

Intern rapport nr. 1049

**Taksering av eksisterende veg
Bæreevnemessige egenskaper.
(Net-Prosjekt)**

November 1982

Veglaboratoriet

Intern rapport

nr. 1049

Gruppe: C

TAKSERING AV EKSISTERENDE VEG
Bæreevnmessige egenskaper (NET-prosjekt)

Vegdirektoratet
Veglaboratoriet

Gaustadalleen 25, Postboks 8109 Dep., Oslo 1. Tlf. (02) 46 69 60



Veglaboratoriets Interne rapporter omfatter utredninger, forskningsresultater, studiebesøk, forslag til retningslinjer, foredrag og kurskompendier.

Rapportene er delt i to grupper:

- B: For bruk innen Statens Vegvesen
- C: For fri distribusjon

Innholdet eller deler av det må ikke publiseres videre uten tillatelse fra Veglaboratoriet.

prosjekt/oppdrag: P-342

seksjon: 48-Bærelag

saksbehandler: E. Reinslett, A. Lampinen

/ BN

dato: November 1982



VEGLABORATORIET

rapportsammendrag

INTERN RAPP. NR./OPPDR. NR.

111	A	Rapportstatus*) N	Seksjon 48	Prosjekt P-342	Gruppe: C	1049
-----	---	----------------------	---------------	-------------------	--------------	------

1	2	3	4	5	21	31	41	51	61	71
---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----

TITTEL	212	A	Taksering av eksisterende veg - Bæreevnessige egenskaper (NET-prosjekt)							
--------	-----	---	---	--	--	--	--	--	--	--

SAKS-BEHANDLER	221	A	Navn E. Reinslett	Institusjon Veglaboratoriet
		B	A. Lampinen	VTT, Esbo, Finland
		C		

RAPPORT DATA	421	A	Rapporttype**) FoU	Dato Okt. 1982	Erstatter Intern rapport nr.			
		B	Totalt sidetall 15	Språk Norsk				
		C	Antall fotos	Ant. figurer 10	Ant. tabeller	Ant. litt.henv. 14		
		D	Sammendrag i andre språk			UTM ref.		

SAMMENDRAG	511	A	<p>En stor del av vårt vegnett består av gamle veger, hvor vi har liten eller ingen kjennskap til oppbygning og forhistorie. Ofte er det vanskelig å vurdere vegens strukturelle og funksjonelle egenskaper (bæreevne, spårdebyde, krakelering etc.).</p> <p>For å finne en metode for å vurdere en vegs strukturelle og funksjonelle egenskaper ble det i 1978 satt igang et nordisk forskningsprosjekt av NET "TAKSERING AV EKSISTERENDE VEG".</p> <p>Prosjektet er delt inn i</p> <p>BÆREEVNEMESSIGE EGENSKAPER DEKKETILSTAND GEOMETRI</p> <p>Dette notat inneholder:</p> <ol style="list-style-type: none"> Sammendrag: Delprosjekt 1. Variation av bærigheten i tverrprofilen 2. Vegers bæreevne vurdert ut fra nedbøyning og krumning under prøvelast Definisjon av en vegs bæreevne Faktorer som virker inn på en vegs bæreevne Variablenes innbyrdes samband Kostnader ved overbelastning av veg Målemetoder Databehandling og info-system Litteraturliste 					IRRD kode
------------	-----	---	--	--	--	--	--	-----------

FAG-OMR.	611	A	Dimensjonering av vegoverbygning	22
		B		
		C		

NØKKELOD	621	A	Bæreevne	3085
		B	Dimensjonering	3055
		C	Nedbøyning	5586
		D	Aksellast	1088
		E	Vegoverbygning	2955
		F	Tverrprofil	2843
		G		
		H		

**) 421A: FoU = forskning og utvikling K = konferansebidrag O = oppdrag
F = forskrifter/normaler A = artikkel

*) 111A: N = ny O = oppdatert

12/81

1. Sammendrag

Delprosjekt 1: Variation av bærigheten i tverrprofilen (1)

Skador i vägbelægningen og i vegen konstruksjon oppkommer spesielt på smale vegar med början i belægningens kant. Skadorna beror på at trafikens hjullaster forårsakar større nedbøying (belastning) i det høgra hjulspåret än mitt på vegen, vilket på sin sida leder till at vegen skadas.

Bærigheten i vegen tverrprofil har relativt lite varit föremål for forskning. Denne forskning baserar sig i huvudsak på mätningar som utförts i Finland. Material har också erhållits från Norge, Sverige og Danmark. Vegenens bredd, släntens lutning og bankhöjden inverkar på förändringorna i bærighet. Den största inverkan har vegenens bredd (som å sin sida inverkar på fordonets avstånd från vegen kant), den näst största inverkan har släntlutningen og den minsta inverkan har bankhöjden.

Då belastningen är belägen på ca. 1 m:s avstånd från vegen kant är nedbøyingen ca. 1,5 gånger så stor som nedbøyingen mitt på vegen. Då släntlutningen är større än 1:3 - 1:4 har inte släntlutningen mera nämnvärd förhöjande effekt på bærigheten. På små og smale vegar däremot med släntlutningar på ca. 1:1 - 1:2 har släntlutningen en stor inverkan på bærigheten. Man kan med hjälp av måtten i vegen tverrprofil justera den belastningseffekt, som trafikken åstadkommer.

För att kunna bestämna storleker på belastningseffekten har man utrett trafikens fördelning i vegen tverrprofil, ma. på vilket avstånd från vegen og belægningens kant den tunga trafikken, lastbilarna, kör. Personbilarna har ingen betydelse med hänsyn till belastning av vegen.

Genom att förena bærighetsvariationer og trafikens fördelning i vegen tverrprofil kan man utreda vegen tverrprofils inverkan på dimensioneringen av vegen konstruksjon.

Delprosjekt 2: Vegens bæreevne vurdert ut fra nedbøying og krumning under prøvelast (2)

Store deler av eksisterende vegnett består av gamle vegar hvor vi har liten kjennskap til oppbygning og forhistorie. Det er derfor ønskelig om man med en enkel, sikker og rimelig metode kan bestemme vegen styrke og den nedbrytning vegen blir utsatt for og ut fra dette fastsette vegen bæreevne slik at vegen kan utnyttes optimalt.

En vegoverbygning består av mange lag med forskjellige materialegenskaper som i de fleste tilfeller uttrykkes i tillatt spenning og/eller i en elastisitetsmodul etter Hooke's lov.

Da det er en omstendelig metode å bestemme materialegenskapene for de enkelte lag, er det ønskelig om man med en prøvelast på overflaten og overflatens nedbøyning kan bestemme vegens (totale) styrke som samtidig tar hensyn til de enkelte lags materialegenskaper.

I prosjektet er det bygd opp et system for bestemmelse av en vegs styrke ut fra måling av overflatent nedbøyning pga. en prøvelast. Variasjoner forårsaket av klimaforandringer blir ikke behandlet. Vegens styrke relateres derfor alltid til det tidspunkt målingen er foretatt, eller tilnærmet samme ytre forhold som under målingen. Dersom målingen er foretatt om sommeren, gir dette vegens styrke om sommeren, og dersom målingen er foretatt i teleløsningsperioden, gir dette vegens styrke over teleløsningsperioden.

Til feltundersøkelsen er det for det meste brukt Dynaflect som registrerer dekkeoverflatens nedbøyningsforløp med fem geofoner. Resultatet kan overføres til et hvert registreringsutstyr som registrerer dekkeoverflatens elastiske nedbøyning pga. en kjent last.

Ved hjelp av enkle teoretiske betraktninger har man kommet fram til at en vegs styrke kan uttrykkes med produktet mellom nedbøyning og krumning under en prøve last og dybden til et relativt svakt lag kan uttrykkes med forholdet mellom nedbøyning og krumning under samme last.

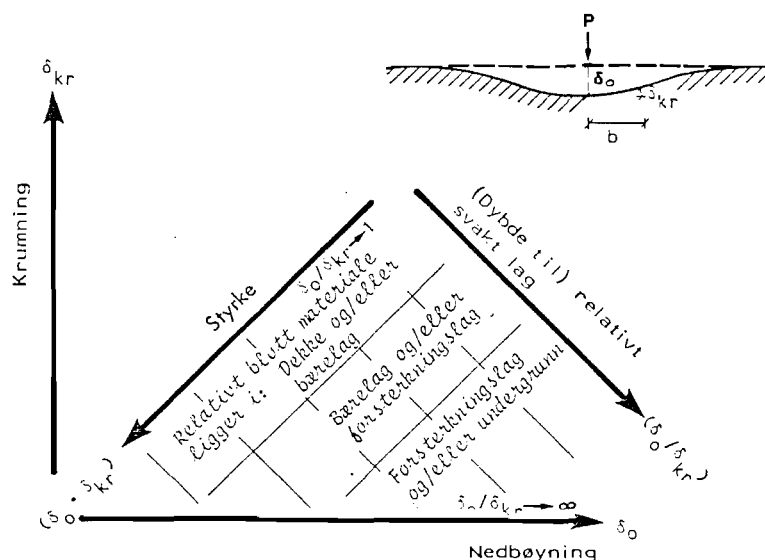


Fig. 1. Bestemmelse av en vegs styrke og dybde til et evt. svakt lag ut fra nedbøyningsmåling på vegoverflaten.

2. Definisjon av en vegs bæreevne

En vegs bæreevne er den ytre belastning som en veg kan utsettes for uten at vegens strukturelle og funksjonelle tilstand faller under en nedre akseptert grense.

3. Faktorer som virker inn på en vegs bæreevne

En vegs bæreevne er avhengig av mange faktorer som kan bestemmes i felten og/eller i laboratoriet. Det er svært viktig å vite hvordan de enkelte faktorer virker inn på bæreevnen. Likedan er det viktig å vite kostnadene ved bestemmelse av de enkelte faktorer.

Laboratorieundersøkelse av materialet er en svært tidkrevende og kostbar undersøkelse som mange ganger ikke står i forhold til den praktiske nytten man har av resultatet. Det er derfor ønskelig om overbygningens og undergrunnens bæreevne kan bestemmes ute i felten slik at det ved måling, tas direkte hensyn til:

- konstruksjon
 - . lagtykkelse og elastisitetsegenskap samt lagenes innbyrdes ordning
 - . skråningsheldning
 - . grøftedybde
 - . fylling/skjæring
- klimatiske forhold
 - . nedbør
 - . temperatur
 - . årstidsvariasjon

Ved måling av bæreevnen er denne lokalisert til det punkt hvor målingen er foretatt og under samme klimatiske forhold som under målingen.

		Følsomhet		
		L	M	S
*	Materialegenskaper			
	Elastisitetsmodul			X
	Tillatte tøyninger/spenninger		X	
	Vannømfintlighet			X
	Utmatningsegenskaper		X	
	Poisonstall,	X		
*	Konstruksjon/innspenning			
	Lagtykkelse			X
	Lagenes innbyrdes ordning			X
	Avstand fra ytre hjulspor til veg/dekkekant			X
	Skråningshelning		X	
	Undergrunn		X	
	Fylling/skjæring		X	
*	Drenering			
	Dybde til grunnvann			X
	Vanninntrengning			X
	Tverrfall	X		
	Grøftdybde	X		
*	Årstidsvariasjon			
	Overbygningens/undergrunnens materialeegenskap (vannømfintlighet)			X
	Frostmengde/teledybde	X		
	Innfrysning/tiningsforhold			X
	Nedbør			X

Fig. 2. De vesentligste faktorer som virker inn på en vegs bæreevne

I forbindelse med STINA-prosjektet (3) ble det foretatt en gallupsundersøkelse blant vegmestere, oppsynsmenn o.l., dvs. folk som har kjennskap til vegene i sitt eget distrikt. Endel av undersøkelsen gikk ut på å finne årsaken til at forsterkningsarbeidet utføres. Resultatet er interessant og viser indirekte hvordan en vegs bæreevne blir vurdert. Dette fordi at sprekker, ujevnheter, spordannelse osv. er vesentligst avhengig av om vegen har dårlig/god bæreevne.

ÅRSÅK	DK	IS	N	S	SF
Sprekker i vegdekket	34	5	17	12	21
Ujevn vegbane	16	—	32	26	33
Spordannelse	26	—	14	18	16
For å heve tillatt aksellast	13	95	15	20	9
Annet	11	—	22	24	21

Fig. 3. Årsak til at forsterkningsarbeid utføres (3)

4. Variablenes innbyrdes samband

I delprosjekt 1 og 2 har man vist hvordan bæreevnen varierer over tverrprofilen og hvordan bæreevnen kan uttrykkes ved måling av overflatens nedbøyning og krumning under en prøvelast.

Overflatens nedbøyning gir et mål for vegoverbygningens og/eller undergrunnens evne til å tåle belastninger. Prinsippielt kan metoden sammenlignes med styrkebestemmelse av andre bygningstekniske materialer.

Resultatet kan brukes i nåværende dimensjoneringsmetoder. Prinsipp for metoden i norden er vist i fig. 4.

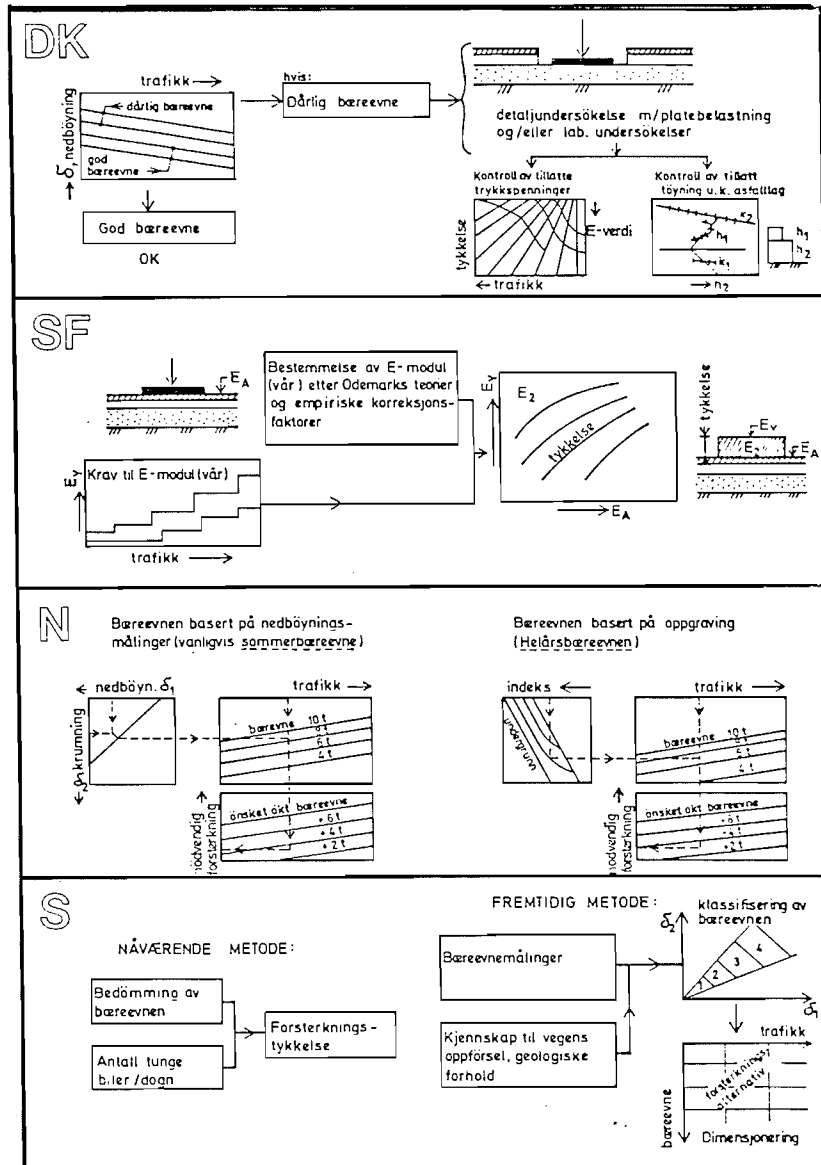


Fig. 4. Metoder for bestemmelse av en vgs bæreevne (4)

En veg som har lav bæreevne vil få akselerert nedbrytning av dekke og overbygning som etter kort tid vil gi utslag i redusert kjørbarhet i form av

- . krakkelering
- . ujamnheter, hull
- . spordannelse osv.

Disse faktorer har igjen innflytelse på skader av

- . kjøretøy
- . gods
- . person
- . miljø osv.

I tillegg til dette vil det oppstå kostnader pga. redusert nytte av vegen f.eks. i form av redusert transportvolum.

En vegs kjørbarehet er for det meste påvirket av følgende faktorer:

- . trafikk
- . vedlikehold/forsterkning
- . bæreevne

Med økende trafikk vil vegens kjørbarehet reduseres, mens økende vedlikehold og/eller forsterkning vil ha motsatt effekt.

Med vedlikehold menes utbedring av vegens forringelse, dvs. skader aksellastene har påført vegen. Det forutsettes at vegen har en viss bæreevne og at de enkelte aksellaster ikke overskrider en øvre grense.

Med forsterkning menes med en bæreevnemessig forbedring av vegen slik at høyere aksellaster kan tillates uten at vegens kjørbarehet reduseres eller vedlikeholdet økes (4).

Ved bruk av AASHO 4-potens regel kan vedlikeholdet uttrykkes som funksjon av tillatt aksellast og bæreevne (5). I praksis er tillatt aksellast lik bæreevnen som forutsetter at vegen har normalt vedlikehold og kjørbarehet.

I fig. 5 er det etablert sammenheng mellom vedlikehold, tillatt aksellast og bæreevne over en bestemt teleløsningsperiode. Systemet viser at hvis

teleløsningsbæreevnen = 6 tonn

tillatt aksellast = 10 tonn

må vedlikeholdet økes med 200% (dvs. til 300%) dersom vegens kjørbarehet ikke skal reduseres. Det er derfor av stor betydning å ha kjennskap til vegens bæreevne ved fastsettelse av tillatt aksellast slik at vedlikehold og kjørbarehet kan holdes på et akseptabelt nivå.

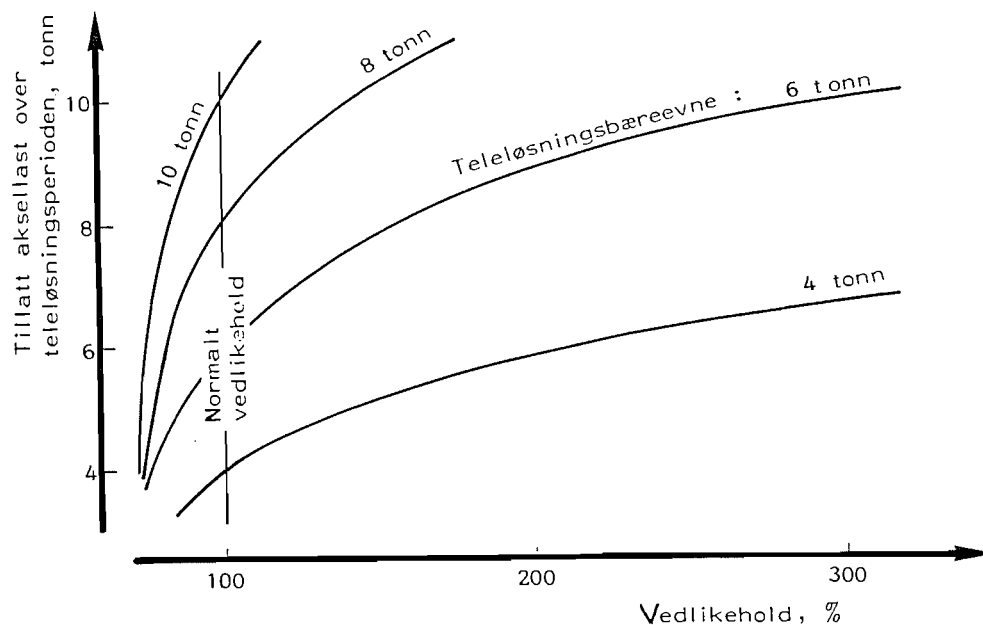


Fig. 5. Vedlikehold som funksjon av tillatt aksellast og bæreevne over teleløsningsperioden (5)

5. Kostnader ved overbelastning av veg

En veg som blir overbelastet vil få større nedbrytning av dekke og overbygning. For en vanlig veg øker nedbrytningen med 4-potensen av lasten (AASHO). Dvs. dersom vegen utsettes for 20% overlaster vil nedbrytningen øke til 200% eller ca. det dobbelte av det normale og gir seg utslag i enten redusert kjørbarehet og/eller økt vedlikehold.

I Norge (6) er kostnader pr. år på landsbasis til (dekkebæreevne) vedlikehold for å opprettholde normal kjørbarehet

- . 10 000 kr./km for veg med grusdekke
- . 20 000 " " " " fast dekke

Tallene forutsetter at tillatt aksellast er målt bæreevne.

I Norge hvor teleløsningsperioden varer i ca. 2 mnd. vil det koste ca. 100 mill. kr. pr. år i ekstra vedlikehold (NB! første året) ved ikke å innføre aksellastrestriksjoner. Det forutsettes at normal kjørbarehet opprettholdes.

Tillatt aksellast								Helårsbæreevne							
10 tonn		≥ 9 tonn		≥ 8 tonn		≤ 6 tonn		≥ 10 tonn		≥ 9 tonn		≥ 8 tonn		< 6 tonn	
km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
6216	25	8566	34	25213	100	0	0		30		35		39		49

Fig. 6. Bæreevne og tillatt aksellast på det norske riksvegnett (?)

Dersom vegen overbelastes og vedlikeholdet ikke økes vil dette medføre økende krakkelering, ujamnheter, hull, spordannelse osv. som igjen fører til økende kostnader i form av ulemper og skader på kjøretøy, gods, person, miljø osv.

Dette viser at det er svært viktig å ha kjennskap til en vegs bæreevne ved fastsettelse av tillatt aksellast og/eller nødvendig forsterkning slik at kostnadene til vedlikehold kan holdes på et normalt nivå.

6. Målemetoder

Det eksisterer idag en mengde metoder for måling av nedbøyning som benyttes til bestemmelse av en vegs bæreevne. Det er av den grunn viktig å ha klart for seg hvilke metoder som benyttes og hva resultatet skal brukes til.

Det kan skilles mellom følgende metoder

- Statisk
 - . platebelastning
 - . Lacroix
 - . Deflectograph
 - . Benkelmansbjelke
 - . Curvaturmeter
- Dynamisk
 - . Fallodd-platebelastning
 - . Dynaflect
 - . Road Rater

Selv med en slik oppdeling, vil metodene være forskjellig på en rekke punkter f.eks. belastningens størrelse og varighet.

Det er også svært viktig å vite hvordan nedbøyningen måles.

For å finne sammenheng mellom de forskjellige utstyr er det gjort flere sammenligningsmålinger som viser at det er god korrelasjon mellom disse. Endel av undersøkelsene som er gjort i norden er rapportert i (8, 9, 10).

I fig. 7 er det satt opp en liste over kostnader ved bruk av det bæreevne målingsutstyr som finnes i norden. NB! Kostnader til databearbeiding er ikke medregnet.

TOTALE KOSTNADER (SKR) I FORBINDELSE MED BÆREEVNEMÅLING

Måleutstyr	DANMARK		FINLAND		ISLAND		NORGE		SVERIGE	
	pr. time	pr. målep. k.	pr. time	pr. målep. k.	pr. time	pr. målep. k.	pr. time	pr. målep. k.	pr. time	pr. målep. k.
BENKELMAN		38	420	40	240	70	700	25		
DEFLECTOMETER		15	-	-	-	-	-	-		
DYNAFLECT		-	-	-	-	-	400	8		
FALLODD		100	390	35	-	-	-	-		
LACROIX		-	510	2	-	-	600	2		
PLATEBELASTNING		250	420	90	250	160	500	250		

Fig. 7. Liste over kostnader i forbindelse med bæreevne måling (11, 12)

7. Databehandling og info-system

Data fra bæreevne måling bearbejdes manuelt eller med regnemaskin.

Ved vurdering av kortere strekninger med få målinger kan dataene bearbejdes manuelt, mens lengre strekninger med store datamengder bør/må bearbejdes med regnemaskin.

For bestemmelse av en vegs bæreevne foretas de systematiske bæreevne målinger med faste intervaller. Samtidig med bæreevne målingen foretas det registrering av dekke/skulder bredde og grøftedybde.

Det finnes enkle system som er lett tilgjengelig. Eksempel er vist i fig. 8, 9 og 10.

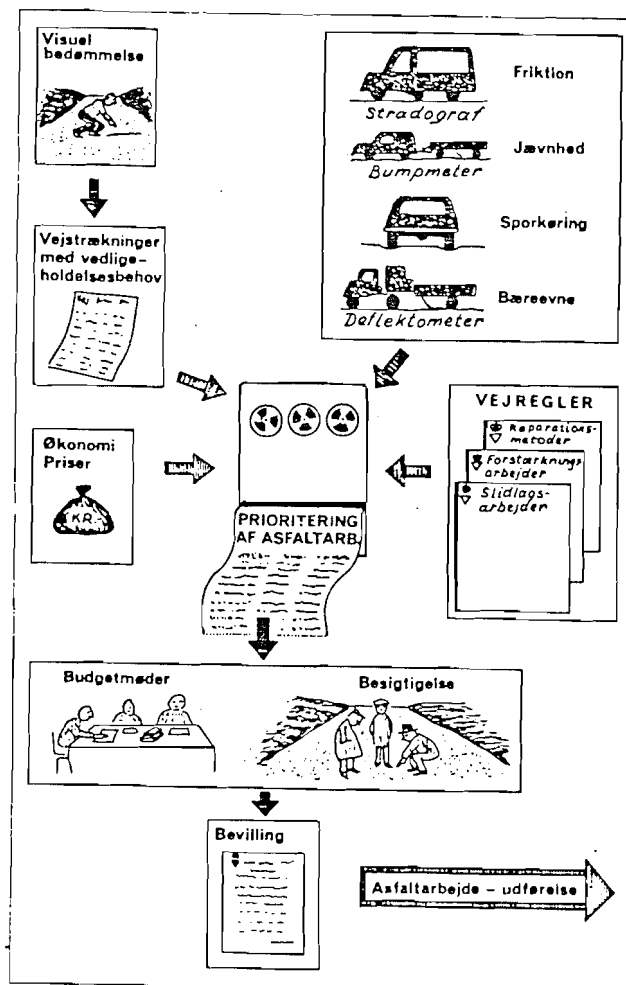


Fig. 8. Prinsipp for dansk metode for "belegningsprioriteringssystem" (13)

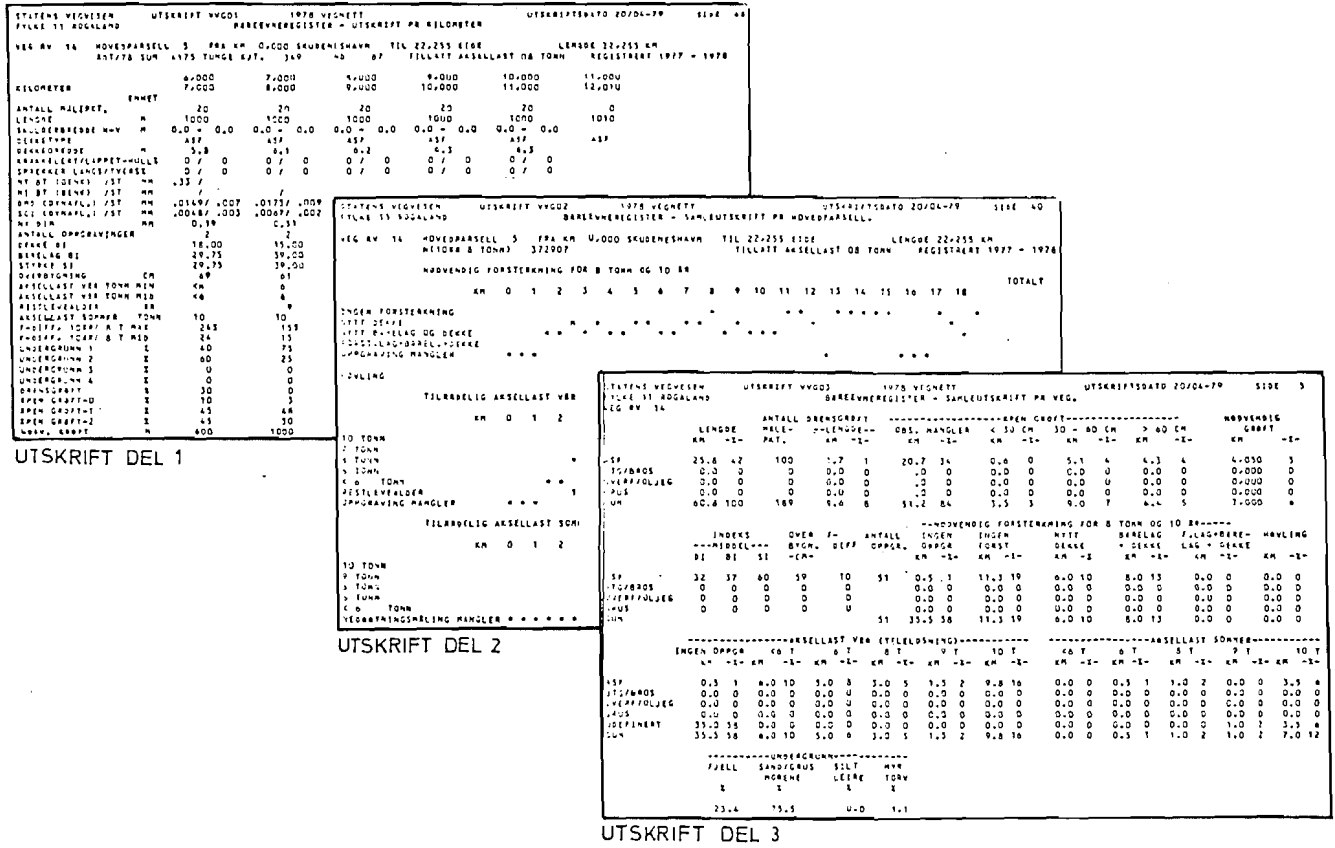


Fig. 9. Eksempler på datautskrifter fra bæreevnerregisteret - Norsk metode (14)

FU 585 HP. 3 NORDRAA BRU-ELVERUM
 Måledato : 16- 10- 80 Km-aar : 78
 AADT-tunge : 100 AADT-total : 1800
 Indekskrav, Dekke :Ingen Berelag : 33 cm
 Beregnet dato :6.10.81

- a) BEREVNE PR. MAALPUNKT
- b) DIMENSJONERENDE BEREVNE
- c) NØYDENIG FORSTERKNING (F-DIFF),
 for: FAST DEKKE , etter: FAST DEKKE med 10 tonn bæreevne

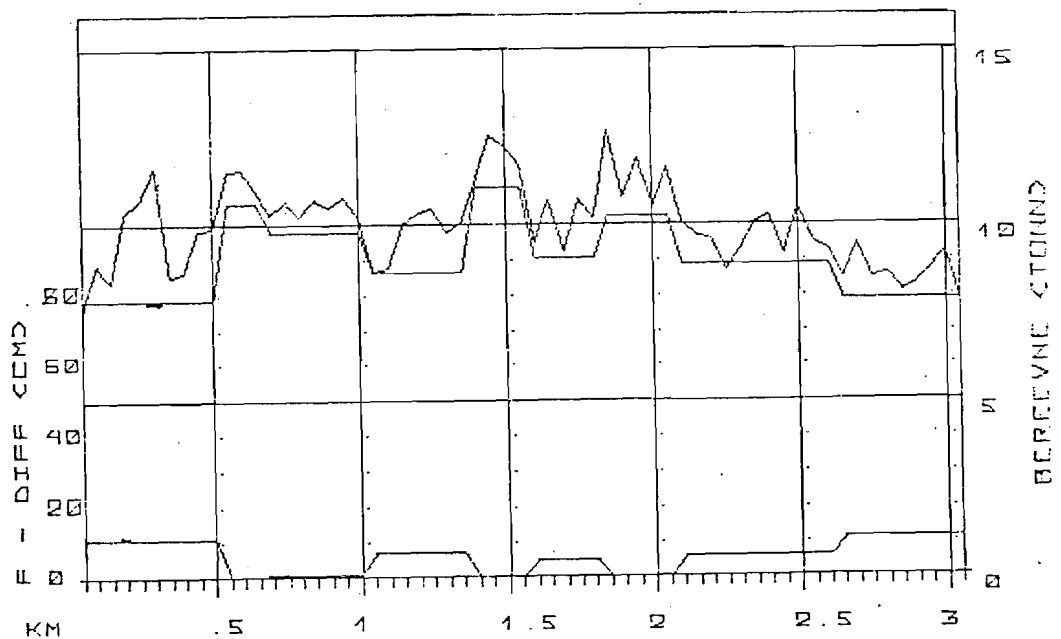


Fig.10. Eksempel på bæreevneutskrift fra minicomputer - Norsk metode

7. Litteratur

- (1) A. Lampinen, 1982.
Variation av bärigheten i tverrprofilet
VTT, Väg- och trafiklaboratoriet
Esbo, Finland
- (2) E. Reinslett, 1982.
Vegers bæreevne vurdert ut fra nedbøyning
og krumning under prøvelast.
Vegdirektoratet - Veglaboratoriet, N-Oslo
- (3) STINA, 1975
Samarbetsprosjekt för tilläpning i Norden av
AASHO-undersökningen
STINA-rapport NU-1975: 11, N-Oslo
- (4) Forsterkning av veg, 1980.
NVF-rapport nr. 13.
NVF-utvalg 31.
- (5) E. Reinslett, 1981.
Bestemmelse av tidspunkt for innføring/oppheving
av aksellastrestriksjoner.
Intern rapport nr. 992.
Veglaboratoriet, N-Oslo
- (6) Vedlikeholdsstandard for Statens Vegvesen
4. utgave, 1980.
Rapport 251.
Kontor for teknisk rasj.,
Vegdirektoratet, N-Oslo
- (7) Bæreevnerregisteret
Vegdirektoratet, N-Oslo
- (8) T. Arnesen, 1976.
Utprøvning av Dynaflect bæreevneutstyr
mot Benkelman-høsten 1975.
Intern rapport nr. 679
Veglaboratoriet, N-Oslo
- (9) B. Petterson/G. Ringstrøm, 1977.
Jämförande bärighetsmätningar i Värmland, 1976.
Internordisk metodestudie.
Intern rapport nr. 17.
Statens Vägverk, S-Stockholm
- (10) S. Nilsen, 1981.
Sammenlignende bæreevne målinger med
forskjellige innventeringsutstyr.
Interne notater 124 + (bilag) 125.
St. Vejlaboratorium, Dk-Roskilde.
- (11) Servise- og konsulentydelse, 1982.
Statens Vejlaboratorium, Vejdatalaboratoriet,
Danmark
- (12) Tie- ja katurakenteiden kantavunden
mittauslaittet, 1981.
Tie- ja liikennelaboratorio.
SF-Espo.
- (13) C.S. Berggreen, 1982.
Nordisk vegteknisk forbund.
Anvendelse af de Danske vejregler
for slidlags- og forsterkningsarbejder
til prioritering af vedlikeholdsesarbejder.
- (14) G. Refsdal, 1980.
Nordisk vegteknisk forbund.
Bæreevne messig utnyttelse av vegnettet i Norge
basert på systematisk registrering av bæreevnen
NVF-80, N-Oslo.