



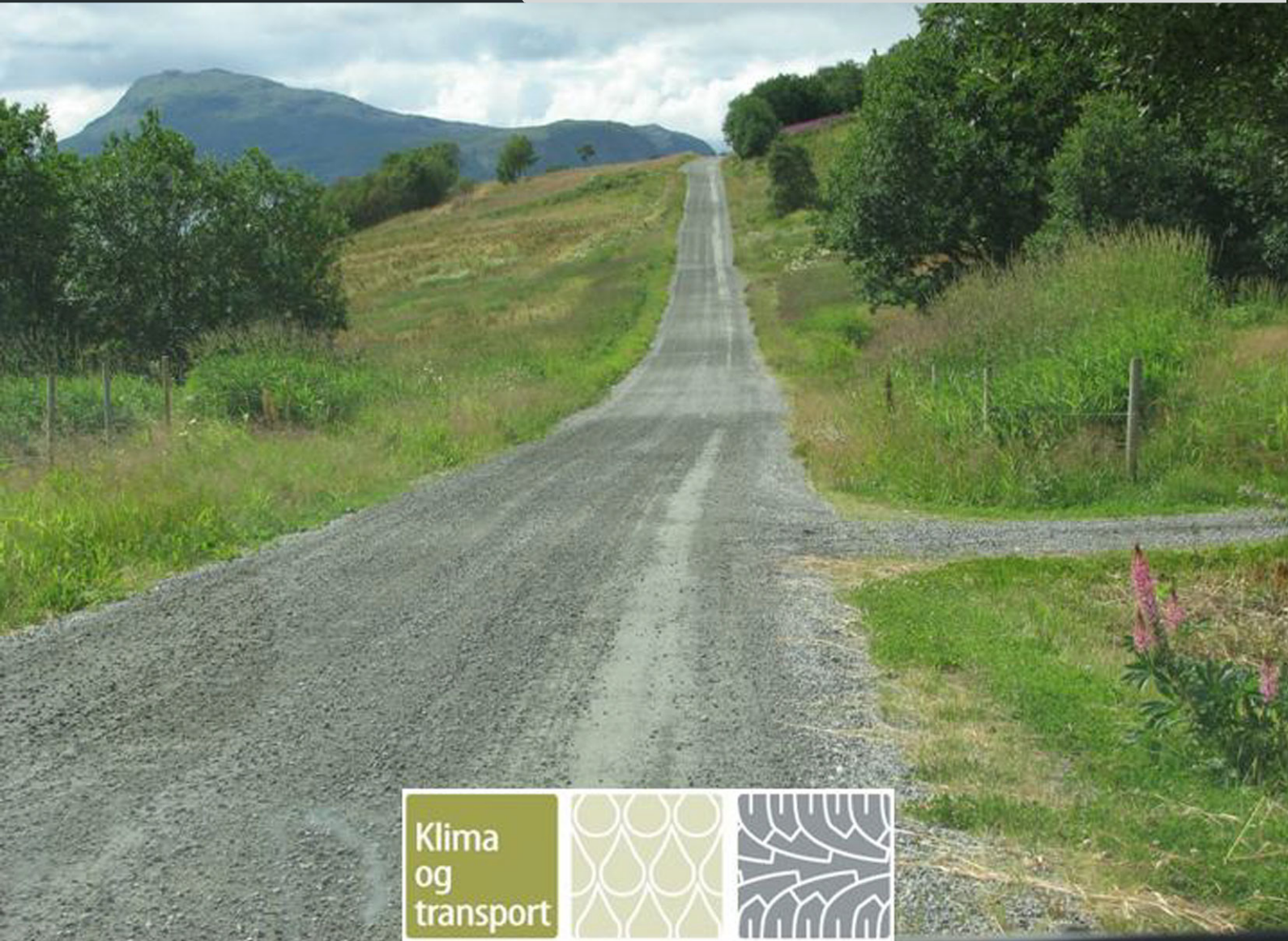
Statens vegvesen

Status og problemstillinger for grusvegnettet ved endret klima

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2542



Geo- og tunnelseksjonen
Dato: 2008-11-01



Statens vegvesen

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2542

Tittel

Status og problemstillinger for grusvegnettet ved endret klima

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: (+47 915) 02030

www.vegvesen.no

Utarbeidet av

Per Otto Aursand, Statens vegvesen, Region nord
Ivar Horvli, ViaNova Plan og trafikk AS og
Joralf Aurstad, Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Dato:

Saksbehandler

Prosjektnr:

2008-11-01

Per Otto Aursand

602000

Kontrollert av

Antall sider og vedlegg:

Gordana Petkovic

39

Sammendrag

Rapporten inngår i en serie rapporter fra FoU-prosjektet 'Klima og transport', etatsprosjekt 2007 - 2010. Hensikten med prosjektet er å forbedre rutiner og regelverk for Planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av vegnettet som svar på endrede klimaforhold. Gjennom samarbeidet med Jernbaneverket er banetransport også inkludert.

Delprosjekt 5, som denne rapporten hører til, studerer virkninger av klimaendringer på nedbrytning av vegnettet samt vurderer tiltak og tilhørende kostnader for å opprettholde dagens vegstandard.

Denne rapporten gir status for tilstand på grusvegnettet i dag og definerer problemstillinger og konsekvenser ved endret klima. Denne rapporten er i all hovedsak begrensa til fylkesvegnettet, men resultatene fra arbeidet kan også overføres til det kommunale og private vegnettet. Rapporten gir et grunnlag for videre arbeidsoppgaver innen aktiviteten. I tillegg er det her utført et førsteestimat over mulig effekt av klimaendringer for grusvegnettet og gitt anbefalinger for tiltak og videre arbeid

Summary

Emneord:

Etatsprosjekt Klima og Transport, Do 5 Tilstandsutvikling på vegnettet

Forord

Rapporten inngår i en serie rapporter fra FoU-prosjektet 'Klima og transport', etatsprosjekt 2007 – 2010. Hensikten med prosjektet er å forbedre rutiner og regelverk for planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av vegnettet som svar på endrede klimaforhold.

Denne rapporten tilhører delprosjekt 5 ”Tilstandsutvikling på vegnettet”.

Klimaforskningen konkluderer med at vi etter all sannsynlighet vil få endring til et varmere klima, som antas å føre til en økning i nedbørmengde og intensitet, parallelt med økt stormfrekvens og stormstyrke. Effektiviteten og sikkerheten av vegnettet påvirkes av nedbør, vind og temperaturforholdene. Dette er elementer som har innvirkning på steinsprang, fjellskred og snøskred, overflatevann, flom og erosjon, frysing og tining samt snø og is på vegbanen.

'Klima og transport' jobber etter beskrivelser av klimaendringer og deres effekt på transportsektoren slik de er nedfelt i følgende dokumenter:

- NTP-rapport ”Virkninger 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.

Vedleggsrapporten fra Meteorologisk institutt baserer seg på resultatene fra det nasjonale klimaprojektet RegClim. Fire nye regionale klimascenarier, som ble utviklet i RegClim-prosjektet, ble analysert som felles datasett.

'Klima og transport' består av følgende delprosjekter:

- Dp 1 Premisser og implementering
- Dp 2 Innsamling, lagring og bruk av data
- Dp 3 Flom- og erosjonssikring
- Dp 4 Skred
- Dp 5 Tilstandsutvikling på vegnettet
- Dp 6 Konsekvenser for vinterdrift
- Dp 7 Sårbarhet og beredskap

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

Delprosjekt 5, som denne rapporten hører til, studerer virkninger av klimaendringer på nedbrytning av vegnettet samt vurderer tiltak og tilhørende kostnader for å opprettholde dagens vegstandard. Ved utgivelsen av denne rapporten er delprosjektleder Per Otto Aursand, Statens vegvesen Region nord. For mer informasjon om delprosjekt 5, se vedlegg 3 og 4.

Denne rapporten er utarbeidet av Per Otto Aursand, Statens vegvesen, Rn, Ivar Horvli, ViaNova Plan og Trafikk AS, og Joralf Aurstad Statens vegvesen, Vegdirektoratet. I tillegg har Jan Erik Dahlhaug, Statens vegvesen, Rm, bidratt med informasjon og innspill til rapporten. Rapporten er en grunnlagsrapport som gir en grov oversikt over situasjonen for grusvegnettet og utfordringer videre framover.

For oversikt over tidligere andre rapporter fra 'Klima og transport', se vedlegg 5.

Innhold

1	Innledning	2
2	Dagens situasjon	2
	2.1 Dagens klima i ulike regioner.....	2
	2.2 Grusvegnettet	2
	2.3 Standard for drift og vedlikehold av grusveg	5
	2.4 Funksjonskontrakter for drift og vedlikehold på vegnettet.....	7
	2.5 Spørreundersøkelse om oppfølging av funksjonskontraktene.....	8
	2.5.1 Kontrakter og oppfølging	10
	2.5.2 Vedlikeholdsrutiner	11
3	Framtidig situasjon	13
	3.1 Klima i framtida.....	13
	3.2 Grusvegnettet i framtida	17
	3.3 Vurdering av framtidig tilstand på grusvegnettet.....	17
	3.4 Konsekvenser av klimaendringer for grusvegnettet.....	18
4	Utfordringer for grusvegnettet	22
	4.1 Vurdering av standard	22
	4.2 Beregning av etterslep i vedlikehold for grusdekker og vegkropp	22
	4.3 Vurdering av brukerkostnader og samfunnskostnader	23
	4.4 Ressursbruk for vegholder	23
	4.5 Levetidskostnadsberegninger (LCC)	26
	4.6 Kort oversikt over arbeid i andre land	27
5	Anbefalinger for videre arbeid	32
	5.1 Prioriteringer gitt i NTP	32
	5.2 Føringer gitt i etatsprosjektet Klima og transport.....	32
	5.3 Vurdering av videre arbeid i Dp5-2.....	32
	5.4 Anbefalinger for videre kartlegging av tiltak på grusvegnettet.....	33
	5.5 Aktuelle tiltak på grusvegnettet.....	33
6	Litteratur	35

VEDLEGG

Vedlegg 1: Grovt estimat over endret vedlikeholdsbehov for grusvegnettet ved endra klima

Vedlegg 2: Beregning av etterslep for fylkesvegnettet

Vedlegg 3: Delprosjektbeskrivelse DP5

Vedlegg 4: Delprosjekt 5 ”Tilstandsutvikling på vegnettet”

Vedlegg 5: Prosjektrapporter fra 'Klima og transport'

1 Innledning

Delprosjekt 5 i Statens vegvesens Etatsprosjektet ”Klima og transport” omhandler virkninger som endret klima har for nedbrytning av vegnettet samt vurdering av tiltak og tilhørende kostnader for å opprettholde dagens vegstandard. Et underpunkt her er aktivitet 5-2 som omhandler grusveger, der denne rapporten er første delrapport.

Det finnes relativt lite forskning på grusveger sammenlignet med veger med fast dekke. Konsekvensene for fremkommelighet og drifts- og vedlikeholdskostnader kan bli sterkt påvirket av klimaet, særlig i områder hvor nedbøren øker og hvor antall fryse-/tinesykluser øker.

Aktiviteten på grusveger, vil etter foreløpig plan omfatte: modeller for beregning av konsekvenser, innsamling av ulike data inklusive klimadata, anslag av kostnader for å opprettholde standarden og forslag til tiltak for å redusere negative konsekvenser. Det er bare grusvegene på fylkesvegnettet som vil bli vurdert i dette prosjektet, men konsekvensene vil i stor grad kunne overføres til det kommunale og det private vegnettet som også er sporadisk omtalt i denne første rapporten.

Rapporten gir status for tilstand på grusvegnettet i dag, og definerer problemstillinger og konsekvenser for grusvegnettet ved endret klima. Rapporten gir dermed et grunnlag for videre arbeidsoppgaver i delprosjektet.

2 Dagens situasjon

2.1 Dagens klima i ulike regioner

Klimaet varierer svært mye i de ulike landsdeler i Norge; fra kyst til innland, fra lavland til høyfjell og fra nord til sør. Norge har et atlantisk klima langs kysten, også helt i nord på grunn av Golfstrømmen med kraftig tilførsel av varmt vann fra sør. I innlandet kan vårt klima karakteriseres som kontinentalt der maksimal dagtemperatur sommers tid kan komme helt opp i opp i 30 °C og vinters tid gå ned i under -40 °C. Når det gjelder nedbør, har kyststrøkene de største nedbørmengder, opp til over 3000 mm/år, mens en del innlandsstrøk i regnskyggen av Langfjella har svært lite nedbør, helt ned mot 200-500 mm/år.

Det fins i dag klimakart og digitale datasett for klima. Klimakartene vist i kapittel 3.1 gir en oversikt over dagens klima og framtidige klimaprognoser for de ulike regionene.

2.2 Grusvegnettet

Det meste av det offentlige vegnettet i Norge har faste dekker, i all hovedsak bituminøse vegdekker og noe betong. Alle riksveger har nå fast dekke mens det fylkeskommunale, kommunale og skogsbilvegnettet fortsatt er mange veger med grusdekke. På fylkesvegnettet har 21 % (2008) av vegene grusdekke, noe som tilsvarer 5657 km (NVDB). Det kommunale vegnettet er på 38 528 km, der 45 % (1993) har grusdekke, noe som tilsvarer 17 338 km (TØI). Skogsbilvegnettet som i sin helhet har grusdekke er på 48 500 km (Johnsrud 2007). I denne rapporten vil bare fylkesveger bli vurdert, men resultatene er til dels overførbare til andre typer grusveger når en tar hensyn til klima, trafikk, geometri og materialer i konstruksjonen.

Fordelig av grusveger over landet

Den største andelen av grusvegene på fylkesvegnettet finner en fra Møre til Troms, og på Sørlandet og Østlandet. Det er få grusveger på fylkesvegnettet på Vestlandet og i Finnmark. Tabell 1 og figur 1 viser fordeling av grusveger på fylkesvegnettet i de ulike fylker ut fra data i NVDB. I tabell 2 er det satt opp en antatt fordeling av det totale grusvegnettet inkludert kommunalt vegnett og skogsbilvegnettet i landsdelene nord, midt, øst, sør og vest. Dette tilsvarer vegvesenets regioninndeling. Region øst og nord er delt i to for å tilpasses klimasoneinndelingen i figur 1, noe som er praktisk for senere beregninger. Basis for antagelsene er at de kommunale grusvegene er jevnt fordelt over hele landet, med en fortetting rundt større byer og tett befolkede områder. Skogsbilveger er naturlig lokalisert til større skogsområder slik som Østlandet og Trøndelag.

Tabell 1: Andel grusveger på fylkesvegnettet i de ulike fylker.

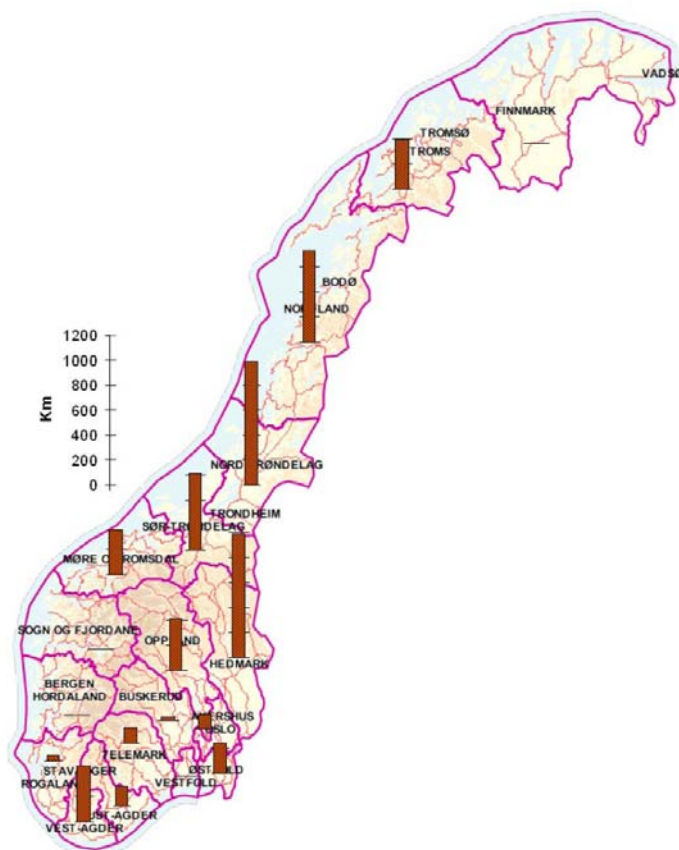
Fylke	Fylkesveg i alt (km)	Grusdekke (km)	Prosent	Fast dekke (km)	Prosent
Østfold	1004	241	24.0	763	76.0
Akershus	1111	115	10.4	996	89.6
Hedmark	2535	987	38.9	1547	61.1
Oppland	2057	413	20.1	1644	79.9
Buskerud	1169	27	2.3	1141	97.7
Vestfold	678	0	0.0	678	100.0
Telemark	1100	122	11.1	978	88.9
Aust-Agder	992	158	15.9	834	84.1
Vest-Agder	1288	446	36.1	823	63.9
Rogaland	1806	50	2.8	1756	97.2
Hordaland	1763	0	0.0	1763	100.0
Sogn og Fjordane	1430	0	0.0	1430	100.0
Møre og Romsdal	1771	355	20.0	1416	80.0
Sør-Trøndelag	1642	618	37.6	1024	62.4
Nord-Trøndelag	1767	988	55.9	779	44.1
Nordland	2577	728	28.2	1850	71.8
Troms	1724	388	22.5	1336	77.5
Finnmark	626	1	0.1	625	99.8
Totalt	27040	5657	20.9	21383	79.1

Tabell 2: %-vis fordeling av totalt grusvegnett i ulike landsdeler og klimasoner

Region	Sør	Øst høyland	Øst lavland	Vest	Midt	Nord sør	Nord nord	SUM	*
Klimasone	7-8	9-10	11-12	6	5	2-4	1		
Fv	12	7	25	1	35	20	0	100	B
Kv	20	8	21	15	20	13	3	100	A
Sv	20	5	35	10	20	9	1	100	A

Fv = Fylkesveg, Kv = Kommunal veg, Sv = Skogsbilveg

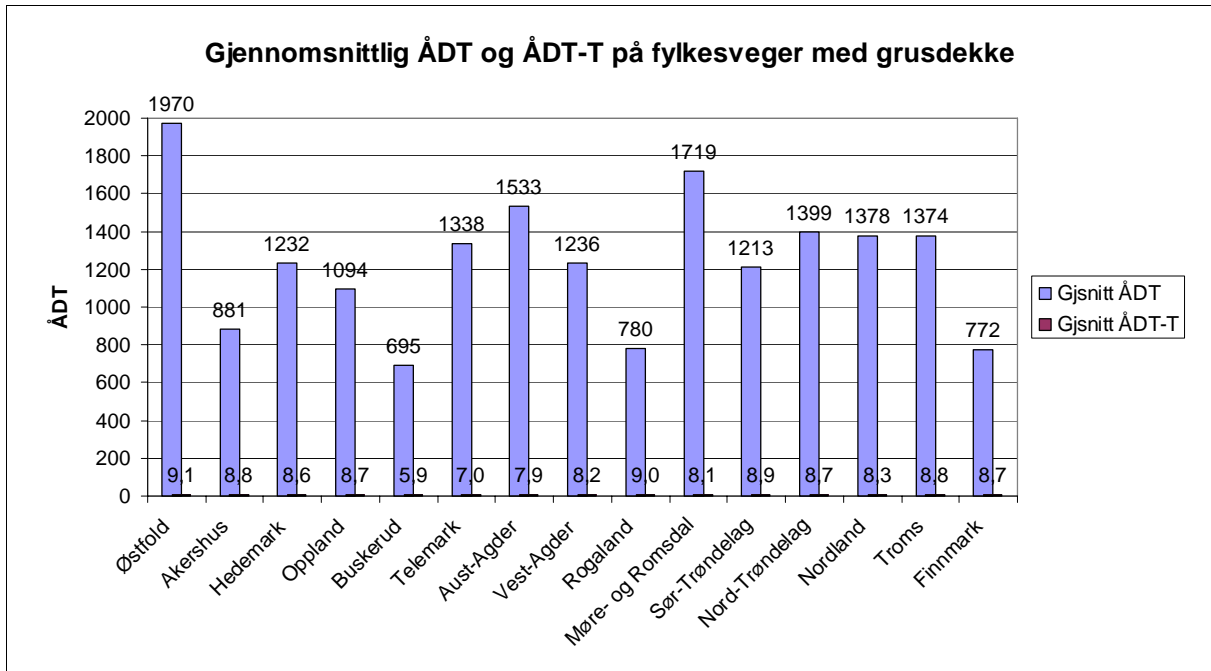
* B = beregnet, A = antatt fordeling



Figur 1: Kart over fordeling av grusveger på fylkesvegnettet.

Trafikkmengder

Trafikk i kombinasjon med klima og materialeegenskaper vil være hovedfaktorer for nedbrytingen av grusveger, og derfor er det viktig å vite noe om trafikkmengden og særlig tungtrafikken på grusvegene. For fylkesvegnettet er det via NVDB mulig å finne trafikkmengder på fylkesveger med grusdekke. I figur 2 gir en oversikt over gjennomsnittlig trafikkmengde (ÅDT og ÅDT-T) på grusvegnettet i de ulike fylker. For det kommunale vegnettet vil trafikkmengde og sammensetning variere betydelig ut fra vegens beliggenhet og funksjon. Her vil trafikkmengdene være størst i befolkningsrike områder, i og nær industri/serviceområder og på typiske gjennomfartsveger. For skogsbilveger kan det antas en lav ÅDT, men med relativt stor andel tunge kjøretøyer, og da særlig i vårperioden under transport av skogsvirke mm. Dette vil være hovedbidraget i trafikknedbrytingen av slike veger der vårbæreevnen er lav.



Figur 2: Trafikkvolum på fylkesveger med grusdekke (data fra NVDB)

2.3 Standard for drift og vedlikehold av grusveg

Standard for drift og vedlikehold av grusveg er bestemt i håndbok 111: ”Standard for drift og vedlikehold”. Standarden ble sist oppgradert i 2003. Følgende krav gjelder:

*Grusdekket skal tjene som et egnet underlag for trafikken samt beskytte vegkonstruksjonen mot nedbrytning. Vegdekket skal gi trafikantene følelse av **jevnt underlag** som gir komfortabel kjøring med sikkert veggrep, god fremkommelighet og god trafiksikkerhet. Grusdekket skal sørge for nødvendig **avrenning av vann** fra kjørebaneområdet. Standarden for grusveger er beskrevet ved jevnhet, tverrfall og støvforhold.*

- *Jevnhet:* Jevnheten skal ikke reduseres så mye at kjørefarten må senkes mer enn 20 km/t i forhold til normal hastighet på stedet.
- *Tverrfall:* Tverrfall skal være som for faste dekker, men lokale avvik på $\pm 2\%$ aksepteres. Det skal være tilstrekkelig tverrfall til bortledning av vann.
- *Støvforhold:* Bakenforliggende kjøretøy skal kunne ses tydelig ved normal kjørefart og avstand. På lite trafikkerte veger (ÅDT mindre enn 300) uten randbebyggelse og utenfor tettbygd strøk kan kravet reduseres noe.

Etterfølgende tabell definerer disse parametrene, og påfølgende tabell viser krav på fylkesveger avhengig av ÅDT.

Tabell 3:

Jevnhet/tverrfall	Jevnhet/tverrfall omfatter jevnhet på langs og tvers inkludert hull og lokale ujevnheter samt vegdekkets tverrfall.
Bundethet/støvforhold	Bundethet/støvforhold omfatter hvor mye løs grus og stein som befinner seg på vegbanen samt hvor mye støv som dannes fra trafikken med hensyn på både øvrig trafikk og vegens nabo område

Tabell 4:

ÅDT	<300	301-500	501-1000	1000-1500	> 1500
Jevnhet	Jevnheten skal være så god at kjørefarten ikke må reduseres mer enn angitte antall km/t i forhold til normal kjørefart for personbiler				Som standard for riksveger
	25 km/t	20 km/t	15 km/t	10 km/t	
	Vegbanen har deformasjoner. Strekningen er ujevn pga hull og lokale ujevnheter.	Vegbanen har deformasjoner. Store deler av strekningen er ujevn pga hull og lokale ujevnheter	Vegbanen er for det meste jevn og fast. Hull og lokale ujevnheter kan forekomme på deler av strekningen.	Vegbanen er jevn og fast. Enkelte hull og lokale ujevnheter kan forekomme.	
Tverrfall	Tosidig tverrfall skal ikke være mindre enn 2 %				
Bundethet	Løs grus og stein forekommer over hele vegbanen og i større mengder langs vegkantene over hele strekningen	Løs grus og stein forekommer over hele vegbanen og i større mengder langs vegkantene over store deler av strekningen.	Løs grus og stein forekommer langs vegbanen og i noe omfang mellom hjulsporene.	Løs grus og stein forekommer langs vegbanen i beskjedent omfang.	
Støvforhold	Bakenforliggende kjøretøy skal kunne ses tydelig ved kjøring i fart tilsvarende akseptabel fart gitt under krav til jevnhet.				
Tiltak innen:	1 uke	1 uke	1 uke	1 uke	
Bildetolk ¹⁾	Klasse 5	Klasse 4	Klasse 3	Klasse 2	

Det pågår for tida en revisjon av standarden, og for grusveg blir standarden betydelig oppgradert. Blant annet vil systemet for tilstandsvurdering for grusveger bli betydelig mer presist definert. Et grunnlag som vil bli benytta her bygger på Hussain Alzubaidi's doktorgradsavhandling (2001) som også er lagt til grunn for tilsvarende standard som blir benytta i Sverige. Det foreligger et forslag til tilstandsbedømming (Aurstad 2007) som grunnlag for den reviderte standarden. Her er det definert 4 tilstandsklasser for hhv slaghull, løs grus og støv. Tilstandsklassene er definert ved en kort beskrivelse i tillegg til foto som viser typisk visuelt inntrykk for hver tilstandsklasse. For slaghull er foto av de 4 tilstandsklassene vist i figur 4.



Figur 3: Tilstandsklasser 1-2-3-4 for slaghull; 1- 2 øverste ruter, 3-4 nederst.

2.4 Funksjonskontrakter for drift og vedlikehold på vegnettet

All drift og vedlikehold på det statlige vegnettet i Norge er i dag satt ut som funksjonskontrakter. Dette gjelder alle riks- og fylkesveger. I tillegg arbeider en del kommuner med å sette bort drift- og vedlikehold på det kommunale vegnettet gjennom tilsvarende kontraktstyper.

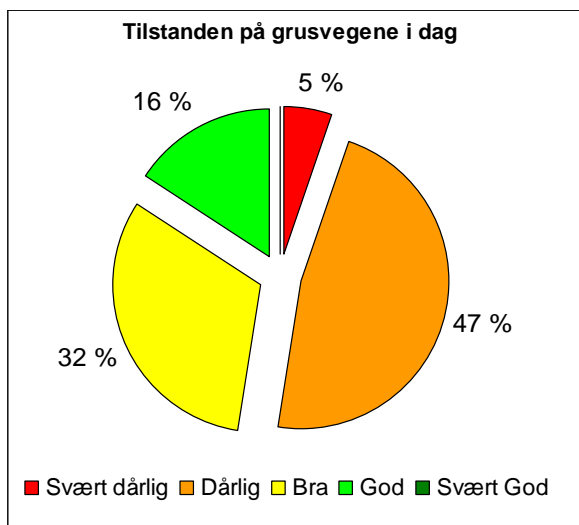
Funksjonsspesifiserte oppgaver i dagens funksjonskontrakter her til lands er:

- Lapping av grusdekke ¹⁾
- Oppgrusing ¹⁾
- Høvling av grusdekke
- Støvbinding
- Vanning av grusdekke
- Fjerning av stein i og på vegbanen
- Avretting av telehiv samt oppretting av midlertidig avretting av telehiv ¹⁾
- Reparasjon av dekkeskader i og etter teleløsningen ¹⁾

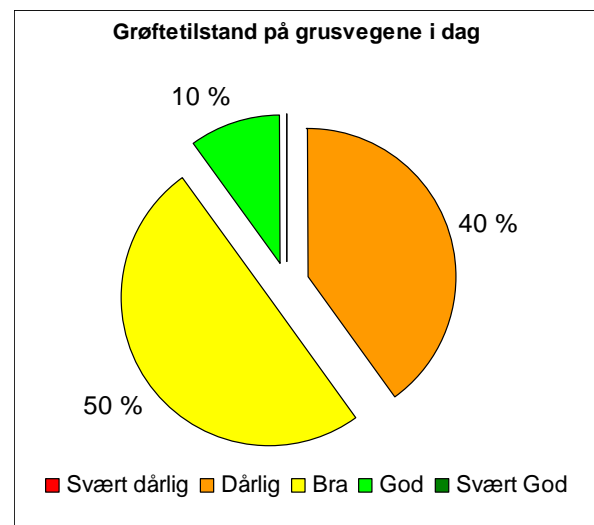
¹⁾ Det skal som et minimum i sum årlig tilføres i gjennomsnitt minst 35 m³ knust vedlikeholdsgrus pr. km grusveg. Kvantumet skal fordeles på grusvegnettet ut fra behovet.

2.5 Spørreundersøkelse om oppfølging av funksjonskontraktene

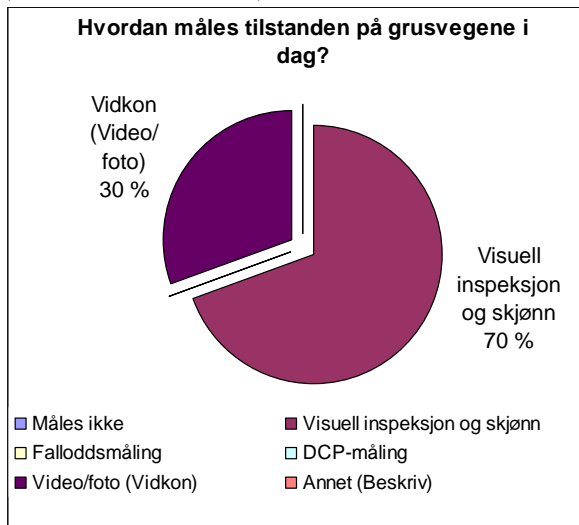
I februar 2008 ble det utført en spørreundersøkelse blant et utvalg kontraktører for funksjonskontrakter for drift og vedlikehold som også omfatter grusveger. Dette ble gjort fordi det finnes lite data i NVDB om grusveger, og kunnskapen og erfaringene ligger hos enkeltpersoner ute i distriktene. I de følgende underavsnitt presenteres resultater fra undersøkelsen der vi fikk svar fra ansvarshavende i 21 funksjonskontrakter, hovedsakelig fra Trøndelagsfylkene, Møre og indre Østlandet. Svarene tilsvarer data fra 42 % av grusvegnettet på fylkesvegene i Norge. Dette må tas hensyn til ved videre bruk av dataene i beregninger og vurderinger. Særlig med tanke på at dagens klima er ulikt i ulike fylker og at endringer i klimaet vil bli ulikt. Derfor må det tas hensyn til dagens klima i de respektive fylkene når en vurderer dataene videre. Figurene 4 – 7 viser hvordan ansvarshavende for funksjonskontraktene i dag oppfatter tilstanden på sitt grusvegnett.



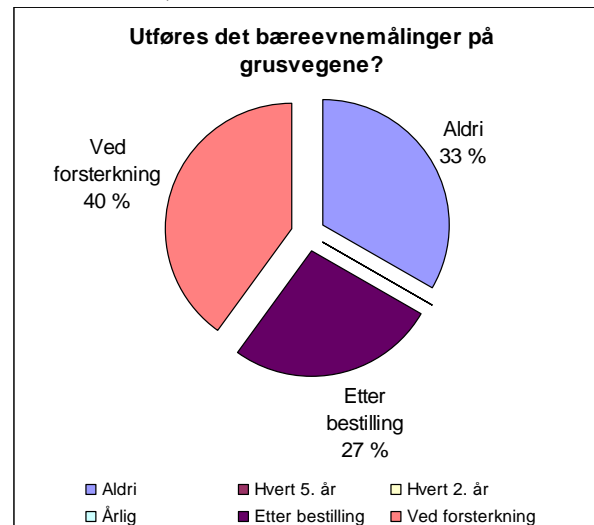
Figur 4: Hvordan vil du beskrive tilstanden på grusvegene i ditt funksjonskontraksområde i dag? (vist i % av alle svarene)



Figur 5: Hvordan er grøftetilstanden på grusvegene i ditt funksjonskontraksområdet sett under ett? (vist i % av alle svarene)

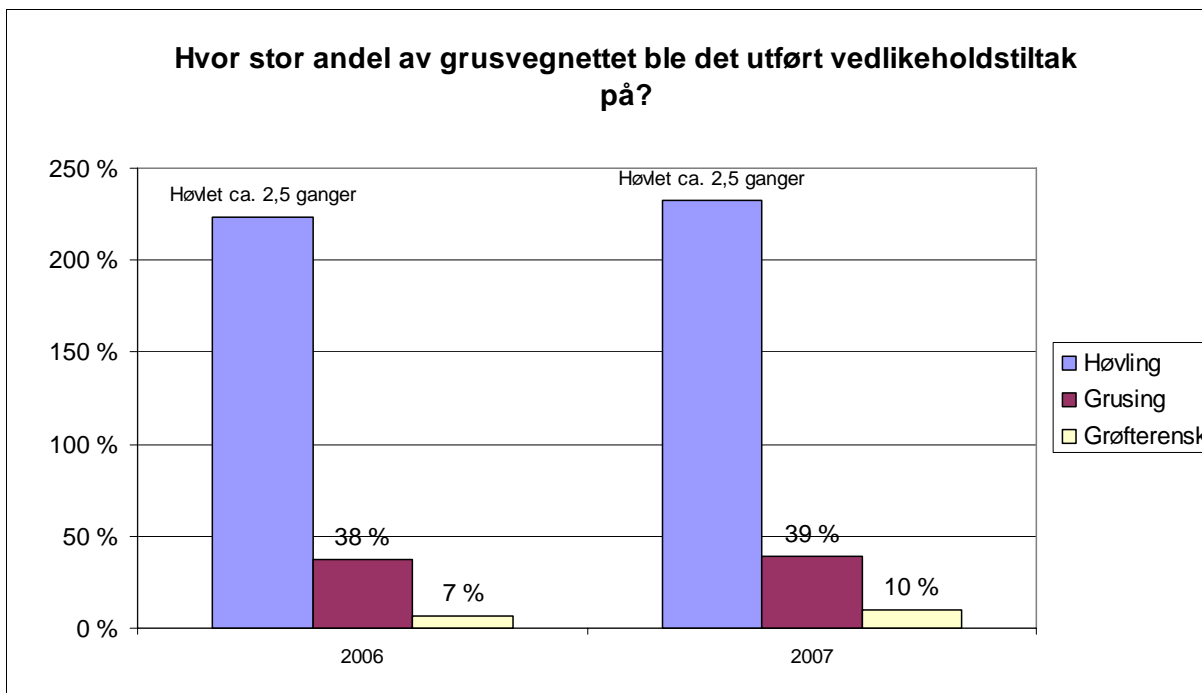


Figur 6: Hvordan måles tilstanden på grusvegene i ditt funksjonskontraksområde i dag? (vist i % av alle svarene)

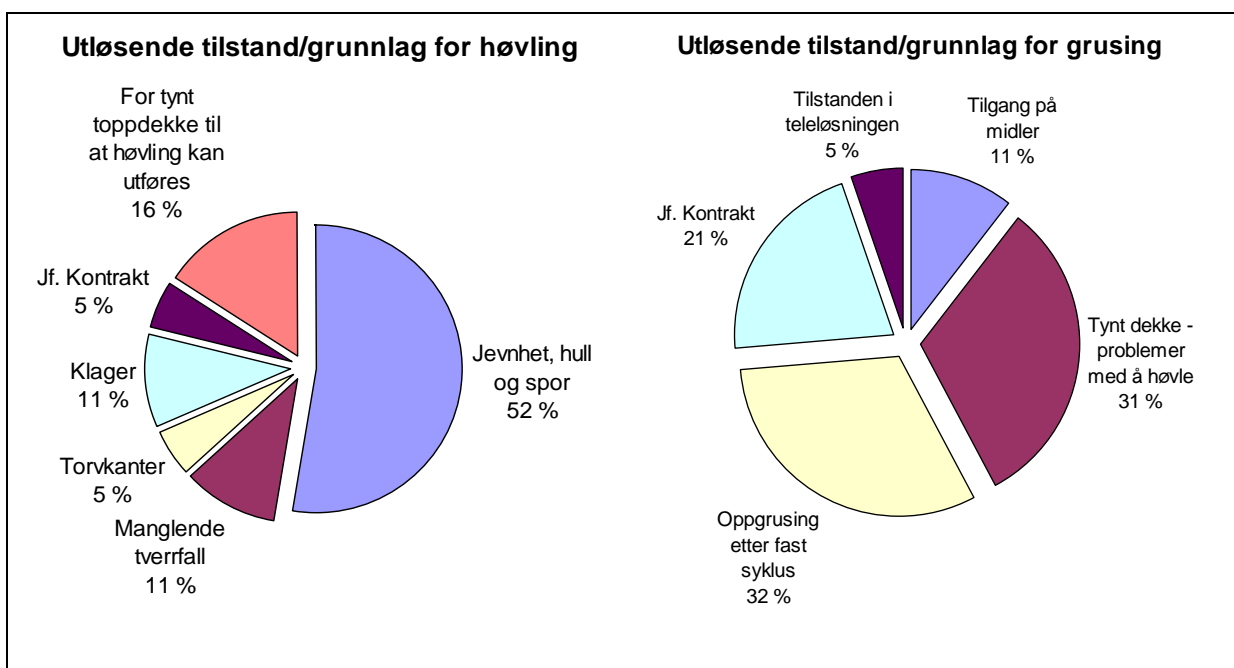


Figur 7: Utføres det bæreevne målinger på grusvegene i ditt funksjonskontraksområde i dag? (vist i % av alle svarene)

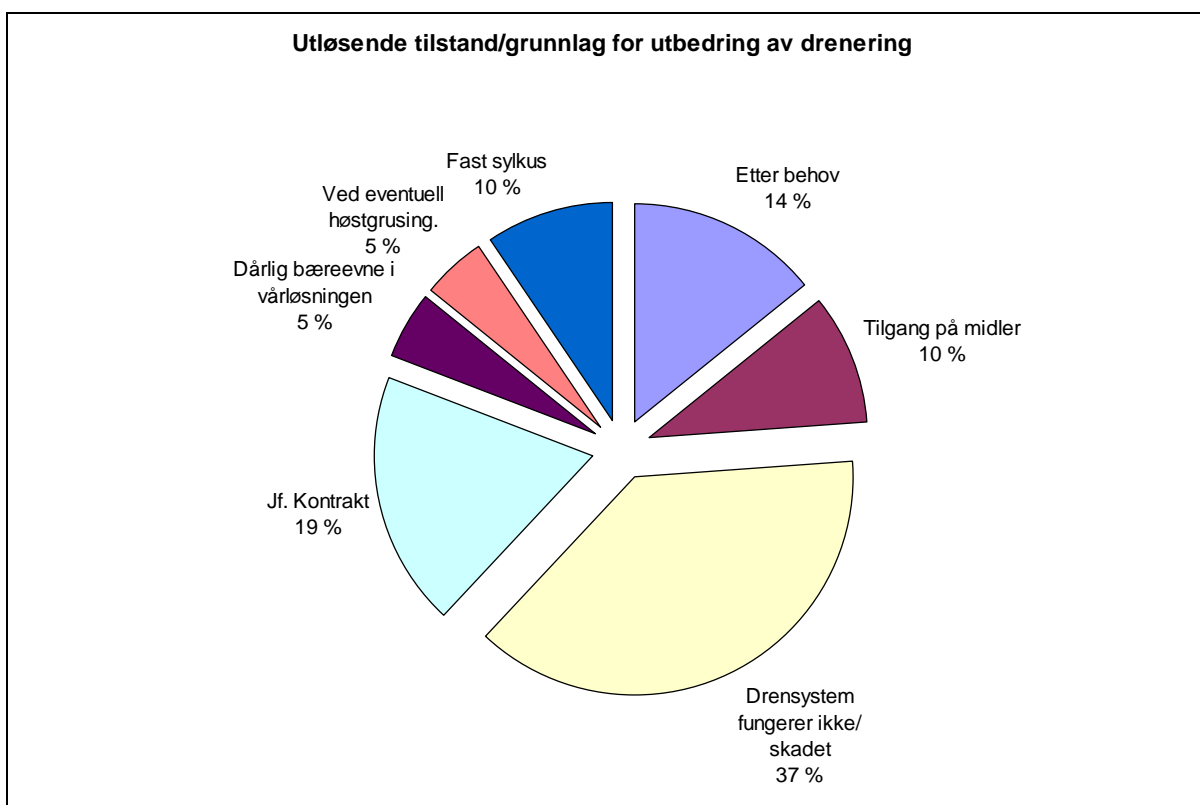
Figur 8 at grusvegnettet blir høvlet ca. 2,5 ganger pr år, ca. 40 % blir gruset opp og ca. 9 % får grøfterensk hvert år. Figur 9 og 10 viser prosentvis utløsende tilstand for grusing, høvling og grøfterensk.



Figur 8: Viser hvor mange prosent av grusvegnettet det ble utført ulike vedlikeholdstiltak på i 2006 og 2007 (basert på 21 funksjonskontrakter).



Figur 9: Utløsende tilstand/grunnlag for grusing og høvling (vist i % av alle svarene).



Figur 10: Utløsende tilstand/grunnlag for utbedring av drenering(vist i % av alle svarene).

2.5.1 Kontrakter og oppfølging

Spesielle kontraktsbestemmelser

I spørreundersøkelse blant funksjonskontraktene ble ansvarshavende bedt om å beskrive eventuelle spesielle kontraktsbestemmelser som har betydning for å få et godt vedlikehold av grusvegene. De fleste bruker kun den gjeldende mal for funksjonskontrakter og håndbok 111 (2003). I funksjonskontraktene er det spesielt for hull i vegbanen det er gitt spesielle bestemmelser ut over kravene som er gitt i håndbok 111. Hull i kjørebanelen eller skulder som kan representere en fare for trafikanter og kjøretøy, skal etter kontraktbestemmelsene repareres omgående. Hull som ikke er direkte trafikkfarlige skal repareres innen en uke etter at de har oppstått..

I tillegg er det gitt følgende føringer i funksjonskontraktene:

- Krav om at støvbinding skal skje med størst mulig hensyn til miljøet
- Steinkvalitet og siktkurve for påført grus skal godkjennes av byggherren
- Vedlikeholdsetterslep på kanter, åpen drenering og oppgrusing skal tas igjen (fjernes) hvert 3.år.

Ved vedlikeholdshøvling skal det brukes slettskjær.

Oppfølging av kontrakten

Det er mest vanlig å følge opp etter kontraktsmalen. Der inngår at entreprenøren ved egenkontroll må dokumentere standard og hva som er gjort av vedlikeholdsarbeid, og det avkreves dokumentasjon iht. krav satt i kontrakten. Entreprenøren skal følge opp og ha oversikt over grusvegene til hver tid.

Vegeiers kontroll av entreprenøren sin utførelse av kontraktens oppgaver skjer ved stikkprøvekontroller etter oppsatt plan, iht. SOPP eller sporadiske kontroller samt

befaringer og visuell kontroll. De viktigste kontrollpunktene er selve vegbanen (tverrfall, jevnhet, støvforhold etc.) og drenering (stikkrenner, grøfter etc.). Stikkprøver bør utføres jevnlig, spesielt om våren pga. teleløsning og deformasjon av kanter, vegskulder og ikke-fungerende grøftesystem, stikkrenner og avkjøringsrenner. Disse faktorene er ofte årsaken til mye vannføring på og ødeleggelser langs vegene. Ekelte fylker følger i tillegg opp kontraktene ved oppfølging av klager fra publikum og via vegtrafikkstasjonen (VTS).

2.5.2 Vedlikeholdsrutiner

Spesiell policy og rutiner i funksjonskontraktene

I spørreundersøkelsen for funksjonskontraktene ble ansvarshavende bedt om å beskrive sin policy og rutiner for vedlikehold av grusvegene. I mange funksjonskontraktområder brukes bare beskrivelsen i den generelle funksjonskontraktsmalen for vedlikehold, mens andre i tillegg har laget mer detaljerte rutiner på høvling, grusing, støvbinding og utbedring av drenering. Figur 11 viser når på året de ulike tiltak blir utført.

Høvling

Høvling utføres i hovedsak for å få tilfredsstillende jevnhet. Målet for jevnhet varierer fra funksjonskontrakt til funksjonskontrakt. Et mål er at jevnheten skal være så god at kjørefarten ikke må reduseres mer en angitte antall km/t i forhold til normal kjørefart for personbiler, jfr. vedlikeholdsstandardens bestemmelser. Ellers høvles det på strekninger med mye hull. Det høvles hele sommerhalvåret. Om våren før telen er borte, brukes bare lett utstyr til sletting. Veghøvelen skal ikke brukes før teleløsningen er over. Når teleløsningen er over, brukes veghøvelen til avretting av telehiv og for å lage godt takfall og riktig dosering i kurvene. Gjennom sommeren høvles det også på strekninger med mye hull, men det er også vanlig med punktvis lapping av hull uten høvling. I forbindelse med grusing om høsten, høvles vegbanen flat før grusing. Ny grus legges i sentrum av vegen før gammel grus høvles inn fra kantene for å dekke og blande med den ferske.

Grusing

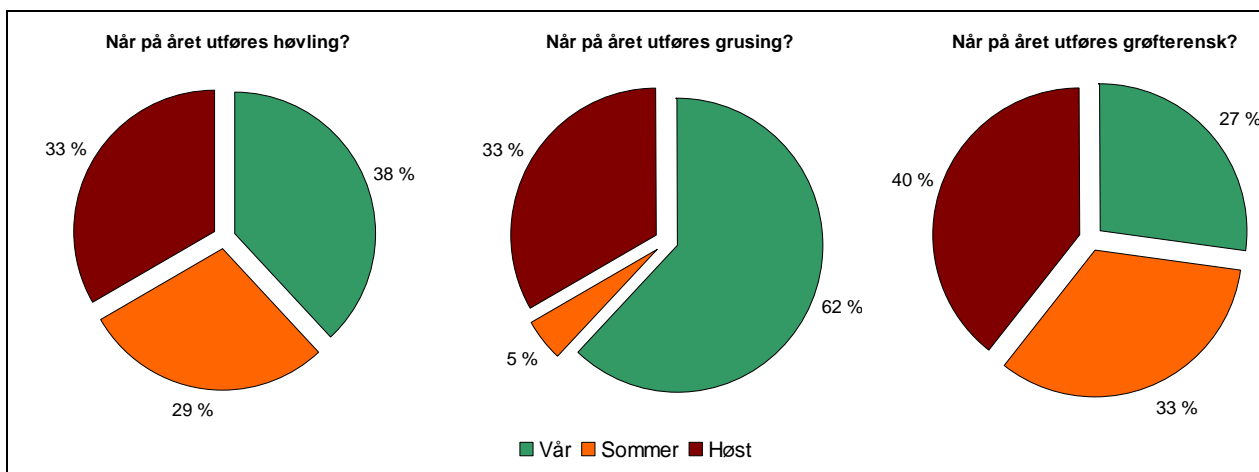
De fleste funksjonskontraktene angir at det er begrensede midler for vedlikeholdstiltak, og dette får selvsagt konsekvenser for hva som blir utført av grusing. Det utføres derfor grusing hvis det er midler, og det er mer de begrensede midler som styrer omfanget av oppgrusing enn det reelle behovet. Ut fra dette vil ulike strekninger prioriteres fra år til år. I noen kontrakter er det beskrevet oppgrusing hvert 3. år, mens i andre tilføres det en gitt mengde grus utenom kontrakten. Det brukes som oftest 40-90 m³/km veg. Det nevnes at det er viktig med god kvalitet på grusen (knust grus), og helst så lite finstoff (materiale < 63 µm) som mulig. Steinkvalitet og siktkurve skal godkjennes av byggherren. Figur 12 viser at det meste av grusingen skjer om våren eller høsten, og bare i svært begrensa omfang om sommeren. Likevel sier noen at de gruser minimalt om våren, og da bare for å holde vegen fremkommelig i teleløsningen.

Støvbinding

Støvbinding foregår med DUSTEX eller kalsiumklorid. Flere funksjonskontrakter legger vekt på at stoffene til støvbinding skal være miljøvennlige (forurensing av grunn og vann, vegetasjon, dyreliv, naboer, trafikanter), og midlene skal godkjennes av byggherren. Om våren benyttes støvbinding hovedsaklig for å beholde finstoffet i dekket gjennom sommersesongen. Om sommeren utføres støvbinding når det er behov pga. støvplager. Det skal helst ikke tilføres støvdempningsmiddel etter grusing om høsten.

Vedlikehold av drenering

Som følge av begrensede midler for vedlikeholdstiltak er det også begrenset hva som blir utført av utbedring av drenering (grøfterensk og stikkrenner). Flere funksjonskontrakter prioriterer å fjerne etterslep på åpen drenering, men det er lite tilleggsmidler for å ta etterslepet. Et annet interessant tiltak som er nevnt er kantfres for å fjerne snø i grøftene og iskanten langs vegen før tiningen starter om våren. På denne måten vil overflatevann om våren kunne renne bort fra vegoverflaten, og en kan hindre noe av nedbrytingen i vårløsningen.



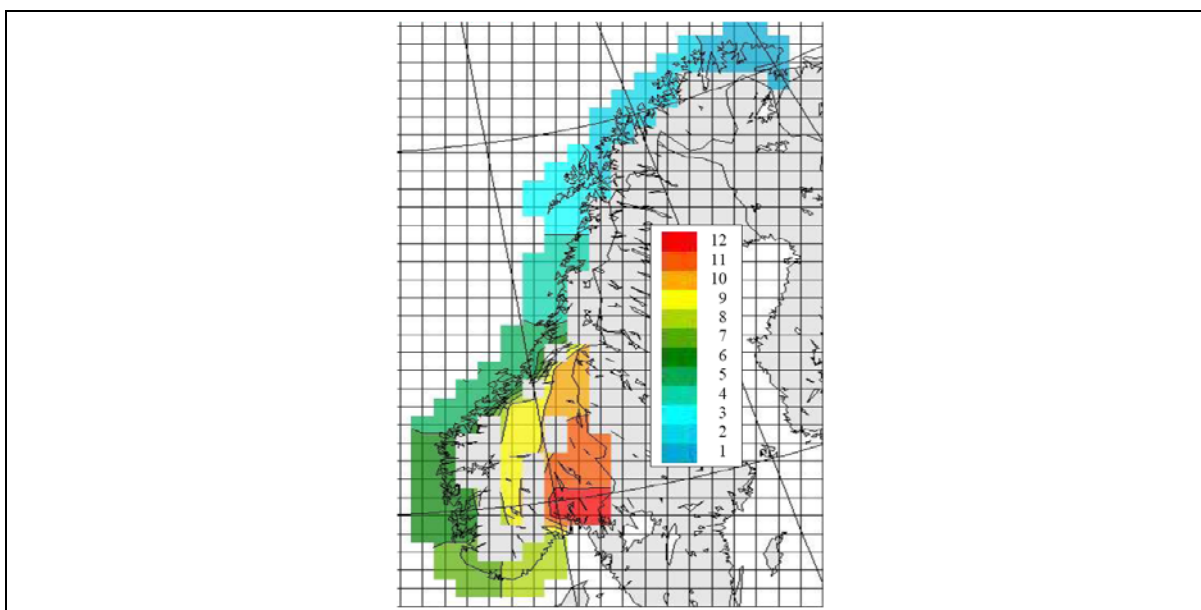
Figur 11: Når på året utføres de ulike vedlikeholdstiltak? (vist som % av svarene)

3 Framtidig situasjon

3.1 Klima i framtida

Gjennom forskningsprosjektet RegClim (Regional Climate Development Under Global Warming) har Meteorologisk institutt i samarbeid med fire andre norske forskningsinstitutter utviklet scenarier for klimautviklingen i Norden. Middelverdier og sannsynlighetsfordelinger av ulike værparametre er sammenlignet for de to 30-årsperiodene 1930-1960 og 1961-1990. Det er videre utført klimaprognoser for perioden 2071-2100 ved hjelp av klimamodeller. Datakjøringene presenteres som ett sannsynlig scenario for slutten av dette århundret. Scenariet viser gjennomgående høyere temperatur, mer nedbør og tidvis høyere nedbørsintensitet i store deler av landet (NTP 2010-2019 mai 2007). Figur 12 viser hvordan landet er delt inn i ulike regioner for denne analysen. Regionene representerer samtidig ulike klimasoner i Norge.

Tabell 5 oppgir tilnærmede prosentvise forventede endringer fra perioden 1961-1990 til perioden 2071-2100 for antall dager med nedbør over 20 mm for vinter, vår + sommer og høst for de ulike regionene av Norge. Tilsvarende prosentvise endringer er presentert for antall dager med snøfall over 10 cm per dag, antall dager med vind over 20 m/s og antall dager med temperaturvekslinger mellom -2 og $+2$ grader celsius. (NTP 2010-2019 mai 2007)



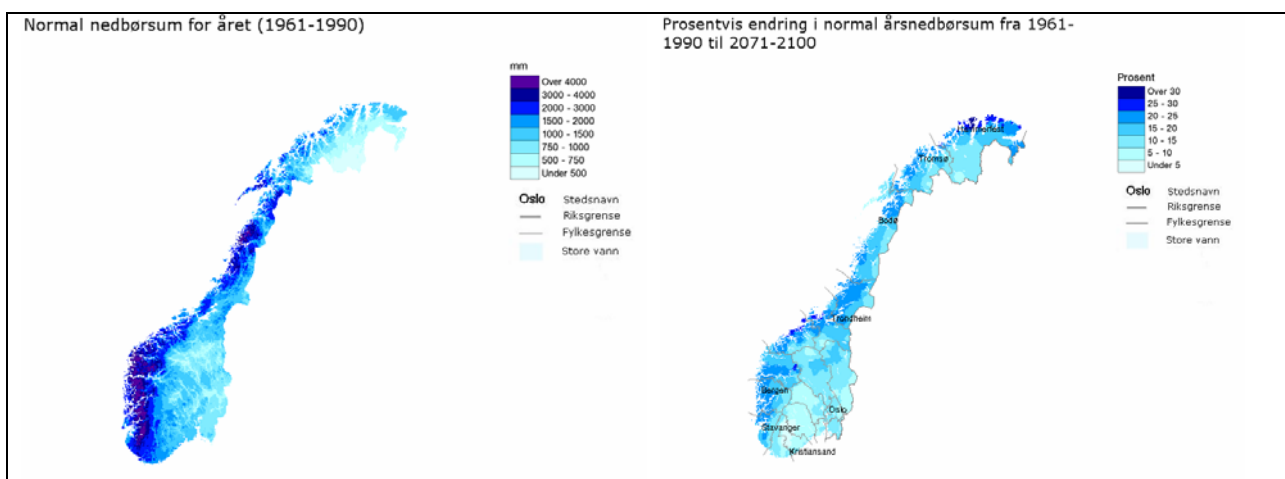
Figur 12: Regionene som er brukt i analysen til RegClim. En farge for hver av regionene nummerert fra 1 (mørkeblå) til 12 (rød). Rutenettet er modellens 55 km gitter. (NTP 2010-2019 mai 2007)

Tabell 5: Forventet endring for de ulike værparametre i de regionene som vist i figur 13. (NTP 2010-2019 mai 2007)

Regionene	Kyststrøkene (Utaskjærs + 50-100 km landstripe)					Innlandet (Sør-Norge)	
	Øst-Finnmark	Finnmark til Rørvik	Rørvik til Stad	Vestlandet	Stavanger til Grenland	Langfjellene til Meråker	Hedemark og sentrale Østlandet
	1	2 - 4	5	6	7 - 8	9 - 10	11 - 12
Nedbør over 20 mm							
Vinter	±	+30	±	+30	+80	±	±
Vår og sommer	±	+30	-10	+30	+50	+10	+50
Høst	±	+30	+15	+50	+30	+80	+80
Snøfall over 10 cm							
Vinter	±	-30	-40	-50	-40	+30	+20
Vind over 20m/s							
Vinter	±	±	±	+10	+20	±	±
Vår og sommer	-25	-40	-10	-10	-30	±	±
Høst	+15	+15	+15	+15	+20	±	±
Dager temp ± 2 °C							
Vinter	+15	-30	-40	-60	-50	+60	+15

Endring i nedbør

Endringen i nedbør over året vil være størst i kyststrøk, og spesielt på Nordmøre/Trøndelag og på Finnmarkskysten, men en vil få en generell økning over hele landet. Den største konsekvensen for grusvegene vil en kunne få på Trøndelagskysten og i Nordland og Troms, da Vestlandet og Finnmark har få grusveger (på fylkesvegnettet).



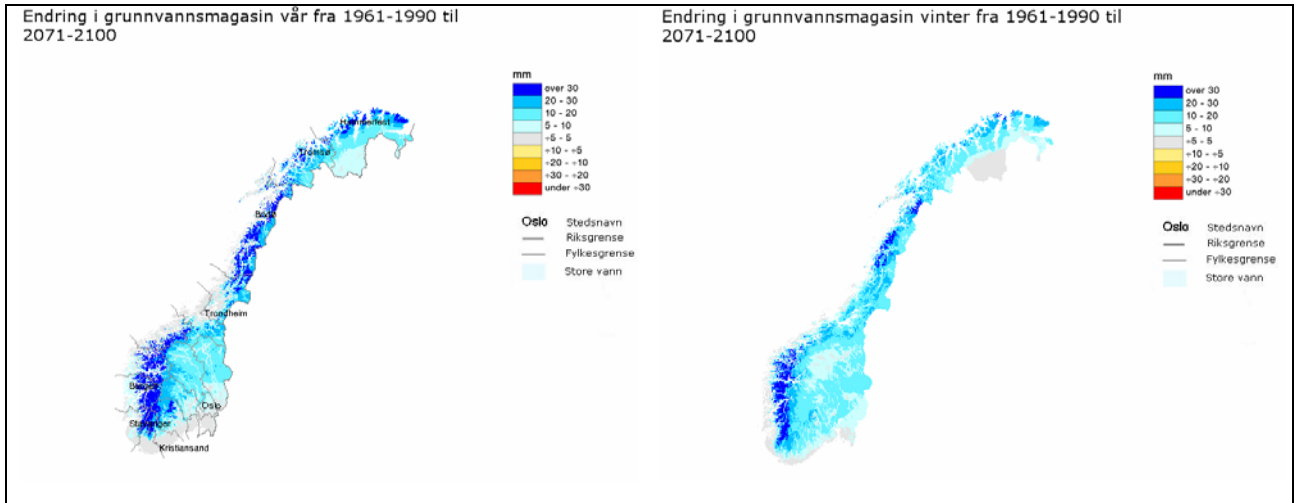
Figur 13: Endringen av normal nedbørssum for året gjennom normalperioden 1961-1990 og prosentvis endring fram til perioden 2071-2100. (Senorge.no)

Endring i grunnvannstand

Som et resultat av økt nedbør vil grunnvannsstanden også øke. Som man ser av figur 15 vil endringen av grunnvannsmagasin om våren være størst på det indre vestlandet, hele Nordland og ytre strøk av Troms og Finnmark. På vestlandet og i Finnmark finnes det få grusveger på fylkesvegnettet, så for grusvegnettet vil konsekvensen av økt grunnvannstand om våren være størst i Nordland. Nordland har i alt 728 km grusveg eller 28 % av

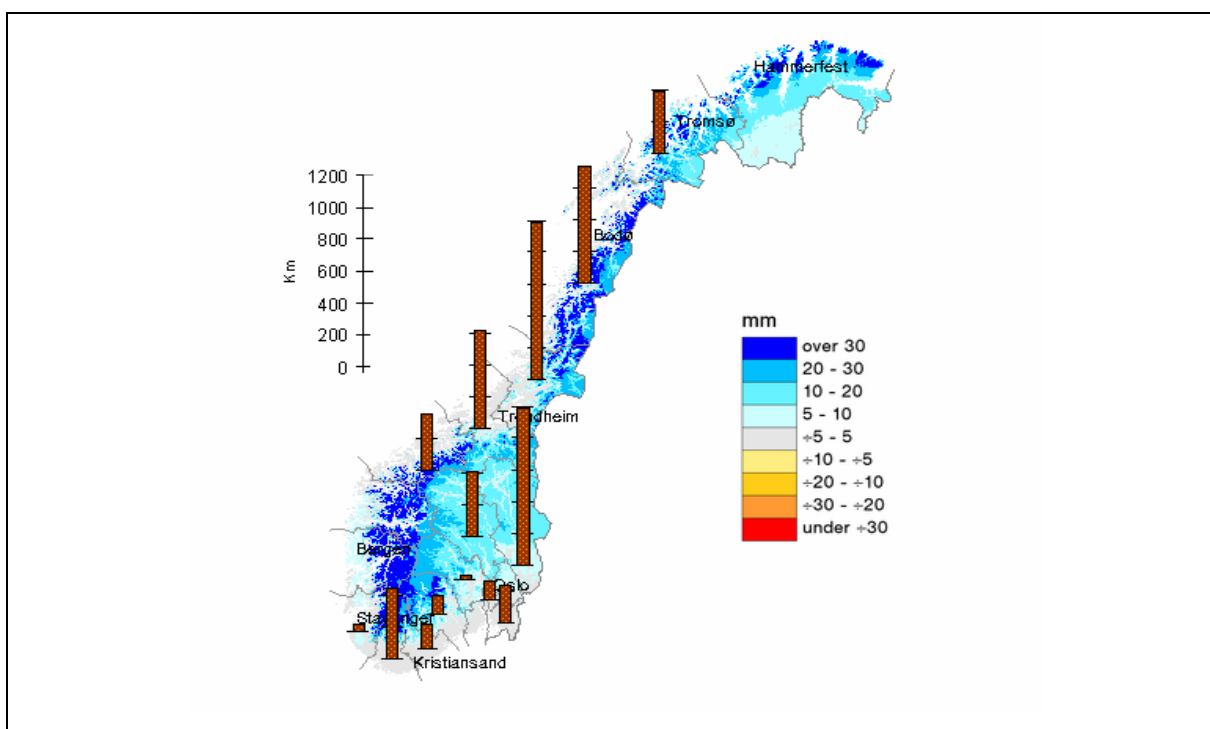
fylkesvegnettet i fylket (2008). Størsteparten av dette vegnettet vil som nevnt bli påvirket av endret grunnvannstand.

Om vinteren vil grunnvannstanden endres over nesten hele landet, også på Østlandet, men mest på Vestlandet og nordre Nordland (figur 14). Dette kan føre til økt telehiv, og oppbløting i ”vintervårløsninger” (tineperioder i vinterhalvåret). Sommers tid vil grunnvannstanden være nesten uendret, og noen steder mindre enn i dag, noe som kan få positive effekter på nedbrytningen over sommerhalvåret. Om høsten er det hovedsakelig Møre, Nordland og Troms som vil få økt grunnvannstand som berører grusveger på fylkesvegnettet i nevneverdig grad. På Østlandet, Sørlandet og i Trøndelag vil ikke grunnvannstanden endres nevneverdig på høsten.



Figur 14: Endringen av grunnvannsmagasin om våren og vinteren fra normalperioden 1961-1990 og fram til perioden 2071-2100. (Senorge.no)

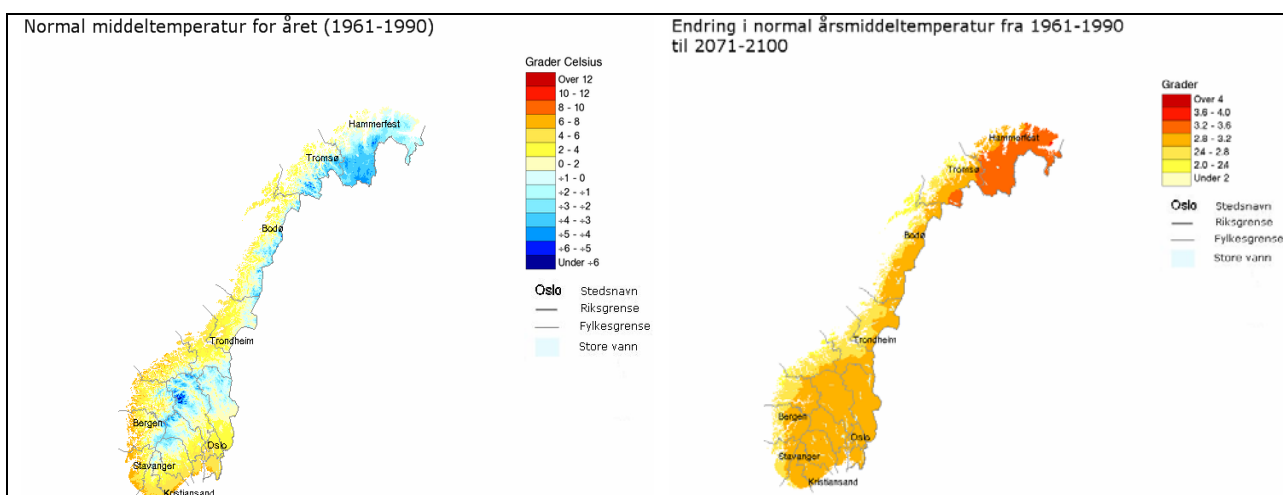
Hvis vi sammenligner endringen i grunnvannsmagasin om våren med hvor grusvegene er lokalisert (figur 15) ser vi at den store økningen i grunnvann på Vestlandet ikke vil få noen stor konsekvenser for grusvegene på fylkesvegnettet, da størstedelen av fylkesvegnettet har fast dekke i denne delen av landet. Størst konsekvens av klimaendringer vil vi få i Nord-Trøndelag, Nordland og deler av Troms. Nordland skiller seg ut med at vi får store endringer i grunnvannsnivå både i ytre og indre strøk. Tilsvarende effekter vil en se for total nedbør. Også klimaendringer på indre østland vil bidra til merkbare konsekvenser for vedlikeholdskostnader selv uten like stor økning i grunnvannsnivå som i de nevnte områdene pga. den store andelen grusveger her.



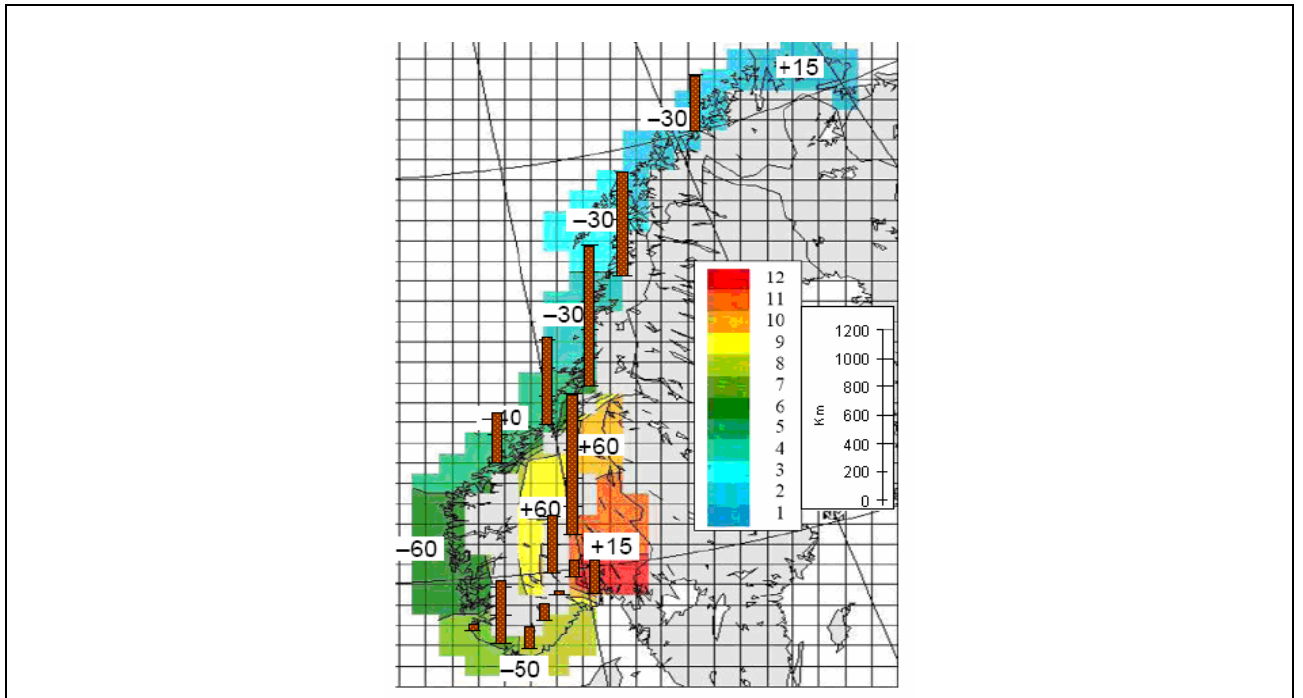
Figur 15: Sammenligning av endring i av grunnvannsmagasin om våren fra 1961-1990 til 2071-2100 og lokalisering av grusveger på fylkesvegnettet.

Endring i temperatur

Av figur 16 ser man dagens middeltemperatur og forventet endring i temperatur i framtida. Størst endring vil man få i indre strøk og spesielt i indre Finnmark. Som beskrevet i kapittel 3.4 vil ikke en generell temperaturøkning ha så store konsekvenser for grusveger unntatt når det fører til økt antall fryse/tinesykluser, eller dager med svingninger omkring 0°C . Dette forekommer i dag oftest på Sør-Vestlandet. Av figur 17 ser man at de største konsekvensene pga. endring i antall fryse/tinesykluser for grusveger vil en få på indre deler av Østlandet, men også i innlandet i nord som nevnt. Her vil man få 15-60 % økning i antall dager med svingninger $\pm 2^{\circ}\text{C}$ omkring 0°C , og dermed mulighet for flere teleløsninger i løpet av vinteren med påfølgende økt nedbrytning gjennom spordanning på grunn av redusert bæreevne i teleløsningsfasen.



Figur 16: Normal middeltemperatur 1961-1990 og endringen årsmiddeltemperatur fram til 2071-2100. (Senorge.no)



Figur 17: Sammenligning mellom %-vis endring i antall dager med temperaturvekslinger ± 2 °C om vinteren, og lokalisering av grusveger på fylkesvegnettet.

3.2 Grusvegnettet i framtida

Fra fylkeskommunene er det for hvert fylke utarbeidet planer for opprusting av fylkesvegnettet. Disse planene omfatter blandt annet forsterkingstiltak for oppskrivning til 10 tonns aksellast og et program for legging av faste dekker på veger med grusdekker. Med den takt det er lagt opp til i dagens planer, vil det imidlertid ta svært lang tid før grusvegnettet er fullt ut erstatta med fast dekke. Andelen grusveg på fylkesvegsiden vil imidlertid bli betydelig redusert over tid dersom disse planene blir fulgt. På det kommunale vegnettet og på skogsbilvegene derimot vil det i overskuelig framtid være en svært stor andel grusveger.

Noen prognoser for hvordan utviklingen vil gå finnes ikke. I det videre arbeidet i vårt prosjekt kan vi anta at grusvegandelen på fylkesvegnettet blir redusert, mens det for det kommunale vegnettet og på skogsbilvegene vil være tilnærmet det samme. Det er vanskelig å forutse noen radikal endring i forholdet mellom regionene.

3.3 Vurdering av framtidig tilstand på grusvegnettet

Betydning av grøfter

Det er påvist at drenering og grøftesystemets tilstand generelt har stor betydning for en vegs bæreevne. Dette har sammenheng med materialenes påvirkning av fuktinnhold og vann. For grusveger vil betydningen av vann være enda større enn for veger med fast dekke, fordi de ubundne materialene i grusveger ofte er av dårligere kvalitet / har mer finstoff enn veger med fast dekke.

Det finnes en del data som støtte til å vurdere betydningen av drenering for veger. Det er for eksempel utført en del bæreevne målinger før og etter dreneringstiltak som kan gi et holdepunkt for hvor mye dette kan bety. Det er også utvikla modeller for betydningen av drenering, blant annet i verdensbankens system for dimensjonering, HDM-4 der vegens

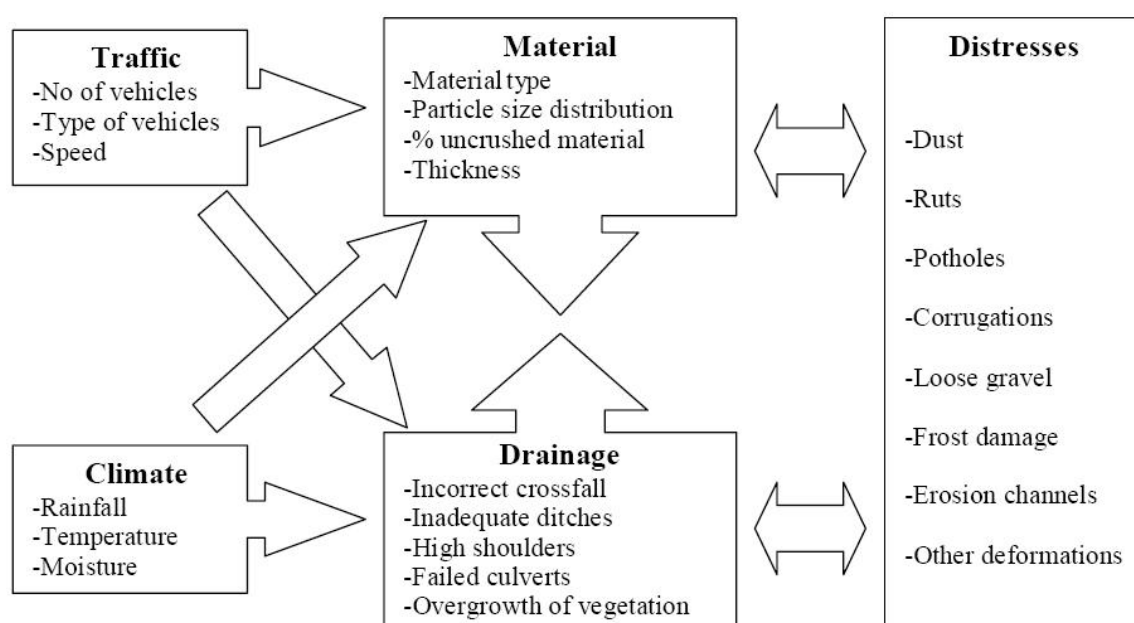
drensforhold inngår som en korleksjon av den årlige beregnede styrkeindeksen, se også kapittel 4.7. Det nyeste og mest nærliggende forskningsprosjektet for innflytelsen av dreneringstiltak på det lavtrafikkerte vegnettet i Norden finner vi i ROADEX II som var et Nordkalottprosjekt under EU, Berntsen og Saarenketo (2002-2005). Her er det påvist at levetida for vegkonstruksjoner med svak drenering kan dobles ved dreneringstiltak, og at levetidsøkninger på 50-60 % er realistisk for en stor del av denne kategori veger. Dette gjelder for asfalterte veger på fylkevegnettet i Nord-Skandinavia og høylandet i Skottland, men siden den dimensjonerende faktoren i dette tilfellet viste seg å være deformasjonsspor i ubundne lag, må en anta at en kan finne en tilsvarende effekt på grusvegnettet. Dette må imidlertid undersøkes nærmere etter som en veg med grusdekke har helt andre vedlikeholdsrutiner og andre kriterier for tilstandsbedømming, jf kapittel 2.3.

Betydning av klimafaktorer

For å kunne vurdere klimaets innvirkning på grusvegnettet i framtida, er det nødvendig å ha modeller som tar hensyn til klima. Dette kan bare gjøres ved en analytisk tilnærming av vegens nedbryting. Det er i dag ingen direkte analytisk nedbrytingsmodell for grusveger, men elementer av modeller som er utvikla for veger med bituminøse dekker kan til en viss grad gi en indikasjon på tilstandsutvikling også av grusveger. En del modeller fra andre land er kort oppsummert og drøfta i kapittel 4.6.

3.4 Konsekvenser av klimaendringer for grusvegnettet

For grusvegene kan trolig klimaendringene bety flere perioder med dårlig fremkommelighet, og dermed økt vedlikeholdsbehov. I tabell 6 er det gjengitt fra Lurfald og Hoff (2007) hvordan materialer i de ulike lag i en vegkonstruksjon i prinsipp vil bli påvirket av klimaendringer. Utgangspunktet for tabellen er veger med asfaltdekke, men veg med grusdekk er også inkludert. Grusveger har ubundne bære- og forsterkningslag slik også veg med fast dekke i mange tilfeller har. Det vil likevel kunne være en forskjell her ved at kvaliteten på de ubundne lag i grusveger ofte er dåligere enn det vi finner på en asfaltert veg. Derfor vil grusveger i enda større grad enn veger med fast dekke bli påvirket av klimafaktorer som nedbør og frost og tining. Figur 18 viser et skjematisk oppsett over hvordan ulike faktorer fører til nedbrytning av grusveger. Man ser at klima og dreneringssystem er viktige faktorer sammen med trafikkmengde og materialeegenskaper.



Figur 18: Nedbrytning av grusveger. (Alzubaidi 2002)

Økt nedbørsmengde

Grusdekker er følsomme ovenfor regn når vegen er bar. Langvarig og mye regn fører til at materialet i vegdekket bløtes opp slik at materialets lastfordelende evne svekkes (E-modulen reduseres). Mye nedbør vil også føre til utvasking av materialer i toppen slik at det dannes hull og "vaskebrett" (Isemo og Johansson 1976). Økt nedbør i perioden der vegen er frosset antas å ha mindre betydning for nedbrytning av vegdekkene. (Lerfald og Hoff, 2007).

Økt nedbør fører til høyere grunnvannstand, større infiltrasjon av regnvann, mer smeltevann i undergrunn og i drencsystem i vårløsningen. Dette fører igjen til økt vanninnhold i materialene i vegoverbygningen og reduksjon i bæreevnen. Store deler av dagens fylkesvegnett har til dels dårlig og mangelfullt dreneringssystem. Bærelaget i vegkroppen har mange steder for liten mektighet og for mye finstoff til at vegen kan tåle ønsket aksellast med en forhøyet grunnvannstand (NTP 2010-2019 mai 2007).

Tabell 6: Hvordan de ulike materialene blir påvirket av klimaendringer (Lerfald og Hoff, 2007)

	Asfaltdekker	Grusdekker	Stabiliserte bærelag	Ubundne bærelag	Forsterknings lag	Undergrunn
Mildere vintre	Lavtemp.-sprekker	Kortere frosset sesong		Telehiving	Telehiving	Telehiving
Varmere somre	Deformasjoner	Støvproblemer	Deformasjoner			
Ofte teleløsning	Sprekker	Bæreevne Frankom- melighet		Bæreevne		
Flere fryse/tine vekslinger	Bestandighet					
Mer nedbør	Bestandighet	Oppblotning Erosjon av overflate				
Mindre snødekke	Piggdekk-slitasje	Spor				
Økt grunnvann-stand				Bæreevne	Bæreevne	Bæreevne
Økt salting	Piggdekk-slitasje					
Økt havvannstand	Kan ha betydning lokalt enkelte steder der grunnvannstanden øker pga. økt havvannstand					
Mer vind	Kan påvirke broer, skiltportaler og lignende					
Flom	Kan ha stor betydning lokalt med utvasking av materialer ol.					

Liten betydning	Positiv betydning	Negativ betydning	Usikker betydning
-----------------	-------------------	-------------------	-------------------

Økt temperatur

En temperaturøkning i seg selv vil ha liten påvirkning på ubundne materialer fordi stivheten / E-modulen i ubundne materialer i liten grad er påvirket av temperaturendringer bortsett fra ved overgang til eller fra frosset tilstand (Lerfald og Hoff, 2007). Endringer i fryseforholdene vil imidlertid påvirke egenskapene. En grusveg som er frosset vil som regel ha en veldig god bæreevne og vil derfor i ubetydelig grad utsettes for nedbrytning i frosset tilstand. Mildere vintre vil være ugunstig for veger med grusdekke fordi perioden med frosset veg vil bli kortere (Nordal 1989). Varmere somre vil kunne føre til større problemer med uttørking og støv i den grad nedbørsmengden ikke samtidig øker. Støvproblemene er uønsket fordi det er plagsomt for omgivelsene, men også fordi finstoffet som forsvinner på denne måten er nødvendig for å opprettholde en god bæreevne (Lerfald

og Hoff, 2007). Mildværsperioder medfører at øverste delen av vegkonstruksjonen tiner, og veger med dårlige materialer langt oppe i vegkonstruksjonen vil få økt nedbrytning.

Generelt er veger i Norge ikke dimensjonert frostsikre i den at overbygningen er tykk nok til at frosten ikke kan trenge ned til telefarlige materialer i undergrunnen. Dette betyr at frost og telehiving i disse materialene kan gi betydelige problemer. Et stykke under overflaten vil telehivingen i stor grad bli styrt av total frostmengde i tillegg til den isolerende evnen til lagene over. Det betyr at en økning av middeltemperaturen vil redusere problemet med telehiving i undergrunnsmaterialene. En økning i svingninger rundt null vil ha mindre betydning for materialene i undergrunnen (Lerfald og Hoff, 2007). Imidlertid vil frostproblemet flyttes oppover i konstruksjonen, og spesielt kritisk blir det for telefarlige materialer i bærelag og forsterkningslag.

Fryse/tinesykluser

Klimaendringer som fører til at en får flere teleløsningsperioder i løpet av et år vil ha en betydelig negativ virkning på grusveger. (Lerfald og Hoff, 2007). Mange grusveger fungerer godt fordi de er frosset store deler av vinteren, så flere tineperioder om vinteren kan gi større nedbrytning av vegkroppen (bærelag og dekke). En endring av vintertemperaturen kan derfor få negativ innvirkning på grunn av kortere periode i frosset tilstand.

Konsekvenser for temperaturendringer i en grusveg vil hovedsakelig være knyttet til frosset / ikke frosset tilstand, og dermed bæreevnen i materialene både i vegkroppen og undergrunnen. Det er med andre ord vekslinger rundt 0 °C som vil ha størst innflytelse på tilstanden. En vil kunne få økt nedbrytning av materialene pga. økt frekvens av fryse/tinesykluser. Ofte settes en grense på svingninger ± 2 °C omkring 0 °C som parameter på tine- og fryseperioder. På årsbasis viser analysen i RegClim på landsbasis en trend mot redusert antall tine/fryse-episoder, bortsett fra innlandet i nord og indre østland (NTP 2010-2019 mai 2007). Flere overganger mellom frosset og ufrosset tilstand vil også kunne føre til økt telehiv ved at vann er lettere tilgjengelig. I tillegg vil telelinsene dannes høyere opp i konstruksjonen, noe som fører til større oppbløting av de mest påkjente øvre lag i konstruksjonen i teleløsningsperioden.

Tabell 7: Hvordan blir grusdekker påvirket av klimaendringer (Lerfald og Hoff, 2007)

Klimaparametere	Skademekanismer
Nedbør	Mye nedbør fører til utvasking av materiale og dannelse av ujevnheter og hull/vaskebrett. Uttørking pga lite nedbør om sommeren fører til støvproduksjon og tap av bindmateriale
Mildere vintre	Frossen veg har god bæreevne og holder seg godt. Mild vinter kombinert med mye nedbør gir rask nedbrytning av grusdekket
Varmere somre	Vil øke tendensen til uttørking og støvproduksjon
Flere teleløsninger per vinter	I teleløsningsperioden vil grusveger ofte ha begrenset dreneringsevne og smeltevann vil bli stående i vegen med redusert bæreevne som resultat. I noen tilfeller blir vegen helt uframkommelig
Flere fryse/tine vekslinger	Fryse/tine sykluser vil ha en negativ innvirkning på grusdekker. Flere slike sykluser per vinter vil øke tendensen til ujevnheter, hull og vaskebrett.

Tabell 8: Hvordan blir ubundne bærelag påvirket av klimaendringer
(Lerfald og Hoff, 2007)

Klimaparametere	Skademekanismer
Nedbør	Redusert bæreevne, permanente deformasjoner
Mildere vintre	Redusert frossen periode – lengre periode med skadeutvikling
Varmere somre	Liten direkte effekt
Flere teleløsninger per vinter	Flere perioder med stor nedgang i bæreevnen, permanente deformasjoner
Flere fryse/tine vekslinger	Omlagring av steinpartikler som gir permanente deformasjoner

4 utfordringer for grusvegnettet

4.1 Vurdering av standard

Standard for drift og vedlikehold (Statens vegvesens hb 111) er nå under revisjon. Det arbeides med å få til en mer presis beskrivelse av standarden, og krav til standard ut fra visse kriterier. Hovedtrekk i systemet for beskrivelse av den nye standarden er tatt fra det svenske regelverket og modifisert for norske forhold.

4.2 Beregning av etterslep i vedlikehold for grusdekker og vegkropp

Drift og vedlikehold av grusdekker kan i hovedtrekk deles i følgende oppgaver (ref. Johansen, Evensen, Holen, 2004):

- Høvling uten tilførsel av ny grus
- Oppgrusing inkl. høvling
- Støvdempning (salting, vanning etc.)

Etterslepet er i det alt vesentlige knyttet til oppgrusing. Også høvling og støvdempning er av betydning for vegdekkets tilstand og tilstandsutvikling, men de fleste mangler kan rettes opp ved grusing. Mangel på grus kan i liten grad kompenseres ved ekstra innsats med hensyn på høvling eller støvdempning. Ut fra de andeler av grusvegene som er oppgitt å ha behov for forsterkning i 2006 i Vegkapitalprosjektet, er det samlede etterslep under hovedprosess 5 Vegfundament og hovedprosess 6 Vegdekke beregnet til 906-954 millioner kroner for fylkesveger med grusdekke, se Tabell 9.

Tabell 9: Vedlikeholdsmessig etterslep for vegfundament på grusveger

Region	Grusveg- lengder (km) *)	Andel med forsterkningsbehov		Etterslep		
		(%) *)	(km)	Vegfundament (mill NOK)	Dekke (mill NOK)	SUM (mill NOK)
Øst	1 831	68 %	1 239	340,8	24,1-34,0	365-375
Sør	779	23 %	182	50,2	3,8-12,6	54-63
Vest	56	52 %	29	7,9	0,5-0,9	8-10
Midt	2 135	52 %	1 102	303,0	15,1-34,4	318-337
Nord	1 207	45 %	548	150,6	10,1-18,2	161-169
Totalt	6 010	52 %	3 100	852,5	53,7-100,1	906-954

*) ref. Johansen, Evensen, Holen (2004)

Det samlede etterslepet på dreneringssystemet ble av (Johansen, Evensen, Holen (2004)) beregnet til å være 928 millioner (2004) for hele fylkesvegnettet. Fra NVDB i 2008 finner vi at grusvegandelen er på ca. 21 %. Vha. dette finner en som vist i tabell 10 at etterslep i vedlikehold på grøfter, kummer og rør for grusvegnettet er på 204 millioner om vi antar at etterslepet er like fordelt mellom grusveger og veger med faste dekker.

Tabell 10: Estimert av etterslep på grøfter, kummer og rør for grusvegnettet (Prisnivå og veglengder 2004)

Region	Totalt etterslep på drenering (mill NOK)	Andel grusveger (%)	Estimert etterslep for drenering på grusveger (mill NOK)
Øst	156,3	30,5	47,7
Sør	168,4	13,0	21,9
Vest	136,6	0,9	1,2
Midt	250,4	35,5	88,9
Nord	215,9	20,1	43,4
Totalt	927,5	22	204

Summert vil etterslepet på grusveger på fylkesvegnettet være som følger:

Grusdekke	54 – 100	mill NOK
Vegfundament	853	mill NOK
Dreneringssystem	204	mill NOK
Totalt	1111-1157	mill NOK

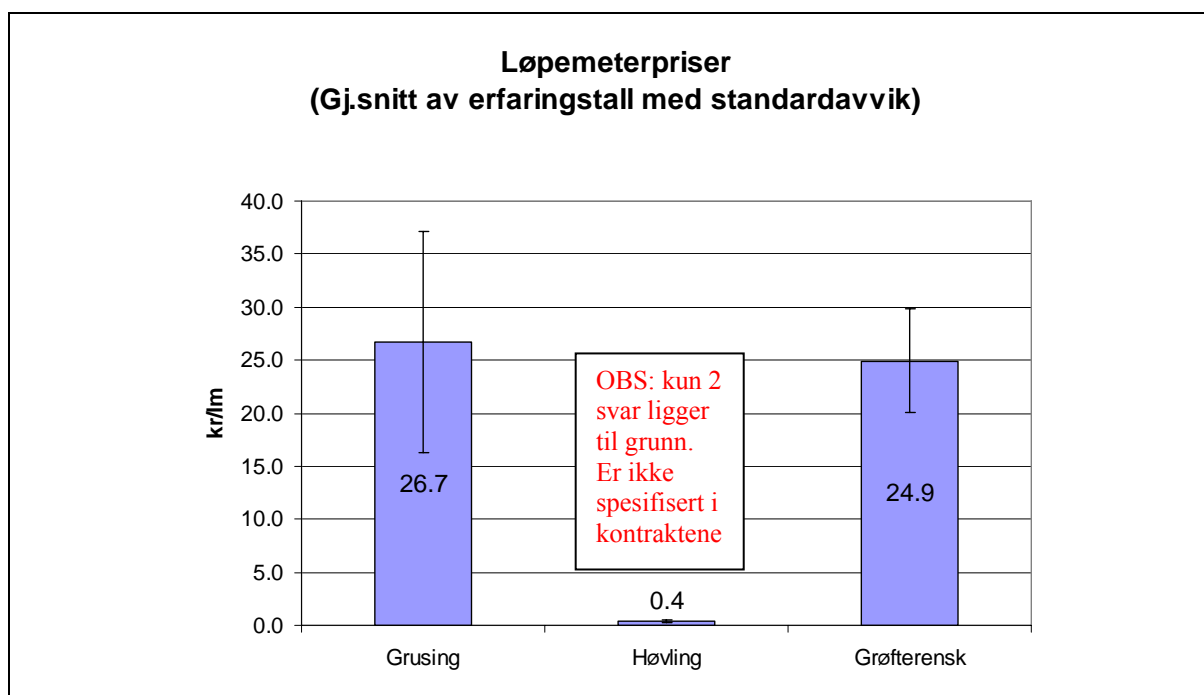
Dette vedlikeholdsetterslepet på 1111-1157 millioner må også tas hensyn til når en vurderer behov og tiltak for å møte klimaendringene.

4.3 Vurdering av brukerkostnader og samfunnskostnader

Det er nødvendig å vurdere kostnader ved en eventuell opprusting og oppgradering av grusvegnettet opp mot de samfunnsmessige gevinster dette vil medføre for næringsliv og samfunn forøvrig. Nettonytte og nytte/kost bør kunne benyttes som beslutningsstøtte for prioritering av tiltak også på det lavtrafikkerte vegnettet i tillegg til mer langsiktige distriktpolitiske hensyn. Det er viktig å vurdere grusvegnettet i sammenheng med resten av vegnettet for rutevis transport av varer og personell. Grusvegnettet vil ha en særlig betydning for transport for primærnæringene og for tømmerindustrien.

4.4 Ressursbruk for vegholder

Kostnader for opprusting og oppgradering av grusvegnettet for å møte det endra klima de nærmeste 20-30 år bør beregnes. Dette bør også innarbeides i ressursfordelingsmodellen for fordeling av driftsmidler til de ulike distrikt og fylker (MOTIV). Figur 19 viser erfaringsmessige løpemeterpriser på vedlikeholdstiltak. Det er viktig å merke seg at de fleste av funksjonskontraktene ikke kunne oppgi løpemeterpris på høvling ettersom det ikke er spesifiserte priser på dette i funksjonskontraktene. Kun to funksjonskontrakter oppga løpemeterpris på dette.



Figur 19: Resultat fra spørreundersøkelsen der funksjonskontraktene ble bedt om å angi erfaringsmessige løpemetrepriser på ulike vedlikeholdstiltak. Det var stor spredning i verdiene som ble oppgitt, derfor er standardavviket også tatt med i figuren.

I ROADEX II som er et Nordkalottprosjekt under EU ble det demonstrert gjennom LCA-analyser at bedring i drensforhold på det lavtrafikkerte vegnettet alltid var økonomisk lønnsomt i et livsløpsperspektiv (Berntsen og Saarenketo 2005). Prosjektet omfatter nordområdene i Norden og Skottland. Det ble vist at det i mange tilfeller var realistisk å øke levetida på til det doble på veger med dårlige dreneringsforhold og vannømfintlige materialer i konstruksjonen. I slike tilfeller kunne det være lønnsomt med grøfterensk og andre drenstiltak hvert år eller annethvert år, og andre mer kostbare tiltak kunne også være lønnsomme. Prosjektet slår fast at vedlikehold og oppgradering av drenering sannsynligvis er det mest kostnadseffektive tiltaket som kan gjøres på veger med svak drenering.

I ROADEX II ble 185 km fylkesveger i Troms analysert med hensyn til tilstand (Berntsen og Saarenketo (2005)). En fant at det var en betydelig raskere sporutvikling på veger med dårlig drenering / grøfter enn der dreneringa fungerte godt. Denne observasjonen ble utført ved å studere sporutvikling i indre og ytre kjørefelt på veger i sideskrått terreng der grunnvasspeilet ligger betydelig høyere i indre felt inn mot vegskjæringa enn i ytre der det er fylling. Her fant en at bedring i drensforhold utgjorde fra 60 – 120 % i levetid med hensyn til sporutvikling (levetidsfaktor 1,6 – 2,2). Tilsvarende verdier ble nedfelt i en tabell i sluttrapporten som gjelder alle land som var involvert i prosjektet eller områder med tilsvarende forhold, se tabell 11.



Figur 20: Eksempel på bedring av drensgrøft og betydning av dårlig drenering på veg med fast dekke. (Berntsen og Saarenketo 2005)

Tabell 11: Endring i levetidsfaktor på vegkonstruksjoner ved oppgradering av dreneringssystem (Berntsen og Saarenketo 2005)

Drainage condition	Drainage classes 1)	Factor - change in lifetime by improving the drainage system
<p><i>Group 1</i> Drainage system does not work at all (or drainage system does not exist). Water susceptible soil in road structure and subgrade. Very high ground water table. Low ground and rocks blocking the ground water flow. Often local spots.</p>	>3	> 2,5
<p><i>Group 2</i> Drainage system does not work at all and the soil in road structure and subgrade are less water susceptible than in group 1.</p> <p>Drainage system is working badly because of lack of maintenance (ditches and culverts not cleared) and water susceptible soil in road structure and subgrade.</p>	3	2-2,5
<p><i>Group 3</i> Drainage system is working badly because of lack of maintenance. (Ditches and culvert not cleared.) The soil in road structure and subgrade are less water susceptible.</p>	2	1,5-2
<p><i>Group 4</i> Drainage system is working unsatisfactory because of lack of maintenance or the maintenance guidelines are not sufficient.</p>	1-2	1-1,5

1) Comparison to the drainage classes in the Swedish design guide.

En vanlig måte å kalkulere kostnaden for tiltak over et livsløp, er å beregne nåverdien av alle tiltak over konstruksjonens levetid. Dette ble også gjort i ROADEX-prosjektet, og en kom fram til at det var lønnsomt å utføre drenstiltak opp til en kostnad på den dobbelte kostnaden av en dekkefornying. Disse analysene var utført på veger med fast dekke, men tilsvarende analyser kan gjøres etter samme prinsipp for grusveger.

4.5 Levetidskostnadsberegninger (LCC)

Det er i denne rapporten utført et første estimat over hva de prognoserte klimaendringer kan medføre av endrede årlige vedlikeholdskostnader på grusvegnettet. For grusbehov er en sammenheng mellom nedbør og grusmengde fra datamodellen MOTIV benytta, Evensen (2008). For høvling og grøfterensk er det benytta skjønnsmessige sammenhenger som et første estimat. Dette er gjort med grove gjennomsnittsdata for hver av de 5 administrative regioner i Statens vegvesen og summert for hele landet. Det er videre gjort overslagsmessige beregninger av levetidskostnader ved en situasjon uten oppgradering av etterslepet på grusvegnettet og en alternativ beregning ved oppgradering av vegnettet over en tidsperiode på 20 år. Nivået på oppgradering er i dette tilfellet lagt på 30% av beregna etterslep på vegkropp og 40% av beregna etterslep for dreneringssystem etter Vegkapitalprosjektet, Statens vegvesen (2005).

Tabell 12: Endring i klima, omtrentlige gjennomsnittsverdier for ulike regioner

Region	Klimaparametere			
	Nedbør			Fryse-tinevekslinger
	I dag mm/år	framtidig mm/år	framtidig mm/sommer*	Endring i antall dager dager
Øst	900	990	578	55
Sør	1500	1605	936	-50
Vest	3000	3660	2135	-60
Midt	2000	2440	1423	0
Nord	1500	1800	1050	-30

*Sommer: 1. mai-31 oktober

Tabell 13: Årlig vedlikeholdsbehov og estimert effekt av klimaendringer for grusvegnettet (Fv) i ulike regioner

Region	Dagens vedlikeholdsbehov (klimaregime 1960-1990)			Endra vedlikeholdsbehov av klimaendringer (klimaregime 2070-2100)			
	1000 kr			Endring 1000 kr			
	Oppgrusing	Høvling	Grøfterensk	Oppgrusing		Høvling	Grøfterensk
				Effekt av nedbør	Effekt av frost/tinevekslinger	Effekt av nedbør	Effekt av nedbør
Øst	22 178	8 423	363	2 778	6 653	1 685	73
Sør	17 315	3 583	154	1 379	-5 195	502	22
Vest	2 661	258	11	623	-798	113	5
Midt	65 452	9 821	423	15 837	0	4 321	186
Nord	26 829	5 552	239	6 104	-5 366	2 221	96
Hele landet	134 435	27 637	1 190	26 721	-4 705	8 842	381
SUM pr år	163 261			31 238			
AKK. over 20 år	2 688 693	552 736	23 792	534 424	-94 103	176 833	7 612

Tabell 14: Drifts- og vedlikeholdskostnader /nåverdi over 20 års livsløp ved rentenivå 0 % og 5 %

Strategi	Drifts- og vedlikeholdskostnader			Kostnader med forsterking og rehabilitering av drenering (mill kr)		SUM kostnader Drift/vedlikehold og forsterking/drenstiltak (mill kr)	
	Pr. år mill kr/år	Nåverdi		Nåverdi		Nåverdi	
		r= 0%	r= 5%	r= 0%	r= 5%	r= 0%	r= 5%
A. Ingen ekstra tiltak	194	3 890	2 423	0		3 890	2 423
B. Drenering	138	2 754	1 716	82	59	2 836	1 775
C. Forsterking	129	2 584	1 610	279	201	2 863	1 811
D. Drenering + forsterking	72	1 448	902	361	259	1 809	1 162

Dette første estimatet viser at kostnadene til drift og vedlikehold vil øke med ca 20 % på grunn av endra klima. Kostnader til økt oppgrusing er her den største kostnadsbæreren. Med basis i de forutsetninger som ble valgt, viste de overslagsmessige beregningene at årlige kostnader for drift og vedlikehold ble redusert med 30 % for hver av de to tiltakene forsterking og drenering. Samla levetidskostnad over 20 år ble dermed redusert ved disse tiltaka, slik at det samla vil lønne seg å gjøre en oppgradering av vegnettet for å møte den framtidige klimasituasjonen.

Det må presiseres at dette er et første overslagsmessige estimat av endra kostnader til drift og vedlikehold for grusvegnettet på grunn av endra klima. Beregningene kan ses på som et utgangspunkt for en systematikk, og et eksempel på en modell for beregning av klimaets innvirkning på drifts- vedlikeholdsbehovet. Her er bare de mest kostnadskrevende driftsoppgavene tatt med, nemlig oppgrusing, høvling og grøfterensk. En del oppgaver er ikke tatt med i denne omgang. Dette gjelder slamtømming av kummer, rensk og vedlikehold av stikkrenner og tining av stikkrenner.

Modellen bør utvikles videre og inkludere alle de vesentlige driftsoppgaver. Nærmere og mer presise studier av klimadata og klimaets betydning bør utføres. Klimadata bør blant annet behandles mer detaljert innfor de ulike klimaregioner. Det bør også gjennomføres mer utførlige levetidsberegninger med følsomhetsstudier av ulike innflytelsesfaktorer (klimafaktorer, oppgraderingstiltak mm) og av rentenivå som grunnlag for en mer robuste estimat av disse forhold.

4.6 Kort oversikt over arbeid i andre land

Generelt

Det har blitt utviklet noen skadeutviklingsmodeller for grusdekker som tar direkte hensyn til klimaparametrene. Blant annet har (Rada et al. 1989) og (Huntington et al. 2007) utviklet skademodeller som bygger på fuktinnholdet i materialene og avanserte spenningsanalyser ved hjelp av elementmetoden. Om denne modellen er overførbar til norske forhold er ikke vurdert. (Lerfald og Hoff, 2007)

ME-PDG / AASHTO 2002 Guide

AASHTO Guide 2002 er et omfattende analytisk dimensjoneringsystem med en versjon for veger for fleksible dekker og en for stive dekker (betongdekker). En revidert versjon av AASHTO 2002; versjon 1.0 forelå i juli 2006. Programmet er ikke beregna for veg med grusdekker, men i prinsipp kan elementer av programmet benyttes også for veger uten bituminøse lag. Delmodellen for trafikk, klimamodellen og materialmodellene for ubundne materialer og undergrunn er i prinsipp like aktuelle for grusveger som for veger med faste dekker.

AASHTO 2002 benytter historiske data for temperatur, nedbør, vind, skyfaktor og dybde til grunnvannstanden eller alternativt relativ fuktighet i materialet. Data kan i prinsipp hentes direkte fra Meteorologisk Institutt. Dataene må foreløpig konverteres til amerikanske enheter.

Programmet bruker data registrert pr time, men disse kan også være estimert ut fra daglige observasjoner. Dersom daglige observasjoner benyttes, kreves det maksimum og minimum temperatur pr dag. Programmet krever komplette klimadata over en periode på minst 2 år, men mange års observasjoner fungerer bra.

Klimadataene i AASHTO 2002 er svært omfattende og gir trolig et riktig bilde av koblingen mellom hvordan de forskjellige parametere varierer. Det er imidlertid historiske data, og det vil være en jobb å få laget datafiler med klimadata slik de forventes å bli mange år frem i tid. Det er noe større usikkerhet knyttet til dybden til grunnvannstanden som inngangsparameter for analysene. For denne parameteren mangler man et statistisk grunnlag for fastsettelse. (Evensen 2007)

Verdensbankens system, HDM-4

I HDM-4 som blir benytta av verdensbanken for dimensjonering og vurdering av tilstand på veger, er det tatt hensyn til klima; temperatur nedbør og tilstand på dreneringssystemet (for eksisterende veger). En klassifisering av klima med hensyn på gjennomsnittstemperaturen følger inndelingen i tabellen nedenfor.

Tabell 15

Table C1.4 Temperature classification

Temperature classification	Description	Temperature range (°C)
Tropical	Warm temperatures in small range	20 to 35
Sub-tropical - hot	High day cool night temperatures, hot-cold seasons	-5 to 45
Sub-tropical - cool	Moderate day temperatures, cool winters	-10 to 30
Temperate - cool	Warm summer, shallow winter freeze	-20 to 25
Temperate - freeze	Cool summer, deep winter freeze	-40 to 20

HDM-4 benytter primært en oppdeling av året i en fuktig og en tørr årstid. Lengden av periodene er en av flere inngangsparametre.

Vegens drensforhold inngår som en korreksjon av den årlige beregnede Styrkeindeksen (Adjusted Structural Number). Korreksjonen er avhengig av type sidegrøft i henhold til inndelingen i tabellen nedenfor, og av grøftens tilstand. Grøftens tilstand settes som en funksjon av grøftens alder i forhold til forventet grøftelevetid.

Flere undersøkelser, først og fremst fra Asia og Australia, oppgir at modellene i HDM-4 har et potensial til å gi verdifull informasjon om forventet tilstandsutvikling, men det forutsettes da at modellene blir kalibrert til lokale forhold.

Klimaets innvirkning er modellert relativt grovt i denne modellen. Dette gjør sannsynligvis HDM 4 mindre egnet til analyser at de relativt små klimaendringene som skal ligge til

grunn for analysene av tilstandsutviklingen for vegnettet i Norge. Men det kan muligens være verd å vurdere om modellen kan brukes for å se på effekter av ekstremiteter (Evensen, Ragnar, 2007).

Det er også tatt hensyn til dreneringsforholdene ved hjelp av en korreksjonsfaktor. Korreksjonen er avhengig av type sidegrøft i henhold til inndelingen i tabellen nedenfor, og av grøftens tilstand. Grøftens tilstand settes som en funksjon av grøftens alder i forhold til forventet grøftelevetid.

Tabell 16: Korreksjonsfaktorer for styrkeindeks etter dreneringstilstand og levetid på drenering

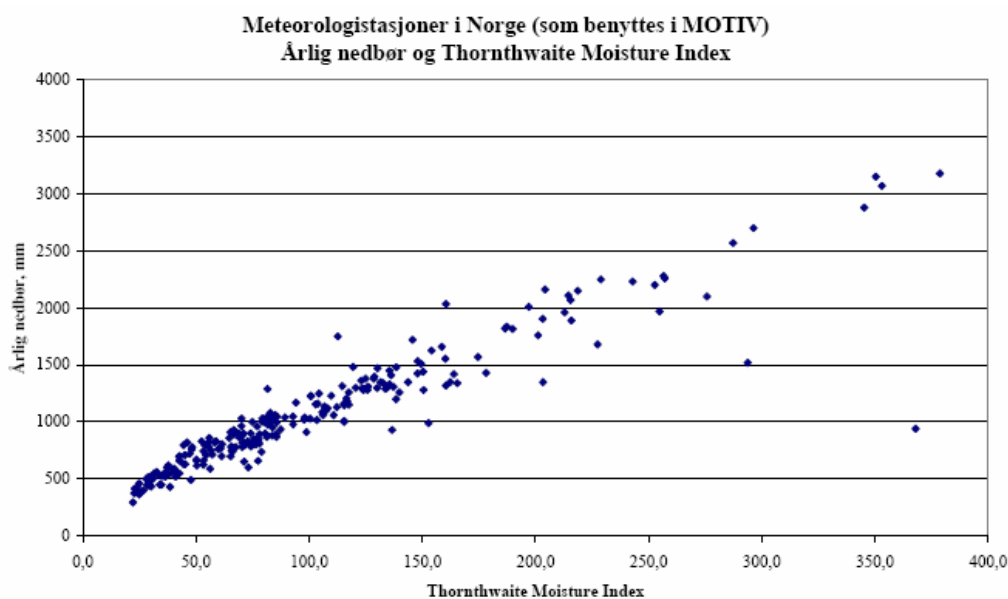
	Drain condition		Drain Life, years	
	Excellent ¹⁾ , DF _{min}	Very poor ²⁾ , DF _{max}	Arid	Per-humid
Fully lined and linked	1	3	20	5
Surface lined	1	3	15	4
V-shaped, hard	1	4	15	4
V-shaped, soft	1,5	5	8	4
Shallow, hard	2	5	6	3
Shallow, soft	2	5	5	3
No drain, but required	3	5	2,5	1,5
No drain, not required	1	1	50	50

¹⁾ Nyetablert, nyrensket grøft

²⁾ Ved slutten av grøftens levetid

Forventet grøftelevetid estimeres ut fra klimasone, fallforhold og type grøft. I tabellen over er det vist eksempler for en veg i to klimasoner i flatt terreng. Verdier for grøftelevetid for alternativet ”grøft mangler, ikke behov” antas å være tatt med for å gjøre formelverket enkelt.

Figuren nedenfor viser årsnedbør og TMI for klimastasjoner som benyttes i MOTIV. Ut fra disse dataene vil så godt som alle klimastasjonene i Norge være klassifisert som ”humid” eller ”pre humid” dersom TMI benyttes som grunnlag. Ingen klimastasjoner har TMI < 20. Dersom årsnedbøren legges til grunn, vil klimastasjonene få en noe større spredning, (Evensen, 2007).



Figur 21: Korrelasjon mellom årlig nedbør målt ved klimastasjoner i Norge og Thornwite Moisture Index (Evensen, Ragnar, 2007)

Det danske dimensjoneringsystemet for veg med fleksible dekker, MMOPP

Beregningene i MMOPP tar utgangspunkt i variasjoner i materialenes E-modul i ulike klimaperioder som vist i tabellen nedenfor. I denne er E-modulen for hhv asfalt, mekanisk stabiliserte bærelag og forsterkingslag betegna for hhv E1, E2 og E3. E-modulen for materialet i grunnen er betegna Em.

Tabell 17

Klimaperiode	Lengde dager	Temperatur °C	E1 faktor	E2 faktor	E3 faktor	Em faktor
Vinter	49	-2	4,0	4,2	10	20
Seinvinter	10	1	3,7	0,33	10	20
Teledøsning	15	1	3,7	0,67	0,7	0,6
Senvår	46	4	3,1	1,0	0,85	0,8
Sommer	143	20	1,0	1,0	1,0	1,0
Hetebølge	10	50	0,3	1,0	1,0	1,0
Høst	92	7	2,6	1,0	1,0	1,0

En kan for eksempel tenke seg å benytte MMOPP til et grovt estimat for vurdering av klimaendringers innvirkning på tilstandsutviklingen også for grusveg ved å gjennomføre sammenliknende analyser hvor det kan være aktuelt å endre både klimaperiodenes lengde og faktorene for materialeegenskaper. Men MMOPP har ingen verktøy som kobler nedbørsdata til fuktforholdene i vegoverbygningen og i underbygningen, bare til relative verdier for E-moduler under de forskjellige klimaperioder.

Det svenske dimensjoneringsystemet for veg med fleksible dekker, PMS Objekt

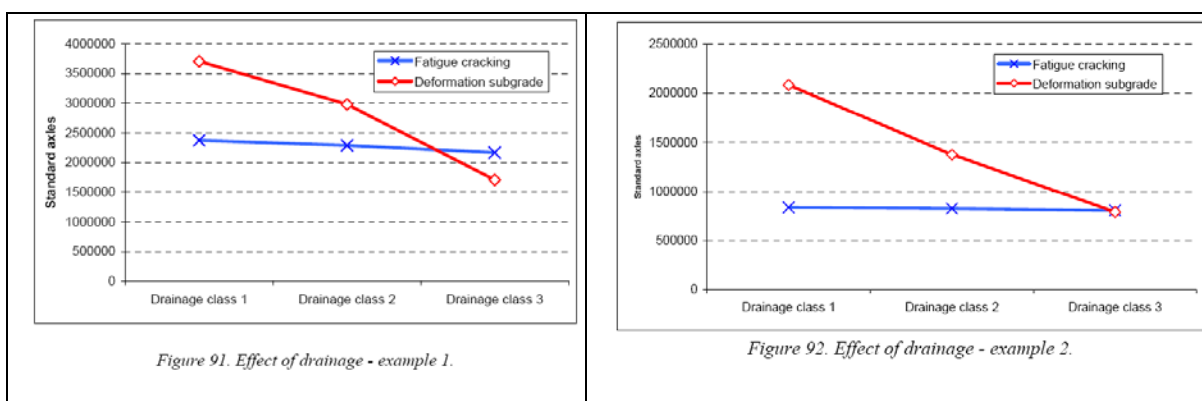
Klima er her tatt hensyn til ved inndeling i 6 årstidsperioder, og lengden av disse periodene er differensiert ved inndeling av landet i 5 klimasoner.

Tabell 18: Lengden av ulike årstider i ulike klimasoner, PMS Objekt, Sverige

	Klimasone				
	1	2	3	4	5
Vinter	49	80	121	151	166
Teeløsningsvinter	10	10			
Teeløsning	15	31	45	61	91
Senvår	46	15			
Sommer	153	153	123	77	47
Høst	92	76	76	76	61

For grusveger er det gitt tabeller for stivhetsmodul for de ulike lag i konstruksjonen avhengig av dreneringsgraden i de ulike lag en inngangsparameter, se tabellene under (ref Evensen, Ragnar (2007)).

Som nevnt tidligere ble det i ROADEX II gjort blant annet gjort studier av betydning av dreneringsforhold på realistiske vegkonstruksjoner med ulike dreneringsforhold (Berntsen og Saarenketo (2005)). En fant der at det var en veldig stor effekt av drenering med hensyn til levetid i form av sporutvikling. Figuren under viser to eksempler som ble beregna der en fant levetidsøkning på mellom 75 og 100 % bare på grunn av endra fuktinnhold i undergrunn og forsterkingslag. Disse teoretiske analysene var utført på vegkonstruksjoner med fast dekke, men etter som levetidskriteriet i dette tilfelle var sporutvikling på grunn av deformasjon hovedsaklig i de ubundne lag, vil bildet prinsipielt også være relevant for grusveger.



Figur 22: Levetid for veger med fleksible dekker ved ulike dreneringsforhold/ dreneringsklasser. Beregninger med PMS Objekt for 2 typiske vegkonstruksjoner i Norden (Berntsen og Saarenketo (2005))

5 Anbefalinger for videre arbeid

5.1 Prioriteringer gitt i NTP

NTP for perioden 2010 – 2019 gir følgende prioriteringer for utredning i forhold til klimaprognoene:

”Klimaendringene, særlig økt nedbør, vil medføre betydelige økte kostnader knyttet til økt vedlikehold i neste planperiode av Nasjonal Transportplan. Dette gjelder særlig tiltak for å utbedre vegenes dreneringssystemer og overbygning, men også vegfundamentet. Det er behov for et bedre beredskapsapparat. Konsekvensene for Statens vegvesen må utredes nærmere. Følgende punkter bør undersøkes:

- 1. Dreneringssystemet og vegkroppen på vegnettet bør gjennomgås for å vurdere hvor og hvordan vegene kan forbedres, når dette bør gjøres og hvilke økonomiske konsekvenser dette får. Til dette trengs nedbørsprognoser som beskriver bedre nedbørsintensiteten; noe som krever nye modellkjøringer med tidsanalyser, høyere tidsoppløsning og muligens høyere geografisk oppløsning.*
- 2. Vedlikeholdsetterslepet forsterker skadevirkningene av økt nedbør og flom. Kostnadsbehovet for å rette opp etterslepet bør utredes særlig for de vegstrekningene der fremkommeligheten blir sterkt rammet hvis vegkroppen bryter sammen.*
- 3. Det bør vurderes på hvilken måte beredskapen bør forbedres og økes. Prognoser og transportinformasjonssystemer bør utnyttes bedre.*
- 4. Risikovurdering knyttet til trafikksikkerhet som følge av økt sannsynlighet for ras, flom og utrasninger bør gjennomgås, slik at planlagt stenging og gjenåpning i større grad kan benyttes i stedet for at vegen stenges når skaden har skjedd og det kanskje har skjedd en ulykke. Planlagt stenging på kort varsel er bedre for vegfarende og transportører av gods og personer, fordi de da får lengre tid til å områ seg.*
- 5. Konsekvenser for grunnvann og overflatevann med hensyn til vannforurensing bør undersøkes nærmere.”*

5.2 Føringer gitt i etatsprosjektet Klima og transport

Målet med prosjektet Klima og transport er å forbedre rutiner og regelverk for planlegging, prosjektering, bygging og drifting av veg som svar på endrede klimaforhold. Prosjektet skal vurdere innvirkningene av en antatt klimaendring på sikkerhet og fremkommelighet på vegnettet og i tillegg hvilke tilpasningsstrategier som er aktuelle for å avhjelpe negative følger av et endret klima. Det er gitt visse føringer og avgrensinger for Dp5 (se delprosjektbeskrivelse i vedlegg 3). Prosjektet har også kommet med anbefalinger til klimatilpasningstiltak i 2007 og 2008. De anbefalinger som har konsekvenser for grusveger er:

- 1. Midlertidig bestemmelse om konservativt valg av returperiode (gjentakintervall) for flomstyrke og vannstand (f eks 200 år istedenfor 100) for nye konstruksjoner*
- 2. Alternativt til pkt.1: midlertidig **konservativt valg av grøftedybden**, type erosjonssikring (f eks steinstørrelse), traseens høyde*
- 3. Valg av **mindre vannømfintlige materialer** og stivere bitumentyper i tilfeller med hhv store vannmengder og høy temperatur.*

Det er derfor viktig å ha fokus på drenering av vegkroppen og vannømfintlighet av materialer i overbygningen. Spesielt viktig er vedlikehold av åpne grøfter og kvaliteten på tilført vedlikeholdsgrus.

5.3 Vurdering av videre arbeid i Klima og Transport

Dp5-2 ”Konsekvenser av endret klima for grusveger” er en av aktivitetene i Dp5 ”Tilstandsutvikling på vegnettet, og det er forutsatt i prosjektplanen at dette delprosjektet

ikke skal være så ressurskrevende som de andre delprosjektene. Med denne begrensningen anbefales å gjøre et mindre videre studium av med følgende aktiviteter i Dp5-2 for å videreutvikle de foreløpige resultater fra denne første grunnlagsrapporten noe:

- Videre beregning av økt vedlikeholdsbehov pga. endra klima, og kostnader forbundet med dette ved alternative nivå av oppgradering, kfr anbefalinger i kap. 4.5 (LCC)
- Vurdering av / kommentar til foreliggende høringsutkast til ny standard for drift og vedlikehold (SVV hb111) i lys av utfordringer for grusvegnettet som følge av endra klima.

5.4 Anbefalinger for videre kartlegging av tiltak på grusvegnettet

Følgende aktiviteter kan anbefales for utvikling av grusvegnettet generelt, men forutsettes ikke gjennomført innen rammen for DP5-2 i Klima og transport. Disse aktivitetene anbefales gjennomført i andre sammenhenger som grunnlag for en samfunnsøkonomisk og optimal forvaltning og utnytting av grusvegnettet i framtida:

- Kartlegging av tilstanden av dreneringssystem og vegkropp for grusvegnettet
 - Forsøk med bruk av ViaPPS (m/video) for å kartlegge grøftedybder
 - Forsøk med bruk av Georadar for å kartlegge vegkroppen
- Vurdering av oppgraderings-/ forsterkingsbehov med bakgrunn i tilstandsdata på vegnettsnivå og klimadata/klimaprognoser for de ulike regioner. Kartlegging av
 - hvor vegene bør forbedres/oppgraderes (lokalisering)
 - når dette bør gjøres (tidsplan)
 - hvordan dette bør gjøres; tekniske løsninger / stabiliseringsmetoder mm
 - kostnader for a) vedlikeholdstiltak på grusvegnettet og for 2) oppgradering til fast dekke; levetidskostnader og samfunnsøkonomiske analyser med optimalisering / prioritering

5.5 Aktuelle tiltak på grusvegnettet

Det kan være behov for å utføre ulike tiltak på grusvegnettet med tanke på et framtidig endra klima i tillegg til en justering av drifts- og vedlikeholdsrutiner. Aktuelle tiltak på grusvegnettet for å møte endra klimavilkår er vist i tabell 13. Klimafaktorene er her systematisert i 3 ulike hovedgrupper;

- Nedbør (regn, intense regnskyll)
- Temperatur (frost, fryse/tinevekslinger/teleløsning)
- Vind

Endringer av disse faktorene vil være forskjellig i ulike deler av landet. Det er laget en grov modell av dette i klimarapporten som er utarbeidd i forbindelse med NTP 2010-2019 der endingene er vist i grove trekk for ulike klimasoner i landet, se også kap 3.1. Tabellen under er ikke på samme måte differensiert i klimasoner, men tar for seg endring av kritiske situasjoner som er aktuelle for definerte geografiske områder i følge klimarapporten i NTP.

Tabell 13: Mulige tiltak på grusvegnettet for å møte endrede klimavilkår i framtida

Tiltak	Relevans under ulike klimasituasjoner			
	Nedbør		Temperatur	Vind
	Flere intense regnskyll	Økt nedbør	Flere fryse/tine vekslinger	Mer vind
GRØFTER / DRENERING				
Grøfterensk / Dypere grøfter (åpne)	•	•		
Utsprenging av bergnabber i grøft i områder med fjell nær dagen	•	•		
Etablering av lukka drenggrøfter	•	•	•	
Etablering av terrenggrøfter	•	•		
Bruk av nye typer drengløsninger (Hydraway Drain etc.)		•		
Større tverrfall / geometrisk justering	•	•		
Fjerning av torvkanter langs vegskuldra	•	•		
Brøyting av grøftkanter på sen vinter / vår		•	•	
Nedføringsrenner for vatn i skråninger og skjæringer / erosjonssikring	•	•		
Slamkummer ved stikkrenneinntak	•	•		
MATERIALVALG				
Stabilisering (ligning, kjemisk stab, salt)	•		•	•
Opprusing / tilførsel av mer grus (dekke) <ul style="list-style-type: none"> - grus uten finstoff ved opprusing i vårløsinga - grus med mer finstoff ved vedlikeholdsgrasing sommers tid 		•	•	
Bruk av grovere masse (større Dmax) <ul style="list-style-type: none"> - bærelag; Dmax ≥ 32mm, 45? - dekke; 5-7 cm 0/18mm (ikke noe masse over 22 mm) 	•	•	•	
Fast dekke (oppgradering)	•	•		•
Armering/fiberduk			•	
Masseutskifting			•	

6 Litteratur

Kort beskrivelse av noen sentrale referanser

Alzubaidi Hossein (2002) PhD, KTH

“On Rating of Gravel Roads”

Doktorgradsavhandling med hovedtema metodikk for evaluering av tilstanden til dekker og dreneringssystem på grusveger.

Alzubaidi, Hossein (2005):

”Bedömning av grusväglag, Metodbeskrivning”

Beskrivelse av metodikk for bedømming og klasseinndeling for kvalitet av grusveger i Sverige (Vägverket i Sverige).

Berntsen and Saareketo (2005)

”Drainage On Low Traffic Volume Roads- Problem description, improvement techniques and life cycle costs”

En av sluttrapportene for ROADEX fase 2. Prosjektet har som mål å fremme kunnskap og innsikt i konstruksjonsløsninger og vedlikehold for veger i myrområder i nordkalottområdene i Europa. Denne delrapporten konsentrerer deg spesielt om problem knytta til dårlige dreneringsforhold og erfaringer med ”beste praksis” for å bedre dreneringsforholdene i de fire områdene som inngår i dette EU-prosjektet; Troms fylke i Norge, Keski-Suomi distrikt og Lapland in Finland, Region Norr i Sverige og Highland Area i Skottland. Det er påvist stor effekt av oppgradert drenering som har vist seg å være den mest kostnadseffektive forsterkingsmetoden på disse vegene.

Evensen (2007)

”Vurdering av EDB-system for beregning av nedbrytning av veg”

Delrapport i klimaprojektet, DP5. Rapporten gir en oversikt og oppsummering over aktuelle nedbrytingsmodeller for bituminøse vegkonstruksjoner. Deler av disse modellene kan også overføres til veger med overflatebehandling og grusdekker. Eksempel på dette er effekt av drenering / grøfter i ulike klimasoner i verdensbankens modell modellen HDM4

Hol I, Brandli P, Grøvdal D, Hvattun o, Flagstad A: Dustex (2006)

”Dustex. Vedlikehold og oppgradering av grusveger. Støvbinding av grusdekke – stabilisering av bærelag”

Statens vegvesen Region midt har benyttet Dustex som støv-bindingsmiddel på grusveger siden begynnelsen av 1990-tallet. Erfaringene fra denne bruken viste at stabilisering av grus-bærelag også var et mulig bruksområde for Dustex, og materialet ble tatt i bruk for dette formålet fra 2002. Denne rapporten beskriver bruken av Dustex og erfaringene knyttet til materialet.

Johansen J, Evensen R, Holen Å (2004)

”Fylkesveger. Etterslep vedlikehold, Hp 4: Grøfter, kummer og rør. Hp 5/6: Vegfundament/Vegdekke – grusveg”

Rapporten dokumenterer metode og resultat for overslag av vedlikeholdsmessig etterslep for fylkesvegnettet for grøfter, kummer og rør (Hp4) og vegfundament/vegdekke (Hp5/6) for grusveger i Norge.

Lerfald B.O., Hoff I (2007)***"Klimapåvirkning av vegbyggingsmateriale. State of the art studie"***

Delrapport i klimaprojektet, DP5 og gir en oppsummering av hvordan klima virker inn på vegbyggingsmaterialer. Studien viser at det ikke er utvikla modeller som beskriver klimaets påvirkning fullt ut.

Nasjonal Transportplan. (2007)

I NTP 2010-2019 er det inkludert et arbeidsdokument som beskriver virkningen av klimaendringer for transportsektoren i Norge. Med utgangspunkt i klimadata fra 30-årsperioden 2061-2090 er det gjort prognoser for klimaendringene for ulike regioner i Norge de neste 100 år. Dette er et sentralt grunnlag for å bedømme situasjonen også for grusvegnettet i Norge, og er omtalt relativt grundig i kapittel 2 og 3 dette problemnotatet.

Oduola (2003)***"Discussion on Paper "Deterioration and Rating of Gravel Roads. A state of the Art" "***

Oduola fra Bahir Dar University i Etiopia støtter forslaget til metode fra Alzubaidi og forslår utnyttelse av GIS for å gjøre metoden mer fleksibel og nyttig for evaluering av grusdekker i Afrika og andre utviklingsland. (Lerfald og Hoff, 2007)

Rada et al. (1989) og Huntington et al. (2007)***"Analysis of climate effects on performance of unpaved roads."***

Det har blitt utviklet noen skadeutviklingsmodeller for grusdekker som tar direkte hensyn til klimaparametrene. Blant annet har (Rada et al. 1989) og (Huntington et al. 2007) utviklet skademodeller som bygger på fuktinnholdet i materialene og avanserte spenningsanalyser ved hjelp av elementmetoden. Om denne modellen er overførbar til norske forhold er ikke vurdert. (Lerfald og Hoff, 2007)

Ryynänen, Belt og Ehrola (Ryynänen et al. 2003)***" Prediction of Structural Thaw Weakening on Gravel Roads"***

Rapporten gir en beskrivelse av et arbeide hvor det er utviklet en metode for å kunne forutsi teleløsning på veger i Finland. Metoden er basert på tidligere arbeider utført i Minnesota. Metoden er bare egnet på område- / distriktsbasis og kan ikke benyttes til en bestemt veg eller del av en vegstrekning (Rapporten er skrevet på finsk med sammendrag på engelsk). (Lerfald og Hoff, 2007)

Tighe, S.L, Smith J, Mills B (2007):***"Evaluating Climate Change Impact on Low-Volume Roads in Southern Canada"***

Det er utført et stadium på betydningen av klimaendringer for det lavtrafikkerte vegnettet i et område i Canada. Her er betydningen av ulike klimascenarier modellert.

Litteraturliste

Alzubaidi, Hossein (2002): On Rating of Gravel Roads, PhD –avhandling, KTH, Sverige

Alzubaidi, Hossein (2005): Bedömning av grusvägslag, Metodbeskrivning 106:2005, Vägverket publikasjon 2005:60, Sverige 2005-11-01, ISSN:1401-9612

Aurstad, Joralf (2007): Tilstandsregistrering av grusveger. Notat for rev av Statens vegvesens hb 111.

Angen (1978): Fuktttransport i jordarter (Moisture transport in soils), NTH meddelesse nr 18, Licentitavhandling ved NTH.

Berntsen (1993): Reduksjon av bæreevne under teleløsning, NTH meddelesse nr 22, Dr.ing.avhandling ved NTH.

Berntsen and Saareketo (2005) Drainage On Low Traffic Volume Roads- Problem description, improvement techniques and life cycle costs, ROADEX II report April 2005

Ekblad, J. (2007). "Influence of Water on Coarse Granular Road Material Properties", PhD-thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

Erlingsson, S., Bjarnason, G., and Thorisson, V. (2002) "Seasonal variation of moisture and bearing capacity in roads with a thin surface dressing wearing course." *International Society For Asphalt Pavements, Ninth International Conference On Asphalt Pavements, Proceedings*, Copenhagen, Denmark.

Evensen, Ragnar (2008): MOTIV-revisjon. Arbeidsnotat for vedlikehold av grusveger

Evensen, Ragnar (2007): Vurdering av EDB-system for beregning av nedbrytning av veg, Statens vegvesens Etatsprosjekt Klima og transport, ViaNova Plan og Trafikk AS, Desember 2007

Grus under maskineriet; Handbok för tillstandsbedömning och underhåll av grusvegar, Svenska Kommunförbundet 2003

Gravel Roads (Rapport på finsk og abstract på engelsk)." *Finnra Reports 46/2003*.

Raad, L., Minassian, G., and Gartin, S. (1992). "Characterization of saturated granular bases under repeated loads." *Transportation Research Record*, 1369, pp 73 - 82.

Henry, Karen (2004): "Improved Performance of Unpaved Roads during Spring Thaw", CRREL 2004, Hanover, New Hampshire, USA

Hermanson, Å. (2002). "Modeling of Frost Heave and Surface Temperatures in Roads," PhD, Luleå University of Technology, Luleå.

Hicks, R. G., and Monismith. (1971). "Factors Influencing the Resilient Response of Granular Materials " *Highway Research Record*, 345, 15-31.

Hoff, I. (1999). "Material Properties of Unbound Aggregates for Pavement Structures," Dr.ing. thesis, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.

Hol I, Brandli P. Grøvdal D, Hvattun o, Flagstad A (2006): Dustex. Vedlikehold og oppgradering av grusveger. Støvbinding av grusdekke – stabilisering av bærelag, februar 2006, Statens vegvesen Region midt, Vegkapitalprosjektet, februar 2006

Horvli (1979): Repetert belastning i treksialkammer på leire for dimensjonering av veg, NTH meddelesse nr 20, Dr.ing.avhandling ved NTH.

Huntinton et al. (2007).: Gravel Road Surface Performance Modeling, *Transportation Research Board 86th Annual Meeting*, Washington DC.

Isemo, A., and Johansson, J. (1976): Samband mellom ulike faktorer innom Grusvågsunderholl," KTH, Stockholm.

Johansen J, Evensen R, Holen Å (2004): Fylkesveger. Etterslep vedlikehold, Hp 4: Grøfter, kummer og rør. Hp 5/6: Vegfundament/Vegdekke – grusveg, November 2004, ViaNova Plan og Trafikk AS, del av Statens vegvesens etatsprosjekt Vegkapitalprosjektet 2000-2004.

Johnsrud, Truls-Erik (2007). ”Skogsdrift og veger i bratt terreng – en veileder i planlegging”. Skogbrukets kursinstitutt. ISBN 978-82-7333-157-1.

Kennedy, Helene: Mixed-grained Till in Pavement structures –A field and Laboratory Study, Lic.gradsavhandling ved Chalmers Tekniska Högskola, Sverige 2007

Lerfald B.O., Hoff I (2007): Klimapåvirkning av vegbyggingsmateriale. State of the art studie, Statens vegvesen Etatsprosjekt Klima og transport, Sintef rapport nr SBF IN A07014, 2007-12-04

Nasjonal Transportplan. (2007): Nasjonal transportplan 2007-2019 Arbeidsdokument: Virkninger av klimaendringer for transportsektoren.

Nordal, R. S. (1989). "Grusvegar." Undervisningsnotat, Institutt for veg og jernbanebygging, NTNU, Trondheim.

Noss (1978): Poresug i jordarter (Soil suction), NTH meddelesse nr 14, Dr.ing.avhandling ved NTH.

Oduola, R. (2003). "Discussion on Paper "Deterioration and Rating of Gravel Roads. A state of the Art" by H. Alsubaidi and R. Magnusson." *International Journal of Road Materials and Pavement Design*, 4(4), 471-475.

Odermatt, N. (2000). "Permanent Deformations in Fine-Grained Subgrade Materials – Triaxial and Accelerated Pavement Tests," Licentiate thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm.

Raad, L., Minassian, G., and Gartin, S. (1992). "Characterization of saturated granular bases under repeated loads." *Transportation Research Record*, 1369, pp 73 - 82.

Rada, G. R., Schwartz, C. W., Witczak, M. W., and Jafroudi, S. (1989). "Analysis of climate effects on performance of unpaved roads." *Journal of Transportation Engineering*, 115(4), 389-410.

Ryynänen, T., Belt, J., and Ehrola, E. (2003). " Prediction of Structural Thaw Weakening on Gravel Roads (Rapport på finsk og abstract på engelsk)." *Finnra Reports 46/2003*.

Simonsen, E. (1999). "On Thaw Weakening of Pavement Structures," PhD, Royal Institute of Technology, Stockholm.

Statens vegvesen. (1993). "Vegbrukers reduserte transportkostnader ved opphevelse av telerestriksjoner." *Vegdirektoratet, Publikasjon nr. 70*.

Statens vegvesen (2005): Beregning av vedlikeholdsetterslep for fylkesvegnettet, Vegkapitalprosjektet, mars 2005

Statens vegvesen. (2005). "Håndbok 018 Vegbygging." Vegdirektoratet

Tighe Susan L., Smith James, Mills Brian, Andrey Jean (2008): *Evaluating Climate Change Impact on Low-Volume Roads in Southern Canada*, Transportation research Record report no 2053, 2008

TØI: <http://tsh.toi.no/?21924>

Uthus, L. (2007). "Deformation Properties of Unbound Granular Aggregates," PhD, Norwegian University of Science and Technology, NTNU, Trondheim.

Uthus L, Hoff I, Horvli I (2005): A study on the influence of water and fines on the deformation properties of unbound aggregates, *The 7. International Conference on the Bearing Capacity of Roads, Railways and Airfields, BCRA'05, Trondheim, Norway, June 2005*

Vedlegg 1 : Grovt estimat over endra vedlikeholdsbehov for grusvegnettet ved endra klima

Effect of a changed climate on gravel roads

LCC-calculations

Results from questionair 2008

Pavement cond	%	Drainage cond %
Condition		
very poor	5	0
poor	47	40
average	32	50
good	16	10
very good	0	0

Maintenance action	% per year	Maintenance frequency (Years)	Period between maintenance action (Years)
Grading	-	4	0,25
Gravel surfacing	40	0,4	2,5
Ditch	9	0,09	11

Results from the NPR A Asset Management Project 2002-2005 (Vegkapitalprosjektet)

Table 1: Pavement backlog.

Region	Gravel County		Part of roads with strengthening need		Backlog	
	length (km)	(%)	Base and subbase (mill NOK)	Surface layer (mill NOK)	SUM (mill NOK)	
East	1 831	68 %	340,8	24,1-34,0	365-375	
South	779	23 %	50,2	3,8-12,6	54-63	
West	56	52 %	29	7,9	0,5-0,9	0,8-0,6
Mid	2 135	52 %	1 102	303	15,1-34,4	31,8-33,7
North	1 207	45 %	548	150,6	10,1-18,2	161-169
Total	6 010	52 %	3 100	852,5	53,7-100,1	906-954
						930

Table 2: Drainage system backlog

Region	Accumulated (mill NOK)	Gravel routs, part of total (%)	Estimated (mill NOK)
East	156,3	30,5	47,7
South	168,4	13	21,9
West	136,6	0,9	1,2
Mid	250,4	35,5	88,9
North	215,9	20,1	43,4
Total	927,5	22	204

LCC calculations

(Hovill-06)

Regions	base and subbase		ditch	
	upgrading	upgrading	upgrading	upgrading
East	340,8	47,7		
South	50,2	21,9		
West	7,9	1,2		
Mid	303,0	88,9		
North	150,6	43,4		
Total	852,5	204,0		

Climate data	Precipitation		future	
	normal	increase	future	increase
mm/year	900	10	990	578
	1500	7	1605	936
	3000	22	3660	2135
	2000	22	2440	1423
	1500	20	1800	1050

Freeze/thaw periods	normal		future	
	increase	days	increase	days
		55		55
		-60		-60
		0		0
		-30		-30

Maintenance costs yearly	Gravel price	
	NOK/km	170
Graveling	Gravel	Gravel
	today	future -2100 diff
Regions	mm/summer	m3/km
East	525	71
South	875	131
West	1750	280
Mid	1167	180
North	875	131
Total pr year		
Accumulated over 20 years		

Climate data	Influence of precipitation		Gravel Cost	
	today	1000 NOK	today	1000 NOK
mm/summer	9	12113	9	12113
mm/summer	10	22228	10	22228
mm/summer	65	47515	65	47515
mm/summer	44	30657	44	30657
mm/summer	30	22228	30	22228
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9	13630	9	13630
mm/summer	10	23996	10	23996
mm/summer	623	58642	623	58642
mm/summer	44	38074	44	38074
mm/summer	30	27285	30	27285
Total pr year		134435		26721
Accumulated over 20 years		2688693		534424

Climate data	Influence of thaw		Gravel Cost	
	today	2100 diff	today	2100 diff
mm/summer	9</			

Grading		Unit cost: 2000 NOK/km * Frequency 2.3 = 4600 NOK/km	
Regions	Anticipated relative chan per km	Grading Cost today	Grading Cost future -2100 diff
East	1.20	4600	5520
South	1.14	4600	5244
West	1.44	4600	6624
Mid	1.44	4600	6624
North	1.40	4600	6440
Total pr year		27637	8842
Accumulated over 20 years		552736	176833

Ditch cleaning		Unit cost: 2200 NOK/km * Frequency 0.09 = 198 NOK/km	
Regions	Anticipated relative chan per km	Ditch cleaning cost today	Ditch cleaning future -2100 diff
East	1.20	198	238
South	1.14	198	226
West	1.44	198	285
Mid	1.44	198	285
North	1.40	198	277
Total pr year		1190	381
Accumulated over 20 years		23792	7612

SUM Gravel surfacing, grading and ditch cleaning per year		Maintenance cost needs today	
	1000 NOK	diff	1000 NOK
	3265220	163261	31238
			624766

Influence of DRAINAGE		Influence of STRENGTHENING	
Regions	Anticipated gravel relative change per km	Anticipated gravel relative change per km	
East	-0.2	-0.4	
South	-0.1	-0.4	
West	-0.4	-0.4	
Mid	-0.4	-0.4	
North	-0.4	-0.4	

Region	Maintenance needs today, 1000 NOK				Effect of climate change on maintenance costs difference 1000 NOK				Effect of DRAINAGE on maintenance costs difference 1000 NOK				Effect of STRENGTHENING on maintenance costs difference 1000 NOK			
	Graveling	Grading	Ditch cleaning	SUM	Graveling	Grading	Ditch cleaning	SUM	Graveling	Grading	Ditch cleaning	SUM	Graveling	Grading	Ditch cleaning	SUM
East	22178	8423	363	30964	2778	1685	73	30964	2778	1685	73	30964	2778	1685	73	30964
South	17315	3583	154	21053	1379	502	22	21053	1379	502	22	21053	1379	502	22	21053
West	2661	258	11	2930	623	113	5	2930	623	113	5	2930	623	113	5	2930
Mid	65452	9821	423	75696	15837	0	186	75696	15837	0	186	75696	15837	0	186	75696
North	26829	5552	239	32620	6104	-5366	96	32620	6104	-4705	381	32620	6104	-4705	381	32620
Total	134435	27637	1190	163261	26721	8842	381	163261	26721	8842	381	163261	26721	8842	381	163261
over 20 years	2688693	552736	23792	3265220	534424	-94103	176833	3265220	534424	-94103	176833	3265220	534424	-94103	176833	3265220
Increased maintenance (%)																

Region	Climate parameters		Freeze/thaw cycles change
	present	future	
East	900	890	55
South	1500	1605	-50
West	3000	3660	-60
Mid	2000	2440	0
North	1500	1800	-30

Future maintenance needs 1000 NOK		milli NOK	
A	CLIMATE	194489	194
B	CLIMATE DRAINAGE	137716	138
C	CLIMATE STRENGTH	128195	129
D	CLIMATE DRAINAGE STRENGTH	72412	72

Future maintenance differential needs 1000 NOK		milli NOK	
A	CLIMATE	31238	194
B	CLIMATE DRAINAGE	-25545	-26
C	CLIMATE STRENGTH	-34066	-34
D	CLIMATE DRAINAGE STRENGTH	-90849	-91

Vedlegg 2a

Beregna etterslep for veg, veidekke, Fylkesvegnettet

(Ref Vegkapital 2005)

Fylke	Grusdekke		Asfaltdekke		Totalt	
	Lengde	Etterslep	Lengde	Etterslep	Lengde	Etterslep
Østfold	249	45	756	315	1005	360
Akershus	127	20	992	294	1119	314
Oslo	0	0	0	0	0	0
Hedmark	1010	230	1 524	405	2534	635
Oppland	445	80	1 613	643	2058	723
Region øst	1831	375	4 885	1 657	6 716	2 032
Buskerud	27	4	1 142	641	1169	645
Vestfold	0	0	678	202	678	202
Telemark	123	19	977	524	1100	543
Aust-Agder	158	25	834	297	992	322
Vest-Agder	471	14	817	220	1288	234
Region sør	779	63	4 448	1 884	5 227	1 947
Rogaland	56	9	1 752	553	1808	562
Hordaland	0	0	1 761	901	1761	901
Sogn og Fjordane	0	0	1 426	470	1426	470
Region vest	56	9	4 939	1 924	4 995	1 933
Møre og Romsdal	450	69	1 325	167	1775	236
Sør-Trøndelag	667	106	943	152	1610	258
Nord-Trøndelag	1018	162	753	127	1771	289
Region midt	2135	337	3 021	445	5 156	783
Nordland	765	140	1 813	374	2578	514
Troms	441	29	1 333	468	1774	497
Finnmark	1	0	622	194	623	194
Region nord	1207	169	3 768	1 036	4 975	1 205
Totalt	6008	953	21 061	6 947	27 069	7 899

Tabell 5. Etterslep for veg. Lengde er oppgitt i km og verdi i mill kr.

Vedlegg 2b

Beregna etterslep for veg, alle vegelement, Fylkesvegnettet

(Ref Vegkapital 2005)

5.1 Sammenstilling, alle vegelementer

Fylke	Veg- lengde	Tunneler	Grøfter kummer og rør	Veg	Vegutstyr og miljøtiltak	Bruer og kaier	Totalt etterslep
Østfold	1005	0,0	31	360	35	10	436
Akershus	1119	2,3	16	314	49	97	478
Oslo	0	0,0	0	0	0	0	0
Hedmark	2534	0,0	109	635	63	42	849
Oppland	2058	0,1	0	723	7	53	784
Region øst	6716	2,4	156	2 032	154	203	2 547
Buskerud	1169	0,6	28	645	46	21	740
Vestfold	678	0,0	5	202	8	15	229
Telemark	1100	0,6	0	543	20	35	598
Aust-Agder	992	0,9	36	322	9	26	394
Vest-Agder	1288	1,1	100	234	0	24	359
Region sør	5227	3,1	168	1 947	82	121	2 321
Rogaland	1808	8,7	72	562	165	128	936
Hordaland	1761	15,0	59	901	109	98	1 182
Sogn og Fjordane	1426	8,2	5	470	0	84	567
Region vest	4995	31,9	137	1 933	275	310	2 686
Møre og Romsdal	1775	4,3	69	236	31	121	461
Sør-Trøndelag	1610	0,6	70	258	48	62	438
Nord-Trøndelag	1771	0,1	112	289	40	41	482
Region midt	5156	4,9	251	783	119	224	1 381
Nordland	2578	1,9	118	514	90	109	833
Troms	1774	7,7	72	497	56	107	740
Finnmark	623	0,1	26	194	20	29	268
Region nord	4975	9,7	216	1 205	166	244	1 841
Totalt	27069	52,0	928	7 899	795	1 101	10 775

Tabell 8. Samletabell for vedlikeholdsetterslep for alle vegelementene på fylkesvegnettet. Verdi i mill kr.

**DELPROSJEKTBEKRIVELSE**

Prosjektnr.:	602000	Prosjekt:	Klima og transport
Delprosjektnr.:	5	Delprosjektnavn:	Tilstandsutvikling på vegnettet

Beskrivelse:

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

Det mest trafikkerte vegnettet har fast vegdekke og i hovedsak asfaltdekke. Kravet til standard er størst her og dette vegnettet har også de største vedlikeholdskostnadene.

Ca. 26 % av fylkesvegnettet er grusveg og denne andelen er sannsynligvis større for det kommunale vegnettet. Skogsbilvegnettet er større enn det offentlige vegnettet og det meste av dette er grusveger med svært varierende standard.

I dette prosjektet vil det være nødvendig å se på konsekvensene ved endret klima for disse to vegtypene.

Prosjektet består av 3 hovedaktiviteter:

- 5.1 Hvordan påvirkes materialparametere av klima?
- 5.2 Konsekvenser av endret klima for grusveger
- 5.3 Virkninger endret klima har for veger med bituminøst dekke

5.1 Hvordan påvirkes materialparametere for vegbyggingsmaterialer og undergrunn av endret klima?

Egenskapene for vegbyggingsmaterialer er avhengig av temperatur, nedbør og grunnvannstand. Også fryse- og tineprosesser samt raskere klimaskifter og kortere vintre har stor betydning. Det er først og fremst deformasjonsegenskaper og materialstivhet som endres og dette er parametere som har stor betydning for skadeutvikling av en veg.

Denne aktiviteten skal beskrive "state-of-the-art" når det gjelder sammenhenger mellom klimatiske parametere og egenskaper for vegbyggingsmaterialer og også hvordan undergrunnen påvirkes av disse. Arbeidet består av en litteraturundersøkelse og utføres av konsulent.

5.2 Konsekvenser av endret klima for grusveger

Det finnes relativt lite forskning på grusveger sammenlignet med veger med fast dekke. Konsekvensene på fremkommelighet og drifts- og vedlikeholdskostnader kan bli sterkt påvirket av klimaet særlig i områder hvor nedbøren øker og hvor antall fryse-/tinesykluser øker.

Kun grusvegene på fylkesvegnettet vil bli vurdert i dette prosjektet, men konsekvensene vil i stor grad kunne overføres til det kommunale og private vegnettet.

Arbeidet med denne aktiviteten kan deles opp i flere underaktiviteter. Dette er:

5.2.1 Modeller for beregning av konsekvenser

Her vil konsekvenser for fremkommelighet og endret behov for grusing, høvling, grøfting etc. avhengig av kvaliteten på grusvegen være viktige temaer og resultater fra aktivitet 1 blir viktig.

5.2.2 Fremskaffe nødvendige inngangsdata

Det vil være vanskelig å finne data som kan anvendes i dette prosjektet, men det er i Vegkapitalprosjektet gjennomført en undersøkelse om tilstanden på grusvegene i de største grusvegfylkene.

Klimadata vil også være viktige inngangsdata.

5.2.3 Endringer i vedlikeholdskostnader

Kostnadene for å opprettholde standarden på grusvegnettet vil bli anslått. Det vil måtte gjøres en rekke antagelser og forutsetninger da det mangler gode modeller. Pilotprosjekter kan benyttes for å "verifisere" beregningene.

5.2.4 Forslag til tiltak for å redusere negative konsekvenser ved endret klima

Enkelte tiltak, valg av materialer og utførelsesmetoder vil kunne redusere negative konsekvenser av klimaendringer og disse må beskrives i denne aktiviteten.

5.2.4 Demonstrasjonsprosjekt

Demonstrasjonsprosjektene skal hjelpe oss forstå konsekvensene av klimaendringer, men også demonstrere det som blir gjort innen prosjektet og hva vi foreslår skal gjøres på resten av vegnettet.

Her vil det være aktuelt å finne strekninger som følges opp mht. fremkommelighet og vedlikeholdsbehov i perioder med væreforhold som vi forventer å få mer av i fremtiden. Det vil være flere mildværsperioder i løpet av vinteren.

5.3 Konsekvenser av endret klima for veger med fast dekke

Konsekvensene ved endret klima på veger med fast dekke vil først og fremst merkes gjennom endret tilstandsutvikling. De parametrene som vil påvirke tilstanden mest er sannsynligvis spordannelse, jevnhet, sprekkedannelse og slaghull.

Dette er veger med størst transportarbeid og hvor det er viktig å opprettholde en brukbar standard. Denne aktiviteten vil dominere arbeidet i DP 5 og kan deles opp i følgende delaktiviteter:

5.3.1 Velge mod. for beregn. av tilstandsutviklingen

Det finnes i dag en del mekanistiske modeller som benyttes til å beregne nedbrytning i et gitt punkt på en veg. I denne aktiviteten skal det kartlegges hvilke modeller som er tilgjengelig og hvilke som passer eller kan tilpasses norske forhold. En lignende vurdering ble gjort i Vegkapitalprosjektet.

Det må være mulig å skaffe tilveie inngangsdata til valgte modell uten å starte omfattende innsamling av data.

Det må gjøres en ny vurdering da modellene er videreutviklet og i tillegg skal det vurderes hvordan beregninger for enkeltpunkt på vegnettet kan aggregeres opp til hele vegnettet. Her vil bl.a. Markov-modeller bli vurdert.

Aktiviteten skal ende med valg av modell(er) som også skal beskrive hvilke inngangsdata som er nødvendig.

5.3.2 Innsamling av grunnlagsdata

Uansett hvilken modell(er) som velges blir det nødvendig å samle inn grunnlagsdata for beregningene som skal gjennomføres. I hovedsak bør dataene som skal benyttes finnes i NVDB og i andre tilgjengelige databaser. Det kan bli nødvendig med innsamling av spesielle data på enkelte strekninger/områder i forbindelse med kalibrering.

Bl.a. må klimadata ut fra gitt klimascenario bestemmes for vegnettet. Hvilke data som skal benyttes vil være avhengig av valgt modell.

5.3.3 Tilpasning av modell til norske forhold

Uansett vil valgte modell(er) måtte tilpasses norske forhold. Bl.a. må trafikkbelastningen gjengi den norske bilparken, materialene de norske retningslinjene og ikke minst må klimaet tilsvare det klimaet vi har her.

5.3.4 Kalibrering av modell

Det vil være nødvendig å kalibrere modellene for å sikre at beregningene blir best mulig. Kalibreringen må bla. utføres på strekninger hvor vegkonstruksjonen, trafikkbelastningen og klimaet er kjent. Kalibreringen kan også utføres på vegnettsnivå, men hvordan kalibreringen skal skje vil være avhengig av valgt modell.

Kalibrering kan også knyttes opp mot pilotprosjekt.

5.3.5 Gjennomføring av beregninger av tilstandsutvikling

Etter at foregående punkter er gjennomført, vil beregningene kunne gjennomføres. Disse vil angi hvordan tilstanden vil endre seg ved valgt klimascenario sett i forhold til dagens klima.

5.3.6 Beregning av vedlikeholdskostnader

Endringer i tilstandsutviklingen vil medføre endrede vedlikeholdskostnader dersom standarden på vegnettet skal opprettholdes. Områder med økt nedbør og flere tine-/sykluser vil få redusert bæreevne på vegene som igjen øker nedbrytningen og vedlikeholdskostnadene. Økt temperatur vil kunne gi konsekvenser for deformasjoner i bituminøse materialer forverres.

5.3.7 Tiltak for å redusere negative konsekvenser

Dimensjoneringsregler, materialbruk, utførelsesmetoder, ulike vedlikeholdstiltak etc. kan benyttes for å redusere de negative konsekvensene ved endret klima. Kostnader og virkning beskrives i denne aktiviteten.

5.3.8 Rapportering

Resultatene fra beregningene samles i en sluttrapport.

5.4 Pilotprosjekter

I denne aktiviteten skal dp5 gi bidrag til et pilotprosjekt som er felles for alle delprosjektene. Bidrag fra dette delprosjektet er foreløpig ikke avklart.

Det vil også bli aktuelt å se på andre pilotprosjekter som går kun på dp 5 sitt tema. Bl.a. er vi interessert i å se på effekten av drenering da dette er forhold som har betydning i områder med økt nedbør.

Det er også mulig at det vil bli gjennomført en mastergradsoppgave ved NTNU hvor student vil kunne se på konkrete strekninger for å vurdere klimaeffekter. Innholdet i denne oppgaven er ennå ikke konkretisert.

Pilotprosjekter vil kunne benyttes i kalibrering av modellen for beregning av nedbrytning. Se pkt. 5.3.4.

Forutsetninger/avgrensninger

- Delprosjektet forutsetter samarbeid og tilpasning i forhold til delprosjekt 2 Datainnsamling.
- Det forutsettes samme vedlikeholdsstandard som i dag
- DP5 konsentrerer seg om endret nedbrytning av selve vegkroppen. Erosjon i vegkonstruksjonen, dreneringskapasitet etc. forutsettes behandlet av dp3.
- Virkningen på byggverk (bruer, støttemurer) og vegutstyr som følge av endret klima behandles ikke
- Det må gjøres forutsetninger mht. fremtidig trafikkbelastning.

Mest usikkert:

Det er relativt lite forskning på grusveger. Virkningene vil derfor være vanskeligst å beregne og særlig gjelder dette fremkommeligheten i teleløsningsperioden. Vi har ikke noe system for oppfølging av tilstanden av grusvegene og dette er informasjon/kunnskap som er knyttet til enkeltpersoner i vegvesenet.

Grunnlagsdokumenter/grunnlagsdata

Det finnes svært mye forskning på sammenhengen mellom vegbyggingsmaterialer og egenskapene for disse som funksjon av ulike klimaparametere. Det er også tilgjengelig mange modeller for beregning av virkningen en belastning har på et materiale med gitte egenskaper, og dette kan igjen benyttes for beregning av skadeutvikling for en hel vegkonstruksjon. Dette er omfattende beregninger og vil kreve bruk av datamodeller.

Vegdatabanken gir et godt grunnlag for de beregninger og vurderinger som skal gjøres i dette delprosjektet.

Resultater /Mulige produkter

- Veileder for vegnettets bæreevne ved klimaendringer.
- Forslag til tiltak for forbedret bæreevne
- Oppdatering av vegnormalen 018 mht.:
 - dimensjonering av vegoverbygning
 - krav til materialer i vegoverbygning
 - krav til materialvalg
 - krav til utførelse



Vedlegg 4

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, endret nedbørsmengde, kortere vintre, raskere klimaskiftninger osv. har påvirkning på material- og vegkonstruksjonsparametere, slik som stivhet, deformasjonsegenskaper, mm.

Det er nødvendig å se på konsekvensene ved endret klima for to vegtyper. Det mest trafikkerte vegnettet har fast vegdekke og i hovedsak asfaltdekke. Kravet til standard er størst her og dette vegnettet har også de største vedlikeholdskostnadene. Ca. 26 % av fylkesvegnettet er grusveg og denne andelen er sannsynligvis større for det kommunale vegnettet. Skogsbilvegnettet er større enn det offentlige vegnettet og det meste av dette er grusveger med svært varierende standard.

Delprosjektet bruker modeller for beregning av tilstandsutvikling under påvirkning av klimaparametere. Det kreves en tilpasning av modellene til norske forhold, gode inputparametere og et godt kalibreringsgrunnlag. Delprosjektet bygger bl.a. på Vegkapitalprosjektet, etatsprosjekt 2002 – 2005.

Ved utgivelsen av denne rapporten består arbeidsgruppen for delprosjekt 5 av

Per Otto Aursand, Statens vegvesen, Region nord (leder)
Geir Refsdal, Statens vegvesen, Region øst
Olav Lahus, Statens vegvesen, Region sør
Even Sund, Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Ivar Horvli fra ViaNova Plan og Trafikk AS
Geir Berntsen, NCC Roads



Vedlegg 5

Prosjektrapporter fra 'Klima og transport'

Rapportnr.	Tittel	Utarbeidet av
2519	Klimapåvirkning av vegbyggingsmaterialer State of the art studie	Bjørn Ove Lurfald og Inge Hoff, Sintef Byggforsk Veg- og jernbaneteknikk
2520	Vurdering av EDB-system for beregning av nedbrytning av veg	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk AS



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005