

METODE TIL UDPEGNING OG HÅNDTERING  
AF OVERSVØMMELSER PÅ MOTORVEJE

# BLUE SPOT KONCEPTET

VEJTEKNISK INSTITUT  
RAPPORT 185 - 2010



# BLUE SPOT KONCEPTET

Metode til udpegning og håndtering af oversvømmelser på motorveje  
Rapport 185 - 2010

PROJEKTKOORDINATOR:

Michael Larsen, DRI

Knud A. Pihl, DRI

FORFATTERE:

Klas Hansson, VTI, Sweden

Fredrik Hellman, VTI, Sweden

Marianne Grauert, DRI, DK

Michael Larsen, DRI, DK

DATED:

Maj 2010

LAYOUT:

Berit Jensen

FOTO:

Søren Bendtsen

ISBN (NET):

978-87-92094-68-1

OPHAVSRET:

Vejdirektoratet, 2010

UDGIVER:

Vejdirektoratet, Vejteknisk Institut

PROJEKTETS OPSTARTSDATO:

1. oktober 2008

PROJEKTETS SLUTDATO:

31. maj 2010

# INDHOLD

|   |    |
|---|----|
| FORORD  | 4  |
| PREFACE   | 5  |
| 1. INDLEDNING   | 6  |
| 2. BLUE SPOT KONCEPTET  | 8  |
| 2.1 'Blue Spot' modellen: Udpegning af 'blue spots'                 | 8  |
| 2.2 Regnfølsomhedsanalyse   | 12 |
| 2.3 Hydrodynamisk model af overfladereservoir og lavninger          | 13 |
| 2.4 Pilot projektet i Danmark                                       | 14 |
| 3. REDUCERING AF SÅRBARHEDEN VED EN 'BLUE SPOT'                     | 17 |
| 4. OVERVEJELSER FOR VEJBESTYRELSER                                  | 18 |
| 4.1 Evaluering af det eksisterende drænsystem                       | 20 |
| 4.2 Handlungsplan for inspektion og vedligeholdelse af drænsystemer | 20 |
| 4.3 Varslingssystemer   | 21 |
| 5. INSPEKTIONS- OG VEDLIGEHOLDESEAKTIVITETER                        | 22 |
| 5.1 Planer for inspektion og vedligeholdelse                        | 22 |
| 5.2 Inspektion af drænsystemer                                      | 23 |
| 5.3 Vedligeholdelse og reparation af drænsystemer                   | 24 |
| 6. AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER   | 25 |
| 7. REFERENCER   | 27 |

# FORORD

Projekt SWAMP er en del af det ERA-NET ROAD initierede internationale forskningsprogram der går under navnet "Road Owners Getting to Grips with Climate Change". De 4 projekter der er med i programmet er finansieret i fællesskab af vejadministrationer fra følgende lande: Østrig, Danmark, Finland, Tyskland, Irland, Holland, Norge, Polen, Spain, Sverige og England. De 3 andre projekter er:

IRWIN: Improved local Road WINTER index to assess maintenance needs and adaptation costs in climate change scenarios

RIMAROCC: Risk Management for ROads in a Changing Climate

P2R2C2: Pavement Performance and Remediation Requirements following Climate Change

"ERA-NET ROAD - Coordination and Implementation of Road Research in Europe" er et program i EU finansieret af EU's 6. og 7. rammeprogram.

# PREFACE

The SWAMP project is part of an ERA-NET ROAD initiated transnational research programme called "Road Owners Getting to Grips with Climate Change". The four projects commissioned under this programme are funded jointly by the road administrations of Austria, Denmark, Finland, Germany, Ireland, Netherlands, Norway, Poland, Spain, Sweden and United Kingdom. The other three projects are:

IRWIN: Improved local Road WINTER index to assess maintenance needs and adaptation costs in climate change scenarios

RIMAROCC: Risk Management for ROads in a Changing Climate

P2R2C2: Pavement Performance and Remediation Requirements following Climate Change

"ERA-NET ROAD - Coordination and Implementation of Road Research in Europe" is a Coordination Action funded by the 6th and 7th Framework Programmes of the EC.

# 1. INDLEDNING

Klimaforskerne forudser væsentlige ændringer i klimaet i det nuværende århundrede. Dette kan have flere forskellige effekter på samfundet. En af disse er, at der kan forekomme flere alvorlige oversvømmelser i mange dele af Europa, især i Central- og Nordeuropa (Christensen & Christensen, 2003). Oversvømmelserne udgør en stor risiko for vejene, og kan i alvorlige tilfælde føre til store kødannelser i trafikken og skader på vejanlæg. Flere lande har allerede på nuværende tidspunkt ændret deres retningslinjer for udformningen af nye veje og anlæg, som en konsekvens af det forventede fremtidige klima. Ændringen af det eksisterende vejnet er meget dyrt, og sandsynligvis ikke nødvendigt.

SWAMP projektet vil forsøge at udpege de mest sårbare dele af vejnettet, og opstille retningslinjer for hvordan man kan forberede dem på oversvømmelser. Usikkerhederne i forbindelse med forudsigelser af fremtidens klima er væsentlige. Klimaforskerne er overbevist om at der vil ske en ændring, men indrømmer, at det er vanskeligt præcist at kvantificere ændringerne som f.eks. størrelse og hyppighed af nedbørhændelserne. Imidlertid har oversvømmelser altid forekommet gennem historien. Derfor vil en udpegning og forbedring af de vejstrækninger der er sårbare over for oversvømmelser, være til stor nytte for vejbestyrerne, uanset størrelsen af klimaændringerne.

Områder på eller i nærheden af veje, der er udpeget som potentielle steder for oversvømmelser betegnes som 'blue spots' i SWAMP projektet. Analogien stammer fra sorte pletter, der angiver alvorlige ulykker på vejnettet. Målene for SWAMP er at 1) fastlægge struktur og krav til en GIS-model (Geografisk Information System) der udpeger 'blue spots', og 2) at udarbejde retningslinjer for hvordan man kan reducere sårbarheden over for oversvømmelser i forbindelse med 'blue spots'. Bemærk, at udviklingen af en egentlig computer-model ikke er en del af dette projekt.

For at sikre et internationalt perspektiv og lære af andre, blev der tidligt i SWAMP projektet udsendt et spørgeskema til personer i 11 lande, der arbejder med drift af veje. Spørgsmålene drejede sig om, hvilke dele af afløbssystemet der betragtes som problematiske, erfaringer med oversvømmelser og om der eksisterer retningslinjer for design og vedligeholdelse af vejes afløbssystemer, og hvis (og hvordan) de er ændret på grund af klimaspørgsmålet. Desuden blev der foretaget en litteraturgennemgang og en undersøgelse af resultater og usikkerheder ved de nuværende klimamodeller.

Ud over denne opsamlingsrapport (Rapport 1), er der lavet tre rapporter der nærmere beskriver detaljerne i hele projektets forløb (alle på engelsk)

- Report 2 – Background Report - literature, questionnaire and data collection for blue spot identification.
- Report 3 - The Blue Spot Model – development of a screening method to assess flood risk on national roads and highway systems.
- Report 4 - Inspection and Maintenance - guide to reduce vulnerability due to flooding of roads.

Denne rapport vil kort sammenfatte resultaterne af de sidste to rapporter og sætte dem i en sammenhæng.

## 2. BLUE SPOT KONCEPTET

'Blue spot' konceptet er en række procedurer, der kan bruges af vejbestyrelser, entreprenører og konsulenter til systematisk at analysere, tilpasse og beskytte vejnettet i forhold til oversvømmelser. Dette medfører en del kontorarbejde med computermødelser, der skal følges op af en målrettet inspektion på stedet og, hvis nødvendigt, en afværgeforanstaltning. Udgangspunktet er en screeningsmetode der kan udpege 'blue spots' og som kan bruges på regionalt plan.

Screeningsmetoden kan udvides med undersøgelser af, hvor meget regn skal der til for at fylde et givent lavpunkt op, hvilket er afhængigt af om lavpunktet ligger på vejen eller lige i nærheden. Et yderligere niveau i detaljeringsgraden af den numeriske model, vil være at indbygge de hydrauliske processer.

Den sidste del af 'blue spot' konceptet er at inspicere de udpegede vejstrækninger, eventuelt fulgt op af en passende afværgeforanstaltning, som foreslået i rapport 4. Disse afværgeforanstaltninger kan f.eks. være at opgraderede afløbssystemer eller at forbedre overvågningen af vandstanden i vandløb.

Metoden til at udpege og analysere 'blue spots' vil blive beskrevet i afsnit 2.1, mens guiden for drift og vedligeholdelse er beskrevet i kapitel 3, 4 og 5.

'Blue spot' konceptet er beregnet til brug i forbindelse med stats- og landeveje og ikke-bymæssige bebyggelse.

### 2.1 'BLUE SPOT' MODELLEN: UDPEGNING AF 'BLUE SPOTS'

Det første niveau i modellen kan beskrives som en screening (Tabel 2, Figur 1), hvor alle lavninger på kortet identificeres. Dette gøres ved at lade regnen falde på jordoverfladen, uden at der er mulighed for nedsivning i jorden eller fordampning til atmosfæren. Hver eneste regndråbe vil derfor strømme langs jordoverfladen, indtil den når en lavning, hvor alt vand opsamles. Er disse mængder større end  $10\text{m}^3$  og tæt på en vej, anses de som en trussel og indgår i den efterfølgende analyse.

Det andet niveau er en beregning af lavningens potentielle volumen. Alle lavninger der er udpeget via det første niveau, bliver i niveau 2 testet for regnføl-somhed. Herved antages det, at intet vand bliver drænet fra lavningen og at oplandet har en befæstelsesgrad på 20, 40, 50, 60, 80 & 100%. På denne måde udtegnes et risikokort, der viser mængden af nedbør der er nødvendig for at fylde lavningerne på eller omkring vejen (Tabel 2, Figur 2).



Det tredje niveau består af en 1D-1D hydrodynamisk model af bassiner og fordybninger, der bliver brugt til at beregne oplandstørrelser og vandveje. Denne model kan tage hensyn til vand der strømmer på overfladen og i afløbssystemer, hvilket medfører en mere præcis beregning af oversvømmelsesrisikoen (Tabel 2, Figur 3).

Endvidere er risikoen for oversvømmelse på grund af stigende vandstand i havene kortlagt. Diger fungerer som barrierer, så længe vandstanden ikke overstiger den øvre grænse af diget.

Risikoen for oversvømmelser fra stigende vandstand i floder kan illustreres på samme måde som den stigende vandstand i havet. Vandstanden i en flod kan øges til et bestemt niveau, og vandstandsniveauet kan efterfølgende spores ind i land.

Generelt anbefales det at analysen som minimum bliver udført til niveau 2.

Efter at have udpeget alle 'blue spots' på vejnettet, er det ofte nødvendigt at minimere antallet til en yderligere vurdering. Det kan ske ved en risikoanalyse som vist i Tabel 1. Tabellen viser matrix af en simpel risikoanalyse, hvor den venstre kolonne angiver sandsynligheden for at en begivenhed indtræffer og den øverste række angiver konsekvenserne af en given hændelse.

Det ændrede klima vil også ændre sandsynligheden for nogle ekstreme vejrforhold. Ændringen kan f.eks. gå fra "Sjældent" til "Muligt", hvilket betyder, at de vil ske oftere. Klimaet i dag har allerede ændret sig så meget, at nogle regnhændelser, der tidligere havde en tilbagevendende periode på 100 år, har ændret sig til at have en tilbagevendende periode på 20 til 50 år.

Tabel 1. Risikoanalyse. Sandsynligheden er angivet i venstre kolonne og konsekvensen er angivet i den øverste række.

|                | Ubetydelig | Mindre | Mellem | Stor | Katastrofalt |
|----------------|------------|--------|--------|------|--------------|
| Sikkert        |            |        |        |      |              |
| Næsten sikkert |            |        |        |      |              |
| Muligt         |            |        |        |      |              |
| Sjældent       |            |        |        |      |              |
| Usandsynligt   |            |        |        |      |              |

Tabel 2. De tre analyseniveauer og tilhørende figurer.

**NIVEAU 1 - Screening ved brug af terrænanalyse**

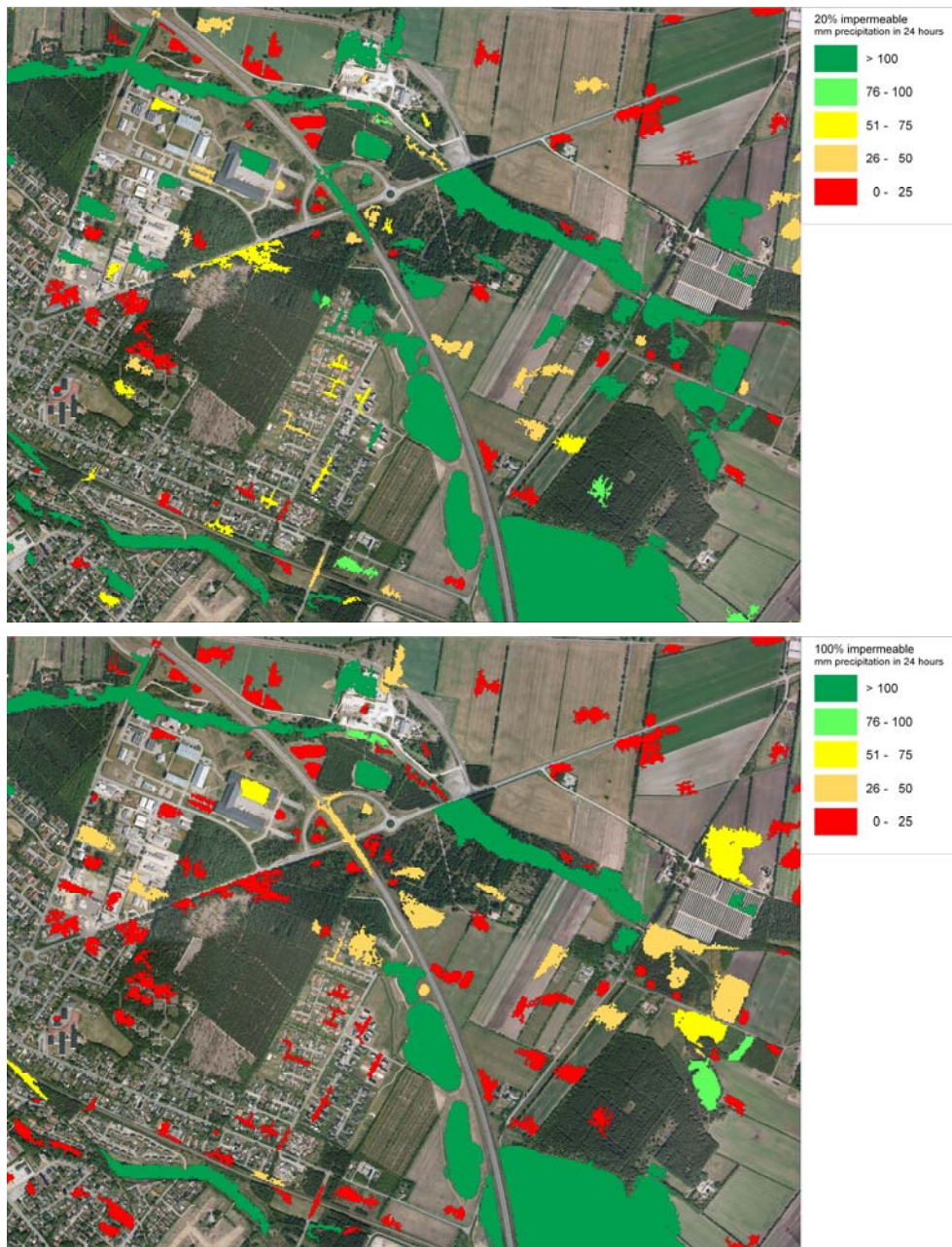
- Alle lavninger er udpeget. Der antages en afstrømning på 100% i oplandet (dvs. ingen infiltration af regnvand i jorden) (F.eks Zerger (2002). Se Figur 1.
- Udpegning af lavninger, hvor der er fare for oversvømmelse på grund af stigende vandstand. Der er anvendt forskellige niveauer på vandstanden. Digerne er inkluderet, så oversvømmelse bag digerne ikke finder sted, medmindre vandstanden overstiger deres højde. Der tages ikke hensyn til gradienten i vandløbene.



Figur 1. Alle lavninger er udpeget. Det antages at der er 100% afstrømning i oplandet og at der ikke er dræningskapacitet i lavningen.

## NIVEAU 2 – Regnfølsomhedsanalyse for hver enkel lavning

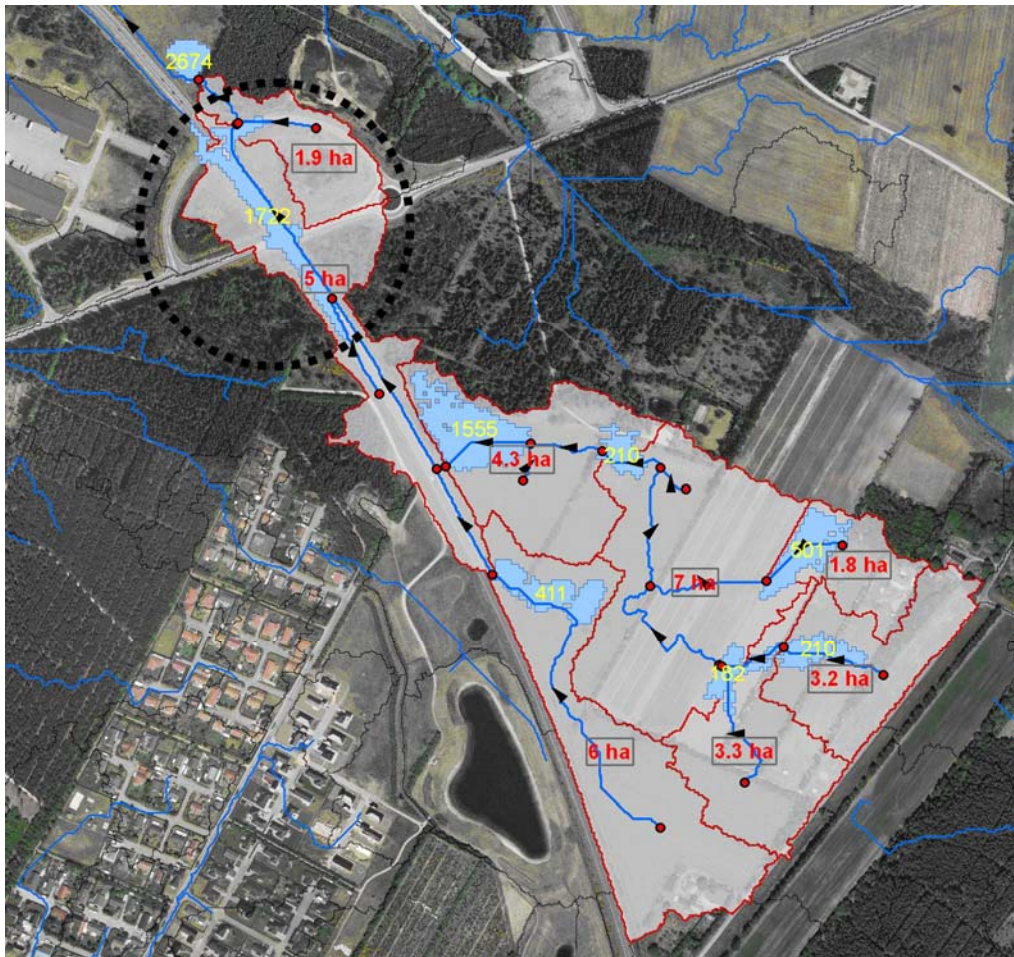
- Vandveje og opland for hver 'blue spot' beregnes, (f.eks Maksimović et. al. 2009).
- Simpel beregning af alle bidragende områder. "Risikokort" med mængden af nedbør der er nødvendig for at fylde lavtliggende områder. Der forventes ingen drænvand fra lavningen. Regnfølsomhedsanalyse med befæstelsesgrader af oplandet på 20, 40, 50, 60, 80 & 100%. Se Figur 2.



Figur 2. Top: Regnfølsomhedsanalyse beregnet med 20% impermeabilitet i oplandet. Nederst: 100% impermeabilitet i oplandet.

### NIVEAU 3 - Hydrodynamisk model af overfladereservoirer og lavninger

- Giver en tidsafhængig forudsigelse af oversvømmelser.
- 1D-1D Kobling mellem overfladen (terræn, kanaler og bassiner) og afløbsinstallationer (rør) (f.eks. Boonya-aroonnet (2007) og Jensen et. al. (2010)).
- 2D-1D Kobling mellem overfladevand og afløbssystemer (f.eks. Nielsen et. al. (2008), DHI (2009), Wallingford (2009) og Domingo et. al. (2009)). Se Figur 3.



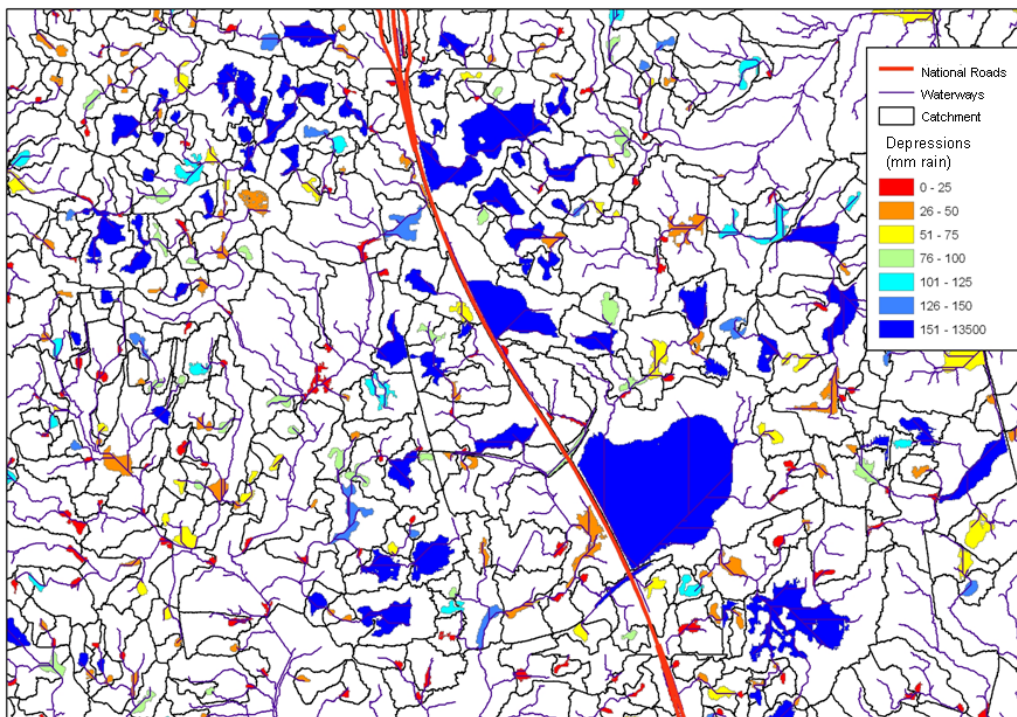
Figur 3. Strømningsveje, opland og regnvandsbassin i et risikoområde, beregnet ved hjælp af en 1D-1D og 1D-2D model.

#### 2.2 REGNFØLSOMHEDSANALYSE

Normalt vil der altid være et ganske stort antal 'blue spots' langs eller i nærheden af en vejstrækning og en analyse til niveau 2 anbefales og giver sandsynligvis det bedste overblik i de fleste tilfælde. Niveau 2 i analysen fokuserer på at udpege de mest risikofyldte lavninger.

To lavninger af lignende geometri (mængde og form) behøver ikke at udgøre det samme problem. Det er afgørende at fastslå oplandet for hver lavning med henblik på at vurdere den mængde vand der skal være til rådighed for at fylde lavningen. Et stort opland til en lille lavning er ensbetydende med en større risiko, end et lille opland til en stor lavning. Den mængde nedbør (mm), der skal til for at fylde en lavning, kan beregnes ved at dividere lavningens volumen med oplandet til lavningen. Hver enkelt lavning kan blive farvetematiseret i GIS, alt efter mængden af regn (Figur 4). Lavninger farvet med rødt angiver at der ikke skal mere end 25 mm nedbør til at fylde dem. På denne måde kan man indikere følsomme steder, og derved påpege steder man skal undersøge nærmere og hvor der eventuelt skal prioriteres en indsats.

Lavninger nær ved vejen, der kan fyldes med vand ved relativt moderate nedbørshændelser, bør være dem man prioriterer højest i forhold til undersøgelse og forebyggelse.



Figur 4. Oversvømmelsesrisikoen illustreret ud fra hvor meget regn der skal til for at fylde lavningen.

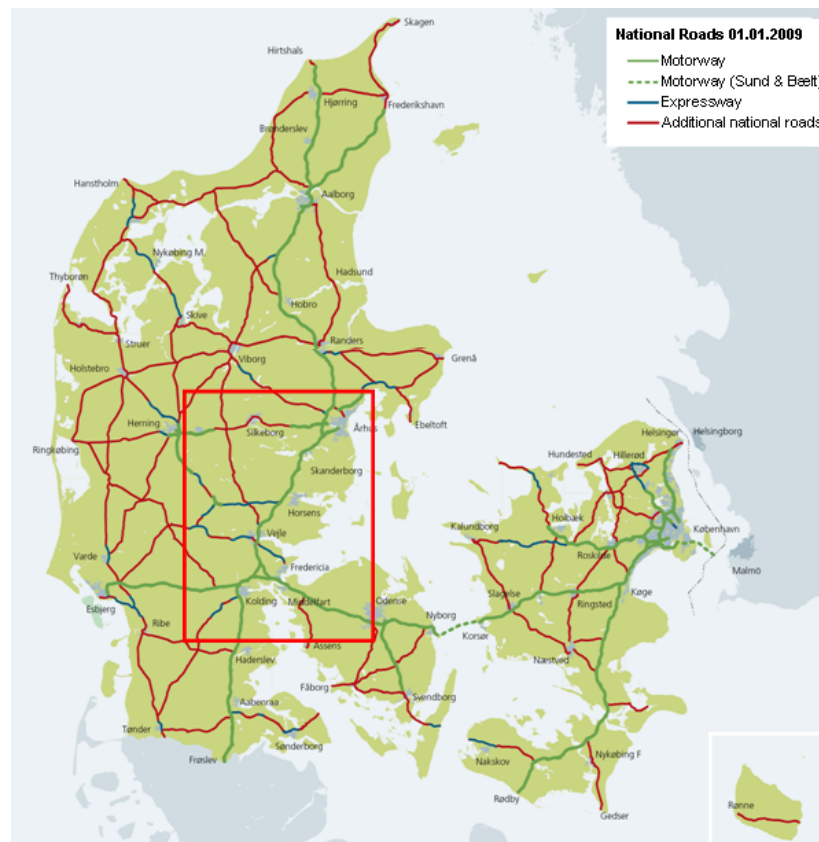
### 2.3 HYDRODYNAMISK MODEL AF OVERFLADERESERVOIR OG LAVNINGER

Fordelen ved at gennemføre en niveau 3 analyse er, at der her tages hensyn til både vandstrømningen på overfladen og i afløbssystemet, som derved giver en mere præcis beregning af oversvømmelsesrisikoen. Niveau 3 er et fremragende værktøj når der skal søges efter en løsning, fordi der er flere detaljer om de enkelte systemer (f.eks. afløb og lagerkapacitet), og når der skal udarbejdes beredskabsplaner.

I pilotprojektet (se afsnit 2.4) er niveau 3 analysen udført med en 1D-1D modellering. Mike Urban (Mike Urban, DHI 2010) blev brugt som hydrodynamisk 1D model. Vand på overfladen blev ført til et 'blue spot' via vandveje identificeret i den digitale terrænmodel. Se rapport 3 for yderligere oplysninger.

#### 2.4 PILOT PROJEKTET I DANMARK

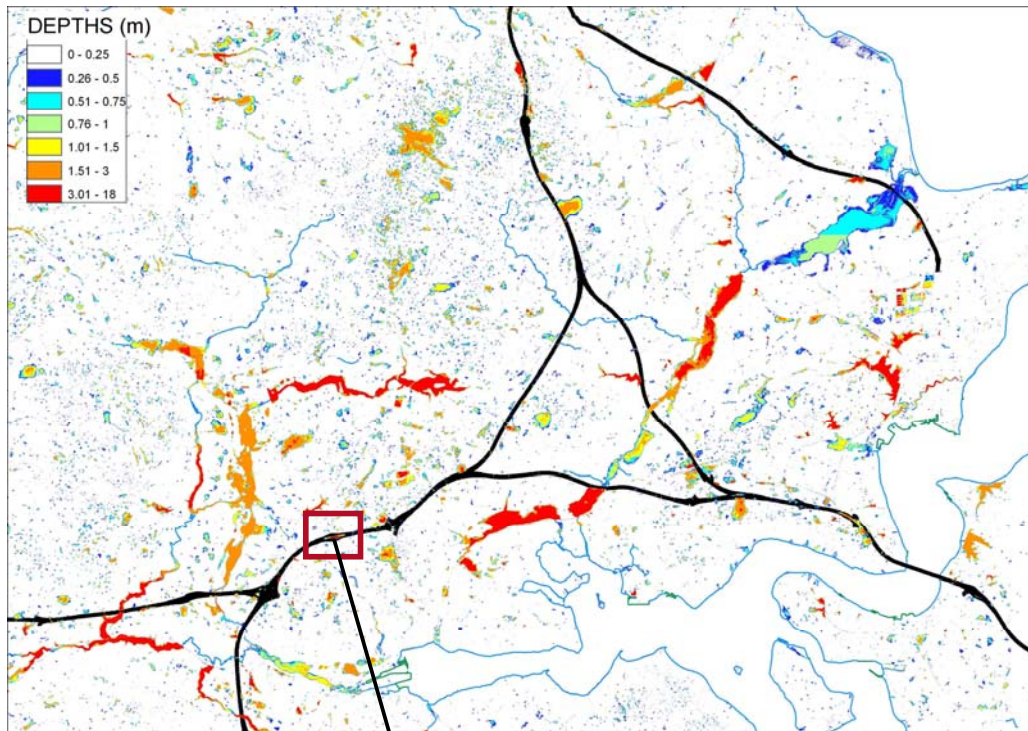
Grundlaget for beregning af områder med risiko for oversvømmelse er laser scannet højdedata for Danmark. Pilot-eksemplet omhandler en stor del af Midtjylland (Figur 5). Grid data er tilgængelige i 1,6x1,6 m opløsning, der er almindeligt anvendt i Danmark, og med en højdenøjagtighed der er bedre end 10 cm på veldefinerede overflader. Hele modellen indeholder 2,90 mia. punkter, hvilket kræver en ganske kraftig personlig computer, i forhold til nutidens standarder.



Figur 5. I det undersøgte område (rød firkant) er der en statsvejlængde på 875 km. Den totale længde af statsvejene i Danmark (August 2010) var 3788 km.

Undersøgelsen i pilotprojektet benytter den software, der er beskrevet i rapport 3 (The Blue Spot Model). Resultatet af niveau 2 analysen er et kort der viser f.eks. vanddybden efter regn (Figur 6). Der er fundet en del lavninger i nærheden af vejene, og en af dem er forstørret i figur 7. Bemærk, hvordan vej-tunnelen er fyldt af vand, og blokerer trafikken på motorvejen. Dette er en 'blue spot' der skal analyseres yderligere for at komme med en løsning, der kan forhindre denne situation. I det mindste skal der udarbejdes en plan for, hvorledes man kan fjerne vandet hurtigst muligt. Kapitel 3, 4 og 5 indeholder retningslinjer for dette arbejde.

En korrekt beregning af vanddybder kræver information om infiltrationskapaciteten, som kan være vanskeligt at få, og som kan variere i tid. Eksempelvis vil en længerevarende regnvejrperiode mætte jorden, og en eventuel efterfølgende ekstremhændelse vil derfor give en større overfladisk afstrømning og dermed også større sandsynlighed for oversvømmelser. Ikke desto mindre kan følsomhedsanalysen anvendes til prioritering af det undersøgte område. Anvendelsen af niveau 3 analysen er beskrevet i rapport 3.



Figur 6. Eksempel på en lavning med information om areal, volumen og dybde.



Figur 7. Forstørret 'blue spot' med vanddybde over terræn.



# 3. REDUCERING AF SÅRBARHEDEN VED EN 'BLUE SPOT'

I det foregående kapitel er det beskrevet, hvordan man kan udpege og analysere 'blue spots' ved hjælp af en computer-model, terrænoplysninger og passende software. For at finde ud af, hvordan situationen skal håndteres på en given 'blue spot', kræver det generelt et inspektionsbesøg på det pågældende sted, selvom en analyse på niveau 3 kan give nogle ideer til, hvor man skal lede efter problemerne.

De følgende to kapitler (4 og 5) indeholder en sammenfatning af oplysningerne fra rapport 4 – Inspection and Maintenance, som består af to dele; en del rettet mod kontoraktiviteter og en del rettet mod feltaktiviteter. Den første del fokuserer på informationssøgning, overvejelser om redesign af afløbssystemet, men også anvisninger vedrørende hvilke elementer af afløbssystemet der bør medtages i betragtningerne. Den anden del af fokusområdet er mere praktisk orienteret, og giver vejledning om hvad man skal kigge efter under en inspektion. Oplysningerne er beregnet til brug på store og vigtige veje i ikke-bymæssige bebyggelse.

Den kan bruges som en base for videreudvikling og planlægning af nye retningslinjer og rutiner tilpasset de lokale forhold.

# 4. OVERVEJELSER FOR VEJBESTYRELSER

De ledende medarbejdere har ansvaret for at organisere drift og vedligeholdelse på en hensigtsmæssig måde. Vi antager, at de tilbringer det meste af deres tid på et kontor og ikke foretager feltarbejde. De har brug for at arbejde med informationssøgning, med henblik på at vurdere nødvendigheden af et redesign af de eksisterende afløbssystemer, og endelig beslutte en handlingsplan for drift og vedligeholdelse af en 'blue spot'. Der bør fokuseres på følgende aktiviteter:

- Resultatet af modelsimuleringen med 'blue spot' modellen.
- Baggrundsoplysninger om det pågældende sted.
- Det nuværende drænsystem.
- Mulighederne for overvågning (tidlig varslings) systemer.
- Gemme informationerne i en database.

## Resultatet af modelsimuleringen med 'blue spot' modellen

Niveau 2 i 'blue spot' analysen kan give et fingerpeg om, hvor meget mere vand man kan forvente på et sted, og måske vigtigst af alt, hvilke dele af oplandet der bidrager med mest. Dette kan give en ide til, hvor f.eks. et regnvandsbassin kan placeres for at maksimere dets effekt. Derudover kan en hydraulisk model i niveau 3 analysen være nyttig i evalueringen af de muligheder der er for at forsinke eller aflede vandet.

## Baggrundsoplysninger om det pågældende sted

Mulige baggrundsoplysninger omfatter f.eks. kort der viser topografiske data, kort over vandløb, søer, vådområder, geologi og arealanvendelse. Disse oplysninger er af stor værdi i den videre analyse. Det er yderst værdifuldt, hvis der foreligger oplysninger om erfaringer med tidligere oversvømmelser eller højere vandstande i nærheden af 'blue spot' stedet. Desuden er det nødvendigt at have kendskab til skråningsstabilitet og erosionsproblemer, for at kunne planlægge eventuelle aktiviteter. Erosion og sedimentation af partikler er ikke sjældent årsag til tilstopning af rør, brønde og grøfter, og erosion kan i værste fald skade selve vejen. Det er naturligvis også vigtigt at finde ud af, hvordan vej- og afløbsinstallationerne oprindeligt blev konstrueret.

### Det nuværende drænsystem

Det er vigtigt at kende den aktuelle status af kloakeringssystemet. Med tiden aftager kapaciteten, hvis det ikke bliver vedligeholdt. Alligevel kan man forvente en levetid, som er kortere end den gennemsnitlige forventede levetid for en vej. Derfor bør nogle ældre drænsystemer måske erstattes på grund af alder. Dimensionering bør gennemgås for at finde ud af, om den forventede effekt af klimaændringer er acceptabel, eller om systemet skal opgraderes. Nogle lande (som Danmark, UK, Irland og Sverige) har indført klimatiske faktorer til justering af designet (se rapport 2). Man bør også overveje begrænsninger for, hvor meget vejvand der kan udledes til de naturlige recipienter. Sådanne begrænsninger er måske mest almindelige i byområderne, men kan også være relevant i det åbne landskab.

### Mulighederne for overvågning (tidlig varsling) systemer

I heldige tilfælde er de udpegede 'blue spots' allerede overvåget, og ideelt set er data blevet registreret i nogen tid. Registrering fra lokale vejrstationer sammenholdt med f.eks. vandstandsmålinger i regnvandsbassiner, grøfter og vandløb kan give værdifulde oplysninger om, hvordan afvandingssystemet reagerer på bestemte vejrforhold, såsom kraftige regnskyl. Ændringer i respons over tid kan også give et fingerpeg om, hvornår det er nødvendigt at vedligeholde. Overvågningssystemer kan bl.a. omfatte:

- Lokale vejrstationer.
- Vandstandsmålere i brønde, i rør til grundvandet, vejunderføringer, regnvandsbassiner, vandløb og søer. Vandstandsmålingerne kan direkte omsættes til vandgennemstrømning, hvis der er bestemt en afstrømningskurve for det pågældende målested.
- Video-kameraer.

### Gemme informationerne i en database

Det fremgik både af spørgeskemaet og af interviews, at oplysninger om vej anlæg generelt opbevares på en uhensigtsmæssig måde. Det er ikke usædvanligt, at dele af vejkonstruktionen er ukendt, og at der ikke er gemt information om, hvad slags dræning der er anvendt. Dette er ganske uhensigtsmæssigt, og det anbefales, at man implementerer en database-løsning, hvor bl.a. følgende oplysninger kan gemmes:

- Inspektionsnoter, tjekliste, fotos af situationen og andre kommentarer på stedet.
- Oplysninger om vedligeholdelse og reparation.
- Skader på veje og dræning.
- Tidligere oversvømmelser.
- Underdimensioneringer.

#### 4.1 EVALUERING AF DET EKSISTERENDE DRÆNSYSTEM

Eksisterende afløbsinstallationer er normalt konstrueret og fremstillet på grundlag af tidligere nedbørhændelser (statistik) og disse statistiske beregninger er baseret på tidligere erfaringer. I dag har man dog fokus på den fremtidige situation for klimaet, hvor man bør tage hensyn til de modellerede scenarier, og specielt de modeller der peger på flere og mere intensive regnhændelser.

Vej- og afløbssystemer er i nogle tilfælde slidt ned i en sådan grad, at den oprindelige dræningskapacitet ikke længere er gældende. Systemerne nedbrydes med tiden på grund af sætninger og revner i rørene og sedimentaflejringer i systemer, der kan medføre tilstopning. Grøfter og kanaler mister kapacitet på grund af plantevækst og sedimentation.

En anden faktor er at dræningsmønsteret ændrer sig, når et område bliver udbygget med flere asfalterede veje, beboelse eller ændrede afløb på grund af ændret landbrugsdrift.

Alt dette bør overvejes, når man skal opgradere afløbssystemet. Det er normalt ikke kun et punkt der skal opgraderes, men hele kæden i systemet.

- Når baggrundsplysninger er indsamlet er det tid til at overveje, om afløbssystemet skal opgraderes eller måske helt fornyes. Inden da er det nødvendigt at overveje det ændrede klima, og om der er behov for en specifik tilpasning til klimaændringer. Hvis det er nødvendigt at forny vej- og/eller afløbssystemet, vil man samtidig kunne reducere antallet af 'blue spots'.

#### 4.2 HANDLINGSPLAN FOR INSPEKTION OG VEDLIGEHOLDELSE AF DRÆNSYSTEMER

Driftkontoret er ansvarlig for arbejdet på stedet, herunder oversigt over feltarbejdet, såsom inspektion, vedligeholdelse og reparation. Det betyder, at der skal udarbejdes retningslinjer for feltpersonalet (se nedenstående kapitel 5). Det foreslås, at vejledningen skal omfatte:

- Inspektionsskemaer og retningslinjer for anvendelse af logbogen.
- Hvordan jobbet skal udføres og hvad der skal gøres.
- Hvordan man skal bruge udstyret og maskinerne.

Vejledningsdelen i nærværende rapport er et forslag til en vejledning, der kan viderebearbejdes så den passer til de lokale forhold.

### 4.3 VARSLINGSSYSTEMER

Varslingssystemer kan være yderst nyttige på de fleste 'blue spots'. Formålet med systemerne er at give de ansvarlige personer tid til at overveje passende foranstaltninger, før de reelle problemer starter. I dette tilfælde vil det typisk være intensive nedbørshændelser, forårstøbrud eller kraftig vandføring i vandløbsunderføringer. Opsætning af denne type varslingsystemer kræver et tæt samarbejde mellem vejbestyreren og de meteorologiske og hydrologiske institutter.

Et varslingsystem kan omfatte:

- Et vejradvarselssystem.
- Information og indhentning af data fra de overvågede 'blue spots'.
- Risikovurdering på grundlag af vejvarslingen og de aktuelle forhold ved en 'blue spot'.
- I tilfælde af alvorlig risiko, kan trafikanterne blive informeret om alternative ruter ved hjælp af f.eks. variabel skiltning, lokal trafikradio, mobiltelefon-service eller anden informationsteknologi.
- Udpegede 'blue spots' kan forberedes til varsling med variable skilte og omkørselsvejledning.

# 5. INSPEKTIONS- OG VEDLIGEHOLDELSESAKTIVITETER

Det er vigtigt, at et 'blue spot' bliver inspiceret og vedligeholdt regelmæssigt for at undgå oversvømmelser. Fokus i dette kapitel er at fremhæve de nødvendige inspektions- og vedligeholdelsesarbejder af vejens afløbssystemer, hvilket er skitseret i rapport 4 - Inspection and Maintenance.

Kapitlet indeholder en beskrivelse af de aktiviteter, der er nødvendig på en 'blue spot'.

Aktivitetsplanen kan bestå af:

- Planer for inspektion og vedligeholdelse (herunder arbejde under ekstreme vejrforhold).
- Udarbejdelse af tjekskemaer og instruktioner til eftersyn.
- Forslag til vedligeholdelse og reparation.

## 5.1 PLANER FOR INSPEKTION OG VEDLIGEHOLDELSE

Det er vigtigt at have en plan for, hvordan og hvornår det er tid at foretage inspektioner. Planen for 'blue spot' inspektion og vedligeholdelse udarbejdes normalt på kontoret, mens driftfolkene i felten har ansvaret for udførelse af inspektion. Det foreslås (Tabel 2) at inspektionsrutinerne udføres årligt og i forbindelse med ekstreme vejsituationer, både før, under og efter begivenhederne.

Tabel 3. Frekvens for inspektion, afhængigt af den lokale situation.

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Årlig inspektion</b>         | Hovedinspektion af alle afløbselementer, udføres normalt i foråret efter vinterens hændelser, som kan have forårsaget skader, fejl og mangler. Følsomme steder bør efterses flere gange om året.   |
| <b>Ekstremt vejr inspektion</b> | <b>Før en hændelse</b><br>Hvis det er muligt, bør der foretages inspektion en eller to dage før et forventet ekstremt vejr, såsom kraftige regnskyl, som kan forårsage oversvømmelser af veje og naboområder.  |
|                                 | <b>Under en hændelse</b><br>Inspektioner under ekstreme vejrforhold med det formål at observere problemer. Det anbefales dog at der ikke foretages reparations- og vedligeholdelsesarbejder under en ekstrem hændelse af sikkerhedsmæssige årsager. Under hændelsen kan man dog gennemføre forud planlagte nødforanstaltninger f.eks. udlægning af sandsække eller evakuering af personer. |
|                                 | <b>Efter en hændelse</b><br>Få dage efter en ekstrem vejrhændelse er det nødvendig at rydde op og i givet fald reparere.   |

## 5.2 INSPEKTION AF DRÆNSYSTEMER

Inspektionen er inddelt i opstrøms oplandet til en 'blue spot' (dvs. den øvre del), nedstrøms recipienten, sidearealerne langs vejen, og selve vejens afvanding. Der er foreslået forskellige tiltag til dette arbejde og de er præsenteret i Rapport 4: Inspection and Maintenance. Det omfatter tabeller med forskellige drænelementer, inspektionshyppigheden, hvad man skal kigge efter, og foreslåede tiltag. I tabel 4 er der givet et eksempel, der omhandler dræning fra sidearealerne langs vejen.

Tabel 4. Inspektionsskema for sidearealernes dræning.

| ..... (Navn, Station) .....  |                     | ..... (Insp. type, År/Måned/Dag) |       |     |       |       |
|--|---------------------|----------------------------------|-------|-----|-------|-------|
| Drænelementer  |                     | Inspektion                       | Årlig | Før | Under | Efter |
| <b>Sidearealernes dræning<br/>(skrænter og tilstødende arealer):</b> |                     |                                  |       |     |       |       |
| Grøft  | Vækst;Vegetation    | Beskæring                        | v     | -   | -     | -     |
|  | Nedfaldet materiale | Oprensning                       | v X   | v X | v     | v X   |
|  | Sediment I bund     | Opgravning                       | v X   | v   | -     | v X   |
|  |                     | Tjek vandstand                   | v     | v   | v     | v     |
| Afskærende dræn <sup>2)</sup>  | Hele konstruktionen | Funktionalitet                   | v     | v   | -     | v     |
|  | Udløbsinstallation  | Visuelt tjek                     | v     | v   | -     | v     |
|  | Brønde              | Oprensning af sediment           | v X   | v X | v     | v X   |
|  |                     | Tjek vandstanden                 | v     | v   | v     | v     |
| Dræn i skrånninger og skrænter <sup>2)</sup>                         | Hele konstruktionen | Funktionalitet                   | v     | -   | -     | v     |
|  | Udløbsinstallation  | Visuelt tjek                     | v     | -   | -     | v     |
|  | Brønde              | Oprensning af sediment           | v X   | v X | v     | v X   |
|  |                     | Tjek vandstanden                 |       | v   | v     |       |
| Drainage spurs <sup>2)</sup>   | Grøft med skærver   | Funktionalitet                   | v     | -   | -     | v     |
|  | Dræn under grøfter  | Visuelt tjek                     | v     | -   | -     | v     |
|  | Udløbsinstallation  | Visuelt tjek                     | v     | -   | -     | v     |
| Californian drains <sup>2)</sup> or Collectors                       | Udløbsinstallation  | Visuelt tjek                     | v     | v   | -     | v     |
|  | Brønde              | Oprensning af sediment           | v X   | v X | v     | v X   |
|  |                     | Tjek vandstanden                 |       | v   | v     |       |
| Pumpestationer   | Hele konstruktionen | Funktionalitetstest              | v     | v   | -     | v     |
|  | Indløb              | Tilstopning og nedfaldsmateriale | v X   | v X | v     | v X   |
| Trench drain <sup>2)</sup>   | Rør og dækmateriale | Visuelt tjek                     | v     | v   | v     | v     |
|  | Brønde              | Oprensning af sediment           | v     | v X | v     | v X   |
|  |                     | Tjek vandstanden                 | v     | v   | v     | v     |
| ..... (andet)  |                     |                                  |       |     |       |       |

v = Tjek  
X = Oprens straks materialet (sediment, vegetation, andet).

1) Vigtigt med foto dokumentation.  
2) Ordliste og forkortelser kan findes i Dawson (2008) Annex C, med forklarende figurer i kapitel 13  
- Control of Pavement Water and Pollution Prevention by José Santinho Faisca et. al.

### 5.3 VEDLIGEHOLDELSE OG REPARATION AF DRÆNSYSTEMER

Ideen med vedligeholdelse og reparation er at genoprette den tilsigtede funktion af drænsystemet. I nogle tilfælde, specielt efter skader, omfatter det også at man ændrer designet for at undgå fremtidige problemer. Vedligeholdelsesaktiviteter følger tidsplanen for inspektion. Reparationsarbejdet sker, når skaderne opdages. Vedligeholdelsesaktiviteten starter med vejbanen, derefter bevæger man sig i retning af vejrabatterne, sidearealerne og til sidst dræn. Detaljerede oplysninger er nærmere beskrevet i rapport 4 - Inspection and Maintenance.



## 6. AFSLUTTENDE BEMÆRKNINGER

Ifølge spørgeskemaet er det vedligeholdelsesniveauet snarere end dårligt design der synes at være årsagen til de fleste problemer med oversvømmelser. Angiveligt betyder dette, at de tidligere guidelines for design af drænsystemer ikke har ført til underdimensionerede systemer, hvilket er opmuntrende og lovende. De kan naturligvis være overdimensionerede hvilket i de fleste tilfælde lyder som en dårlig investering, men det kan vise sig at være en god ting, da det betyder, at de i en vis forstand allerede er tilpasset klimaændringer.

Dokumentation om udformningen af en vej eller et afløbssystemet er mere eller mindre fraværende i mange lande. Undersøgelse og dokumentation af tidligere oversvømmelser er uvurderligt i det videre arbejde, men generelt mangler disse informationer. Her er der klart plads til forbedringer.

Usikkerhed om fremtidens klima har fået de forskellige vejbestyrelser i de forskellige lande til at klimatilpasse vejene på forskellige måder. På trods af denne usikkerhed, har de fleste lande fremlagt anbefalinger i forbindelse med design af nye veje, der er beregnet til at tilpasse vejene til fremtidens klima. Hvordan man tilpasser det allerede eksisterende vejnet er mere uklart. Det lader til, at for eksempel afløbsinstallationer altid er blevet opgraderede, aldrig nedgraderede, trods forudsigelser om tørrere forhold i visse regioner.

Det er usandsynligt, at klimaforskere vil være i stand til at forudsige ændringer i nedbør i en given region med præcise tal eller procentsatser, uanset tidshorisonten, men det er sandsynligt, at der udvikles gode modeller og teorier og via den vej kan man måske opnå overraskende resultater, især på regionalt eller endda lokalt plan. Det er derfor nødvendigt, at vejbestyrelserne forbliver så fleksible som muligt, når der udarbejdes retningslinjer for vedligeholdelse eller justering af design.

I betragtning af de nævnte problemer, er det vigtigt at fortsætte med at udvikle 'intelligente' systemer. I SWAMP projektet har vi præsenteret en systematisk tilgang til udpegning af oversvømmelser på vejnettet. Metoden forsøger at af-dække alle aspekter, fra udpegning af de svage punkter (i dette projekt kaldet 'blue spots'), og sluttende med retningslinjer for hvordan man kan reducere risikoen for oversvømmelse på et givet sted. Derfor foreslår vi, at der iværksættes foranstaltninger på de steder, der er udpeget som problematiske, uanset størrelsen af de forudsagte klimaforandringer. En af tilpasningskomponenterne kan være bedre overvågning af 'blue spots', kombineret med information til trafikanterne.

IPCC har et projekt i gang omhandlende "Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation", som kan være af stor interesse for vejbestyrelser. Arbejdet lægger særlig vægt på tre typer af ekstreme:

- Der hvor klimaforandringerne har eller vil forstærke forholdene - som oversvømmelser og tørke.
- Områder der ligger udenfor de pågældende klimaforandringer, men som vil have en øget eksponering eller sårbarhed overfor klimarelaterede ekstreme – f.eks. kystområder der bliver mere eksponeret for stormfloder.
- Nye former for potentielt farlige ekstreme, som en følge af klimaændringerne – f.eks. pludselig afstrømning fra gletcher-søer.
- 

De vigtigste emner der skal vurderes er: Frekvens, intensitet og varighed af den ekstreme begivenhed; sårbarhed og katastroforebyggelse og klimatilpasning. FN's internationale strategi for katastroforebyggelse (ISDR) deltager i dette arbejde og rapporten forventes udgivet i 2011.

# 7. REFERENCER

- Boonya-aroonnet, S., Maksimović Č, Prodanović D, Djordjević S.** 2007: Urban pluvial flooding: development of GIS based pathway model for surface flooding and interface with surcharged sewer model. In: Desbordes M. and B. Chocat (eds): Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management. Proc. 6th Int. Conf. Novatech 2007, Volume 1, Lyon June 2007, 481-488. GRAIE, France.
- Christensen, J.H. and Christensen O.B.** 2003: Severe Summer Flooding in Europe, *Nature*, 421, 805-806.
- Dawson, A.,** 2008: Water in Road Structures, Movements, Drainage and Effects, (Ed.), COST 351. Springer
- DHI Water and Environment** 2009: Reference Manual Mike Flood, <http://www.dhigroup.com>, visited July 2009.
- Domingo, N. D. Sto., Refsgaard, A., Mark, O. and Paludan, B.** 2009: Flood analysis in mixed-urban areas reflecting interactions with the complete water cycle through coupled hydrologic-hydraulic modelling. Conference proceedings, The 8th international conference on urban drainage modelling, 7th – 12 th September, Tokyo, Japan.
- IPCC** 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- Jensen, L. N., Paludan, B., Nielsen, N. H. and Edinger, K.** 2010: Large scale 1D-1D surface modelling tool for urban water planning. Submitted to Novatech 7th international conference on sustainable techniques and strategies in urban water management, 28th June – 1st July 2010, Lyon, France.
- Maksimović, Č., Prodanović, D., Boonya-aroonnet, S., Leitão, J., Djordjević, S. and Allitt, R.** (2009). Overland flow and pathway analysis for modelling of urban pluvial flooding, *Journal of Hydraulic Research*, 47(4), 512–523.
- Nielsen, N. H., Jensen L. N., Linde J. J., Halager P.** 2008: Urban Flooding Assessment. 11th International Conference on Urban Drainage, 31st August – 5th September 2008, Edinburgh, Scotland.
- Wallingford Software** 2009: [www.wallingfordsoftware.com/products/infoworks/](http://www.wallingfordsoftware.com/products/infoworks/) visited July 2009.
- Zerger, A.** 2002: Examining GIS decision utility for natural hazard risk modelling. *Environmental Modelling & Software* 17, 287–294.



## Rapport / Report

| Nr. No. | Titel/Title  | Forfatter/Author  |
|---------|--|---|
| 167     | Urban Thin Quiet SMA Pavements<br>Paper TRB in Washington 2009   | Hans Bendtsen   |
| 168     | Øster Søgade<br>8 år med 2-lag drænasfalt  | Jørn Raaberg<br>Annette Neidel  |
| 169     | Temperature influence on road traffic noise<br>Californian OBSI measurement study  | Hans Bendtsen<br>Qing Lu<br>Erwin Kohler  |
| 170     | ABM type c til broer<br>Indstampningstemperaturens indflydelse på<br>materialeparametre ved Marshall-fremstilling og - prøvning. | Erik Nielsen  |
| 171     | Acoustic aging of asphalt pavements<br>A Californian / Danish comparison   | Hans Bendtsen<br>Qing Lu<br>Erwin Kohler  |
| 172     | Vejteknisk Instituts ringprøvning - Asfalt<br>Undersøgelse af udvikling i spredning i perioden 1994-<br>2008/2009                | Erik Nielsen  |
| 173     | Highway noise abatement<br>Planning tools and Danish examples  | Hans Bendtsen   |
| 174     | Noise Barrier Design<br>Danish and some European Examples  | Hans Bendtsen   |
| 175     | Paper Temperature influence on noise measurements<br>EURONOISE 2009 - Edinburgh  | Hans Bendtsen<br>Qing Lu<br>Erwin Kohler<br>Bruce Rymer   |
| 176     | Bituminous binders<br>- Results of Danish Round Robins for CEN test methods<br>from 2000-2009                                    | Erik Nielsen  |
| 177     | Ageing of bituminous binders   | Erik Nielsen  |
| 178     | DVS-DRI. Super Quiet Traffic<br>International search for pavement providing<br>10 dB noise reduction                             | Jørgen Kragh  |
| 179     | Støjreduktion med tolags drænasfalt<br>Øster Søgade – de første otte år  | Lars Ellebjerg<br>Hans Bendtsen   |
| 180     | Traffic Flow and noise – A method study  | Gilles Pigasse  |
| 181     | The Blue Spot Concept<br>Methods to predict and handle flooding on highways  | Klas Hansson, VTI, Sweden<br>Fredrik Hellman, VTI, Sweden<br>Marianne Grauert, DRI<br>Michael Larsen, DRI |
| 182     | Background Report<br>Literature, questionnaire and data collection for blue spot<br>identification                               | Marianne Grauert, DRI<br>Klas Hansson, VTI, Sweden<br>Fredrik Hellman, VTI, Sweden                        |
| 183     | The Blue Spot Model<br>Development of a screening method to assess flood risk<br>on highways                                     | Michael Larsen, DRI   |
| 184     | Inspection and Maintenance<br>Guide for reducing vulnerability due to flooding of roads  | Fredrik Hellman, VTI, Sweden<br>Knud A. Pihl, DRI<br>Klas Hansson VTI, Sweden                             |
| 185     | Blue Spot Konceptet<br>Metode til udpegning og håndtering af oversvømmelser på<br>motorveje                                      | Klas Hansson, VTI, Sweden<br>Fredrik Hellman, VTI, Sweden<br>Marianne Grauert, DRI<br>Michael Larsen, DRI |



Vejdirektoratet har lokalkontorer i Aalborg, Fløng, Herlev, Herning, Middelfart, Næstved og Skanderborg samt hovedkontor i København.

Find mere information på [vejdirektoratet.dk](http://vejdirektoratet.dk).

VEJDIREKTORATET  
Guldalderen 12, Fløng  
2640 Hedehusene  
Telefon 7244 7000

[vd@vd.dk](mailto:vd@vd.dk)  
[vejdirektoratet.dk](http://vejdirektoratet.dk)

