

NILU: OR 61/2003
REFERANSE: O-102143
DATO: APRIL 2004
ISBN: 82-425-1491-7

Veibanedata til forbedring av støvutslippsmodul i AirQUIS

Dag Tønnesen

Innhold

	Side
Sammendrag	2
1 Innledning	4
2 Demping av utslipp i dagens modell	4
3 Støvbelastning og veibanetilstand	5
4 Nedbørdata	7
5 Temperaturvariasjon	8
6 Karakteristiske forskjeller mellom observert og modellert tilstand	11
7 Forbedringsforslag	12
7.1 Ettetidsanalyser	12
7.2 Prognoser	12
Vedlegg A Kode for angivelse av veibanetilstand	13

Sammendrag

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Vegdirektoratet gjennomført analyse av meteorologiske data, luftkvalitetsdata samt målinger fra Vegdirektoratets klimadatabase med mål å forbedre utslippsmodell for svevestøv dannet som følge av veislitasje. Målingene på klimastasjonene inneholder en karakterisering av veibanetilstanden med opptil 8 ulike tilstander, målinger av lokal nedbør, måling av lufttemperatur, duggpunktstemperatur og veibanetemperatur.

Dagens utslippsmodell er basert på måledata for luftkvalitet fra veinære stasjoner under "tørre" og "våte" perioder. Metoden i modellen er delvis basert på formuleringer i US-EPAs utslippsmodell for svevestøv. Utslippsberegningene inneholder en dempningsfaktor for veibanetilstand basert på tid siden siste time med nedbør samt luftas relative fuktighet.

Sammenligningene tyder på at den teoretiske opptørkingsmodellen gir for mange tilfeller av tørr veibane og ikke beskriver varigheten av overgangen godt nok. Når modellen beregner utslipp vil den altså ha med for mange situasjoner med "tørr" tilstand. Denne effekten vil overestimere utslippet. Samtidig tyder målingene av konsentrasjoner på at støvutslippet fra veibanen kan være større enn antatt i modellen.

Situasjoner der veibanetemperatur er lavere enn luftas duggpunktstemperatur forekommer i totalt 730 av timene i måleperioden (16,7 % av tiden). Observert veibanetilstand for disse timene inneholder 40,2 % av alle tilstander av fuktig (MO) veibane og 32,5 % av alle tilstander av "spor av deising" (TR). Innenfor denne perioden er modellert antall timer tørr veibane 548, mens observert tilstand tørr er 185.

Analyse av differanse mellom lufttemperatur og overflatetemperatur viser at påvirkning fra trafikkmengden er neglisjerbar i forhold til den generelle effekten av strålingsbalansen over døgnet.

Sammenligningene mellom modellert og observert tilstand indikerer at modellen legger for stor vekt på nedbør, og at verdiene for timenedbør, som er satt for at veibanen skal bli "våt", er for lave. Videre er opptørkingstiden i modellen (som følge av tilført nedbør) gjennomgående for lang. Effekten av lufttemperaturen er lagt inn i modellen som en "sekundær" effekt, mens veibanedataene tyder på at temperaturen ofte er mye viktigere enn hvorvidt det er nedbør eller ikke. I tillegg er dugging eller riming viktig for forekomst av "fuktig" veibane. Demping som følge av "våt bane" i modellen er trolig for høy, reduksjonsfaktoren for utslippet bør økes fra 0,05 til 0,2. De ulike overgangstilstandene fra "våte" til "tørre" forhold bør ha reduksjonsfaktorer mellom 0,2 og 0,3.

Opptørkingstiden i modellen bør kortes ned til 3 timer (fra 8 timer), og parameter for forekomst av våt veibane basert på nedbørmengde bør økes (fra 0,1 mm pr. time) til 0,3 eller 0,4 mm pr. time. En prosedyre for beregning av fuktig veibane basert på prognose for strålingsbalansen, bakketemperatur og duggpunkts-

temperatur må inkluderes. Sammenhengen mellom forekomst av veibanetilstanden våt i forhold til temperatur er så entydig at varslet temperatur under frysepunktet bør tillegges vesentlig vekt i beregningen.

Veibanedata til forbedring av støvutslippsmodul i AirQUIS

1 Innledning

Norsk institutt for luftforskning (NILU) har på oppdrag fra Vegdirektoratet gjennomført analyse av meteorologiske data, luftkvalitetsdata samt målinger fra Vegdirektoratets klimadatabase med mål å forbedre utslippsmodell for svevestøv dannet som følge av veislitasje. Målingene på klimastasjonene inneholder en karakterisering av veibanetilstanden med opptil 8 ulike tilstander, målinger av lokal nedbør, måling av lufttemperatur, duggpunktstemperatur og veibanetemperatur.

Bakgrunns materialet for denne undersøkelsen er målinger utført vinteren 2001-2002 på Furuset, Valle Hovin og Karihaugen. Konsentrasjonsdata for svevestøv og klimastasjonsdata er fra Furuset, nedbørdata er fra Valle Hovin og trafikkdata er fra Karihaugen.

Hensikten med analysen er primært å etterprøve den nåværende teoretiske modelleringen av ”opptørking”, samt å undersøke hvordan trafikkmengden påvirker overgang fra våt til tørr veibane.

2 Demping av utlipp i dagens modell

Dagens utslippsmodell er basert på måledata for luftkvalitet fra veinære stasjoner under ”tørre” og ”våte” perioder. Metoden i modellen er delvis basert på formuleringer i US-EPAs utslippsmodell for svevestøv. Utslippsberegningene inneholder en dempingsfaktor for veibanetilstand basert på tid siden siste time med nedbør samt luftas relative fuktighet. Tabell 1 viser utslippsreduksjon som funksjon av ”ekvivalent våttid”.

Tabell 1: Utslippsreduksjon som funksjon av ”våttid”, fra ”helt våt”(0) til ”helt tørr” (8).

Våttid	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Faktor	0,05	0,1	0,15	0,225	0,3	0,4	0,55	0,75	1

Våt-tiden blir beregnet på bakgrunn av verdien fra forrige time, samt nedbør og relativ fuktighet for aktuell time. Den øker maksimalt 1 fra en time til den neste. Ved nedbør på minst 0,2 mm for timen settes den til 0, ved nedbør mellom 0,1 og 0,2 mm settes den til 2, ved nedbør mindre enn 0,1 mm settes den til 6. Endring av våttid på grunn av relativ fuktighet er temperaturavhengig, verdien settes ikke lavere enn 6 på bakgrunn av fuktigheten.

3 Støvbelastning og veibanetilstand

Konsentrasjoner i luft i et gitt punkt vil være resultatet av en kombinasjon av både spredningsforhold, retning til og avstand fra ulike utslippskilder, samt størrelsen av utslippet. For å illustrere konsentrasjonens avhengigheten av en parameter (veibanetilstanden) er gjennomsnittskonsentrasjonen av grovfraksjonen av svevestøv (diameter mellom 10 og 2,5 μm) på Furuset for alle timer med gitt veibanetilstand beregnet. Grovfraksjonen er anvendt fordi de øvrige større utslippskildene for svevestøv (vedfyring, industri, eksospartikler, langtransport) alle i hovedsak har partikkelstørrelse mindre enn 2,5 μm . Resultatet av beregningen er vist i Tabell 2. Denne tabellen viser også målt gjennomsnittskonsentrasjon for timer med angitt våttid beregnet fra nedbørdata målt på Valle Hovin. Intervallene for beregnet våttid er satt slik at de skal korrespondere best mulig med tilstandene gitt i klimadataene, idet beregnet tid fra 0 til 4 tilsvarer ”våt”, 5-6-7 tilsvarer ”fuktig” og 8 tilsvarer ”tørr”.

Tabell 2: Gjennomsnittskonsentrasjoner av grovfraksjon, svevestøv (PM_{10} - $PM_{2,5}$) på Furuset oktober 2001 til mars 2002 for ulike veibanetilstander samt for beregnet tilstand fra nedbørdata på Valle Hovin. Gjennomsnittskonsentrasjon for hele perioden er 15,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	Våttid	Kant(bane)	Skulder	Beregnet
Tørr (DR)	8	22,1	25,0	18,1
Tørr med spor(TR)		5,0	6,6	-
Fuktig, frost	5-7	6,5	7,1	8,1
Is, snø, våt	0-4	4,6	4,7	6,0

Denne sammenligning mellom beregnede verdier og observerte verdier tar ikke hensyn til at timer med nedbør i perioder er forskjellig på Furuset og Valle Hovin. Forskjellen i beregnede verdier basert på lokal måling (Furuset) og en ”regional” nedbørmåling (Valle Hovin) er vist i Kapittel 4.

Forekomst av veibanetilstand på de to sensorene på Furuset er vist i Tabell 3. Verdiene i tabellen viser at de ”tørreste” forholdene forekommer oftest på sensor 2 (nærmest vegbanen). Veibanetilstanden ved klimastasjonen er angitt med kode fra målingene. Forklaring til koden er gitt i Vedlegg A.

Tabell 3: Forekomst av samtidige 20-minutters observasjoner på de to sensorene på Furuset fra oktober 2001 til mars 2002.

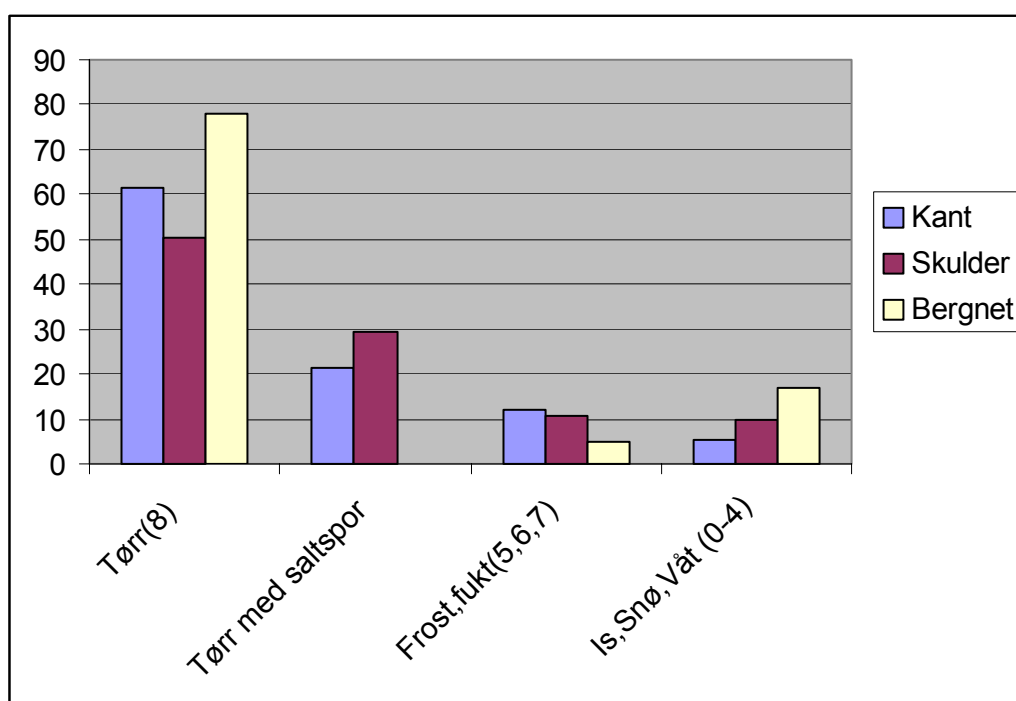
			Sensor 1		
Sensor 2	DR	FR, MO	TR	IC, SN	WE, WT
DR	6273	339	876	16	403
FR, MO	118	933	372	1	128
TR	84	53	2520	82	28
IC, SN	9	1	22	10	12
WE,WT	0	27	0	7	558

Fordeling av beregnede verdier av "våttid" for ulike veibanetilstander er vist i Tabell 4.

Tabell 4: Beregnet "våttid" fra nedbørdata målt på Valle Hovin for grupper av observert veibanetilstand på Furuset.

	0	1-4	5-7	8
WE, IC, SN	122	68	11	25
FR,MO	72	83	48	519
TR	52	104	40	696
DR	41	141	117	2343

Forekomst av beregnede og observerte verdier for veibanetilstand er vist i Figur 1.



Figur 1: Forekomst (%) av beregnede våttid verdier sammenlignet med observert veibanetilstand vinteren 2001-2002.

Verdiene for middelkonsentrasjon ved ulike observerte tilstander av veibane og skulder tyder på at tilstanden "trace" (beskrevet som hovedsakelig tørr vei men med spor av avisningsmateriale) utslippsmessig ligner mer på "fuktig" veibane enn "tørr".

Sammenligningene tyder på at den teoretiske opptørkingsmodellen gir for mange tilfeller av tørr vegbane og ikke beskriver varigheten av overgangen godt nok. Når modellen beregner utslipp, vil den altså ha med for mange situasjoner med "tørr" tilstand. Denne effekten vil overestimere utslippet. Samtidig tyder målingene av konsentrasjoner på at støvutslippet fra veibanen kan være større enn antatt i modellen. Forholdet mellom middelkonsentrasjonen for våt og tørr veiskulder er 0,19. I modellen inntreffer dette reduksjonsforholdet mellom andre og tredje time

etter at nedbøren har sluttet. Denne effekten kan altså underestimere utslippet for modellerte perioder med våt veibane.

4 Nedbørddata

Det er periodevis forskjeller på nedbørsituasjonen for de to målestasjonene på Furuset og Valle Hovin. Spesielt gjelder dette for dager der det er lett nedbør og oppholdsperioder mellom nedbørstimer. Tabell 5 viser forekomst av nedbørtimer på Furuset og Valle Hovin. Data fra Furuset har 20-minutters oppløsning. Timeverdiene er dannet fra maksimal intensitet, men timer med bare 20 minutters lett nedbør er skilt ut. I løpet av seks måneder forekom det 51 timer med oppholdsvær på Valle Hovin og nedbør på Furuset, og 206 timer med oppholdsvær på Furuset og nedbør på Valle Hovin, 1,2% og 4,7% av tiden i perioden.

Tabell 5: Samtidige nedbørobservasjoner på Furuset og Valle Hovin fordelt etter nedbørintensitet. Enhet timer.

		Valle Hovin		
Furuset	0mm	0,1mm	0,2-0,9 mm	1mm eller mer
Opphold	3588	109	95	2
Lett (1)	93	30	71	2
Lett(2)	29	15	94	16
Middels	9	2	36	29
Sterk	4	1	17	23

Tabell 6 viser beregning av våttid fra utslippsmodellen for samtidige timer basert på de to settene med nedbørddata. Resultatene er gruppert på tilsvarende måte som i Tabell 4. Sammenligningen viser at beregningene får lavere antall ”motsatte” resultater enn antallet timer med regn/opphold på de to målestasjonene.

Tabell 6: Beregnet våttid fra utslippsmodellen for to sett med nedbørddata. Enhet: timer.

		Valle Hovin		
Furuset	0	1-4	5-7	8
0	189	48	12	27
1-4	75	256	55	172
5-7	3	60	86	134
8	27	73	69	3063

Tabell 7 viser beregnet våttid sammenlignet med observert veibanetilstand med nedbørddata fra Furuset.

Tabell 7: Beregnet våttid basert på nedbørdata fra Furuset, sammenlignet med observerte veibanetilstander.

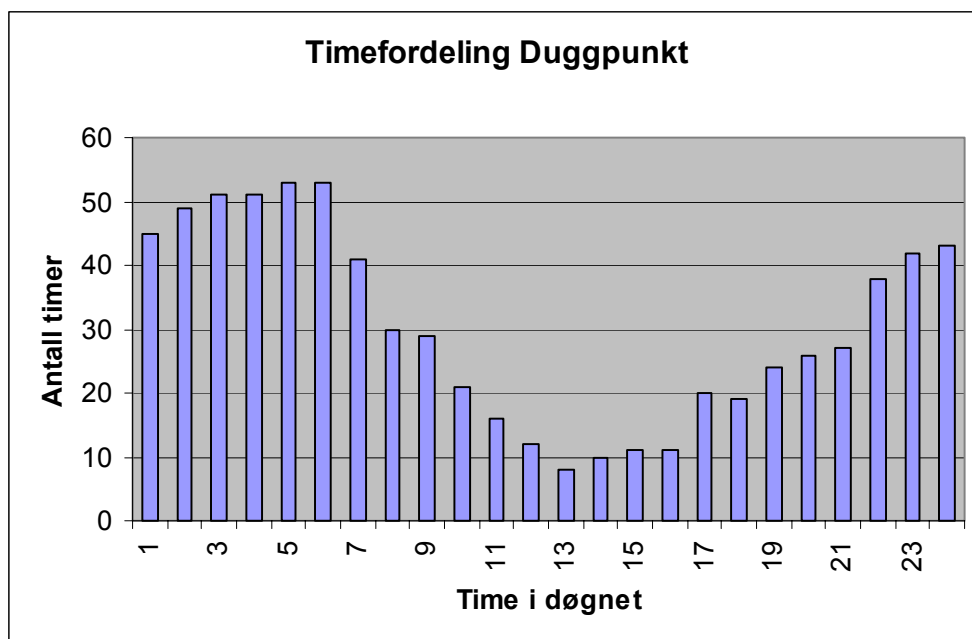
	0	1-4	5-7	8
WE, IC, SN	111	82	8	14
FR,MO	86	160	59	229
TR	43	155	74	643
DR	37	152	132	2306

En sammenligning av Tabell 4 og Tabell 7 viser at nedbørdata fra samme sted som veibanedataene gir noe bedre resultat idet antall timer med ”motsatte” beregnede resultat og observerte forhold reduseres. Tabell 7 viser også at modellens ”overgangstilstander” (kolonne ”1-4” og ”5-7” inneholder henholdsvis 28 % og 48 % av timer der observasjonene viser tørr vegbane.

5 Temperaturvariasjon

Målingene på Furuset inneholder både lufttemperatur, duggpunktstemperatur og overflatetemperatur for veibanen. For å undersøke hvordan dugging eller riming påvirker veibanetilstanden, er perioder med veibanetemperatur lavere enn eller lik duggpunktstemperaturen i lufta anvendt.

Denne tilstanden forekommer i totalt 730 av timene i måleperioden (16,7% av tiden). Observert veibanetilstand for disse timene inneholder 40,2% av alle tilstander av fuktig (MO) vegbane og 32,5% av alle tilstander av ”spor av deising” (TR). Innenfor denne perioden er modellert antall timer tørr vegbane 548, mens observert tilstand tørr er 185. Døgnfordeling av de timene der tilstand for dugging eller riming inntreffer er vist i Figur 2. Av figuren framgår det (som forventet ut fra generelle meteorologiske forhold) at tilstanden inntreffer oftest sent på natten.

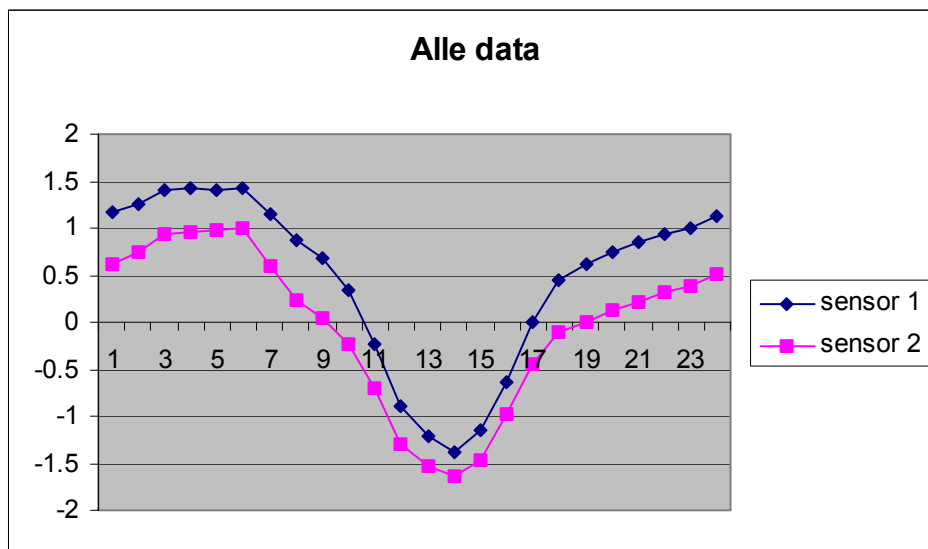


Figur 2: Fordeling av timer over døgnet der veibanetemperaturen er under duggpunktstemperaturen i lufta.

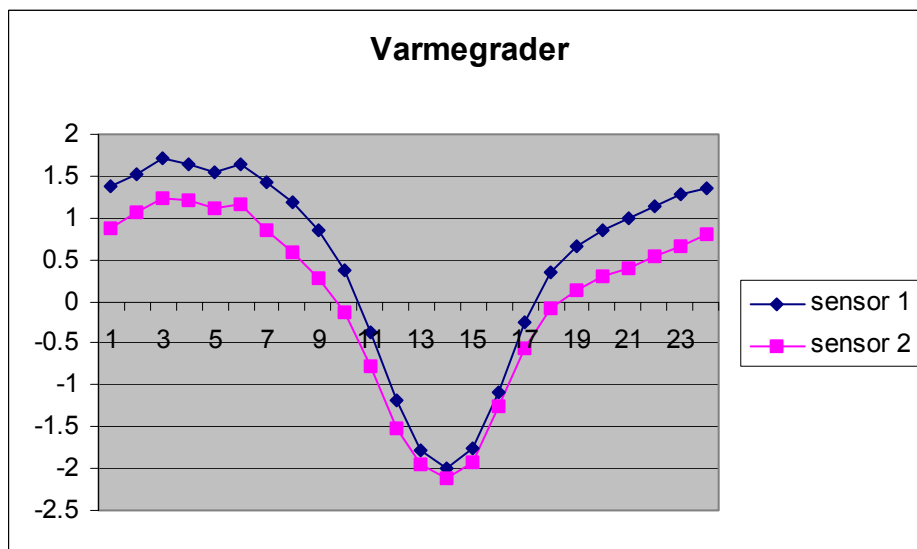
For å undersøke om trafikken påvirker temperaturløansen mellom luft og vegbane er det beregnet middelverdier av temperaturløansen mellom luft og overflate for hver time på døgnet. beregningen er utført for alle timer, for timer med lufttemperatur over null, og for null- og minusgrader. Resultatene er vist i Figur 3-Figur 5. Figurene viser at påvirkning fra trafikkmengden er neglisjerbar i forhold til den generelle effekten av strålingsbalansen over døgnet. Sensoren nærmest trafikstrømmen har imidlertid generelt høyere temperatur enn sensoren nærmest vegkanten. Trafikkmengdens påvirkning på veibanefuktigheten er trolig mer en effekt av at vannet kastes bort fra vegbanen av dekkene enn av indirekte oppvarming.

En gjennomgang av tidspunkt for endring av tilstander på vegbanen mot tørrere tilstand viser imidlertid at timene dette skjer i er såpass jevnt fordelt over (hovedsakelig) dagtid at de ikke kan knyttes til time med maksimal timetrafikk.

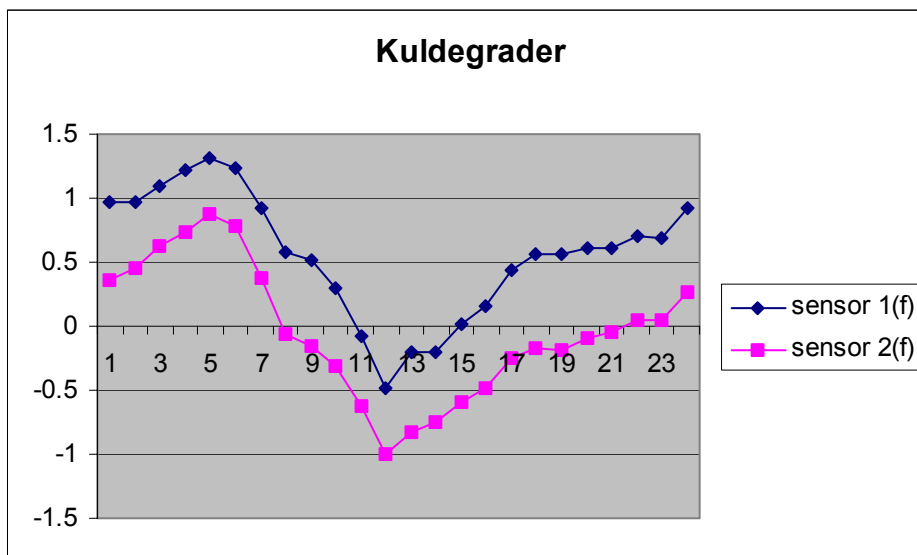
Hvordan kuldegrader påvirker veibanetilstanden er illustrert i Tabell 8. Tabellen viser observerte veibanetilstander for alle timene, timer med kuldegrader eller temperatur null og ved varmegrader. Veibanetilstanden "våt" forekommer nesten utelukkende ved varmegrader, mens tilstanden "TR" hovedsakelig forekommer ved kuldegrader. For denne tilstanden tilsettes jo saltet ved et visst varslet temperaturintervall under null.



Figur 3: Midlere døgnvariasjon av temperaturforskjell mellom luft og vegbane for hele måleperioden.



Figur 4: Midlere døgnvariasjon av temperaturforskjell mellom luft og vegbane for den delen av måleperioden lufttemperaturen var over 0 C.



Figur 5: Midlere døgnvariasjon av temperaturforskjell mellom luft og vegbane for den delen av måleperioden lufttemperaturen var $r \geq 0$ C eller lavere.

Tabell 8: Antall timer med observert veibanetilstand for hele perioden, for timer med varmegrader og for timer med kuldegrader.

Tilstand	Totalt	Varmegrader	Kuldegrader
Tørr (DR)	2642	1671	971
Fuktig (FR,MO)	722	678	44
Spor av tils. (TR)	892	129	763
Fuktig (SN, IC, WE, WT)	226	191	35

6 Karakteristiske forskjeller mellom observert og modellert tilstand

Tidsserier av modellert tilstand og observert tilstand (ikke vist her) viser at modellen beskriver de observerte forholdene best for oktober, november og mars. For disse periodene er det imidlertid også timer der modellen ikke har raske nok overganger fra tørr til våt tilstand, samt beregnede perioder med fuktig vegbane som ikke blir observert. For desember og første halvdel av Januar er observerte verdier fordelt hovedsakelig på gruppene "tørr" eller "spor", mens modellen hovedsakelig reflekterer tørre forhold. På bakgrunn av måledataene er det identifisert noen perioder med mulig snøsmelting. Dette er en effekt for tilførsel av vann til vegbanen som ikke er reflektert i modellen i det hele tatt. Identifiserte perioder i januar og mars tyder imidlertid på at denne effekten ikke gir vegbanen nok vann til at den blir karakterisert som "våt", men "fuktig", og at etterfølgende periode med kuldegrader og tørr luft gjør veibanen tørr igjen.

Sammenligningene mellom modellert og observert tilstand indikerer at modellen legger for stor vekt på nedbør, og at verdiene for timenedbør som er satt for at veibanen skal bli "våt" er for lave. Videre er opptørkingstiden i modellen (som følge av tilført nedbør) gjennomgående for lang. Effekten av lufttemperaturen er

lagt inn i modellen som en "sekundær" effekt, mens veibanedatene tyder på at temperaturen ofte er mye viktigere enn hvorvidt det er nedbør eller ikke. I tillegg er dugging eller riming viktig for forekomst av "fuktig" veibane. Demping som følge av "våt bane" i modellen er trolig for høy, reduksjonsfaktoren for utslippet bør økes fra 0,05 til 0,2. De ulike overgangstilstandene fra "våte" til "tørre" forhold bør ha reduksjonsfaktorer mellom 0,2 og 0,3.

7 Forbedringsforslag

Analyse av samtidige observasjoner av veibanetilstandsobservasjoner, modellert veibanetilstand og meteorologiske forhold har avdekket systematiske svakheter ved den eksisterende beregningsmodellen for reduksjon av støvutslipp fra veibanen. Anbefalingene for endringer er gitt ut fra to forskjellige anvendelser av spredningsmodeller, beregning av konsentrasjonsfordelinger i ettertid (ettertidsanalyse) og bruk av modeller til varsling av luftkvalitet (prognoser).

7.1 Ettetidsanalyser

For anvendelse på steder der måling av veibanetilstand er tilgjengelige bør disse dataene anvendes direkte. For Oslos del er det tre stasjoner med måling av veibanedata. Disse bør benyttes med hver sin influens-soner for ulike deler av beregningsområdet. Dempingsfaktorene for ulike veibanetilstander kan settes på bakgrunn av verdier fra Tabell 3 for forskjellige kombinasjoner av tilstand på vegskulder og vegkant. Sjeldent forekommende tilstander bør samles i gruppe med en mest mulig "lik" tilstand, for eksempel is sammen med våt tilstand.

På steder der det ikke foreligger veibanemålinger bør det benyttes maksimalt antall tilgjengelige nedbørmålinger for å reflektere lokale nedbørforskjeller best mulig. Øvrige endringer tilsvarer de som er beskrevet for modellbruk til prognoser nedenfor, men målte parametere erstatter data fra meteorologiske prognoser.

7.2 Prognoser

Opptørkingstiden i modellen bør kortes ned til 3 timer (fra 8 timer), og parameter for forekomst av våt veibane basert på nedbørmengde bør økes (fra 0,1 mm pr. time) til 0,3 eller 0,4 mm pr. time. En prosedyre for beregning av fuktig veibane basert på prognose for strålingsbalansen, bakketemperatur og duggpunktstemperatur må inkluderes. Sammenhengen mellom forekomst av veibanetilstanden våt i forhold til temperatur er så entydig at varslet temperatur under frysepunktet bør tillegges vesentlig vekt i beregningen. For områder der Vegvesenet mottar spesialvarsler fra Meteorologisk Institutt som grunnlag for beslutning om snørydding eller salting av veiene bør, om praktisk mulig, disse opplysningene også knyttes til beregningene. Varsles det "betydelige snømengder", bør prognostisk utslipp av veistøv reduseres maksimalt. Hvorvidt nedbørprognosene har god nok romlig oppløsning til å gis som gridruteverdi i prognosesammenheng er ikke vurdert her. En metode for å angi mengde av snø på bakken idet prognosen startes bør også etableres, slik at det kan tas hensyn til potensiell fukting av veibaner som følge av tilført smeltevann, og etterfølgende opptørking dersom det forventes temperaturfall under null den påfølgende natten.

Vedlegg A

Kode for angivelse av veibanetilstand

DR: Tørr
TR: Hovedsakelig tørr men med spor av avisingstilsetning
FR: Frost (Rim)
MO: Fuktig
IC: Is
SN: Snø
WE: Våt
WT: Våt og behandlet (treated)



Norsk institutt for luftforskning (NILU)

Postboks 100, N-2027 Kjeller

RAPPORTTYPE OPPDRAGSRAPPORT	RAPPORT NR. OR 61/2003	ISBN 82-425-1491-7 ISSN 0807-7207	
DATO	ANSV. SIGN.	ANT. SIDER 14	PRIS NOK 150,-
TITTEL Veibanedata til forbedring av støvutslippsmodul i AirQUIS		PROSJEKTLEDER Dag Tønnesen	
		NILU PROSJEKT NR. O-102143	
FORFATTER(E) Dag Tønnesen		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAGSGIVERS REF. Pål Rosland	
OPPDRAGSGIVER Statens vegvesen Vegdirektoratet Postboks 8142 Dep. 0033 OSLO			
STIKKORD Støvutslipp	Målinger	Modellering	
REFERAT <p>Data fra Vegdirektoratets klimastasjon på Furuset er anvendt sammen med trafikkdata og meteorologiske målinger fra Valle Hoving. Sammenligning mellom beregning av reduksjonsfaktor for støvutslipp og faktisk beskrivelse av veibanetilstand har resultert i anbefalte endringer av beregningsrutinene for opptørring av veibane.</p>			
TITLE Road surface data used for improving the AirQUIS dust emission model.			
ABSTRACT			

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