



Statens vegvesen

Risiko- og sårbarhetsanalyser av vegoverbygning mht værrelaterte hendelser

VD rapport

Vegdirektoratet

Nr. 25



Vegdirektoratet
Trafikksikkerhet, miljø og teknologi
Geoteknikk og skred
Mai 2011

VD rapport

Tittel

Risiko- og sårbarhetsanalyser av vegoverbygning mht værrelaterte hendelser

Undertittel

Forfatter

Ivar Horvli

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø og teknologi

Seksjon

Geoteknikk og skred

Prosjektnummer

601995

Rapportnummer

Nr. 25

Prosjektleder

Gordana Petkovic

Emneord

Klima og transport, risiko- og sårbarhetsanalyser /risiko- og sårbarhetsanalyser, vegoverbygning

Sammendrag

Rapporten inngår i ein serie rapportar frå FoU-prosjektet 'Klima og transport', etatsprosjekt 2007 – 2010. Hensikten med prosjektet er å gje betre rutinar og regelverk for prosjektering, bygging og drifting av veg tilpassa endra klima.

Rapporten gjev ein systematikk og prosedyre for ROS-analyse for vegoverbygning med omsyn til klimapåvirkning. Effekt av klima for vegoverbygning vil normalt gje seg utslag i form av økonomiske konsekvensar (reduisert levetid) og konsekvensar for framkomst (til dømes ved redusert bereevne i vårløysinga eller auka nedbryting på grunn av for dårleg kapasitet på grøftesystemet). Berre i helt ekstreme tilfelle kan dette gje utslag i redusert trafikktryggleik, til dømes ved unormalt rask utvikling av større skadar på vegen i form av hol eller andre markerte ujamnheite, eventuelt partivis samanbrot av vegen. I einskilde tilfelle kan konsekvensane og vere av miljømessig art (utvasking og forureining av vassdrag ved unormalt rask nedbryting av parti av vegen).

Antall sider 27

Dato Mai 2011

VD report

Title

Risk- and susceptibility analyses of road pavements with respect to weather events

Subtitle

Author

Ivar Horvli

Department

Traffic Safety, Environment and Technology Department

Section

Geotechnical Section

Project number

601995

Report number

No. 25

Project manager

Gordana Petkovic

Key words

Climate and Transport, risk- and susceptibility, analyses, road pavements

Summary

This report belongs to a series of reports from the R&D programme "Climate and Transport", carried out by the Norwegian Public Roads Administration 2007-2010. The main objectives of the programme are to investigate the effect of climate change on the road network and recommend remedial actions concerning planning, design, construction and maintenance.

This report offers recommendations for the procedure, necessary data and documentation for performing risk- and susceptibility analyses of road stretches (pavements) with respect to weather related events. The impact of climate on pavements will normally show as investments (due to reduced service life) and consequences for mobility (eg. reduced capacity during spring thaw or due to poor capacity of the drainage system). Only in extreme cases will this result in reduced traffic safety - due to damage, holes, irregularities, or collapse of a road section. In some cases, the consequences can be environmental (water contamination).

Pages 27

Date May 2011

Forord

Rapporten inngår i ein serie rapportar frå FoU-prosjektet 'Klima og transport', etatsprosjekt 2007 – 2010. Hensikten med prosjektet er å betre rutinar og regelverk for prosjektering, bygging og drifting av veg tilpassa endra klima.

Klimaforskinga konkluderer med at vi med stort sannsyn vil få endring til eit varmare klima, som truleg vil føre til auke i nedbørmengde og intensitet, parallelt med auka stormfrekvens og stormstyrke. Effektiviteten og tryggleiken av vegnettet er påverka av nedbør, vind og temperaturtilhøve. Dette er element som har påverking på steinsprang, fjellskred og snøskred, overflatevatn, flom og erosjon, frysing og tining og snø og is på vegbanen.

'Klima og transport' har lagt følgjande utgreiingar for endring av klima og effekt på transportsektoren til grunn:

- NTP-rapport ”Virkinger av klimaendringer for transportsektoren”, laget av en tverretattlig gruppe i transportsektoren: Jan Otto Larsen (leder) og Pål Rosland (sekretær), Statens vegvesen Vegdirektoratet, Kjell Arne Skoglund, Jernbaneverket, Eivind Johnsen, Kystverket og Olav Mosvold Larsen, Avinor.
- Vedleggsrapport ”Regionale klimascenarier for transportsektoren i Norge – en oppdatering”, av Jan Erik Haugen og Jens Debernard, Det Norske Meteorologiske institutt, februar 2007. (Rapporten er basert på scenarier fra RegClim prosjektet.)
- ”Klima i Norge 2100”, utarbeidet for NOU Klimatilpassing av meteorologisk institutt, Bjerknæssenteret, Nansensenteret, Havforskningsinstituttet og NVE, juni 2009.

'Klima og transport' består av følgjande delprosjekt:

- Dp 1 Premissar og implementering
- Dp 2 Innsamling, lagring og bruk av data
- Dp 3 Flom- og erosjonssikring
- Dp 4 Snø-, stein-, jord- og flomskred
- Dp 5 Tilstandsutvikling på vegnettet
- Dp 6 Konsekvensar for vinterdrift
- Dp 7 Sårbarheit og beredskap

Prosjektleder for 'Klima og transport' er Gordana Petkovic og prosjektsekretær Reidun Svendsen. Meir informasjon om prosjektet kan finnast på: <http://www.vegvesen.no/klimaogtransport>

Denne rapporten er 'Klima og transport' si tilråding for metodikken og datagrunnlaget for risiko- og sårbarheitsanalysar (ROS-analyser) av vegoverbygning med omsyn til verrelaterte hendingar. Rapporten byggjer på arbeidet og resultatane frå fleire delprosjekt i 'Klima og transport', mest delprosjekt 5 Tilstandsutvikling på vegnettet (ansvarlig Per Otto Aursand) og delprosjekt 7 Sårbarheit og beredskap (ansvarleg Arne Gussiås). Sjå vedlegg 8 og 9 for meir informasjon om disse delprosjekta.

Rapporten er skrevet av Ivar Horvli, da ViaNova Plan og Trafikk AS (no SVV) med bidrag frå prosjektgruppa. Tilsvarande tilråding er laget for stikkrenner (prosjekt rapport VD 24) og for bruer (prosjektrapport VD 23).

For oversikt over andre rapportar frå 'Klima og transport', sjå vedlegg 10.

Innhald

1	<i>Innleiing</i>	2
2	<i>Risikoanalyse for klimarelaterte hendingar</i>	3
3	<i>Ver- og klimarelaterte HENDINGER som har betydning for vegoverbygning</i>	4
	3.1 KLIMAPARAMETRE	4
	3.2 FARE FOR FLAUM	5
	3.3 FARE FOR AUKA GV-STAND.....	6
	3.4 SANNSYNN FOR ENDRING TEMPERATURTILHØVE.....	6
	3.5 SAMANHENG MELLOM DRENERING OG NEDBRYTING AV VEG.....	7
4	<i>Risikoanalyse av vegoverbygning</i>	8
	4.1 METODE.....	8
	4.2 IDENTIFISERING AV FARAR OG UØNSKA HENDINGAR.....	10
	4.3 IDENTIFIKASJON AV SÅRBARE STREKNINGAR.....	11
	4.3.1 Innhenting av grunnlagsdokumentasjon	11
	4.3.2 Synfaring.....	11
	4.3.3 Supplerande utgreiingar	11
	4.3.4 Kartlegging av risikofaktorar (på aktuelle vegstrekingar)	11
	4.4 ANALYSE AV ÅRSÅK OG SANNSYNN	12
	4.5 ANALYSE AV KONSEKVENSS	12
	4.6 UTGREIING AV RISIKO	14
5	<i>Risikovurdering</i>	14
	5.1 SAMANLIKNING MED AKSEPTKRITERIER	14
	5.2 AKTUELLE TILTAK	14
	5.3 KONKLUSJONAR OG DOKUMENTASJON	17
6	<i>Litteratur</i>	18

VEDLEGG

Vedlegg 1: Prosedyre for ROS-analyse for tilstand av vegoverbygning

Vedlegg 2: Utdrag frå veileiar for ROS-analyser mht klima og klimaendringar

Vedlegg 3: Utdrag frå Statens vegvesen hb 271 Risikovurderingar i vegtrafikken

Vedlegg 4: Utdrag frå NS 5814:2008 Krav til risikovurderingar

Vedlegg 5: Døme på registrering av flaumfare langs veg

Vedlegg 6: Døme på aktuelle følsomheitsparametre og indikatorar for konsekvens av klimapåverking på vegens konstruksjon

Vedlegg 7: Akseptkriterier / krav til vegens konstruksjon med relevans til klimafaktorar

1 INNLEIING

Ved planlegging, bygging og vedlikehald av vegar er klima ein viktig premis for dimensjonering, utforming og materialval. I vårt langstrakte land frå nord til sør og med både kyst, innland og høgfjell, vil det vere store klimatiske skilnader. Dette gjev behov for ulike løysingar både med omsyn til utforming, materialval, drenering og terrengtilpasning når nye vegar skal byggast og gamle vegar skal oppgraderast. Ved endra klima vil vi måtte ta andre omsyn i framtida enn i dag på dei ulike stader, men grunnlaget for dimensjonering og erfaringane med aktuelle tiltak for å tilpasse vegkonstruksjonen best mogleg til ulike klimaregime har vi alt i dag.

Ved hjelp av risikoanalysar kan vi på ein systematisk måte kunne møte utfordringane med endra klima og ta omsyn til endringane ved *forebyggande tiltak for å redusere skadeverknadene av endra klima*. I tillegg vil vi gjennom slike analyser kunne etablere betre beredskaps- og tiltaksplanar for å takle uønska hendingar best mogleg. Døme på spesielle verendingar kan vere

- større nedbørsintensitet
- meir nedbør
- auka temperatur
- fleire fryse/tinevekslingar osb.

Konsekvensen av endra klimavilkår vil truleg i dei fleste tilfelle ikkje gje dramatiske utslag for vegens konstruksjon, men kan i einstilte tilfelle føre til

- utglidingar
- bereevnesvikt og redusert dekkelevetid
- vegstengingar.

Dette vil ha økonomiske konsekvensar i tillegg til konsekvensar for tryggleik og framkomst. *Gjennom risikoanalysar kan serleg utsette vegstrekingar identifiserast og tiltaksplanar etablerast for å minimere skadeverknadene ved endra klimavilkår.*

Risikoanalysane i Statens vegvesen skal gjennomførast vha risikoanalyseverktøyet VegCim.

2 RISIKOANALYSE FOR KLIMARELATERTE HENDINGAR

Det er i Statens vegvesens handbok 271 Risikovurderinger i vegtrafikken /1/ og handbok for krisehandtering /2/ definert matriser for konsekvens og sannsynlegheit for ulike hendingar. I ”Veileder for ROS-analyser mht klima og klimaendringer” /3/ er sannsynsmatrisa endra og tilpassa klimarelaterte hendingar fordi desse har eit anna nivå på sannsyn / frekvens enn til dømes trafikkrelaterte hendingar, jfr vedlegg 2 og 3.

For vurdering av vegens konstruksjon vil imidlertid risikomatriza for trafikkrelaterte hendinga vere meir aktuell å nytte ettersom vegoverbygning blir dimensjonert for 20 år. Vi legg derfor denne til grunn i risikoanalyse-metodikken her.

Konsekvensmatrisa som blir nytta handbok for krisehandtering /2/ er også godt egna til bruk for klimarelaterte hendingar og tilstandsutvikling knytt til vegoverbygning (jfr vedlegg 2-2). Vi kan derfor leggje denne til grunn for utarbeiding av risikomatrizer også i denne samanhengen. Når det gjeld økonomiske konsekvensar bør noverdien berekna ved ein LCC-analyse over vegens dimensjoneringsperiode (20 år) leggest til grunn.

Tabell 1: Sannsyn-kategoriar for klimarelaterte hendingar for vegens konstruksjon

Numerisk kategori	Verbal sannsyn-kategori	Forklaring
1	Lite sannsynleg	Sjeldnare enn ein gong pr 10. år
2	Mindre sannsynleg	Mellom ein gong pr 10. år og ein gong pr 5. år
3	Sannsynleg	Mellom ein gong pr 5. år og ein gong pr år
4	Mykje sannsynleg	Ein gong pr år eller oftare
5	Svert sannsynleg	10 gongar pr år eller oftare

3 VER- OG KLIMARELATERTE HENDINGER SOM HAR BETYDNING FOR VEGOVERBYGNING

3.1 Klimaparametre

For vegoverbygning er *nedbør* og *temperatur* dei klimafaktorane som verkar mest inn på vegens tilstand. Desse faktorane kan verke åleine eller i samspel med trafikk og gje påkjenningar på vegens konstruksjon som verkar inn på nedbrytinga av vegens konstruksjon / vegoverbygninga og dermed på levetida av vegen.

Nedbør vil ha ofte stor verknad på materialeigenskapane i vegoverbygning og undergrunn. Ubundne materiale (grus / sand) med mykje finstoff og finkornige materiale som leire og silt har ein materialkarakteristikk med eit optimalt vassinnhald for maksimal pakking og stabilitet under kompaktering. Vassinnhald over dette gjev dårlegare stabilitet og svekka bereevne som igjen gjev raskare nedbryting av vegkonstruksjonen. Ei heving av grunnvasstanden eller kraftig infiltrasjon av vatn (til dømes gjennom sprekkar i vegdekket eller frå oversvømming av eit grøftesystem med dårleg kapasitet) vil ha ein negativ effekt på vegens levetid. I tillegg kan vegen bli direkte utsett for erosjon ved flaum.

Grovkorna ubunde materiale og einsgraderte materiale vil vere relativt lite påverka av vassinnhaldet (og nedbør). Asfalterte materiale er mindre utsette for vatnets påverknad bortsett frå ved erosjon av underliggande lag som også her kan ha dramatisk effekt i ekstreme tilfelle. Val av opne og grove materiale i vegkroppen vil derfor til gje ein meir robust vegkonstruksjon med omsyn på nedbør.

Asfalt kan vere utsett for dårleg vedheft mellom steintilslag og bitumen. Dette er serleg tilfelle ved bruk av bergartar med visse typar mineral som til dømes kvarts. I visse tilfelle kan vatnet fortrenge bitumen, såkalla ”stripping” av bindemiddel. Opne vegdekke vil vere meir eksponert for vatn enn tette dekke, noko som betyr at tette vegdekke vil vere sikrere mot denne nedbrytingsmekanismen som er relatert til vatn. Det finst og andre rådgerder som bruk av tilsetningsmiddel som amin og ikkje minst bruk av polymermodifiserte bindemiddel.

Vegar med grusdekke vil kunne få store skader i overflata i form av erosjon ved kraftig / intens nedbør. Vegar med stor stigning / lange stigningar / stort fall / manglande drenering / dårlege sidegrøfter / dårleg takfall eller svakt sidefall i overflata vil vere serleg utsette. Stabilisering med til dømes ligninprodukt vil gjere vegdekket atskillig meir robust. Eit vidare skritt i retning av erosjonssikring er naturlegvis å leggje på eit tynt dekke, til dømes i form av ”Ottadekke”. Vegen har da i realiteten gått over frå å vere ein grusveg til å bli ein veg med fast dekke.

Temperaturen har påverknad på E-modul (stivheit) i dei ulike lag i konstruksjonen og dermed på spenningsfordelinga nedover i konstruksjonen ved trafikkpåkjenning. Høg temperatur svekkar bereevna gjennom redusert E-modul i dei asfalterte lag. Dette kan føre til permanente deformasjonar i vegdekket, men også til redusert lastfordelende evne som da fører til større påkjenningar på underliggande lag som dermed kan bli overbelasta. I tillegg vil det kunne oppstå temperaturrelaterte spenningar i vegmateriale som kan føre til direkte brot på grunn av store strekkspenningar eller til utmattingsbrot over tid.

Ved frost kan det også oppstå store spenningar i vegen på grunn av ujamn telehiv. Dette fører i mange tilfelle til markerte langsgående sprekkar midt i vegen eller ut mot sidene som vi ser på store delar av vegnettet i dag. Ved opptining der ein har telefarleg materiale til stades, vil bereevna i vegkonstruksjonen kunne bli kraftig svekka med store deformasjonar og brot som konsekvens.

Dei omtala klimafaktorane kan brytast ned i meir *spesifikke verendingar* med tilhøyrande *karakteristiske klimaparametre* som vist i tabell 1. I tillegg vil topografi og avrenning / hydrauliske tilhøve ha vesentleg innverknad på tilgangen på vatn i vegkonstruksjonen, og dermed på vegkroppens tilstand, berevne og nedbryting. Av klimaparametrane som er skissert i figur 1 er det berre frostmengde som blir brukt ved dimensjonering av vegkonstruksjonar i Norge i dag. Det kan vere behov for å utvikle fleire karakteristiske klimaparametre / klimaindikatorar for å kunne vurdere klimaets spesifikke verknad på vegens tilstandsutvikling betre ved endra klima.

Tabell 2: Klimafaktorar, verendingar og klimaparametre med relevans til vegoverbygning

KLIMA-FAKTOR	VATN		TEMPERATUR		
Vêrhending	Store nedbørmengder		Låg temperatur	Høg temperatur	Vekslingar
Effekt på veg	Flaum	Auka vassinnhald i materialet	Frost	Redusert stabilitet på asfalt	Tining / teleløysing
	Erosjon	Redusert bæreevne	Telehiv	Redusert E-modul på asfalt	Redusert bæreevne
Parameter	Nedbør -nedbørmengde (>normalt) -nedbørsintensitet (>normalt)	Nedbør -nedbørmengde (>normalt) -nedbørsintensitet (>normalt)	Frostmengde (°Ch) $\Sigma(\text{tid}) \times (T < 0^\circ\text{C})$	Høg temperatur og sol $\Sigma(\text{tid}) \times (T > +25^\circ\text{C})$ og sol?	Temperaturveksling frå – til + (°C) -fryse-/tinevekslingar (antall)

Som omtala over, vil innverkinga av klima vere svært avhengig av ei rad andre faktorar. Hovudgrupper av tilhøve som har verknad er:

- Materialtype i undergrunn og overbygning
- Vegens oppbygging og geometri
- Grøfteutforming og grøftetilstand
- Trafikkmengde/–volum og tungtrafikkandel
- Topografi og avrenningsforhold / hydrauliske forhold

Innan kvar av desse hovudtema kan ein liste opp kritiske faktorar som kan gje grunnlag for ei skjønsmessig vurdering av konsekvensen av endra klima for ei konkret vegstrekning. Eit vidare steg for meir systematisk vurdering av konsekvens av klimapåverkinga kan vere å definere visse *indikatorar* som gjev uttrykk for kor kjensleg vegen er for klima under kvar av dei nemnde hovudgrupper eller tema. Døme på slike parametre er vist i vedlegg 6.

3.2 Fare for flaum

NVE har i mange år utført systematiske registreringar av flaumvassføring og vasstand i dei største vassdrag. I tillegg finst detaljerte statistikkar med klimadata frå Meteorologisk institutt (met.no). Det er i samband med flaum utarbeidd ei rad

rapportar som er tilgjengelige på NVE sine heimesider i tillegg til flaumkart og flaumdata av ulike slag. Det er utarbeidd statistikkar og kart for flaum med ulike frekvensar: 20 – 50 – 100 og 200 års frekvens.

I tillegg til dei historiske data som her er nemnde, er det i samband med dei siste års klimaforskning utarbeidd klimaprognosar og hydrauliske prognosar for ulike klimascenarier med endra klima. Desse bør ein også ta høgde for ved vurdering av flaumfare ved bygging av nye og oppgradering av eksisterande vegar.

Det er ein sterk samanheng mellom dreneringssystemet sin kapasitet / evne til å ta unna vatn / redusere tilgang på vatn til vegkonstruksjonen og vegens bereevne og nedbryting. Det er gjort nærare greie for dette i kap 3.1 4.

3.3 Fare for auka GV-stand

På grunn av auka nedbør vil grunnvassnivået stort sett bli litt høgare i gjennomsnitt over året i Norge. Endringa av grunnvassmagasin om våren vil i følgje prognosane vere størst på det indre Vestlandet, i Nordland og ytre strøk av Troms og Finnmark. Om vinteren vil grunnvasstanden stort sett endrast over heile landet, men mest på Vestlandet og nordre Nordland. Sommars tid vil grunnvasstanden være nær uendra og nokre stader mindre enn i dag. Om hausten vil Nordland få høgare grunnvasstand

Grunnvassnivået vil normalt variere ein god del over året. Typisk er grunnvasstanden høgst i samband med snøsmelting om våren og etter lange periodar med regnver, ofte på seinhausten. I slutten av tørre periodar vil normalt grunnvassnivået vere lågare. Dreneringstilhøve, undergrunnstype og toporafi vil ha mykje å seie for kor lett grunnvassnivået blir påverka av ytre faktorar som snøsmelting, nedbør og tørke. I område med gode avrennings- og dreneringstilhøve, vil ikkje grunnvassnivået bli påverka så mykje som der dreneringstilhøva er dårlege. Vidare vil område nær store sjøar og grunnvassmagasin også kunne vere mindre påverka av nedbørsfluktusjonar på grunn av stor bufferkapasitet i terrenget ikring. Det må derfor gjerast spesifikke vurderingar for kvart einskild område for å finne i kor stor grad grunnvassspeilet kan variere som følge av endra klima. Dette kan gjerast ved hydrauliske berekningar der ein tar omsyn til framtidig klima etter dei offisielle godkjende klimamodellar. Størst effekt på vegens tilstand og levetid vil ei grunnvassendring få om våren når bereevna er svekka på grunn av teleløyning der det er telefarleg materiale i vegoverbygninga.

Det vil for store delar av vegnettet der grunnvatnet ligg nær opp mot vegoverbygninga vere relativt sterk samanheng mellom grunnvassnivå og vegens nedbryting. Dette gjeld i serleg grad på det lågtrafikkerte vegnettet og vegar som ikkje er bygd opp av åpne og godt drenerande massar som sprengstein og pukk / knust fjell. NVE har utført systematiske registreringar av grunnvasstand i Norge, jfr /16/

3.4 Sannsyn for endra temperaturtilhøve

Klimaprognosar fram mot 2100 syner at det vil bli endringar i talet på fryse/tinevekslingar (temperaturvekslingar $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ / $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$) i ulike klimaregionar. I indre Østland syner prognosane ein markert auke i talet på fryse/tinevekslingar, medan det på ytre Vestland blir mindre endringar.

Fleire fryse/tine-vekslingar fører til auka nedbryting på grunn av auka potensiale for danning av islinser der ein har telefarleg materiale til stades. Dette resulterer både til auka telehiv om vinteren og meir svekka bereevne om våren med dei negative følgjer dette har for vegens nedbryting og levetid.

Over heile landet vil årsmiddeltemperaturen auke. I gjennomsnitt vil dette være i området 2-4 °C, og mest i indre Finnmark. Ein positiv effekt av dette er mindre telenedtrenging og dermed mindre telehiv. Dette vil føre til mindre nedbryting og lenger levetid av vegar som ligg i område med telefarleg materiale i undergrunnen. Sommars tid vil det derimot kunne bli større deformasjonar i vegdekket hvis maksimal sommartemperatur aukar, noko som gjev kortare levetid.

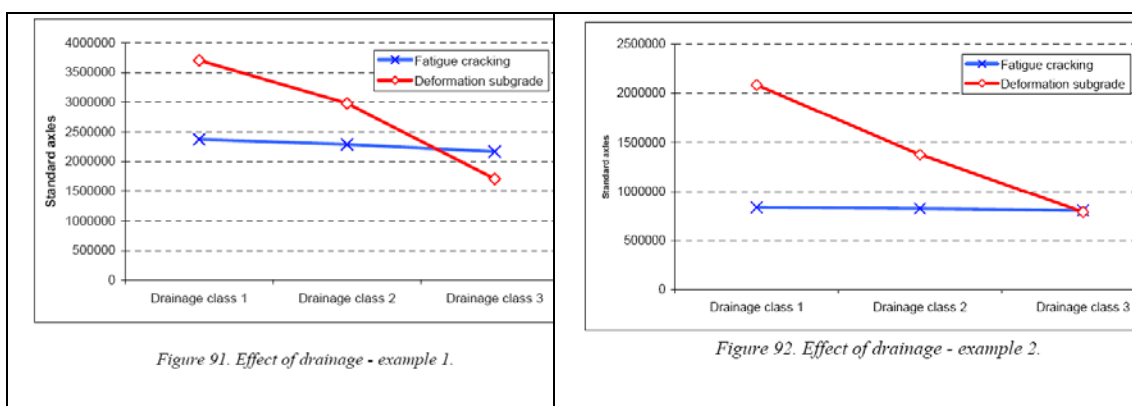
I sum er det vanskeleg å seie kva dei prognoserte temperaturendringane vil bety og i kva retning dei kan slå ut i dei ulike geografiske område. Men det er fullt mogleg å tilpasse nye vegkonstruksjonar og oppgradere eksisterande vegar til å tåle endringane betre ved klimatilpassa materialbruk.

3.5 Samanheng mellom drenering og nedbryting av veg

All erfaring syner at dreneringssystemet og vatnet sitt regime har stor innverknad på vegens bereevne. Dette betyr at dårlig drenering vil svekke bereevna, noko som fører til auka permanente deformasjonar i vegoverbygning og undergrunn. I Statens vegvesens hb 111 ”Standard for drift og vedlikehald” er det stilt krav til maksimal spordjupne før tiltak må setjast i verk. I dei fleste tilfelle betyr dette legging av nytt dekke, eventuelt berelag + dekkefornyng når vegen har nådd opp til dei maksimale tillatte spordjup (akseptkriterium).

I ROADEX II som var eit Nordkalottprosjekt under EU, ble 185 km fylkesvegar i Troms analysert med omsyn til tilstand (Berntsen og Saarenketo) /5/. Ein fann at det var mykje raskare sporutvikling på vegar med dårlig drenering / grøfter enn der dreneringa fungerte godt. Denne observasjonen vart utført ved å studere sporutvikling i indre og ytre køyrefelt på vegar med halvskjering i sideskrått terreng. I slike høve vil grunnvasspeilet ligge vesentleg høgare i indre køyrefelt (inn mot vegskjeringa) enn i ytre felt der det er fylling. Her fann ein at betring i drenstilhøva gav frå 60 – 120 % lenger levetid med omsyn til sporutvikling (levetidsfaktor 1,6 – 2,2). Tilsvarande verdiar vart nedfelt i ein tabell i sluttrapporten. Denne er representativ for alle land som var involvert i prosjektet (nordre deler av Norge, Sverige, Finland og Skottland) eller område med tilsvarande tilhøve klimamessig, topografisk og konstruksjonsmessig.

Ein fann som nemnd at dreneringstilhøva hadde en svært stor effekt på vegens levetid i form av sporutvikling. Figuren under syner to eksempel der ein påviste ei levetidauke på mellom 75 og 100 % berre på grunn av endra fuktinnhald i undergrunn og forsterkingslag.



Figur 1: Levetid for veger med fleksible dekke ved ulike drenstillhøve / dreneringsklassar. Beregningar med PMS Objekt for 2 typiske vegkonstruksjonar i Norden (Berntsen og Saarenketo, 2005)

Desse undersøkingane demonstrerer at drensforhold og fuktvikår i ein vegkonstruksjonen kan ha svært stor effekt på vegens tilstands- og sporutvikling.

4 RISIKOANALYSE AV VEGOVERBYGNING

4.1 Metode

Dei ulike steg i ein risikoanalyse er definert noko ulikt i dei ulike grunnlagsdokument /1/, /2/, /3/, jfr vedlegg 2-4. I det vidare er det gjort greie for ein metodikk for risikoanalyse av vegkonstruksjonar/overbygning med omsyn til klimafaktorar og klimaendringar i 6 hovudsteg:

1. Identifisering av risikofaktorar og uønska hendingar.
2. Identifisering av sårbare strekningar
3. Analyse av årsak (til) og sannsyn (for) (uønska hendingar på kvar strekning)
4. Analyse av konsekvens (av uønska hendingar for kvar strekning)
5. Utgreiing av risiko (for kvar strekning og veglenke/vegrute)
- 6a. Risikovurdering; samanlikning av risiko og akseptkriterier
- 6b. Risikovurdering; aktuelle tiltak og verknad

Dei 5 første steg er sjølve risikoanalysen, steg 6 er konkrete vurderingar for det analyserte prosjektet; risiko samanlikna med akseptkriterier (6a), aktuelle tiltak og verknad av desse (6b). For vegkonstruksjonar skal verknaden av tiltak vurderast opp mot konsekvens for fire område:

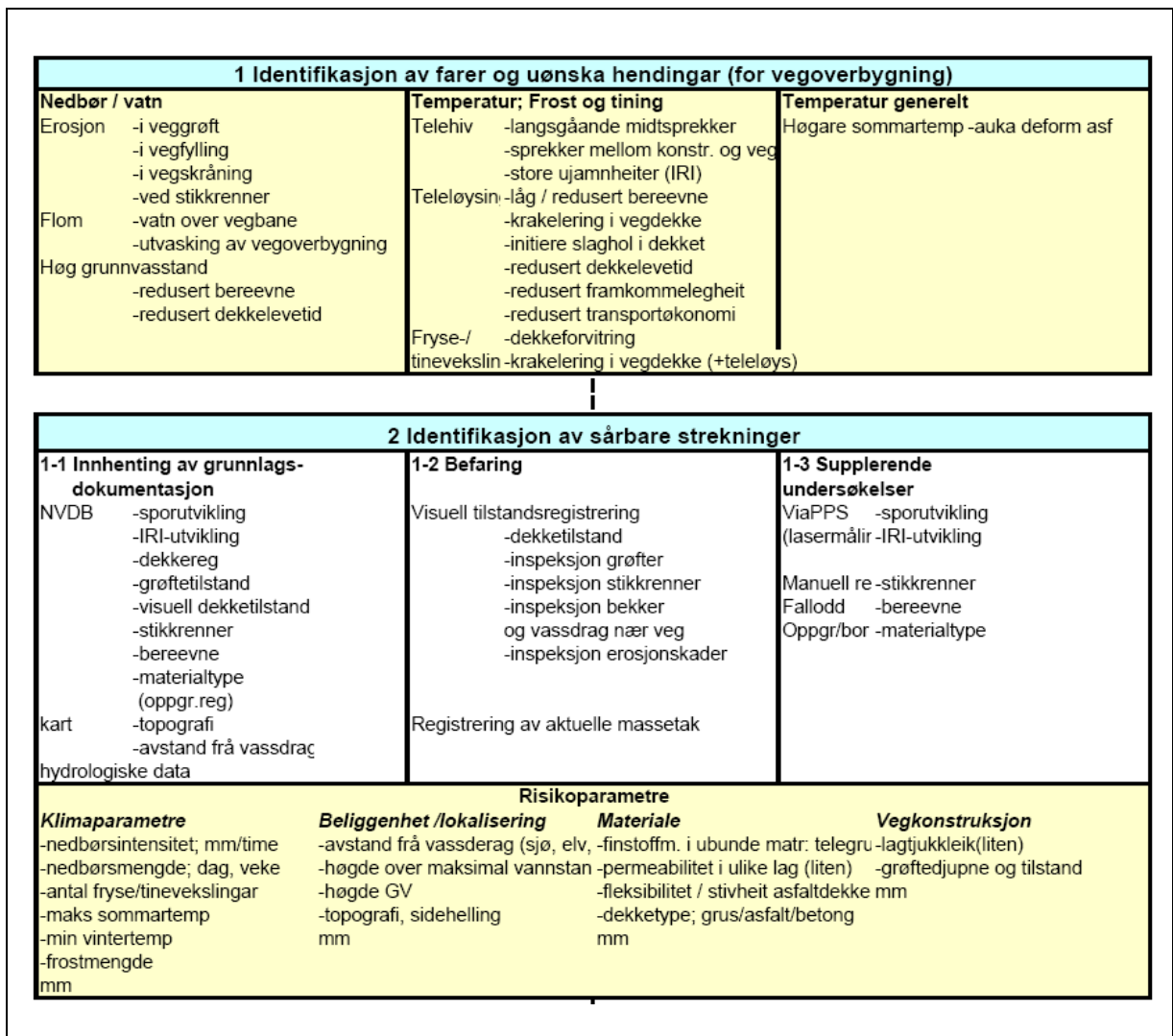
- Økonomi
- Framkomst
- Trafikktryggleik
- Miljø

Ei vidare detaljering av desse stega er vist i figur 2A og 2B og samla i vedlegg 1.

I denne framstillinga er det som steg 1 ført opp ein innleiande gjennomgang for bevisstgjerjing av dei ulike farar / uønska hendingar eller situasjonar for vegoverbygning generelt. Dette må i alle fall liggje som ein generell

kunnskapsbakgrunn når *sårbare strekningar* på eit vegnett eller ei vegrute *konkret skal identifiserast* i steg 2.

Etter at sårbare strekningar (grovt sett) er identifisert, skal ein i steg 3 analysere meir i detalj *årsakene* til at desse strekningane er serskild utsette i tillegg til å analysere *sannsynet* for at desse (uønska) situasjonane skal opptre. I steg 4 skal så *konsekvensen* av dette analyserast. Her bør konsekvens for *økonomi, framkomst, trafikktryggleik og miljø* analyserast. Desse fire hovudtema skal og analyserast vidare i *utgreiing av risiko*, steg 5 og *vurdering av risiko*, steg 6. Til slutt i *vurderinga* skal det foreslås aktuelle tiltak, steg 6b. Dette er framstilt skjematisk i figur 2B der dei viktigaste klimafaktorar og fokusområde i samband med vegoverbygning og klimaets regime er vist.



Figur 2A: første steg i risikoanalyse for vegoverbygning; identifisering av farar og sårbare strekningar

3 Analyse av årsak og sannsynlegheit (for uønska hendingar)			
Nedbør / vatn -slit.spor pga våt vegbane/dårleg avrenning -deform.spor pga høgt v-innh i overbygning -def.spor pga høgt vassinnh i undergrunn -siging/ustabil skulder pga erosjon -dårleg drenering pga sig i skjering -mykje telehiv pga stor vasstilgang -dårleg vårbereevne /spor pga stor vasstilga -mykje telehiv pga stor vasstilgang	Temperatur; Frost og tining -telehiv pga telefarleg materiale i u.g. -telehiv pga telefarleg materiale i vegoverby -krakelering pga telefarleg materiale i u.g. -krakelering pga telefarleg materiale i berelag -slaghol pga krakelering -langsgåande sprekk pga telehiv -deformasjonspor i overbygning -deformasjonspor i undergrunn	Temperatur sommars tid -deformasjonspor i dekket -deformasjonspor i berelag	
4 Analyse av konsekvens (av uønska hendingar)			
4-1 Økonomi -auka/red dekkekostnader -auka forsterkingsbehov -auka kostn til grøfter og dren -auka vedlikehald på grusveg -auka forsterkingsbehov	4-2 Framkomst -større spor og meir ujamnheiter -meir hol og skader på vegen -meir /mindre telehiv	4-3 Trafikktryggleik -kollisjon pgs skade i vegbanen -utforkøyning pga skade i vegban -utforkøyning pga utvasking -påkøyrsel pga skade i vegbanen -auka tryggleik pga red fart pga skade	4-5 Miljø -utvasking mot vassdrag -auka / redusert materialbruk
5 Utgreiing av risiko			
5-1 Økonomi	5-2 Framkomst	5-3 Trafikktryggleik	5-5 Miljø
6a Risikovurdering; samanlikning mot akseptkriterier			
6-1 Økonomi	6-2 Framkomst	6-3 Trafikktryggleik	6-5 Miljø
6b Risikovurdering; Aktuelle tiltak			
Dekke -klimatilpassa bindemiddel -bruke polymermodifiserte binder -bruke drenerande dekketypar -leggje fast dekke på grusveg -stabilisere grusdekke	Bærelag -grove / drenerande massar -auka bruk av stabiliserte berelag	Drenering -dim. etter framtidig nedbør -etablere fordrøyingsmagasin -auke kapasitet på drengrofter -auke kapasitet på stikkrenner -etablere meir lukka drenering -større sandfang i åpne kummar	Andre tiltak -tilpassa lokalisering av veg -terrengtiltak og dren i skjæring -auke høgde over flaumvasstand -etablere gode varslingsrutinar -omkøyringsruter -beredskapsplanar

Figur 2B: Vidare steg i klimarelatert risikoanalyse for vegoverbygning; analysefasen, utgreiingsfasen og vurderingsfasen med forslag til aktuelle tiltak.

Risikoanalyseverktøyet VegCim kan nyttast for praktisk gjennomføring av risikoanalysen (dette verktøyet skal nyttast i Statens vegvesen).

4.2 Identifisering av farar og uønska hendingar

Det vil være tenlig å dele inn det aktuelle vegnettet eller den aktuelle vegstrekninga i delstrekningar der dei naturgitte tilhøva er like eller gjev lik risiko og med lik vegkonstruksjon / materialtype. Til dømes kan strekningane delast inn etter strekningar som blir utsett / ikkje blir utsett for ein 100-årsflaum eller 200-årsflaum når vegen går langs større vassdrag eller vatn, jfr døme vist i vedlegg 5. Andre aktuelle skilje kan vere der topografien endrar seg radikalt (bratt / flatt terreng) eller der vegkonstruksjonen endrar seg (gamal / ny veg) og der det er nytta ulike materiale i vegkonstruksjonen (grus / knust fjell / sprengstein)

Det kan og vere nyttig å kartleggje omfang / frekvens av kryssing av bekkar og vassdrag, og i kor stor grad vegstrekninga ligg nær elv, vatn eller sjø. Her vil naturlegvis nivå over vassflata og vere ein nøkkelfaktor for kor mykje dette har å seie for vegens nedbryting ved erosjon og gjennom effekt på dei ulike materiale gjennom auka vassinnhald på grunn av høgt grunnvasspeil. Det kan til dømes utarbeidast tabellar med geografisk stadfesting (km/profil) av bekke- og elvekryssingar som vist i dømet frå E6 i Gauldal i tabellane i vedlegg 5.

4.3 Identifikasjon av sårbare strekningar

4.3.1 Innhenting av grunnlagsdokumentasjon

Alt tilgjengeleg grunnlagsmateriale må samlast inn før arbeidet startar. Dette vil omfatte all dokumentasjon og relevante data som:

- Plangrunnlag, teikningar, dimensjonering mm
- Topografiske kart
- Hydrauliske data / flaumkart mm
- Klimadata; frostmengder (kommunetabell) mm
- Grunnforhold; tdl grunnboringar og geotekniske rapportar, kvartærgeologiske kart mm
- Data frå anleggskontroll og sluttrapport anlegg
- Data fra NVDB; dekkeregisteret, oppgravingsregisteret, VidCon (videobilette), berevnedata, spordata og IRI-data (jammheit), registrert etterslep (grøfter, kummar, stikkrenner mm)

4.3.2 Synfaring

Det bør alltid gjerast ei synfaring på staden i samband med ei risiko- og sårbarheitsvurdering. Dette vil alltid gje ein del verdifull tilleggsinformasjon som det er vanskeleg å få med berre frå kart og dataregister.

4.3.3 Supplerande utgreiingar

Aktuelle supplerande utgreiingar kan vere:

- Kartlegging av undergrunn; grunnboring, prøvetaking, kornkurver
- Kartlegging av vegoverbygning; prøvetaking og analysering
- Kartlegging av vegens tilstand; falloddmåling, spor- og IRI-måling
- Kartlegging av tilstand på vegrøfter og drenering; stikkrenner mm
- Registrering av erosjon og utglidingar; ustabile parti

4.3.4 Kartlegging av risikofaktorar (på aktuelle vegstrekningar)

Risikofaktorar eller indikatorar for sårbare strekningar kan vere:

- Finstoff i bereleg / telefarleg bereleg
- Finstoff i forsterkingslag / telefarleg forsterkingslag
- Bekkekryssing
- Lokalisering langs elv og vassdrag
- Lokalisering nær sjøkant
- Vegnivå nær eller under flomvassnivå (200 -års flaum)
- Lokalisering på / langs myr og våtmark

- Strekningar i halvskjering i lausmasser i sidebratt terreng
- Vegar på vekslande undergrunn med telefarleg materiale
- Lokalisering ved registrerte flaumskredløp
- Parti med smal veggroft i fjellskjering med vassig
- Parti nær tunnelmunningar
- Strekning med dårleg veggroft eller øydelagde stikkrenner
- Strekningar med etterslep i vedlikehald på grøfter, kummar og stikkrenner

4.4 Analyse av årsak og sannsyn

Innafor dei identifiserte strekningar eller område med antatte risikofaktorar, kan ei gå meir i detalj for å analysere heilt konkret kva uønska situasjonar som kan oppstå på den einkilde strekning på grunn av dette og kor stort sannsyn det er for at slike situasjonar kan oppstå. Nedafor har vi lista opp nokre situasjonar, men her bør situasjonen analyserast konkret ut frå eigne røynsler og lokalkunnskap.

Situasjonar relatert til nedbør / vatn

- auka slitasjespor pga våt vegbane/dårleg avrenning
- auka deformasjonsspor pga høgt vassinnhald i overbygning
- auka deformasjonsspor pga høgt vassinnhald i undergrunn
- siging/ustabil skulder pga (meir) erosjon
- dårleg drenering pga (meir) sig i vegskjering
- telehiv pga stor (meir) vasstilgang (overflatevatn / undergrunn)
- dårleg vårbereevne / spor pga stor (meir) vasstilgang

Situasjonar relatert til temperatur; frost og tining

- telehiv (meir) pga telefarleg materiale i undergrunn
- telehiv (meir) pga telefarleg materiale i vegoverbygning; berelag/forsterkingslag
- krakelering pga telefarleg materiale i undergrunn
- krakelering pga telefarleg materiale i berelag
- slaghol pga krakelering
- langsgående sprekk pga telehiv
- deformasjonsspor i overbygning
- deformasjonsspor i undergrunn

Situasjonar relatert til høg temperatur sommars tid

- deformasjonsspor i dekket
- deformasjonsspor i berelag

4.5 Analyse av konsekvens

Konsekvensen av endra klima vil truleg vere relativt liten for vegkonstruksjonen sin del. Som vist i kapittel 4 kan sannsynet for negative verknader kunne reduserast gjennom ulike tiltak.

Konsekvens prioritert etter relevans for vegoverbygning vil normalt vere:

1. Økonomi
2. Framkomst
3. Trafikktryggleik
4. Miljø

Grunngjevinga for denne prioriteringa er at dei venta klimaendringane når det gjeld vegens konstruksjon / overbygning normalt vil ha størst konsekvens reint økonomisk (gjennom noko redusert levetid). I spesielle høve kan dette i tillegg gje utslag for framkomst, til dømes ved redusert bereevne i vårløysinga eller på grunn av for dårleg kapasitet på grøftesystemet. Berre i heilt ekstreme tilfelle kan dette gje seg utslag i redusert trafikktryggleik, til dømes ved unormalt rask utvikling av større skader på vegen i form av hol eller andre markerte ujamnheite, eventuelt samanbrot av eit parti av vegen. I einskilde høve kan dette og få konsekvensar miljømessig, til dømes i form av utvasking og forureining av vassdrag ved unormalt rask nedbryting av lokale delar av vegen. Kortare levetid vil i tillegg ha ei miljøside reint ressursmessig, men dette blir også fanga opp i den økonomiske rekneskapen.

Innafor desse fire definerte områda kan *konsekvensane* vere:

Økonomi

- Auka dekkekostnader på grunn av kortare dekkelevetid / skader på dekket
- Auka kostnader på grunn av auka forsterkingsbehov
- Auka kostnader til oppgradering av grøfter og drensssystem
- Auka kostnader for meir vedlikehald på grusveg
- Reduserte dekkekostnader på grunn av lenger dekkelevetid *

* i dei tilfella der endra klima kan føre til lenger dekkelevetid (p.g.a. redusert frostnedtrenging)

Framkomst

- Redusert trafikkhastigheit på grunn av lokalt større spor og meir ujamnheiter
- Redusert trafikkhastigheit på grunn av meir hol og skader på vegen
- Redusert trafikkhastigheit på grunn av meir telehiv
- Sperra veg / omkøyring pga ras/utglidning/utvasking

Trafikktryggleik

- Kollisjon på grunn av skade i vegbanen
- Utforkøyring på grunn av skade i vegbanen
- Utforkøyring på grunn av utvaska skulder / erosjon
- Påkjørsel av fotgjengar på grunn av skade i vegbanen
- Sykkelulukke på grunn av utforkøyring på grunn av skade i vegbanen
- Påkøysel / kollisjon med driftspersonell pga oftare / meir vinterdrift
- Auka trafikktryggleik pga redusert fart forårsaka av lokalt meir ujamn veg / større IRI-verdi *

* i dei tilfella der endra klima kan føre til større ujamnheiter (p.g.a. fleire fryse/tinevekslingar)

Miljø

- Utvasking av vegskråning mot vassdrag
- Auka materialbruk pøå grunn av reparasjon
- Auka materialbruk på grunn av kortare dekkelevetid
- Redusert materialbruk på grunn av lenger dekkelevetid*

* i dei tilfella der endra klima kan føre til lenger dekkelevetid (p.g.a. redusert frostnedtrenging)

4.6 Utgreiing av risiko

Risikoen for dei ulike hendingane kan framstillast i ei risikomatrise som vist i prinsipp under. Her vil ein berre i heilt spesielle / sjeldne tilfelle kome opp i risikoklasse gul og raud. Ein vil likevel kunne ha nytte av matrisa for å gradere risiko innafor området grøn/gul. For økonomi vil nok vanlege økonomiske termar som noverdi, årskostnad og nytte/kost-estimat vere vel så nyttige som risikomatrisa.

Konsekvens Sannsyn	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	Nivå 4	Nivå 5
5					
4					
3					
2					
1					

låg risiko	middels risiko	høg risiko
------------	----------------	------------

Figur 3: Prinsipiell risikomatrise for vegoverbygning under klimapåvirkning

5 RISIKOVURDERING

5.1 Samanlikning med akseptkriterier

I ein risikovurdering eller risikoevaluering skal risiko for uønska hendingar vurderast opp mot akseptkriterier. Når det gjeld dei klimarelaterte risiki, vil akseptkriteria i røynda vere dei krav som er sette i våre standardar og regelverk for å ta høgde for klimaets verknad, jfr også vedlegg 7 med oversikt over dei viktigaste klimarelaterte krav.

5.2 Aktuelle tiltak

Det kan setjast i verk ulike tiltak for å gjere vegnettet meir robust og betre i stand til å tåle endra klima i vår nær framtid. Ulike tiltak kan setjast i verk både under planlegging av nye vegar og ved oppgradering av eksisterende veg.

Ved planlegging av nye vegar bør følgjande moment vurderast spesielt:

- Lokalisering
 - Vurdere avstand frå vassdrag og sjø med framtidig tilstand
 - Vurdere høgde over framtidig flaumvasstand
 - Vurdere framtidig rasfare (jord-, stein-, flaum- is- og snøskred)
- Linjevalg
 - Vurdere stabilitetsforhold, rasproblematikk og flaumfare spesielt ut fra framtidig klimasituasjon
- Geometri og tverrfall
 - Vurdere geometri i lengderetning (fall/stigning) og tverrfall for de ulike lag i vegkonstruksjonen + dekket spesielt med tanke på god avrenning
 - Vurdere bruk av breiare skulder for å leie vatnet lenger frå vegkroppen og få større innspenning

- Stabilisering av eksisterende terrengskråninger¹⁾
 - Vurdere aktuelle stabiliserende terrengtiltak
- Utforming av skjeringar og fyllingar¹⁾
 - Vurdere utslaking av skråningar og skjeringar
 - Minimere skjerings- og fyllingshøgder
 - Etablere gode drensforhold i fyllingsfot og under fyllingar i sidehellande terreng
 - Vurdere skråningsgrøfter i skjeringar for å senke grunnvassnivå
- Dimensjonering av grøfter og drenssystem²⁾
 - Ta høgde for framtidig maksimal flomvassføring
 - Etablere fordrøyingsmagasin
- Vurdere etablering av kanalar og terrenggrøfter²⁾
 - Ta høgde for framtidig maksimal flomvassføring
- Materialval
 - Prioriter bruk av grove, drenerande materiale i vegoverbygning og fyllingar
 - Prioritere bruk av tette dekke på vegar i område med mykje nedbør
 - Velgje klimatilpassa bindemiddel i asfaltdekke
 - Velgje løysingar med fast dekke eller overflatebehandling som standard
- Utarbeide beredskapsplanar³⁾
 - Varslingsrutinar (publikum, politi, forvaltningsetatar mm)
 - Mannskaps- og maskinberedskap
 - Stengingsrutinar og omkøyringsruter

For eksisterende vegar kan følgjande tiltak vere aktuelle:

- Setje i verk systematisk oppgradering av vegnettet
 - Kartlegge tilstand og sårbarheit / kor kjennsleg vegen er m.o.t klima
 - Prioritere serleg utsette / sårbare delstrekningar
 - Vurdere aktuelle tiltak
 - Gjennomføre oppgradering av vegkonstruksjonen
- Stabilisering av eksisterande terrengskråningar²⁾
 - Vurdere aktuelle stabiliserande terrengtiltak (planering, motfyllingar, masseutskifting, plastring av bekkeløp, erosjonssikring av bølgesoner, elvebredder og bekkeløp, kanalisering mm)
- Stabilisering av skjeringar og fyllingar²⁾
 - Vurdere utslaking av skråningar og skjeringar
 - Betre drensforhold i fyllingsfot
 - Vurdere parallelle skråningsgrøfter i skjeringar for å senke grunnvassnivå
- Oppgradering av grøfter og drenssystem²⁾
 - Auke djupna av opne grøfter
 - Betre fall på opne grøfter
 - Fjerne lokale parti som reduserer grøftekapasitet (bergnabbar, innsig av lausmassar, lokale tersklar mv)
 - Etablere meir lukka drenering (for å senke grunnvassnivå)
 - Etablere kombinert lukka drensgrøft og grunn ope grøft (for å gje eit meir robust denssystem)
 - Etablere (større) sandfang ved innløp av stikkrenner
 - Etablere fleire stikkrenner / større kapasitet på gjennomløp for vatn på tvers av vegkonstruksjonen

- Etablere reserveløp for større stikkrenner (for eventuell blokkering)
- Etablere fordrøyingsmagasin
- Etablere nedføringskanalar ved stikkrenneutløp (for å hindre erosjon)
- Fjerne torvkantar ved vegkant
- Auke tverrfall på vegoverflata
- Etablering av kanalar og terrenggrøfter ²⁾
 - Kartleggje behov med utgangspunkt i framtidig maksimal flomvassføring
 - Gjennomføre tiltak på prioriterte område
- Materialbruk ved vedlikehold og oppgradering
 - Prioriter bruk av grove, drenerende massar i fyllingar og vegoverbygning
 - Tette sprekker i asfaltdekket
 - Velje klimatilpassa bindemiddel i asfaltdekke ved reasfaltering
 - Prioritere bruk av tette dekke ved reasfaltering på vegar i område med mykje nedbør
 - Stabilisere berelag og dekke på grusvegar (ligning, asfaldemulsjon mm)
 - Leggje fast dekke / overflatebehandling (i kombinasjon med forsterking / djupstabilisering) på grusvegar
 - Bruke grus med lite finstoff ved oppgrusing i vårløysinga
 - Bruke grus med meir finstoff ved vedlikehaldsgrusing sommars tid
 - Utarbeide beredskapsplanar ³⁾
 - Varslingsrutinar (publikum, politi, forvaltningsetatar mm)
 - Mannskaps- og maskinberedskap ³⁾
 - Stengingsrutinar og omkjøringsruter ³⁾

^{1) 2) 3)} gjeld primært andre fagområde enn vegoverbygning; hhv geoteknikk/skråningsstabilitet¹⁾, hydraulisk dimensjonering/flaumvurdering²⁾ og beredskap³⁾, men dette vil og ha relativt stor verknad på tilstanden og levetida for vegens konstruksjon.

Opplistinga over kan nyttast som ei sjekklister når aktuelle prosjekt skal vurderast.

Ein del aktuelle tiltak på det eksisterande vegnettet relatert til klimafaktorar er oppsummert i tabell 3.

Tabell 3: Ein del aktuelle tiltak på vegnett med fast dekke (F) og grusvegar (G) for å møte endra klimavilkår i framtida

Tiltak	Type veg G/F*	Relevans under ulike klimasituasjonar				
		Nedbør		Temperatur	Vind	
		Fleire intense regnskyll	Auka nedbør	Fleire fryse/tinevekslingar	Høgare temperatur	Meir vind
GRØFTER / DRENERING						
Grøfterensk / djupare grøfter (åpne)	G/F	•	•			
Utsprenging av bergnabbar i grøft i område med fjell nær dagen	G/F	•	•			
Etablering /bruk av lukka drenggrøfter	G/F	•	•	•		
Etablering av terrenggrøfter	G/F	•	•			
Bruk av nye typar drengløyser (Hydraway Drain etc.)	G/F		•			
Større tverrfall / geometrisk justering	G/F	•	•			
Fjerning av torvkantar langs vegskuldra på eksisterande veg	G/F	•	•			
Brøyting av grøftekantane på seinvinter / vår	G/F		•	•		
Nedføringsrenner for vatn i skråningar og skjæringar / erosjonssikring	G/F	•	•			
Slamkummar ved stikkrenneinntak	G/F	•	•			
MATERIALVAL						
Prioritere bruk av drenerande dekke på vegar med stor nedbør	F	•	•			
Velgje klimatilpassa bindemiddel i asfaltdekke	F				•	
Armering / fiberduk	G/F			•		
Masseutskifting på eksisterande vegar med dårlege massar / finstoff	G/F			•		
Prioriter bruk av grove, drenerande masser i vegoverbygning og fyllingar	G/F	•	•			
Velgje løysingar med fast dekke eller overflatebehandling som standard (oppgradering av G til F)	G	•	•	•		•
Stabilisering (ligning, kjemisk stab, salt)	G	•	•	•		•
Oppgrusing / tilførsel av meir grus (dekke) -grus med lite finstoff ved oppgrusing i vårløysinga -grus med meir finstoff ved vedlikehaldsgrusing sommars tid	G		•	•		
Bruk av grovare masse (større Dmax) -berelag; Dmax≥32mm, 45? -dekke; 5-7 cm 0/18mm	G	•	•	•		

*G=grusveg, F=veg med fast dekke, G/F=gjeld både grusveg og veg med fast dekke

5.3 Konklusjonar og dokumentasjon

Bakgrunnsmateriale, føresetnader, berekningar og vurderingar skal dokumenterast. Kostnadene for aktuelle tiltak over vegens levetid / dimensjoneringsperiode skal vurderast opp mot dei verknadene som er venta av desse tiltaka. Risikoanalysen skal gje ein oversikt over aktuelle moglegheiter og gje grunnlag for meir konkrete og detaljerte analyser.

6 LITTERATUR

- /1/ Statens vegvesens håndbok 271 Risikovurderinger i vegtrafikken, 2007
- /2/ Statens vegvesen, Håndbok for krisehåndtering i Statens Vegvesen
- /3/ Veileder for gjennomføring av ROS-analyser mht klima og klimaendringer, utkast nr 3 av 2009-10-22 Statens vegvesen handbok, 2009
- /4/ NS 5814:2008 Krav til risikovurderinger
- /5/ Berntsen and Saareketo (2005) Drainage on Low Traffic Volume Roads - Problem Description, Improvement Techniques and Life Cycle Costs, ROADDEX II report April 2005
- /6/ Tighe, S.L, Smith J, Mills B (2007): Evaluating Climate Change Impact on Low-Volume Roads in Southern Canada, TRR Volume 2053/2008
- /7/ Klimapåvirkning av vegbyggingsmaterialer. State of the art studie. Statens vegvesen Teknologivdelingen rapport nr 2519, Geo- og tunnelseksjonen 2007-12-01
- /8/ Status og problemstillinger for grusvegnettet ved endret klima. Statens vegvesen Teknologivdelingen rapport nr 2542, Geo- og tunnelseksjonen 2008-11-01
- /9/ Risikovurderinger i vegtrafikken, Statens vegvesen handbok 271, feb 2007
- /10/ Statens vegvesen, SAMROS/CIMROS-prosjektet, Notat: Prosedyre for ROS-analyser og forbyggende tiltak m.v. i forbindelse med vegberedskap, 2008.
- /11/ Statens vegvesen, SAMROS/CIMROS-prosjektet, Notat: Objekttinndeling med aktuelle hendelser for ROS-analyse, 2008.
- /12/ Finnset, Horvli, Masdal: ROS-analyse av alternativer for kommunedelplan, E6 Håggåtunnelen-Skjerringstad, Safetec 2009
- /13/ Planlegging og utforming i fareområder langs vassdrag, NVE rapport 2008-1, *Sist revidert 5. mars 2009*
- /14/ Samfunnssikkerhet, kommunal offentlig utredning 2006:7, Larvik kommune, 6. nov 2007
- /15/ Statens vegvesens håndbok 018 Vegbygging, kap 4, 2005
- /16/ NVE: Registrering av grunnvasstand i Norge, <http://www.nve.no/no/Vann-og-vassdrag/Hydrologi/Grunn--og-markvann/>

Vedlegg 1

Prosedyre for ROS-analyse for tilstand av vegoverbygning

1 Identifikasjon av farer og uønska hendingar (for vegoverbygning)			
Nedbør / vatn Erosjon -i veggrøft -i vegfylling -i vegskråning -ved stikkrenner Flom -vatn over vegbane -utvasking av vegoverbygning Høg grunnvasstand - redusert bereevne - redusert dekkelevetid	Temperatur; Frost og tining Telehiv -langsgående midtsprekker -sprekker mellom konstr. og veg -store ujamnheiter (IRI) Teleløysing -låg / redusert bereevne -krakelering i vegdekke -initiere slaghol i dekket - redusert dekkelevetid - redusert framkommelegheit - redusert transportøkonomi Fryse-/tineveksling -dekkeforvitring -krakelering i vegdekke (+teleløys)	Temperatur generelt Høgare sommartemp -auka deform asf	
2 Identifikasjon av sårbare strekninger			
1-1 Innhenting av grunnlagsdokumentasjon NVDB -sporutvikling -IRI-utvikling -dekkereg -grøftetilstand -visuell dekketilstand -stikkrenner -bereevne -materialtype (oppgr.reg) kart -topografi -avstand frå vassdrag hydrologiske data	1-2 Befaring Visuell tilstandsregistrering -dekketilstand -inspeksjon grøfter -inspeksjon stikkrenner -inspeksjon bekker og vassdrag nær veg -inspeksjon erosjonskader Registrering av aktuelle massetak	1-3 Supplerende undersøkelser ViaPPS -sporutvikling (lasermålar-IRI-utvikling) Manuell re -stikkrenner Fallodd -bereevne Oppgr/bor -materialtype	
Risikoparametre			
Klimaparametre -nedbørsintensitet; mm/time -nedbørsmengde; dag, veke -antal fryse/tinevekslingar -maks sommartemp -min vintertemp -frostmengde mm	Beliggenhet /lokalisering -avstand frå vassderag (sjø, elv, -høgde over maksimal vannstand -høgde GV -topografi, sidehelling mm	Materiale -finstoffm. i ubunde matr: telegru -permeabilitet i ulike lag (liten) -fleksibilitet / stivheit asfaltdekke -dekketype; grus/asfalt/betong mm	Vegkonstruksjon -lagtykkleik(liten) -grøftedjupne og tilstand mm
3 Analyse av årsak og sannsynlegheit (for uønska hendingar)			
Nedbør / vatn -slit.spor pga våt vegbane/dårleg avrenning -deform.spor pga høgt v-innh i overbygning -def.spor pga høgt vassinnh i undergrunn -siging/ustabil skulder pga erosjon -dårleg drenering pga sig i skjering -mykje telehiv pga stor vasstilgang -dårleg vårbereevne /spor pga stor vasstilgang -mykje telehiv pga stor vasstilgang	Temperatur; Frost og tining -telehiv pga telefarleg materiale i u.g. -telehiv pga telefarleg materiale i vegoverbygning -krakelering pga telefarleg materiale i u.g. -krakelering pga telefarleg materiale i berelag -slaghol pga krakelering -langsgående sprekk pga telehiv -deformasjonsspor i overbygning -deformasjonsspor i undergrunn	Temperatur sommars tid -deformasjonsspor i dekket -deformasjonsspor i berelag	
4 Analyse av konsekvens (av uønska hendingar)			
4-1 Økonomi -auka/red dekkerekostnader -auka forsterkingsbehov -auka kostn til grøfter og dren -auka vedlikehald på grusveg -auka forsterkingsbehov	4-2 Framkomst -større spor og meir ujamnheiter -meir hol og skader på veggen -meir /mindre telehiv	4-3 Trafikktryggleik -kollisjon pgs skade i vegbanen -utforkøyrring pga skade i vegbanen -utforkøyrring pga utvasking -påkøyrrel pga skade i vegbanen -auka tryggleik pga red fart pga skade	4-5 Miljø -utvasking mot vassdrag -auka / redusert materialbruk
5 Utgreiing av risiko			
5-1 Økonomi	5-2 Framkomst	5-3 Trafikktryggleik	5-5 Miljø
6a Risikovurdering; samanlikning mot akseptkriterier			
6-1 Økonomi	6-2 Framkomst	6-3 Trafikktryggleik	6-5 Miljø
6b Risikovurdering; Aktuelle tiltak			
Dekke -klimatilpassa bindemiddel -bruke polymermodifiserte binder -bruke drenerande dekketypar -leggje fast dekke på grusveg -stabilisere grusdekke	Bærelag -grove / drenerande massar -auka bruk av stabiliserte berelag	Drenering -dim. etter framtidig nedbør -etablere fordrøyingmagasin -auke kapasitet på drenggrøfter -auke kapasitet på stikkrenner -etablere meir lukka drenering -større sandfang i åpne kummar	Andre tiltak -tilpassa lokalisering av veg -terrengtiltak og dren i skjæring -auke høgde over flaumvasstand -etablere gode varslingsrutinar -omkøyringsruter -beredskapsplanar

Vedlegg 2-1

Utdrag frå veileiar for ROS-analyser mht klima og klimaendringar (forts)

I ” Håndbok for krisehåndtering i Statens Vegvesen” /2/ er sannsynlighets- og konsekvensmatriser definert som vist i Figur 1 og Figur 2.

	Betegnelse	Forklaring
1	Lite sannsynlig	Sjeldnere enn en hendelse pr 10. år
2	Mindre sannsynlig	En gang pr 10. år eller oftere
3	Sannsynlig	En gang pr 5. år eller oftere
4	Meget sannsynlig	En gang pr år eller oftere
5	Svært sannsynlig	10 ganger pr år eller oftere

Figur 1 Sannsynlighetsmatrise [3]

	Nivå 1 (Distrikt)	Nivå 2 (Distrikt)	Nivå 3 (Region)	Nivå 4 (Region)	Nivå 5 (Vegdirektoratet)
Eget personell	Mindre skader	Alvorlige skader	3 - 5 alvorlig skadde eller 1 drept	5 – 10 alvorlig skadde eller 2-3 drepte	Mer enn 10 alvorlig skadde eller mer enn 3 drepte
Eksternt personell	Ulykke med mindre skader	Ulykke med - 2-4 alvorlig skadde	Ulykke med - 4 – 8 skadde - 1 – 4 drepte	Ulykke med - 8 – 50 skadde - 5 – 10 drepte	Ulykke med mer enn - 50 skadde - 10 drepte
Framkommelighet	Åpen veg, men redusert framkommelighet og lite kø	Stengt veg i kortere periode, gode omkjøringsmuligheter, noe kø	Stengt veg i lengre periode (dager) og lang/dårlig omkjøring, mye trafikk	Stengt veg i lang tid (uker), dårlig omkjøring (lang eller uegnet), betydelige konsekvenser for trafikantene. Lokalsamfunn avstengt i flere dager	Stengte hovedveger, landsdeler avstengt Hovedveger stengt i lengre tid, med store konsekvenser for trafikantene og samfunnet
Miljø	Mindre forurensning. Ingen eksponering av miljø	Moderat forurensning som påviselig ikke forårsaker forstyrrelser eller skader	Forurensning som kan forårsake lokale forstyrrelser og skader	Forurensning som kan forårsake regionale skader	Forurensning som kan forårsake varige regionale skader
Egne bygg og installasjoner	Skader/uhell egne bygg og systemer som midlertidig reduserer funksjonalitet og evne til å løse oppgaver	Skader på egne bygg og installasjoner som reduserer funksjonalitet over tid	Omfattende skader/havari på egne bygg og installasjoner, sterkt redusert eller totalt manglende funksjonalitet på viktige systemer	Skader som medfører driftsproblemer over lengre tid for deler av virksomheten	Skader som medfører driftsproblemer over lengre tid for hele virksomheten
Økonomi/Drift	Tap opptil kr 1 mill	Tap opptil kr 10 mill	Tap opptil kr 10-50 mill	Tap opptil kr 50-100 mill	Tap over kr 1 mrd
Omdømme	Skriftlig klage fra enkeltpersoner	Klage kunder/myndigheter. Negativ lokal mediedekning	Negativ lokal mediedekning flere dager Nasjonal mediedekning	Negativ nasjonal mediedekning mer enn 3 dg	Negativ internasjonal mediedekning Negativ nasjonal mediedekning mer enn 10 dg

Figur 2 Konsekvensmatrise for ROS-analyser [3]

Vedlegg 2-2

Utdrag frå veileiar for ROS-analyser mht klima og klimaendringar (forts)

For vær- og klimarelaterte hendelser må sannsynlighetsmatrisen modifieres da denne typen hendelser skjer svært sjeldent relativt sett i forhold til f.eks. trafikkhendelser. Vi anbefaler derfor at en benytter en sannsynlighetsmatrise som vist i Figur 4 for denne typen hendelser.

Sannsynlighets- kategori	Betegnelse	Forklaring
1	Lite sannsynlig	Mindre enn én hendelse pr 1000 år
2	Mindre sannsynlig	Mellom én hendelse pr 100 år og én hendelse pr 1000 år
3	Sannsynlig	Mellom én hendelse pr 10 år og én hendelse pr 100 år
4	Meget sannsynlig	Mellom én hendelse pr ett år og én hendelse pr 10 år
5	Svært sannsynlig	Mer enn én hendelse pr ett år

Figur 4: Sannsynlighetsmatrise for vær- og klimarelaterte hendelser

Basert på dette kan en svært forenklet for eksempel plassere bru- og stikkrelaterte hendelser i en risikomatrix som vist i Figur 5.

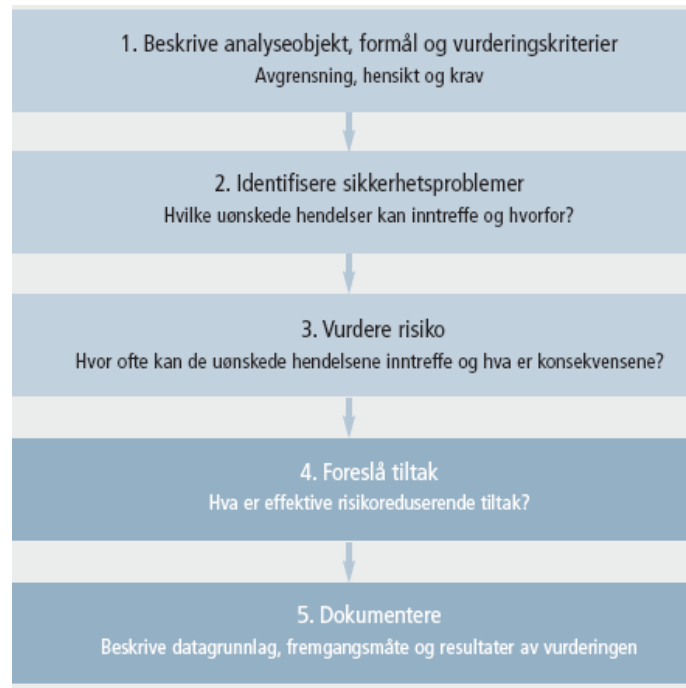
Konsekvens \ Sannsynlighet	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	Nivå 4	Nivå 5
5					
4	Stikkrenner og mindre				
3	kulverter				
2				Bruer generellt	
1					

Figur 5: Risikomatrix

Vedlegg 3

Trinn i risikovurdering Statens vegvesen hb 271 Risikovurderinger i vegtrafikken

De fem trinn i risikovurdering



Vedlegg 4

Utdrag frå NS 5814:2008 Krav til risikovurderingar

Standarden stiller krav til risikovurdering. Med risikovurdering menes planlegging, gjennomføring av risikoanalyse og risikoevaluering

Prosess for risikovurdering i følge NS 5814:2008:

1. *Definere omfang og rammebetingelser **
2. *Etablere risikoakseptkriterier **
3. Planlegging
 - 3.1. Igangsetting, problembeskrivelse og målsetting
 - 3.2. Organisering av arbeidet
 - 3.3. Valg av metoder og datagrunnlag
4. Risikoanalyse
 - 4.1. Identifisering av farer og uønskede hendelser
 - 4.2. Analyse av årsak og sannsynlighet
 - 4.3. Analyse av konsekvens
 - 4.4. Beskriving av risiko
5. Risikoevaluering
 - 5.1. Sammenligning med risikoakseptkriterier
 - 5.2. Identifisering av mulige tiltak og deres risikoreduserende effekter
 - 5.3. konklusjoner og dokumentasjon

**De to første punkt dekkes ikke av NS 5814, men er element som inngår i de totale risikostyringen i en virksomhet*

Vedlegg 5-1

Døme på registrering av flaumfare langs veg

Delparseller av planlagt ny trase for E6 med ulik risiko for flom for alternativ 1, ref /12/

Km alt 1	Strekning	Beskrivelse
0-7,500	Håggåtunnelen-Røskaft	Ett sidevassdrag v/ 3.000 m, lite skredfare, noen steder vil veien være omgitt av vann på begge sider v/ flom. Planfritt kryss. Kryssing under jernbanen v/7.500
7,500-16,000	Røskaft - Ler	2 bruer over Gaula v/ 9.500 m, sidevassdrag (Lundesokna) og bru v/ 12000 m, sidevassdrag (Kaldvella) og bru v/ 15.000 m, omlegging av jernbane, ustabil parti med kvikkleire mot Gaula v/ Helgamo km 14.500? Planfritt kryss v/ Lundamo.
16,000-22,000	Ler-Skjerdingstad	Sidevassdrag v/ 17.300 m, planfritt kryss, Sidevassdrag Kvålsbekken v/km 20500 i kvikkleireområde mot Gaula, noe skredfare spes. v/ Kvål
For hele strekninga		<i>Strekninga er til dels utsatt for flom ved nærføring langs Gaula</i> Husk områder med skjæringer, områder sårbare for erosjon osv. Av- og påkjøringer i kryss – vil disse bli rammet ved flom?

Registrering av 200-årsflomsone langs vegtrase, ref /12/

Fra (profilnr.)	Til (profilnr.)	Lengde (meter)	Ensidig (meter)	Tosidig (meter)	Kommentarer
1 350	3 200	1850		1850	
3 200	3 300	100	100		
3 300	3 450	150		150	
3 600	5 000	1400		1400	
5 000	5 100	100	100		
Sum flomutsatt veg			200 m	3400 m	Total lengde: 3600 meter
Vekta flomutsatt veg			0,8 x 200 + 3400		Vekta: 3560 meter

Vedlegg 5-2

Døme på registrering av flaumfare langs veg (forts)

Tabell 7: Registrering av bekkekryssinger for vegtrase , ref /12/

Fra (profilnr.)	Til (profilnr.)	Bekkekryssinger (antall)		Bekk langs veglinja	Kommentarer
		Utenfor kvikkleire	I kvikkleireområde		
100	100		1		Liten bekk
1 800	1 800	1			Middels stor bekk
2 300	3 300			1000 m	Bekk parallelt med veglinja (øst)
2 900	2 900	1			Bekken krysser veglinja over til vestsiden av vegen
3 000	3 300			300 m	Ny bekk på østsiden av vegen gir bekker på begge sidene av vegen
3 300	3 300	1			Middels stor bekk
5 400	5 400	1			Liten bekk
6 250	6 250	1			Liten bekk
8 300	8 300	1			Drensgrøft
9 300	9 500	1			Bru over Gaula til vestsiden
9 950	11 000	1			Bru over Gaula tilbake til østsiden
10 300	10 300	1			Drensgrøft
10 700	10 700	1			Liten bekk
11 200	12 000			800 m	Nærføring til Lundesokna
12 000	12 000		1		Vegen krysser Lundesokna
13 000	13 000		1		Ravine
13 600	13 600		1		Ravine
15 300	15 300		1		Lita elv (Bortna)
16 600	16 600	1			Drenskanal
17 300	17 300		1		Sidevassdrag Kaldvella med Møsta
17 800	17 800	1			Gammelt elvefar fra Gaula
18 600	18 600	1			Liten bekk/ drensgroft
20 350	20 350		1		Stor bekk
21 700	22 250	1		550 m	Bekkefar/ drenskanal langs vegen
Sum bekkekryssinger		14	7	2650 m	

Vedlegg 6

Døme på aktuelle følsomhetsparametre og indikatorar for konsekvens av klimapåvirkning på vegens konstruksjon

Hovudtema	Deltema og parameter	Indikator
Materialtype i overbygning Og undergrunn	Asfaltdekke: -E-modul -Drenerande/tett Betongdekke -dekketilstand -fugetilstand -dimensjonering overbygning Utbudne bereleg /forsterkingslag -finstoffinnh -finstoffinnh -kornkurve -mineralogi fo.lag sprengstein -mineralogi i grovfraksjon -mineralogi i finstoff<0,020mm Undergrunn	-? -? -god/bra/dårlig (visuell reg) -god/bra/dårlig (visuell reg) -OK/underdim -matr<0,020mm:<3, 3-12,>12% -matr<0,063mm:<8, 8-30?,>30? % -godt grad/ensgradert (Cu<10) -andel kalk+glimmer:<12, 12-20?,>20? % - t.d >40% svake ba.korn - t.d >40% glimmer&svake mineral -Fjell/berg (T1) -Sand/grus T1 -Sand/grus T2 og ensgradert sand CU<5 -Morene T2-T3 -Leire T3 -Silt T4
Vegens oppbygging og geometri	Vegoppbygging -Sprengstein eller pukk fo.lag -Grusberelag Geometri Fylling Skjering Flatt	- (kommentar: + for vatn) - (kommentar: - for vatn?) - t.d h<1m, 1-5m, >5m - t.d h<1m, 1-5m, >5m - (kan vere meir utsett for flaum og GV-heving)
Grøfteutforming og grøftetilstand	Ope drenggrøft -tilstand Lukka drenggrøft -tilstand Stikkrenner -Tilstand -Mengde / antal -Dimensjon Kummar -klaring avløp – slam -innløp og utløp	-god/dårleg (% av strekn. med dårleg tilst.) -god/dårleg (% av strekn. med dårleg tilst.) -god/dårleg (% med dårleg tilst.) -(mange stikkrenner indikerer mykje vatn) -overdim/OK/underdim ->20cm, <20cm -ope, tett
Trafikkmengde og – volum	Trafikklasse A-F	A-B: stor konsekvens hvis skade C-D: middels konsekvens hvis skade E-F: mindre konsekvens hvis skade
Topografi og avrenningsforhold / hydrauliske forhold	Terreng, t.d: -Bratt terreng -Kupert terreng -Flatt terreng Hydrauliske forhold, f.eks: -Nedslagsfelt -Vatn -Elver -Bekkar -Sjø/kyst	t.d: > 500 m høye dalsider, helling >30° 50-500 m høye dalsider, helling <30° < 500 m høye dalsider, helling <15° -t.d: < 0,1km ² < 1km ² < 10km ² -avstand frå vatn og høgde over flaumnivå -avstand frå elv og høgde over flaumnivå -antal bekkekryssingar og avstand frå bekk -ope storhav/innafor holmar/smål fjord (indikerer kor store erosjonskrefter som kan vere aktuelt)

Vedlegg 7

Akseptkriterier / krav til vegens konstruksjon med relevans til klimafaktorer

Hovudtema	Deltema og parameter	Indikator
Materialtype i overbygning Og undergrunn	<p>Asfaltdekke: -E-modul -Drenerande/tett</p> <p>Betongdekke -dimensjonering overbygning</p> <p>Uubudne bereleg /forsterkingslag -finstoffinnh -finstoffinnh -kornkurve berelag -kornkurve forst.lag -mineralogi i grovfraksjon bælag -mineralogi i grovfraksjon fo.lag -mineralogi i finstoff<0,020mm -knusingsgrad</p> <p>Total overbygningskonstruksjon</p> <p>Erosjonssikring</p>	<p>-tilråding ihht hb 018 -tilråding ihht hb 018</p> <p>Krav: Styrkeindeks for vegkonstruksjon i samsvar med undergrunnsklasser, jfr hb 018</p> <p>-matr<0,020mm:<3%, -matr<0,063mm:<8%, -god gradering, jfr berelagskurver hb 018 -gradering (Cu>10) -(t.d <40% glimmer&svake mineral)? - <12% kalk + glimmer, jfr hb 018 -(t.d <40% glimmer&svake mineral)? -C_{50/30}</p> <p>Krav: Styrkeindeks for vegkonstruksjon i samsvar med undergrunnsklasser, jfr hb 018</p> <p>Kan vere nødvendig også i skråning for overbygning for flaumsikring</p>
Vegens oppbygging og geometri	<p>Vegoppbygging -Sprengstein eller pukk fo.lag -Sprengstein eller pukk fo.lag -Grusberelag</p>	<p>-ingen krav hvis åpen masse -matr<0,063mm:<8% hvis stein flyt i subbus, jfr hb 018 -jfr hb 018</p>
Grøfteutforming og grøftetilstand	<p>Ope drengroft -djupne -tilstand / fall -kapasitet</p> <p>Lukka drengroft -tilstand -kapasitet/dimensjon</p> <p>Stikkrenner -Tilstand -Mengde / antal -Dimensjon</p> <p>Kummar -min klaring avløp - slam</p>	<p>jfr krav i hb 018 og hb 111 -d>40 cm under trau -fall mot stikkrenne -returperiodar 25-50-100 år, jfr hb 018</p> <p>jfr krav i hb 018 og hb 111</p> <p>jfr krav i hb 018 og hb 111</p> <p>jfr krav i hb 018 og hb 111 -min 20 cm</p>
Vegskråningar	<p>Nedføringsrenner</p> <p>Skråningsutforming -skråningshelling -erosjonssikring</p>	<p>jfr krav i hb 018 og hb 111</p> <p>jfr krav i hb 018 og hb 111 -maks skr.helling avhengig av massetype, jfr hb 274</p>

Vedlegg 8



Delprosjekt 5 Tilstandsutvikling på vegnettet

Delprosjektet omhandler virkninger som endret klima har for nedbrytning av vegnettet samt vurdering av tiltak og tilhørende kostnader for å opprettholde dagens vegstandard.

Klimavariabler som økt temperatur og redusert frostmengde, økt nedbørmengde, kortere vintre, raskere værendringer osv. har påvirkning på material- og vegkonstruksjonsparametere, slik som stivhet, deformasjonsegenskaper, mm.

Delprosjektet ser på konsekvensene ved endret klima for to vegtyper:

- veger med asfaltdekke – det mest trafikkerte vegnettet, der kravet til standard er høyest og vedlikeholdskostnadene størst.
- grusveger – som utgjør en stor andel av vegnettet (ca. 26 % av fylkesvegnettet før 2010 og enda større andel av det kommunale vegnettet) og som er spesielt sårbare for klimapåvirkning. Skogsbilvegnettet er større enn det offentlige vegnettet og det meste av dette er grusveger med svært varierende standard.

Delprosjektet utreder grusvegnettets forhold i endret klima på en kvalitativ måte. For veger med asfaltdekke brukes modeller for beregning av tilstandsutvikling under påvirkning av klimaparametere. Disse modellene krever en tilpassing til norske forhold, gode inputparametere og et godt kalibreringsgrunnlag. Delprosjektet bygger bl.a. på Vegkapitalprosjektet, etatsprosjekt 2002 – 2005.

Delprosjektleder: Per Otto Aursand, Statens vegvesen, Region nord.

Vedlegg 9



Delprosjekt 7 **Sårbarhet og beredskap**

Alt som ikke kan forbygges må takles med funksjonell beredskap, tilpasset klimaforhold. Delprosjektet omfatter rutine, krav og kontraktsmal for varsling, beredskapssystem inkludert kriterier for tiltak (stenging eller annet) for både flom og skred ut fra beredskapstrinn.

Delprosjektet er organisert i følgende aktiviteter:

- 7-1 Beredskapssystem
- 7-2 Risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS)
- 7-3 Beredskapskurs for entreprenører

Beredskapssystem og dets funksjonalitet er viktig for klimatilpasning. Prosjektet skal kartlegge og vurdere Statens vegvesens beredskap under hendelser som skyldes ugunstige væreforhold, samt utarbeide forslag til endrede beredskapsrutiner under endrede klimaforhold og ugunstig vær. Fokuset er på trinnvis beredskap. Inkludere faglig grunnlag i forhold til ulike typer hendelser samt utprøve bruken av webportalen "Føre var" (delprosjekt 2). Trinnvis beredskap

ROS-analyser av vegnettet mht alvorlige hendelser som kan føre til stengning av vegen, utføres av Statens vegvesen som oppfølging av SAMROS prosjektet. Arbeidet utføres i regionene /distriktene. 'Klima og transport' bidrar med en veiledning til hvordan dette arbeidet skal inkludere hensyn til mulig effekt av klimaendringer.

Beredskapskurs for entreprenører gjennomføres i Statens vegvesens regi ved oppstarten av hver kontraktsperiode. 'Klima og transport' tar sikte på å utvide kurset til flere typer skred og til beredskap mot flom. Kursene var opprinnelig utformet med tanke på snøskred. Arbeidet utføres av Jan Otto Larsen og arbeidsgruppen. Tankegangen for trinnvis beredskap følges og muligheter som webportalen "Føre var" kan gi på sikt presenteres.

Delprosjektleder: Arne Gussiås, Statens vegvesen, Region midt

Vedlegg 10



Prosjektrapporter fra 'Klima og transport' – pr mai 2011

Rapportnr.	Tittel	Utarbeidet av
2519	Klimapåvirkning av vegbyggingsmaterialer State of the art studie	Bjørn Ove Lerfald og Inge Hoff, SINTEF Byggforsk
2520	Vurdering av EDB-system for beregning av nedbrytning av veg	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk AS
2542	Status og problemstillinger for grusvegnettet ved endret klima	Per Otto Aursand og Joralf Aurstad, Statens vegvesen og Ivar Horvli, ViaNova Plan og Trafikk AS
2566	Pilotprosjekt på stikkrenner E 136 Dombås - Ålesund	Kristine Flesjø og Hilde Hestangen, Statens vegvesen og Than Ngan Nguyen, NTNU student
2573	Rensing av overvann fra vei i fremtidens klima, 2071-2100	Thorkild Hvitved-Jacobsen, Jes Vollertsen og Svein Åstebøl, COWI
2582	Modellforsøk med flomskred mot bruer Virkning av bruåpning og ledevoller	Priska Heller og Lars Jenssen Institutt for vann- og miljøteknikk, NTNU
2586	Utvikling og uttesting av skredrisikomodel for vegnettet i Norge	Heidi Bjordal og Martin Weme Nilsen, Statens vegvesen
2560	Erosjonsskader ved Middøla bru: årsak og tiltak	Lars Jenssen, NTNU, Erik Holmqvist og Kari Svelle Reistad, NVE
2599	Klimaets påvirkning på tilstandsutvikling for vegdekker – E136	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk AS
2600	Risikovurdering av steinsprangfare på Oppdølsstranda Samling av bakgrunnsmateriale	Heidi Bjordal, Statens vegvesen
2609	RV362 Bitu bru, Vinje kommune, Telemark, Pilotprosjekt erosjonssikring	Øyvind Armand Høydal,NGI
2610	Veger og drivsnø Håndbok om planlegging og drift av veger i drivsnøområder - Høringsutgave	Harald Norem og Espen Thøring, Statens vegvesen, Skuli Thordarson, Vegsýn
VD 4	Ny prioriteringsmodell for rassikringsplanene	Viggo Aronsen, Statens vegvesen m.fl.
VD 17	Pilotprosjekt på stikkrenner Casestudier Bulken, Sagelva og Neveråa	Jon Erling Einarsen, ViaNova Plan og Trafikk AS, Lena Tøfte, SINTEF, Øyvind Simonsen og Eivind Hesselberg, COWI AS
VD 18	Pilotprosjekt på stikkrenner Kapasitetsberegning E136 Dombås - Ålesund	Espen Arntzen, Egil Andersen, Multiconsult AS
VD 19	Databehov ved trinnsvis varsling av snøskredfare Erfaringer fra lokal og regional varsling i Møre og Romsdal mars 2010	Tore Humstad, Statens vegvesen
VD 20	NVDB som grunnlag for klimatilpasning Vurdering av datamodeller og data	Knut Jetlund, Statens vegvesen

VD 21	Samordning av vær- og klimadata Hvordan oppnå bedre utnyttelse av data fra statens værstasjoner?	Tore Humstad, Statens vegvesen m.fl.
VD 22	Kartportal FørVar Oppsummering ved prosjektets slutt	Tore Humstad, Statens vegvesen
VD 23	ROS-analyser av bruer mht værrelaterte hendelser	Arne Gussiås, Hans Olav Hagen, Statens vegvesen
VD 24	ROS-analyser av stikkrenner mht værrelaterte hendelser	Skuli Thordarson, Vegsýn, Steinar Myrabø, Jernbaneverket og Øystein Myhre, Statens vegvesen
VD 25	ROS-analyser av vegoverbygning mht værrelaterte hendelser	Ivar Horvli, ViaNova Plan og trafikk AS /Statens vegvesen
VD 26	Tilstandsutvikling på vegnettet Virkninger av endret klima på sporutvikling på veger med bituminøst dekke	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og trafikk AS
VD 27	Veger og snøskred Håndbok om sikring mot snøskred - Høringsutgaven	Harald Norem, Statens vegvesen
VD 28	Beredskapsplan for driftskontraktene Forslag til ny mal for beredskapsplan ved uvær og naturfarer	Tore Humstad, Solveig Kosberg, Statens vegvesen
VD 30	Miljøeffekt av endret klima Oversikt over mulige problemstillinger	Ola Nordal, Asplan Viak AS



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Boks 8142 Dep.
N-0033 Oslo
Tlf. (+47 915)02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN: 1892-3844