand	Forringet produktivitet	Forringet sundhed	Forringede naturværdier	Tab af eksistensværdi
Øget sygelighed og dødelighed for mennesker		X		
Øget sygelighed og dødelighed for dyr	X		X	X
Misvækst/sygelighed for planter	X		X	X
Forringet vandkvalitet	X		X	X
Forringet jordkvalitet	X		X	X

Der bør skelnes mellem direkte og indirekte effekter i tabellen. Øget sygelighed og misvækst hos planter værdisættes f.eks. som forringet produktivitet, forringede naturværdier og tab af eksistensværdi, mens de eventuelle helbredsmæssige effekter af at indtage forurenede planter værdisættes som forringet sundhed.

5.3.2 Metoder til værdisætning af forskellige typer af skader

Som nævnt er forskellige metoder bedst egnet til værdisætning af forskellige typer af skader. For hver af de fire skadeskategorier beskrevet ovenfor er der i tabellen nedenfor identificeret de metoder, som bedst egner sig til værdisætning af den pågældende type skade.

Tabel 5.2: Værdisætningsmetoder til forskellige kategorier af skader

Skadekategori	Egnet værdisætningsmetode
Forringet produktivitet	Den markedsbaserede metode Avertive behaviour Defensive expenditure
Forringet sundhed	Den markedsbaserede metode (baseret på Human Capital tilgangen) Contingent valuation
Forringede naturværdier	Rejseomkostningsmetoden Hedonisk prisfastsættelse Contingent valuation
Tab af eksistensværdi	Contingent valuation

Da de ikke-efterspørgselsbaserede værdisætningsmetoder ikke er baseret på individuelle betalingsvilligheder, som den økonomiske velfærdsteori foreskriver og ikke direkte værdisætter skaderne ved en forurening, men omkostningerne ved at afværge skaden, er de ikke medtaget i tabellen ovenfor.

De ikke-efterspørgselsbaserede metoder er dog stadig relevante i det omfang, at det ikke er muligt at benytte en af de efterspørgselsbaserede metoder. Betingelserne for, hvornår de ikke-efterspørgselsbaserede metoder er relevante, vil blive yderligere diskuteret nedenfor.

For skader, som forringer *produktiviteten*, er det mest oplagt at benytte den markedsbaserede metode, fordi de skader, som sker, er prissat i markedet. Eksempelvis kan omkostningerne ved reduceret høstudbytte opgøres ud fra markedspriserne på de aktuelle afgrøder. Imidlertid kan der også være tilfælde, hvor metoderne "avertive behaviour" og "defensive expenditure" er hensigtsmæssige at benytte. Det gælder f.eks., når man kan observere at der bliver brugt ressourcer på at beskytte sig mod en faktisk eller en potentiel forringelse af miljøet, som vil kunne forringe produktiviteten.

Marginal skadeomkostning vs. marginal omkostning ved afværgeforanstaltninger

Når man skal afgøre iværksættelse af tiltag til reduktion af forurening, er der behov for at kende såvel de marginale skadeomkostninger som de marginale omkostninger for afværgeforanstaltninger.

En given forurening bør nedbringes ved hjælp af afværgeforanstaltninger, så længe de marginale omkostninger ved at iværksætte afværgeforanstaltninger er lavere end de marginale skadesomkostninger. For den resterende forurening er de marginale skadesomkostninger lavere end de marginale afværgeomkostninger, hvorfor det ud fra en samfundsøkonomisk betragtning er efficient at lade forureningen ligge.

Ved værdisætning af *forringet sundhed* eller helbredsskader er det ofte mest hensigtsmæssigt at benytte en kombination af den markedsbaserede metode baseret på en human capital tilgang og den direkte metode contingent valuation.

Ved opgørelse af omkostningerne for øget dødelighed er *værdien af et statistisk liv* den afgørende komponent. Begrebet *statistisk liv* dækker over, at det, som reelt værdisættes, er ændringer i risikoen for dødsfald. Den bedst egnede metode til at opgøre værdien af et statistisk liv er den direkte metode contingent valuation, hvor folk spørges om deres betalingsvillighed for at undgå en vis øget risiko for dødsfald¹⁰. Udover værdien af et statistisk liv er et dødsfald forbundet med direkte udgifter i sundhedsvæsenet samt et nettoproduktionstab, som bedst opgøres ud fra den markedsbaserede metode ud fra tilgængelige markedspriser (eller priser estimeret ud fra sundhedsudgifterne).

Omkostningerne forbundet med øget sygelighed består dels af direkte omkostninger, dels af sygdomsramtes velfærdstab. De direkte omkostninger bør opgøres ud fra den markedsbaserede metode, mens de sygdomsramtes velfærdstab bedst estimeres på baggrund af betalingsvillighedsundersøgelser (contingent valuation). Værdisætningen af sygdomstilfælde er på en række punkter mere kompliceret end værdisætningen af et statistisk liv, fordi det er problematisk at definere det enkelte sygdomstilfælde for de adspurgte. Den mest benyttede kilde for estimater af værdien af sygdomstilfælde er ExternE, som har indsamlet data for betalingsvilligheden for at undgå en række forskellige typer af sygdomstilfælde.

Til værdisætning af skader, som forringer eller ødelægger brugsværdien af *naturværdier*, er de indirekte metoder velegnede. Rejseomkostningsmetoden (velegnet til værdisætning af naturområder) kan bruges til at uddrage betalingsvilligheden ved at analysere omkostningerne ved at rejse til et område, mens den hedoniske metode kan bruges til at uddrage betalingsvilligheden ud fra ejendomspriser. De direkte metoder som contingent valuation er godt alternativ til de indirekte metoder ved værdisætningen af naturværdier.

Værdisætning af *eksistensværdi* er meget vanskelig og kan alene ske ved brug af contingent valuation metoder, da der ikke er noget direkte forbrug forbundet med dette gode. Det kan f.eks. dreje sig om betalingsvillighed for bevarelse af sjældne dyreracer og unik natur for naturens egen skyld.

Ved at kombinere informationerne i tabel 5.1 og tabel 5.2 fremgår, hvilke metoder der egner sig bedst til værdisætning af de forskellige miljøproblemer, som er forbundet med forurening af jord- og grundvand. F.eks. kan man se at forøget risiko for sygdom som følge af jordforurening bedst værdisættes ved hjælp af den markedsbaserede metode samt den direkte metode contingent valuation.

Tabellerne viser imidlertid også, at jord- og grundvandsforurening er en kompleks problemstilling, og at en samlet værdisætning i princippet kræver at der gennemføres en hel række forskellige værdisætninger med udgangspunkt i forskellige metoder. En fuldstændig værdisætning af forureningen er således på grund af omfanget af skader og kompleksiteten næppe realistisk. Der vil derfor være behov for at værdisætningen af jord og grundvandsforureningen begrænses til værdisætning af de mest dominerende skader (eller stoffer) eller til værdisætning af skaderne fra en eller flere forureningskilder.

¹⁰ Der er hidtil blot gennemført et dansk studie af værdien af et statistisk liv (Kidholm, 1995), men på internationalt plan er der gennemført en hel række studier med brug af contingent valuation metoden (se INFRAS and IWW, 2000)

Værdisætning ud fra en af de efterspørgselsbaserede metoder er relativt ressourcekrævende at gennemføre, og det vil derfor ofte ikke være muligt at tilvejebringe værdisætningsestimater, der hviler på en efterspørgselsbaseret metode. I nogle af disse tilfælde vil man være nødsaget til at anvende de ikke-efterspørgselsbaserede metoder som f.eks. avoidance costs eller clean-up cost-metoden.

Ved clean-up cost metoden værdisætter man en forurening ud fra omkostningerne til oprensningen af forureningen. Omkostningerne bruges som et aproksimativt mål for værdien af de skader, som undgås ved at fjerne forureningen. Det forudsættes, at der foreligger en politisk beslutning om, at en given forurening skal oprenses for at undgå de negative effekter af forureningen, og dette tolkes som et udtryk for en politisk betalingsvillighed for at undgå skadesvirkninger.

Anvendelsen af ikke-efterspørgselsbaserede estimater

Estimater baseret på clean-up cost metoden har en klar svaghed, idet estimaterne selvsagt ikke kan bruges i en analyse af, om det ud fra en samfundsøkonomisk betragtning bedst kan betale sig at oprense en given forurening eller lade den ligge. Til dette formål er der brug for efterspørgselsbaseret værdisætning af skaderne.

Foreligger der en konkret politisk beslutning om, at en given type forurening skal oprenses, kan ikke-efterspørgselsbaserede estimater imidlertid benyttes i visse konkrete samfundsøkonomiske analyser af andre politiske beslutninger eller projekter. Det kan dog kun anbefales at bruge disse estimater, i det omfang det ikke er muligt at tilvejebringe estimater, som hviler på en efterspørgselsbaseret metode.

Et konkret eksempel: Antag at der foreligger en politisk beslutning om at benzinfureninger fra trafikuheld skal oprenses. I en samfundsøkonomisk projektvurdering af om man skal bygge en ny vej eller ej kan man nu benytte de forventede oprensningsomkostninger pr. benzinudslip som et mål for værdien af de ekstra benzinudslip, som forventes at ville ske. Man vurderer i dette tilfælde vejudbygningen under bibetingelse af at samfundet har besluttet at benzinfureninger kan betale sig at fjerne. Det er vigtigt at tilføje, at det i princippet ikke er sikkert, at skadesomkostningerne ved at lade forureningen ligge vil være højere end oprensningsomkostningerne, som indgår i analysen.

5.3.3 Prioritering ved værdisætning af jord- og grundvandsforurening

En prioritering af indsatsen med hensyn til værdisætning af jord- og grundvandsforurening bør foretages på baggrund af en samlet vurdering af:

- en vurdering af de forskellige skaders vigtighed
- en vurdering af hvilken information som er tilgængelig eller kan frembringes
- en vurdering af hvor mange ressourcer der er til rådighed.

En væsentlig begrænsende faktor i forhold til værdisætningen er tilvejebringelsen af den nødvendige information.

Generelt gælder, at det som regel er nemmest at tilvejebringe den information, som er nødvendig for værdisætning ud fra den markedsbaserede metode, hvor effekterne opgøres i aktuelle markedspriser. Omvendt kræver de direkte og indirekte metoder, at der indsamles information af individuel karakter. Både contingent valuation og rejseomkostningsmetoden er meget data-intensive,

beror på indsamling af data via spørgeundersøgelser og stiller store krav til forberedelse og behandling af data.

Derudover fordrer opgørelsen af trafikens eksterne omkostninger fra jord- og grundvandsforurening mere end blot værdisætning af skaderne.

For at kunne fastsætte omkostningen pr. km for vejtrafikens jord- og grundvandsforurening er det nødvendigt have kvantificeret viden om emissionsfaktorer, eksponeringsfaktorer, responsfaktorer og værdisætning. Denne information skaber sammenkoblingen i en årsagskæde fra forurening til skadesomkostninger.

I praksis er de indbyrdes sammenhænge i årsagskæden ofte uhyre komplekse, hvilket i princippet betyder, at man skal kortlægge sammenhængen for hvert individ, for hvert stof og for hvert eksponeringsniveau. Imidlertid operationaliserer man ofte sammenhængene ud fra en pragmatisk tilgang, hvor man gør en række antagelser for at få kvantificerede og brugbare sammenhænge for hver emission. Der betyder eksempelvis, at man ofte i praksis benytter nogle grove antagelser som linearitet mv. og beregner omkostningerne ved at gange de fire faktorer: *Emissionsfaktor* \times *Eksponeringsfaktor* \times *Responsfaktor* \times *Værdisætning*.

Selv ud fra de grove antagelser er det imidlertid vanskeligt at kvantificere sammenhængene på basis af den nuværende videnskabelige dokumentation for jord- og grundvandsforurening.

Som tidligere beskrevet er det et problem, at de videnskabelige sammenhænge i årsagskæden ikke er særlig godt belyst. Dette giver i sagens natur nogle væsentlige begrænsninger i forhold til at opgøre en enhedspris for jord- og grundvandsforureningen.

I lyset af at værdisætningsundersøgelser er kostbare at udføre, ser man ofte, at erfaringer fra et projekt overføres og benyttes i andre lignende sammenhænge, ligesom internationale data og ekspertudtalelser bruges i værdisætningsstudier som erstatning for nye undersøgelser. På det seneste er denne overførsel af konkrete værdisætningsestimater sat mere i system under betegnelsen benefits transfer. Problemet på jord- og grundvandsområdet i denne henseende er, at der ikke foreligger relevante internationale bud på en værdisætning. Dertil kommer de metodiske problemer med benefits transfer.

5.3.4 Samlet vurdering

Det vil være en stor udfordring at kvantificere omkostningerne ved jord- og grundvandsforurening, og der er en række begrænsninger for at kunne foretage en værdisætning af jord- og grundvandsforureningen fra trafikken.

For det første er der store mangler i viden om de videnskabelige sammenhænge mellem forurening og skade. I mange tilfælde er det kendt, at et givent stof fører til forskellige skader, men det er ringe belyst, hvor store koncentrationerne skal være før skaderne indtræffer. Desuden er det meget vanskeligt og usikkert at vurdere i hvilken grad receptorer (mennesker, dyr og planter) eksponeres for de forskellige stoffer.

For det andet er det vanskeligt at bestemme præcis hvor meget vejtrafikken bidrager med af den samlede forurening, blandt andet fordi diffus forurening fra andre kilder ligeledes forekommer.

For det tredje er værdisætning af samtlige skader vanskelig og ressourcekrævende. Selv hvis man kender mængden af forurening fra vejtrafikken og kan kvantificere de skader, som opstår som følge af eksponering til forureningen, er det fortsat vanskeligt at opgøre omkostningerne for tab af biodiversitet, forringet grundvandskvalitet, mv.

Endnu en problemstilling, som vanskeliggør kvantificeringen af omkostningerne ved jord- og grundvandsforurening, er, at forureningen fra trafikken akkumuleres i jord og vand. Naturen kan assimilere forureningen op til en vis grænse, men i takt med at forureningen tiltager, vil koncentrationen af stoffer blive så stor, at skader ved eksponering vil indtræffe. Dette betyder, at den marginale skadesomkostning for udslip af et givent stof kan være ubetydelig i en årrække, fordi koncentrationen af stoffet ikke er forbundet med skader. Over tid kan koncentrationen af stoffet imidlertid blive så høj, at selv mindre yderligere udslip forårsager skader og omkostninger for samfundet.

6 Perspektiver for værdisætning

Forprojektet har vist, at værdisætning af trafikens forurening af jord og grundvand er en uhyre kompleks problemstilling, og at der på centrale områder mangler den nødvendige viden til at foretage en værdisætning. Som det fremgår af det foregående, forudsætter en samlet værdisætning af vejtrafikens forurening af jord og grundvand i princippet, at en række metoder må kombineres for at værdisætte de mange forskellige typer forurening. En fuldstændig værdisætning af trafikens forurening af jord og grundvand er således på grund af omfanget af skader og kompleksiteten næppe realistisk.

Der vil derfor være behov for at værdisætningen af jord og grundvandsforureningen begrænses til værdisætning af de mest dominerende skader (eller stoffer) eller til værdisætning af skaderne fra en eller flere forureningskilder.

Forprojektet har ved anvendelse af impact pathway tilgangen endvidere vist, at der er god viden om potentielle kilder til forurening og om hvilke typer af skadelige stoffer der udledes fra vejtrafik og vejanlæg. Der er ligeledes god viden om disse stoffers potentielt skadelige virkninger på mennesker og miljø. Der mangler imidlertid viden om de kvantitative sammenhænge, dvs. hvilke mængder af de pågældende stoffer der udledes, og i hvilket omfang disse stofmængder fører til skader på mennesker og miljø. Det er med andre ord på det foreliggende vidensgrundlag ikke muligt at kvantificere jord- og grundvandsforureningen og de deraf følgende skadelige effekter.

Med hensyn til værdisætning foreligger der i dag ikke konkrete danske bud, ligesom det på det foreliggende grundlag ikke vurderes, at der foreligger udenlandske skøn, som umiddelbart vil kunne overføres til danske forhold. Der foreligger imidlertid relativt veludviklede generelle metoder, ligesom der foreligger estimater for visse effekter, f.eks. værdi af liv eller produktionstab ved sygdom.

Konklusionerne med hensyn til foreliggende viden om vejtrafikens forurening af jord og grundvand er sammenfattet i nedenstående tabel.

Tabel 6.1: Foreliggende viden

	God	Delvis	Ringe
Forureningskilder	X		
Typer af stoffer	X		
Mængder af stoffer udledt			X
Spredning		X	
Eksponering			X
Typer af skader	X		
Skadesomfang			X
Værdisætning		X	

Der vil derfor være behov for at kortlægge sammenhængene mellem udledninger af forurenende stoffer fra trafikken og de deraf følgende skader, jf. figur 4.1 og impact pathway tilgangen. Der vil her blandt andet være behov for at skelne mellem punktkilder og diffus forurening, idet udslip, spredningsforhold og eksponering vil være væsentligt forskellige for henholdsvis punktkilder og diffus forurening. Punktkilder vedrører som beskrevet primært tankstationer og service stationer, oliespild f.eks. på parkeringspladser, trafikulykker og

tankuheld, mens den diffuse forurening vedrører emissioner fra udstødning, dækafslid, vejafslid, undervognsbehandling, rust, maling, mv., samt forurening fra anlæg og vedligeholdelse af veje, glatførebekæmpelse og ukrudtbekæmpelse. Amterne indsender indberetninger til Miljøstyrelsen om forurening fra punktkilder, mens der ikke er tilsvarende oplysninger om den diffuse forurening.

På grundlag af en sådan kortlægning vil typer af skader kunne identificeres, hvorefter valg af værdisætningsmetode kan ske jf. den tidligere oversigt:

Tabel 6.2: Værdisætningsmetoder til forskellige kategorier af skader

Skadekategori	Egnet værdisætningsmetode
Forringet produktivitet	Den markedsbaserede metode Avertive behaviour Defensive expenditure
Forringet sundhed	Den markedsbaserede metode (baseret på Human Capital tilgangen) Contingent valuation
Forringede naturværdier	Rejseomkostningsmetoden Hedonisk prisfastsættelse Contingent valuation
Tab af eksistensværdi	Contingent valuation

På grund af kompleksiteten af problemstillingen og den manglende viden om især de kvantitative sammenhænge bør et værdisætningsprojekt tage udgangspunkt i enkelte eller eventuelt nogle få forurenende stoffer eller kilder af særlig interesse.

Vidensbehovet for selve værdisætningen vil afhænge af den valgte metode. For den markedsbaserede metode er der f.eks. behov for viden om markedspriser, mens der for contingent valuation metoden er behov for at gennemføre interviews.

I forbindelse med yderligere overvejelser om værdisætning af vejtrafikkens forurening af jord og grundvand vil det være relevant at følge udviklingen i gangværende relevante projekter, som f.eks. det tidligere nævnte EU-projektet POLMIT - Pollution of Groundwater and Soil by Road and Traffic Sources: Dispersal mechanisms, pathways and mitigation measures". Såfremt der her fremkommer ny viden om de kvantitative sammenhænge, der som nævnt i dag er dårligt belyst, vil denne kunne bidrage til det videre arbejde med værdisætning af vejtrafikkens forurening af jord og grundvand.

Endvidere påtænker Miljøstyrelsen at igangsætte et projekt om værdisætning af grundvand, som det vil være relevant at følge, med henblik på mulig relevant viden for værdisætning af vejtrafikkens forurening af grundvand.

7 Ordliste

I listen nedenfor er nogle af de anvendte ord og begreber for jord og grundvandsforurening uddybet. Til forklaring er anvendt Miljøordbogen udarbejdet af Amternes Videncenter for Jordforurening, 2001 (www.avjinfo.dk) samt *Vejledning i håndtering af jord i og fra offentlige vejarealer* (Vejdirektoratet, 2001a).

Bly (Pb): Et tungmetal som tidligere blev tilsat benzin i form af *tetraethylbly* til forbrændingsmotorer.

BTEX: BTEX er en samlet betegnelse for Benzen, Toluen, Ethylbenzen og Xylener, som er flygtige komponenter, der bl.a. findes mange i olieprodukter, specielt benzin.

Eluat: Den væske, som siver gennem jord eller affald, i forbindelse med et udvaskningsforsøg.

MTBE: MTBE er en forkortelse for stoffet methyl-tertiær-butylether. Siden midten af 1980'erne har MTBE været tilsætningsstof i benzin med højt oktantal. Stoffet har et højt oktantal og kan erstatte blyforbindelser, og det kan forbedre benzinformbrændingen, så indholdet af kulilte og kulbrinter i udstødningsgassen reduceres.

NVOC: Ikke flygtigt organisk kulstof.

PAH: Poly Aromatiske Hydrocarboner (kulbrinter) indeholdende stabile ring-systemer, som indgår i tjære, olie, tørv og asfalt i varierende mængder og sammensætninger. Visse PAH'er er kræftfremkaldende. Normalt analyseres for følgende 7 stoffer: Flouranthen, benz(b+j+k)flouranthen, benz(a)pyren, dibenz(a,h)anthracen og indeno(1,2,3-cd)pyren (PAH (7 stk. MST)).

Phthalater: Phthalater er plastblødgørere, som bl.a. anvendes i undervognsbehandling. DEHP er et meget benyttet plastblødgøringsmiddel i PVC.

TOC/THC: Total organisk kulstofforbindelser.

Total kulbrinter fordelt på fraktionerne C_6-C_{10} , $C_{10}-C_{25}$ og $C_{25}-C_{35}$: Kulbrinter er kemiske forbindelser, hvori der indgår kulstof og brint. Ved kemisk analyse af kulbrinter opgives resultatet som oftest i forhold til kulbrinternes størrelse (antallet af kulstofatomer (C)):

$C_6 - C_{10}$: Overvejende benzin.

$C_{10} - C_{25}$: Overvejende dieselolie (og let fyringsolie).

$C_{25} - C_{35}$: Olieprodukter, herunder lettere smøreolier.

Tungmetallerne Cd, Cr, Cu, Ni, Zn: Cadmium (Cd), chrom, (Cr), kobber (Cu), nikkel (Ni) og zink (Zn). Tungmetallerne indgår bl.a. som bestanddele i akkumulatører, billak/-maling, metaldele, bremsebelægninger etc.

8 Litteraturliste

8.1 Jord- og grundvandsforurening

Amternes Videntcenter for Jordforurening, 1997: *Branchebeskrivelse for Autoværksteder*. Teknik og Administration nr. 4, 1997.

Amternes Videntcenter for Jordforurening, 1999: *Opsamling af data for diffus forurening*. Teknik og Administration nr. 7, 1999. Udarbejdet i samarbejde med Miljøstyrelsen.

Amternes Videntcenter for Jordforurening, 2002: <http://www.avjinfo.dk/>. Oversigt over links. Stof og risiko.

Gitte Falstrup, Vejdirektoratet og Hardy Andersen, Bornholms Amt, 2000: *Forurening under asfaltbelægningen i to amtsveje på Bornholm*. Dansk Vejtidskrift, november 2000.

Gitte Falstrup, 2002: Personlig oplysning om metoder til ukrudtsbekæmpelse og vejvedligeholdelse i form af fejning. 18.01.2002.

Københavns og Frederiksberg Kommuner, 2001: *Vejledning i Håndtering af forurenede jord på Sjælland, Juli 2001*. Udarbejdet af amterne på Sjælland og Lolland-Falster samt Københavns og Frederiksberg Kommuner.

Marina Bergen Jensen, Lis Wollesen de Jonge og Per Møldrup, Forskningscentret for Skov & Landskab, 2000: *Udgør trafikken er trussel mod grundvandet? Nedsivningsforhold langs motorveje*. Stads- og Havneingeniøren nr. 5, 2000.

Miljø- og Energiministeriet, 2000: *Bekendtgørelse nr. 655 af 27. juni 2000 om genanvendelse af restprodukter og jord til bygge- og anlægsarbejder*.

Miljøstyrelsen, 1993: *Benzin- og dieselolieforurenede grunde*. Miljøprojekt nr. 223, 1993.

Miljøstyrelsen, 1997: *Miljøfremmede stoffer i overfladeafstrømning fra befæstede arealer*. Miljøprojekt nr. 355, 1997.

Miljøstyrelsen, 1998: *Branchevejledning for benzin- og olieforurenede grunde*. Vejledning nr. 11, 1998.

Miljøstyrelsen, 1998: *Oprydning på forurenede lokaliteter - Hovedbind*. Vejledning nr. 6, 1998.

Miljøstyrelsen, 2002: *Kortlægning af diffus jordforurening i byområder. Delrapport 1*. Miljøprojekt nr. 663, 2002.

- Miljøministeriet, 2001: *Bekendtgørelse nr. 871 af 21/9 2002 om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg.*
- Odense Kommune, 2001: *Undersøgelse af jord fra vejarealer.* September 2001. Rapport udarbejdet af COWI A/S.
- Knud Pihl, 2002: *Telefonisk oplysning* den 08.01.2002.
- Reid, J. M.; Clark, G. T. 2001: *The processing of contaminated land in highway works.* Transport Research Laboratory. TRL Report nr. 489.
- Road Directorate, 2000: *Examination of pollution in soil and water along roads caused by traffic and the road pavement.* Danish Road Institute, Report 104, 2000.
- Trafikøkonomisk Institut (TØI), 2000. *Miljøhåndbogen.*
- Vejdirektoratet, 2001a: *Vejledning i håndtering af jord i og fra offentlige vejarealer.* Vejregelforberedende rapport 1, 2001.
- Vejdirektoratet - Skov og Landskab (FSL), 2001. *Planter & Vejsalt.* September 2001.
- Vejdirektoratet, 2001b: www.vd.dk. Jord- og vandmiljø. Tilstand. *Forbrug af pesticider.* Opdateret 20.06.2001.
- Vejdirektoratet, 2002: *Vejdirektoratet/Udvidelse af M10. Rabatjordsundersøgelse. Afrapportering af resultater.* Rapport udarbejdet 14.02.2002 af Hedeselskabet.
- Vejle Amt, 2002: Upubliceret materiale fremsendt 8. jan. 2002 af Jan Ole Zindorff Rasmussen. *Analyseresultater af total kulbrinter, PAH og tungmetaller for jord fra vejnære arealer.*
- Århus Amt, 1997: *Jordforurening langs veje.* Teknisk rapport, Natur og Miljø, Veje og Trafik, Århus Amt, April 1997.
- Århus Kommunale Værker, 2002: Materiale fremsendt 1. feb. 2002 af Inger Holck Gregersen om *3 projekter om undersøgelser af vejrabatjord i Århus Kommune.*

8.2 Værdisætning af eksterne omkostninger

- Bein, P., 1997: *Monetization of environmental impacts of roads,* 1997.
- CAPRI, 1999: *Calculating transport environmental costs,* 1999.
- COWI, 1999: *Luftfartens vilkår i Skandinavien - marginale eksterne omkostninger,* COWI for SAS, 1999.
- ECMT, 1998: *Efficient Transport for Europe - Policies for Internalisation of External Costs,* 1998.

- ECMT, 2001: *Assessing the Benefits of Transport*, 2001.
- ECN, 1996: *External Costs of Transport and Internalisation*, 1996.
- ECON Senter for økonomisk analyse (1995): *Miljøkostnader knyttet til ulike typer avfall*. 1995.
- EU, 1995: *Towards fair and efficient pricing in transport*, COM(95)691 final.
- EU, 1998: *Fair Payment for Infrastructure Use*, COM(98)691 final.
- EU, 1998: *ExternE: Externalities of ENERGY*. Commission of the European Communities (1998), Summary Report [Draft].
- EU, 1999a: *ExternE Externalities of Energy. Vol. IX - Fuel Cycles for Emerging and End-Use Technologies, Transport & Waste*. Commission of the European Communities (1999).
- EU, 1999b: *ExternE Externalities of Energy. Vol. XII - Methodology 1998 update*. Commission of the European Communities (1999).
- EU, 2000: *A Study on the Economic Valuation of Environmental Externalities from Landfill and Incineration of Waste*, COWI for EU, DG Environment, 2000.
- EU, 2001: *European transport policy for 2010 - time do decide*, White paper COM(2001)370 final.
- IER, 1998: *External Costs of Transport*, 1998.
- INFRAS and IWW, 2000: *External Costs of Transport: Accident, Environmental and Congestion Costs of Transport in Western Europe*, March 2000.
- Kristian Kidholm, 1995: *Estimation af betalingsvilje for forebyggelse af personskader ved trafikulykker*, Odense 1995.
- Litman, T., 2001: *Transportation cost analysis*, 2001.
- Miljøstyrelsen, 2001a: *Transportens eksterne omkostninger*. Et litteraturstudie af værdisætningsmetoder mhp. internalisering. DMU for Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 619, 2001.
- SIKA, 2000: *Översyn av förutsättningarna för marginalkostnadsbaserade avgifter i transportsystemet*, 2000.
- Tellus Institute, 1992: *Tellus Packaging Study - Assessing the impacts of production and disposal of packaging and public policy measures*. Tellus Institute, Summary report.
- Vejdirektoratet, 2000: *Trafikal og samfundsøkonomisk vurdering af motorvejsprojekter i hovedstadsområdet*, Notat nr. 82, december 2000.
- UNITE (UNIfication of accounts and marginal costs for Transport Efficiency), information fra hjemmesiden:
<http://www.its.leeds.ac.uk/projects/unite/index.html>

8.3 Samfundsøkonomisk metode

COWI, 1998: *Værdisætning af trafikens eksterne omkostninger - Luftforurening*, COWI for Trafikministeriet.

Finansministeriet, 1999: *Vejledning i udarbejdelse af samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger*, november 1999.

Finansministeriet, 2001: *Miljøpolitikens økonomiske fordele og ulemper*, februar 2001.

Klavs Lindeneg, 1993: *Prioritering & Styring*. 1993.

Miljøstyrelsen, 2001b: *Evaluering af værditabsordningen*, Miljøstyrelsen nr. 7, COWI for Miljøstyrelsen maj 2001.

Flemming Møller, 1996: *Værdisætning af Miljøgoder*. 1996.

OECD, 1995: *Environmental Project and Policy Appraisal: A Manual for Policy Analysts*, Environment Directorate Environment Policy Committee (April 1995).

US EPA, 2000: *Guidelines for Preparing Economic Analyses*. Final report, 2000.