

SENSORVEILEDNING

Emnekode: IRB30018	Emnenavn: Vegplanlegging
Dato: 05.12.2018 Sensurfrist: 27.12.2018	Eksamenstid: kl. 09.00 -12.00
Antall oppgavesider: 3 Antall vedleggsider: 13	Faglærer: Yonas Zewdu Ayele, PhD Oppgaven er kontrollert: Ja.
Hjelpemidler: Utlevert kalkulator	
Om eksamensoppgaven: <u>Veiledende vekting:</u> Vekting er kun orienterende for å planlegge egen arbeidstid på eksamen. <i>Dersom du mener det mangler opplysninger: <u>Gjør nødvendige antagelser og begrunn dette i besvarelsen.</u></i>	
Kandidaten må selv kontrollere at oppgavesettet er fullstendig	



Oppgave 1 – Støyberegning (15%)

På en vegstrekning passerer 12 000 kjøretøy i døgnet, og andel tunge kjøretøy er 15%.

- Hvor stort døgnekvivalent støynivå kan forventes 10m fra vegens senterlinje når fartsnivået er 80 km/t?
- Vegen går i 7% stigning på 2m fylling og terrenget er dekket av vegetasjon (MYK mark). Hvor stor er støyen 50m fra vegens senterlinje uten støyskjerm/voll?

Bruk forenklet metode i “Nordisk beregningsmetode” til støyberegning.

Løsningsforslag – Oppgave 1

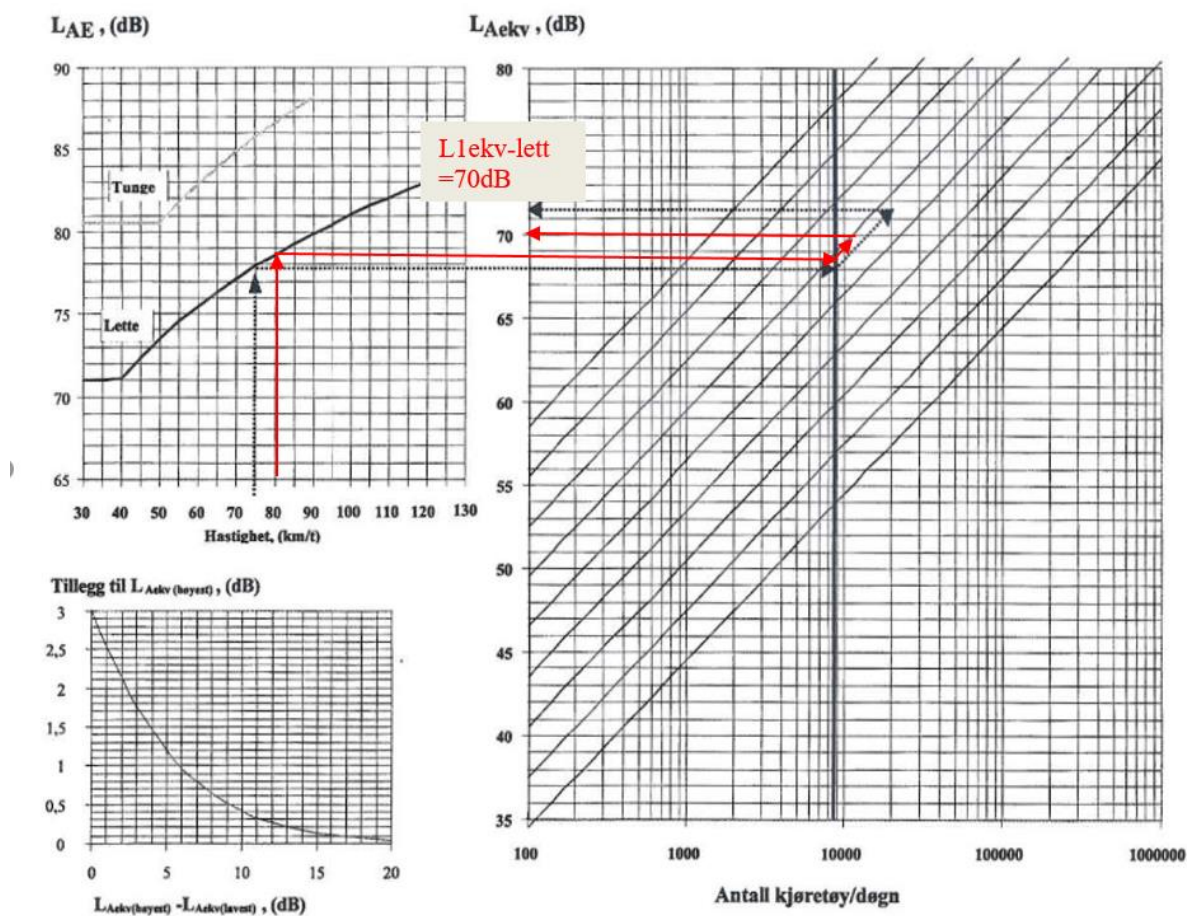
a)

Inndata

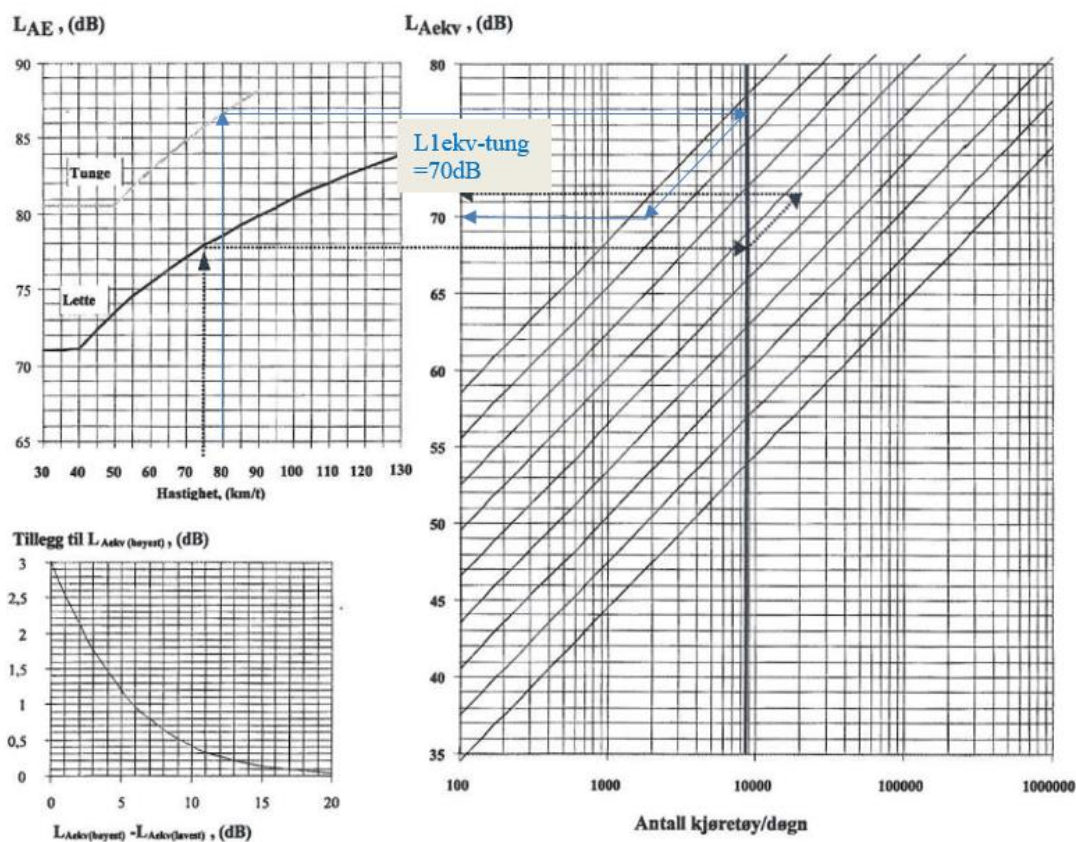
V	80	km/t
ADT	12000	kjt/t
Del tunge bil	15	%

10200 lett
1800 tung

1. Referanseverdi, $L_{1ekv-lett} = 70\text{dB}$



Referanseverdi, $L_{1ekv-tung} = 70\text{dB}$

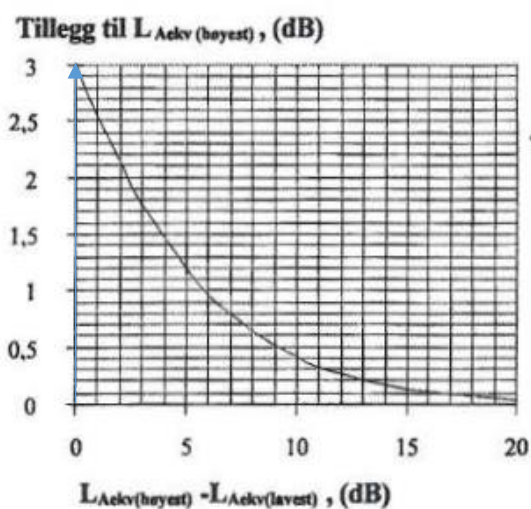


Referanseverdi, L_{1ekv} for lett kjøretøy = 70dB

Referanseverdi, L_{1ekv} for tung kjøretøy = 70dB

à Differensen = $L_{1ekv}(\text{høyest}) - L_{1ekv}(\text{lavest}) = 70\text{dB} - 70\text{dB} = 0\text{dB}$

Med differansen = 0dB skal vi beregne Tillegg dB



Referansestøynivået, L_{1ekv} blir = $70 + 3 = 73\text{dB}$

b)

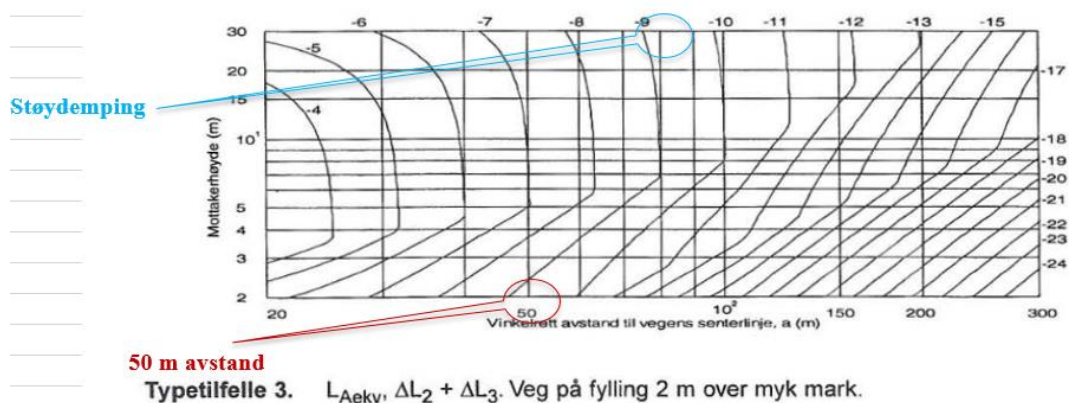
Korreksjon 1

Vegen går på 2m fylling og terrenget er dekket av vegetasjon (MYK mark)

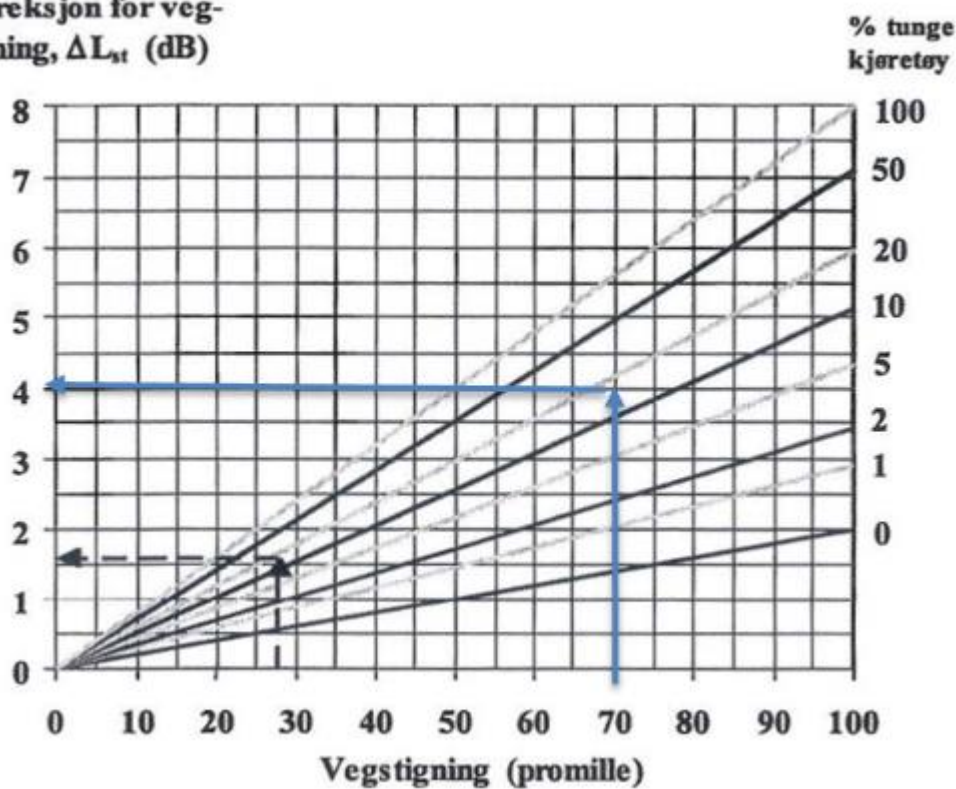
SÅ Velger vi "typeprofil" nr. 3.

50 m fra vegens senterlinje

Vi får -9,1dB

**Korreksjon 2**

7% stigning (og 15% tunge kjøretøy) gir

Korreksjon for vegstigning, ΔL_{st} (dB)

SÅ vi får +4dB

Og vi havner på $73 - 9,1 + 4 = 67,9$ dB

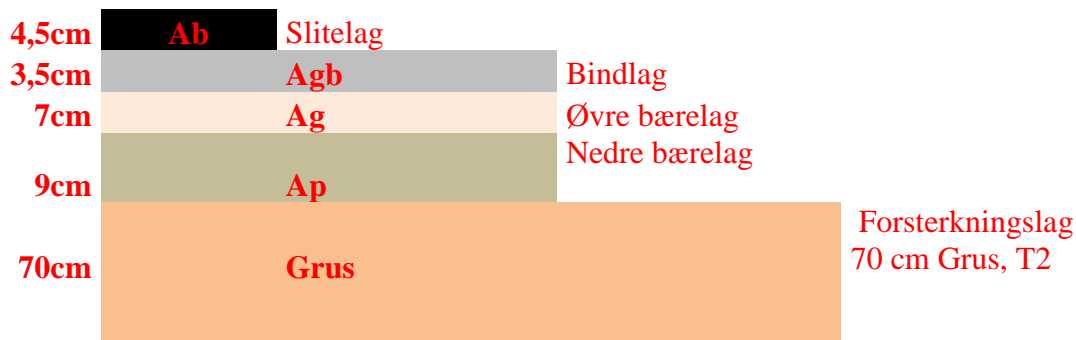
Oppgave 2 – Vegbygging (15%)

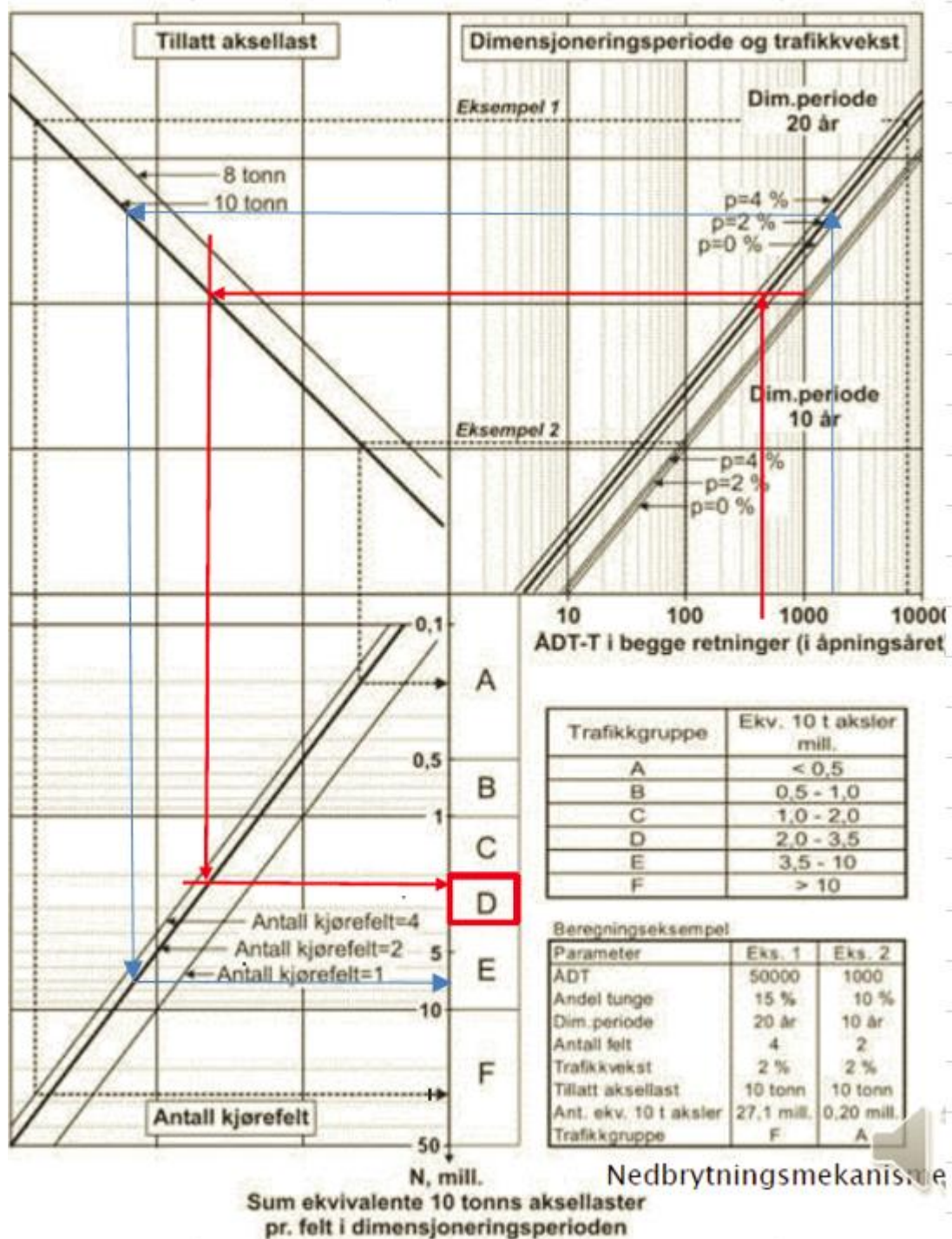
Vi skal bygge en ny 2-felt veg med 8 km lengde og fart 70 km/t utenom et tettsted. Ny veg skal erstatte eksisterende veg, som er 5 km lang, har fart 50 km/t, og skal dimensjoneres for 10 tonns aksellast, 20 års dimensjoneringsperiode og 2% årlig trafikkvekst. Du kan regne at all trafikken, ÅDT= 12000kjt. med 15% andel tunge, går over på ny veg. I undergrunnen er det meget telefarlig leire, med $C_u = 40\text{kPa}$, fyllinger skal bygges med grus med telefarlighetsklasse T2.

- a. Fastlegg trafikkgruppe og bæreevnegruppe for fyllingene. Finn fra diagrammer i HB-N200 alle tykkelser for lag i overbygningen på fylling. Tegn opp en “overbygningskloss” og angi alle materialtyper i overbygningen med fullt navn og tykkelse. Det er aktuelt å bruke materialene: asfaltbetong, asfaltgrusbetong, asfaltert grus, Asfaltert pukkk og ekstrudert polystyren.

Løsningsforslag – Oppgave 2

ÅDT	Tunge-del	ÅDT-T		
12000	15,0 %	1800		
20	år			
2 %	økning			
10	tonn aksellast			
2	felts-veg			
N=	8 millioner		HB N200- fig. 510.2	
Trafikkgruppe	E			
Leire med T4	Gir Bæreevnegruppe 6			
		fig.510.3		
Dekke				
4,5	cm Asfalt betong, Ab			
3,5	cm asfalt grusbetong, Agb		HB N200- fig. 512.1	
Bærelag				
7	cm Asfaltert grus, Ag		HB N200- fig.512.2	
9	cm Asfaltert pukkk, Ap			
Grus (T2)				
70	cm sortert grus			
94	cm totalt			





Telefarlighetsklassifisering				
Telefarlighetsgruppe		Av materiale < 22,4 mm		
		Masse-%		
		< 2 µm	< 20 µm	< 200 µm
Ikke telefarlig	T1		< 3	
Litt telefarlig	T2		3 - 12	
Middels telefarlig	T3	1)	> 12	< 50
Meget telefarlig	T4	< 40	> 12	> 50

Bæreevneklassifisering		
Undergrunn		Bæreevnegruppe
Fjellskjæring, steinfylling,	T1	1
Grus, Cu ≥ 15,	T1	2
Grus, Cu < 15,	T1	3
Fjellskjæring, steinfylling,	T2	3
Sand, Cu ≥ 15,	T1	3
Sand, Cu < 15,	T1	4
Grus, sand, morene,	T2	4
Grus, sand, morene	T3	5
Leire, silt, morene	T4	6
Myr ²⁾		7

Andre materialer	
Lettklinker, skumglass	4
Ekstrudert polystyren (XPS)	4
Ekspandert polystyren (EPS-blokker)	6

1) Også jordarter med mer enn 40 % < 2 µm regnes som middels telefarlig T3.

2) Bæreevnegruppe 7 Myr inngår ikke i de forskjellige dimensjoneringstabellene og må behandles spesielt. Ofte vil tiltak bestå i forsterkning av grunnen, se kap 2.

D	DEKKE (SLITELAG OG BINDLAG) AV BITUMINØSE MASSER (lagtykkelser i cm)			
	ADT (i åpningsåret)			
Dekketype	0 - 1500	1500 - 3000	3000 - 5000	> 5000
Myke dekketyper	4,0	4,0		
Stive dekketyper	3,0 over 3,0	3,5 over 3,0	4,0 over 3,0	4,5 over 3,5

Figur 512.1 Valg av dekkeløsninger (slitelag og bindlag), lagtykkelser i cm

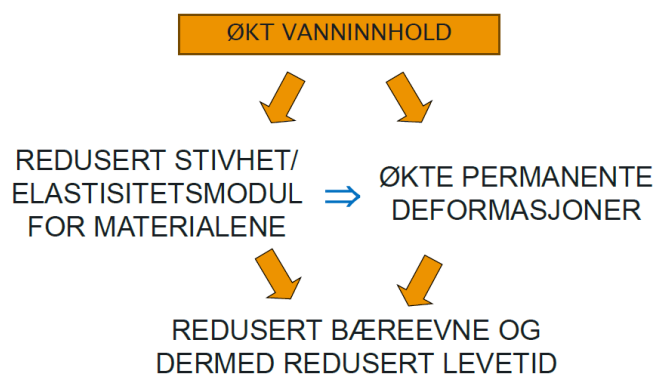
H/S/A		DIMENSJONERINGSTABELL FOR HOVED-, SAMLE- OG ADKOMSTVEGER (lagtykkelser i cm)					
		TRAFIKKGRUPPE (Antall ekvivalente 10 t aksler pr. felt i dimensjoneringsperioden, N, mill.) Beregning av trafikkgruppe, se pkt. 510.2					
		A (< 0,5)	B (0,5 - 1)	C (1 - 2)	D (2 - 3,5)	E (3,5 - 10)	F (> 10)
DEKKE		Dekketype og tykkelse velges på grunnlag av ADT i åpningsåret se pkt. 512.3 / figur 512.1					
BÆRELAG		Tykkelse (cm), bærelag					
Anbefalte materialer:		9	10	11	12	13	14
Ag							
Ag over Ap		5 over 6	6 over 7	6 over 8	7 over 8	7 over 9	7 over 10
Ag over Ak		5 over 10	6 over 10	7 over 10	8 over 10		
Ag over Fk		5 over 10	6 over 10	7 over 10			
Ag over Gja ³⁾		6 over 5	6 over 7	6 over 9	6 over 10		
Fk		20					
FORSTERKNINGSLAG PÅ		Tykkelse (cm), forsterkningslag med lastfordelingskoeffisient a = 1,0					
Materialtype i grunnen:	Bæreevne gruppe						
Fjellskjæring, steinfylling, T1 ⁶⁾	1	30	30	30	30	30	30
Grus Cu ≥ 15, T1	2	30	30	30	30	30	30
Grus Cu < 15, T1							
Sand Cu ≥ 15, T1							
Fjellskjæring, steinfylling T2 ⁶⁾	3	30	30	30	40	50	50
Sand Cu < 15, T1 ⁴⁾							
Grus, sand, morene, T2	4 ⁷⁾	40	40	50	60	70	80
Grus, sand, morene, T3	5	50	60	70	70	80	90
Silt, leire, T4, c _v ≥ 50 kPa	6 ⁷⁾	60	70	70	80	90	100
Silt, leire, T4, c _v 37,5-50 kPa	6	60	70	80	80	90	100
Silt, leire, T4, c _v 25-37,5 kPa	6	60+20 ¹⁾	70+10 ¹⁾	80	80	90	100
Silt, leire, T4, c _v < 25 kPa ²⁾	6	60+50 ¹⁾	70+40 ¹⁾	80+30 ¹⁾	80+30 ¹⁾	90+20 ¹⁾	100+10 ¹⁾
BÆRELAGSINDEKS BI⁵⁾		39	45	50	54	62	65

Oppgave 3 – Drenering og lover og normaler (15%)

a) Forklar minimum tre funksjonskrav for drensssystemet.

Funksjonskrav for drensssystemet

- **Sikre avrenning fra kjørebane:** Det må tas hensyn i følgende situasjoner:
 - resulterende fall (sum av fall i lengde-og tverretning)
 - tverrfall –også i horisontalt terreng
 - gammel veg –fjerne torvkanter og ujevnheter
 - under snøsmeltingen -fjerne smeltevann
 - sluker og kummer i vegbanen må fungere
 - drenering gjennom betongrekkverk må fungere
- **Unngå reduksjon av bæreevnen (reduksjon av levetid og vegkapital)**



- **Hindre oversvømmelse med påfølgende skader på vegnett og andres eiendom**
 - tilstrekkelig kapasitet for stikkrenner/kulverter
 - beregne avrenning og dimensjonere stikkrenner
 - rensk av stikkrenner, innløp og utløp
 - vedlikeholde stikkrenner
 - tining av stikkrenner om vinteren
 - vedlikeholde overvannsgrøfter og sidegrøfter
 - fjerne slam etc. i lukket drensssystem
- **Sikre mot erosjon, ras og utglidning**
 - Erosjonssikring i skråninger
- **Redusere problem med telehiv og iskjøving**
 - Drenering for å forhindre telehiv, f.eks. senke grunnvannet ved dyp drensgrøft (det forbedrer også bæreevnen)

b) Hva kan bompenger brukes til med hjemmel i vegloven?

§27 i veglova

- i. Bompengene kan brukes til alle tiltak som er hjemlet i denne loven.
- ii. Investeringer i faste anlegg og installasjoner for kollektivtrafikk på jernbane, inkludert sporveg og tunnelbane.
- iii. Til tiltak for drift av kollektivtrafikk

c) Det skal bygges en veg som er kostnadsberegnet til 400 millioner kroner og byggetiden er på 2 år. Kreves det da utarbeidet KU?

- Det kreves ikke, men skal vurderes nærmere i reguleringsplanen.

d) Forklar de komponentene og aktivitetene som har størst innvirkning på klimapåvirkning.

- De komponentene og aktivitetene som har størst innvirkning på klimapåvirkning er:
 - asfalt,
 - masseflytting,
 - betong i betongkonstruksjoner og bruer,
 - asfaltert grus i bærelag, og
 - stål i vegrekkverk

e) Vegkryssene formidler to funksjoner. Forklar de to funksjoner.

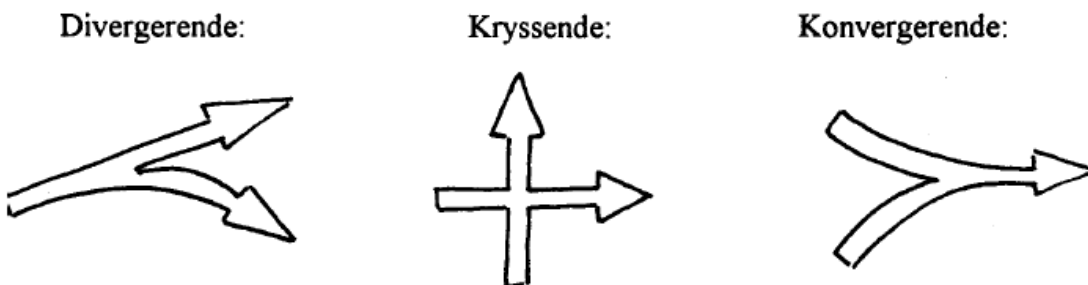
Vegkryssene formidler to funksjoner;

- *kryssing av trafikkstrømmer og*
- *tilknytning mellom trafikkstrømmer.*

Ut fra de trafikkmessige forhold som trafikken sammensetning, størrelse og retningsfordeling, må det først fastlegges om kryssets primære oppgave er å tilfredsstillere behovet for kryssing eller for tilslutning.

f) Vegkrysset skal utformes slik at trafikantene uten vanskelighet kan forstå hvor i kryssområdet konflikt kan oppstå og slik at beslutningsprosessen blir enklest mulig. Forklar det 3 forskjellige typer konfliktpunkter.

- Det er 3 forskjellige typer konfliktpunkt:
 - *Mellom kryssende,*
 - *Konvergerende og*
 - *Divergerende trafikkstrømmer*



g) Hva er de to hovedgrupper kryss? Forklar med eksempler.

- Vi skiller mellom to hovedgrupper kryss.

1. Plankryss der kryssende veger ligger i samme vertikale plannivå, kjent som rundkjøringer, X-kryss og T-kryss.

2. Planfrie kryss der kryssende veger ligger i adskilte vertikale plannivå, kjent som Ruter-, Kløver- og Trompet-kryss, mest brukt på motorveg klasse A

Oppgave 4 – Konsekvensanalyse (25%)

Statens vegvesen skal bygges en 14km lang 2-felts veg i tettstedet i Østfold. Forprosjekt er allerede igangsatt av vegvesenet. Fylkesmann i Østfold har bestemt at området må planreguleres før man kan starte. For å få utarbeidet en reguleringsplan må det gjennomføres en konsekvensanalyse for tiltaket, og da spesielt med hensyn på de konsekvenser tiltaket kan ha for halvering av ulempene med støy og annen luftforurensning i området.

Målet med denne oppgave er derfor å utrede prissatte konsekvenser av de to alternativene det vil utføres konsekvensanalyse av.

- Alternativ 1: Oppgradering til utbedringsstandard U-H5.
- Alternativ 2: Oppgradering til fullgod standard etter H5.

Den nye løsningen med ny omkjøringsveg skal vurderes med tanke på samfunnsøkonomisk lønnsomhet. For kostnadsdata og annen informasjon vises tabell under. Priser her kan, for enkelhets skyld, brukes med 0% årlig prisstigning. Dere kan se bort fra MVA. Bruk kalkulasjonsrente= 4% og tidshorisont= 40. Total levetid settes til 40 år. Betalingsvillighet for støyreduksjon er 10 000.- pr. person.

Beskrivelse	Alt.0	Alt.1	Alt.2
ÅDT	10000	10000	10000
Fart (km/t), gjennomsnittlig	60	80	90
Veglengde (km)	14	14	14
Ulykkesfrekvens	0,35	0,2	0,10
Alvorlighetsfaktor (verdsettingsfaktor) ved ulykker	0,9	1,1	1
Kjt./Driftskostnader pr. kjt.km for alle kjøretøy (kr)	2,64	2,25	2,75
Ulykkeskostnad gjennomsnitt (mio kr.)	4,0	4,0	4,0
Tidskostnader pr. time (kr)	265.-	265.-	265.-
Sterkt støyutsatte personer(antall)	180	0	0
Anleggskostnad pr. m (kr)	-	45 500.-	80 500.-
Vegvedlikeholdskostnader pr.m (kr)	1750.-	1100.-	2000.-

Akkumulert diskonteringsfaktor:

år\rente	4 %	6 %	8 %
20	13,59	11,47	9,82
30	17,29	13,76	11,26
40	19,79	15,05	11,92

- a. For situasjonen før og etter ombygging skal følgende kostnader beregnes i nåverdi:
 - Tidskostnader
 - Kjøretøykostnader
 - Ulykkeskostnader
 - Miljøkostnader
 - Anleggskostnader
 - Vedlikeholdskostnader
- b. Lag et oppsett som viser ombyggingens samfunnsøkonomiske lønnsomhet der nettonytte/kostnad-brøken er angitt. Gi en anbefaling og vurdering om tiltaket bør gjennomføres ut fra samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

Løsningsforslag – Oppgave 4

TIDSKOST

	ÅDT	Lengde(km)	V	timer	timepris	mill.kr.	NYTTE, mill.kr.
alt.0	10000	14	60	851667	265	226	
alt.1	10000	14	80	638750	265	169	56
alt.2	10000	14	90	567778	265	150	75

KJØRETØYKOST

	ÅDT	Lengde(km)		Kjt.km	km-pris	mill.kr.	
alt.0	10000	14		51100000	2,64	135	
alt.1	10000	14		51100000	2,25	115	20
alt.2	10000	14		51100000	2,75	141	-6

ULYKKESKOST

	ÅDT	Lengde(km)	Uf	Ulykker	faktor	mill.kr.	
alt.0	10000	14	0,35	17,885	0,9	64	
alt.1	10000	14	0,2	10	1,1	45	19
alt.2	10000	14	0,10	5	1	20	44

MILJØKOST

				personer			
alt.1/2				180	10000		2
				Sum Årlig Kostnader		alt.1	98
				Sum Årlig Kostnader		alt.2	115

Anleggskost.

		Lengde(km)			m-pris	mill.kr.	Restverdi
alt.1		14			45500	637	0
alt.2		14			80500	1127	0

Vedlikeholdkost

		Lengde(km)			m-pris	mill.kr.	Årlig endring
alt.0		14			1750	25	
alt.1		14			1100	15	-9
alt.2		14			2000	28	4

år\rente	4 %	6 %	8 %
20	13,59	11,47	9,82
30	17,29	13,76	11,26
40	19,79	15,05	11,92

NÅVERDIER

	alt.1	Alt.2
Anleggskostnad	637	1127
Endring vedlikehold	-180	69
Budsjettvirkning	457	1196
Restverdi	0	0
Nytte	1931	2283
NettoNytte	1474	1087
NN/brøk	3,23	0,91

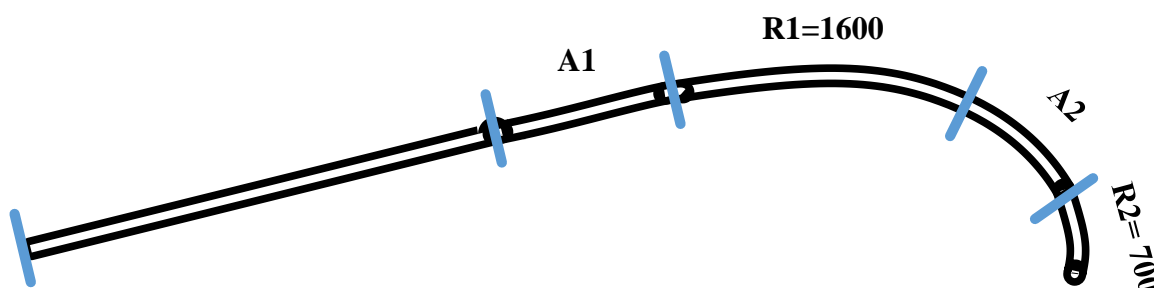
Oppgave 5 – Horizontal Linjeberegning (15%)

Veglinjen vist under starter med en rettlinje, fortsetter med klotoide, høyrekurve, klotoide (eggkurve) og høyrekurve. Dimensjonerende fart er $V_{dim} = 110$ km/t og vegen er en hovedforbindelse med vegstandardklasse H8.

For elementlengder vises tabell under.

Element	Rettlinje	Klotoide 1	Høyrekurve, R1	Klotoide 2 (eggkurve)	Høyrekurve, R2
Lengde (m)	140	A1	100	A2	80
Radius (m)			1600		700

Rettlinjen starter i profilnr. 0,00. Begge klotoider skal bestemmes slik at de er nøyaktig like lang som kravet til overhøyderampelengden, uten hensyn til krav i HB N100.



- Beregn lengden av overhøyderampene og parameterverdier for klotoidene, for så å tegne opp horisontalkurvediagrammet og tilhørende tverrfallsdiagrammet.
- Klotoidens parameterverdi, A2, skal kontrolleres med hensyn på tverrykket (m/s³). Beregn verdien for tverrykket over klotoidens lengde og sjekk om verdien er akseptabel med hensyn på komfort.

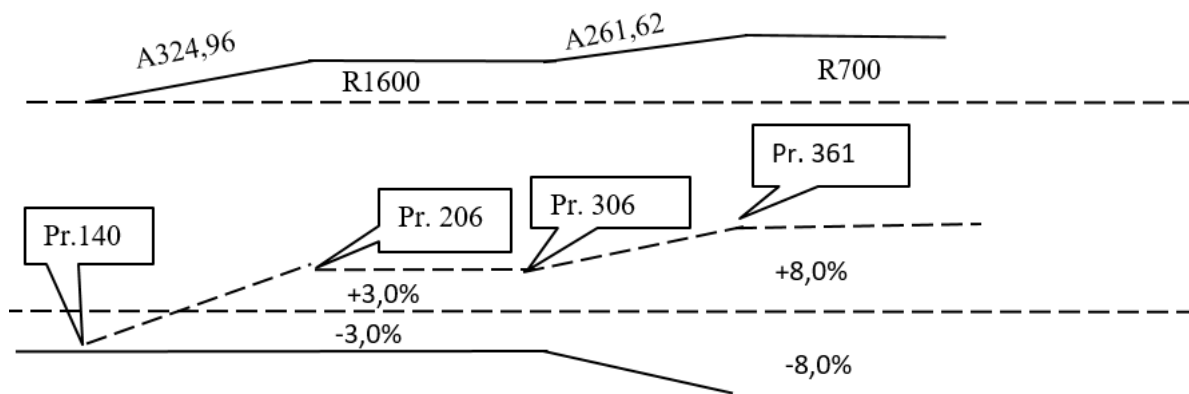
Løsningsforslag

a)

A	R	L	Profilnr.	e, overhøyde	
	0	140,00	140	-3,00 %	
324,96	1600	66,00	206,00	3,00 %	
	1600	100,00	306,00	3,00 %	
261,62	1600	55	361,00	8,00 %	
	700	80	441,00	8,00 %	
L01		66		fra e= -3% til +3%	Vd= 110
L02		55		fra e= +3% til +8%	

$$\text{Eggkurve-Lengde: } 55 = \frac{A^2}{700} - \frac{A^2}{1600} \quad \text{gir } A = \sqrt{\frac{55 \cdot (1600 \cdot 700)}{1600 - 700}}$$

$$A = 261,62$$

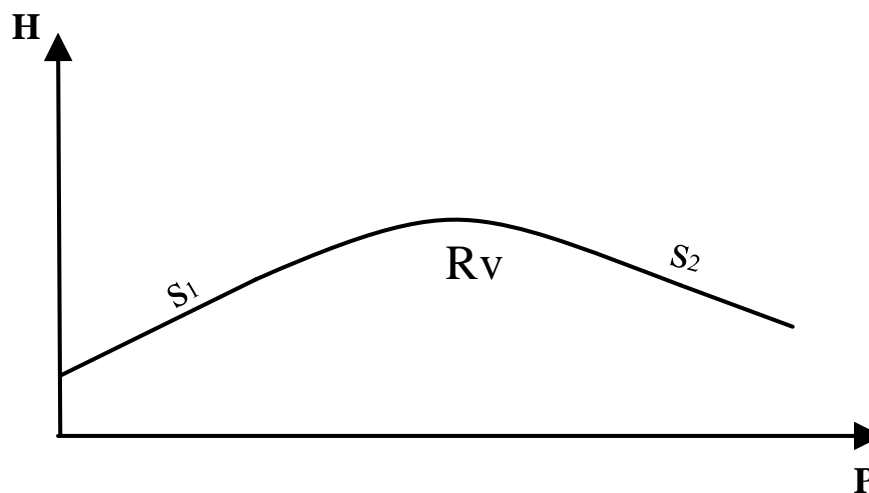


b)

V(km/t)	v (m/s)	R (m)	v^2/R (m/s ²)	Endring (m/s ²)	L (m)	tid (s)	l (m/s ³)
110	30,6	1600,00	0,58				
110	30,6	700,00	1,33	0,75	55	1,8	0,42

Oppgave 6 – Vertikal Linjeberegning (15%)

Vi har en vegstrekning med vertikalprofil vist under. Veglinjen starter med en positiv stigning, S_1 fortsetter med høgbrekk og en negativ stigning, S_2 . Du kan regne at all trafikken, $\text{ÅDT}=10500\text{kjt}$. med 10% andel tunge.



- Hvor stor er stoppsikt når $V_d = 100\text{km/t}$, og hvor stor må høgbrekkskurven minst være dersom stoppsikt skal sikres med normal øyehøyde (1,1 m) og objekthøyden (0,25m)? Hva sier vegnormalene?
- Beregn (matematisk) minste tillatte vertikalkurve i høgbrekk når øyehøyde er 1,05m, objekthøyden er 0,0 m og $V_d = 80\text{km/t}$, når kravet er stoppsikt.
- Beregn hva som er riktig fart dersom vertikalkurven i høgbrekk har radiusverdi 7500m og det ønskes møtesikt for de vegfarende.

Oppgave 6 - Løsningsforslag

Inndata

Vd	100	km/t
ÅDT	10500	kjt
a1	1,1	m
a2	0,25	m
fb	0,32	for Vd=100
s	0	

A)

$$L_s = 2(\text{sek}) \times \frac{V \left(\frac{\text{km}}{\text{t}} \right)}{3,6} + \frac{V^2}{255(f_b + s)}$$

$$L_s = \mathbf{178,105 \text{ m}}$$

**Kontrollberegnet
sikt lengde,**

$$L_K = \sqrt{(a_1 + R_V)^2 - (h + R_V)^2} + \sqrt{(a_2 + R_V)^2 - (h + R_V)^2}$$

$$\sqrt{(1,1 + R_V)^2 - R_V^2} + \sqrt{(0,25 + R_V)^2 - R_V^2} = 178,105$$

**Uttrykk for
sikt kontroll**

$$R_V = 0,21L_K^2$$

$$R_V = \mathbf{6661,46 \text{ m}}$$

Håndboka sier vegklassene H5 med 90km/t som fartsgrense

Rhøy-min 6400 m

Ls 174,5743 m

SÅ Det trenges ikke å justere Vd

B)

Inndata

Vd	80	km/t
ÅDT	10500	kjt
a1	1,05	m
a2	0	m
fb	0,32	for Vd=100
s	0	

Kravet er
stoppsikt

$$L_s = 2(\text{sek}) \times \frac{V \left(\frac{\text{km}}{\text{t}} \right)}{3,6} + \frac{V^2}{255(f_b + s)}$$

$$L_s = 122,876 \text{ m}$$

$$\sqrt{(1,05 + Rv)^2 - Rv^2} + \sqrt{(0 + Rv)^2 - Rv^2} = 122,876$$

$$\sqrt{(1,05 + Rv)^2 - Rv^2} = 122,876$$

$$\sqrt{2,1Rv + 1,1025 + Rv^2 - Rv^2} = 122,876$$

$$\sqrt{2,1Rv + 1,1025} = 122,876$$

$$2,1Rv = 122,876^2$$

$$Rv = 7189,75 \text{ m}$$

c)

Inndata

Rv	7500
fb	0,32
s	0

Møtesikt krav

$$R_v = 0,10L_K^2$$

$$L_m = 273,8613 \text{ m}$$

$$L_m = 2 * L_s + 10$$

$$L_s = 131,9306 \text{ m}$$

$$L_s = 2(\text{sek}) \times \frac{V \left(\frac{\text{km}}{\text{t}}\right)}{3,6} + \frac{V^2}{255(f_b + s)}$$

$$131,931 = 0,55V + \frac{V^2}{255 * ,32}$$

$$131,931 = 0,55V + \frac{V^2}{81,6}$$

$$131,931 * 81,6 = 44,88V + V^2$$

$$V^2 + 44,88V - 10765,54 = 0$$

$$V = 84\text{km/t}$$

V=84km/t som er det lik 80km/t som dimensjonerende fart, og skiltet bør være 70km/t

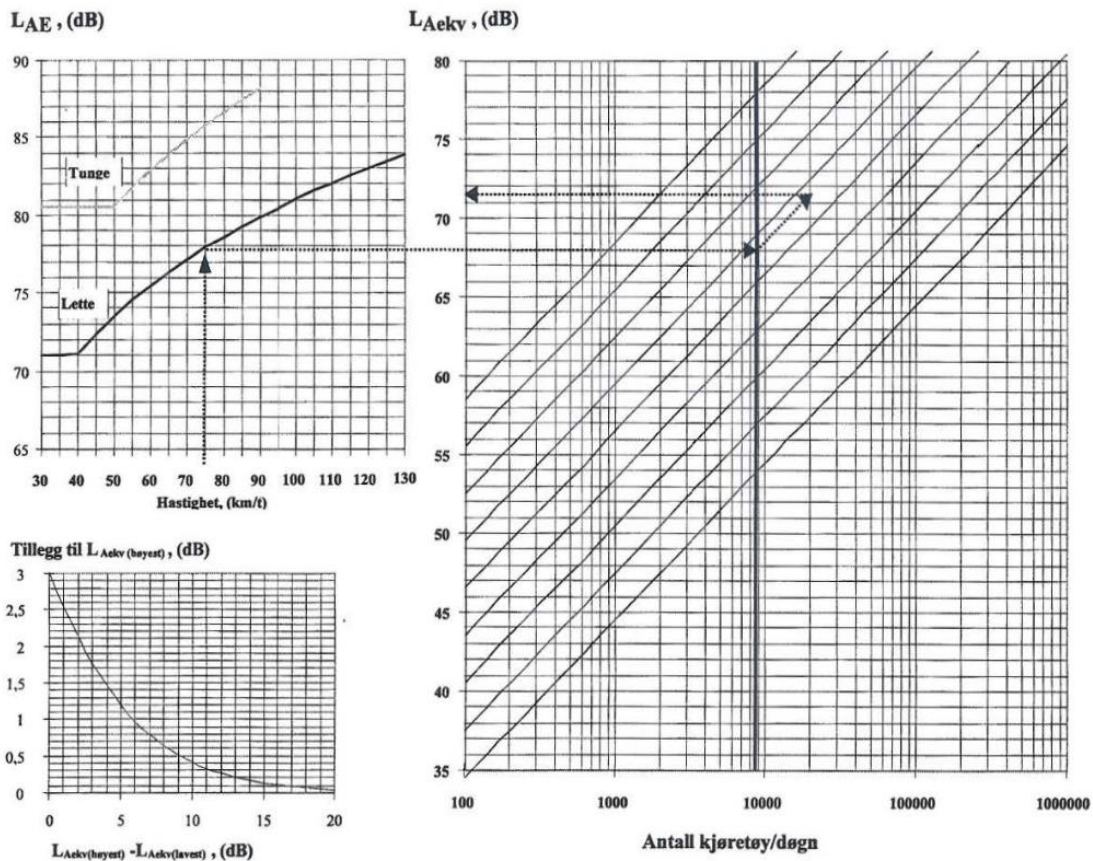
VEDLEGG 1 - Formelark

Beskrivelse	Merknad
Konsekvensanalyse	
Tidskostnader	$= (LENGDE: FART) \times \text{ÅDT} \times 365 \times \text{timepris}$
Kjøretøyers driftskostnad	$= VEGLENGDE \times \text{ÅDT} \times 365 \times \text{Gjennomsnittligkostnader}$
Antall ulykker	$= U_f \times \text{ÅDT} \times 365 \times VEGLENGDE \times 10^{-6}$
Ulykkeskostnad	$= \text{ANTALL ULYKKER} \times \text{GJENNOMSNIITSPRIS} \times \text{VERDSETTINGSFAKTOR}$
Vedlikeholdskostnad	$= LENGDE * \text{årlig vedlikeholdskostnader}$
Anleggskostnad	$= LENGDE * \text{Anleggskostnad pr. m}$
Miljøkostnader	$= \text{antall personer} * \text{årlig kostnad}$
Nåverdi	$N\ddot{a}verdi = (a \cdot A) \cdot \frac{1}{(1+r)^n}$ Der: $a = \text{akkumulert diskonteringsfaktor}$; og $r = \text{kalkulasjonsrente}$
NettoNytte	$NN = N - (I + dv)$ Der dv er endring i vedlikeholdskostnader
Nytttekostnadsbrøk	$Nytttekostnadsbrøk = \frac{NN}{I}$
Horisontalkurv	
Farten (Hastighet)	$V^2 = 127R(e + f_k)$
Horisontal radius (R_h)	$R = \frac{V^2}{127(e + f_k)}$
Resulterende fall	$S_r^2 = e^2 + s^2$
Krav til at overhøyden	$L_o = 10V * (e - e_0)$
Krav til tverrykk	$L_o = \frac{(0,278V)^3}{R\lambda}$
Hensyn til estetisk	$L_o = 0,555V$
Utrykket for klotoiden	$RL = A^2$
Vendeklotoide	$L = L_1 + L_2$
Eggkurve	$L = L_2 - L_1$
Tangentinnrykk	$\Delta R = \frac{A^4}{24R^3}$
Tverrykk i m/s ³	$\lambda = \frac{V^2}{Rt}$ Når $\lambda = 0,3$ - ikke merkbar; $0,5$ - kan kjennes; $0,8$ - ubehagelig
Vertikalkurv	
Stopplengde	$L_s = 2(\text{sek}) \times \frac{V \left(\frac{km}{t}\right)}{3,6} + \frac{V^2}{255(f_b + s)}$

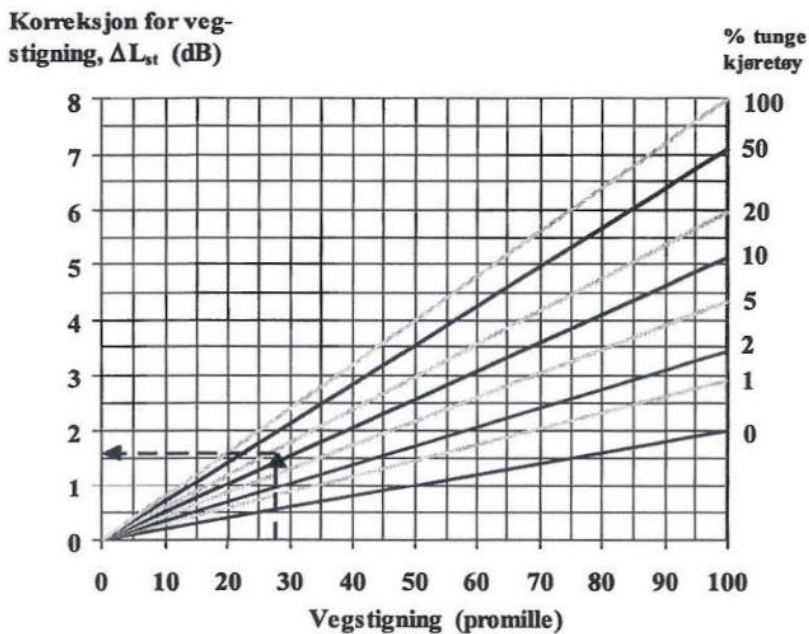
Møtesikt lengde	$L_m = 2 * L_s + 10$
Kontrollberegnet sikt lengde, L_K	$L_K = \sqrt{(a_1 + R_V)^2 - (h + R_V)^2} + \sqrt{(a_2 + R_V)^2 - (h + R_V)^2}$ <p>Der</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ $a_1 = \text{øvehøyde} = 1,10\text{m}$ ○ $a_2 = \text{redusert objekthøyde} = 0,25\text{m}$ ○ $h = \text{siktlinjens minste høyde over vegbanen.}$
Uttrykk for sikt kontroll	$R_V = 0,21L_K^2$
Forbikjørings- /Møtesikt	$R_V = 0,10L_K^2$
Vertikalkurve lengde	$L = \Delta S \times R_V$ der $\Delta S = s_2 - s_1$
Profilnr. kurvepunkt	$P_k = P_2 \pm \frac{L}{2}$
Høyde kurvepunkt	$H_k = H_1 + s_1 * (P_k - P_1)$
Masseberegning	
Totalt areal	$A = b * h_1 + b * h_2 + \dots + b * h_n$

VEDLEGG 2

Figur 4.1 Referansenivået, L_{1ekv}

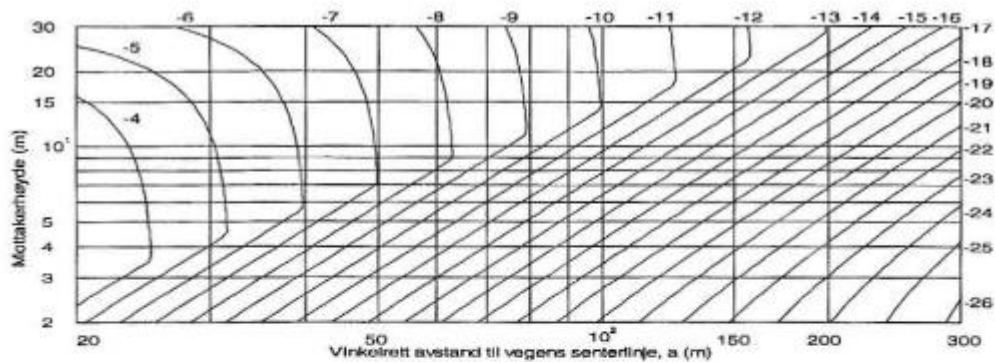


Figur 1. Referanseverdi, L_{1ekv} - HB-V716

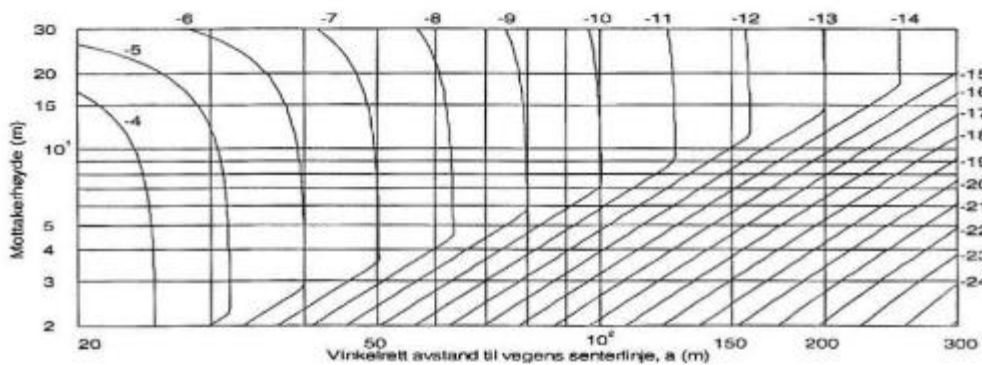


Figur 2. Korreksjon for vegstigning - HB-V716

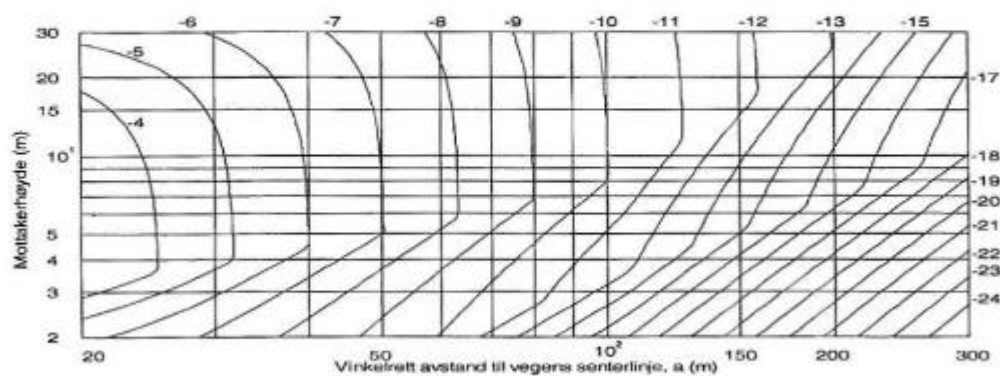
VEDLEGG 3



Typetilfelle 1. $L_{Aekv} \Delta L_2 + \Delta L_3$. Veg i plan med myk mark.



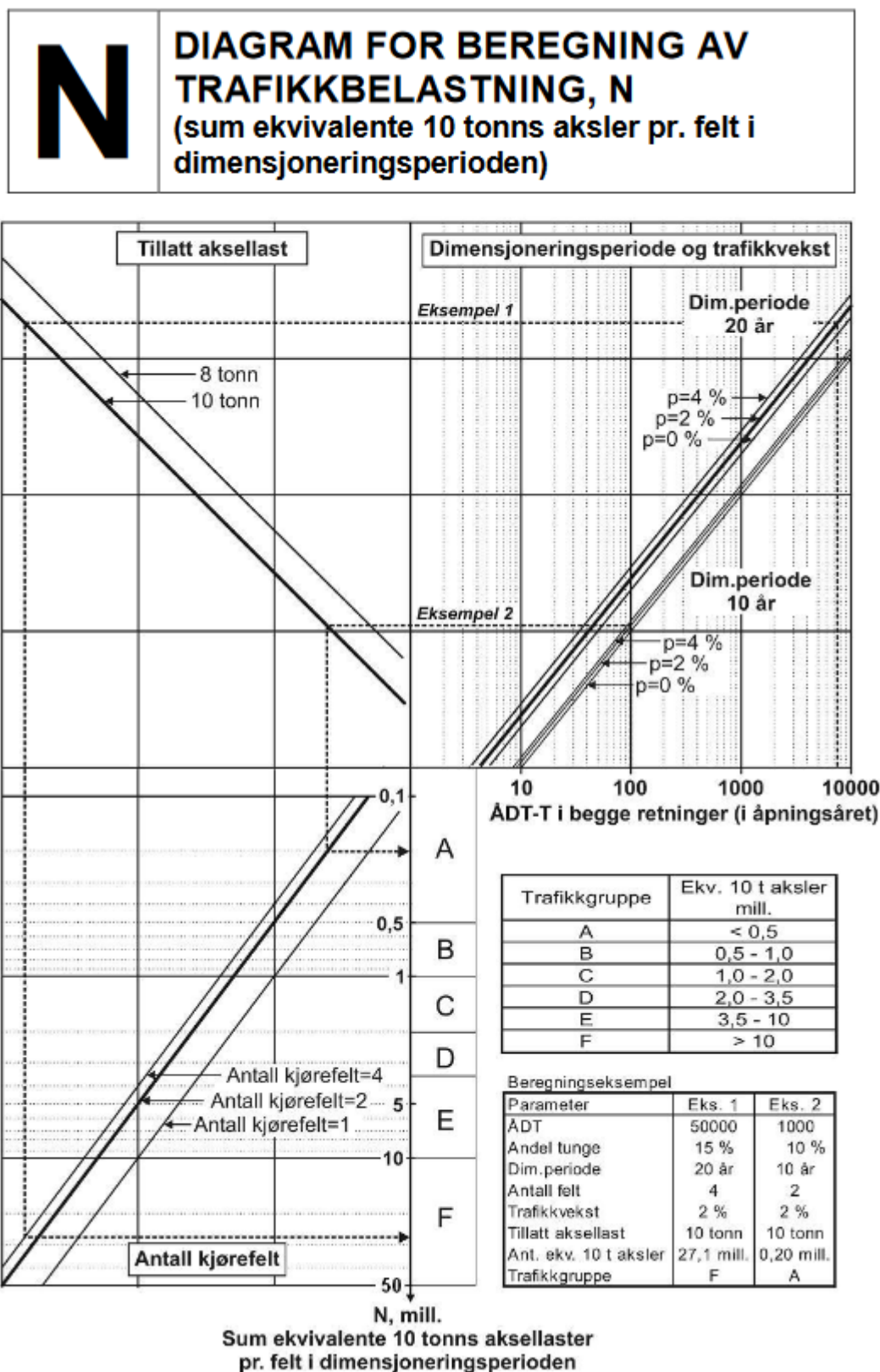
Typetilfelle 2. $L_{Aekv} \Delta L_2 + \Delta L_3$. Veg på fylling 1 m over myk mark.



Typetilfelle 3. $L_{Aekv} \Delta L_2 + \Delta L_3$. Veg på fylling 2 m over myk mark.

Figur 3. Typeprofil- HB-V716

VEDLEGG 4



Figur 4. Beregning av trafikkbelastning, N – HB-N200

VEDLEGG 5

Telefarlighetsklassifisering				
Telefarlighetsgruppe		Av materiale < 22,4 mm		
		Masse-%		
		< 2 µm	< 20 µm	< 200 µm
Ikke telefarlig	T1		< 3	
Litt telefarlig	T2		3 - 12	
Middels telefarlig	T3	¹⁾	> 12	< 50
Meget telefarlig	T4	< 40	> 12	> 50
Bæreevneklassifisering				
Undergrunn		Bæreevnegruppe		
Fjellskjæring, steinfylling,	T1			1
Grus, Cu ≥ 15,	T1			2
Grus, Cu < 15,	T1			3
Fjellskjæring, steinfylling,	T2			3
Sand, Cu ≥ 15,	T1			3
Sand, Cu < 15,	T1			4
Grus, sand, morene,	T2			4
Grus, sand, morene,	T3			5
Leire, silt, morene	T4			6
Myr ²⁾				7
Andre materialer				
Lettklinker, skumglass				4
Ekstrudert polystyren (XPS)				4
Ekspandert polystyren (EPS-blokker)				6

1) Også jordarter med mer enn 40 % < 2 µm regnes som middels telefarlig T3.

2) Bæreevnegruppe 7 Myr inngår ikke i de forskjellige dimensjoneringsstabellene og må behandles spesielt. Ofte vil tiltak bestå i forsterkning av grunnen, se kap 2.

Figur 5. Bæreevnegrupper - HB-N200

D	DEKKE (SLITELAG OG BINDLAG) AV BITUMINØSE MASSER (lagtykkelser i cm)			
	ÅDT (i åpningsåret)			
Dekketype	0 - 1500	1500 - 3000	3000 - 5000	> 5000
Myke dekketyper	4,0	4,0		
Stive dekketyper	3,0 over 3,0	3,5 over 3,0	4,0 over 3,0	4,5 over 3,5

Figur 512.1 Valg av dekkeløsninger (slitelag og bindlag), lagtykkelser i cm

Figur 6. Valg av dekkeløsning - HB-N200

VEDLEGG 6

H/S/A		DIMENSJONERINGSTABELL FOR HOVED-, SAMLE- OG ADKOMSTVEGER (lagtykkelser i cm)					
		TRAFIKKGRUPPE (Antall ekvivalente 10 t aksler pr. felt i dimensjoneringsperioden, N, mill.) Beregning av trafikkgruppe, se pkt 510.2					
		A (< 0,5)	B (0,5 - 1)	C (1 - 2)	D (2 - 3,5)	E (3,5 - 10)	F (> 10)
DEKKE		Dekketype og tykkelse velges på grunnlag av ADT i åpningsåret, se pkt. 512.3 / figur 512.1					
BÆRELAG		Tykkelse (cm), bærelag					
Anbefalte materialer:		9	10	11	12	13	14
Ag		5 over 6	6 over 7	6 over 8	7 over 8	7 over 9	7 over 10
Ag over Ap		5 over 10	6 over 10	7 over 10	8 over 10		
Ag over Ak		6 over 5	6 over 7	6 over 9	6 over 10		
Ag over Gja ³⁾		5 over 10	6 over 10	7 over 10			
Ag over Fk		20					
Fk							
FORSTERKNINGSLAG PÅ							
Materialtype i grunnen:	Bæreevne gruppe	Tykkelse (cm), forsterkningslag med lastfordelingskoeffisient a = 1,0					
Fjellskjæring, steinfylling, T1 ⁶⁾	1	30	30	30	30	30	30
Grus Cu ≥ 15, T1	2	30	30	30	30	30	30
Grus Cu < 15, T1	3	30	30	30	40	50	50
Sand Cu ≥ 15, T1 Fjellskjæring, steinfylling T2 ⁴⁾		40	40	50	60	70	80
Sand Cu < 15, T1 ⁴⁾ Grus, sand, morene, T2	4 ⁷⁾	40	40	50	60	70	80
Grus, sand, morene, T3	5	50	60	70	70	80	90
Silt, leire, T4, c _u ≥ 50 kPa	6 ⁷⁾	60	70	70	80	90	100
Silt, leire, T4, c _u 37,5-50 kPa	6	60	70	80	80	90	100
Silt, leire, T4, c _u 25-37,5 kPa	6	60+20 ¹⁾	70+10 ¹⁾	80	80	90	100
Silt, leire, T4, c _u < 25 kPa ²⁾	6	60+50 ¹⁾	70+40 ¹⁾	80+30 ¹⁾	80+30 ¹⁾	90+20 ¹⁾	100+10 ¹⁾
BÆRELAGSINDEKS Bl_k ⁵⁾		39	45	50	54	62	65
<p>1) Tall med pluss foran er knyttet til anleggstekniske forhold.</p> <p>2) For undergrunn av leire med c_u < 25 kPa skal forsterkningslagstykkelse og sikkerhet mot grunnbrudd vurderes spesielt.</p> <p>3) Tykkelsene forutsetter en lastfordelingskoeffisient på min. 1,75. Ved lastfordelingskoeffisienter mellom 1,35 og 1,75 må tykkelsen økes for å overholde kravene til indeksverdier.</p> <p>4) Sand med Cu < 5 skal vurderes særskilt.</p> <p>5) Definisjon av bærelagsindeks (Bl_k), se vedlegg 4.</p> <p>6) Fjellskjæring omfatter både dyp- og grunnsprenngning, for grunnsprenngning er det krav om min 0,75 m fra vegoverflate til topp av knøler, se pkt. 226.3.</p> <p>7) Tykkelsen på forsterkningslag over isolasjonslag av XPS, lettklinker og skumglass må også vurderes ut fra anleggstekniske forhold.</p> <p>GRUNNFORSTERKNING: Nødvendig tykkelse av grunnforsterkningslag for at dette skal kunne betraktes som undergrunn ved dimensjonering av overbygning er vist i figur 510.10.</p> <p>FROSTSIKRING: Om bæreevnemessig dimensjonering ved ulike typer frostsikring, se kap. 511.</p> <p>Cu og c_u: For velgraderte og/eller grove masser brukes <i>graderingstall</i> (C_u eller Cu, fra engelsk: Coefficient of uniformity) som er definert som d₆₀/d₁₀, se vedlegg 13. For leire brukes begrepet <i>udrenert skjærfasthet</i> (c_u, engelsk: cohesion, undrained).</p>							

Figur 512.2 Dimensjonering av vegger med asfaltdekke, lagtykkelser i cm

Figur 7. Dimensjonering av vegger med asfaltdekke, lagtykkelser i cm - HB-N200

VEDLEGG 7

a	Material- betegn- elser	Bindemiddel Kvalitet vegbitumen Kvalitet myk bitumen	Lastfordelings- koeffisient, normalverdi	Vannømfintlig materiale
				7-15 % < 63 µm
Vegdekker				
Varmblandet asfalt unntatt drengasfalt	Sta, Top, Ab, Agb, Ska	Vegbitumen 35/50 50/70-160/220 ≥ 250/300	3,5 3,0 2,5	
Drengasfalt	Da	Vegbitumen, PMB	2,0	
Mykasfalt	Ma	Myk bitumen V≥6000 V<6000	1,5 1,25	
Emulsjonsgrus, tett	Egt	Vegbitumen Myk bitumen V≥6000 V<6000	2,0 1,5 1,25	
Asfaltskumgrus	Asg	Vegbitumen Myk bitumen V≥6000 V<6000	1,75 1,5 1,25	
Enkel/dobbel overflatebehandling	Eo/Do	Vegbitumen Myk bitumen	1,5 1,25	
Enkel/dobbel overflatebehandling med grus	Eog/Dog	Myk bitumen V≥6000 V<6000	1,5 1,25	
Gjenbruksasfalt, kaldprodusert	Gja	Vegbitumen Myk bitumen	1,75 1,5	
Bærelag				
Asfaltert grus	Ag	Vegbitumen 50/70-160/220 ≥ 250/300	3,0 2,75	
Asfaltert pukk	Ap	Vegbitumen	2,0	
Penetrert pukk	Pp	Vegbitumen,	1,5	
Gjenbruksasfalt, kaldprodusert	Gja	Vegbitumen Myk bitumen	1,75 1,5	
Gjenbruksbetong	Gjb I		1,25	
Forkilt pukk	Fp		1,25	
Knust fjell	Fk		1,35	
Knust asfalt	Ak		1,35	
Knust grus	Gk		1,25	
Forsterkningslag				
Grus, Cu ≥ 15			1,0	
Pukk, kult			1,1	
Knust asfalt	Ak		1,1	
Gjenbruksbetong	Gjb I Gjb II		1,0 0,9	
Isolasjonslag				
Skumglass			0,9	
Lettklinker			0,9	
Frostsikringslag				
Pukk, kult			1,0	0,75
Sand, grus, Cu ≥ 15			1,0	0,75
Sand, grus, Cu < 15			0,75	0,5

Figur 510.9 Lastfordelingskoeffisienter, a

Figur 8. Lastfordelingskoeffisienter, a

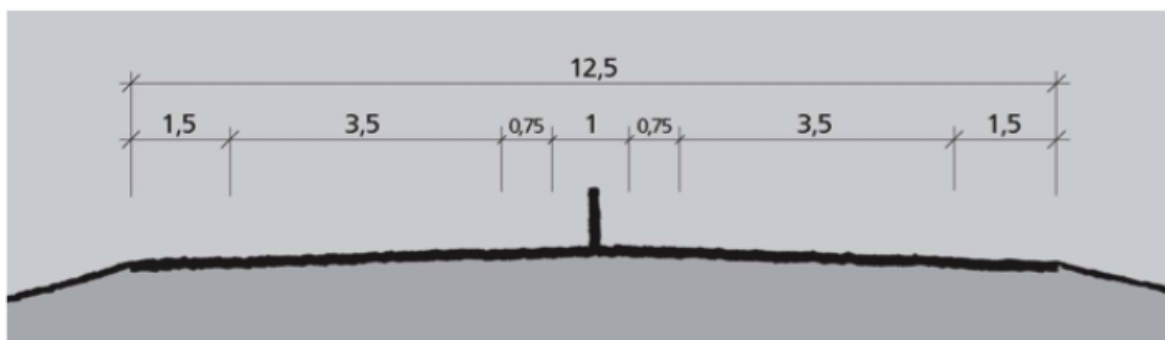
VEDLEGG 8

U-H5 Nasjonale hovedveger og øvrige hovedveger, ÅDT 6 000 – 12 000 og fartsgrense 80 km/t

Vegen har standard som motortrafikkveg forutsatt utforming som vist i figur D.5 og planskilte kryss.

Tverrprofil

Vegen skal bygges med tverrprofil og midtrekkverk som vist i figur D.5.



Figur D.5: Tverrprofil U-H5 med midtrekkverk, vegbredde 12 (mål i m)

Tabell D.6: Prosjekteringstabell for U-H5

R_h^1	Horisontalkurvaturparametre						Vertikalkurvaturparametre						
	Nabokurve		Klotoide	Siktlengde ²			$R_{v,høy}^3$	$R_{v,høy}^5$	$R_{v,lav}^3$	Overhøyde	Stigning	Res. fall	
	Min	Maks	Min	Stopp ⁴	$\Delta st1$	$\Delta st2$	Min	Kryss	Min	e	Maks	Maks	Min
250	250	400	120	120	-11	16	2200	-	1000	8.0	6.0	10.0	2
275	250	550	125	120	-11	16	2200	-	1000	8.0	6.0	10.0	2
300	250		135	120	-11	16	2200	-	1000	8.0	6.0	10.0	2
350	250		145	120	-11	16	2200	-	1000	8.0	6.0	10.0	2
400	250		155	125	-12	17	2300	7100	1000	8.0	6.0	10.0	2
450	270		165	125	-12	17	2300	7100	1100	8.0	6.0	10.0	2
500	270		175	125	-12	17	2300	7100	1100	8.0	6.0	10.0	2
550	275		185	125	-12	17	2300	7100	1100	8.0	6.0	10.0	2
600	280		190	125	-12	17	2300	7100	1100	8.0	6.0	10.0	2
700	290		205	125	-12	17	2300	7100	1100	8.0	6.0	10.0	2
800	290		215	125	-12	17	2300	7100	1100	7.5	6.0	10.0	2
900	290		220	130	-12	17	2500	7700	1100	7.0	6.0	10.0	2
1000	300		225	130	-12	17	2500	7700	1100	6.5	6.0	10.0	2
1200	300		230	130	-12	17	2500	7700	1100	5.6	6.0	10.0	2
1400	300		230	130	-12	17	2500	7700	1100	4.7	6.0	10.0	2
1600	300		230	130	-12	17	2500	7700	1100	3.7	6.0	10.0	2
≥ 1750	300		230	130	-12	17	2500	7700	1100	3.0	6.0	10.0	2

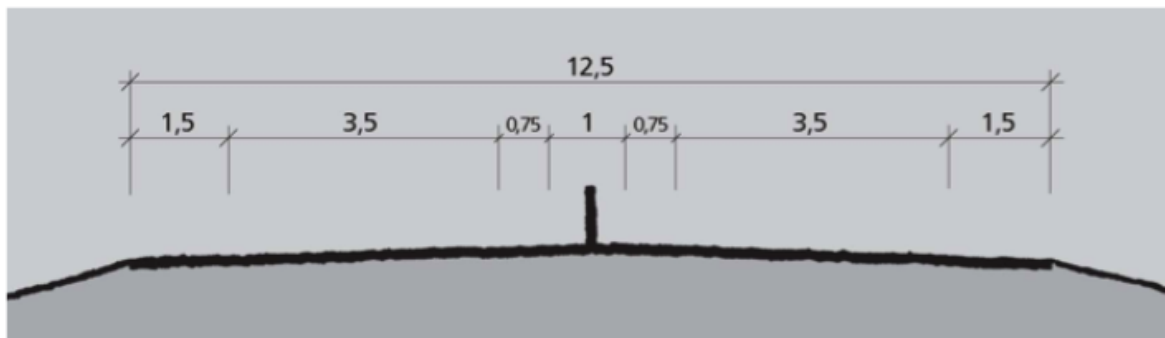
VEDLEGG 9

H5 Nasjonale hovedveger og øvrige hovedveger, ADT 6 000 – 12 000 og fartsgrense 90 km/t

Vegen har standard som motortrafikkveg forutsatt planskilte kryss.

Tverrprofil

Vegen skal bygges med tverrprofil som vist i figur C.6.



Figur C.6: Tverrprofil for H5, tofeltsløsning med bredde 12,5 (mål i m)

Tabell C.7: Prosjekteringstabell for H5

R_n^1	Horisontalkurvaturparametre						Vertikalkurvaturparametre					
	Nabokurve		Klotoide	Siktlengde ²			$R_{V,høy}$	$R_{V,lav}$	Over- høyde	Stig- ning	Res. fall	
	Min	Maks	Min	Stopp ³	$\Delta st1$	$\Delta st2$	Min	Min	e	Maks	Maks	Min
450	450		180	175	-19	27	6400	2600	8,0	6,0	10,0	2
500	450		190	175	-19	27	6400	2600	8,0	6,0	10,0	2
550	450		200	180	-19	28	6800	2600	8,0	6,0	10,0	2
600	450		210	180	-19	28	6800	2700	8,0	6,0	10,0	2
700	450		230	180	-19	28	6800	2700	8,0	6,0	10,0	2
800	450		240	185	-20	28	7100	2700	7,5	6,0	10,0	2
900	450		245	185	-20	28	7100	2700	7,0	6,0	10,0	2
1000	450		250	185	-20	28	7100	2800	6,5	6,0	10,0	2
1200	450		255	190	-20	29	7500	2800	5,6	6,0	10,0	2
1400	450		255	190	-20	29	7500	2800	4,7	6,0	10,0	2
1600	450		255	190	-20	29	7500	2800	3,7	6,0	10,0	2
≥ 1750	450		255	190	-20	29	7500	2800	3,0	6,0	10,0	2

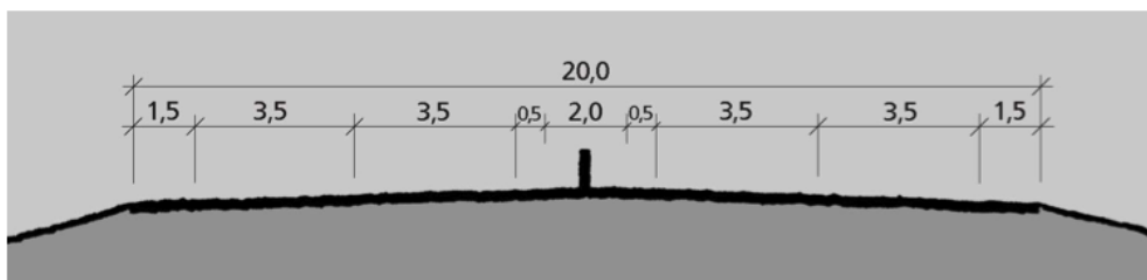
VEDLEGG 10

H8 Nasjonale hovedveger og øvrige hovedveger, ÅDT 12 000 – 20 000 og fartsgrense 100 km/t

Vegen har standard som motorveg.

Tverrprofil

Vegen skal bygges som 4-feltsveg med 3,5 m brede kjørefelt og 1,5 m brede ytre skuldre, se figur C.10.



Figur C.10: Tverrprofil H8, 20 m vegbredde (mål i m)

Horisontal- og vertikalkurvatur

Vegen skal utformes etter krav gitt i tabell C.10.

Tabell C.10: Prosjekteringstabell for H8

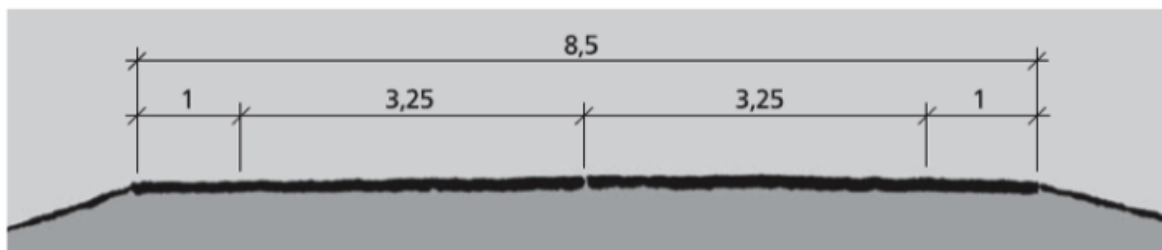
R_h^1	Horisontalkurvaturparametre						Vertikalkurvaturparametre					
	Nabokurve		Klotoide	Siktlengde ²			$R_{v,høy}$	$R_{v,lav}$	Overhøyde	Stigning	Res. fall	
	Min	Maks	Min	Stopp ³	$\Delta st1$	$\Delta st2$	Min	Min	e	Maks	Maks	Min
700	700		245	255	-35	55	13600	3400	8,0	6,0	10,0	2
800	700		255	260	-36	56	14100	3500	7,5	6,0	10,0	2
900	700		260	265	-36	57	14600	3500	7,0	6,0	10,0	2
1000	700		265	265	-36	57	14600	3600	6,5	6,0	10,0	2
1200	700		270	270	-37	58	15200	3600	5,6	6,0	10,0	2
1400	700		270	275	-38	59	15800	3700	4,7	6,0	10,0	2
1600	700		270	275	-38	59	15800	3700	3,7	6,0	10,0	2
≥ 1750	700		270	275	-38	59	15800	3700	3,0	6,0	10,0	2

VEDLEGG 11

H3 Nasjonale hovedveger, ÅDT < 4 000 og fartsgrense 90 km/t

Tverrprofil

Vegen skal bygges med tverrprofil som vist i figur C.4.



Figur C.4: Tverrprofil H3, 8,5 m vegbredde (mål i m)

Tabell C.5: Prosjekteringstabell for H3

R_h^1	Horisontalkurvaturparametre							Vertikalkurvaturparametre						
	Nabokurve		Kloto- ide	Sikt lengde ²				$R_{v,høy}$	$R_{v,høy}^3$	$R_{v,lav}$	Over- høyde e	Stig- ning Maks	Res. fall	
	Min	Maks		Min	Stopp	$\Delta st1$	$\Delta st2$	Forbi	Min	Kryss			Min	Maks
450	450		180	175	-19	27	550	6400	-	2600	8,0	6,0	10,0	2
500	450		190	175	-19	27	550	6400	-	2600	8,0	6,0	10,0	2
550	450		200	180	-19	28	550	6800	-	2600	8,0	6,0	10,0	2
600	450		210	180	-19	28	550	6800	-	2700	8,0	6,0	10,0	2
700	450		230	180	-19	28	550	6800	14700	2700	8,0	6,0	10,0	2
800	450		240	185	-23	35	550	7100	15600	2700	7,5	6,6	10,0	2
900	450		245	185	-23	35	550	7100	15600	2700	7,0	7,1	10,0	2
1000	450		250	185	-23	35	550	7100	15600	2800	6,5	7,6	10,0	2
1200	450		255	190	-26	42	550	7500	16400	2800	5,6	8,0	10,0	2
1400	450		255	190	-26	42	550	7500	16400	2800	4,7	8,0	10,0	2
1600	450		255	190	-26	42	550	7500	16400	2800	3,7	8,0	10,0	2
≥ 1750	450		255	190	-26	42	550	7500	16400	2800	3,0	8,0	10,0	2

VEDLEGG 12

Bremsfriksjonsfaktor, f_b , for høyklassige veger

V(km/t)	60	70	80	90	100	110	120
f_b	0,45	0,40	0,35	0,33	0,32	0,31	0,30