



**Statens vegvesen**

# **VSTØY/VLUFT 6.0**

**Lokal luftforurensning og støy**



**Programdokumentasjon  
VLUFT- og VSTØY-modulene**





## Statens vegvesen

### Programdokumentasjon støy og luftforurensningsberegninger

Oppdragsgiver	Oppdragstaker	ISBN-nummer
Statens vegvesen Vegdirektoratet Utbyggingsavdelingen Miljøseksjonen Jørn Arntsen/Ingunn Milford 22 07 34 64 / 22 07 36 43 <a href="mailto:jorn.arntsen@vegvesen.no">jorn.arntsen@vegvesen.no</a>	Kilde Akustikk Tvildesvegen 16D 5700 Voss  NILU Postboks 100 2007 Kjeller	<b>Rapportnr</b> UTB 2009/03  <b>Arkivnummer</b> 2003/04800

Tittel
Programdokumentasjon støy og luftforurensningsberegninger Documentation for noise and air pollution calculations
<b>Sammendrag</b> Veilederen beskriver teorien og forutsetningene bak modellene for støy og luftforurensningsberegning i dataprogrammet VSTØY/VLUFT. Dataprogrammet distribueres av Statens vegvesen Vegdirektoratet v. Miljøseksjonen.  Veilederen gir innblikk i hvordan støy og forurensning regnes ut, og skal gjøre leseren i stand til å forstå bakgrunnen for tallene samt på egen hånd å vurdere resultater. Eneste endring i versjon 6.0 er endring i utregning av SPI.  <b>Summary</b> This report describes the theoretical basis and the presumptions underlying the noise and air pollution calculations in the computer software "VSTØY/VLUFT". The software is distributed by the Norwegian Public Roads Administration, Directorate of public roads, Environmental strategy division.  The report shows how noise and air pollution are calculated, and enables the reader to evaluate the results. Only available in Norwegian.

Emneord	Subject words
Luftforurensning Støy Beregningsmodell VSTØY/VLUFT Vegplanlegging	Air pollution Noise Calculation model RoadAir/RoadNoise Road planning

# VSTØY/VLUFT 6.0

## Programdokumentasjon støy og luftforurensningsberegninger

Beregningsprogram for støy og luftforurensning fra veg og vegtrafikk

# Forord

Denne veilederen beskriver teorien og forutsetningene bak modellene for støy og luftforurensningsberegning i dataprogrammet VSTØY/VLUFT.

Veilederen gir innblikk i hvordan støy og forurensning regnes ut, og skal gjøre leseren i stand til å forstå bakgrunnen for tallene samt på egen hånd å vurdere resultater.

Veilederen inneholder tidligere utgitt veileder "NILU TR 7/2000 Programdokumentasjon VLUFT versjon 4.4" skrevet og oppdatert med et avsnitt om N<sub>2</sub>O av Dag Tønnesen samt Kilde Akustikk rapport 1065-1 "VSTØY 4.4: Programdokumentasjon" skrevet av Sigurd Solberg. Sistnevnte rapport er i denne veilederen oppdatert av Statens vegvesen i henhold til endringer i VSTØY utført i perioden 2006 – 2008. Endringene gjelder hovedsakelig innføring av måleenheten Lden og bruk av støyplageindeksen SPI, hvor formel for generell plagegrad er endret fra 1,55 (Leq-37) til 1,58(Leq-39,4).

For bruk av VSTØY/VLUFT henvises det til Brukerveileder (UTB 2009/02).

Oslo, mars 2009  
Vegdirektoratet  
Utbyggingsavdelingen  
Miljøseksjonen



Sidsel Kålås  
seksjonsleder



## VSTØY 6.0

### Programdokumentasjon

Denne rapporten er oppdatert mars 2009 i henhold til endringer i VStøy-programmet utført i 2006 - 2008. Endringene gjelder innføring av måleenheten Lden og bruk av støyplageindeksen SPI. Endringene i teksten er utført av Statens vegvesen.

Oslo 31.03.2009

Ingunn Milford,  
Miljøseksjonen

for

---

Vegdirektoratet

Mars 09

TIL  
Vegdirektoratet  
Postboks 8142, Dep.  
33 Oslo

Att.: Ingunn Milford

Tittel

## VSTØY 6.0

Programdokumentasjon

### Forord

Denne dokumentasjonen er skrevet for brukere av VSTØY som vet litt om vegtrafikkstøy, og som ønsker å vite hvilke forutsetninger som ligger inne i modellen. Den kan også være nyttig for dem som har satt seg mer inn i området, og som ønsker å gjøre sammenligninger med andre modeller.

VSTØY-utviklingen er blitt finansiert av Statens forurensningstilsyn og Vegdirektoratet. Programmet er i ulike versjoner blitt brukt blant annet i Transportplanarbeidet for de 10 største byområdene (TP10), i Norsk veg- og vegtrafikplan og i kartlegging for Grenseverdi-forskriften. Siste store revisjon foregikk i 1996, da det støyfaglige grunnlaget ble endret i samsvar med den nye versjonen av Nordiske beregningsmetode for vegtrafikkstøy, som kom det året.

VSTØY har helt fra 1991 vært et samkjørt program med VLUFT, som beregner luftforurensning fra trafikk, og som NILU har utviklet. Programpakken består av modulene VSTØY (støy), VLUFT (luft) og MIKO (miljøkostnader) og kjøres under Windows. Programmene eies av Vegdirektoratet og NILU og vedlikeholdes av SINTEF. En programdokumentasjon for VLUFT 4.4 ble laget av NILU i september 2000. Brukerveileder for VSTØY/VLUFT er laget av Vegdirektoratet.

Utarbeidet av  
Sigurd Solberg (ansv.)  
sigurd.solberg@kilde-akustikk.no (Tlf 5652 0464)

Sign.\*\*

Internkontroll \*  
Bernt Heggøy

Sign.\*\*

\* Faglig gjennomgang av rapporten. Metodikk og forutsetninger. Språk og presentasjon

\*\* Rapportoriginal med signaturer er arkivert hos Kilde Akustikk AS



# INNHold

---

<b>1. SAMMENDRAG .....</b>	<b>4</b>
<b>2. INNLEDNING.....</b>	<b>5</b>
<b>3. BEREGNINGSVERDIER OG DEFINISJONER .....</b>	<b>5</b>
<b>4. STØYEMISJON FRA TRAFIKK.....</b>	<b>7</b>
Stigning .....	8
Støyprognose 1995-2025 .....	8
<b>5. UTBREDELSESDEMPNING.....</b>	<b>9</b>
Mottakerpunktet .....	9
Markdempning .....	11
Skjerming beskrives grovt.....	12
Siktsektor beskrives grovt.....	12
Refleksjon og gaterom.....	12
<b>6. SUM AV FLERE BIDRAG .....</b>	<b>13</b>
<b>7. INNENDØRS STØY.....</b>	<b>13</b>
<b>8. ANTALL PERSONER STERKT PLAGET .....</b>	<b>14</b>
<b>9. USIKKERHETER.....</b>	<b>15</b>
<b>REFERANSER .....</b>	<b>15</b>

## 1. SAMMENDRAG

VSTØY er et verktøy for kartlegging av vegtrafikkstøy på områdenivå. Programmet kan brukes til å analysere et område, en vegstrekning, en bydel eller en større region.

VSTØY følger i utgangspunktet gjeldende Nordiske beregningsmetode for vegtrafikkstøy, men det er gjort en rekke forenklinger i forhold til den komplette metoden. VSTØY tar også hensyn til forventet støymessig utvikling for kjøretøy og bildekk fram til 2025, og beregnet støy er en funksjon av prognoseår i intervallet 1995-2025. Den støymessige utviklingen som beskrives er laget i samarbeid med SINTEF og tar utgangspunkt i både utendørs og innendørs støysituasjon. På det meste (etter 2015) kan støynivået fra en gitt trafikkstrøm bli 1-2 dBA lavere enn i 1995.

VSTØY 6.0 beregner døgnekvivalent støynivå, antall personer som er "sterkt plaget" av støyen inne i boliger og institusjoner, samt støyplageindeksen SPI. VSTØY oppgir resultater for både Leq og Lden, men den sistnevnte er ikke eksakt beregnet. Lden er beregnet ut fra standardverdier for trafikkfordeling ut fra gateklasse og områdetype, og ikke ut fra faktisk informasjon om den enkelte veglenke.

Utendørs støy beregnes på disse punktene grovere enn etter gjeldende Nordiske beregningsmetode:

- skjerming beskrives skjematisk bare med 2 faste verdier: -5 og -10 dBA.
- synlig vegsektor beskrives skjematisk bare med 2 faste verdier: 0 og -5 dBA.
- markdempning beskrives forenklet og konservativt (lite dempning).
- refleksjon fra vertikale flater /gaterom beskrives delvis med faste forutsetninger.

Innendørs støy beskrives grovt, med en fast forutsetning om dimensjoner, romdempning og lukket ventil, og der bare veggtype og vindustype er valgbar.

I forhold til sanne verdier kan VSTØY forventes å gi samlet avvik på opptil +10 til - 5 dB i beregnet utendørs støy og opptil ca +15 til -10 dB i beregnet innendørs støy. De fleste del-usikkerheter trekker beregnet utendørs oppover, det er således riktig å si at VSTØY beregner konservativt, det vil si høyt.

For punkter som ligger uskjermet, med full sikt og i avstand under 40 m fra senterlinje i veg (antatt hovedmengde av det som registreres med metoden), forventes avviket i utendørs støyverdi å ligge innenfor  $\pm 4$  dB.

## 2. INNLEDNING

VSTØY er et verktøy for kartlegging av vegtrafikkstøy på områdenivå. Programmet kan brukes til å analysere et område, en vegstrekning, en bydel eller en større region. VSTØY følger i utgangspunktet gjeldende Nordiske beregningsmetode for vegtrafikkstøy, men det er gjort en rekke forenklinger i forhold til den komplette metoden. På enhetsnivå (ett beregningspunkt, en bygningsenhet) kan usikkerheten i beregningen bli betydelig. VSTØY skal derfor ikke uten videre brukes til enkeltberegninger. Ved samlet presentasjon av mange punkter vil feil i enkeltpunkter midle seg ut, og usikkerheten på områdenivå er liten nok for formålet.

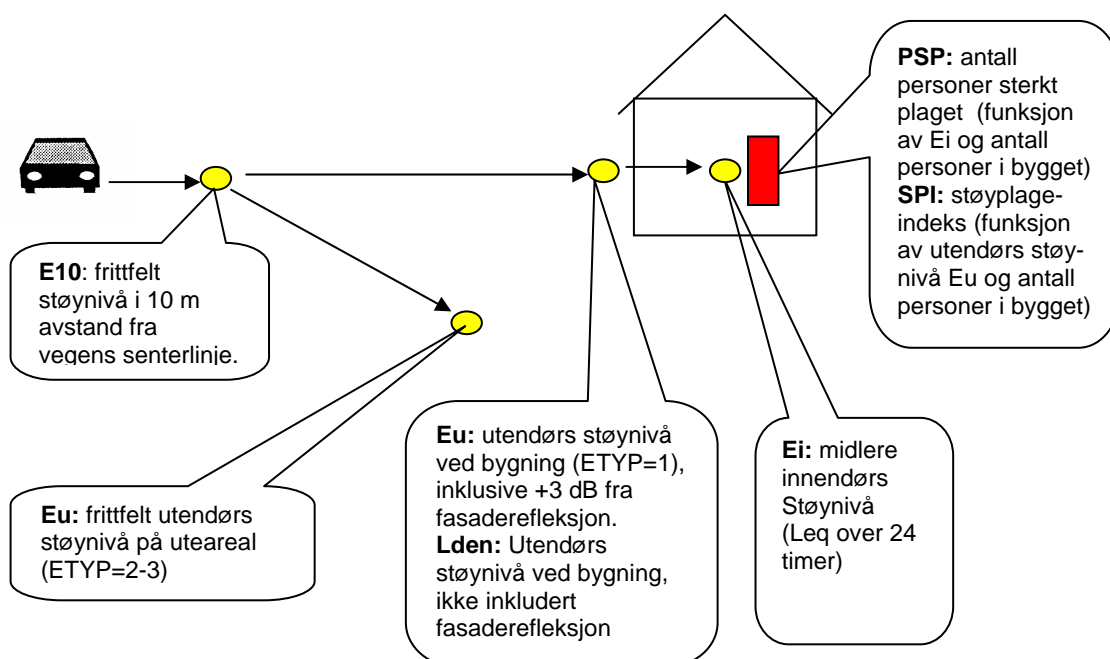
Første versjon av programmet ble laget av Kilde Akustikk og TØI til Tettstedstudier for SFT i 1983-85 og senere bearbeidet til et komplett verktøy<sup>1-2</sup>. På 90-tallet ble det videreutviklet og laget som en PC-versjon i 1990 i samarbeid med Asplan, og denne ble tatt i bruk i TP10-arbeidet<sup>3</sup> og i litt endret form i NVVP 1994-97<sup>4</sup>. Da Nordisk beregningsmetode for vegtrafikkstøy ble endret i 1996<sup>5</sup>, ble også VSTØY revidert<sup>6</sup>.

VSTØY beregner utendørs og innendørs døgnekvivalent støynivå og omfang av støyplage (antall personer sterkt plaget og støyplageindeks) i et gitt prognoseår. Tidligere versjoner av VSTØY kunne også brukes til tiltaksanalyse: vise effekt og kostnad av tekniske støyreducerende tiltak som bygningsisolasering, skjerming, støysvak asfalt, mv. Tiltaksbeskrivelsene er ikke blitt ajourført, og muligheten til tiltaksanalyse ble derfor tatt bort ved overgangen fra versjon 3.8 til versjon 4. Tidligere versjoner av VSTØY beregnet også Maksimalt støynivå. Denne beregningen ble sløyfet ved overgangen fra versjon 3.8 til versjon 4.

## 3. BEREGNINGSVERDIER OG DEFINISJONER

VSTØY beregner døgnekvivalent støynivå, antall personer som er "sterkt plaget" og støyplageindeksen SPI. Verdiene som beregnes er vist og definert i figur 1. Se også definisjoner i tabell 1.

- Figur 1: Verdier som VSTØY beregner og som kan skrives ut i rapport



- Tabell 1: Navn, funksjon og definisjon av parametre som kan tas ut av VSTØY.

Parameter	Navn	Funksjon	Detaljer
E10	Støy i 10 m avstand	Mellomresultat (støy ved en veglenke)	Døgnekvivalent støynivå 10 m fra senterlinje i veggen, frittfelt.
Eu	Utendørs støy	Sluttresultat	Døgnekvivalent støynivå $L_{eq,24h}$ i mottakerpunkt ute. Enten gitt som +3 dB verdi ved bygning (pga fasaderefleksjon), eller som +0 dB verdi for uteareal)
Lden	Utendørs støy	Sluttresultat	Døgnekvivalent støynivå ved bygning. Lden har "straffetilegg" på kveld og natt. Lden er fritteltverdi, dvs ikke inkludert fasaderefleksjon.
Ei	Innendørs støy	Sluttresultat	Døgnekvivalent støynivå $L_{eq,24h}$ innendørs i et Typerom.
DU	Dempning ute	Mellomresultat	$Eu = E10 - DU$
DI	Dempning ute-inn	Mellomresultat	$Ei = Eu - DI$
StøyDU	Målt/beregnet utedempning	Erstatter VSTØY-beregning	Måles eller beregnes nøyaktig og tas inn
StøyDI	Målt/beregnet dempning ute-inne	Erstatter VSTØY-beregning	Måles eller beregnes nøyaktig og tas inn
Sjen	Andel sterkt støyplaget	Mellomresultat	%-andel sterkt plaget i bolig: $Sjen = 2 \times (Ei - 20) \%$
Kom	Andel kommunikasjonsforstyrret	Supplerende resultat	%-andel kommunikasjonsforstyrret i bolig: $Kom = 2 \times (Ei - 30) \%$
PSP	Omfang støyplage	Sluttresultat	Antall beboere x andel sterkt plaget ved gitt støynivå innendørs
SPI	Støyplageindeks	Sluttresultat	Antall beboere x gjennomsnittlig plage ved gitt støynivå utendørs Eu

Verdier for DU og DI kan leses inn manuelt – og vil da overstyre beregningene av tilsvarende størrelser fra VSTØY. Slike verdier heter StøyDU og StøyDI, og kan hentes fra andre (mer nøyaktige beregningsmetoder) eller fra målinger. Beskrivelse av hvordan innlesing foregår, er gitt i brukerveileder<sup>7</sup> (4.6.3.1 Tilleggsdata) for VSTØY.

## Fordeling av trafikk avhengig av områdetype og gateklasse

Fordeling over døgnet. Hentet fra TA-2115/2005 (veileder til T-1442)

Gruppe 1: Typisk riksveg

Gruppe 2: By og bynære områder

	Gruppe 1:	Gruppe 2
Dag	74 %	84 %
Kveld	15 %	10 %
Natt	10 %	6 %

Gateklasse	Områdetype			Gruppe
	<u>1.Spredt</u>	<u>2.Middels tett</u>	<u>3.Tett</u>	
1.Hovedveg, innfart, gjennomfart,	X	X		gruppe 1
			X	gruppe 2
2. Sentrumsgate	X	X		gruppe 1
			X	gruppe 2
3. Boliggate	X	X	X	gruppe 2
4. Industigate	X	X	X	gruppe 2
5. Lokalveg	X	X	X	gruppe 2

## 4. STØYEMISJON FRA TRAFIKK

**E10** : Ekvivalent støynivå fra trafikk i 10 m avstand fra senterlinje beregnes i utgangspunktet etter Nordisk beregningsmetode fra 1996.

### Kjørehastighet

Som i SINTEFs utlegning av Nordisk beregningsmetode fra 1996<sup>8</sup> er støyemisjonen utenfor hastighetsintervallet 30-90 km/t regnet som:

- 30 km/t ved hastighet under 30 km/t
- 90 km/t for tunge kjøretøy ved hastighet over 90 km/t

Som i hovedmetoden<sup>5</sup> skal det brukes gjennomsnittlig kjørehastighet i programmet. Dersom denne ikke er kjent, kan skilthastigheten brukes. Gjennomsnittlig kjørehastighet vil ofte ligge litt lavere enn skilthastigheten. Dersom skilthastigheten ligger 10 km/t høyere enn gjennomsnittlig hastighet, vil beregningen overvurdere støyen 1.5-2.0 dB. Sammenheng mellom kjørehastighet og støynivå er illustrert blant annet i figur 2.3 i Vegvesenets Håndbok 064<sup>9</sup>.

## Stigning

Støymessig virkning av stigning på vegen regnes på grunnlag av tallverdien av stigningen. En veglenke med envegs trafikk ned en bakke beregnes derfor med samme støy som for en lenke med trafikk opp en bakke. Virkning av stigning er blant annet vist i fig 2.25 i Vegvesents Håndbok 064<sup>10</sup>.

## Støyprognose 1995-2025

Støyberegningen etter Nordisk beregningsmetode fra 1996 blir korrigert etter prognoseår i intervallet 1995-2025. I samarbeid med SINTEF er det laget en korleksjon som tar hensyn til forventet utvikling i utendørs og innendørs støy i perioden. Korleksjonen tar utgangspunkt i det en i 1996 antok som sannsynlig om utviklingen av motor- og rullestøy for ulike biltyper<sup>10-11-12</sup>. Det er således regnet at motorstøyen for nye biler i perioden 1995-2015 er redusert ytterligere 3 dBA for tunge biler og 1 dBA for lette biler, mens dekkstøy er økt 1 dBA. Korleksjonen, som er vist i tabell 2, innebærer at VSTØY for senere prognoseår enn 1995-97 beregner lavere støynivå. På det meste (etter 2015) kan støynivået fra en gitt trafikkstrøm bli 1-2 dBA lavere enn i 1995-97.

Det er i ettertid blitt klart at utviklingen i støyemisjon har blitt mindre enn forventet, og at emisjonen fra motor og dekk er redusert i mindre grad enn antatt. VStøy gir dermed et noe lavere støyestimat enn det som er korrekt. Dette ansees imidlertid for å være av mindre betydning, og det er ikke lagt ressurser i å rette dette.

- Tabell 2: Korreksjon av beregnet støynivå for prognoseår 1995-2025 som funksjon av kjøretøytype og kjørehastighet.

Mellom 50 km/t og 80 km/t skal det interpoleres.				
Under 50 km/t brukes verdien for 50.				
Over 80 km/t brukes verdien for 80.				
	Lette kjøretøyer		Tunge kjøretøyer	
år	50 km/t	80 km/t	50 km/t	80 km/t
1995	0	0	0	0
1996	0	0	-0,2	0
1997	-0,1	0	-0,3	-0,1
1998	-0,1	0	-0,4	-0,2
1999	-0,2	0,1	-0,6	-0,2
2000	-0,3	0,1	-0,8	-0,3
2001	-0,4	0	-1	-0,4
2002	-0,5	0	-1,1	-0,5
2003	-0,6	-0,1	-1,3	-0,7
2004	-0,7	-0,2	-1,5	-0,8
2005	-0,8	-0,3	-1,7	-0,9
2006	-0,9	-0,3	-1,8	-1
2007	-1	-0,4	-1,9	-1,1
2008	-1,1	-0,4	-1,9	-1,2
2009	-1,2	-0,5	-2	-1,3
2010	-1,2	-0,5	-2,1	-1,4
2011	-1,3	-0,6	-2,2	-1,4
2012	-1,3	-0,6	-2,3	-1,5
2013	-1,3	-0,6	-2,4	-1,6
2014	-1,3	-0,6	-2,5	-1,6
2015	-1,3	-0,6	-2,5	-1,6
For prognoseår 2016-2025 brukes verdiene for 2015.				
S.Solberg, KILDE Akustikk A/S, 8.10.96				

## 5. UTBREDELSESDEMPNING

Beregningene fra støynivå i 10 m avstand (E10) til utendørs støynivå hos mottaker (Eu) følger i utgangspunktet Nordisk beregningsmetode 1996, men det er visse forenklinger.

### Mottakerpunktet

Plassering av mottakerpunktet er omtalt under 7.4 i Registreringsveilederen<sup>13</sup>

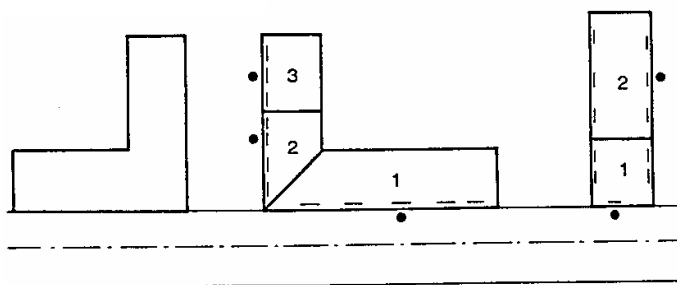
For uteareal ligger mottakerpunktet 2 m over terreng

For bygninger kan det være nødvendig å dele opp i flere enheter. VSTØY forutsetter at flere leiligheter i et flerfamiliehus kan støybeskrives med ett punkt som er representativt for støysiden av leilighetene. Dersom en adresse har grupper av leiligheter med svært ulik støybelastning på den mest støyende siden, må adressen deles i flere bygningsenheter. Ulik støybelastning kan f.eks. skyldes ulik grad av

skjerming eller at en gruppe av leiligheter ligger i helt annen avstand fra den støyende veien. I fig 2, som viser en skjermet bygning, må bygningen deles etter etasje i 2 eller 3 bygningsenheter. I fig 3, som viser bygninger på tvers av veien, må det også deles etter store ulikheter i avstand og sikt. Figur 2: Bygning med støybeskyttelse fra skjerm. Bygningen må registreres i flere bygningsenheter.



- Figur 3: Bygninger med boliger i ulik avstand eller mot hovedgate / sidegate. Bygningen må registreres i flere bygningsenheter.



Mottakerpunktet for en bygningsenhet legges automatisk i enhetens midlere høyde over terreng (H): Midlere høyde blir gitt av parametrene ØET (Øvre etasje), NET (Nedre etasje), HB (Høyde fra vegnivå til gulv 1.et) og etasjehøyde (vanligvis satt til 2.6 m).

$$\text{Høyden (H) beregnes til } H = HB + ((\text{ØET} + \text{NET}) \times \text{Etasjehøyde} / 2) - 1$$

Eksempel: En bygningsdel som går over 2-5 etasje, og med HB = 2 m, får beregningshøyde over terreng =  $2 + 7 \times 2.6 \times 0.5 - 1 = 10.1$  m.

Usikkerhet i beregnet støynivå er anslått å ligge innenfor +1 til - 2 dB på grunn av delusikkerheten som introduseres ved å beskrive beskrevet flere etasjer med én høyde.



## Markdempning

Markdempning beregnes forenklet og konservativt.

Markdempningen tar ikke hensyn til reelt refleksjonsplan, men forutsetter mark i vegplan. For å ikke gjøre for store beregningsfeil, regner programmet med hard mark i en del spesielle utbredelsessituasjoner som registreres særskilt:

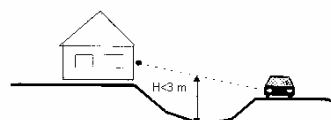
U=2 veg på fylling/ viadukt



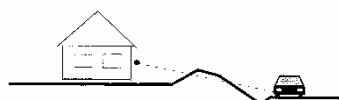
U=3 fallende terreng



U=4 luftig utbredelse, avstand > 50 m



U=6 terrengsskjerm, avstand > 50 m



Hard mark gir ikke markdempningseffekt.

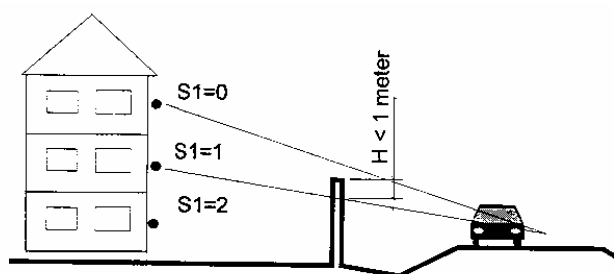
Der hvor det er utbredelse over lang avstand, men utbredelsen går lavt (U=5), blir markdempningen beregnet med den marktype som er innlest.

Marktype kan velges som Hard eller Myk, i samsvar med Nordisk beregningsmetode. Det er også mulig å velge Blandet mark, som innebærer markdempning som er halvparten av dempingen ved Myk mark.

Usikkerhet i beregnet støynivå er anslått å ligge innenfor +5 til - 2 dB på grunn av del-usikkerheten i beskrevet markdempning. I hovedsak vil denne del-usikkerheten trekke beregnet støy oppover.

## Skjerming beskrives grovt

Skjerming beskrives med  $-5$  dBA (ved  $S1=1$ ) eller  $-10$  dBA (ved  $S1=2$ ) som direkte funksjon av skjermgrad ved registrering. Denne registreringen foretas etter anvisning på side 29 i registreringsveilederen<sup>7</sup>.



Usikkerhet i beregnet støynivå er anslått å ligge innenfor  $+5$  til  $-3$  dB på grunn av del-usikkerheten i beskrevet skjerming. I hovedsak vil denne del-usikkerheten trekke beregnet støy oppover.

## Siktsektor beskrives grovt

Vegsektor som er synlig fra mottakerpunkt beskrives enten som  $0$  dBA ("full sektor" ;  $>90^\circ$ ) eller  $-5$  dBA ("reduisert sektor",  $=<90^\circ$ ).

Usikkerhet i beregnet støynivå er anslått å ligge innenfor  $+5$  til  $-0$  dB på grunn av del-usikkerheten i beskrevet siktsektor. Denne del-usikkerheten vil altså i sin helhet trekke beregnet støy oppover.

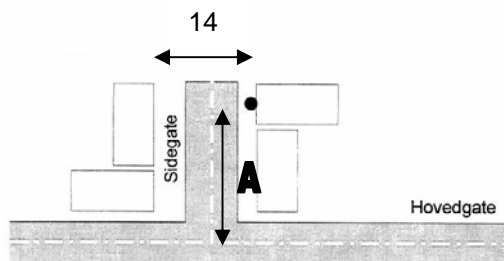
## Refleksjon og gaterom

Korreksjon for kort avstand til veg (når avstanden til senterlinje i veg er liten i forhold til kjørebanebredden) beregnes automatisk i samsvar med Nordisk beregningsmetode 1996 når kjørebanebredde (KB) er lest inn. Dersom kjørebanebredde ikke er definert, brukes dummyverdi  $KB=2A - 4$ , der  $A=$  avstand fra senterlinje til beregningspunkt. Korreksjonen ligger sjelden over  $0.3$  dBA.

Korreksjon for enkel refleksjon fra større flater,  $\Delta L_r$  beregnes i samsvar med Nordisk beregningsmetode 1996 når støylenken har definert gaterom med dobbeltsidig bebyggelse, fasadedekningsgrad,  $FD=2$ . Beregningen gjøres med en fast sett forutsetninger om at 1) motstående fasade kan sees under en vinkel på  $120^\circ$ , 2) støyen fra gata bidrar i  $180^\circ$  (full sektor), og 3) bygningsrekkene på begge sider av gata har samme avstand til senterlinje i gata. Dette gir en fast korreksjon på  $1.2$  dBA .

Korreksjon for multiple refleksjoner i dobbeltsidig gaterom,  $\Delta L_{mg}$  beregnes i samsvar med Nordisk beregningsmetode 1996 når støylenken har definert gaterom med dobbeltsidig bebyggelse, fasadedekningsgrad,  $FD=2$ . Korreksjonen er en funksjon av mottakerhøyde og avstand, og ligger vanligvis i området  $0.2-0.5$ .

Beregnet støybidrag inn i sidegate fra trafikk i tilstøtende gate beregnes i samsvar med Nordisk beregningsmetode 1996. Beregningen kommer til anvendelse når det er angitt  $U=1$  (sidegateberegning). Beregningen krever at avstanden inn i sidegate (A), kjørebanebredde(KB) og fasadebredde (FB) i hovedgate er lest inn. Beregningen forutsetter at avstandene mellom fasadene i sidegate er 14 m. Dersom hovedgaterommets bredde ikke er gitt, settes dette til kjørebanebredde(KB) + 4 m.



## 6. SUM AV FLERE BIDRAG

VSTØY kan regne bidrag fra 2 ulike støybidrag. Støyen fra de to bidragene blir summert på energibasis i samsvar med Nordisk beregningsmetode 1996. Veiledning for når det eventuelt er nødvendig å registrere mer enn ett støybidrag (fra en gate/veg som er mindre eller ligger lenger vekk enn det antatt dominerende vegen) er gitt i figur 5.1 i registreringsveilederen<sup>14</sup>.

Usikkerhet i beregnet støynivå er anslått å ligge innenfor +0 til - 2 dB på grunn av delusikkerheten i fra begrenset antall bidrag.

## 7. INNENDØRS STØY

DI: Forskjell mellom utendørs støynivå  $L_{eq,24h}$  i et +3 dB punkt og midlere støynivå innendørs beregnes i samsvar med NBI håndbok 47<sup>14</sup> for et Typerom med disse egenskaper:

- Volum  $50 \text{ m}^3$
- Yttervegsareal  $15 \text{ m}^2$
- Vindusreal  $4 \text{ m}^2$
- Etterklangstid  $0.5 \text{ s}$
- Vindu  $R_A = R'_w + C_{tr} = 22$  (enkeltvindu),  $25$  (dobbelvindu),  $33$  eller  $37 \text{ dBA}$  (lydvinduer).
- Yttervegg  $R_A = R'_w + C_{tr} = 32$  (lett vegg),  $50$  (tung vegg) eller  $40 \text{ dBA}$  (utbedret lett vegg).
- Lukket yttervegsventil

Typerommet er et kompromiss mellom alle typer mottakerrom, fra et soverom til et klasserom. Eksempler, alle med tung vegg, dobbeltvindu og etterklangstid  $0.5 \text{ s}$  :

- Lite soverom:  $V=15\text{m}^3$ ,  $Ytterv=7\text{m}^2$ ,  $vindu=1\text{m}^2$  gir  $DI=30 \text{ dBA}$

- Medium stue:  $V=80\text{m}^3$ ,  $Ytterv=15\text{m}^2$ ,  $vindu=4\text{m}^2$  gir  $DI=33$  dBA
- Klasserom:  $V=240\text{m}^3$ ,  $Ytterv=40\text{m}^2$ ,  $vindu=15\text{m}^2$  gir  $DI=32$  dBA

Selv om de ulike mottakerrom er svært forskjellige, er forholdene mellom volum og areal slik at det er tillatelig å bruke et felles typerom for alle formål. For den mest aktuelle vinduskategori for eksisterende boliger: dobbeltvindu – 25 dBA, gir oppsettet  $DI = 29$  dBA for hus med lett vegg og  $DI=31$  dBA for hus med tung vegg. Dette skal bare betraktes som rent statistiske middelverdier for boliger, men nettopp dette er det meningen av VSTØY skal bruke. I en vurdering av forutsetningene i 1992, foreslo NBI å øke  $DI$ -verdiene med  $1\text{ dB}^{15}$ , men av praktiske årsaker ble de opprinnelige verdiene beholdt.

I tidligere VSTØY-versjoner kunne det også kjøres et tiltaksprogram som dimensjonerte tilleggsisolering. Dette ble tatt bort ved overgang fra versjon 3.8 til versjon 4. Antall vinduer er også tidligere registrert som grunnlag for beregning av kostnader ved tiltak, men dette er også tatt ut.

Usikkerhet i beregnet  $DI$  i forhold til et faktisk rom er anslått å ligge innenfor  $+7$  til  $-7$  dB på grunn av avvik i romvolum, arealer, romdempning og støyreduksjonstall for vinduer, vegger og tak i forhold til Typerommet. Usikkerheten i anslag for enkeltrom er altså svært stor.

## 8. STØYPLAGE

### Antall personer sterkt plaget, PSP

Antall personer "sterkt plaget" beregnes på grunnlag av innendørs støynivå ( $E_i$ ), antall og antall personer i bygningsenheten.

$$\text{PSP} = \text{Andel SP} \times \text{Antall personer}$$

I enheter med boliger beregnes antall personer som antall boliger (NBO) x antall personer pr. bolig (som kan velges for kartleggingsområdet, med standardverdi 2.34).

I enheter med institusjoner angis antall beboere direkte (INST).

Andel "sterkt plaget" beregnes som<sup>16</sup>:

$$\text{Andel SP} = 2 \times (E_i - 20) \%$$

Eksempel: ved  $E_i = 35$  dBA er andelen sterkt plaget  $2 \times (35-20) = 30\%$ .

### Støyplageindeks, SPI

Støyplageindeksen beregnes ut fra gjennomsnittsplage GP, dvs både de som er lite plaget, middels plaget og sterkt plaget.  $GP = 25$ , vil si at totalt 25 % av de støyutsatte føler seg plaget, i lite, middels eller sterk grad.

$$GP = 1,58(E_u - 39,4)$$

Og  $\text{SPI} = \text{Andel GP} \times \text{Antall personer}$

Med hensyn til om det beregnes SPI på boliger og institusjoner, så beregnes dette som for PSP ovenfor.

## 9. USIKKERHETER

I forhold til sann verdi kan VSTØY forventes å gi samlet avvik i beregnet utendørs støy på +10 til -5 dB. Usikkerhet knyttet til markdempning, skjerming og siktsektor vurderes å gi størst bidrag til samlet usikkerhet. De fleste del-usikkerheter trekker beregnet utendørs oppover, det er således riktig å si at VSTØY beregner konservativt, det vil si høyt.

For punkter som ligger uskjermet, med full sikt og i avstand under 40 m fra senterlinje i veg (antatt hovedmengde av det som registreres med metoden), forventes avviket å ligge innenfor  $\pm 4$  dB fra sann verdi.

For innendørs støy i faktiske rom forventes avviket som er knyttet til annerledes dimensjoner, lydreduksjon og romdempning å representere en tilleggsusikkerhet på opptil  $\pm 7$  dB, eller en samlet usikkerhet i innendørs støynivå på opptil ca + 15 til - 10 dB i forhold til sann verdi.

## REFERANSER

---

- <sup>1</sup> P.Christensen, G.Nielsen, S.Solberg: Støyveileder. Beskrivelse av en foreløpig versjon av et EDB-basert opplegg for registreringer, støyberegninger og kostnads-effekt analyse av tiltak i tettstedkommuner. TØI-notat, 1989, Oslo.
- <sup>2</sup> G.Nielsen and S.Solberg: Costs and Effects og Traffic Noise Abatement Measures: Basis for a National Programme. Applied Acoustics 25 (1988) 149-168.
- <sup>3</sup> S.Solberg, G.Nielsen, J.E.Thyholdt: VSTOY – brukerbeskrivelse og programdokumentasjon. Veiledningsgruppen for Transportplanarbeidet i de 10 største byområdene. Februar 1991, Vegdirektoratet, Oslo.
- <sup>4</sup> Kilde Akustikk, Asplan Tønsberg og Vegdirektoratet: Veiledning 3B NVVP 1994-97. VSTOY Brukerveileder m/ programdokumentasjon, 30.10.91, Vegdirektoratet, Oslo.
- <sup>5</sup> Road Traffic Noise – Nordic Prediction Method. TemaNord 1996:525, Nordisk Ministerråd, København.
- <sup>6</sup> S.Solberg: VSTØY-revisjoner 1996, Kilde Akustikk, rapport R 945, Voss, 1996.
- <sup>7</sup> VSTØY/VLUFT 6: Beregning av lokal luftforurensning og støy fra veg og vegtrafikk. Brukerveileder . EDB-teknisk beskrivelse. Vegdirektoratet, UTB 2009/02, Oslo, mars 2009.
- <sup>8</sup> S. Å. Storeheier: Algoritmer for nye utgangsnivåer i Nordisk Beregningsmetode for Vegtrafikkstøy (rev. 1995-96). SINTEF Tele- og data, notat, 23.4.96.
- <sup>9</sup> Nordisk beregningsmetode for vegtrafikkstøy – Revidert 1996 – Komplet og forenklet metode. Håndbok 064, Vegdirektoratet, Oslo, 2000.
- <sup>10</sup> T.Berge: Forslag til nye tall for prognosering av støyverdier i VSTOY. DELAB Notat 400404.39, Trondheim, 13.2.95.
- <sup>11</sup> T.Berge: Støyemisjonsutvikling for kjøretøy. SINTEF-DELAB Notat 40-NO950025, Trondheim, 1995.
- <sup>12</sup> T.Berge: Trafikkstøy – Prognoser for støynivåer innendørs. SINTEF-DELAB Notat 40-NO960204, Trondheim, 1996.
- <sup>13</sup> VSTØY/VLUFT 4.4: Beregning av lokal luftforurensning og støy fra veg og vegtrafikk. Registreringsveileder – Vegnetts-, trafikk- og bygningsdata. Vegdirektoratet, MISA 2000/16, Oslo, januar 1999.
- <sup>14</sup> A.Homb og S.Hveem: Isolering mot utendørs støy. Beregningsmetode og datasamling. NBI, Håndbok 47, Oslo, 1999.
- <sup>15</sup> A.Brekke: VSTOY – Evaluering av INNEFF og VALGISO, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo, 5.3.92.
- <sup>16</sup> S.Solberg: Ulemper fra vegtrafikkstøy. Kvantitativ beskrivelse for beregning av effekt fra støyreducerende tiltak. Kilde Akustikk, rapport R89, Voss, 1983.



NILU: TR 7/2000  
REFERANSE: O-99140  
DATO: SEPTEMBER 2000  
ISBN: 82-425-1185-3

# **Programdokumentasjon VLUFT versjon 5.0**

**Dag Tønnesen**





# Forord

Denne dokumentasjonen er skrevet for brukere av VLUFT som vet litt om luftforurensning fra trafikk, og som ønsker å vite hvilke forutsetninger som ligger inne i modellen. Den vil også være nyttig for dem som har satt seg mer inn i området, og som ønsker å gjøre sammenligninger med lignende modeller. Vi har lagt vekt på åpenhet omkring alle forutsetninger. Det gjør det lett for interesserte å komme med innspill, slik at modellen kan forbedres.

VLUFT-utviklingen har blitt finansiert av Vegdirektoratet og NILU, og har blitt tilpasset Vegdirektoratets behov. Steinar Larssen på NILU har i stor grad stått for det faglige innholdet i VLUFT. Den første versjonen av programmet ble programmert i FORTRAN på NORD-datamaskin av Frederick Gram på NILU i perioden 1989 til 1990. Programmet ble omprogrammert til PC av Jan Sørli. Det ble gjort en rekke tilpasninger for å kunne benytte programmet i TP10-arbeidet, og dette resulterte i versjon 1.5 (april 1991). VLUFT 1.5 beregnet totalutslipp fra veinettet, og konsentrasjoner i valgt avstand fra veikant for hver enkelt lenke. Det ble laget et plotteprogram "VPLOT" for presentasjon av konsentrasjonsberegningene.

I forbindelse med NVVP 1994-97 ønsket Vegdirektoratet å beregne eksponering av de bosatte langs veinettet til luftforurensning. Dette kunne gjøres ved å benytte data fra bygningsregistret som var etablert til bruk i støyberegninger. Muligheten for slike eksponeringsberegninger ble lagt inn i VLUFT 2.0 sammen med beregning av antall plagede personer, og modellen ble ferdigstilt i juni 1991.

Frem til dette hadde VLUFT-beregningene omfattet utslipp av komponentene CO, NO<sub>x</sub> og CO<sub>2</sub>, og konsentrasjoner av CO og NO<sub>2</sub> samt støvnedfall og plagethet. I forbindelse med Vegdirektoratets utredning av konsekvensen av ulike luftkvalitetsnormer i Forurensningsloven, var det ønskelig å inkludere svevestøv (PM<sub>10</sub>) i beregningene, siden denne komponenten (sammen med NO<sub>2</sub>) er den som i størst grad gir overskridelse av SFTs luftkvalitetskriterier i Norske byer og tettsteder. Steinar Larssen satte opp en modell for beregning av PM<sub>10</sub> våren 1993, som ble implementert i en intern NILU-versjon av programmet kalt VLUFT 2.5.

For å komme fram til versjon 3.1 er det gjort vesentlige endringer både når det gjelder form og innhold. VLUFT ble gjort menystyrt innenfor VADM-systemet, og beregningenes innhold og resultatpresentasjonen ble gjort mer fleksibel. VADM er et system for generering av inngangsdata, utføring av beregninger og presentasjon av resultater for luft- og støyberegninger, som er utviklet av Asplan Viak.

VLUFT 4.0 ble omprogrammert til å kjøres under Windows som operativsystem. De beregningstekniske endringene fra versjon 3.1 omfattet ny metode for beregning av PM<sub>10</sub>-utslipp, og endret metodikk for beregning av eksponering i gaterom. For framtidige beregninger ble det inkludert en automatisk korreksjon av bakgrunnskonsentrasjoner til beregningstidspunkt, og bakgrunnskonsentrasjonene ble valgt av programmet avhengig av hvilket fylke beregningene ble utført for.

I VLUFT 4.3 ble modellen ”rekalibrert” mot alle eksisterende relevante målinger av konsentrasjoner i veinært miljø, og beregningsprosedyrene ble noe endret med hensyn til parametrisering av spredningen nær vei.

I forbindelse med vedtak om nye nasjonale mål for luftkvalitet er det innført prosentiler av forurensningskonsentrasjon som mål på luftkvalitet. VLUFT 5.0 er laget for å gi maksimalbelastning og prosentiler som resultat. Utslippsmodulen er omarbeidet slik at den nå tilsvarer utslippsberegningene i ”Nasjonal Utslippsmodell” utarbeidet av Statistisk Sentralbyrå på oppdrag fra Statens Forurensningstilsyn.

En prosedyre for å beregne utslipp av N<sub>2</sub>O, til bruk i klimagassbudsjetter er lagt inn i VLUFT 5.0.

# Innhold

	Side
<b>Forord</b> .....	<b>1</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>5</b>
<b>2 Utslippsmodulen</b> .....	<b>6</b>
2.1 Metodikk .....	6
2.2 Kjøretøyklasser .....	7
2.3 Utslippsmodulens detaljeringsnivå .....	8
2.4 Begrepet “utslippsfaktor” .....	9
2.5 Metodikk for bestemmelse av utslippsfaktorene.....	10
2.5.1 Effekten av stigning på utlippene .....	10
2.5.2 NO <sub>2</sub> -andeler av NO <sub>x</sub> .....	13
2.5.3 Effekten av kaldstart.....	13
2.6 Drivstofforbruk .....	14
2.6.1 Sammenheng mellom drivstofforbruk og CO <sub>2</sub> -utslipp .....	15
2.7 Generering av svevestøv .....	15
2.7.1 Måter å angi svevestøv på .....	15
2.7.2 Beregningsmetode for PM <sub>10</sub> .....	15
2.7.3 Utslipp av eksospartikler .....	16
2.7.4 Betydning av kjørehastighet og tungtrafikkandel .....	16
2.7.5 Maksimalutslipp av PM <sub>10</sub> .....	16
2.7.6 Fylkesavhengig veislitasje.....	17
2.7.7 Forholdet mellom døgn- og timekonsentrasjoner .....	17
2.7.8 Renhold 17	
2.7.9 Piggdekkbruk.....	17
<b>3 Spredning</b> .....	<b>18</b>
3.1 Anvendte metoder .....	18
3.2 Kryss/trafikkmaskin .....	18
3.3 Gaterom.....	19
3.4 Konsentrasjoner ved bolig.....	19
<b>4 Bakgrunnsforurensning</b> .....	<b>19</b>
4.1 Dagens situasjon.....	19
4.2 Framtidig bakgrunnsforurensning .....	20
<b>5 Eksponering</b> .....	<b>20</b>
<b>6 Beregning av prosentverdier for NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub></b> .....	<b>21</b>
<b>7 Usikkerhet og begrensninger i beregningsresultatene</b> .....	<b>21</b>
<b>8 Referanser</b> .....	<b>22</b>
<b>Vedlegg A Utslipp av CO, NO<sub>x</sub> og eksospartikler for 1997, 2002, 2007, 2012 og 2017</b> .....	<b>24</b>

## Sammendrag

*VLUFT er en modell for luftforurensning fra veitrafikk, som kan brukes for veinett bestående av åpne veier og gaterom. Større kryssystemer kan også behandles på en forenklet måte. Det beregnes utslipp av CO<sub>2</sub>, CO og NO<sub>x</sub> (NO+NO<sub>2</sub>). Utslippsfaktorene for CO og NO<sub>x</sub> (g/km) er avhengig av kjøretøyklasse, kjørehastighet og stigning på veien. Drivstofforbruket, som bestemmer CO<sub>2</sub>-utslippet, er avhengig av kjøretøyklasse og kjørehastighet. Det beregnes konsentrasjoner av CO, NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub>. Modellen fokuserer på de stoffene det finnes anbefalte luftkvalitetskriterier for som overskrides som følge av trafikkutslippene, og stoffer der trafikken har et vesentlig bidrag til totalutslippene i Norge. I tillegg til maksimalbelastning langs veier beregnes også verdier for konsentrasjonsprosentiler svarende til nasjonale mål for luftkvalitet.*

Det er lagt inn forutsetninger om teknologisk utvikling på kjøretøysiden, slik at det kan gjøres beregninger frem til 2017. Jo lenger fram i tid man kommer, jo mer usikre blir estimatene. Det er lagt vekt på at forutsetningene skal stemme overens med Vegdirektoratets (VDs) prognoser og prognosene lagt inn i Nasjonal Utslippsmodell utarbeidet av Statistisk sentralbyrå (SSB) og Statens forurensningstilsyn (SFT) (SFT, 1999).

Det benyttes ulike spredningsmodeller for gaterom og veier i spredt bebyggelse til å beregne konsentrasjon av forurensningskomponentene i det veinære miljøet. Det beregnes maksimalkonsentrasjoner i valgt avstand fra veikant, dvs. konsentrasjoner som oppstår når rushtidstrafikk og maksimalt dårlige spredningsforhold inntreffer samtidig. Det beregnes også konsentrasjonsprosentiler, for NO<sub>2</sub> den 8. høyeste årlige timemiddelverdien og for PM<sub>10</sub> den 7. Og 25. høyeste døgnmiddelverdien. Videre beregnes det eksponering, dvs. konsentrasjoner utenfor husene der folk er bosatt. Konsentrasjoner og antall eksponerte ses i forhold til SFTs anbefalte luftkvalitetskriterier og i forhold til nasjonale mål for luftkvalitet.

I forhold til tidligere modellversjoner har VLUFT 4.0–5.0 blitt forbedret både når det gjelder innhold og brukervennlighet. De viktigste endringene er:

- Systemet opereres under Windows, og alle resultater lagres i databaseformat.
- Utslippsmodellen for PM<sub>10</sub> er forbedret og reflekterer regionale forskjeller bedre.
- Eksponeringsberegninger for gaterom utføres ved hjelp av en egen spredningsmodell for gaterom.
- Forslag til bakgrunnskonsentrasjoner er gitt for hvert fylke, med flere tilgjengelige verdier.
- Korrigering av bakgrunnsverdier foretas automatisk som funksjon av beregningsår.
- Beregning av eksponering utføres i forhold til det største bidraget blant de to nærmeste lenkene.
- Utslippsberegningene er i overensstemmelse med Nasjonal Utslippsmodell.

# Programdokumentasjon VLUFT versjon 4.4

## 1 Innledning

VLUFT er en PC-modell som beregner utslipp, maksimale konsentrasjoner og bestemte prosentverdier av utvalgte luftforurensningsparametre knyttet til et veinett. Den fokuserer på de viktigste forurensningskomponentene som forårsaker overskridelse av SFTs luftkvalitetskriterier i norske byer og tettsteder i dag, nemlig nitrogendioksid ( $\text{NO}_2$ ), svevestøv ( $\text{PM}_{10}$ ) og karbonmonoksid ( $\text{CO}$ ). I tillegg beregnes totalutslipp av  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  og  $\text{CO}_2$ , med tanke på regionale og globale luftforurensningseffekter. Veitrafikken slipper ut en rekke andre stoffer i mindre mengder i tillegg til disse, som det på sikt er ønskelig å inkludere i modellen. Det er et problem at tilgjengelige utslippsdata er såpass begrenset. De beregnede komponentene er imidlertid gode indikatorer på forurensnings-situasjonen ved veier.

Det er to hovedfaktorer som til enhver tid bestemmer konsentrasjonene av ulike komponenter i veimiljøet: Utslippsmengdene og spredningsforholdene. Spredningen er avhengig av vind- og temperaturforhold. Erfaringene viser at trafikken langs en gitt vei har omtrent samme variasjonsmønster og nivå fra dag til dag. Konsentrasjonsnivåene kan imidlertid variere sterkt, fordi spredningsforholdene varierer. Eksempel på variasjon i  $\text{NO}_2$ -konsentrasjoner over en måned er vist i Figur 1 nedenfor. De daglige rushtidstopperne fremgår tydelig, og også variasjoner hverdag-helg. Det er imidlertid variasjonene i spredningsforhold som er opphav til de store forskjellene, f.eks. konsentrasjonstoppen den 8. februar. Det er slike maksimalkonsentrasjoner som beregnes av VLUFT.

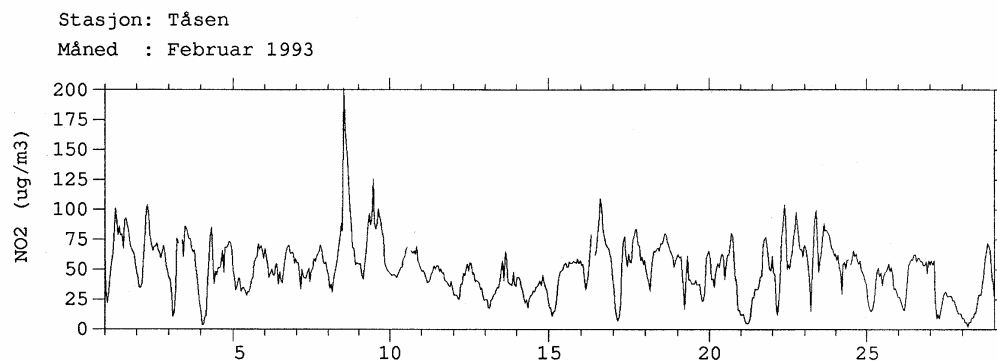
Dokumentasjonen er bygget opp på følgende måte:

Kapittel 2 beskriver utslippsmodulen i modellen. Inndelingen i kjøretøyklasser beskrives, og modellens detaljeringsnivå omtales. Det forklares hvordan utslipps-tall fremkommer med dagens metoder. Datamaterialet for utslippstall som er vurdert blir beskrevet, og det forklares hvordan vi på grunnlag av dette har kommet fram til utslippstallene som er lagt inn i modellen. Effekt av kaldstart og grunnlaget for den antatte utskiftningstakten gjennomgås. Spesifikt drivstoff-forbruk for dagens biler omtales, sammen med forventet reduksjon.

I forhold til tidligere versjoner av VLUFT-dokumentasjon er nå følgende momenter i sin helhet omhandlet i beskrivelsen av nasjonal utslippsmodell:

- Beskrivelse av datagrunnlag for utslippsfaktorer.
- Utskiftningstakt for bilparken.
- Drivstofforbruk for de ulike årsmodellene av bilklassene.
- Prognoser for utvikling av utslippene.

Modellen for generering og oppvirvling av veistøv som er videreutviklet i forhold til tidligere versjoner blir beskrevet.



Figur 1: Timesmiddelkonsentrasjoner av  $\text{NO}_2$ , målt i Tåsenkrysset på Ringveien i februar 1993. (7., 14., 21 og 28. var fredager.)

Kapittel 3 omhandler spredning av luftforurensningen. Spredningsmodellen for åpne veier er en modifisert versjon av EPA-modellen HIWAY 2. Spredningsmodellen for gaterom er en modifisert versjon av Stanfordmodellen som inngår i Nordisk Beregningsmetode for Bilavgasser (NBB).

Kapittel 4 beskriver hvordan bakgrunnsforurensning behandles i modellen. Metoden for å estimere fremtidig bakgrunnsforurensning er beskrevet.

Kapittel 5 beskriver eksponeringsberegningene.

Kapittel 6 er en kort beskrivelse av usikkerheter og begrensninger i beregningsresultatene.

## 2 Utslippsmodulen

### 2.1 Metodikk

Utslippene av  $\text{CO}$  og  $\text{NO}_x$  fra trafikkstrømmen på hver lenke beregnes ved å multiplisere trafikkvolumet (biler/time) med lenkelengden (km) og en "utslippsfaktor" ( $\text{g}/(\text{km} \cdot \text{bil})$ ). For  $\text{CO}_2$  beregnes utslippsfaktoren som g utslipp pr. enhet forbrukt drivstoff, multiplisert med drivstofforbruket ( $\text{kg}/\text{km}$ ). Utslippene på en veilenke er funksjon av

- kjørehastigheten
- stigning på veien
- beregningsåret (fordi dette bestemmer teknologinivået)
- andelen biler i forskjellige kjøretøyklasser

Det korrigeres for at utslippene fra gjennomsnittsbilen øker etter som bilen blir eldre, og at kaldstart bidrar til økte utslipp.

Totalutslippene fra veinettet (tonn/år) beregnes ut fra de døgnmidlere trafikkparametrene. Utslippsberegningene som danner grunnlaget for konsentrasjonsberegningene benytter trafikkparametre for rushtiden.

Utslipp/generering av  $PM_{10}$  (veistøv) beregnes etter en annen metodikk enn de øvrige komponentene. Dette skyldes delvis at  $PM_{10}$  beregnes som døgnmiddelverdi, mens CO og  $NO_2$  beregnes som timemiddelverdier. De beregnede maksimale  $PM_{10}$ -konsentrasjonene gjelder slutten av piggdekkseasonen, når veiene tørker opp og veistøvdepotet er størst. I slike situasjoner gir oppvirvlingen av det støvdepotet som finnes et vesentlig bidrag til konsentrasjonene i luften. På grunnlag av målinger over flere vintre i Oslo har man grunnlag for å angi sammenhengen mellom maksimale konsentrasjoner av veistøv ( $PM_{10}$ ) og av eksospartikler ( $PM_{2,5}$ ). Utslippet av  $PM_{10}$  beregnes ut fra utslippene av eksospartikler.  $PM_{10}$ -modulen er omtalt nærmere i kapittel 2.8.

## 2.2 Kjøretøyklasser

Bilparken består av ulike klasser av kjøretøyer, vist i Tabell 1. Inndelingen er valgt ut fra de typer kjøretøy som vedtatte og planlagte avgasskrav er eller vil bli knyttet til. Dette gjør det lettere å oppdatere utslippstallene. Inndelingen stemmer overens med den som er valgt i Nasjonal Utslippsmodell (SFT, 1999), bortsett fra at det er valgt ikke å ta hensyn til varebiler, lastebiler og busser med drivstofftype bensin. I 1997 sto disse klassene for 5 % av trafikkarbeidet i Norge (SFT, 1999), så feilen blir ikke stor. De lette og de tunge dieselvarebilene er for enkelhets skyld slått sammen til en klasse.

Tabell 1: Kjøretøyklasseinndeling i VLUF 5.0.

Klasse	Type	Drivstoff	Nyttelast	Totalvekt
BL1	Personbiler	Bensin	< 760 kg	< 3.5 tonn
DL1	Personbiler	Diesel	< 760 kg	< 3.5 tonn
DL2	Lette varebiler	Diesel	> 760 kg	< 2.7 tonn
DL3	Tunge varebiler	Diesel	> 760 kg	2.7-3.5 tonn
DHLL	Lastebiler	Diesel	> 760 kg	3.5-10 tonn
DHLM	Lastebiler	Diesel	> 760 kg	10-20 tonn
DHLL	Lastebiler	Diesel	> 760 kg	> 20 tonn
DHB	Busser	Diesel	> 760 kg	> 3.5 tonn

I praksis vil det for et veinett i beste fall foreligge informasjon om andelen tunge biler på hver lenke; man kjenner med andre ord ikke den nøyaktige fordelingen mellom klassene i Tabell 1. Fordelingen innen klassene lette og tunge biler hver for seg, basert på tall for registrert kjøretøybestand og gjennomsnittlig årlig kjørelengde for Norge som helhet, er vist i Tabell 2a. Tallene er hentet fra Nasjonal Utslippsmodell, og gjelder 1991-bilparken. Fordelingen mellom de tre diesel-lastebil-klassene er:

- DHLL: 34% av trafikkarbeidet
- DHLM: 22% av trafikkarbeidet
- DHLH: 44% av trafikkarbeidet

Tabell 2b viser fordelingen av trafikkarbeidet innen vektklassene for tunge biler for hver gateklasse gitt i Nordisk Beregningsmetode (NMR, 1984). Fordelingen i tabell 2a bekrefter at NBB-fordelingen for tunge biler er i riktig område, og denne beholdes derfor i modellen.

Busser behandles på følgende måte: Prosent av tungtrafikken som utgjøres av busser, beregnes ut fra ÅDT-B eller Bmaks, avhengig av om man regner for døgn eller makstime. Den resterende tungtrafikken utgjøres da av DHLL, DHLM og DHLH. Fordelingen mellom disse tre klassene, dvs total tungtrafikk minus busser, blir som i Tabell 2b.

Fordelingen mellom lette bensin- og dieslbiler er vist i tabell 2c. Innen klassen av lette dieslbiler antas at 50% av trafikkarbeidet gjøres av DL1, og 50% av DL2 og DL3 samlet. Tabell 2a bekrefter riktigheten av Tabell 2c. Det antas at fordelingen av trafikkarbeidet mellom de ulike kjøretøyklassene ikke vil endres vesentlig i årene fremover.

*Tabell 2a: Prosentvis fordeling av trafikkarbeidet innen lette og tunge biler basert på bestand i 1991 og kjørelengde i km/kjøretøy i 1991. Tallene er hentet fra Nasjonal Utslippsmodell.*

Klasse	Lette biler					Tunge biler				
	BL1	DL1	DL2	DL3	SUM	DHLL	DHLM	DHLH	DHB	SUM
A: Bestand	1 612 508	66 769	60 983	12 224	1 752 484	33 451	20 983	21 834	11 011	87 279
B: Kjørelengde	13 775	19 240	16 189	16 189	65 393	15 493	15 956	31 771	41 940	105 160
A*B	22 212	1 284	987	198	24 681	518	334	694	462	2 008
% trafikkarbeid	90	5	4	1	100	26	17	34	23	100

*Tabell 2b: Fordeling av trafikkarbeid mellom de tre vektclassene av tunge biler i Nordisk Beregningsmetode/NBB (NMR, 1984), for ulike gateklasser. Disse er lagt inn i VLUFT 5.0, som i tidligere VLUFT-versjoner.*

Bruttovekt av kjøretøy	Gateklasse				
	1	2	3	4	5
< 10 tonn	30%	50%	50%	25%	50%
10-20 tonn	30%	33%	50%	25%	33%
> 20 tonn	40%	17%	0%	50%	17%
sum	100%	100%	100%	100%	100%

*Tabell 2c: Prosent av trafikkarbeidet innen de lette bilene som gjøres av dieslbiler, for ulike gateklasser, hentet fra NBB, Nordisk Ministerråd (1984).*

GKL	1	2	3	4	5
% trafikkarbeid, diesel	8	10	5	8	5

### 2.3 Utslippsmodulens detaljeringsnivå

I beregning av utslipp fra veitrafikk er detaljeringsnivået avhengig av i hvilken sammenheng utslippstallene skal brukes. Når de beregnete utlippene langs en vei skal brukes til å modellere konsentrasjoner langs denne veien, krever dette et større detaljeringsnivå i både inngangsdataene og i selve modellen enn dersom hensikten er å beregne totalutslipp fra trafikken i et større område. VLUFTs



detaljeringsnivå er veien. Den er mer detaljert enn en totalutslippsmodell, men ikke så detaljert at den sier hvordan konsentrasjonene varierer omkring bygninger og annen lokal topografi langs veien. Den beregner konsentrasjoner som funksjon av avstand fra veikant, og forutsetter at konsentrasjonsforløpet er uniformt i hele veilenkens lengde. En modell som VLUFT blir i stor grad brukt til å se effekten på gatekonsentrasjonene av å endre på enkeltparametre som kjørehastighet og tungtrafikkandel. Dette stiller store krav til at disse effektene reflekteres realistisk i modellen.

Den offisielle modellen for beregning av totalutslipp langs det norske veinettet er Nasjonal Utslippsmodell for Veitrafikk (SFT, 1999). VLUFTs utslippsmodul bygger på denne modellen, men har i tillegg med effekter for kjøring med lavere hastigheter enn i Nasjonal Utslippsmodell, og også effekt for utslippsvariasjon med veiens stigningsgrad.

En så detaljert modell som VLUFT krever nøyaktige inngangsdata.

## 2.4 Begrepet “utslippsfaktor”

En utslippsfaktor representerer gjennomsnittsutslippet over en strekning, gitt i g/km eller g/kWh. VLUFT 5.0 benytter utslippsfaktorer som funksjon av kjørehastighet (interpolering mellom hver hele 10 km/h). Inngangsdata til modellen er både gjennomsnittshastighet over en time (i rushtiden) og over døgnet. Utslippsfaktoren for f.eks. 60 km/h skal representere utslippet på en strekning der gjennomsnittshastigheten er 60 km/h. I VLUFT representerer altså ikke utslippsfaktoren ved 60 km/h utslippet ved konstant kjøring i 60 km/h, men derimot utslippet ved kjøring langs en vei med skiltet hastighet 60 km/h, der kjørehastigheten vil pendle omkring 60, med visse andeler akselerasjoner og retardasjoner. Ved lave kjørehastigheter er det antatt en høyere andel av akselerasjon og retardasjon enn ved de høyere kjørehastighetene, fordi det ved så lave gjennomsnittlige kjørehastigheter på en strekning sannsynligvis vil være køkjøring. Det antas at laveste kjørehastighet som gjennomsnittshastighet over en time i praksis er 10 km/h.

For å komme fram til utslippsmodulen i VLUFT 5.0 har vi bygd på følgende kilder:

- Nasjonal Utslippsmodell for Veitrafikk (NU), som er utarbeidet av SSB, TI og NILU på oppdrag fra SFT (SFT, 1999).
- Utslippsmodulene i tidligere VLUFT-versjoner for kjørehastigheter under 30 km/t samt for effekter av kjøring langs stigende eller fallende vei.
- Måledata fra målinger i veinært miljø for bestemmelse av NO<sub>2</sub>-andelen av NO<sub>x</sub>.

Ved beregning av utslippsfaktorer for en kjøretøyklasse er det tatt hensyn til følgende:

- Kjøretøyene innen hver klasse i et gitt år representerer en blanding av teknologinivåer. Utslippene fra en bil er avhengig av kravene som gjaldt det året bilen ble førstegangsregistrert. For å komme fram til et gjennomsnittlig

utslippsnivå innen hver klasse er det foretatt en vekting av andelen av trafikkarbeidet som biler med forskjellig alder utfører. Denne fordelingen av trafikkarbeidet er hentet fra NU.

- Utslippene fra en bil øker etter som bilen blir eldre. Aldringen er beregnet som funksjon av akkumulert kjørelengde, slik det står oppgitt i NU.
- Utslippene påvirkes av kaldstart. Virkningen av kaldstart er forskjellig for ulike kjøretøyteknologier. Det antas at en viss prosentandel av bilene til enhver tid er i kaldstartfasen. Denne andelen er avhengig av kjøretøytype, teknologinivå, gateklasse, områdetype, tid på døgnet, bruk av motorvarmer og utetemperatur. Korreksjonen er lagt inn som en gjennomsnittskorreksjon tilsvarende korreksjonen for nasjonale tall i NU.
- Kjøring i motbakke i jevn hastighet tilsvarer utslippsmessig en akselerasjon, og fall en retardasjon. Tunge biler har tilnærmet null utslipp når de bremser eller kjører i nedoverbakke der gasspedalen slippes opp.
- Kravnivå for framtidige kjøretøy. Data for framtidige utslipp er hentet fra NU og omfatter spesifiserte krav fram til årsmodeller 2004, samt forventet teknologiforbedring etter 2004 lagt inn som en reduksjon fra og med årsmodell 2005. Estimater av teknologiforbedring i NU bygger på krav for utslipp i 2005/2008.

## 2.5 Metodikk for bestemmelse av utslippsfaktorene

VLUFTs utslippsfaktorer for CO, NO<sub>x</sub> og eksospartikler er regnet ut som årsutslipp pr. kjøretøyklasse for 1997, 2002, 2007, 2012 og 2017. Disse er vist i vedlegg A.

Utslippsfaktorene for hver kjøretøyklasse og hver årsmodell er hentet fra NU og korrigert med aldringsfaktorene i NU. Totalutslippet for hver kjøretøyklasse er beregnet på bakgrunn av kjøretøysammensetning og trafikkarbeid pr årsmodell. Det anvendes lineær interpolasjon for de mellomliggende årene.

For kjørehastighetene 10 km/t og 20 km/t er den samme hastighetsavhengigheten som lå i VLUFT tidligere benyttet til å beregne utslippet fra utslipp ved 30 km/t.

Utskiftningstakten for kjøretøyklassen etter 1997 er basert på midlere utskiftningstakt de 5 foregående år, korrigert for økt utskiftning i 1996 da vrakpanten var forhøyet. Modellering av utfasing av gamle modeller er forenklet ved at denne ikke starter før bilen er blitt 15 år, og at utfasingen da øker med alderen og maksimal alder er satt til 30 år.

### 2.5.1 Effekten av stigning på utslippene

Det er benyttet samme forhold mellom utslipp ved stigning/fall og utslipp ved flat vei som i tidligere VLUFT-versjoner. Forholdstallene er vist i Tabell 3.

Tabell 3: Forholdet mellom utslipp ved flat vei og utslipp ved ulike stigninger.

	CO						NO <sub>x</sub>				
	V (km/h)	-12%	-6%	-2%	6%	12%	-12%	-6%	-2%	6%	12%
bpb	10	0,77	0,87	0,97	1,90	3,03	0,63	0,84	0,96	1,68	3,15
	20	0,64	0,81	0,95	1,93	3,00	0,49	0,68	0,87	1,60	3,05
	30	0,51	0,68	0,89	2,16	3,47	0,33	0,42	0,80	1,76	3,36
	40	0,51	0,68	0,89	1,69	4,47	0,11	0,11	0,70	2,00	3,52
	50	0,55	0,65	0,88	1,71	4,79	0,11	0,11	0,70	2,19	3,45
	60	0,50	0,54	0,84	1,73	4,86	0,06	0,06	0,70	2,25	3,29
	70	0,50	0,54	0,84	1,70	4,75	0,09	0,12	0,70	2,26	3,13
	80	0,50	0,54	0,84	1,69	4,75	0,12	0,18	0,72	2,24	3,00
dpb	10	0,48	0,52	0,84	1,69	4,75	0,14	0,22	0,74	2,24	2,80
	10	0,53	0,69	0,89	1,15	1,30	0,64	0,76	0,89	1,41	2,21
	20	0,53	0,63	0,97	1,94	1,44	0,60	0,67	0,81	1,55	2,50
	30	0,46	0,55	0,85	1,43	1,86	0,41	0,55	0,83	1,63	2,63
	40	0,56	0,67	0,89	2,02	3,04	0,21	0,21	0,78	1,92	2,78
	50	0,57	0,73	0,91	2,44	3,97	0,20	0,20	0,76	1,87	2,70
	60	0,55	0,66	0,88	2,81	4,70	0,13	0,13	0,78	1,84	2,60
	70	0,51	0,51	0,83	3,00	5,14	0,18	0,25	0,75	1,81	2,50
TA <10 tonn	80	0,46	0,46	0,82	3,07	5,37	0,23	0,35	0,82	1,76	2,35
	90	0,42	0,42	0,81	3,10	5,53	0,27	0,44	0,83	1,72	2,22
	10	1,11	1,11	1,11	1,13	1,68	0,76	0,76	0,76	1,58	2,12
	20	0,64	0,64	0,64	1,23	1,38	0,51	0,51	0,51	2,16	3,18
	30	0,36	0,36	0,51	1,21	1,54	0,26	0,26	0,38	2,38	3,57
	40	0,42	0,42	0,60	1,86	3,50	0,20	0,20	0,29	2,49	3,69
	50	0,46	0,46	0,66	2,58	6,49	0,19	0,19	0,32	3,05	4,47
	60	0,42	0,42	0,64	5,28	7,21	0,19	0,19	0,46	3,25	5,29
70	0,43	0,43	0,65	5,43	7,60	0,24	0,24	0,63	3,79	6,18	
80	0,58	0,65	0,80	5,47	7,88	0,28	0,32	0,63	3,80	6,15	
90	0,65	0,80	0,94	5,47	8,02	0,32	0,36	0,58	3,16	5,09	

Tabell 3: forts.

	V (km/h)	CO					NO <sub>x</sub>				
		-12%	-6%	-2%	6%	12%	-12%	-6%	-2%	6%	12%
TA 10-20 tonn	10	0,54	0,54	0,77	1,36	1,75	0,39	0,39	0,69	1,39	2,25
	20	0,45	0,45	0,72	2,16	2,90	0,24	0,24	0,62	1,73	2,82
	30	0,30	0,30	0,42	2,90	4,41	0,13	0,19	0,59	2,07	3,38
	40	0,23	0,23	0,33	2,88	4,63	0,12	0,17	0,58	2,50	4,08
	50	0,19	0,19	0,27	3,61	5,02	0,12	0,17	0,58	3,05	5,07
	60	0,18	0,18	0,27	4,09	5,84	0,12	0,18	0,68	3,91	6,58
	70	0,19	0,19	0,28	4,24	6,07	0,14	0,16	0,58	4,14	6,97
	80	0,26	0,26	0,39	4,36	6,22	0,16	0,18	0,56	3,83	6,43
	90	0,30	0,36	0,50	4,43	6,33	0,18	0,21	0,60	3,24	5,42
TA >20 tonn	10	0,34	0,34	0,65	1,11	2,08	0,19	0,19	0,59	1,11	1,69
	20	0,21	0,21	0,60	1,38	2,60	0,11	0,11	0,54	1,26	1,99
	30	0,13	0,13	0,18	1,77	3,33	0,09	0,09	0,54	1,63	2,62
	40	0,12	0,12	0,18	2,25	4,16	0,10	0,10	0,55	2,30	3,87
	50	0,12	0,12	0,17	2,91	5,29	0,11	0,11	0,55	3,11	5,52
	60	0,11	0,11	0,16	3,12	5,55	0,12	0,12	0,56	3,91	7,11
	70	0,11	0,11	0,22	3,18	5,64	0,10	0,10	0,55	3,91	7,11
	80	0,15	0,15	0,38	3,25	5,76	0,12	0,12	0,50	3,76	6,80
	90	0,17	0,17	0,39	3,31	5,88	0,14	0,14	0,60	3,35	6,07

Programmet behandler stigningen avhengig av retningsparameteren og størrelsen på stigningen. Retningsparameteren er 0 for toveiskjørtede gater, 1 for enveiskjørtede gater med trafikken i kilometreringsretningen og 2 for enveiskjørtede gater med trafikken mot kilometreringsretningen. Retningsdefinisjon i forhold til kilometreringsretning er en etterlevning etter tidligere VLUFT-versjoner der hver lenke var definert med en fra-node og en til-node, der fra/til skulle stemme med kilometreringsretningen. I VLUFT 4.0 blir retning 1 og 2 behandlet likt, når det gjelder stigning:

- Enveiskjørtede gater: Trafikken antas å gå oppover både ved beregning av døgnutslipp og utslipp i makstimen.
- Gater med toveistrafikk: Stigningen settes til null ved beregning av døgnutslipp. Ved beregning av makstimeutslipp settes den til null hvis den er 0.1% eller lavere. Fordeles ellers på de to kjøreretningene avhengig av gateklasse. Utslipp av CO beregnes med stigning for kjøreretningen med mest trafikk. For utslipp av NO<sub>2</sub> beregner programmet hvilken av de to mulige kjøreretningsfordelingene som gir størst utslipp, og beregner dette utslippet.

### 2.5.2 NO<sub>2</sub>-andeler av NO<sub>x</sub>

NO<sub>2</sub>-konsentrasjonene som oppstår langs veiene får dels bidrag fra direkte NO<sub>2</sub>-utslipp fra bilene, dels fra NO som omdannes til NO<sub>2</sub> ved å reagere med ozon og dels fra bakgrunnskonsentrasjonen av NO<sub>2</sub>. Av disse er det direkte utslippet av NO<sub>2</sub> kanskje den største usikkerhetsfaktoren. Det er gjort omfattende målinger av NO<sub>x</sub>-utslipp (NO + NO<sub>2</sub>), men det har vært liten interesse for å finne NO<sub>2</sub>-andelen. Dette skyldes at utslippskravene er knyttet til NO<sub>x</sub>. Dette er uheldig med tanke på at luftkvalitetskriteriene gjelder NO<sub>2</sub>.

Siden NO<sub>2</sub>-andelen av NO<sub>x</sub> er ulik for katalysator og ikke-katalysatorbiler, må man regne ut hvor mye NO<sub>x</sub> som kommer fra hver gruppe. NO<sub>2</sub>-andelen blir deretter beregnet i henhold til Tabell 4.

Tabell 4: Antatt NO<sub>2</sub>-andel av NO<sub>x</sub> i utslippet fra biler som funksjon av bilklasse og stigning på veien.

Bilklasse	Stigning (%)				
	≤-4	-4-0	0	0-4	>4
Bensindrevne personbiler m/kat	10		10		10
Bensindrevne personbiler u/kat	20	Lineær interpolasjon	3	Lineær interpolasjon	4
Dieseldrevne biler	20	"	15	"	4

### 2.5.3 Effekten av kaldstart

I en kald motor foregår forbrenningen mer ufullstendig og drivstofforbruket er større enn i en varm motor, uansett utetemperatur. Hovedårsaken er at den kalde motoren har større intern motstand; jo lavere utetemperatur, jo tregere går ting rundt pga. bl.a. økt oljeviskositet. For å få den ønskede effekten ut på drivakselen er man nødt til å kjøre med "fetere blanding", dvs redusert luft/brensel-forhold, og

dette gir økt utslipp av de fleste komponenter. Unntaket er NO<sub>x</sub>-utslipp fra bensinbiler uten katalysator. Lavt luftoverskudd begrenser dannelsen av NO<sub>x</sub>.

Korreksjonen for kaldstart er basert på gjennomsnittskorreksjonen for nasjonalt utslipp slik den framkommer fra NU. Dette gir korreksjonsfaktorer på 1,84 for CO fra bensindrevne personbiler og 1,05 for NO<sub>x</sub> fra bensindrevne personbiler. De øvrige kaldstartkorreksjonene er vesentlig mindre. I tidligere versjoner av VLUFT ble kaldstarttillegget beregnet vesentlig høyere enn dette som følge av en overestimering av kaldstarttillegg for personbiler med katalysator.

## 2.6 Drivstofforbruk

Tallene for drivstofforbruk for 1993-bilparken i VLUFT 5.0 er hentet fra Nasjonal Utslippsmodell. Forbruksfaktorene for 1993-bilparken er vist i Tabell 5. Her er det tatt hensyn til både aldring og effekten av kjøring.

Økningen i drivstofforbruk fra 30 til 10 km/h er hentet fra tidligere VLUFT-versjoner:

- lette biler:  
 $\frac{\text{utslipp, 10 km/h}}{\text{utslipp, 30 km/h}} = 1.54$
- tunge biler:  
 $\frac{\text{utslipp, 10 km/h}}{\text{utslipp, 30 km/h}} = 1.00$

Tabell 5: Drivstofforbruk (l/mil) for 1993-bilparken.

	10	20	30	40	50	60	70	80	90
BL1	1,74	1,42	1,13	0,94	0,78	0,67	0,67	0,67	0,67
DL1	1,09	0,84	0,71	0,60	0,54	0,51	0,51	0,51	0,51
DL2	1,42	1,12	0,92	0,80	0,70	0,66	0,66	0,66	0,66
DL3	1,64	1,26	1,06	0,92	0,85	0,76	0,76	0,76	0,76
DHLL	3,14	2,87	2,67	2,45	2,30	2,18	2,10	2,07	2,07
DHLM	4,60	4,23	4,05	3,80	3,50	3,44	3,20	3,08	3,08
DHLH	4,21	4,20	4,19	4,18	4,10	4,05	3,70	3,19	3,19
DHB	5,63	5,22	4,93	4,35	3,65	3,09	2,20	1,25	1,25

Forbruket i 1997 er beregnet ved reduksjon av 1993-forbruket med faktorene 0.945 for bensin og 0.773 for diesel. Disse faktorene er hentet fra nasjonal utslippsmodell.

Reduksjon i spesifikt drivstoff-forbruk er funnet fra NU ved å anvende resultatene fra "teknologialternativet" for år 2020. Teknologialternativet innebærer at modellen blir benyttet med trafikkvekst satt til null slik at endringene kun skyldes innføring av nye årsmodeller og utfasing av gamle.

Reduksjonen for 1997 til 2017 relativt til forbruk i 1993 er vist i Tabell 6.

Tabell 6: Årlig reduksjon i spesifikt drivstofforbruk for bensindrevne personbiler og alle dieserbiler fra 1997 til 2017. Enhet %.

bensinbiler	dieserbiler
1,275	0.51

### 2.6.1 Sammenheng mellom drivstofforbruk og CO<sub>2</sub>-utslipp

CO<sub>2</sub>-utslippet beregnes ut fra det spesifikke drivstofforbruket (l/mil) for den enkelte kjøretøyklasse, ved at det antas følgende CO<sub>2</sub>-mengde dannes pr kg drivstoff:

- Bensin: 3.13 kg CO<sub>2</sub>/kg drivstoff
- Diesel: 3.17 kg CO<sub>2</sub>/kg drivstoff

Dette stemmer overens med verdiene i Nasjonal Utslippsmodell.

## 2.7 Generering av svevestøv

### 2.7.1 Måter å angi svevestøv på

Svevestøv kan angis som

- vekt av totalt støvnedfall (g/m<sup>2</sup> pr. mnd); alle partikkelstørrelser som er avsatt i en nedfallsamler tas med
- TSP - "Total Suspended Particles" (µg/m<sup>3</sup>). Svevestøv, partikler med diameter < 50-100 µm.
- PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) - partikler med diameter mindre enn 10 µm. I denne størrelsesfraksjonen vil støv fra oppmalt veidekke dominere.
- PM<sub>2,5</sub> (µg/m<sup>3</sup>) - partikler med diameter mindre enn 2.5 µm. Denne partikkelfraksjonen domineres av eksospartikler, men inneholder også en del veistøv. Eksospartikler består hovedsakelig av organisk og uorganisk karbon, med diameter på partiklene under 0.5 µm.

Når NILU foretar målinger av partikler langs sterkt trafikkerte veier, gjøres dette i form av PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub>.

### 2.7.2 Beregningsmetode for PM<sub>10</sub>

Beregning av PM<sub>10</sub>-forurensning i VLUFT 5.0 foretas nå etter samme prinsipp som beregning av CO; først beregnes et PM<sub>10</sub>-utslipp for lenken, deretter beregnes konsentrasjonen ved hjelp av programmets spredningsmodul.

Denne metodikken avviker fra tidligere versjoner av VLUFT, der beregnet PM<sub>10</sub>-konsentrasjon baserte seg på beregnet Ep-konsentrasjon. Beregning av utslipp av PM<sub>10</sub> foretas med bakgrunn i *utslipp* av eksospartikler, og dette *utslippet* benyttes nå til å beregne et utslipp av PM<sub>10</sub> på veilenken.

### 2.7.3 *Utslipp av eksospartikler*

Beregning av eksospartikkelutslippet bygger på Nasjonal Utslippsmodell. Beregnet utslipp for bilklasser, beregningsår og hastighet er vist i vedlegg A.

I rapporten "Partikler i tettstedsluft i Norden" (Larssen, 1991) er resultatene av en rekke målinger av bileksospartikler oppsummert, bl.a. målinger NILU selv har utført i avgasser fra bensin- og dieseldrevne biler. En vet i dag ganske mye om størrelsesfordelingen av bilavgasspartikler. Hovedmengden er i størrelsesområdet 0,05-0,7 µm, med bensineksospartikler rundt 0,1 µm, og dieselavgasspartikler rundt 0,5 µm. En mindre del av partikkelmassen finnes også rundt 1-2 µm.

### 2.7.4 *Betydning av kjørehastighet og tungtrafikkandel*

Slitasjen og oppvirvlingen av veistøv øker med kjørehastighet. Tungtrafikken bidrar i mye større grad til oppvirvling enn de lette bilene. I VLUFT er det tidligere introdusert en modell for beregning av nedsmussingen (støvnedfallet, W) ved veier, som også skyldes slitasje og oppvirvling av veistøv. I denne modellen er følgende uttrykk benyttet:

$$W \propto \text{ÅDT} * V^2 * \text{TA},$$

der V er midlere kjørehastighet og TA er tungtrafikkandelen for en lenke.

Den samme avhengigheten benyttes i PM<sub>10</sub>-modellen for å ta hensyn til veistøvkonsentrasjonens variasjon med kjørehastighet og tungtrafikkandel. Basert på målinger der forholdet mellom PM<sub>10</sub> og PM<sub>2,5</sub> er oppdelt i forhold til virkedag og helg, er utslipp av fraksjonen av støv fra 10 til 2,5 µm bestemt som en lineær avhengighet av tungtrafikkandelen.

Avhengigheten av hastighet er fremdeles antatt å være kvadratisk, og er skalert med forholdene som gjaldt for de målte konsentrasjonsforholdene.

Utslipet fra veibanen av grove svevestøvpartikler er bestemt etter ligningen nedenfor

$$Q_{10-2,5} = QR_{2,5} \times (0,268 \cdot TT + 2,482) \cdot (V_T/75)^2$$

der Q<sub>10-2,5</sub> er utslipp av grove partikler

QR<sub>2,5</sub> er utslipp av finfraksjonen i referansesituasjonen (eksos og veistøv)

TT er tungtrafikk i prosent av trafikkstrømmen

V<sub>T</sub> er kjørehastigheten.

### 2.7.5 *Maksimalutslipp av PM<sub>10</sub>*

Utslipet av PM<sub>10</sub> under tørre forhold med maksimal veislitasje og oppvirvling av summen av utslipp av PM<sub>2,5</sub> og fraksjonen PM<sub>10</sub>-PM<sub>2,5</sub>. I VLUFT 5.0 er det antatt at utslippet av PM<sub>2,5</sub> i tørre perioder for referansesituasjonen besto av ca 40 % veistøv og ca 60 % eksospartikler. Estimater er basert på en analyse av måledata for støvforurensning i norske byer (Larssen og Hagen, 1997). Utslipp av PM<sub>10</sub> (pr. kjøretøy) er da gitt av ligningen nedenfor:



$$Q_{10} = E_p + Q_{2.5\text{vei}} + Q_{10-2,5}$$

der  $Q_{10-2,5}$  er beskrevet i 2.7.4. De to siste leddene i ligningen er avhengig av piggdekkandelen, og er i tillegg skalert i forhold til hvilket fylke beregningene utføres for.

### **2.7.6 Fylkesavhengig veislitasje**

I forbindelse med uttesting av VLUFT 4.3 viste det seg at modellen ikke klarte å gjengi de målte støvkonsentrasjonene i veinært miljø i Trondheim. Analyser av veistøvdepotets andel av støv i finfraksjonen viste også større andel finstøv enn tilsvarende analyser av støv fra Bergen og Oslo. En mulig forklaring på dette er forskjell i tilsatsmaterialet i asfalten. Steintypen som brukes som tilsatsmateriale i Trøndelag avgir antagelig mer finfraksjonsmateriale når den blir knust eller utsatt for slitasje. Som et resultat av dette er det lagt inn en fylkesavhengig konstant i kildeligningen for den delen av svevestøvet som kommer fra veien. Konstanten er i VLUFT 5.0 lik 2 for Sør-Trøndelag og 1 for de øvrige fylkene.

### **2.7.7 Forholdet mellom døgn- og timekonsentrasjoner**

Spredningsmodulen i VLUFT gir sammenhengen mellom utslipp og maksimale timesverdier, mens grenseverdiene for  $PM_{10}$  gjelder døgnverdier. På grunnlag av NILUs målinger av CO og  $NO_x$  i gater anslås forholdet F1 mellom maksimal døgnverdi og maksimal timesverdi for eksospartikler:

$$F1 = \text{max. døgnverdi} / \text{max. timesverdi} = 1/2.3$$

Døgnverdier for  $PM_{10}$  framkommer ved å multiplisere maksimal timemiddelkonsentrasjon med faktoren F1. For beregningspunkter som ligger utenfor den umiddelbare veisonen vil forholdstallet mellom døgn og timeverdi bli lavere. Utenfor 15 m fra veikant benyttes et forholdstall på 0.5 F1, og fra 7,5 m til 15 m foretas en reduksjon med avstanden fra F1 til 0,5 F1.

### **2.7.8 Renhold**

Renhold av veiene kan ha en effekt på  $PM_{10}$ -konsentrasjonene dersom det foretas hyppig og med god effektivitet. I programmet er det innført en reduksjonsfaktor for renhold (F3) som kan benyttes dersom man kjenner effekten av renholdet som skal settes i verk på en veistrekning.

Hvis faktoren settes til 1 har renholdet ingen effekt, og hvis den settes til 0 blir veistøvutslippet null.

### **2.7.9 Piggdekkbruk**

Alle dekk kjøpt etter 1. oktober 1992 har redusert maksimal tillatt piggvekt og statisk piggkraft. Vanlige piggdekk har maks piggvekt 1,8 g, mens letpiggdekk har maks piggvekt 1,1 g. Forsøk viser at veislitasjen er proporsjonal med piggvekten. Slitasjen fra piggfrie dekk antas å være mye lavere, og på bakgrunn av analyse av støvmålinger (Larssen og Hagen, 1997) er det lagt inn en lineær reduksjon av veistøvbidraget med avtagende piggdekkandel fra 1 (når alle biler har piggdekk) til 0,02 (når ingen biler har piggdekk).

## 2.8 Utslipp av N<sub>2</sub>O

I forbindelse med beregning av klimagassutslipp har VLUFT blitt modifisert til å beregne utslipp av N<sub>2</sub>O. Modifikasjonen går ut på å benytte de eksisterende utslippsberegningene av NO<sub>x</sub>, og å beregne N<sub>2</sub>O som en faktor av NO<sub>x</sub>-utslippet. Beregningene er utført på denne måten for å unngå store endringer i programmet, og fordi utslippene av N<sub>2</sub>O og NO<sub>x</sub> varierer på en lik måte mellom de ulike kjøretøyklassene. Det er beregnet en gjennomsnittsfaktor for utslipp for år 2007 med en tungtrafikkandel på 10 %. Tilsvarende er det beregnet N<sub>2</sub>O-utslipp fra samme kjøretøysammensetning og år fra faktorene i Nasjonal Utslippsmodell. Forholdet mellom disse gjennomsnittsutslippene ( 0,0122 ) er lagt inn i VLUFT. Når summen av NO<sub>x</sub>-utslipp på alle lenker er beregnet multipliseres dette utslippet med faktoren, og gir derved N<sub>2</sub>O-utslippet.

## 3 Spredning

### 3.1 Anvendte metoder

Konsentrasjonsberegninger i VLUFT 5.0 utføres på tre forskjellige måter, avhengig av om beregningen gjelder gater, veier eller veikryss, hvilken beregningsavstand som er valgt, og om data for beregning av bygningshøyde foreligger i et bygningsregister. Beregningene benytter to ulike spredningsmodeller:

- NEWAY; basert på EPAs HIWAY 2, beregningsprogram for spredning ved åpne veier. I VLUFT 5.0 er modellen utvidet til å gjelde ut til 500 m fra veikanten. Dette er på grensen av å tøye modellens anvendelsesområde for langt. I VLUFT 5.0 er spredningsmodulen for åpne veier modifisert for de dårligste spredningsforholdene i forhold til tidligere varianter av VLUFT. Kalibrering av modellen mot konsentrasjonsmålinger i veinære områder medførte at den tidligere ”maksimalbelastningssituasjonen” ble redusert med en faktor på 0,74.
- Nordisk beregningsmetode for bilavgasser (NBB), gatemodell.

Dersom det oppgis beregningsavstand over 35 m langs veier med tette fasaderekker, benyttes NEWAY spredningsmodell. For normal bygningsstruktur/hushøyde vil spredningseffekten av bygninger inntil veien være svært redusert på denne avstanden og beregningpunktet vil ligge utenfor gateromsmodellens anvendelsesområde.

### 3.2 Kryss/trafikkmaskin

For spredning fra kryss forutsetter beregningsmetoden at alle oppgitte lenker er en del av krysset. Krysset blir så forenklet til en arealkilde, der totalutslippet er jevnt fordelt over et kvadrat 100 m x 100 m. Maksimalbelastning beregnes for avstander fra 5 m til 100 m fra dette arealet, og betegnes som konsentrasjon fra kryssets yttergrense. Dersom det reelle krysset har dimensjoner vesentlig mindre enn 100 m x 100 m, vil beregningsmetoden overestimere den delen av spredningen som foregår innenfor kryssets ytterbegrensning. Dette vil medføre at oppgitte konsentrasjoner på oppgitte avstander blir underestimert. Dersom det reelle krysset har dimensjoner vesentlig større enn 100 m x 100 m, vil det

tilsvarende medføre at oppgitte konsentrasjoner på oppgitte avstander blir overestimert.

### 3.3 Gaterom

Spredningsmodellen fra NBB benyttes ved fasadedekningsgrad 1 og 2. Denne modellen gir en uniform konsentrasjon for gaterommet på bakgrunn av utslippsintensitet, kjørebanebredde og avstand fra kjørebane kant til husfasade. Gyldighetsområdet er for typiske "bykvartaler" med minst 3 etasjers hushøyde og minst like stor høyde på fasaden som bredden på gaterommet. Beregningene vil da gjelde "midt på kvartalet", men i eksponeringsberegningene anvendes den samme beregningen også nær gaterommets endepunkter.

### 3.4 Konsentrasjoner ved bolig

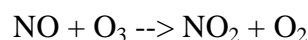
Til eksponeringsberegninger benyttes konsentrasjonen beregnet ved bolig. Konsentrasjonene ved bolig beregnes for den aktuelle avstanden til boligenheten fra veien. Dersom fasadedekningsparameteren er 5 ("spesiell topografi") modifiseres konsentrasjonsberegningen ut fra vinkelen mellom veibanen og husets "terskelnivå" ved å ta hensyn til økt transportavstand for forurensningskomponentene, og økt vertikalspredning på grunn av terrenget. For andre fasadedekninger benyttes den aktuelle spredningsfunksjonen bestemt av fasadedekningsgraden.

## 4 Bakgrunnsforurensning

### 4.1 Dagens situasjon

Forurensning langs en gitt vei er summen av forurensning fra biltrafikken langs denne veien og forurensning fra andre kilder, også kalt bybakgrunnsnivå av forurensning. Bakgrunnsnivået kan bestå av bidrag fra trafikk i nærliggende gater og veier, industriutslipp, utslipp fra fyring med olje, kull og ved til arealoppvarming, samt langtransportert forurensning.

Bakgrunnsverdiene av CO, NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub> må legges til beregnet konsentrasjonsbidrag fra eksosutslippet i en gate eller vei. I tillegg til dette vil det regionale bakgrunnsnivået av ozon gi en tilsvarende NO<sub>2</sub>-konsentrasjon. I gater med høyt forurensningsnivå skjer slik ozon-basert NO<sub>2</sub>-dannelse hovedsakelig via reaksjonen:



Den oppgitte bakgrunnskonsentrasjonen av ozon vil i modellen bli lagt til bakgrunnskonsentrasjonen av NO<sub>2</sub>.

For CO, NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub> vil bakgrunnsnivået variere med størrelsen på tettstedet, samt vindforholdene om vinteren. I tillegg vil det også normalt avta fra sentrum av tettstedet mot utkantområdene.

Bakgrunnsatlasen i VLUFT 5.0 er beskrevet i brukerveiledningen. Verdiene i atlasen er satt på bakgrunn av målinger, størrelse av største by i fylket, grad av "urbanisering", og regionale forskjeller i langtransporterte forurensninger.

Når det gjelder ozon, er det konsentrasjonen i lufta som kommer inn over tettstedet som har betydning. Bakgrunnsverdien for ozon antas å være den samme for hele tettstedet. Den er også uavhengig av bystørrelse. For de beregningene som gjøres i VLUFT (maksimale forurensningskonsentrasjoner ved dårlige spredningsforhold, som normalt opptrer om vinteren) anbefales brukt en ozonkonsentrasjon på  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i beregningene, dersom ikke målinger er utført som gir grunnlag for å velge andre verdier.

## 4.2 Framtidig bakgrunnsforurensning

Skjerpede avgasskrav i kombinasjon med endring i trafikkarbeid, vil gi endrede bakgrunnsverdiene for forurensning framover. Endringene beregnes i programmet på bakgrunn av forventet trafikkvekst fram til beregningsåret.

Faktorene i formelen beregnes av utslippsdelene i programmet.

Endringer estimeres på følgende måte: Konsentrasjonene i tabell 10 multipliseres med en faktor  $k_s$  som beregnes etter følgende formel:

$$k_s = k_{\text{red}} \cdot k_{\text{traf}} \cdot a$$

$k_{\text{red}}$  : Utslippsreduksjon i forhold til 1997-nivå som følge av skjerpede avgasskrav.

$k_{\text{traf}}$  : Forholdet mellom det totale trafikkarbeidet (bil-km/ døgn) i området, i det framtidige beregningsåret og i dag.

a : Forholdet mellom andre kilders bidrag (dvs. ikke biltrafikk) til bakgrunnsforurensning, og det totale bakgrunnsnivået. I VLUFT 5.0 er det benyttet en verdi på 0,2.

Beregningen av  $k_{\text{red}}$  er for støvberegning avhengig av den andelen piggfrie dekk brukeren oppgir for beregningsåret. Den er dessuten fylkesavhengig for å ta hensyn til at veistøvandelen av total støvbelastning er høyere i noen fylker.

## 5 Eksponering

VLUFT beregner antall personer eksponert for ulike konsentrasjoner av CO, NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub> ved sine boliger. Beregningene gjelder absolutte maksimalkonsentrasjoner. Det beregnes konsentrasjoner tre meter over bakken, ved fasaden til boligene. Dette gjøres på grunnlag av avstand mellom bygning og veikant, som står oppgitt i bygningsregistret. Spredningsmodellen gjelder ut til 500 m fra veikant, slik at boliger som ligger lengre unna veien enn dette ikke tas med i eksponeringsberegningene. Ved registrering av inngangsdata er det vesentlig at bygningene registreres med avstand til de to veiene som er mest trafikkert. Man kan tenke seg tilfeller der konsentrasjonen av luftforurensning ved en bygning ligger nærmere enn 500 m fra to eller flere sterkt trafikkerte veier. VLUFT beregner imidlertid maksimalkonsentrasjoner over en time eller et døgn, og i situasjonene der makskonsentrasjoner oppstår vil vinden bare komme fra en vei i løpet av den aktuelle makstimen. Det er derfor rimelig å beregne eksponering i

forhold til den sterkeste trafikkerte veien. Programmet tester derfor hvilken av de to registrerte lenkene pr. boligenhet som gir den største eksponeringen.

Antall personer pr. boligenhet velges enhetlig for hele boligmassen. Statistisk Årbok, Kommunen eller Fylkeskommunen på det aktuelle stedet kan være kilder til informasjon om antall personer pr. boligenhet.

På lenkenivå beregnes bredden på soner der NO<sub>2</sub>- og PM<sub>10</sub>-konsentrasjonene overskrider visse grenser.

## 6 Beregning av prosentilverdier for NO<sub>2</sub> og PM<sub>10</sub>

I forbindelse med implementering av EUs nye luftkvalitetskriterier er det vedtatt nye nasjonale mål for luftkvalitet i Norge. De nasjonale målene kommer i tillegg til de anbefalte luftkvalitetskriteriene og grenseverdier satt i Forurensningsloven, de nasjonale målene er utformet som prosentilverdier, det vil si at de angir et visst antall episoder pr. år der forurensningsnivået kan overstige en grense uten at grenseverdien i målet er overskredet. Nasjonale mål er:

- Ikke flere enn 8 timeverdier av NO<sub>2</sub> over 150 µg/m<sup>3</sup> i år 2010
- Ikke flere enn 25 døgnverdier av PM<sub>10</sub> over 50 µg/m<sup>3</sup> i år 2005
- Ikke flere enn 7 døgnverdier av PM<sub>10</sub> over 50 µg/m<sup>3</sup> i år 2010

Beregninger av konsentrasjoner i forhold til nasjonale mål utføres i VLUFT 5.0 på bakgrunn av de beregnede maksimalkonsentrasjonene. NILU har tidligere arbeidet med å fastsette et forhold mellom "maksimalverdien" og prosentilverdier på bakgrunn av måldata (Hagen og Larssen, 1998). Etter dette har det vært utført en gjennomgang av lengre beregningsserier i utvalgte punkter med beregningsverktøyet AirQUIS for å avdekke mulige sammenhenger mellom prosentilmaksimumsforholdet avhengig av avstand fra vei og orientering i forhold til dominerende vindretning. Dette arbeidet ga ikke grunn for å revidere de anslåtte faktorene fra målinger i noen vesentlig grad. VLUFT 5.0 bruker følgende forholdstall mellom prosentilverdiene og maksimalkonsentrasjonen:

- prosentilkonsentrasjon NO<sub>2</sub> = veibidrag NO<sub>2</sub> delt på 1,3 + bakgrunns-konsentrasjon NO<sub>2</sub>,
- prosentilkonsentrasjon PM<sub>10</sub> (7 overskridelser) = veibidrag delt på 1,6 + bakgrunnskons PM<sub>10</sub> delt på 1,6,
- prosentilkonsentrasjon PM<sub>10</sub> (25 overskridelser) = veibidrag delt på 2,0 + bakgrunnskons PM<sub>10</sub> delt på 2,0.

## 7 Usikkerhet og begrensninger i beregningsresultatene

Styrken ved programmet er at de modellene som benyttes tar hensyn til variasjoner i de viktigste vei- og trafikkparametrene (trafikkmengde, hastighet, avstand osv.) på en tilnærmet korrekt måte.

De vesentligste kildene til usikkerhet i modellen slik den er i dag er:

- Utslippsfaktorene for tunge biler. Disse er hentet fra Nasjonal Utslippsmodell. Teknologisk Institutt gjorde et omfattende litteraturstudium for å komme frem til utslippsfaktorene i denne modellen, men det tilgjengelige målegrunnlaget er svært begrenset.
- NO<sub>2</sub>-andelen av NO<sub>x</sub> -utslippene har stor betydning for de beregnede NO<sub>2</sub>-konsentrasjonene, men det finnes få målinger av denne parameteren.
- I hvilken grad representerer kjøremønstrene kjøring i virkelig trafikk? Tilgjengelige beskrivelser av fordelingen mellom akselerasjon, retardasjon og konstantkjøring i ulike trafikksituasjoner finnes i liten grad.
- Det er ofte vanskelig å skaffe gode data for tungtrafikkandel og kjørehastighet i makstimen. Dette er en svakhet som ligger utenfor modellen, men som i praksis får stor betydning for kvaliteten på beregningene.
- Kunnskap om effekten av piggdekk på PM<sub>10</sub>-konsentrasjoner og nedfallsstøv, spesielt hva som skjer når piggdekkandelen reduseres vesentlig, er fremdeles begrenset. Effekten av veirenhold er ikke tilstrekkelig undersøkt.
- Det bør gjennomføres nærmere undersøkelser om den betydningen forskjellig tilsetningsmateriale i asfalt har på partikkelstørrelsen og mengden i ulike størrelsesfraksjoner av avslitt veistøv.
- Beregningene gir estimer av maksimale forurensningsverdier og estimat av hyppighet basert på maksimale konsentrasjoner. Det ville være ønskelig med en utvidet vurdering av forholdene mellom de høyeste og de ”nest høyeste” forurensningsverdiene og eventuelle regionale forskjeller som kan skyldes klima og veidekke.
- Det er i dag ofte et problem å skaffe data på det detaljeringsnivået som VLUFT trenger, særlig når det gjelder tungtrafikkandel og kjørehastighet i rushtiden.
- Fordeling av tungtrafikkandelen i tellinger gjøres i forhold til bilenes lengde, mens bilklassene i VLUFT er inndelt etter vekt. Undersøkelser av sammenhengen mellom vekt og lengde viser at denne ikke er entydig.

## 8 Referanser

- Egebeck, K.E. og Hedbom, A. (1991) Emissionsdata till Nordisk Beräkningsmodell för Bilavgaser. Haninge (Svensk Bilprovning MTC 9103).
- Hagen, L.O. og Larssen, S. (1998) Omregning av EU-kommisjonens forslag til nye grenseverdier, fra prosentilverdier til maksimalverdier. Kjeller (NILU OR 14/98).
- Larssen, S. (1991) Partikler i tettstedsluft i Norden. Lillestrøm (NILU OR 11/91).
- Larssen, S. og Hagen, L.O. (1997) Partikkelforurensning fra piggdekk. Kjeller (NILU OR 16/97).

NMR (1984) Nordisk beregningsmetode for bilavgasser. Sluttrapport august 1984. Lillestrøm (Nordisk Ministerråd. Prosjekt 180.21-26) (NILU OR 56/84).

SFT (1993) Utslipp fra veitrafikken i Norge. Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater. Oslo (SFT-rapport nr 93:12).

SFT (1999) Utslipp fra vegtrafikk i Norge. Dokumentasjon av beregningsmetode, data og resultater. Oslo (SFT-rapport nr 99:04).





## **Vedlegg A**

### **Utslipp av CO, NO<sub>x</sub> og eksospartikler for 1997, 2002, 2007, 2012 og 2017**



Tabell A1: Utslipp av CO for 1997, 2002, 2007, 2012 og 2017 for hver bilklasse og for hastigheter fra 10 til 90 km/h.

CO	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1997									
bpb	28.715	20.687	14.281	12.271	9.034	5.796	5.137	5.199	5.262
dpb	2.910	1.645	1.139	0.764	0.632	0.499	0.423	0.396	0.368
dl2	4.600	2.599	1.800	1.219	1.103	0.988	0.967	0.965	0.964
dhll	12.661	10.031	8.379	4.507	3.258	2.010	1.938	1.935	1.932
dhlm	20.316	14.179	9.853	5.674	4.187	2.700	2.316	2.354	2.392
dhlh	23.893	17.432	15.029	8.873	6.353	3.834	3.117	3.044	2.972
dhb	19.581	12.784	8.523	5.144	3.581	2.018	1.778	1.653	1.529
2002									
bpb	16.103	11.601	8.009	6.811	5.044	3.278	2.979	2.986	2.992
dpb	1.921	1.086	0.752	0.584	0.438	0.292	0.263	0.236	0.210
dl2	3.172	1.793	1.241	1.011	0.874	0.736	0.714	0.720	0.726
dhll	7.148	5.663	4.731	2.555	1.844	1.134	1.095	1.098	1.100
dhlm	11.383	7.945	5.521	3.189	2.352	1.514	1.308	1.323	1.339
dhlh	13.102	9.559	8.242	4.862	3.484	2.107	1.713	1.668	1.623
dhb	11.414	7.452	4.968	3.002	2.092	1.182	1.018	0.950	0.883
2007									
bpb	8.668	6.245	4.311	3.622	2.695	1.768	1.685	1.689	1.692
dpb	1.976	1.117	0.773	0.604	0.444	0.284	0.262	0.233	0.203
dl2	2.895	1.636	1.133	0.966	0.836	0.705	0.687	0.697	0.708
dhll	4.873	3.861	3.225	1.744	1.259	0.773	0.747	0.750	0.752
dhlm	4.406	3.075	2.137	1.241	0.914	0.587	0.513	0.514	0.516
dhlh	8.281	6.042	5.209	3.077	2.207	1.337	1.085	1.055	1.025
dhb	7.013	4.579	3.052	1.844	1.284	0.724	0.622	0.583	0.544
2012									
bpb	4.498	3.240	2.237	1.894	1.407	0.921	0.899	0.889	0.878
dpb	1.113	0.629	0.436	0.341	0.248	0.155	0.146	0.129	0.112
dl2	2.282	1.290	0.893	0.796	0.686	0.577	0.564	0.574	0.585
dhll	3.047	2.414	2.017	1.094	0.789	0.484	0.467	0.471	0.474
dhlm	4.960	3.462	2.406	1.394	1.027	0.661	0.573	0.577	0.582
dhlh	5.606	4.090	3.526	2.086	1.498	0.909	0.737	0.715	0.694
dhb	4.497	2.936	1.957	1.182	0.822	0.462	0.398	0.374	0.351
2017									
bpb	2.242	1.615	1.115	0.883	0.674	0.466	0.514	0.478	0.442
dpb	0.986	0.557	0.386	0.303	0.220	0.136	0.129	0.114	0.098
dl2	1.927	1.089	0.754	0.699	0.603	0.508	0.497	0.509	0.520
dhll	2.178	1.726	1.442	0.783	0.565	0.346	0.334	0.337	0.340
dhlm	3.754	2.620	1.821	1.056	0.778	0.501	0.434	0.437	0.440
dhlh	4.257	3.106	2.678	1.588	1.141	0.694	0.561	0.544	0.528
dhb	3.497	2.283	1.522	0.919	0.638	0.358	0.309	0.291	0.274

Tabell A2: Utslipp av NO<sub>x</sub> for 1997, 2002, 2007, 2012, 2017 for hver bilklasse og for hastigheter fra 10 til 90 km/h.

NO <sub>x</sub>	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1997									
bpb	1.055	1.000	1.007	0.951	1.030	1.110	1.311	1.342	1.372
dpb	1.120	0.919	0.807	0.675	0.598	0.520	0.513	0.509	0.506
dl2	1.486	1.219	1.070	0.924	0.890	0.855	0.837	0.837	0.837
dl3	1.486	1.219	1.070	0.924	0.890	0.855	0.837	0.837	0.837
dhll	25.023	19.695	16.139	8.486	6.030	3.574	3.351	3.371	3.391
dhlm	38.652	29.773	25.704	14.699	10.745	6.792	5.838	5.859	5.880
dhlh	50.051	39.137	33.409	20.728	15.241	9.754	8.085	7.863	7.641
dhb	43.400	35.424	29.948	20.079	14.486	8.892	8.255	8.354	8.452
2002	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.879	0.833	0.838	0.785	0.847	0.908	1.076	1.094	1.111
dpb	0.848	0.695	0.611	0.517	0.443	0.369	0.335	0.331	0.327
dl2	0.730	0.599	0.526	0.429	0.425	0.421	0.419	0.419	0.419
dl3	0.730	0.599	0.526	0.429	0.425	0.421	0.419	0.419	0.419
dhll	20.817	16.384	13.426	7.027	4.996	2.966	2.796	2.816	2.837
dhlm	26.230	20.204	17.443	10.017	7.311	4.606	3.966	3.970	3.974
dhlh	35.302	27.604	23.564	14.702	10.810	6.919	5.717	5.528	5.340
dhb	34.420	28.094	23.751	15.928	11.517	7.106	6.572	6.640	6.707
2007	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.495	0.469	0.472	0.435	0.465	0.495	0.587	0.591	0.596
dpb	0.747	0.613	0.538	0.450	0.386	0.321	0.273	0.270	0.267
dl2	0.855	0.701	0.616	0.504	0.498	0.493	0.490	0.490	0.490
dl3	0.855	0.701	0.616	0.504	0.498	0.493	0.490	0.490	0.490
dhll	15.710	12.365	10.132	5.294	3.766	2.239	2.114	2.123	2.132
dhlm	14.039	10.814	9.336	5.332	3.890	2.448	2.090	2.088	2.085
dhlh	26.413	20.654	17.631	11.023	8.116	5.210	4.268	4.119	3.970
dhb	25.198	20.568	17.388	11.667	8.453	5.238	4.816	4.850	4.884
2012	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.283	0.268	0.270	0.245	0.257	0.269	0.315	0.317	0.318
dpb	0.369	0.303	0.266	0.222	0.181	0.139	0.134	0.133	0.133
dl2	0.611	0.501	0.440	0.363	0.357	0.350	0.347	0.347	0.347
dl3	0.611	0.501	0.440	0.363	0.357	0.350	0.347	0.347	0.347
dhll	13.513	10.636	8.715	4.545	3.236	1.926	1.825	1.825	1.824
dhlm	14.510	11.177	9.650	5.490	4.010	2.530	2.154	2.153	2.153
dhlh	20.483	16.017	13.673	8.563	6.314	4.064	3.299	3.181	3.064
dhb	18.813	15.356	12.982	8.697	6.315	3.934	3.597	3.612	3.627
2017	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.164	0.155	0.157	0.139	0.143	0.146	0.168	0.166	0.165
dpb	0.317	0.260	0.229	0.191	0.153	0.115	0.114	0.114	0.114
dl2	0.251	0.206	0.181	0.156	0.149	0.142	0.138	0.138	0.138
dl3	0.251	0.206	0.181	0.156	0.149	0.142	0.138	0.138	0.138
dhll	11.406	8.977	7.356	3.832	2.730	1.627	1.544	1.538	1.531
dhlm	12.008	9.250	7.986	4.517	3.302	2.086	1.765	1.765	1.765
dhlh	17.167	13.423	11.459	7.182	5.302	3.423	2.755	2.657	2.559
dhb	15.960	13.027	11.013	7.372	5.359	3.347	3.052	3.061	3.069

Tabell A3: Utslipp av eksospartikler for 1997, 2002, 2007, 2012 og 2017 for hver bilklasse og for hastigheter fra 10 til 90 km/h.

Eksospartikler	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1997									
bpb	0.0184	0.0184	0.0167	0.0172	0.0175	0.0177	0.0187	0.0187	0.0187
dpb	0.1902	0.1902	0.1902	0.1655	0.1405	0.1155	0.0877	0.0913	0.0950
dl2	0.3973	0.3973	0.3973	0.2340	0.2315	0.2291	0.2061	0.2128	0.2196
dhll	0.9813	0.9813	0.9813	0.5269	0.3803	0.2337	0.2209	0.2231	0.2253
dhlm	1.6709	1.6709	1.6709	0.9710	0.7061	0.4412	0.3834	0.3849	0.3864
dhlh	2.3670	2.3670	2.3670	1.3881	0.9923	0.5965	0.4893	0.4707	0.4522
dhb	1.8507	1.8507	1.8507	1.1641	0.8088	0.4536	0.4052	0.3820	0.3588
2002	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.0100	0.0100	0.0100	0.0106	0.0110	0.0115	0.0130	0.0130	0.0130
dpb	0.0835	0.0835	0.0835	0.0740	0.0690	0.0640	0.0409	0.0449	0.0490
dl2	0.1051	0.1051	0.1051	0.0533	0.0558	0.0582	0.0547	0.0562	0.0576
dhll	0.5200	0.5200	0.5200	0.2795	0.2016	0.1238	0.1177	0.1186	0.1194
dhlm	0.8211	0.8211	0.8211	0.4786	0.3469	0.2153	0.1899	0.1892	0.1884
dhlh	1.1776	1.1776	1.1776	0.6874	0.4924	0.2974	0.2480	0.2364	0.2247
dhb	0.9720	0.9720	0.9720	0.6137	0.4265	0.2393	0.2089	0.1999	0.1909
2007	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.0064	0.0064	0.0064	0.0068	0.0075	0.0082	0.0099	0.0099	0.0099
dpb	0.0411	0.0411	0.0411	0.0331	0.0312	0.0293	0.0196	0.0215	0.0234
dl2	0.0828	0.0828	0.0828	0.0422	0.0440	0.0457	0.0431	0.0442	0.0453
dhll	0.3445	0.3445	0.3445	0.1849	0.1340	0.0831	0.0766	0.0778	0.0790
dhlm	0.2136	0.2136	0.2136	0.1243	0.0910	0.0578	0.0545	0.0511	0.0478
dhlh	0.7114	0.7114	0.7114	0.4136	0.2979	0.1821	0.1543	0.1449	0.1354
dhb	0.5163	0.5163	0.5163	0.3217	0.2232	0.1246	0.1091	0.1074	0.1057
2012	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.0047	0.0047	0.0047	0.0048	0.0056	0.0063	0.0080	0.0080	0.0080
dpb	0.0246	0.0246	0.0246	0.0170	0.0158	0.0145	0.0121	0.0125	0.0128
dl2	0.0584	0.0584	0.0584	0.0301	0.0313	0.0325	0.0304	0.0312	0.0320
dhll	0.2108	0.2108	0.2108	0.1131	0.0824	0.0518	0.0455	0.0469	0.0483
dhlm	0.3010	0.3010	0.3010	0.1746	0.1282	0.0817	0.0746	0.0717	0.0688
dhlh	0.4597	0.4597	0.4597	0.2660	0.1930	0.1201	0.1037	0.0953	0.0869
dhb	0.3339	0.3339	0.3339	0.2008	0.1388	0.0769	0.0700	0.0703	0.0707
2017	10	20	30	40	50	60	70	80	90
bpb	0.0060	0.0060	0.0060	0.0062	0.0074	0.0086	0.0113	0.0113	0.0113
dpb	0.0196	0.0196	0.0196	0.0128	0.0118	0.0108	0.0098	0.0098	0.0099
dl2	0.0312	0.0312	0.0312	0.0166	0.0169	0.0173	0.0162	0.0166	0.0171
dhll	0.1492	0.1492	0.1492	0.0799	0.0587	0.0376	0.0309	0.0325	0.0341
dhlm	0.2164	0.2164	0.2164	0.1248	0.0927	0.0605	0.0561	0.0528	0.0495
dhlh	0.3432	0.3432	0.3432	0.1978	0.1447	0.0917	0.0803	0.0724	0.0645
dhb	0.2650	0.2650	0.2650	0.1556	0.1073	0.0591	0.0553	0.0563	0.0573





# Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE TEKNISK RAPPORT	RAPPORT NR. TR 7/2000	ISBN 82-425-1185-3 ISSN 0807-7185	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 26	PRIS NOK 45,-
TITTEL Programdokumentasjon VLUFT versjon 4.4		PROSJEKTLEDER Dag Tønnesen	
		NILU PROSJEKT NR. O-99140	
FORFATTER(E) Dag Tønnesen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF.	
OPPDRAGSGIVER Statens Vegvesen, Vegdirektoratet Postboks 8142 Dep 0033 OSLO			
Norsk institutt for luftforskning Postboks 100 2007 KJELLER			
STIKKORD Trafikk	Luftforurensning	Eksposering	
REFERAT VLUFT 5.0 er en PC-basert beregningsmodell for luftforurensning fra veitrafikk. Programmet anvendes med Windows som operativsystem. Modellen beregner utslipp fra et veinett av CO <sub>2</sub> , CO og NO <sub>x</sub> . For hver vei i nettet beregnes maksimumskonsentrasjonen.			
TITLE Documentation for VLUFT 5.0			
ABSTRACT			

\* Kategorier:    A    Åpen - kan bestilles fra NILU  
                  B    Begrenset distribusjon  
                  C    Kan ikke utleveres









**Statens vegvesen**

Kontoradresse: Grenseveien 92, Oslo  
Postadresse: Postboks 8142 Dep, 0033 OSLO  
Telefon 02030