



Forundersøkelser og valg av tiltak ved forsterkning

Per Otto Aursand, Statens vegvesen region nord



Bæreevne i tonn – hva er det?

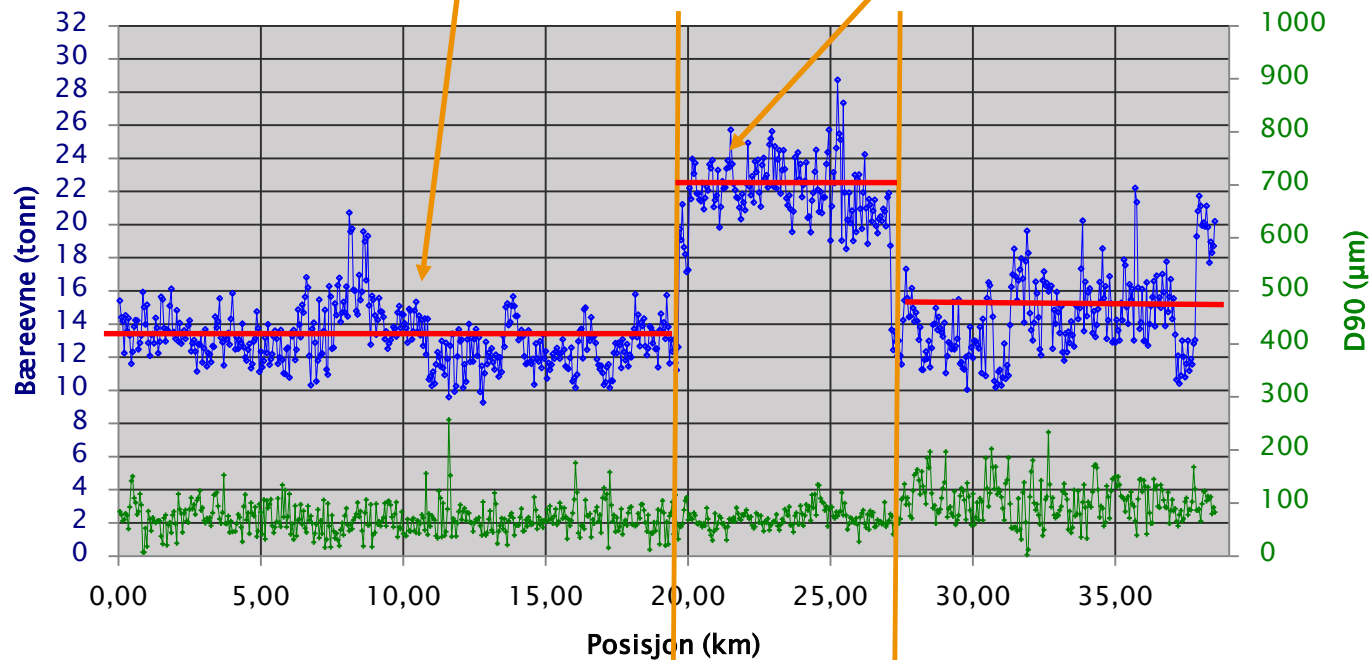


Statens vegvesen



Resultater for hvert målepunkt EV8-1

—●— Bæreevne i felt 1 —●— D90 i felt 1



Fallodd

«Eldre bygd veg»

Ny veg
iht.N200

«Eldre bygd veg»

Grunnlaget for det vi gjør



Statens vegvesen

Vegdirektoratet 2018

Statens vegvesen

Veg

NORMAL

Vegdirektoratet 2014
Faglig innhold 2012

Statens vegvesen

Statens vegvesen

59 FORSTERKNING AV VEG

590 GENERELT

590.1 Innledning

590.2 Kvalitetssikring

591 PLANLEGGING AV FORSTERKNINGSTILTAK

591.1 Trinn i planleggingen

592 GRUNNLAGSDATA

592.1 Data fra NVDB, PMS2010 og ViaPPS

592.2 Fremskaffelse av nye data og informasjon

593 BESTEMME FORSTERKNINGSTILTAK

593.1 Inndeling i delstrekninger

594 DIMENSJONERING AV FORSTERKNINGSTILTAK

594.1 Definisjoner

594.2 Forsterkningsbehov ved levetidsfaktorer

594.3 Forsterkningsbehov ved levetidsfaktorer

594.4 Forsterkningsbehov ved levetidsfaktorer

594.5 Forsterkningsbehov ved økning av trafikk

594.6 Forsterkningsbehov ved oppgradering



Statens vegvesen

Statens vegvesen

Statens vegvesen

Statens vegvesen

Laborator

Statens vegvesen

Statens vegvesen

Statens vegvesen

Feltundersøkelser

Statens vegvesen

Håndbok R211

Statens vegvesen

Håndbok 198

Veiledning

Kalde bitumenstabiliserte bærelag

Statens vegvesen

193

SKADEKATALOG for bituminøse vegdekker

Vegdirektoratet
Trafikksikkerhet, miljø- og teknologidelingen
Vegplanologi
sept 2015

Statens vegvesen

Forsterkning av vegger

Varige vegger 2011 - 2014

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 373

Veiledning

VARIGE VEGGER

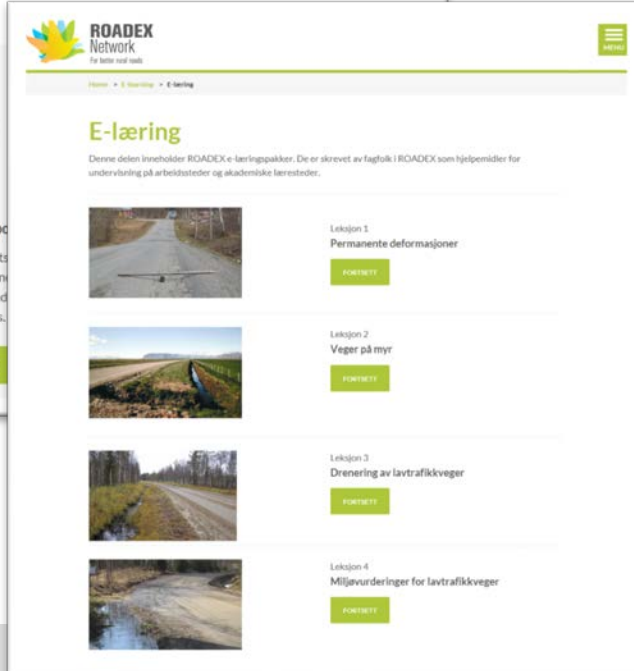
27.11.2018

- Collaboration of northern European roads organisations
- Share roads information and research.

Knowledge Center

The ROADEX "Knowledge Centre" is the repository of all ROADEX case studies, technical reports and research papers together with contact details for Partner experts, and feedback from on-site experiences.

The Knowledge Centre will continue to be developed the ROADEX Network and is planned to be the legacy of the ROADEX collaboration.



ROADEX Network
For better rural roads


Home • E-læring • E-læring

E-læring

Denne delen inneholder ROADEX e-læringspakker. De er skrevet av fagfolk i ROADEX som hjelpemidler for undervisning på arbeidsteder og akademiske læresteder.

- Leksjon 1: Permanente deformasjoner
- Leksjon 2: Veger på myr
- Leksjon 3: Drenering av lavtrafikkveger
- Leksjon 4: Miljøvurderinger for lavtrafikkveger

27.11.2018



- Summarizes the findings of the ROADEX project.
- Describes the savings possible if ROADEX policies and techniques are implemented.



Timo Saarenketo, Ron Munro, Annele Matintupa

ROADEX BENEFITS AND SAVINGS - ACHIEVING MORE WITH LESS

A Report on the potential benefits and savings that can accrue in using ROADEX policies and technologies

Forundersøkelser før forsterkning

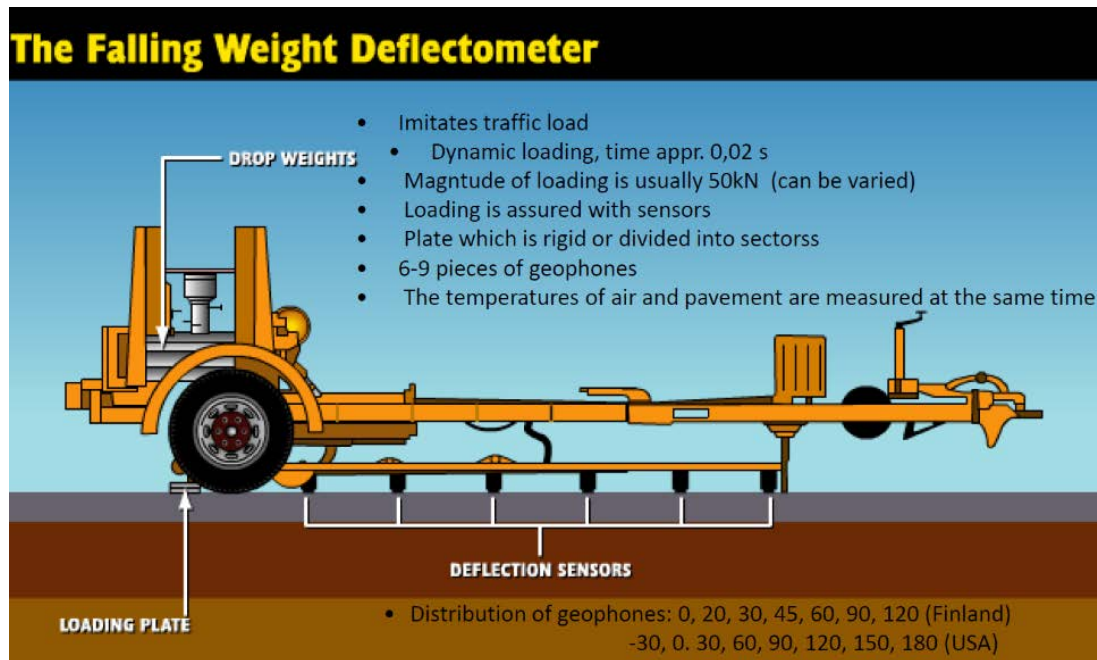
- 1) Spor og jevnhetsmålinger → Levetidsfaktor $f = \frac{\text{funksjonell dekkelevetid}}{\text{normert dekkelevetid}}$
- 2) Hvis levetidsfaktor $< 0,7$ → Behov for flere undersøkelser:
- Falloddsmålinger
 - Oppgravingsprøver i svake punkter
 - Georadarmålinger
 - Visuell vurdering av dekkeskader og drenering
 - Supplerende data fra PMS og NVDB



Årlig bevilgning på 1,5–1,7 mill. for kartlegging av vegkropp og forsterkningsvurderinger på riksveger.

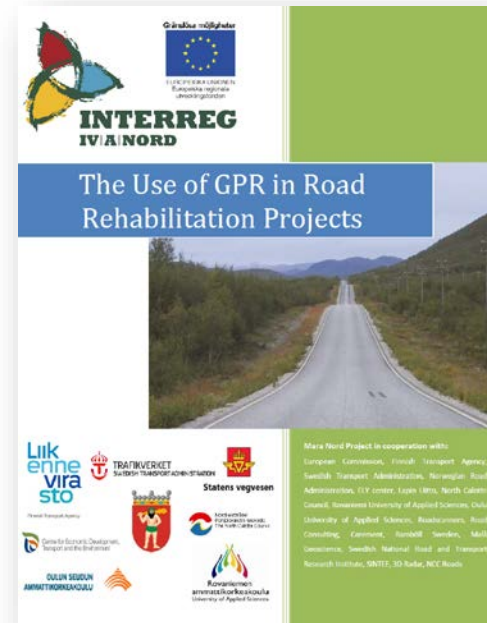
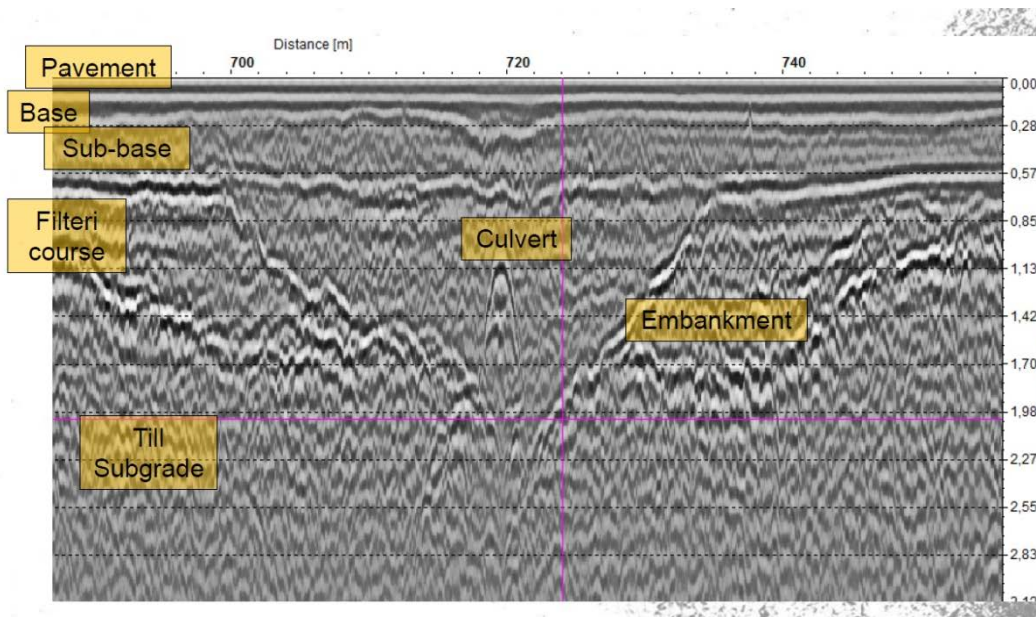
Falloddsmålinger

- Bæreevnen (elastisk deformasjon)
- Hvor i konstruksjonene svakheten ligger
- Hvor langs vegen vi har de svakeste punktene



Georadarmålinger

- Lagtykkelser
- Dybde til berg
- Indikasjon på type undergrunn
- Stikkrenner og rør/kabler

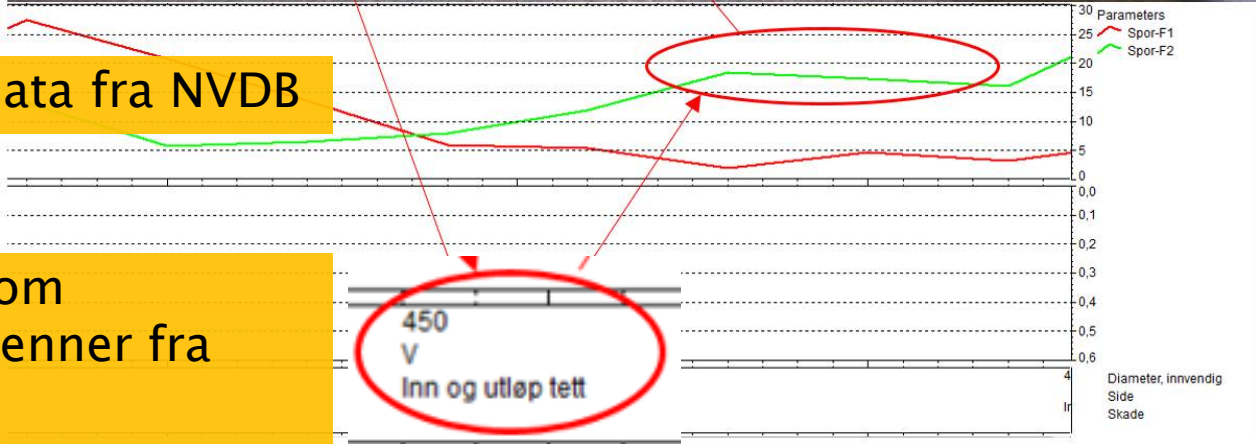
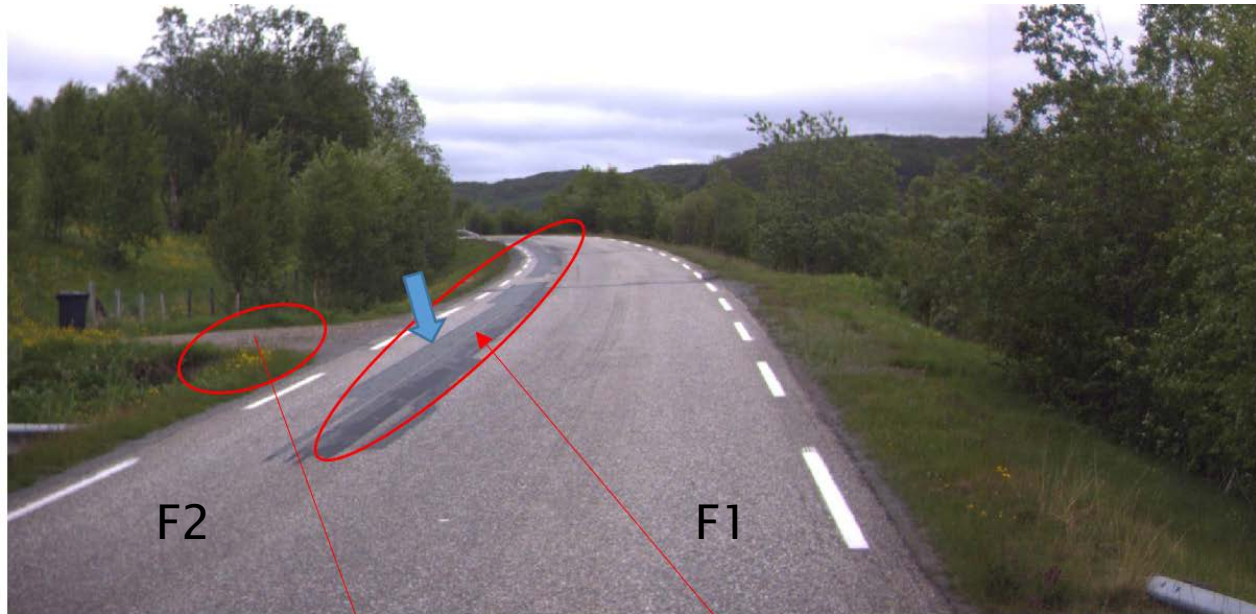


Oppgravingsprøver

- Lagtykkelser
- Kornkurver: Vannømfintlighet og telefarlighet i eksisterende veg.
- Kalibrering av georadarmålinger
- Beregning av forsterkningsbehov
- Dimensjonering/proporsjonering



Visuell vurdering av dekkeskader og drenering



Spordata fra NVDB

Data om stikkrenner fra NVDB



PMS og NVDB

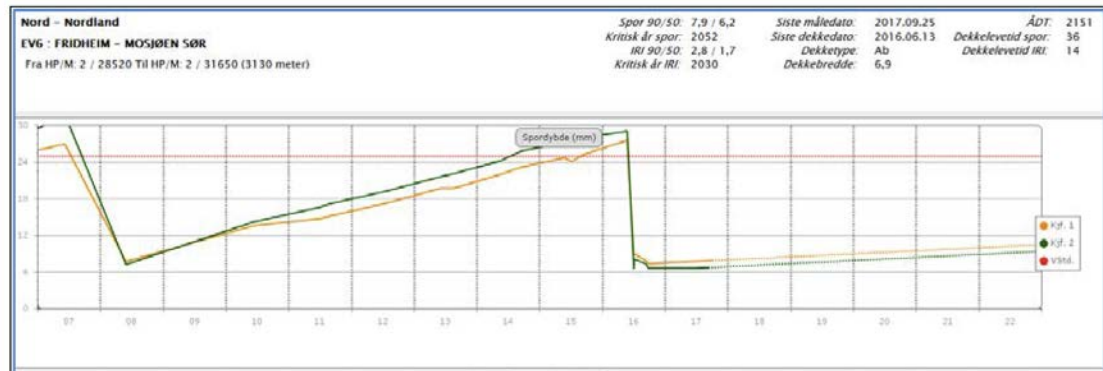
- Gamle oppgravingsprøver
- Historiske dekkelag
- Spor og jevnhetsmålinger
 - Dekketilstand og dekkelevetid
- Stikkrenner

Figur 1: oppgravingsdata i NVDB fra 1987

Meter	Lagtykkelse	Materialbetegnelse	Bæreevnegruppe
11477	6	Mykasfalt	
11477	12	Sementstab. <u>grus/pukk</u>	
11477	14	<u>Bærelag</u> grus	II – Grus, sand, velgradert, <u>Cu</u> >10
11477	5	Forsterkningslag	III – Sand <u>ensgradert</u> , <u>Cu</u> <10
11477	Sum: 37		I – Fjell, steinfylling
Meter	Lagtykkelse	Materialbetegnelse	Bæreevnegruppe
10978	6	Mykasfalt	
10978	12	Sementstab. <u>grus/pukk</u>	
10978	14	<u>Bærelag</u> grus	II – Grus, sand, velgradert, <u>Cu</u> >10
10978	12	Forsterkningslag	III – Sand <u>ensgradert</u> , <u>Cu</u> <10
10978	Sum: 44		I – Fjell, steinfylling

Figur 2: Historiske dekkelag i PMS

Re	Fy	Kom	Ka	St	Nr	FraHp	FraM	TilHp	TilM	Kjf	Lengde	Budsjett	Dato	Dekke	M.forbr	S.Str	Dke.brd	Dke.tykk	M.type	Dke.var	Fr.type	Fr.dybde	Fr.brd	Merknad
5	18	37	F	V	17	43	11200	43	11500		200	v	16.08.2016	Vegdekke	57	11	6,9	23	Agb					
5	18	37	F	V	17	43	8625	43	11084		2459	v	16.08.2016	Vegdekke	60	11	7	24	Agb					
5	18	37	F	V	17	43	6180	43	8640		2460	v	20.08.2015	Vegdekke	67	11	7	27	Agb					
5	18	37	F	V	17	43	11569	43	12100		531	v	20.08.2015	Vegdekke	69	11	6,8	28	Agb					
5	18	37	F	V	17	43	7984	43	12843		4859	v	25.09.2012	Vegdekke	65	11	6,2	26	Agb					Punktoppretting 708 to...
5	18	37	F	V	17	43	7984	43	12843		4859	v	10.07.1997	Vegdekke	70	11	7	28	Ma					
5	18	37	F	V	17	43	9071	43	9770		699	v	15.08.1987	Vegdekke	100	16	6,3	40	Ma					
5	18	37	F	V	17	43	9770	43	12076		2306	v	15.08.1986	Vegdekke	100	16	6,3	40	Ma					
5	18	37	F	V	17	43	5199	43	9071		3872	v	15.08.1986	Vegdekke	100	16	6,3	40	Ma					



Nominell levetid 14 år (iht. N200)
Opptredende levetid 7–8 år (spor)
Levetidsfaktor ~ 0,5.
Fundamentale mangler ved konstruksjonen



Formålet med forundersøkelsene

1. Forstå årsakene til problemene

Behandle årsakerne riktig!

Riktig tiltak på
riktig sted
(til riktig tid)!

3. Planlagt og systematisk vedlikehold

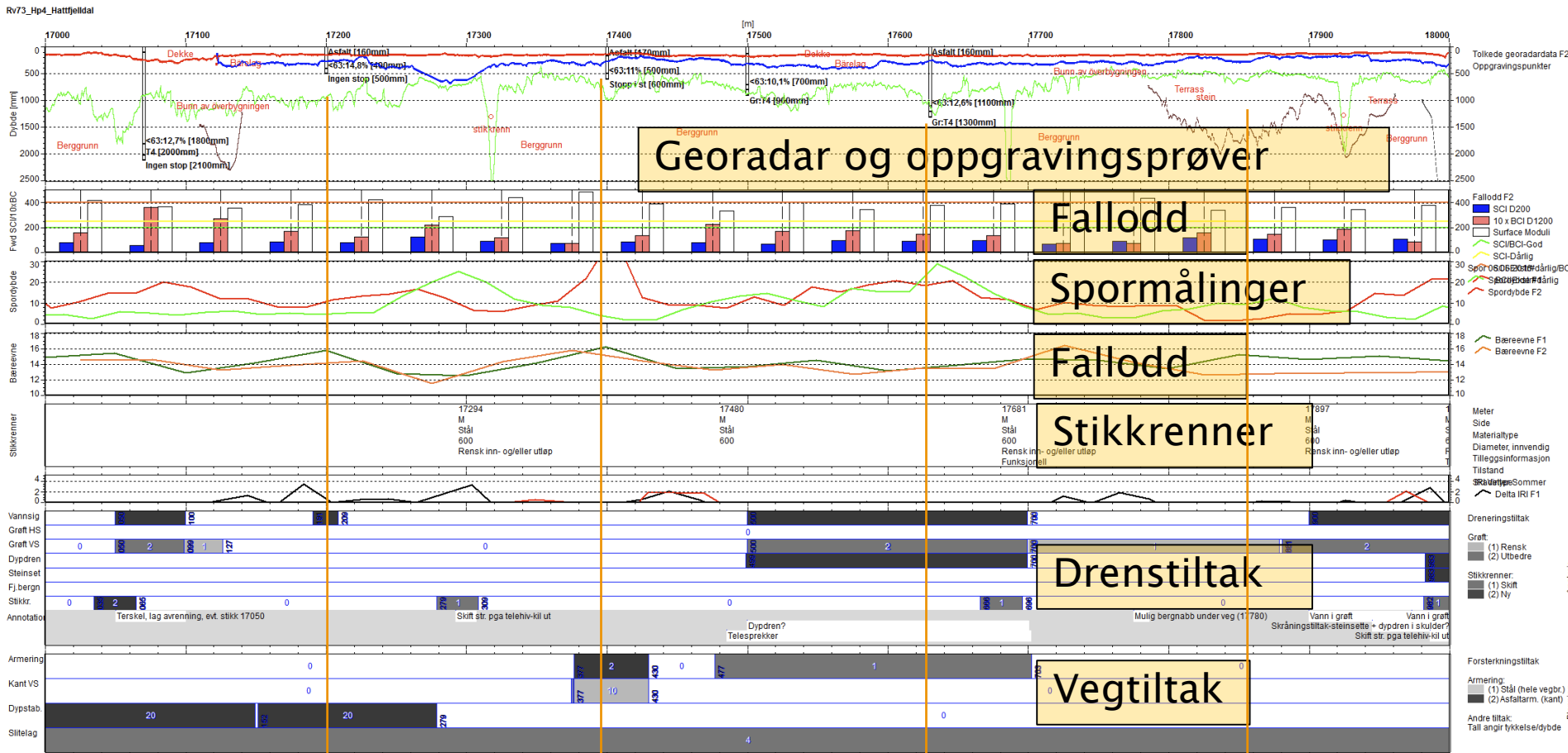
Svakeste leddet!

Drenering, «timing» av tiltak!

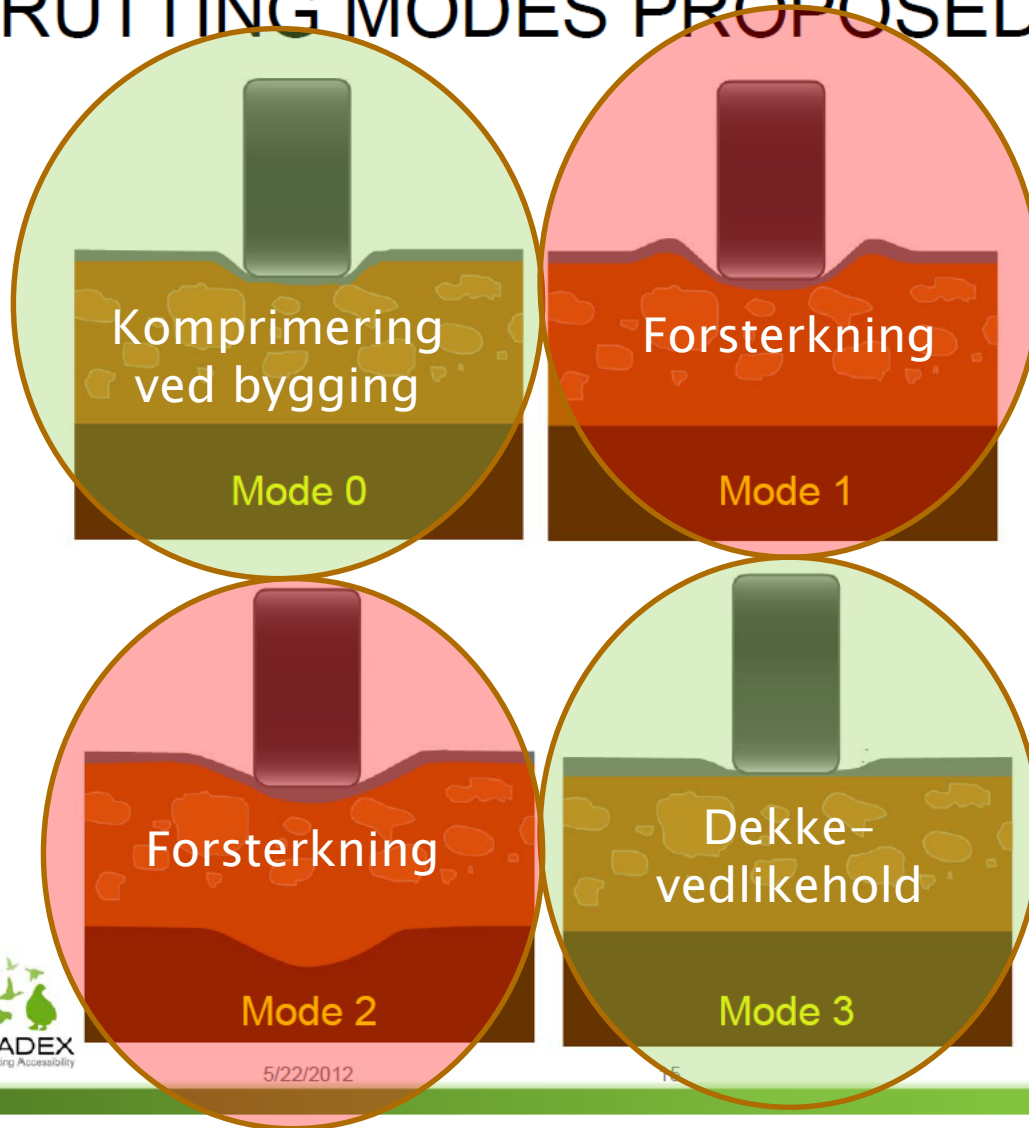
Integrert analyse av alle data



Statens vegvesen



RUTTING MODES PROPOSED BY ROADEX



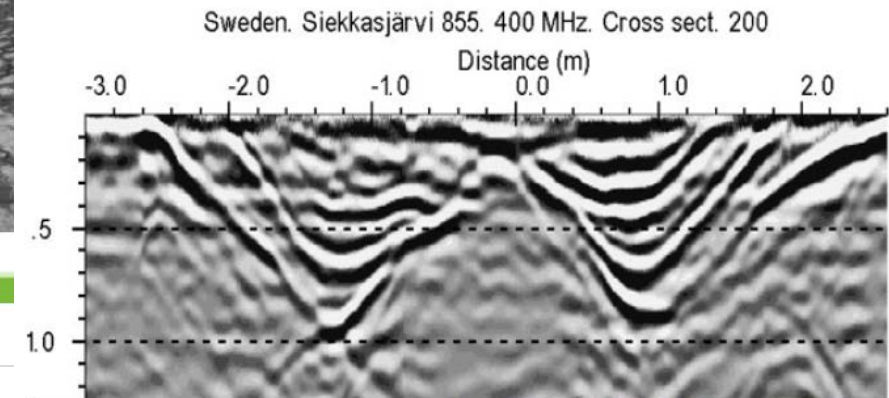
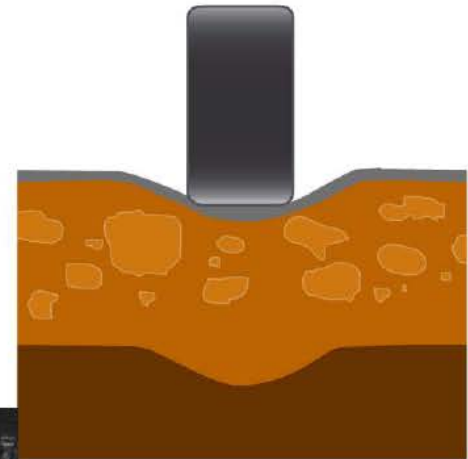
In addition diagnosis should cover:

- frost damages
- geotechnical problems
- drainage related problems
- construction faults

Mode 1 Rutting Problems

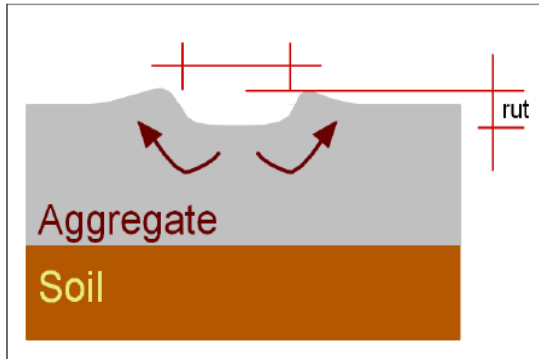


Mode 2 Rutting Problems

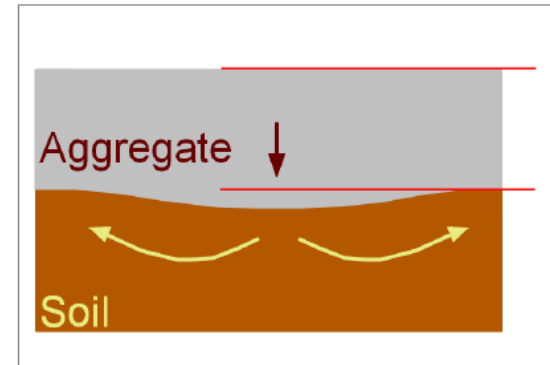


Hvordan finne skadetype fra falloddsdata?

Type 1 spor



Type 2 spor



$$SCI = D_0 - D_{20}$$

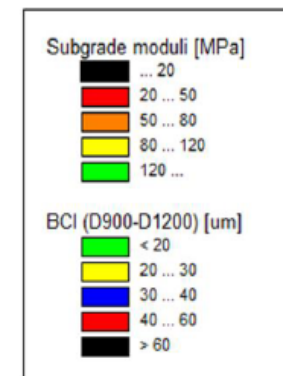
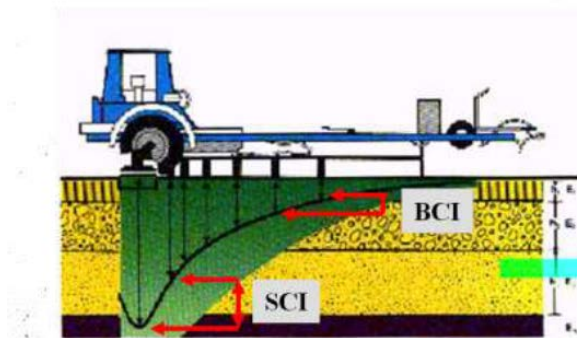
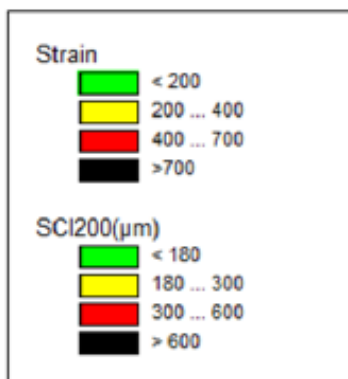
$$\text{Strain} = 37,4 + 988 \times d_0 - 533 \times d_{300} - 502 \times d_{600} [1]$$

$$BCI = D_{90} - D_{120}$$

Undergrunnens E-modul [2]
(flere former finnes)

$$E_0 = \frac{1 + \mu_0}{2(1 - \mu_0)} \left(\frac{S_0}{S} \right) \left(\frac{p}{\Delta \sigma} \right)$$

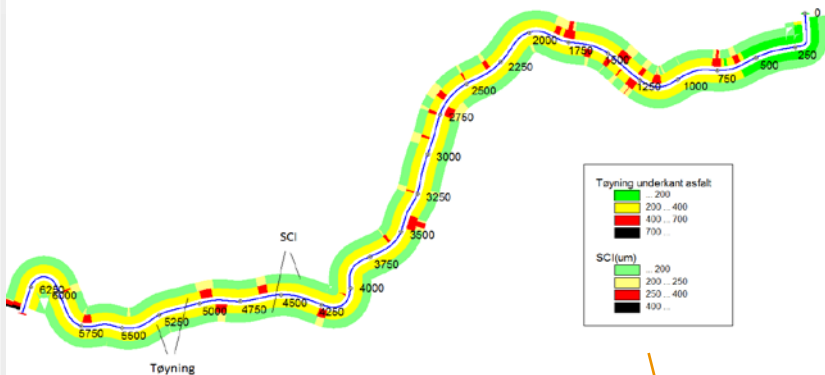
Figure 2. Equation. Hogg subgrade modulus.



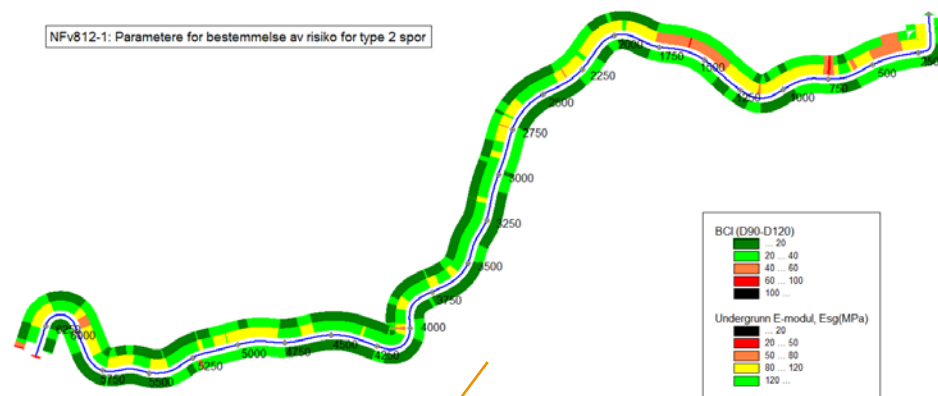


Kartlegging av skadetype vha. falloddsdata

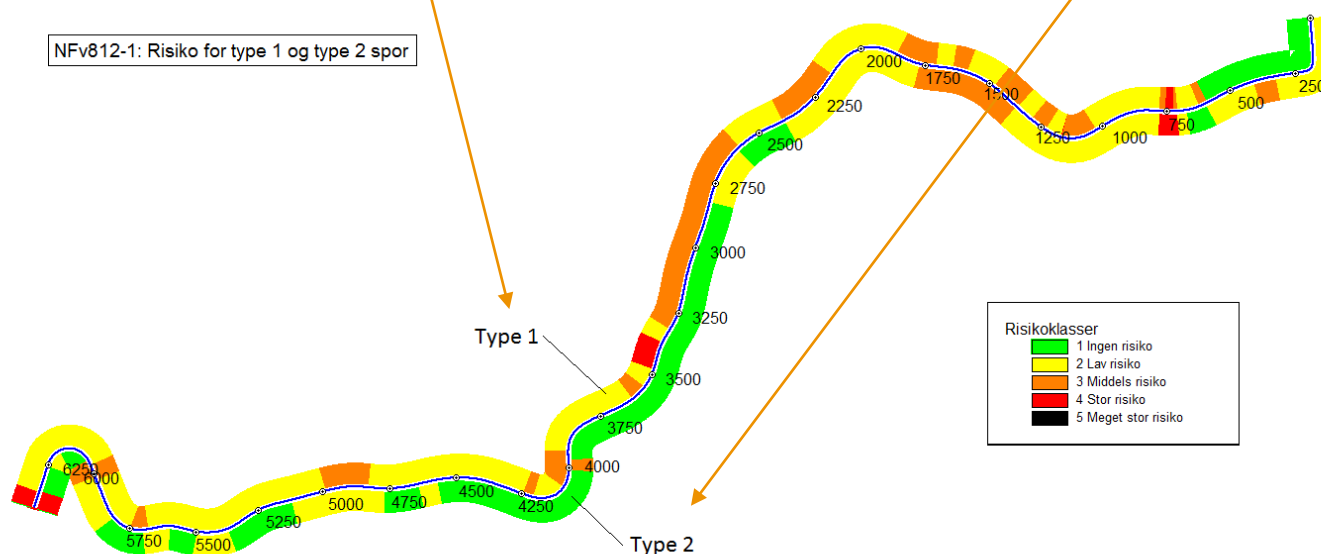
NFv812-1: Parametere for bestemmelse av risiko for type 1 spor



NFv812-1: Parametere for bestemmelse av risiko for type 2 spor

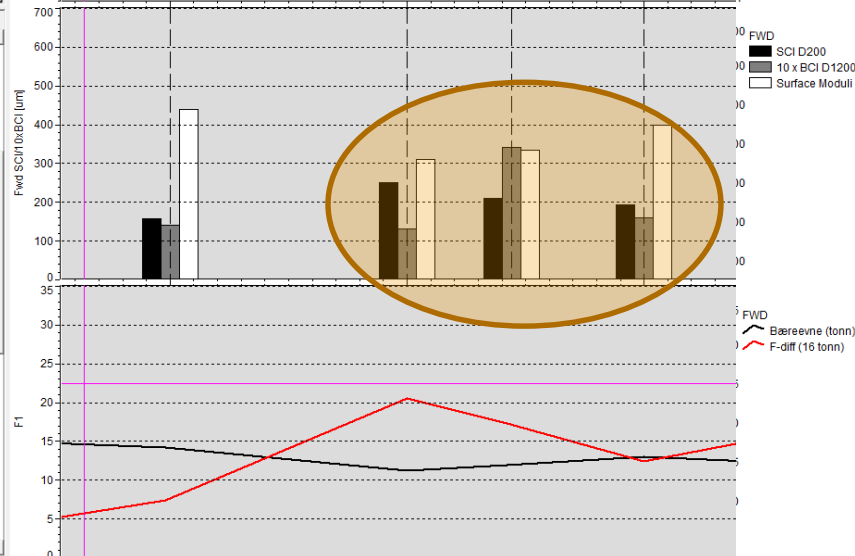
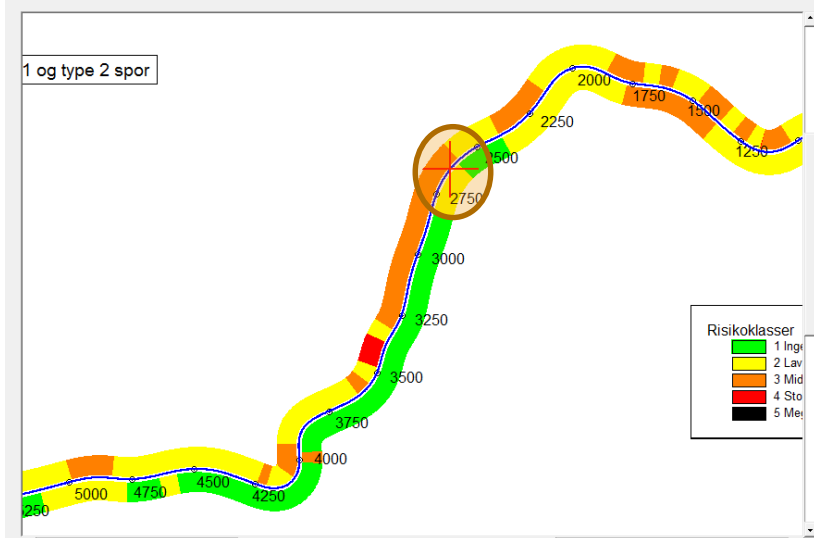
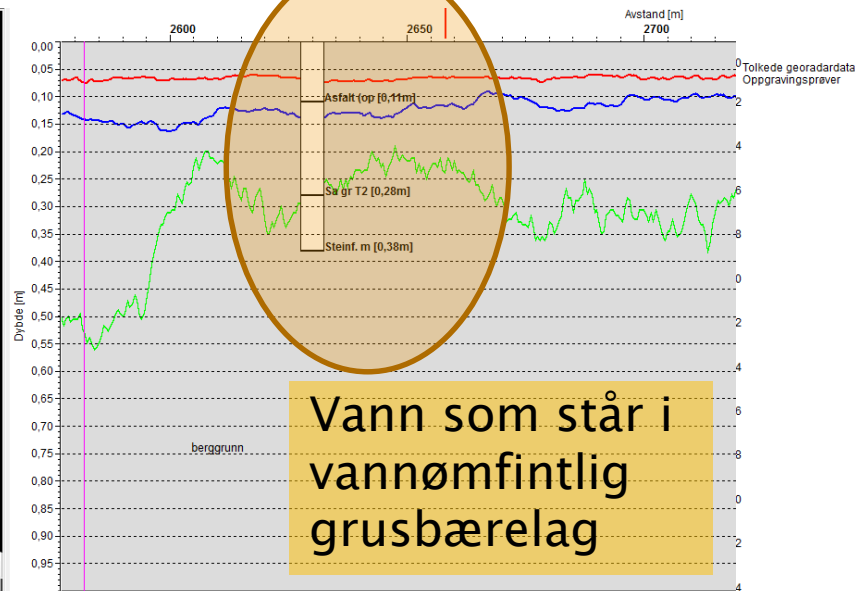
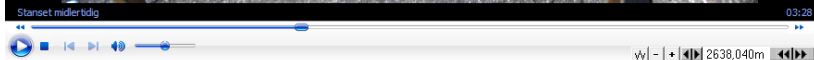


NFv812-1: Risiko for type 1 og type 2 spor

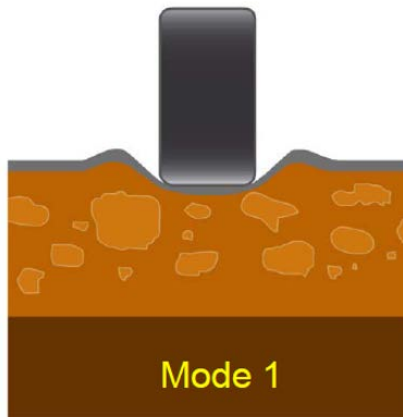




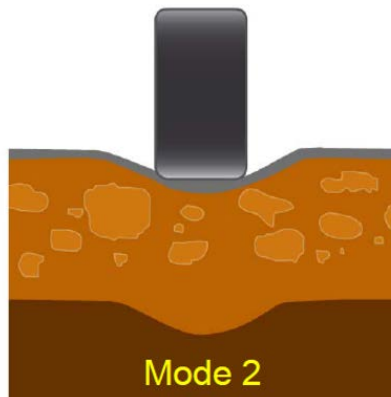
vegvesen



Prinsipper for å velge tiltak ut fra skadeårsak



- Øke styrken på eller redusere belastningene på bærelaget:
 - Stabilisering
 - Nytt bærelag / økte asfalttykkelser
 - Drenering



- Øke lastfordeling over undergrunn:
 - Øke overbygningstykkelsen
 - Masseutskifting
 - Armering
 - Drenering



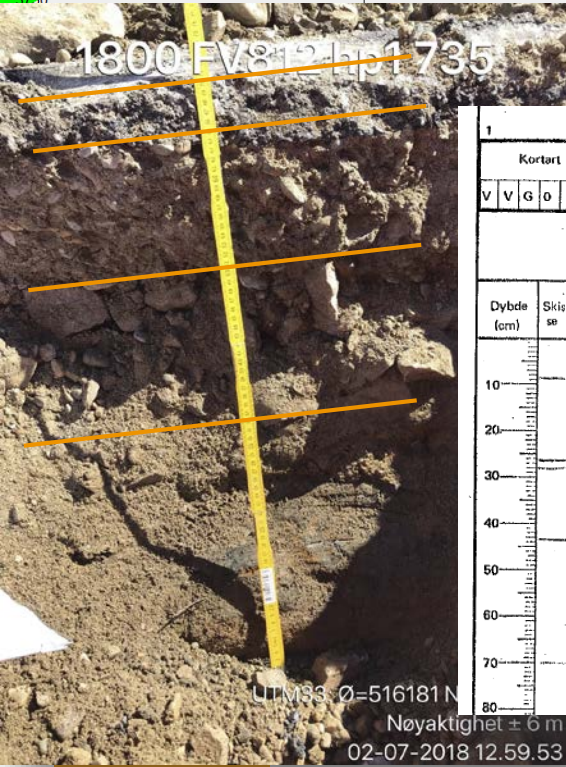
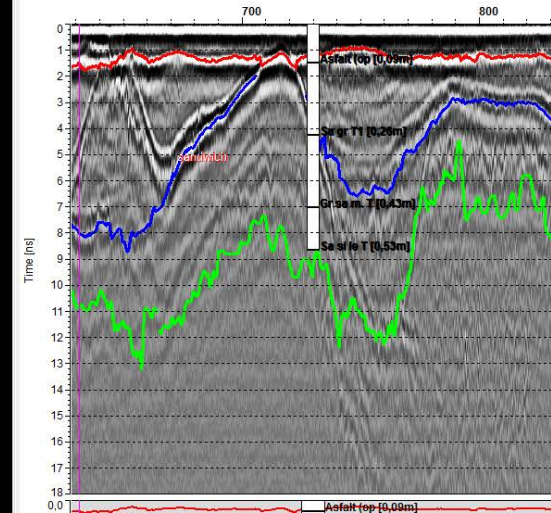
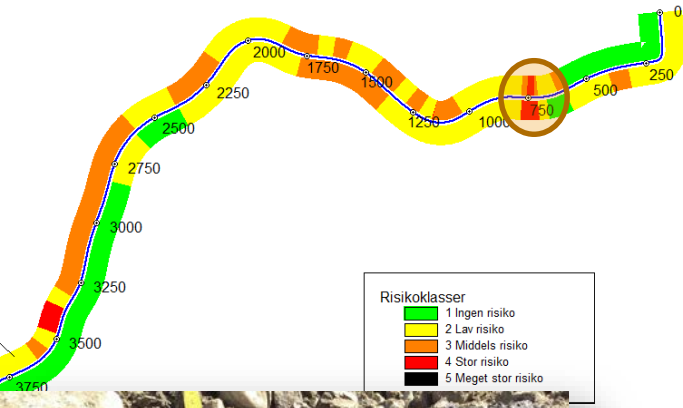
Viktigste forsterkningsmetoder

- **Økte asfaltskykkelser**
 - Ved relativt store asfaltskykkelser (10–15 cm), men problemer med vannømfintlige lag under (spor type 1).
 - Minske spenninger i bærelaget.
 - Min. 20 cm total asfaltskykelse.
- **Bitumenstabilisering av bærelag**
 - Ved tynnere asfaltdekker (5–10 cm) og vannømfintlige grusbærelag + «høy» ÅDT
- **Pukkstabilisering / innfresing av eksisterende asfalt**
 - Ved tynnere asfaltdekker (5–10 cm) og vannømfintlige grusbærelag + «lav» ÅDT
- **Stålarmering i asfalt**
 - Ved telesprekker og bæreevneproblemer over myr/svak grunn
- **Kantforsterkning**
 - Spesielt ved smale veger: i kurver og over myr/svak grunn
- **Drenering**
 - Nesten alltid medvirkende årsak til unormal sporutvikling!

Oppgravninger i svake punkter

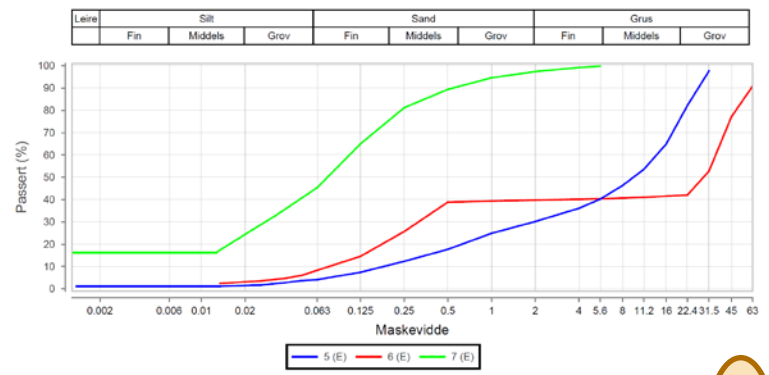


Statens vegvesen



1	7	9	11	15	17	22	25
Kortart	Fylke	Veg kat.	Veg nr.	Hp. nc.	Km		%
V	V	G	O	3	T		
			V	812	1	735	14

26	31										
Dybde (cm)	Skisse	Lag nr.	Lagtykkelse (cm)	Materialtype	Bæreevnegruppe	Prøve nr.	Jordart	Fi	st	ln	ff
0-10		9		Asf. Insl. opprett			18				
10-20		17		Grus runde		5	Om 16b				
20-30		17		Subst/kult med et m/sand/leir		6					
30-40		27		Sand/silt		7					



Pr.nr	Vegnr	Meter/profil	HP	Avst.hk.	Dybde(m)	Jordart	Cu (r = Cu75)	TG
5(E)	FV812	730.0	1		0.090 - 0.260	Sandig grus	76.1	T1
6(E)	FV812	730.0	1		26.000 - 43.000	Grusig sandig materiale	462.3	T2
7(E)	FV812	730.0	1		43.000 - 70.000	Sandig siltig leire	9.3	T4

Beregning av forsterkningsbehov ut fra oppgravingen



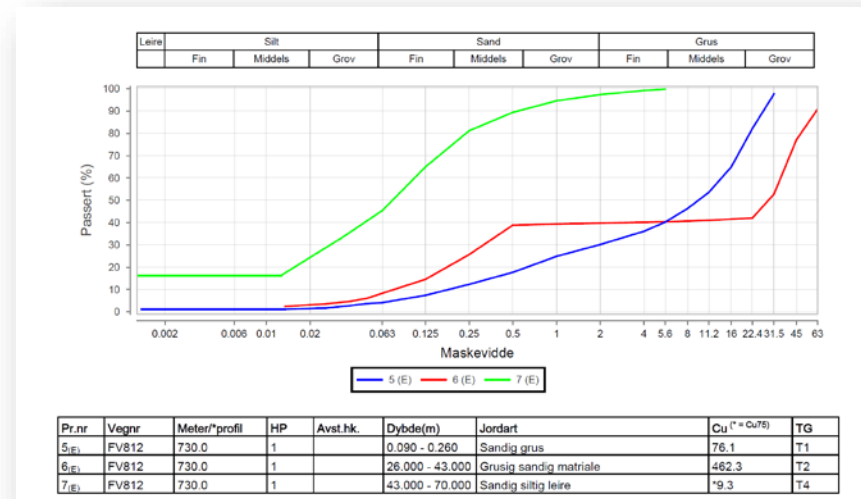
Statens vegvesen

Tabell 594.2 Krav til indekserverdier etter forsterkning

N200: 80 % av indekserkrav til ny veg

KRAV TIL INDEKSERVERDIER ETTER FORSTERKNING								
		TRAFIKKGRUPPE (Antall ekvivalente 10 t aksler pr. felt i dimensjoneringsperioden, N, mill.)						
Over materialer i overbygningen eller i grunnen	Bæreevne-gruppe	A1 (< 0,2)	A2 (0,2 - 0,5)	B (0,5 - 1)	C (1 - 2)	D (2 - 3,5)	E (3,5 - 10)	F (> 10)
Materialer med lastfordelingskoeffisient $a \leq 1,35$		18 ¹⁾	18 ¹⁾	18 ¹⁾	29	31	50	52
Grus $C_u \geq 15$, T1 Knust berg, $C_u \geq 15$, T1	1, 2	35	47	52	56	59	66	68
Grus $C_u < 15$, T1 Sand $C_u \geq 15$, T1 Knust berg, T2	3	35	47	52	56	67	82	84
Sand $C_u < 15$, T1 Grus, sand, morene, T2	4	47	55	60	72	83	98	108
Grus, sand, morene, T3	5	56	63	76	88	91	106	116
Silt, leire, T4	6	64	71	84	88	100	114	124

¹⁾ Dersom dekket består av Agb eller stivere dekketype



$$\text{ÅDT-T} = 60 \rightarrow N = 261455 \rightarrow \text{Traf.gr. A2}$$

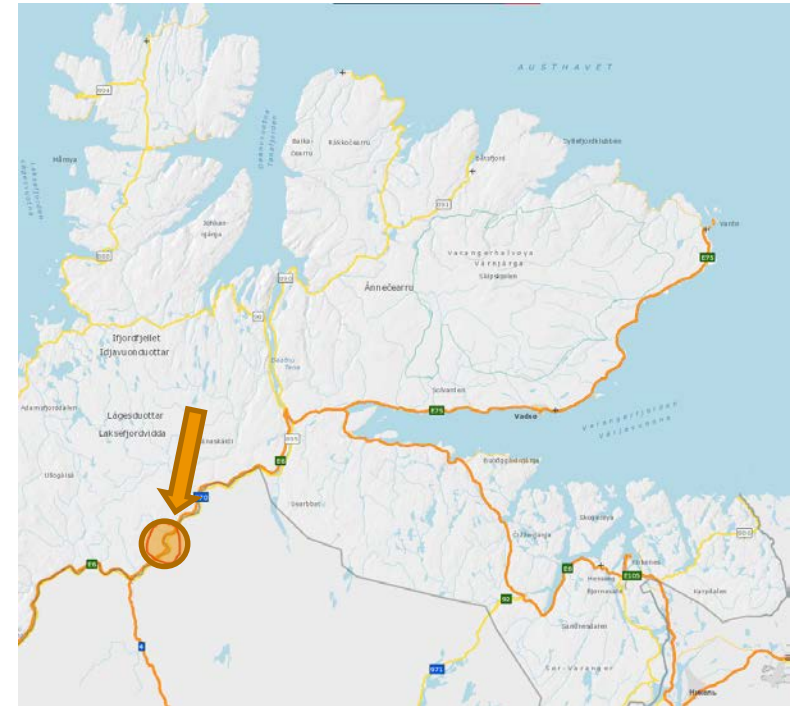
Veg	HP	Meter	Lagtykkelse	Materialbetegnelse	andel < 0,063 (%)	C_u	a	Si	Krav SI*	F-diff
Fv812	1	730	9,0	Asfalt, krakelert			2,0	18,0	47	29,0
Fv812	1	730	17,0	Sandig grus, T1	5	76	1,0	35,0	55	20,0
Fv812	1	730	17,0	Grusig sandig materiale, T2	19,8	462	0,5	43,5	71	27,5
Fv812	1	730		Sandig siltig leire, T4						

F-diff = 29 tilsvarer ~ 10 cm asfalt

Bedre alternativ pga. svak grunn: Drenering, armering, masseutskifting



Eksempel: Finnmark Ev6 Hp 21 m9400–15000



- Stabilt høy IRI-verdi siste 10 år (90/10-verdi=5 mm/m)
- Lang levetidsfaktor både for spor og jevnhet.
- 2–3 partier med langsgående telesprekker og større ujevnheter.

Forundersøkelser



Statens vegvesen

Spor og jevnhet

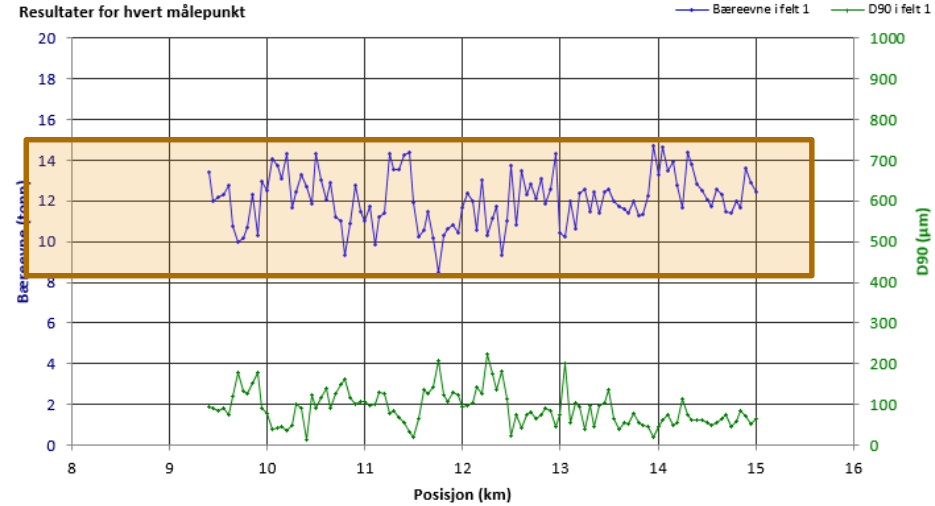
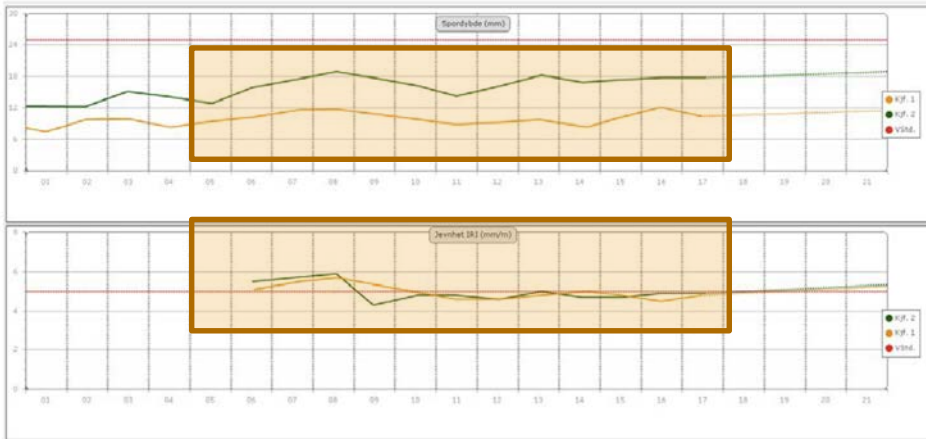
Bæreevne

Nord - Finnmark
 EVG - ROAVVEGIEDDI - PILDAN
 Fra HP/M: 21 / 9362 Til HP/M: 21 / 12049 (2687 meter)

Spør 90:50: 17,7 / 8,2
 Kritisk år spor: 2047
 RI 90:50: 4,9 / 3,6
 Kritisk år IRI: 2018

Siste måledato: 2017.07.20
 Siste dekkedato: 1980.12.31
 Dekkeppe: Og
 Dekkebredde: 5,8

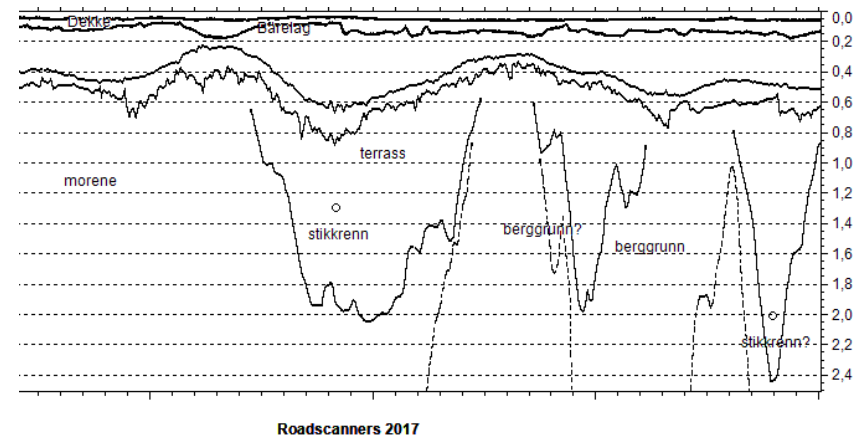
ADR: 238
 Dekkelevesid spor: 67
 Dekkelevesid IRI: 38



Oppgravingsprøver

Georadar

Roavvegieddi ig av vegkropp			Bærelag																																																												
			Region N																																																												
			1.0	2.0	4.0	8.0	11.2	20.0	22.4	31.5																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th><20µm</th> </tr> <tr> <th>Stedskode</th> <th>Øvre</th> <th>Pirfnedre</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>m6700</td><td></td><td>10.7</td></tr> <tr><td>m10720</td><td></td><td>8.4</td></tr> <tr><td>m11100</td><td></td><td>7.7</td></tr> <tr><td>m11750</td><td></td><td>13.6</td></tr> <tr><td>m12240</td><td></td><td>6.0</td></tr> <tr><td>m13750</td><td></td><td>5.4</td></tr> <tr><td>m12400</td><td></td><td>8.9</td></tr> <tr><td></td><td>Middel</td><td>8.7</td></tr> <tr><td></td><td>Std. avvik</td><td>2.8</td></tr> <tr><td></td><td>Maks</td><td>13.6</td></tr> <tr><td></td><td>Min</td><td>5.4</td></tr> <tr><td></td><td>Antall</td><td>7</td></tr> <tr><td></td><td>% over</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>% innen</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>% under</td><td></td></tr> </tbody> </table>					<20µm	Stedskode	Øvre	Pirfnedre	m6700		10.7	m10720		8.4	m11100		7.7	m11750		13.6	m12240		6.0	m13750		5.4	m12400		8.9		Middel	8.7		Std. avvik	2.8		Maks	13.6		Min	5.4		Antall	7		% over			% innen			% under		<63µm									
		<20µm																																																													
Stedskode	Øvre	Pirfnedre																																																													
m6700		10.7																																																													
m10720		8.4																																																													
m11100		7.7																																																													
m11750		13.6																																																													
m12240		6.0																																																													
m13750		5.4																																																													
m12400		8.9																																																													
	Middel	8.7																																																													
	Std. avvik	2.8																																																													
	Maks	13.6																																																													
	Min	5.4																																																													
	Antall	7																																																													
	% over																																																														
	% innen																																																														
	% under																																																														
			63.9	71.7	77.4	86.1	92.1	100.0																																																							
			51.2	57.0	61.8	70.6	75.1	94.0	97.4	100.0																																																					
			67.7	76.2	83.7	93.7	98.6																																																								
			67.7	77.1	83.7	94.3	98.2																																																								
			32.3	36.8	40.5	49.3	55.7	76.0	85.0	100.0																																																					
			64.3	71.2	75.7	80.8	84.8	92.6	92.6	100.0																																																					
			58.5	69.2	77.9	88.9	94.1	100.0																																																							
			57.9	65.6	71.5	80.5	85.5	92.5	91.6	100.0																																																					
			12.7	14.3	15.5	16.0	15.5	9.8	6.3	0.0																																																					
			67.7	77.1	83.7	94.3	98.6	100.0	97.4	100.0																																																					
			32.3	36.8	40.5	49.3	55.7	76.0	85.0	100.0																																																					
			7	7	7	7	7	5	3	3																																																					



Roadscanners 2017

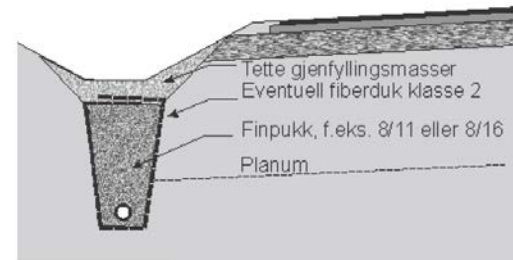


Årsakssammenhenger

- De største ujevnheterne er i tilknytning til siltig undergrunn med telehiv.
- Ellers skyldes ujevnheterne sannsynligvis en kombinasjon av:
 - et veldig gammelt og tynt dekke
 - noe lav bæreevne
 - meget vannømfintlig og delvis telefarlig bærelag
 - i kombinasjon med manglende drenering
 - variasjoner i grunnen mellom bergnabber og løsmasser på deler av strekningen

Valg av forsterkningstiltak

- Oppgradering av bærelaget
- Stålnett (ved telesprekker)
- Dreneringstiltak



Lukket drensgrøft med tetningssjikt for overvann



Dimensjonering av forsterkningstiltak

- F-diff=40 (beregnet fra oppgravingsprøver) og høyt finstoffinnhold i bærelaget gir behov for å tilføre materiale:

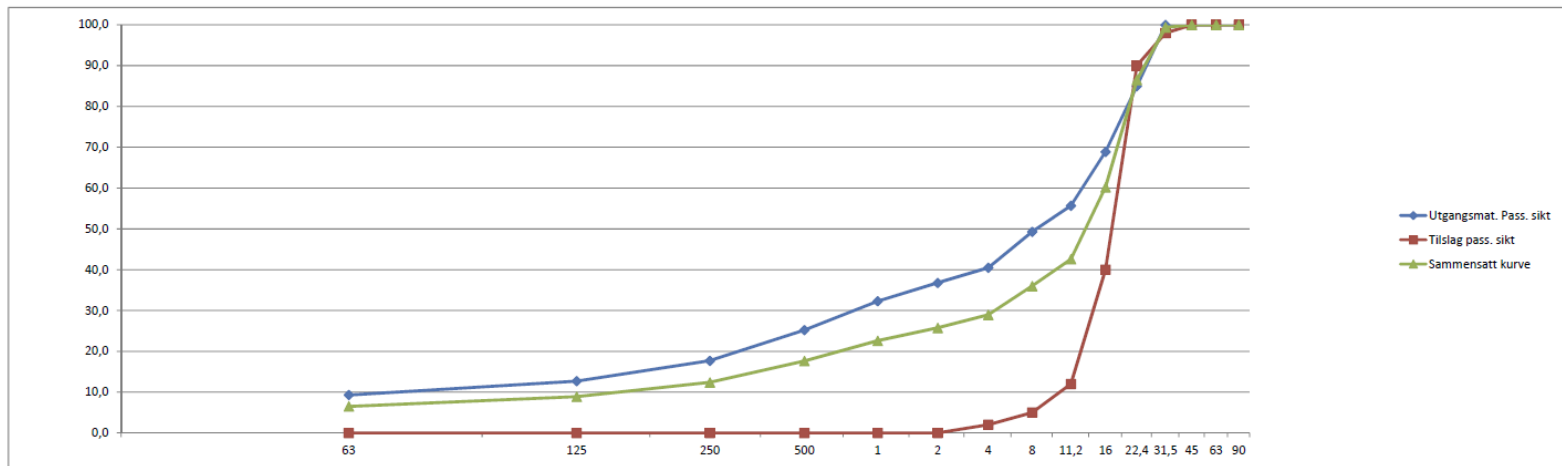
Tabell 1. Beregning av nødvendig forsterkning ved F-diff=40

Mat. type	Tykkelse	a*	SI	F-diff rest	Kommentar
Ma16	4	1,5	6	34	
Bg	21	1	21	13	Frese inn Og i underliggende grus. Styrkeøkning av bærelaget, a = 1 (a=0,5 -> 1,5)
Tilsatt 8/22	9	1,5	13,5	-0,5	Forbedre kornkurve, freses sammen med eksist. bærelag. Styrkeøkning a = 1,5 (regnes som nytt lag, stabilisert).
Heving av veg sum	13 cm		40,5		

* Lastfordelingskoeffisient:

Finstoff av mat. < 22,4 mm FØR	10,9
Finstoff av mat. < 22,4 mm ETTER	7,5

Farge på 63 sikt angir godkjent(grønn)-nesten godkjent(orsanje)-ikke godkjent (rød) finstoffinnhold etter sammensetning



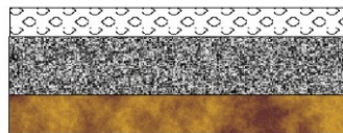
Utførelse av forsterkning

- Tilsetning av 9 cm pukk 8/22 rett på eksisterende veg.
- Freses sammen med eksisterende dekke og bærelag med ca. 30 cm fresedybde.
- Etter tørrfresingen tilsettes det 4,5 % bindemiddel i en ny freseoperasjon.
- (Stålarmering på partier med telesprekker)
- 4 cm Ma16 slitelag

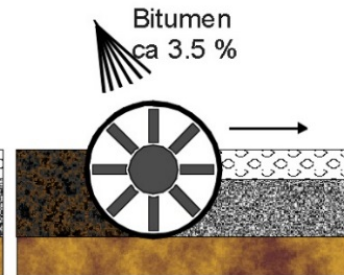
Tørrfresing og oppretting av vegprofil



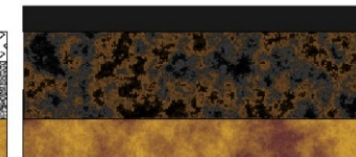
Påføring av 5-15 cm knust grus/fjell



Dypstabilisering, oppretting og kompaktering

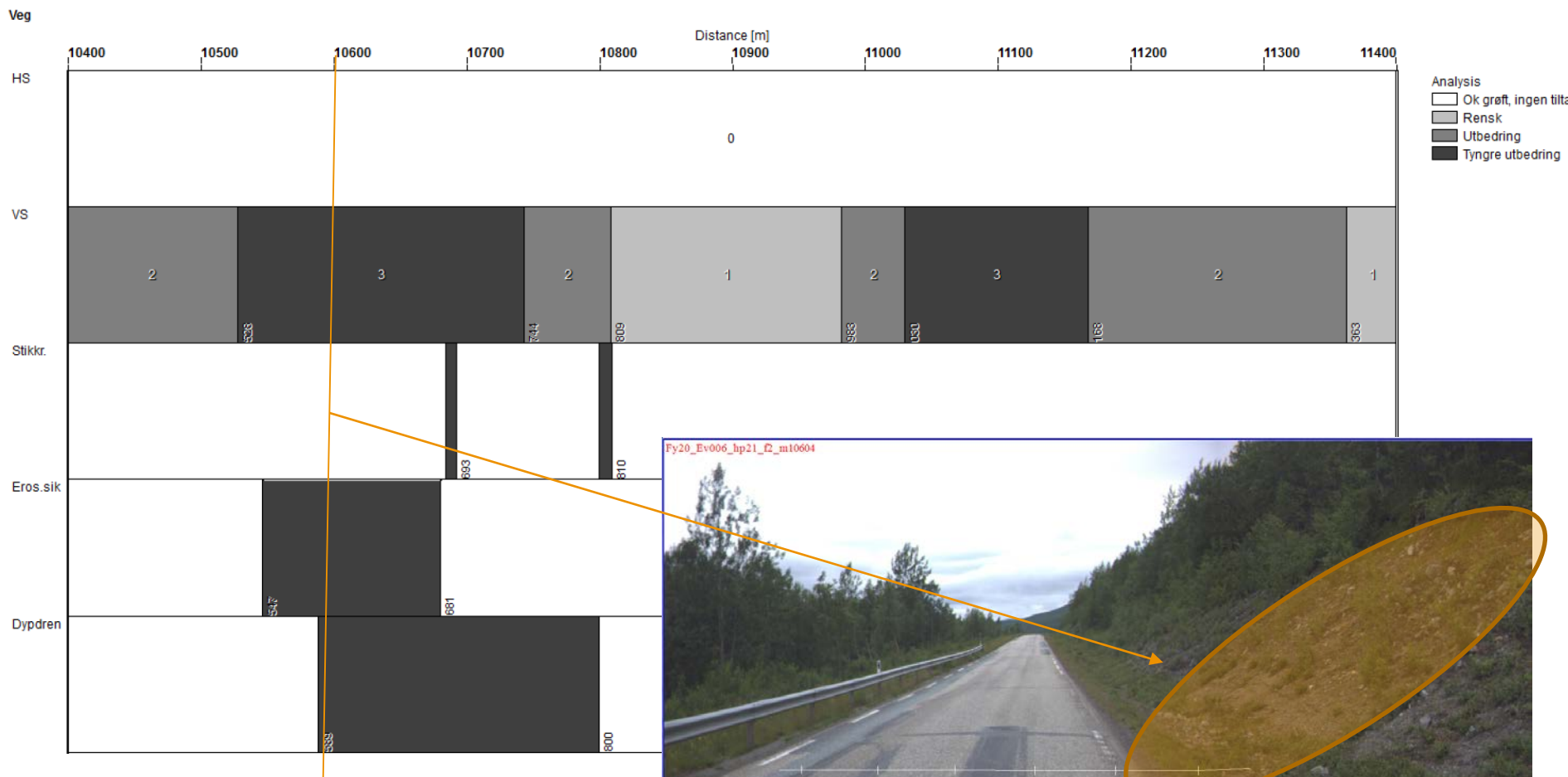


Legging av nytt asfaltdekke





Drenstiltak meter for meter





Eksempel på asfaltarmering i Alta (lagt 2012)

Fy20_Fv026_hp01_fl_m04998

Takk for
oppmerksomheten!