

BACHELOROPPGAVE:

**DRENERINGENS INNVIRKNING
PÅ VEGDEKKETS LEVETID**

FORFATTERE: Magnus Bechholm Myhr
Andreas Løkken
Gjøran Grimnes Tangen

Dato: 16. Mai 2016

Sammendrag

Tittel:	<u>Dreneringens innvirkning på vegdekkets levetid</u>	Dato:	16.05.16
Deltakere:	<u>Magnus Myhr</u> <u>Andreas Løkken</u> <u>Gjørán Grimnes Tangen</u>		
Veiledere:	<u>Astrid Stadheim (NTNU i Gjøvik)</u> <u>Geir Berntsen (Statens vegvesen)</u>		
Oppdragsgiver:	<u>Statens vegvesen, Region øst</u>		
Stikkord/nøkkelord	<u>Dekkelevetid, dreneringstiltak, dyp sidegrøft, sporutvikling, bæreevne</u> (3-5)		
Antall sider: 48	Antall sider vedlegg: 10	Publiseringsavtale inngått: ja	
<p>Vedlikeholdsetterslepet er stort på norske veger. Som trafikant kan man oppleve å kjøre på veger med spordannelser og andre deformasjoner som har innvirkning på trafiksikkerhet, komfort og vintervedlikehold.</p> <p>Denne rapporten har som hensikt å undersøke hvilken effekt vedlikehold av grøfter, som et drencsystem, har mot sporutvikling og dekkelevetid på fylkesveger i Region øst. Det er blitt analysert vegstrekninger i Hedmark og Oppland. På strekningene er det utført vedlikehold/utbedring av dype sidegrøfter.</p> <p>Resultatene viser at utbedringstiltakene i stor grad hadde innvirkning på sporutviklingen. Ved å se på denne utviklingen før og etter utbedringstiltak fikk vi en gjennomsnittlig forbedring med en faktor på 2,25. Dette viser at vedlikehold av grøfter er viktig for hvordan en veg håndterer den trafikkbelastningen den utsettes for, da vanninnhold har stor innvirkning på vegens bæreevne.</p>			

Abstract

Title:	<u>The drainage's influence on the pavement's lifetime</u>	Date :	16.05.16
Participants/	<u>Magnus Myhr</u>		
	<u>Andreas Løkken</u>		
	<u>Gjøran Grimnes Tangen</u>		
Supervisor(s)	<u>Astrid Stadheim (NTNU Gjøvik)</u>		
	<u>Geir Berntsen (Norwegian Public Roads Administration)</u>		
Employer:	<u>Norwegian Public Roads Administration, Region øst</u>		
Keywords (3-5)	<u>Pavement lifetime, drainage, deep ditches, rutting, bearing capacity</u>		
Number of pages: 48	Pages of appendix: 10	Availability: Open	
<p>The maintenance backlog on Norwegian roads is significant. When driving on these roads you might experience rutting and other deformations which influence safety, comfort and winter maintenance.</p> <p>This report's intention is to investigate which effect the maintenance of ditches, as a drainage system, has on the development of rutting and pavement lifetime on the county roads in Region øst. Stretches of roads in Hedmark and Oppland have been analyzed, where it has been done maintenance and improvement on deep ditches.</p> <p>The results show that the improvement measures taken in large degree influenced the rutting. By looking at this development before and after any measures were taken, we had an average improvement with a factor of 2,25. This shows that maintenance of ditches is vital for how a road handles the traffic volume it is subjected to, as moisture content has a large impact on the road's bearing capacity.</p>			

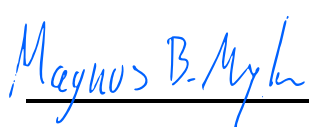
Forord

Denne hovedoppgaven er vektet med 20 studiepoeng, og er skrevet som en avsluttende del av en treårig bachelorgrad i ingeniørfag – bygg, med studieretning anleggsteknikk, ved NTNU i Gjøvik. Oppgaven er skrevet på oppdrag fra Statens vegvesen.

Temaet for oppgaven, drenering og dekkelevetid, er blitt valgt med bakgrunn i vår studieretning. I oppgaven skal vi belyse innvirkningen dreneringen har på vegdekkets levetid. Motivasjonen for valg av tema har bakgrunn i et ønske om å få en dypere forståelse angående vannets innvirkning på veger og hvordan en kan forebygge problemene som følger. Ønsket fra vår oppdragsgiver er at flere skal forstå denne sammenhengen.

Vi vil rette en takk til Statens vegvesen, deres tilgjengelige ressurser, fagpersonell og spesielt vår veileder Geir Berntsen for god oppfølging og tydelige tilbakemeldinger gjennom hele prosessen. Vi vil også takke NTNU i Gjøvik og Astrid Stadheim for god oppfølging av arbeidet.

Gjøvik, 16. mai 2015



Magnus Bechholm Myhr



Andreas Løkken



Gjøran Grimnes Tangen

Figurliste

Figur 1 Tilstandsregistreringsbil ute på oppdrag	13
Figur 2 Samspillet mellom de ulike databasene	15
Figur 3 Planmodul og tilbudsmodul	16
Figur 4 PMS-parsell på FV103 i Hedmark	16
Figur 5 Definisjon på dekkelevetid i hht Håndbok N200	17
Figur 6 Permanenta ytdeformasjoner ved cyklisk belastning	18
Figur 7 Skader kommer ofte først der hvor grunnvannstanden er høyest.....	20
Figur 8 Eksempel på poretrykkskurver.....	20
Figur 9 Resiliente tøyninger - forholdet mellom spenning og tøyning.....	22
Figur 10 E-modulen for granulære materialer varierer med finstoff- og vanninnhold.....	23
Figur 11 Deformasjon som funksjon av vanninnhold.....	23
Figur 12 Andel av feltlengde hvor spordybde, jevnhet eller begge deler har vært utslagsgivende for dekkefornyelse innen fylkene i Region øst	24
Figur 13 Åpen drengroft ved ulike overbygninger.....	25

Tabelliste

Tabell 1 Case 1 FV 104	27
Tabell 2 Case 2 FV 370	30
Tabell 3 Case 3.1 FV 51	33
Tabell 4 Case 3.2 FV 51	36
Tabell 5 Case 3.3 FV 51	39

Definisjoner og forkortelser

SVV:	Statens vegvesen
90-percentil:	90-percentil (også kalt 90/10% -verdi) vil si at 10% av en parsell på 1000 m tillates å ha en dårligere verdi enn den angitte grenseverdien
ÅDT:	Årsdøgntrafikk. Verdi som tilsier det totale antall kjøretøy som passerer et snitt av en veg i løpet av et år, dividert med 365
NVDB:	Nasjonal VegDataBank
PMS:	Pavement Management System
VTI:	Statens väg- och trafikinstitut (Fra Sverige)
Vegoverbygning:	Vegens oppbygning fra planum (også kalt vegkonstruksjon)
Vegfundament:	Overbygning minus slite- og bindlag

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
Abstract	3
Forord	4
Figurliste	5
Tabelliste	5
Definisjoner og forkortelser	6
1 Innledning	9
1.1 Bakgrunn	9
1.2 Problemformulering.....	10
1.3 Problemstilling.....	10
1.4 Avgrensning.....	10
2 Metodikk	12
2.1 Metode benyttet	12
2.2 Bruk av litteratur.....	12
2.3 Casestudie	12
3 Teori	13
3.1 Tilstandsregistrering	13
3.2 Nasjonal vegdatabank (NVDB)	15
3.3 Pavement management system (PMS)	15
3.4 Dekkelevetid	16
3.5 Vannets innvirkning	17
3.6 Grøfter	24
4 Resultater	26
4.1 Case 1 - FV 104	27
4.2 Case 2 - FV 370	30
4.3 Case 3.1 - FV 51	33

4.4	Case 3.2 – FV 51	36
4.5	Case 3.3 – FV 51	39
5	Diskusjon	42
5.1	Diskusjon av metode og utførelse	42
5.2	Diskusjon av resultater og analyse	43
5.3	Oppsummering	45
5.4	Veien videre	45
6	Referanseliste	47
	Vedlegg A – Mailkorrespondanse	49
	Mail 1	49
	Mail 2	50
	Mail 3	51
	Vedlegg B – Vegbilder	52
	Case 1	52
	Case 2	53
	Case 3.1	55
	Case 3.2	56
	Case 3.3	58

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Det har over tid oppstått et betydelig forfall på riks- og fylkesvegnettet sett i forhold til gjeldende standard for drift og vedlikehold. I 2003 publiserte SVV vegkapitalprosjektet ”Beregning av vedlikeholdsetterslep for riksvegnettet” hvor det kom frem at vedlikeholdsetterslepet på riksvegnettet var beregnet til 11,3 milliarder kroner og fylkesvegnettet til 10,8 milliarder kroner (1). I en kartlegging gjort av SVV i 2012, som en del av arbeidet med Nasjonal transportplan for 2014 – 2023, kommer det frem at vedlikeholdsetterslepet er langt verre enn tidligere antatt (2).

Kartleggingen viser at det vil koste omlag 25 – 40 milliarder kroner bare for å fjerne etterslepet på riksvegnettet. Av dette knyttes 25% seg til vegdekker som inkluderer vegfundament og drenering (2). På fylkesvegnettet er kostnadene for etterslepet beregnet til 45 – 75 milliarder kroner. Av dette er hele 46% relatert til vegdekker som også inkluderer vegfundament og drenering (3). Dette sier noe om usikkerheten i kostnadsoverslaget som ble gjort i 2003 ved at myndighetene først nå begynner å innse det reelle behovet på vegnettet. Kartleggingen må sees i forhold til forvaltningsreformen som i 2010 innebar at om lag 17000 km veg ble overført fra stat til fylkeskommunene (4).

Maskin-entreprenørenes forening (MEF) er en frittstående bransje- og arbeidsgiverorganisasjon som representerer over 2000 bedrifter. MEF har utarbeidet en rapport der de bygger opp under rapportene til SVV. Her forklares konsekvensene som kan medfølge etterslepet på fylkesvegnettet:

Forfallet på fylkesvegnettet er et resultat av at vedlikehold har hatt lav prioritet de siste 20-25 årene. De samfunnsøkonomiske konsekvensene av forfall på vegnettet er for det første knyttet til redusert fremkommelighet og trafikkikkerhet. Etterslepet bidrar også til høyere driftskostnader. Dype hjulspor i vegdekket vanskeliggjør vinterdriften av vegene, og resultatet blir større behov for brøyting og unødvendig saltbruk. Videre kan vedlikeholdsetterslepet resultere i at det må utføres mer omfattende og kostbare tiltak enn hva som ville vært tilfellet dersom vedlikehold var blitt utført i rett tid (5).

I følge Dagfin Gryteselv i SVV ble det i 2015 brukt 3,1 milliarder kroner på dekkevedlikehold på riks- og fylkesvegene i Norge, bare på fylkesvegene ble det brukt 1,8 milliarder

(se vedlegg A, mail 1). Kostnadene for dekkevedlikeholdet er sterkt avhengig av vegfundamentets egenskaper som blant annet er sterkt avhengig av dreneringsforholdene. SVV og fylkeskommunene ønsker gode metoder og vedlikeholdssystemer for å øke dekkelevetiden på vegnettet, men mange tiltak kan være meget komplekse og kostbare.

1.2 Problemformulering

Drenering er viktig for at vegkonstruksjonen skal fungere som forutsatt. Vann vil kunne trenge inn i overbygningen på ulike måter. Et funksjonelt asfaltdekke er blant annet designet for å forhindre at vann infiltreres ned i konstruksjonen, samtidig skal et korrekt tverrfall medføre at vannet ledes ut i et drencsystem. Med klimaet som i dag er i stadig endring, med større nedbørsmengder, er det viktig å se til at dreneringen langs vegnettet fungerer som tiltenkt. Oppsamlet vann påvirker vegkonstruksjonens egenskaper når det gjelder bæreevne og levetid. Mangelfull drenering vil også kunne medføre telehiv (6). Et åpent drencsystem som sidegrøfter vil som regel ha større reservekapasitet og sikkerhet ved flom kontra et lukket drencsystem (18).

I oppbygningen av oppgaven er det studert flere tidligere rapporter som omtaler de problemene som belyses. Etter en gjennomgang av rapportene tilsier gruppens forståelse at det i stor grad fokuseres på viktigheten av den generelle dreneringen, altså alle dreneringstiltak som kan bidra til å bedre vegens bæreevne og dekkelevetid. I denne oppgaven er det ønskelig å fokusere på et enkelt og rimelig tiltak for å se om dette kan gi en lignende effekt som blir presentert i den tidligere forskningen.

Ved å se på tiltak for å drenere vannet ut og vekk fra vegoverbygningen, vil oppgaven vurdere hvor stor innvirkning et dreneringstiltak har med tanke på dekkelevetiden. Dekkelevetiden bestemmes ut fra årlige tilstandsmålinger utført av SVV, der blant annet spordybden er en viktig parameter. Oppgaven tar for seg historiske spordybdemålinger på aktuelle strekninger hvor det er blitt utført dreneringstiltak.

1.3 Problemstilling

Hvilken effekt har et godt vedlikehold av dreneringen på dekkelevetiden?

1.4 Avgrensning

For å velge relevante strekninger er det satt visse kriterier som må oppfylles:

- Vegen skal ikke være nyetablert
- Vegen skal ha en ÅDT inntil 5000
- Det skal være utført dreneringstiltak i form av utbedring eller etablering av dyp sidegrøft
- Utbedringstiltaket skal være utført i forkant av dekkelegging
- Spordybden i vegdekket skal analyseres før og etter et drenstiltak
- Dekkeleggingen skal være utført på et tidspunkt som gir minimum 3 spordybdemålinger etter dekkelegging
- Oppgaven forholder seg til Statens vegvesen Region Øst
- Det skal velges mellom 3-10 relevante vegstrekninger

2 Metodikk

2.1 Metode benyttet

Oppgaven baserer seg i hovedsak på kvantitative analyser av data hentet fra NVDB123 og PMS2010. Data fra disse programmene har blitt eksportert til Excel, slik at det ble mulig å produsere grafer som viser sporutviklingen på valgte vegstrekninger. En lineær regresjonsanalyse har blitt utført på målingene for å få et stigningstall før og etter et dreneringstiltak med påfølgende legging av asfaltdekke. Vi har i tillegg valgt å se på PMS-parsellene som de valgte casene er en del av. Ved å sammenligne sporutviklingen skal vi se om den potensielle forbedringen er en tendens kun for valgt case, eller om dette er en generell utvikling for hele parsellen.

2.2 Bruk av litteratur

Gjennom prosjektet har det hovedsakelig blitt benyttet fagbøker, artikler og andre fagrapporter som var relevante for prosjektet, samt håndbøker, normaler og rapporter utgitt fra SVV. Tidligere forskning fra blant annet Sverige og Finland er også brukt for å finne bakgrunnsinformasjonen til retningslinjene gitt i håndbøkene. I stor grad har det blitt benyttet internett i søket etter relevant fagstoff. Her har det blitt benyttet databasene; Google, Google scholar og Oria.

Søkeord som har blitt brukt:

På norsk: *drenering, drenering av veg, grøfting, åpne grøfter, dype sidegrøfter, grøftevedlikehold, dekkelevetid, vegdekke, drenering og dekkelevetid, porevann, poretrykk, effektivspenning, kornkontakt, geoteknikk veg, vegoppbygning, utforming av dype sidegrøfter,* med flere.

På engelsk: *roadex, VTI Sweden, resilient modulus, drainage and roads, pavement, bearing capacity, water ditches, trenches, water behavior soils, soilmechanics,* med flere.

2.3 Casestudie

Casestudien består av fem vegstrekninger fordelt på tre fylkesveger hvor det har blitt utført vedlikehold eller utbedring av dype sidegrøfter. Flere vegstrekninger ble presentert etter samtaler og rådgivning fra fagpersonell i SVV. Samtlige vegstrekninger ble gjennomgått og kontrollert opp mot avgrensingene som ble satt for oppgaven. Med bakgrunn i dette ble fem av strekningene funnet representative for videre arbeid mot problemstillingen.

3 Teori

3.1 Tilstandsregistrering

SVV utfører tilstandsregistreringsmålinger på stort sett alle riks- og fylkesveger hvert år. Med profilmålesystemet ViaPPS blir det målt spor-, jevnhets- og tverrfallsmålinger, som alle er indikatorer på hvordan tilstanden til et vegdekke utvikler seg (6).



Figur 1 Tilstandsregistreringsbil ute på oppdrag (Foto: Knut Opeide. Gjengitt med tillatelse fra SVV)

Før 2007 ble ALFRED (Automatisk Linjal For REgistrering av Dekketilstand) brukt av SVV. Denne hadde en gammel målebjelke med 17 ultralydsensorer og målingene ble påvirket av brukerens kjøremønster. Dagens ViaPPS har 1 roterende lasersensor og kjøremønsteret er uvesentlig da laseren skanner hele kjørefeltet, samt at målingene startes automatisk ved hjelp av GPS. Laserskanneren er utviklet av ViaTech AS i nært samarbeid med SVV som i dag har tatt i bruk 15 ViaPPS systemer (6).

Laserskanneren registrerer:

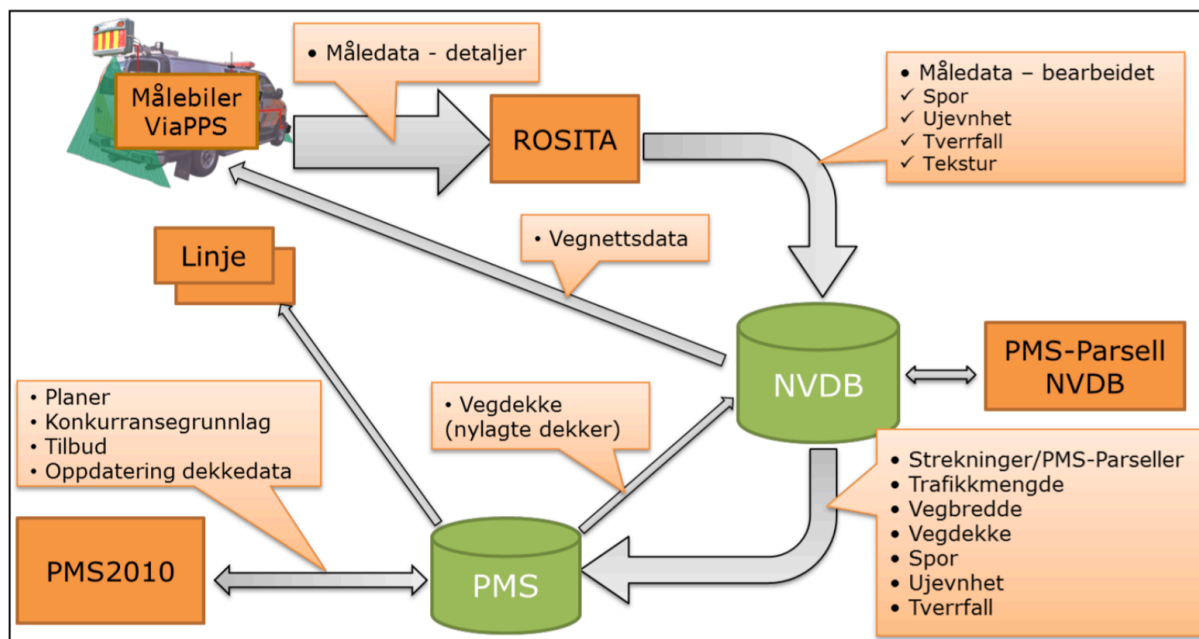
- *Tverrprofil (spordybder, tverrfall, vegmerkingslinjer, enkelte skader, bl.a. sprekker)*
- *Lengdeprofil (jevnhet/IRI)*
- *Tekstur, ruhet (kan indirekte også indikere noe om friksjon (6, s.145))*

Man kan ikke fastslå nøyaktig hva som blir levetiden for et nytt dekke, men hvis man måler tilstanden over flere år kan man se en tendens til når Vedlikeholdsstandarden sier man har behov for et nytt dekke. I praksis er det kun parameteren spordybde (jevnhets på tvers) man kan måle for å se en slik tendens. Jevnhets på langs (IRI - International Roughness Index) kan også brukes, men den endrer seg normalt så lite fra år til år at en framstilling av dekkelevetiden på samme måte som ved spordybden vil bli unøyaktig (6).

For å måle spordybden blir det brukt forskjellige beregningsmetoder. For brede veger benyttes det som kalles en bunnrettholt. Her legges rettholten (digitalt) i bunnen av sporene og sporet er da definert som avstanden mellom rettholten og ryggen mellom sporene. På smalere veger som ofte har deformasjoner i kantene og er «runde» på overflaten, erstattes bunnrettholten med en snor eller en krumholt (krummet linjal). Spordybden angis som den største verdien av avstanden fra snoren eller krumholten og ned i sporet (Geir Berntsen i SVV, 2016 personlig meddelelse).

Samtidig som det blir målt spor, jevnhet og tverrfall, blir det tatt stillbilder av vegen og sideterrenget for hver 20. meter. Det er utviklet et program, ViaPhoto, som enkelt kan vise vegbildene. Her kan man simulere kjøring av vegen i ønsket hastighet, mulighet til å måle de virkelige breddene på ulike objekter med en linjal/målestokkfunksjon, og visuelt kartlegge hvordan tilstanden til vegen og sideområdene, som blant annet grøfter, utvikler seg fra år til år (6).

Dataene fra riks- og fylkesvegene blir oppdaterte hvert år, samtidig som de eldre beholdes for å kunne vurdere tilstanden over flere år. Figur 2 viser hvordan de forskjellige dataprogrammene jobber med informasjonen som blir innhentet fra tilstandsregistreringsbilene.



Figur 2 Samspillet mellom de ulike databasene. (Illustrasjon: Triona AS. Gjengitt med tillatelse fra SVV)

3.2 Nasjonal vegdatabank (NVDB)

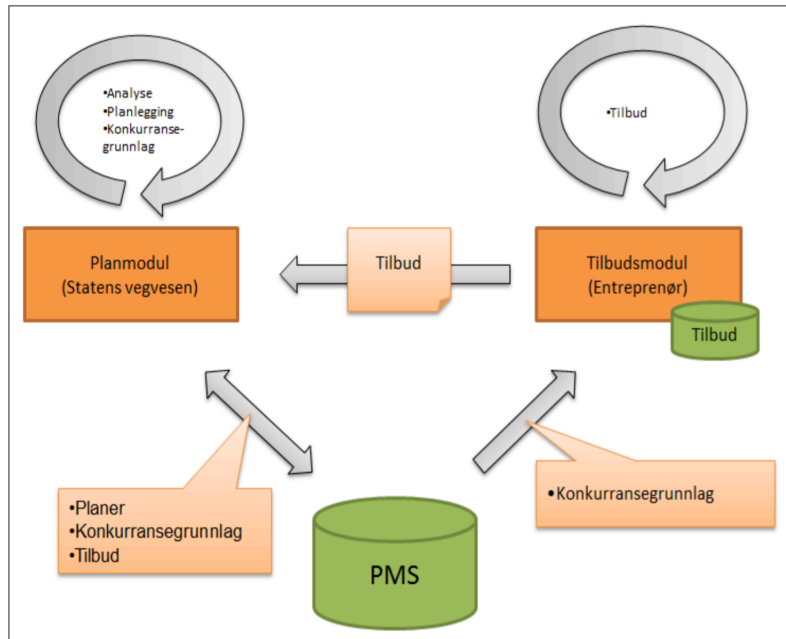
”Nasjonal vegdatabank (NVDB) er et dataverktøy for effektiv drift, forvaltning og utvikling av hele det offentlige vegnettet med tilhørende fagdata på en samfunnsnyttig måte” (7, s.3).

Hovedmålet med NVDB er å ha et verktøy som kan tilby ønskede data og statistikker for ulike kategorier med tilstrekkelig og lik kvalitet til brukerne.

De detaljerte lasermålingene fra tilstandsregistreringsbilene blir registrert per kjørefelt, omregnet til representative tilstandsverdier og lagt inn i NVDB for hver 20. meter veglengde. I programmet NVDB123 vil det være mulig å utarbeide rapporter med ønskede spormålinger, eller annen relevant informasjon, fra valgte vegstrekninger. Herfra kan dataene bli eksportert til ulike filformat, blant annet pdf, docx, eller xlsx for analyse og bearbeidelse.

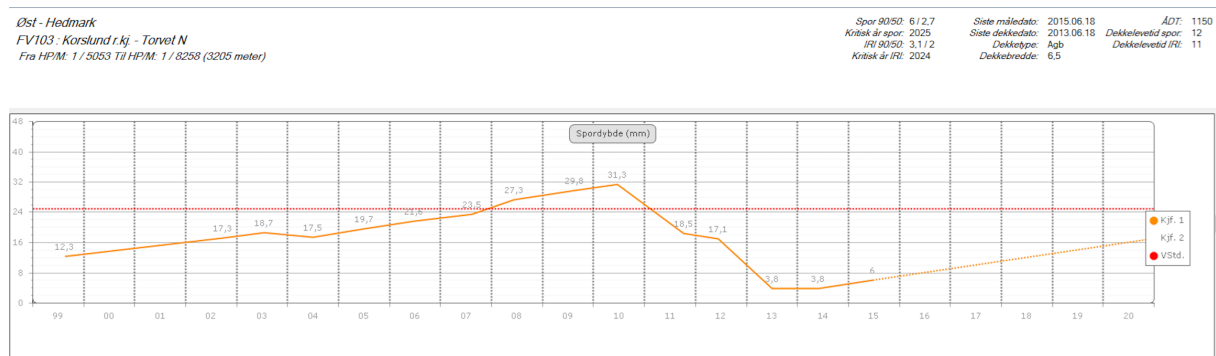
3.3 Pavement management system (PMS)

Pavement management system (PMS) er et dekkeforvaltningssystem/dataverktøy for systematisk oppfølging og planlegging av dekkevedlikehold. SVV bruker i dag programmet PMS2010, som inneholder en tilbudsmodul for entreprenører og en planmodul for vegvesenet. Begge modulene henter ut data fra en dedikert PMS-database som importerer informasjon som spordybder, jevnhet, ÅDT, dekkebredde og PMS-parseller fra NVDB (6).



Figur 3 Planmodul og tilbudsmodul. (Illustrasjon: Triona AS. Gjengitt med tillatelse fra SVV)

I denne oppgaven har det blitt benyttet planmodulen hvor en kan hente ut data for ønskede delstrekninger. Slike delstrekninger blir i PMS kalt PMS-parseller. De viktigste funksjonalitetene i planmodulen for oppgavens del er; kartfunksjon og bilder, tilstandsutvikling for enkeltparseller, tilstand langs en vegstrekning, og historisk dekkelegging. PMS-parsellene skal være mest mulig homogene og helst være over 1000 m lange. Ved å se på tilstandsutviklingen (historisk og framskrevet) for enkeltparseller kan en se sporutviklingen gjennom flere år som kan gi et anslag over dekkelevetiden.

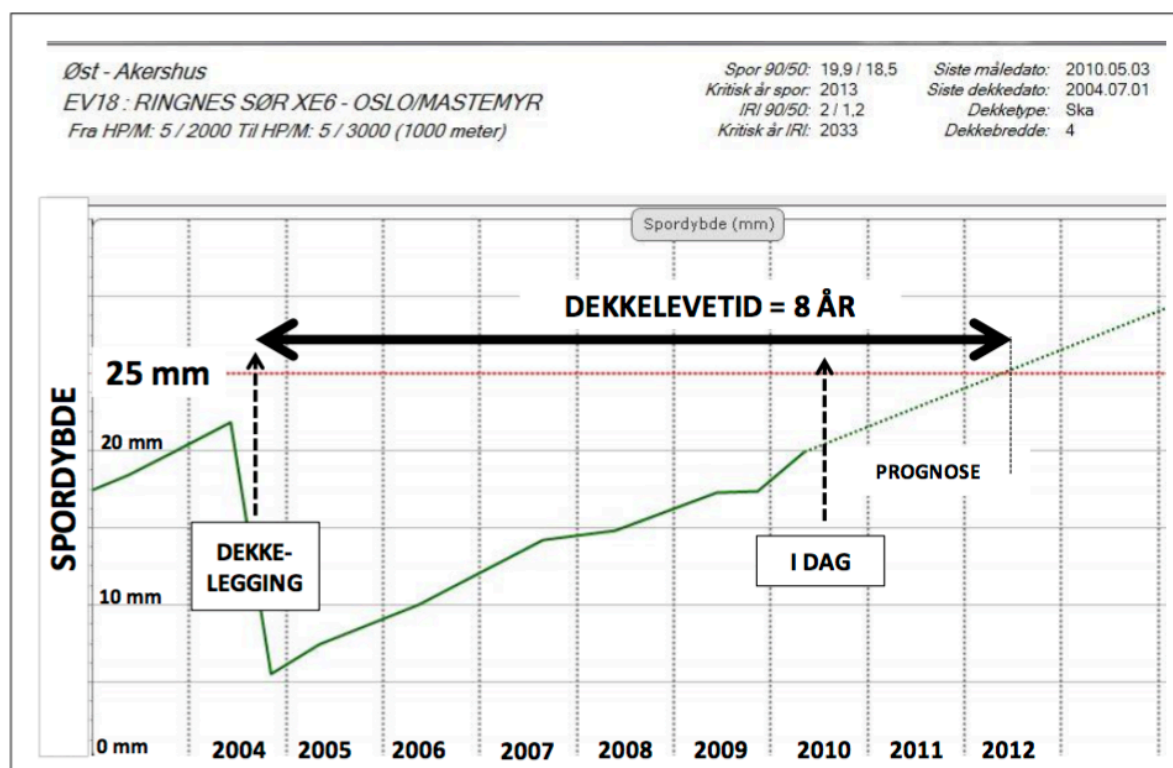


Figur 4 PMS-parsell på FV103 i Hedmark. (Grafikk gjengitt med tillatelse fra SVV)

3.4 Dekkelevetid

Dekkelevetiden regnes fra dekkelegging til tilstandskravene i Vedlikeholdsstandarden (R610) er overskredet, uavhengig av når asfalteringen virkelig vil finne sted. Kravene til jevnhet på tvers (spordybde) er gitt i R610 hvor grenseverdiene er angitt som 90-percentiler (90/10% - verdier). For vegger med ÅDT > 5000 skal 90/10% -verdien ikke overskride 20 mm, og for

veger med $\text{ÅDT} \leq 5000$ er dette kravet 25 mm. Dersom vi antar 5 mm initialspor vil det tillates 20 mm sporøkning før kravet til maksimum spor er nådd på vegger med $\text{ÅDT} \leq 5000$ (6). I figur 5 illustreres dekkelevetid etter definisjonen i N200.



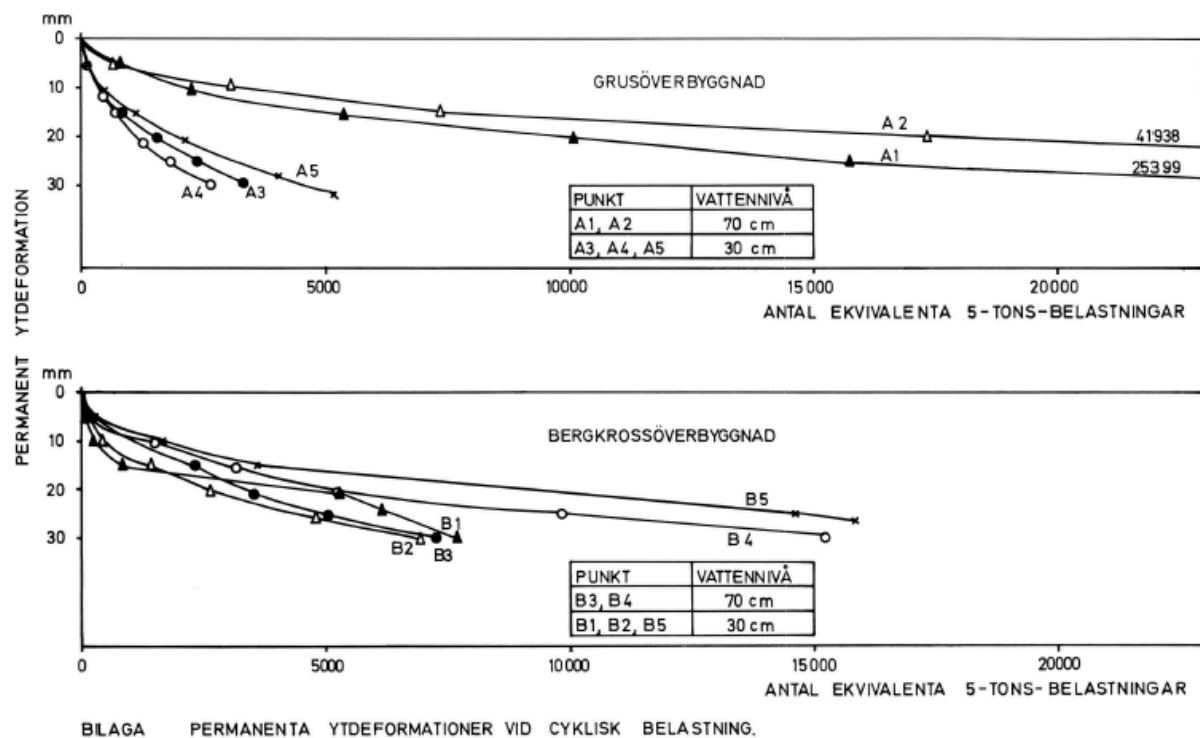
Figur 5 Definisjon på dekkelevetid i hht Håndbok N200 (Utskrift fra PMS. Gjengitt med tillatelse fra SVV)

Det er viktig å understreke at dekkelevetid er en teoretisk beregnet verdi da man ikke kan vite hva dekkelevetiden blir for et nytt dekke.

3.5 Vannets innvirkning

I 1977 ble det, av Statens veg- og trafikk institutt i Sverige, utført et forsøk for å kartlegge grunnvannets betydning for bæreevnen til vegoverbygningen (8). Det ble bygget opp to forskjellige vegger på en telefarlig undergrunn, en med overbygning av grus og en med puk. Dette forsøket representerer mange norske vegger på en god måte. Materialene i en vegkonstruksjon består av korn- og stein-partikler i ulike størrelser, samt porer med luft og vann. På eldre norske vegger er det oftest vegkonstruksjoner uten definert struktur og som består av stedlige masser. Disse massene er sjeldent egnet for en vegkonstruksjon da de ikke er ensartet, innholdet av finstoff er høyt og forholdene ligger til rette for kapillær stigning av vannet (Geir Berntsen i SVV, personlig meddelelse). Denne typen materialer får sin fasthet gjennom et kontaktrykk som danner en friksjonskraft mellom kornpartiklene, også kjent som effektivspenning (9).

I forsøket ble de to vegene satt opp i et betongbasseng hvor grunnvannsnivået fullt ut kunne kontrolleres, slik at vegens oppførsel ved forskjellig grunnvannsnivå kunne dokumenteres. De valgte å benytte seg av to forskjellige grunnvannsnivåer; et hvor vannet lå 30 cm under vegdekket og et hvor det lå 70 cm under vegdekket. I forsøket påførte de dynamiske belastninger med et fallodd, samt gjentatte sykliske overførter med en belastningsvogn som ved hvert forsøk tilsvarte over 34 000 ekvivalente 5 tonns aksler. I overbygningen av grus ble bæreevnen redusert til 10% - 25% av den opprinnelige verdien ved de sykliske belastningene og 30% ved de dynamiske belastningene når grunnvannstanden ble hevet fra -70 cm til -30 cm. Overbygningen av pukk viste seg langt mer stabil ved endring av grunnvannsnivået. Når grunnvannsnivået ble hevet fra tørr tilstand til -70 cm, ble bæreevnen redusert til 3,5% av utgangspunktet ved falloddsprøver. Grafene i figur 6 viser målt deformasjon i millimeter, som funksjon av antall overførter av ekvivalente 5-tonnsaksler ved ulikt grunnvannsnivå (8).

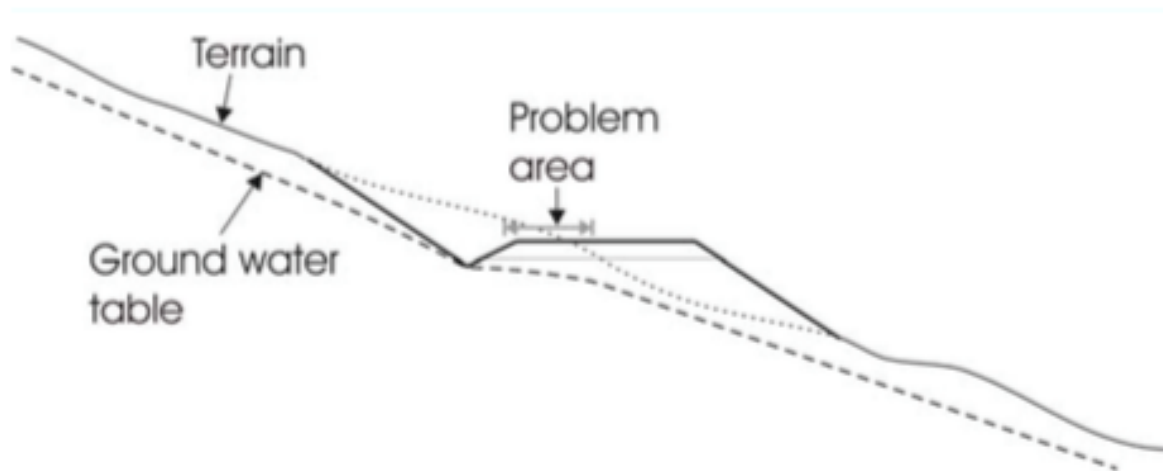


Figur 6 "Permanenta ytdeformasjoner ved cyklisk belastning. (Gjengitt med tillatelse fra VTI)

Linje A1, A2, B3 og B4 viser målingene med vannivå -70 cm. A3, A4, A5, og B1, B2, B5 viser målingene ved vannivå -30 cm. Den nedre grafen, med overbygning av pukk, viser ingen entydig sammenheng mellom deformasjon og vanninnhold, mens grafen for grusoverbygningen viser en klar endring i deformasjonenes utviklingen ved endring av vanninnhold. Statens veg- og trafikkinstittutt konkluderte med at grunnvannsnivået er av største betydning for vegkonstruksjonens bæreevne (8).

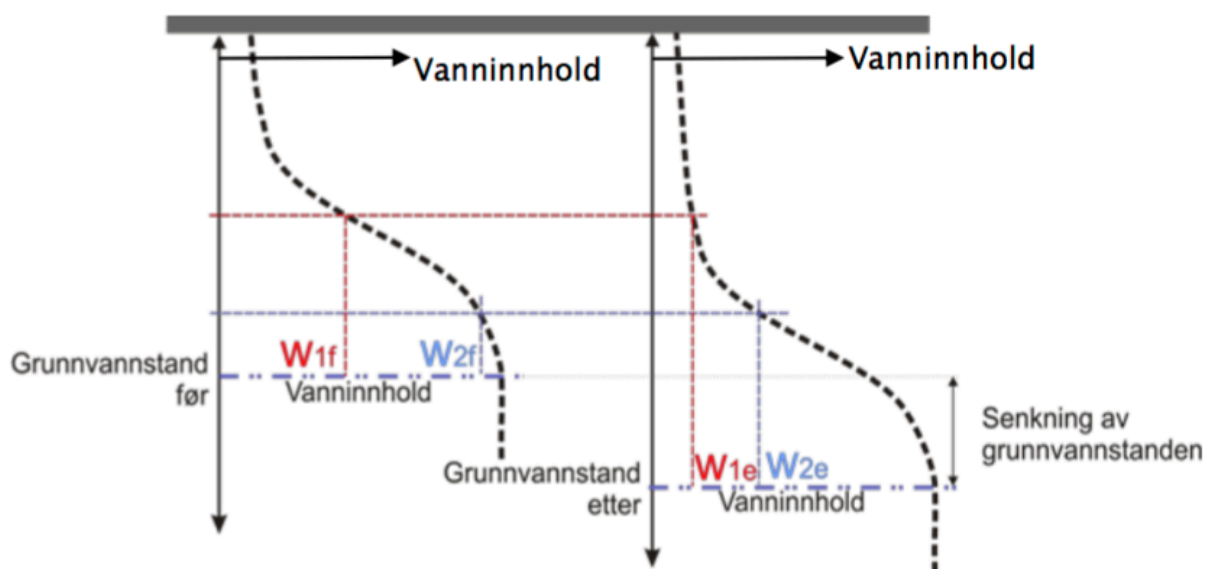
Grunnen til dette er at poretrykket, som tilsvarer trykket fra vannet i porene, øker som følge av en pålastning og har dermed direkte innvirkning på effektivspenningen. Da effektivspenningen er lik differansen mellom totalspenning og poretrykket, vil effektivspenningen bli lavere jo større poretrykk som opptrer (10). Når vegen belastes, skal hovedsakelig effektivspenningen fordele belastningene nedover i massene. Men dersom porene er mettet med vann, vil porene ta opp belastningene og gi en redusert friksjon som fører til at materialet lettere deformeres (9). Ved hyppige belastninger, vil ikke vannet alltid få tid til å dreneres ut av materialene (6). Vannet vil presses opp i overbygningen, effektivspenningen reduseres og bæreevnen blir gradvis redusert for hver passering. Med tiden vil poretrykket utlignes, og da effektivspenningen og fastheten har direkte sammenheng med stabilitet og bæreevne, vil også stabilitet og bæreevne variere med tiden (10).

Roadex Network er et nord-europeisk forskningsprogram hvor de ønsker å skape samarbeid rundt forskning og dele erfaringer angående vanlige problemer tilknyttet veg. Ut fra dette programmet er det kommet mange rapporter som belyser viktigheten av god drenering i forbindelse med vegkonstruksjonen. I 2005 ble det i forbindelse med Roadex II programmet utarbeidet en rapport "Drainage on low traffic volume roads" av Geir Berntsen og Timo Saarenketo (11). Her ønsket de å fokusere på problemer som utilstrekkelig drenering forårsaker på lavtrafikkerte veger. De konkluderte tydelig med at fuktighet reduserer bæreevnen og at endringene er størst i tette materialer med høyt innhold av finstoff. De konkluderte også tydelig med at det var store forskjeller i spordybden og jevnhet på veger i skrånende terreng, der det på skjæringssiden var tydelig større sporutvikling enn på fyllingssiden. Dette dokumenterte de med at 20% av de analyserte vegene hadde på skjæringssiden en spordybde som var ca. 1,5 ganger større enn på motsatt side. Tilsvarende hadde 88% av de analyserte vegene en spordybde som var mer enn 1 gang større på skjæringssiden. Figur 7 viser en illustrasjon av grunnvannsstrømmen i skrånende terreng.



Figur 7 Skader kommer ofte først der hvor grunnvannstanden er høyest. (Illustrasjon: Roadex II. Gjengitt med tillatelse fra Geir Berntsen)

Figur 8 viser hvordan vanninnholdet avtar i vegoverbygningen ved forskjellig nivå på grunnvannet. I figuren illustreres to poresugskurver før og etter senkning av grunnvannstanden. Ved å gjennomføre et dreneringstiltak kan en se at poresugskurven parallellforskyver seg til et lavere nivå. Dette betyr at vanninnholdet reduseres i vegoverbygningen og øker bæreevnen i konstruksjonen (6). På tilsvarende måte vil vanninnholdet bli forskjellig dersom en veg ligger i skrånende terreng, og sporutviklingen vil i teorien være mindre på siden med lavest grunnvannstand.



Figur 8 Eksempel på poretrykkskurver. (Illustrert og gjengitt med tillatelse av Geir Berntsen)

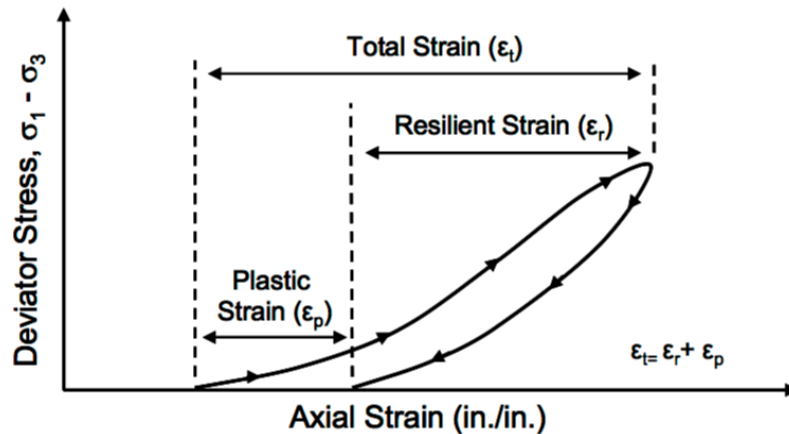
I Roadex II ble det svenske dimensjoneringsystemet PMS Objekt benyttet for å demonstrere at levetiden til vegdekket ville øke betraktelig dersom dreneringen ble forbedret. De konkluderte i sin rapport med at vedlikehold av dreningssystemet er kostnadseffektivt og at dette

er noe som burde bli prioritert. Det første steget i forbedringen av en veg burde bli å gjennomføre dreneringstiltaket 1-2 år før dekkelegging (11).

Ut fra Roadex III programmet kom rapporten ”Developing drainage guidelines for maintenance contracts” av Timo Saarenketo (12). Her har han klassifisert tilstanden og kvaliteten til drensssystemet på en oversiktlig måte. Han beskrev dreneringsforholdene i form av klasse 1, klasse 2 og klasse 3. Klasse 1 beskriver en grøft med gode dreneringsforhold. Denne klassen beskriver en drensgrøft som er feilfri og hvor vannet renner uhindret av dekket, ut i grøften og videre uten hindringer. Klasse 2 beskriver tilstrekkelige dreneringsforhold. Her vil vannet få noen mindre hindringer av vegbanen, i grøften vil det samles mindre dammer og noe vegetasjon vil være etablert. Klasse 3 viser dårlige dreneringsforhold. Her vil det være alvorlige forhold som hindrer tilstrekkelig drenering. For eksempel høye kanter som hindrer vannet å renne av vegen og grøfter som blir til et basseng hvor vannet er hindret fra å renne unna.

For å understreke viktigheten av drenering og tilstanden på drensssystemet, ble det i 2012 gjort et forsøk i Sverige som førte til rapporten ”Vägens strukturella tillståndsförändring vid igensättningsförsök”. Her valgte de ut en vegstrekning med et lukket drensssystem hvor bæreevnen hadde vært et problem. I forsøket blokkerte de dreneringen for å se hvor stor effekt det ville ha på stivheten (e-modulen) til materialene når vanninnholdet i vegkonstruksjonen økte. Her kom de frem til at bæreevnen ble redusert med 35% i undergrunnen og 38% i forsterkningslaget ved å påføre drensssystemet en dårligere dreneringsklasse (13).

For å beskrive spordannelse i vegdekke må en se til de resiliente tøyningene. Der e-modulen vil ha en elastisk sone hvor all tøyning, i teorien, går tilbake til utgangspunktet, vil resilientmodulen ta høyde for at det alltid vil finne sted en plastisk tøyning. Her fokuseres det på de faktisk gjenvinnbare tøyningene. Ved belastning av materialene i en vegoverbygning, vil det stort sett alltid forekomme en større eller mindre plastisk deformasjon. I en god overbygning vil denne være minimal, men etter et stort antall belastninger vil disse komme til syne i form av spordannelser i vegdekket (14).

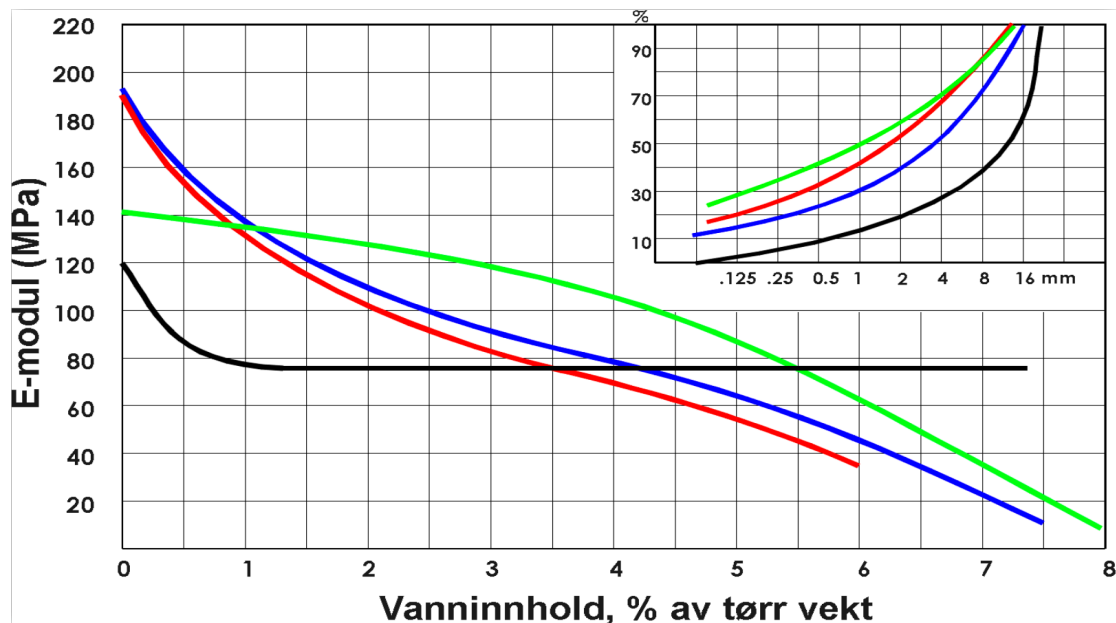


Figur 9 Resiliente tøyninger - forholdet mellom spenning og tøyning. (Illustrert og gjengitt med tillatelse fra Shane Buchanan)

Figuren viser hvordan den totale belastningen fordeler seg mellom en plastisk deformasjon og en resilient tøyning. Den plastiske deformasjonen og den resiliente tøyningen vil stå i forhold til materialets stivhet.

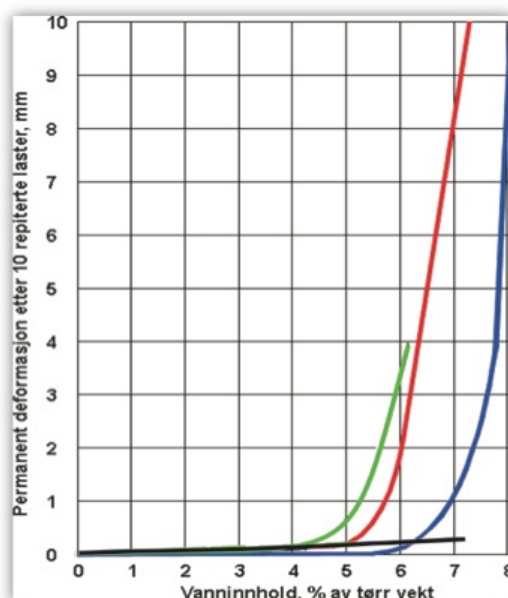
Materialets E-modul beskriver deformasjonsmotstanden for et elastisk materiale og er angitt som forholdet mellom påført spenning og elastisk tøyning. Her beskrives materialets evne til å bli utsatt for en belastning, for så å unngå en varig deformasjon (15). Jo høyere e-modul verdien er, desto stivere er materialet, noe som vil være fordelaktig for materialene i en vegoverbygning. Granulære materialer er ikke et elastisk materiale, men i mange sammenhenger, som i denne undersøkelsen, er de antatt å være elastiske.

I lærebok "Drift og vedlikehold av veger" er det beskrevet E-modulen til granulære materialer med ulikt finstoffinnhold, hvor E-modulen er bestemt med ulikt vanninnhold. Den svarte linjen er et materiale uten finstoff og vi kan se at E-modulen nesten ikke påvirkes. De andre materialene, med finstoffinnhold, svekkes gradvis jo mer vanninnholdet øker. For to av materialene reduseres eksempelvis E-modulen fra 140 MPa ved 1 % vanninnhold til 20 MPa ved 7-7,5 %. Dette er en reduksjon til 1/7 og betyr i praksis at ved samme belastning økes den elastiske tøyningen 7 ganger ved denne økningen av vanninnholdet.



Figur 10 E-modulen for granulære materialer varierer med finstoff- og vanninnhold. (Illustrert og gjengitt med tillatelse fra Geir Berntsen)

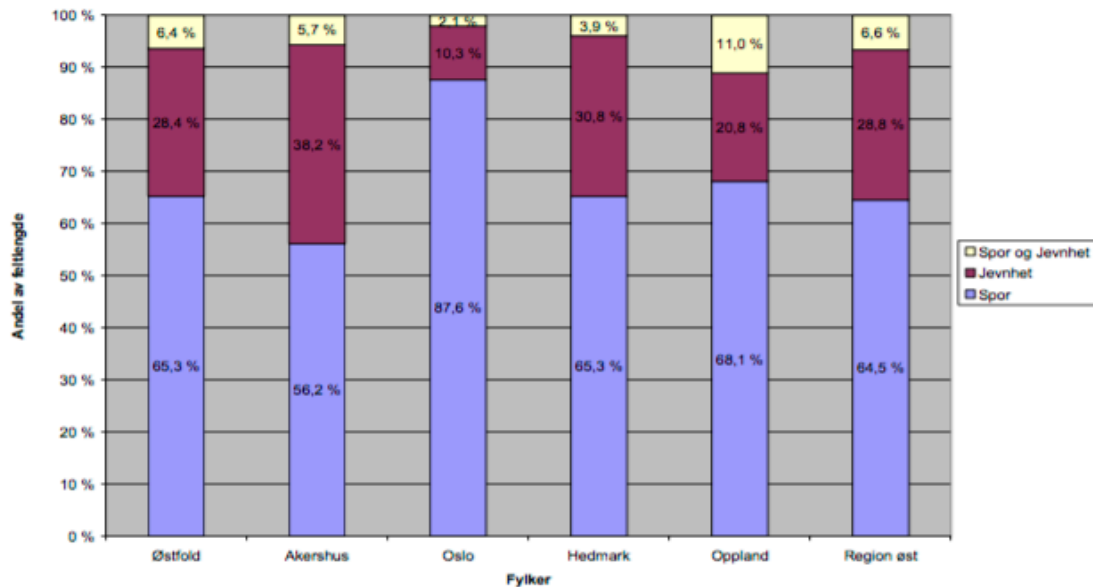
Figur 10 kan også sees i sammenheng med figur 11 som viser deformasjonen i materialer med ulikt finstoffinnhold i forhold til vanninnholdet. Her er den plastiske deformasjonen problemet som ved mange gjentatte belastninger vil summeres opp til en uønsket stor deformasjon; for eksempel deformasjon som gir spor.



Figur 11 Deformasjon som funksjon av vanninnhold. (Illustrert og gjengitt med tillatelse fra Geir Berntsen)

Når det kommer til norske forhold ble det i 2010 skrevet en hovedoppgave av tre studenter fra høgskolen i Oslo i samarbeid med SVV. Denne ble kalt "Studie av dekkelevetider i Region Øst" og ble senere til "Rapport 2604" av SVV (16). De tok utgangspunkt i en tidligere Sintef-

rapport, hvor ønsket var å se om det var skjedd en utvikling i dekkelevetiden i løpet av de fem siste årene. Som undersøkelser til oppgaven valgte de å se på hvilke faktorer som var utslagsgivende for dekkefornyelse i Statens vegvesen, Region øst. I figur 12 viser de tydelig at det var spordybde som i størst grad var utslagsgivende faktor.



Figur 12 Andel av feltlengde hvor spordybde, jevnhet eller begge deler har vært utslagsgivende for dekkefornyelse innen fylkene i Region øst. (16, gjengitt med tillatelse fra SVV)

Det at sporutvikling kan forekomme som et resultat av høyt vanninnhold i vegoverbygningen kan også forankres i håndbok V261 – ”Skadekatalog for bituminøse vegdekker”, hvor de beskriver at skadetyper spor kan forekomme som følge av ustabil bærelag og/eller forsterkningslag på grunn av mangelfull drenering (17).

3.6 Grøfter

Når offentlig veg skal planlegges, skal dette skje etter plan- og bygningsloven. Dimensjonering skal skje etter retningslinjene gitt i normalene for vegbygging (18). Det er flere håndbøker som setter krav til funksjon av drens-systemet, for eksempel ”Standard for drift og vedlikehold av riksveger” (R610) og ”Vegbygging” (N200). N200 er vegbyggingsnormalen og beskriver ulike krav og retningslinjer. I forhold til drenering beskrives fire funksjonskrav:

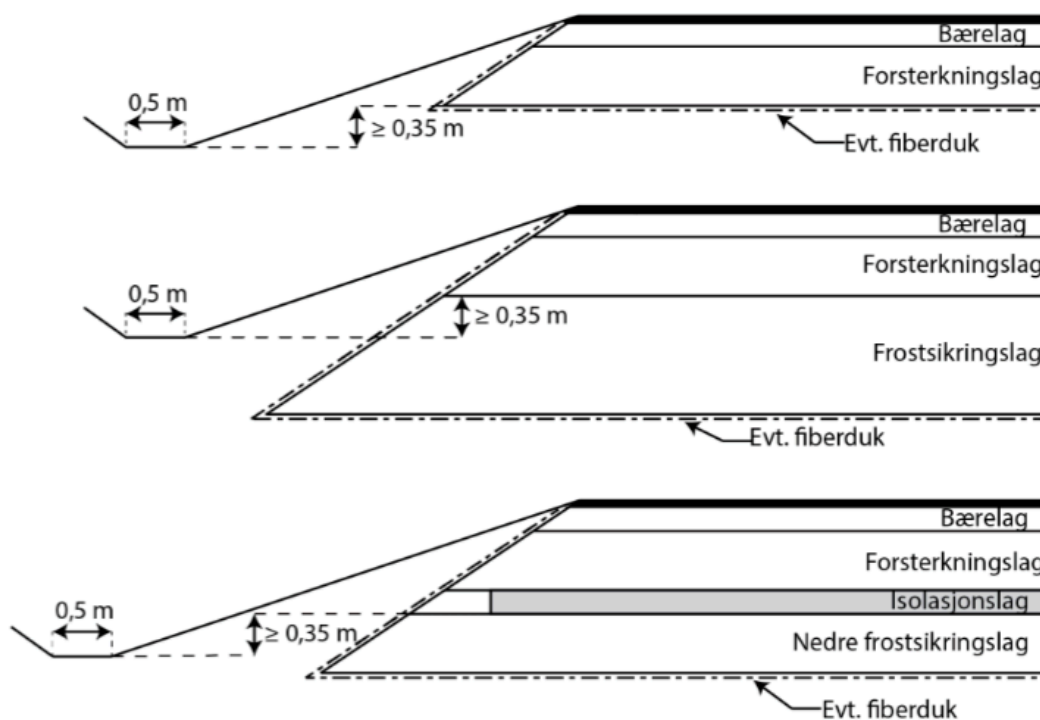
Veganleggets avvannings- og drens-systemet skal være funksjonsdyktig under aktuelle vær- og klimaforhold året gjennom, og i hele veganleggets levetid.”

- Sikre planlagt bæreevne
- Sikre avrenning fra kjørebane/skuldre

- Sikre mot skader ved oversvømmelse
- Sikre mot ras, utglidning, erosjon som følge av overflatevann eller vann i grunnen (18, s.123)

Hovedsakelig definerer N200 to ulike typer drensssystem; åpent system og lukket system. En av hovedfordelene med et åpent system er at det gir lave anleggskostnader sammenlignet med et lukket system (18).

I håndbok R610 beskrives grøfteklasse 1, grøfteklasse 2 og dyp sidegrøft. Disse klassene beskriver driftskravene til de ulike dreneringstypene, i tillegg til at R610 setter krav om at grøftebunn skal ha kontinuerlig fall i avrenningsretningen. Ved nyetablering av veger skal det anlegges grøfteklasse 1. Dette betyr at vegen og drensssystemet er bygget i henhold til N200 (19). Her beskrives tydelig hvordan en nyetablert dyp sidegrøft skal bygges. Figur 13 viser hvor grøftebunnen skal ligge i forhold til forsterkningslaget.



Figur 13 Åpen drensgrøft ved ulike overbygninger. (18, Gjengitt med tillatelse fra SVV)

Samtidig understrekes det at ved større utbedringsarbeider bør åpen drenering bygges med normalprofil som for nye anlegg (18). Som nevnt tidligere i oppgaven er det mange norske veger uten definert oppbygning. Ved en dyp sidegrøft beskriver håndbok R610 at grøftedybden skal være større enn overbygningens høyde. Ved etablering eller utbedring av grøftene må en da anta størrelsen på overbygningen, hvor resultatet kan bli at grøften blir for grunn til en gi den ønskede effekten.

4 Resultater

Denne delen av oppgaven inneholder informasjon, data og kartplott hentet fra Nasjonal vegdatabank gjennom dataprogrammene NVDB123 og PMS2010. Alt som blir presentert er gjengitt og brukt med tillatelse fra SVV. Grafene er egenproduserte i Excel.

Forklaring til grafene:

- Angir årlige spormålingsverdier basert på 90-percentiler
- Angir grenseverdien for spordybde for fylkesveger med ÅDT ≤ 5000 (25 mm)
- _____ Angir trendlinje for spormålingsverdier basert på 90-percentiler
- Viser endringen i spordybden ved dekkelegging

Resultatene presenteres ved hjelp av:

- Faktatabell
- Kartplott - viser lokaliseringen til aktuell strekning og terrengprofil
- Graf for casestrekning
- Graf for PMS-parsell
- Kort analyse av funnene

Vegbildene i vedlegg B viser utviklingen på de valgte strekningene.

Utfra grafene beregnes teoretisk dekkelevetid etter formel:

$$a \text{ (stigningstall)} * x \text{ (dekkelevetid)} = (25 \text{ mm} - 5 \text{ mm}(\text{initialspor}))$$

$$\rightarrow x = 20/a$$

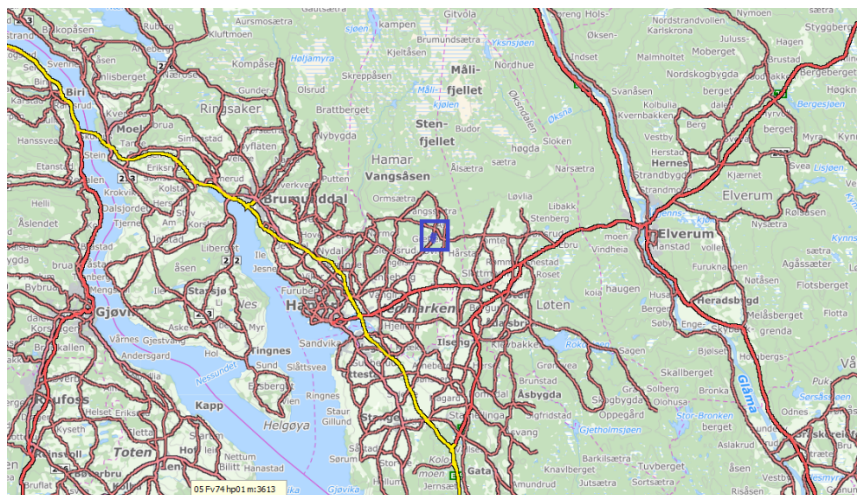
Det blir også beregnet en forbedringsfaktor på stigningstallet etter formel:

$$a_{\text{før}} / a_{\text{etter}} = \text{faktor}$$

4.1 Case 1 – FV 104

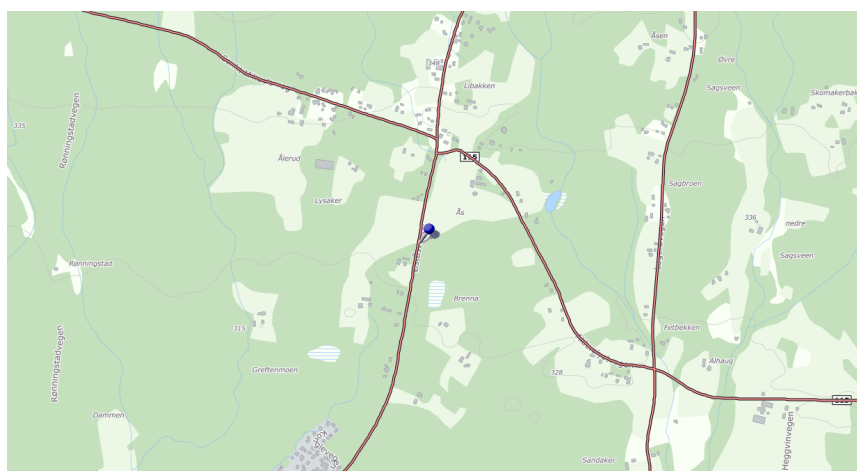
Tabell 1 Case 1 FV 104

Fylke	Hedmark
Kommune	Hamar
Veiklassifisering	Fylkesveg
HP	2
Meterverdier	3011m – 3071m (60 meter)
ÅDT	775
Tiltak	Rensket/forbedret grøft felt 1, fjernet vegetasjon, nytt dekke. (observert)
År for tiltak	2011



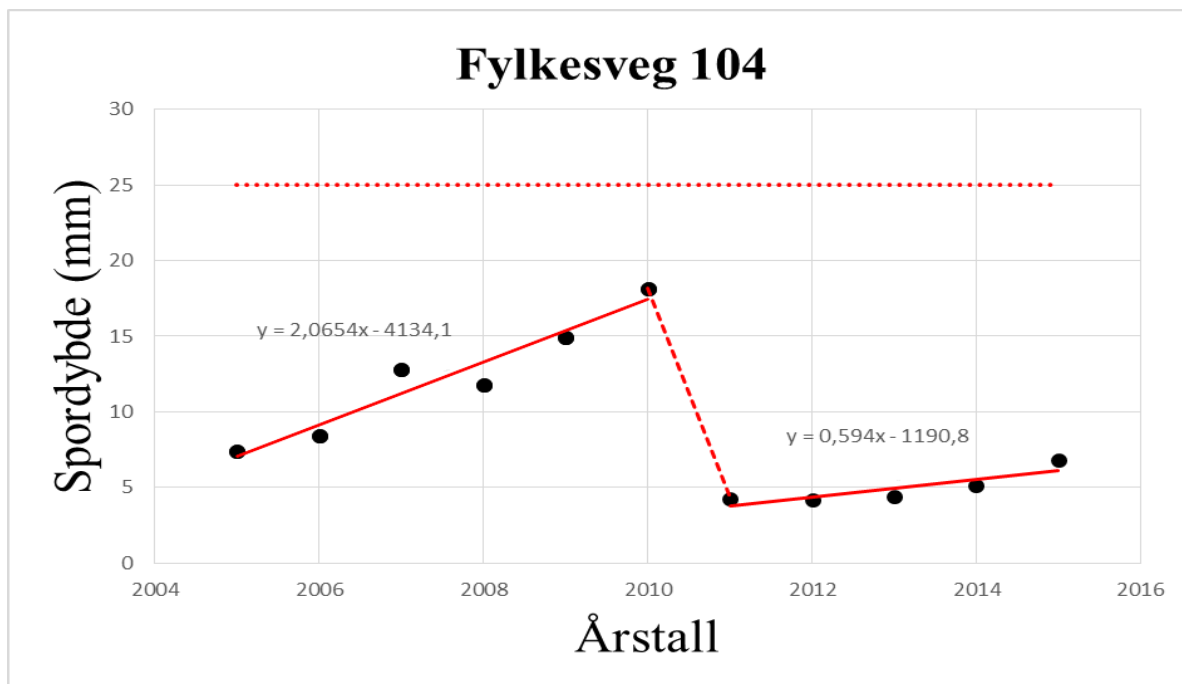
Oversiktskart

Strekningen er lokalisert nord-øst for Hamar, i nærheten av Gåsbu.



Kartplott

Flatt terreng.



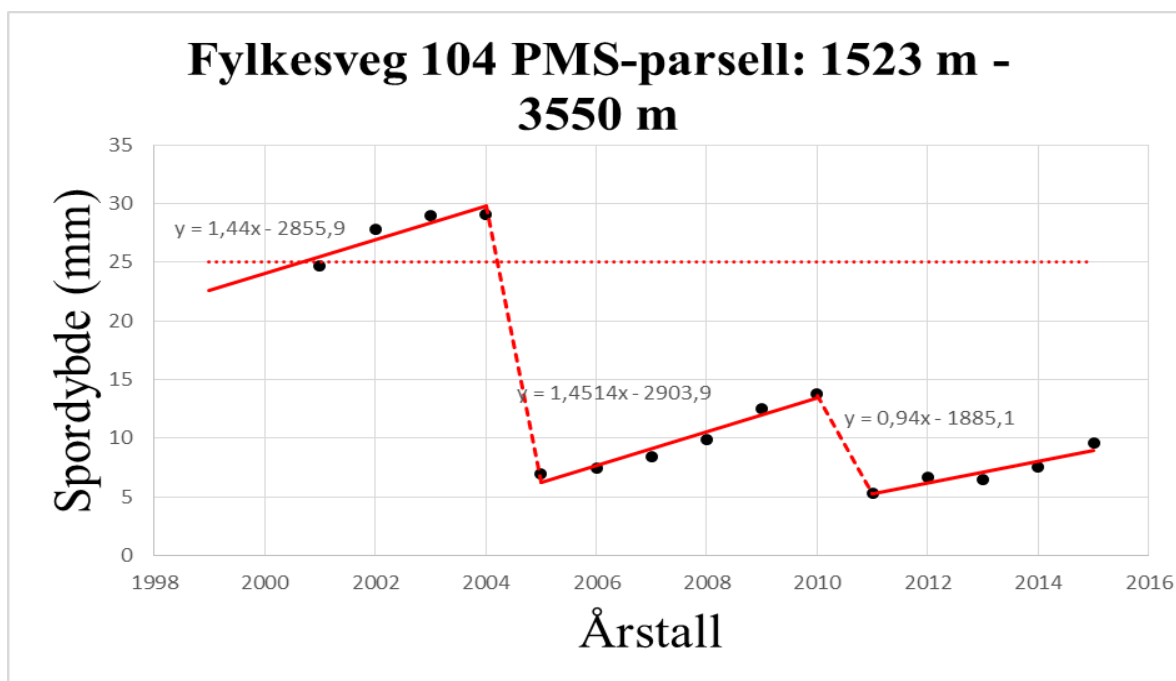
Dekkelevetid:

Dekkelevetid før: 9,7 år

Dekkelevetid etter: 33,67 år

Forbedringsfaktor:

3,48



Forbedringsfaktor:

1,54

Caseanalyse:

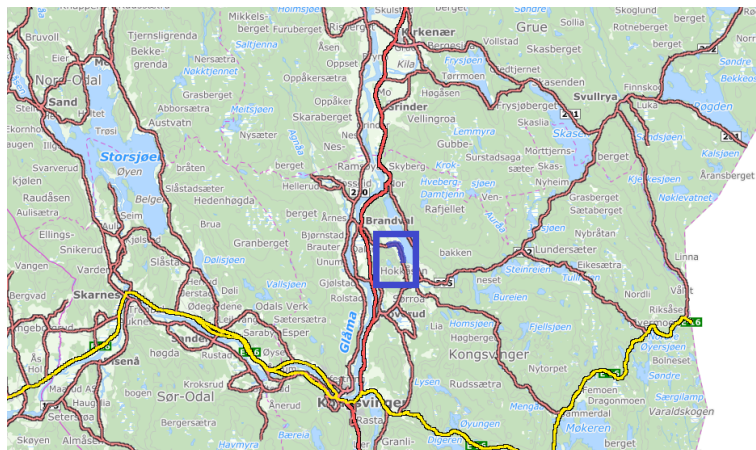
Spordetaljgrafen viser en god forbedring i sporutviklingen etter utført tiltak i grøfter og legging av vegdekke. Før utført tiltak viser målingene en gjennomsnittlig utvikling med 2 mm pr. år. Etter tiltak er utviklingsraten nede på 0,6 mm pr. år. På denne strekningen, hvor grøftene er blitt utbedret, gir sporutviklingen et forholdstall på 3,48 ganger forbedring.

Grafen som illustrerer sporutviklingen over hele PMS-parsellen viser en annen rytme. Her er det to dropp i spordybden. Ved forbedring nr. 1 er utviklingen tilnærmet lik før og etter dekkelegging hvor gjennomsnittlig spordannelse er 1,45 mm pr. år. Etter grøftetiltak og dekkelegging i 2011 viser PMS-parsellen en positiv utvikling da grafen viser en sporutvikling på 0,94 mm. Dette kan kobles til økt styrke som skyldes nytt dekke, men samtidig er forbedringen i casestrekningen større enn i PMS-parsellen totalt. Forbedringsfaktoren langs PMS-parsellen er kun 1,54.

4.2 Case 2 – FV 370

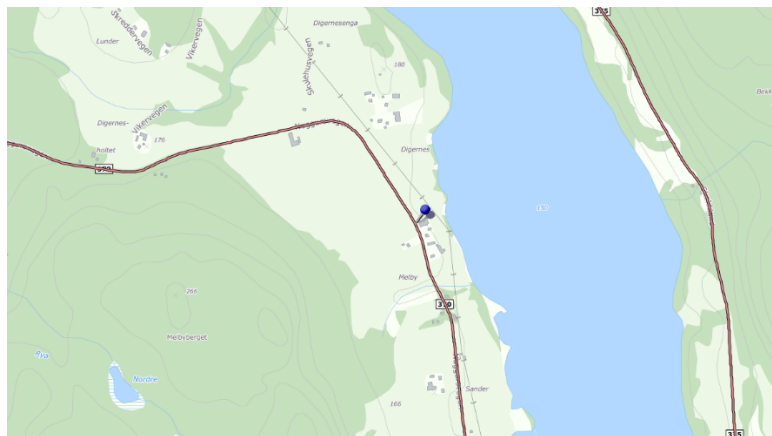
Tabell 2 Case 2 FV 370

Fylke	Hedmark
Kommune	Kongsvinger
Veiklassifisering	Fylkesveg
HP	1
Meterverdier	3250m – 3700m (450 meter)
ÅDT	200
Tiltak	Forbedre/etablere dypere grøfter felt 2, delvis plastring av grøfteside, stikkrenner, nytt dekke. (Bekreftet av fagperson SVV)
År for tiltak	2011 - 2012



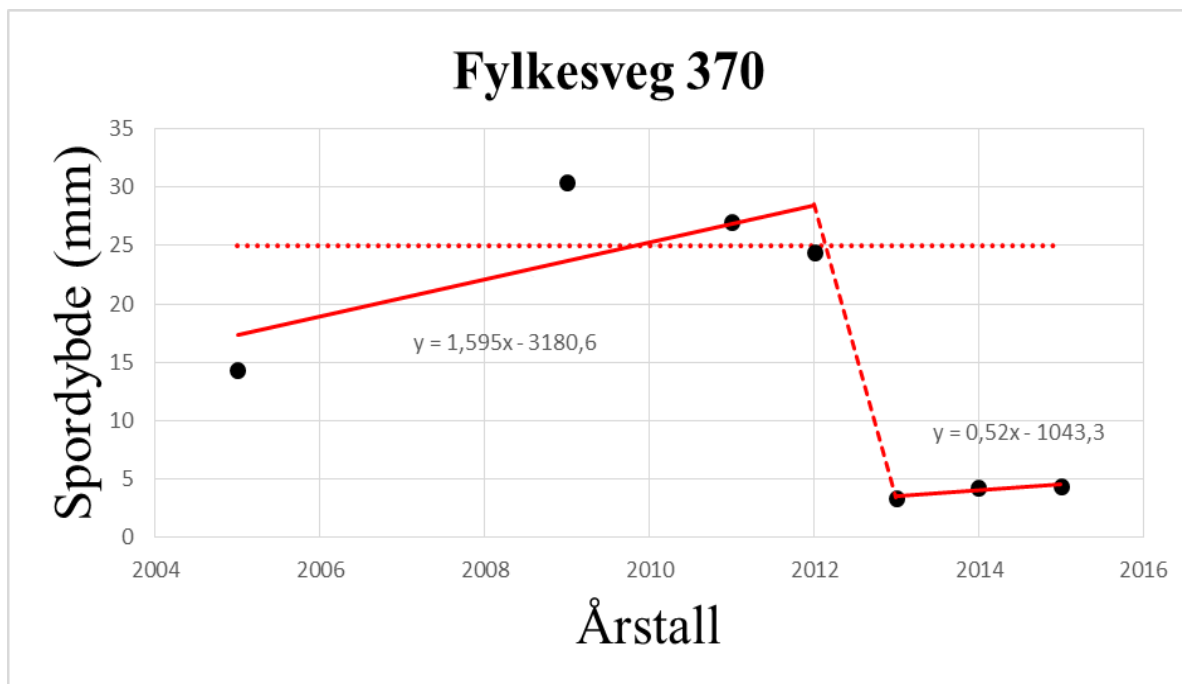
Oversiktskart

Strekningen er lokalisert mellom Roverud og Brandval, nord for Kongsvinger.



Kartplott

Vegen bryter dyrket mark, og terrenget er flatt/skrånende mot sjø.



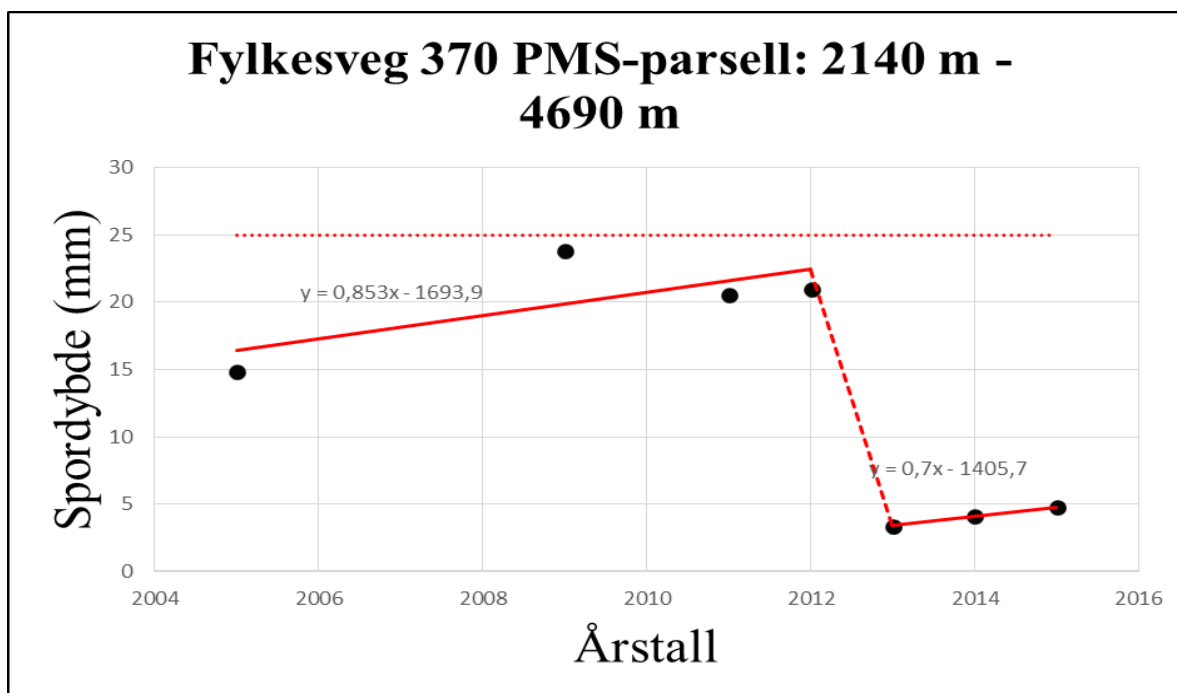
Dekkelevetid:

Dekkelevetid før: 12,54 år

Dekkelevetid etter: 38,46 år

Forbedringsfaktor:

3,07



Ingen forbedring

Caseanalyse:

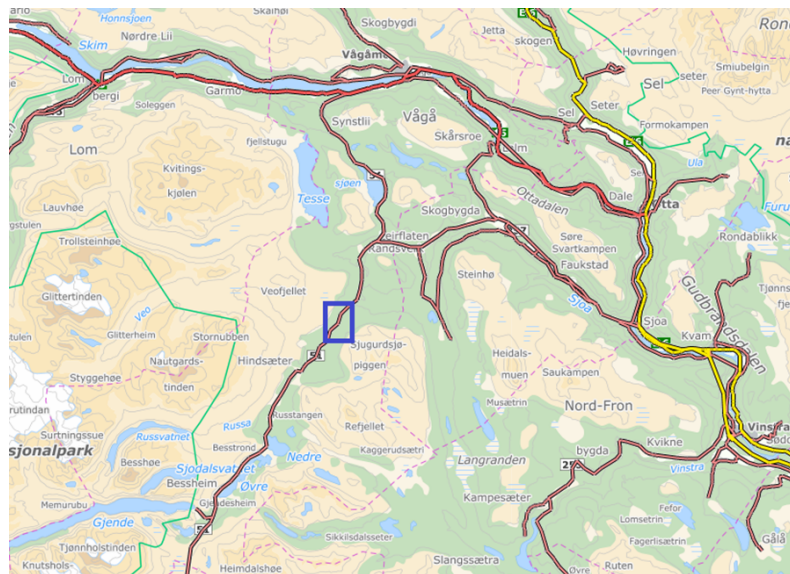
Spordetaljgrafen for casestrekningen viser god forbedring av stigningstallet etter grøftetiltak, stikkrenner og nytt dekke. Før gjennomføring av tiltak viser grafen en utvikling på 1,6 mm per år. Målingene etter dekkelegging viser en utvikling på kun 0,52 mm per år. Dette gir en forbedringsfaktor på 3,07.

PMS-parsellen viser en minimal forbedring i forhold til sporutvikling ved dekkelegging med en forbedringsfaktor kun på 1,2. Disse målingene er også vesentlig lavere i forhold til casestrekningen.

4.3 Case 3.1 – FV 51

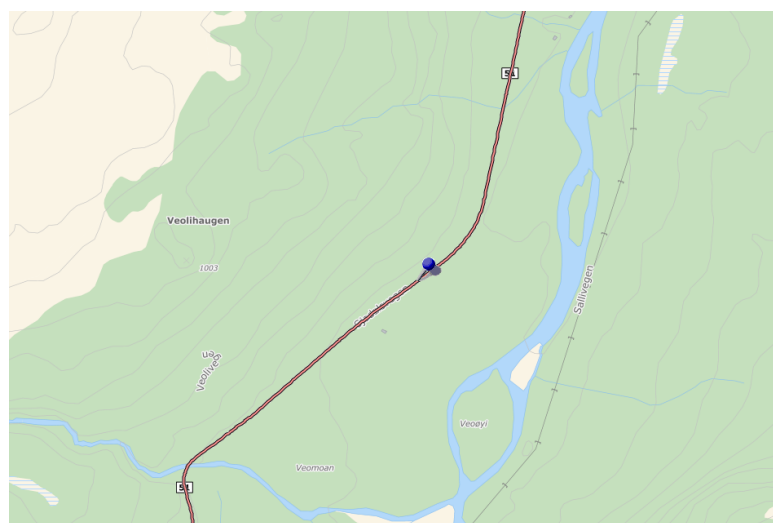
Tabell 3 Case 3.1 FV 51

Fylke	Oppland
Kommune	Vågå
Veiklassifisering	Fylkesveg
HP	9
Meterverdier	5780m – 6221m (441 meter)
ÅDT	722
Tiltak	Forbedret grøfter, nytt dekke. (Observert)
År for tiltak	2012



Oversiktskart

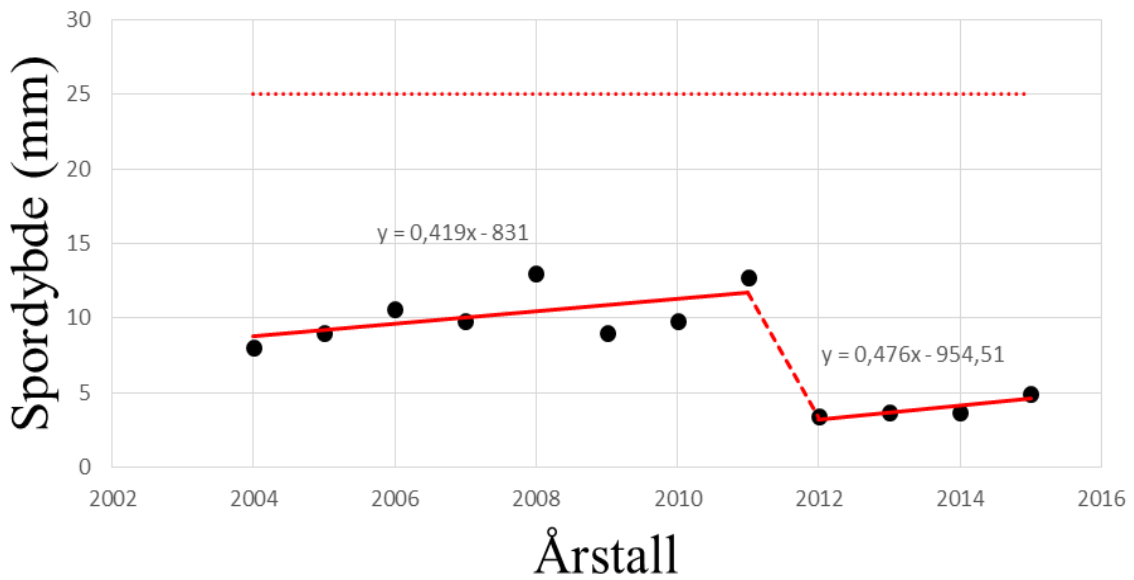
Strekningen er lokalisert mellom Vågåmo og Gjendesheim (Besseggen) og er en del av den kjente nasjonale turistvegen Valdresflya.



Kartplott

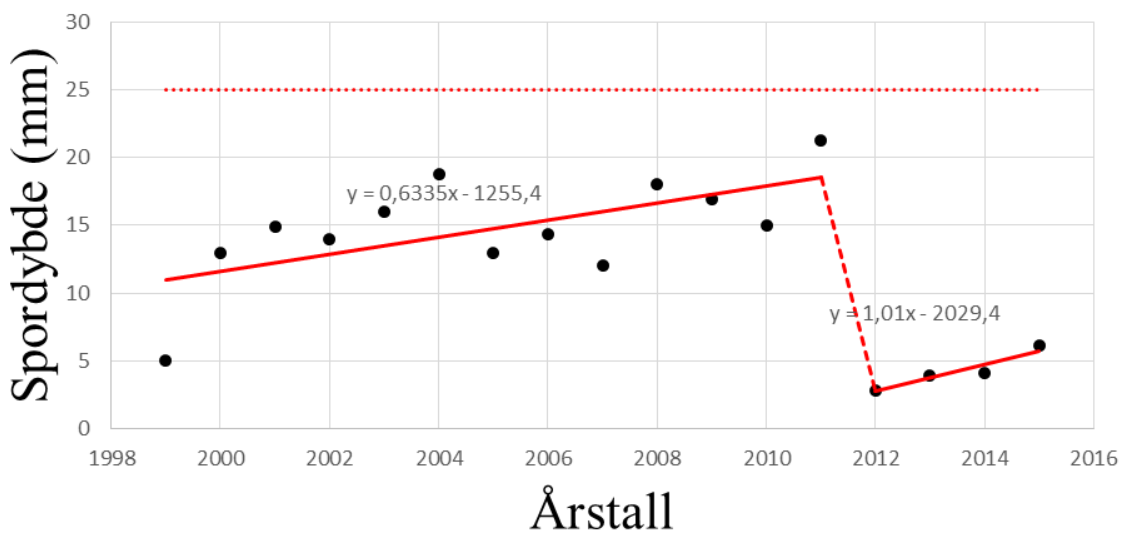
Terrenget er generelt skrånende fra vest. Vegen ligger i skog.

Fylkesveg 51 (3.1)



Ingen forbedring

Fylkesveg 51 PMS-parsell: 6000 m - 7000 m



Ingen forbedring

Caseanalyse:

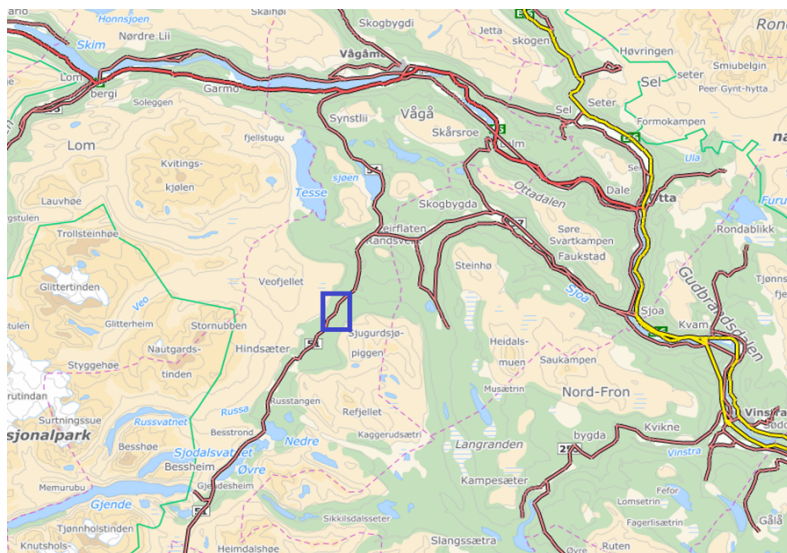
Case 3.1 viser ingen forbedring etter gjennomført tiltak da målingene heller antyder en utvikling som går imot det som kunne forventes. Utviklingen går fra 0,42 mm før tiltak til 0,48 mm etter tiltak. Sammenlignet med resten av casene, var også utviklingen meget god før tiltaket og ligger under den generelle utviklingen til PMS-parsellen.

PMS-parsellgrafene viser store variasjoner i målingene fra år til år, men også her tyder det på at utviklingen går i negativ retning. Utviklingen før tiltak ligger på 0,63 mm mens etter tiltak er utviklingen oppe i 1 mm. Case 3.1, 3.2 og 3.3 ligger innenfor samme PMS-parsell

4.4 Case 3.2 – FV 51

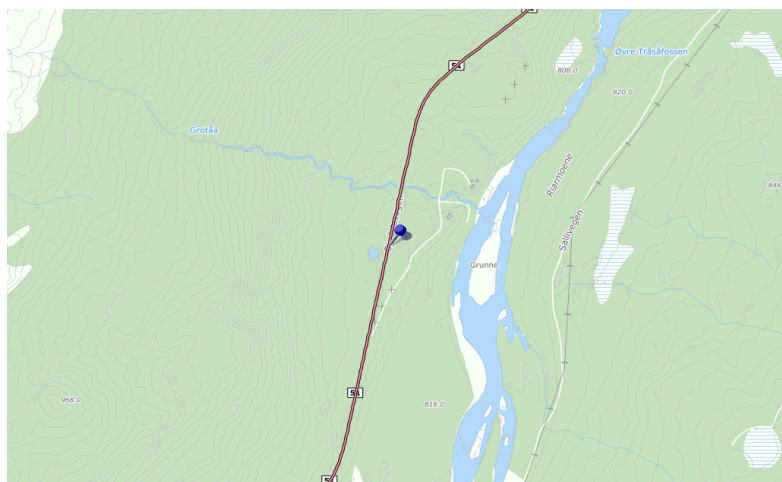
Tabell 4 Case 3.2 FV 51

Fylke	Oppland
Kommune	Vågå
Veiklassifisering	Fylkesveg
HP	9
Meterverdier	6601m – 6741m (140 meter)
ÅDT	722
Tiltak	Forbedret grøfter, lapping, nytt dekke. (Observert)
År for tiltak	2011 - 2012



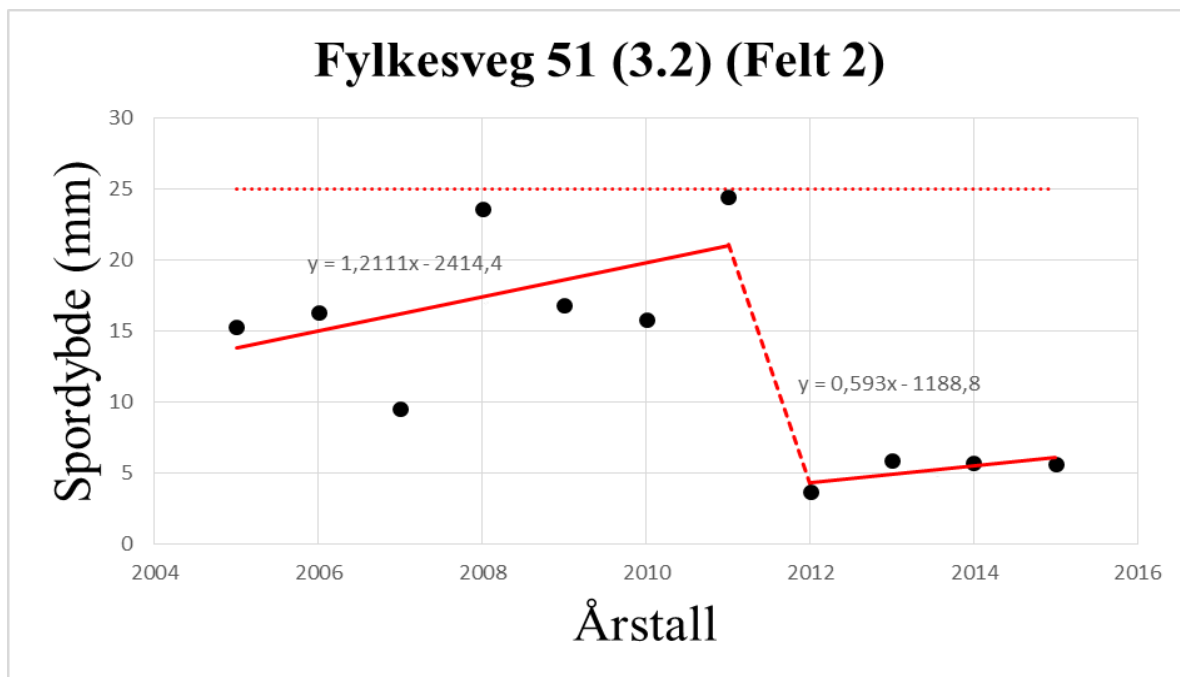
Oversiktskart

Strekningen er lokalisert mellom Vågåmo og Gjendesheim (Besseggen) og er en del av den kjente nasjonale turistvegen Valdresflya.



Kartplott

Terrenget er generelt skrånende fra vest. Vegen ligger i skog.



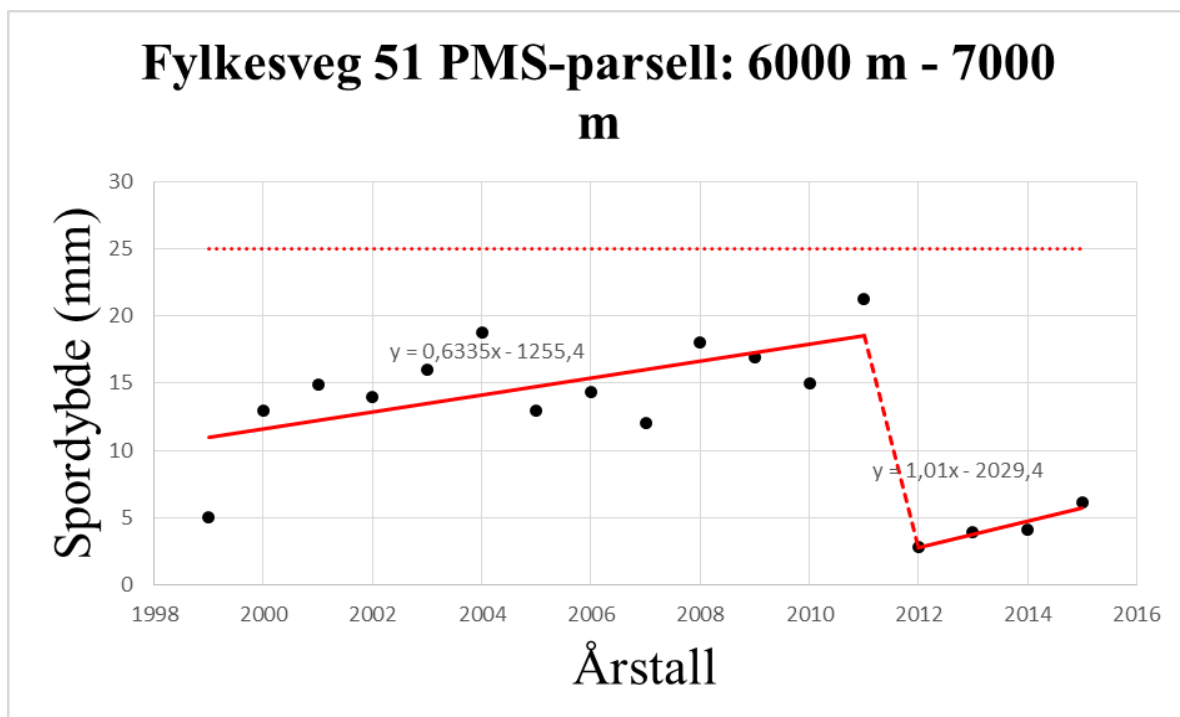
Dekkelevetid:

Dekkelevetid før: 16,51 år

Dekkelevetid etter: 33,73 år

Forbedringsfaktor:

2.04



Ingen forbedring

Caseanalyse:

Case 3.2 ligger i samme terrengprofil som case 3.1 og 3.3, men sideterrenget fremstår som flatere enn i case 3.1. (Se vedlegg B)

Casestrekningen har en god forbedring av sporutviklingen etter grøftetiltak og nytt dekke, samtidig som utviklingen for parsellen sett under ett, ikke viser tegn til forbedringer. I den utvalgte casen er målingene, i likhet med PMS-parsellen, uten en tydelig sammenheng før tiltakene er gjennomført. Her vises en tendens i utviklingen på 1,2 mm pr. år mens etter dekkeleggingen er utviklingen mer samsvarende med en utvikling på 0,59 mm pr. år.

Forbedringsfaktoren blir 2,04 ved case 3.2.

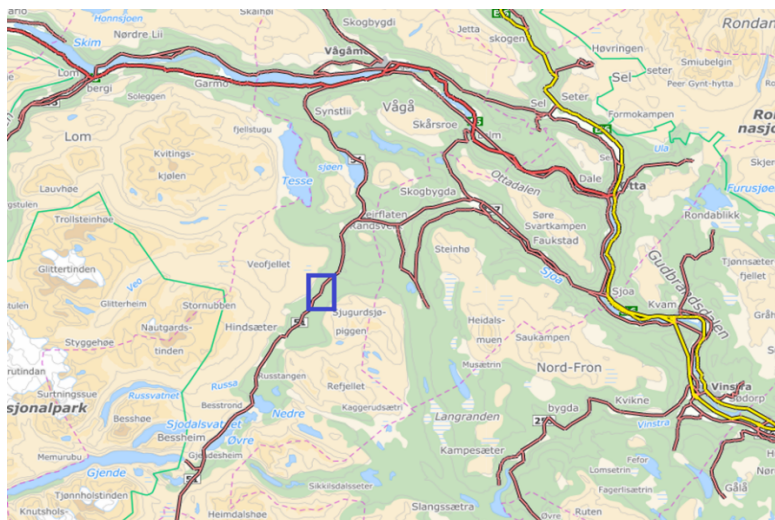
Da case 3.2 ligger i samme PMS-parsell som case 3.1 gir dette tilsvarende utvikling med 0,63 mm før tiltak og 1 mm etter tiltak.

Utfra observasjoner fra vegbilder (se vedlegg B) og måleverdier ser man at strekningen har gjennomgått mange omganger med lapping.

4.5 Case 3.3 – FV 51

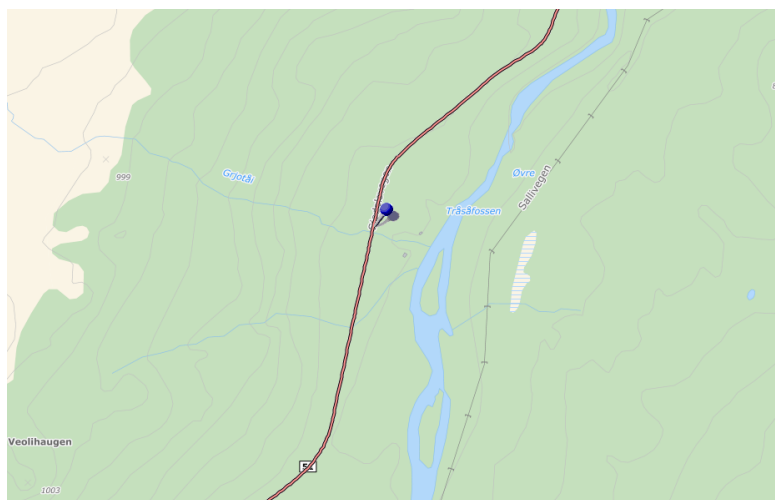
Tabell 5 Case 3.3 FV 51

Fylke	Oppland
Kommune	Vågå
Veiklassifisering	Fylkesveg
HP	9
Meterverdier	6761m – 6881m (120 meter)
ÅDT	722
Tiltak	Forbedret grøfter, lapping, plastring av grøft, stikkrenne, nytt dekke. (Observert)
År for tiltak	2011 - 2012



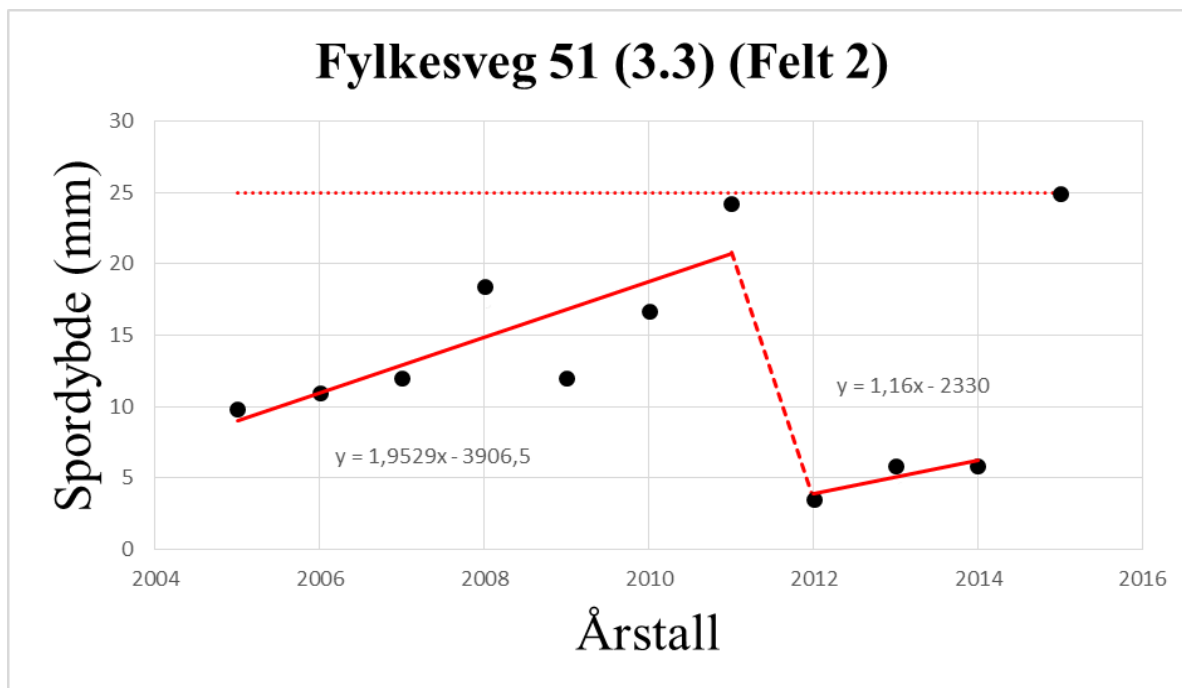
Oversiktskart

Strekningen er lokalisert mellom Vågåmo og Gjendesheim(Besseggen) og er en del av den kjente nasjonale turistvegen Valdresflya.



Kartplott

Terrenget er generelt skrånende fra vest. Veggen ligger i skog.



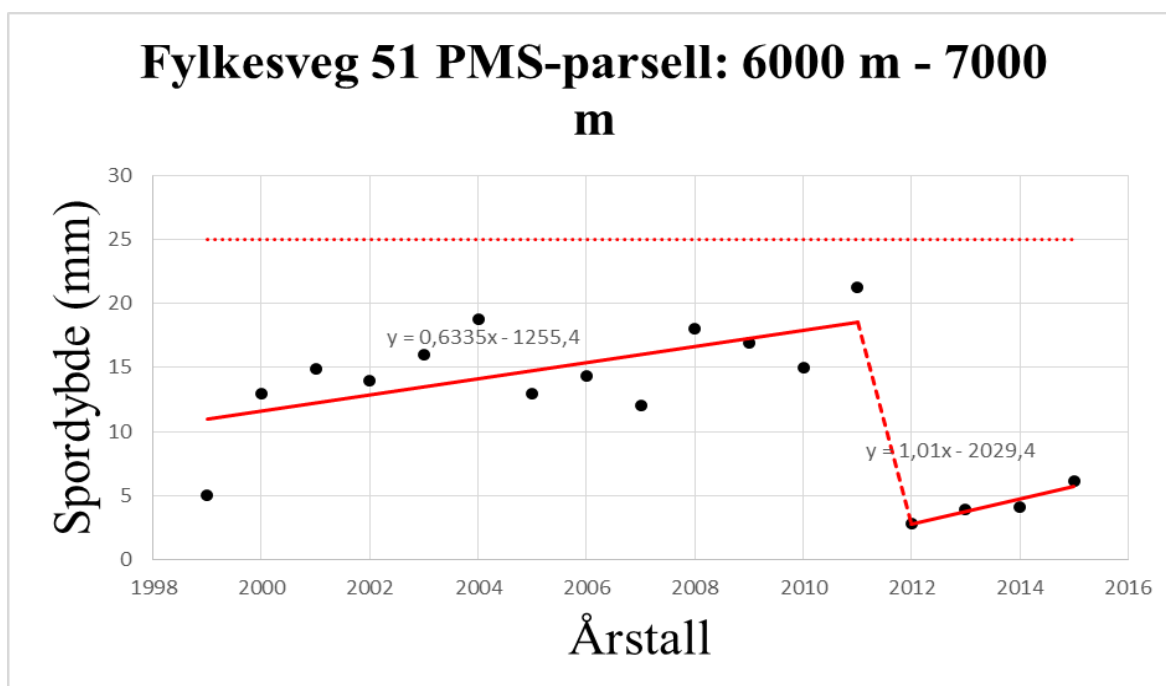
Dekkelevetid:

Dekkelevetid før: 10,24 år

Dekkelevetid etter: 17,24 år

Forbedringsfaktor:

1,68



Ingen forbedring

Caseanalyse:

Case 3.3 ligger i direkte tilknytning til case 3.2, men på grunn av stedlige forhold var det mest hensiktsmessig å dele inn i to ulike caser.

Casestrekningen har en god forbedring av stigningstallet etter grøftetiltak og nytt dekke, men også her er det målinger som viser flere ulike spordybdeforbedringer. Da det er en forbedring som viser en markant forskjell i målingen, samtidig som vegbildene av casen viser at det er gjennomført tiltak på dette tidspunktet (se vedlegg B) viser utviklingen av de resterende spordybdeforbedringene en tydelig sammenheng. Før hovedtiltaket var sporutviklingen 1,95 mm pr. år mens etter tiltaket var utviklingen 1,16 mm pr. år. Dette gir en forbedringsfaktor på 1,68.

Ut fra observasjoner fra vegbilder og måleverdier ser man at disse strekningene har gjennomgått mange omganger med lapping. Dette fører til at måleverdiene varierer fra år til år, også i PMS-parsellen.

5 Diskusjon

5.1 Diskusjon av metode og utførelse

En kvantitativ metode retter seg mot ”harde data” som lar seg uttrykke ved hjelp av tall eller andre mengdeformer (20). For å kunne se sporutviklingen på casestrekningene før og etter et dreneringstiltak med påfølgende dekkelegging, ble det valgt å bruke en slik kvantitativ metode. Ved å bruke denne metoden, vil resultatene kunne fremstilles grafisk fra de utvalgte casestrekningene. En negativ konsekvens av valgt metode, er at eventuelle feilmålinger som er registrert i NVDB kan ha stor innvirkning på resultatene som blir fremstilt.

Etterprøvarheten betraktes likevel som god, da alle målinger ligger tilgjengelig i NVDB.

Spordybder er, som belyst i kapittel 3.5, en utslagsgivende faktor når det gjelder dekkefornyelse i Region øst. At sporutvikling henger sammen med svekket bæreevne der det er mangelfull drenering er også omtalt i samme kapittel. Det ble derfor lagt vekt på å måle en historisk sporutvikling på casestrekningene, der det er blitt etablert eller utført vedlikehold på dype grøfter som et dreneringstiltak. Målingene vil danne et sammenlikningsgrunnlag som knyttes direkte til problemstillingen. Målet var å fremvise hvordan et lavere vanninnhold vil gi en økt bæreevne og dermed en reduksjon av sporutviklingen. Validiteten sikres ved å måle sporutviklingen da dette er faktoren som i størst grad utløser en dekkefornyelse i regionen.

Etter å ha hentet spordybde målingene for de aktuelle casestrekningene gjennom programmet NVDB123, ble målingene eksportert til Excel. Her ble målingene utregnet til 90/10% -verdier som ble, sammen med grenseverdien på 25mm fra Vedlikeholdsstandard (R610), fremstilt i grafer. Fra programmet PMS2010 ble det også fremstilt grafer for PMS-parseller i Excel ut fra de tilgjengelige spormålingene. PMS2010 og NVDB123 ble brukt sammen for å gi en sammenligning av resultatene mellom de valgte vegstrekningene og PMS-parsellene på samme fylkesveg. Grunnen til dette var for å undersøke om det ble noen forskjell i sporutviklingen der det var utført dreneringstiltak- og dekkefornyelse, mot resten av parsellen der det kun ble lagt nytt dekke.

Det ble videre brukt en *lineær regresjonsanalyse* på målingene for å unngå at eventuelle feilmålinger ble utslagsgivende for en slik grafisk framstilling. Den rette linjen har formelen $Y = ax + b$, der a viser stigningstallet (helningen til linjen som viser hvor fort y (spordybden) øker i forhold til x (år). Ved på se på stigningstallet før og etter et dreneringstiltak kan en enkelt se om sporutviklingen har avtatt eller i verste fall akselerert.

En variabel, som påvirker måledataene, er det kontinuerlige vedlikeholdet på vegnettet. Det ene året kan det ha vært betydelige skader på vegen og akselerasjonen til spordybden kan ha økt. Før neste måling kan vegen være lappet med asfalt i de verste områdene og målingene viser gode resultater, selv om det ikke er gjort andre tiltak for å bedre årsaken til spordannelsen.

Ved enkelte tilfeller ble det brukt en skjønnsmessig vurdering, og enkelte målinger ble utelatt fra regresjonsanalysen da målingene, etter vår forståelse og samtaler med fagpersonell fra SVV, ikke kunne være riktige. Andre variabler, som påvirker målingene men som ikke nødvendigvis er en feilkilde, er registreringsutstyret som ble brukt før 2007. Før ViaPPS ble ALFRED brukt av SVV. At det er blitt brukt mindre pålitelig registreringsutstyr kan være med på å forklare spredningen i målingene utført før 2007. Påliteligheten er likevel høy, da de kontinuerlige målingene fra ViaPPS og ALFRED er lagt inn som gjennomsnittlige 20-metersverdier i NVDB.

5.2 Diskusjon av resultater og analyse

Som nevnt i kapittel 1.2 vil vannet trenge inn i vegoverbygningen på ulike måter. Vannet vil påvirke vegoverbygningen i form av redusert bæreevne som igjen fører til ulike skader i vegdekket. Spesielt i vegfundamentet hvor det er tette granulære materialer vil E-modulen, og dermed bæreevnen, påvirkes. Ved belastning vil de permanente deformasjonene i større grad oppstå da de resiliente tøyningene vil reduseres. For å minimere sporutvikling er det essensielt med en drenering som tilfredsstillende funksjonskravene gitt i N200.

I en samlet vurdering av alle casestrekningene ser vi ulike resultater hvor det generelt forekommer nøytrale eller gode resultater. I VTI rapporten ”Grundvattenytans inverkan på bärigheten” og i ”Vägens strukturella tillståndsförändring vid igensättningsförsök” belyser de E-modulens og bæreevnens reaksjon på ulikt vanninnhold i vegfundamentet. Sammenlignbare forhold finner vi i casestrekning 2 og 3.2 hvor det har vært tydelige problemer med høyt vanninnhold og redusert bæreevne. Disse strekningene har en vegprofil med lett kuperte strekker hvor sideterrenget ligger tett inn til vegen i begge kjørefelt, noe som gjør at vannet har samlet seg høyt opp i vegoverbygningen (se vedlegg B). Skadene i vegdekket har vist seg blant annet i form av store spordannelser. I disse tilfellene ble de dype sidegrøftene rensket og grøfteskråningene ble plastret som et utbedringstiltak for å hindre utrasing av sideterrenget. Resultatene av undersøkelsene viser en markant forbedring på casestrekningene i denne typen omgivelser ved kun å vedlikeholde grøftene. Selv om utbedringstiltakene har ført til positive

resultater, vises det også noe forskjell. I casestrekning 3.2 er det målinger som varierer mye, hvor noe av årsaken til dette kan knyttes til jevnlig sporutbedringstiltak. Til tross for dette kan en ved å sammenligne utviklingen etter utført tiltak, se lignende målinger som tyder på at dype sidegrøfter har en positiv effekt. Her har casestrekning 2 og 3.2 henholdsvis 0,5 og 0,59 mm sporutvikling per år.

Når det kommer til vedlikehold av dype sidegrøfter har vi, i våre undersøkelser, ikke sett en tydelig forskjell på indre og ytre kjørefelt i skrånende terreng, slik som antydning i Roadex II. Ut fra vegbildene kommer det frem at utbedringstiltaket er gjort ved felt på skjæringsside. Casestrekning 3.1 og 3.3 har den terrengprofilen som vi i denne oppgaven har definert som skrånende terreng. Casestrekningene i flater terreng viser derimot en langt større effekt av vedlikeholdet. På den annen side er sporakselerasjonen i skrånende terreng, før utbedring, på et nivå som må kunne ansees som akseptable. Årsaken til dette kan blant annet være at grunnvannet ligger på et nivå som gjør at vannet ikke trekker opp i vegfundamentet. I tillegg kan det være en større grad av fjell, eventuelt at de stedlige massene er mer egnet for vegbygging.

En utfordring gjennom arbeidet har vært å innhente dokumentasjon på grøftenes tilstand og eventuelt arbeid som er utført. Ved å benytte vegbildene i NVDB, har samtlige presenterte vegstrekninger blitt analysert for å finne aktuelle casestrekninger som er forenelige med avgrensningene i oppgaven. Dette har vært et omfattende arbeid hvor kun et fåtall vegstrekker har vist seg å være aktuelle. For eksempel er utbedringsarbeidene utført på et tidspunkt som ga for få målinger til å se en trend. I tillegg til dette er det ofte blitt utført andre mer komplekse tiltak som ikke er forenelig med avgrensningene. Ved å dokumentere de lokale forholdene på lik linje med vegbilder, kunne en på konkrete strekninger analysert grunnforholdene på en enkel måte.

I Roadex III rapporten har de på en tydelig måte beskrevet ulike dreneringsklasser. I Norge kunne en, ved å innføre strengere krav til dokumentasjon og en beskrivelse av tilstanden, gjort jobben med å vurdere drenerings tilstand betydelig enklere og mer effektiv. Resultatene fra casestrekning 1 viser effekten av å forbedre dreneringsklassen. Ved å studere vegbildene (se vedlegg B) er det liten tvil om at dreneringsklasse 3 er beskrivende for forholdene i 2007. Ut fra bildene er det vanskelig å bekrefte om det er etablert dreneringsklasse 1 eller 2, da det heller ikke foreligger detaljert dokumentasjon på utført arbeide, men resultatene og vegbildene viser en markant forbedring både i sporutviklingen og dreneringsforholdene.

5.3 Oppsummering

Gjennom undersøkelsene utført i denne rapporten, er det innlysende at et godt vedlikehold av dype grøfter som et dreneringstiltak vil gi en positiv effekt på dekkelevetiden.

Sporutviklingen vil avta og dekkelevetiden vil dermed utvides. Ved å utføre forholdsvis enkle vedlikeholdsoppgaver, som å tilstrebe å holde dype sidegrøfter funksjonelle, vil dette være med på å dempe det alvorlige etterslepet på det norske vegnettet og begrense det stadig økende forbruket på dekkevedlikehold. De samfunnsøkonomiske konsekvensene av et redusert forfall på vegnettet er økt trafiksikkerhet, økt fremkommelighet, samt det vil være lettere å vedlikeholde vegene med tanke på vinterdrift.

Undersøkelsene viser at presentert teori og tidligere forskning stemmer overens med virkeligheten. Både Roadex II og Roadex III viser, i likhet med denne rapporten, forbedringer hvor det er utført dreneringstiltak. Roadex II fant en forbedring på 2,2 – 2,6 ved å utføre teoretiske beregninger på to ulike vegoverbygninger ved hjelp av programmet PMS Objekt. Roadex III viser til en forbedring på 2,32 der en sammenligner utviklingen ved å utbedre dreneringsklassen. Gjennomsnittlig forbedringsfaktor fra resultatene i denne undersøkelsen, der vi har målt sporutviklingen hvor dype sidegrøfter er utbedret, viser 2,25 ganger bedre dekkelevetid.

5.4 Veien videre

En interessant fortsettelse på denne rapporten ville være å se på «nytte/kost» på forskjellige tiltak opp mot hverandre. Er det lønnsomt å ta kostnaden med å forsterke en veg, sett opp mot å kun grøfte den, når man tar økningen i dekkelevetid i betraktning etc.? Her er det en rekke faktorer å vurdere og ta hensyn til.

Som nevnt har det tilsynelatende vært manglende tilgjengelig dokumentasjon på utførte drenstiltak. Ved å implementere slik dokumentasjon i NVDB, kunne man lettere analysert effekten på de forskjellige tiltakene på lik linje med analysen av vegdekker. Det vi har savnet i våres oppgave er en slik dokumentasjon, da vi har vært nødt til å kontakte ulike byggeledere i SVV for å bekrefte hvilke tiltak som har vært utført på de ulike strekningene. Aktuell dokumentasjon kunne vært anleggsbilder og beskrivelse av utført tiltak.

I Roadex II prosjektet ble det brukt en finsk registreringsbil som skannet veg- og grøfteprofil. Det samme kunne ha vært mulig med den norske ViaPPS-skanneren. Ved å innføre dreneringsklasser i Norge ville man med skanning og klassifisering av grøfteprofilen kunne overvåke dreneringsforholdene langs norske veger og analysere utviklingen.

Slike tiltak kan gi et bedre underlag til å fatte beslutninger om hvilke tiltak som er mest effektive.

6 Referanseliste

1. Wright Hansen M, Stensvold B. Beregning av vedlikeholdsetterslep for riksvegnettet. Oslo: Vegdirektoratet; 2003
2. Even K. Sund. Hva vil det koste å fjerne forfallet på riksvegnettet?. Oslo: Vegdirektoratet; 2012. Statens vegvesens rapporter.
3. Even K. Sund. Hva vil det koste å fjerne forfallet på fylkesvegnettet?. Oslo: Vegdirektoratet; 2013. Statens vegvesens rapporter.
4. Lyftningsmo A N. Forvaltningsreformen – oversikt over nye oppgaver for fylkeskommunene fra 1. Januar 2010 [Internett]. Oslo: Kommunal- og regionaldepartementet; [hentet 2016-03-08]. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/forvaltningsreformen---oversikt-over-nye/id588570/>
5. Maskinentreprenørenes forbund. Vedlikeholdsetterslep på fylkesvegnettet [Internett]. Oslo: Maskinentreprenørenes forening; [hentet 2016-04-28]. Tilgjengelig fra: <http://www.mef.no/Content/109762/MEF-notat%203,%202013.pdf%2007.03.16>
6. Dahlen J, Aurstad J, Duaas L I, Larsen Ø, Leland T, Forsberg G, et al. Lærebok – Drift og vedlikehold av veger. Oslo: Vegdirektoratet; 2015. VD rapport.
7. Astad H, Fredriksen S. NVDB: Nasjonal vegdatabank: Praktisk veileder for å ta i bruk NVDB i norske kommuner [Internett]. Trondheim: Vegdirektoratet; [hentet 2016-05-03]. Tilgjengelig fra: <http://wpstatic.idium.no/www.geoforum.no/2014/11/NVDB-og-kommunene-Veiledning.pdf>
8. Simonsen P, Hjalmarsson S O. Grundvattenytans inverkan på bärigheten [Forskningsrapport]. Linköping, Sverige: Statens väg- och trafikinstitut (VTI); 1977.
9. Rørvik T. Geoteknikk 1: Jordartenes fysiske egenskaper. 3. Utgave. Oslo: Universitetsforlaget; 1982. 102 sider.
10. Aarhaug O R. Geoteknikk. 1. Utgave. Oslo: NKI forlaget AS; 1992. 381 sider.
11. Berntsen G, Saarenketo T. Drainage on low traffic volume roads [Rapport]. Inverness, Scotland: Roadex II Project; 2005.
12. Saarenketo T. Developing drainage guidelines for maintenance contracts [Rapport]. Luleå, Sverige: Roadex III Project; 2007.

<http://www.roadex.org/wp-content/uploads/2014/01/Drainage-Guidelines-RIII.pdf>

13. Cruz del Aguila F, Direnius M. Vägens strukturella tillståndsförändring vid igensättningsförsök [Rapport]. Lund, Sverige: Lunds Tekniska Högskola; 2012.
14. Buchanan S. Resilient modulus: What, why, and how? [Internett]. Vulcan Materials Company; [hentet 2016-04-28]. Tilgjengelig fra:
<http://www.vulcaninnovations.com/public/pdf/2-Resilient-Modulus-Buchanan.pdf>
15. Scalzi J B. McGraw-Hill encyclopedia of science & technology: Elastic limit. 7. Utgave. USA: McGraw-Hill, Inc.; 1992. 624.
16. Hyggen E, Rekstad I, Rommetveit K H. Studie av dekkelevetider i region øst. Oslo: Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Teknologiavdelingen; 2010. Teknologirapport.
17. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. Skadekatalog for bituminøse vegdekker: V261. Oslo: Statens vegvesen; 2014. Håndbok.
18. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. Vegbygging: Håndbok N200. Oslo: Statens vegvesen, Vegdirektoratet; 2014. Håndbok.
19. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. Standard for drift og vedlikehold av riksveger: Håndbok R610. Oslo: Statens vegvesen; 2014. Håndbok.
http://www.roadex.org/wp-content/uploads/2014/02/2_6-Drainage_1.pdf
20. Halvorsen K. Å forske på samfunnet: En innføring i samfunnsvitenskapelig metode. 5. utgave. Oslo: Cappelen forlag; 2008

Vedlegg A – Mailkorrespondanse

Mail 1

Outlook - magnus.bechholm.myhr@vegvesen.no - Outlook

SEND OG MOTTA MAPPE VISNING

Ny e-post elementer Nye elementer Slett Opprydding Sjøppelpost Slett Svar Svar alle VidereSend Svar alle Mer

Flytt til? Til overordnet Gruppe-e-post Svar og slett Opprett ny Fullført Opprett ny

Flytt Regler OneNote Tilordne Ulest/lest Kategoriser Følg opp

Søk etter personer Adressebok Filter e-post Søk Show/Hide Sidebar 360°

Søk i Gjeldende postbøker... Slett

Favoritter Inboks Sent Items Deleted Items magnus... Inboks Drafts Sent Items Deleted Items Diskusjons... Junk Email Outlook RSS-feeder Søkemapper Tilkoblet...

Svar Svar til alle VidereSend Direktemelding

to 14.04.2016 15:18

Gryteselv Dagfin

SV: Kapittel 13, rapport 365 - lærebok i drift og vedlikehold av vegger.

Til Myhr Magnus Bechholm

Kopi Johansen Rolf

Du svarte på meldingen 20.04.2016 13:01.

Postadresse: Statens vegvesen Vegdirektoratet, Postboks 8142 Dep, 0033 OSLO
Besøksadresse: Abels gate 5, TRONDHEIM
Mobil: +47 93096027 e-post: myr. stein. gryteselv@vegvesen.no
www.vegvesen.no e-post: firmao@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Fra: Myhr Magnus Bechholm
Sendt: 14. april 2016 11:29
Til: Johansen Rolf <rolf.johansen@vegvesen.no>; Gryteselv Dagfin <dagfin.gryteselv@vegvesen.no>
Emne: Kapittel 13, rapport 365 - lærebok i drift og vedlikehold av vegger.

Hei

Vi er en gruppe studenter fra NTNU Gjøvik som skriver bacheloroppgave i samarbeid med SVV.

Først i kapittelet står det at i 2013 ble det brukt ca 2,7 mrd til dekkevedlikehold på riks- og fylkesveger i Norge.

Har dere noen oppdaterte tall på dette fra 2014 og 2015?

Mvh
Magnus Myhr

Gryteselv Dagfin Ingen elementer

E-post Kalender Personer Oppgaver ...

ELEMENTER: 16 DENNE MAPPEN BLE SIST OPPDATERT 05.05.2016. FRAKOBLET 100%

Outlook - magnus.bechholm.myhr@vegvesen.no - Outlook

SEND OG MOTTA MAPPE VISNING

Ny e-post elementer Nye elementer Slett Opprydding Sjøppelpost Slett Svar Svar alle VidereSend Svar alle Mer

Flytt til? Til overordnet Gruppe-e-post Svar og slett Opprett ny Fullført Opprett ny

Flytt Regler OneNote Tilordne Ulest/lest Kategoriser Følg opp

Søk etter personer Adressebok Filter e-post Søk Show/Hide Sidebar 360°

Søk i Gjeldende postbøker... Slett

Favoritter Inboks Sent Items Deleted Items magnus... Inboks Drafts Sent Items Deleted Items Diskusjons... Junk Email Outlook RSS-feeder Søkemapper Tilkoblet...

Svar Svar til alle VidereSend Direktemelding

to 14.04.2016 15:18

Gryteselv Dagfin

SV: Kapittel 13, rapport 365 - lærebok i drift og vedlikehold av vegger.

Til Myhr Magnus Bechholm

Kopi Johansen Rolf

Du svarte på meldingen 20.04.2016 13:01.

Hei.

Drift og vedlikeholdsmidler til prosess 6 vegdekke:

2012: Riksveger (EV+RV): 0,873 + Fylkesveger: 1,416 = 2,289 Mrd
2013: Riksveger (EV+RV): 1,165 + Fylkesveger: 1,548 = 2,714 Mrd
2014: Riksveger (EV+RV): 1,364 + Fylkesveger: 1,708 = 3,072 Mrd
2015: Riksveger (EV+RV): 1,312 + Fylkesveger: 1,803 = 3,115 Mrd

Med hilsen
Dagfin Gryteselv

Seksjon: Vegteknologi
Postadresse: Statens vegvesen Vegdirektoratet, Postboks 8142 Dep, 0033 OSLO
Besøksadresse: Abels gate 5, TRONDHEIM
Mobil: +47 93096027 e-post: myr. stein. gryteselv@vegvesen.no
www.vegvesen.no e-post: firmao@vegvesen.no

Tenk miljø - spar papir. Trenger du å skrive ut denne e-posten?

Fra: Mvhr Maenus Bechholm

Gryteselv Dagfin Ingen elementer

E-post Kalender Personer Oppgaver ...

ELEMENTER: 16 DENNE MAPPEN BLE SIST OPPDATERT 05.05.2016. FRAKOBLET 100%

Mail 2

Peter André

3. mai 2016 kl. 13.51

PA

Til: Gjører Tangen Kopi: Birgitta Sandstedt
Re: VTI Rapport 131

Hei,

@Gjører: Jag skickar ärendet vidare till vår kommunikationsavdelning.

@Birgitta: Se frågan nedan.

Vänliga hälsningar,
Peter

2016-05-03 10:25 GMT+02:00 Gjører Tangen <gjoran_gt@hotmail.com>:
Hei

Vi er en gruppe på tre studenter ved NTNU Gjøvik i Norge. Vi jobber med en bacheloroppgave hvor vi ønsker å belyse viktigheten av drenering i forbindelse med vegens bæreevne og utviklingen av vegdekkets levetid.

Vi samarbeider med Statens vegvesen og har i den forbindelse fått videresendt en interessant rapport som stammer fra deg. Rapporten heter "Grundvattenytans inverkan på bærigheten" - rapport nr. 131 fra 1977. Denne er skrevet av Per Simonsen og Sven-Olof Hjalmarsson.

NTNU Gjøvik krever at vi kun benytter figurer og illustrasjoner som er produsert selv eller gjengitt med tillatelse av eier. Vi har funnet noen figurer i denne rapporten som belyser vår problemstilling på en god måte. Vi lurer derfor på om vi kan få tillatelse til å benytte figurer fra denne rapporten i vår oppgave? Vi er usikker på om du er rett person å henvende seg til, men dersom du ikke er det, har du en annen person vi kan kontakte?

Mvh

Gjører Tangen

Birgitta Sandstedt

4. mai 2016 kl. 09.12

BS

Til: Gjører Tangen Kopi: Peter André
SV: VTI Rapport 131

Hei Gjører,
Ni får använda figurerna om ni anger källan (för bilder gäller dock andra regler).
Vänligen
Birgitta

vti

Birgitta Sandstedt
Chef för Bibliotek och informationscenter (BIC)
Tf Chef för Kommunikationsavdelningen
VTI, Olaus Magnus väg 35, 581 95 Linköping
Växel: 013-20 40 00
Direkt: 013-20 42 14
För sms: 070-921 83 81
E-post: birgitta.sandstedt@vti.se

VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut, är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut inom transportsektorn. Huvuduppgiften är att bedriva forskning och utveckling kring infrastruktur, trafik och transporter. Kvalitetssystemet och miljöledningssystemet är ISO-certifierat enligt ISO 9001 respektive 14001. Vissa provningsmetoder är dessutom ackrediterade av Swedac. VTI har omkring 200 medarbetare och finns i Linköping (huvudkontor), Stockholm, Göteborg, Borlänge och Lund.

www.vti.se



BESÖK [PORTALEN FÖR TRANSPORTFORSKNING](#)

Mail 3

>> frontier Rom Verktøy NTNU i Gjøvik Magnus Myhr 3 Søk

Min side SMF2251/SMF22... SMF2251 Økono... E-post TØL1011 Ingenia... TØL3905 Bachel... 00 Informasjon L... NTNU

Innboks Oppdater

E-post - Innstillinger
Personlig meld. - Innstillinger
Innboks
Arkiv - Innstillinger

Fra: "Buchanan, Shane" Ny kontakt
Til: Magnus Myhr
Tittel: RE: RESILIENT MODULUS: WHAT, WHY, AND HOW?
Dato: 26-04-2016 18:16


Magnus,

Yes, that figure was created by me. Please feel free to use the information in your thesis or any other activity.

Thanks for the message and good luck.

Shane

Shane Buchanan, Ph.D., P.E.
205-873-3316
sbuchanan@oldcastlematerials.com



From: Magnus Myhr [mailto:magnus.myhr@hig.no]
Sent: Tuesday, April 26, 2016 8:28 AM
To: Buchanan, Shane <Shane.Buchanan@oldcastlematerials.com>
Cc: magnus-myhr@hotmail.com
Subject: RESILIENT MODULUS: WHAT, WHY, AND HOW?

Hi,

We are a group of 3 students from Norway.
In a pdf file written by you, we found a figure that we would like to use in our bachelor thesis.

PDF Title: RESILIENT MODULUS: WHAT, WHY, AND HOW?
Figure 1: Speciment Response During Axial Loading
Date: 08/31/07

We can see that this was written when you worked at Vulcan Materials Company.
Is this your figure? Do we have your permission to use this?

Kind regards
Magnus Myhr
Student at NTNU i Gjøvik

Vedlegg B – Vegbilder

Case 1



2007

Tett vegetasjon, vanskelig å si noe om tilstand til grøft.



2010

Tydelige spor i dekket.



2011

Vegetasjon er fjernet, grøften rensket og forbedret. Nytt dekke er lagt.



2015

Case 2



Meterverdi 3250

2009

Tydelige deformasjoner



2012

Forbedret grøfter og lagt nye stikkrenner.



2013

Nytt dekke.



2015



**Meterverdi 3500 (250m
lengre frem på strekningen)
2009**



2012
Dekket viser tegn til ustabile
grunnforhold.



2013
Nytt dekke. Grøft forbedret og
plastret.



2015

Case 3.1



2011

Bilde fra felt 2
Ingen tydelige tegn til
deformasjon.



2012

Nytt dekke. Grøft forbedret



2015

Case 3.2



2011

felt 1 (nordgående)

Deformasjoner. Spor og ujevnheter.



2011

felt 2 (sørgående)

Asfaltlapp.



2012

felt 1

Nytt dekke.



2012

felt 2

Forbedret grøfter og nytt dekke.



2015
felt 1



2015
felt 2

Case 3.3



2011

Lyst dekke er lapping.
Deformasjoner også i
lappingsområdet. Spor og
ujevnheter.



2012

Nytt dekke. Forbedret grøft
og plastret.



2015