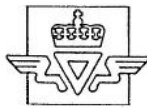




# Nordisk beregningsmetode for VEGTRAFIKKSTØY Revidert 1996

Komplett og forenklet metode





## Statens vegvesen

179

### Håndbok 064 - Nordisk beregningsmetode for vegtrafikkstøy

#### Feil oppdaget etter trykking av håndboka

Feil på side 42, 2. avsnitt:

"I beregningene forutsettes det ellers at dersom den reflekterende flatens høyde er mindre enn 1,5 m, og dersom ....."

Riktig formulering skal være:

"I beregningene forutsettes det ellers at den reflekterende flates høyde er **større** enn 1,5 m, og at ....."

Feil på side 68, eksempel:

Gitt de forutsetninger som er satt, så er  $\Delta L_{2ekv} + \Delta L_{3ekv} = -8,5 \text{ dBA}$ , ikke -6,5 dBA som angitt.

Sammenfattet med eksempel 4.3.1 blir ekvivalent støynivå i mottakerpunktet i dette tilfellet  $75,3 - 8,5 = 66,8 \text{ dBA}$

Oslo, 18.11.2004

Miljøseksjonen

Postadresse  
Statens vegvesen  
Vegdirektoratet  
Postboks 8142 Dep  
0033 Oslo

Telefon 22 07 35 00  
Telefaks 22 07 37 68  
firmapost@vegvesen.no  
Org.nr: 971032081

Kontoradresse  
Grenseveien 92  
OSLO

Fakturaadresse  
Statens vegvesen  
Regnskap  
Båtsfjordvn 18  
9815 VADSØ  
Telefon 78 94 15 50  
Telefaks 78 95 33 52



# **Nordisk beregningsmetode for VEGTRAFIKKSTØY**

## **Revidert 1996**

Komplett og forenklet metode



## **Håndbøker i Statens vegvesen**

Dette er en håndbok i Vegvesenets håndbokserie, en samling fortløpende nummererte publikasjoner som først og fremst er beregnet for bruk innen etaten.

Håndbøkene kan kjøpes av interesserte utenfor Statens vegvesen til de priser som er oppgitt i håndbokoversikten - håndbok 022.

Det er Vegdirektoratet som har hovedansvaret for utarbeidelse og ajourføring av håndbøkene.

Ansvar for grafisk tilrettelegging og produksjon har Grafisk senter i Vegdirektoratet.

Vegvesenets håndbøker utgis på 2 nivåer:

- Nivå 1 - Rød farge på omslaget - omfatter forskrifter, normaler og retningslinjer godkjent av overordnet myndighet eller av Vegdirektoratet etter fullmakt.
- Nivå 2 - Blå farge på omslaget - omfatter veiledninger, lærebøker og vegdata godkjent av den avdeling som har fått fullmakt til dette i Vegdirektoratet.

## **Nordisk beregningsmetode for VEGTRAFIKKSTØY Revidert 1996**

Nr. 064 i Vegvesenets håndbokserie

Opplag: 1500

Forsidefoto: Jim Bengston

Layout: Grafisk senter, Vegdirektoratet

Trykk:

ISBN 82-7207-485-0



## Forord

Den første fellesnordiske beregningsmetoden for vegtrafikkstøy ble utarbeidet i 1978. Metoden ble utgitt på norsk som Vegdirektoratets håndbok 064 i juni 1979. Beregningsgrunnlaget er nå revidert som Nordisk Ministerråds publikasjon "Road Traffic Noise - Nordic Prediction Method" av Hans Jonasson og Hugo Lyse Nielsen, TemaNord 1996:525, /1/.

Metoden som beskrives her er en oversettelse av Del 1 i den engelske metoderevisjonen. Oversettelsen inkluderer noen feilkorreksjoner og en del oppklarende tekstjusteringer. Figurene er i hovedsak kopiert direkte fra originaldokumentet.

Oversettelsen er utført av KILDE Akustikk a/s på oppdrag fra Vegdirektoratet og Statens forurensningstilsyn.

Oslo - Mars 2000

Miljø-og samfunnsavdelingen



# INNHold

|                                                                                                                  | Side      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>0. INNLEDNING</b>                                                                                             | <b>7</b>  |
| 0.1 Generelt                                                                                                     | 7         |
| 0.2 Veiledning i valg av mottakerpunkt                                                                           | 8         |
| 0.2.1 Høyde over terreng                                                                                         | 8         |
| 0.2.2 Plassering av mottakerpunkt i horisontalplanet                                                             | 9         |
| <b>A. KOMPLETT METODE</b>                                                                                        | <b>11</b> |
| <b>1. GENERELT OM KOMPLETT METODE</b>                                                                            | <b>11</b> |
| 1.1 Gyldighetsområde                                                                                             | 11        |
| 1.2 $L_{Aekv}$ , ekvivalentnivået                                                                                | 11        |
| 1.3 $L_{AFmaks}$ , maksimalnivået                                                                                | 12        |
| <b>2. BEREGNING AV EKVIVALENT LYDNIVÅ, <math>L_{Aekv}</math></b>                                                 | <b>15</b> |
| <b>2.1 Oppdeling av vegen i delstrekninger</b>                                                                   | <b>15</b> |
| <b>2.2 Trinn 1 - Referansenivået, <math>L_{1ekv}</math></b>                                                      | <b>16</b> |
| <b>2.3 Trinn 2 - Avstandskorreksjon, <math>\Delta L_{2ekv}</math></b>                                            | <b>19</b> |
| <b>2.4 Trinn 3 - Mark- og skjermkorreksjon, <math>\Delta L_{3ekv}</math></b>                                     | <b>21</b> |
| 2.4.1 Refleksjonsplan                                                                                            | 21        |
| 2.4.2 Plassering av lydkilde, skjermtopp og mottaker                                                             | 25        |
| 2.4.3 Beregningsavstand, $d$                                                                                     | 25        |
| 2.4.4 Markkorreksjon                                                                                             | 26        |
| <b>2.5 Trinn 4 - Andre korreksjoner, <math>\Delta L_{4ekv}</math></b>                                            | <b>34</b> |
| 2.5.1 Generelt                                                                                                   | 34        |
| 2.5.2 Vegdekke                                                                                                   | 35        |
| 2.5.3 Vegetasjon                                                                                                 | 35        |
| 2.5.4 Korreksjon for siktinkel, $\Delta L_a$                                                                     | 35        |
| 2.5.5 Korreksjon for tykk skjerm, $\Delta L_{ts}$                                                                | 36        |
| 2.5.6 Korreksjon for vegstigning, $\Delta L_s$                                                                   | 38        |
| 2.5.7 Korreksjon for kort avstand til veg, $\Delta L_{ka}$                                                       | 39        |
| 2.5.8 Lydrefleksjon fra en vertikal flate, $\Delta L_r$                                                          | 41        |
| 2.5.9 Korreksjon for multirefleksjoner langs gater med sammenhengende bebyggelse på begge sider, $\Delta L_{mg}$ | 43        |
| 2.5.10 Korreksjon for multirefleksjoner i sidegater, $\Delta L_{ms}$                                             | 44        |
| 2.5.11 Korreksjon for multirefleksjoner i et lukket gårdsrom, $\Delta L_g$                                       | 46        |
| 2.5.12 Skjerming og lydspredning mellom frittstående bygninger, $\Delta L_b$                                     | 51        |



|                |                                                                                                            |           |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>2.6</b>     | <b>Trinn 5 - Korreksjon for lydisolasjon i bygningsfasade, <math>\Delta L_{5ekv} = \Delta L_F</math></b>   | <b>51</b> |
| 2.6.1          | Generelt                                                                                                   | 52        |
| 2.6.2          | Tilfeller med all lydforplantning gjennom ett fasade-element                                               | 53        |
| 2.6.3          | Lydforplantning gjennom flere fasade-elementer til ett rom                                                 | 55        |
| <b>2.7</b>     | <b>Summering av støybidrag fra flere delstrekninger</b>                                                    | <b>56</b> |
| <br>           |                                                                                                            |           |
| <b>3.</b>      | <b>BEREGNING AV MAKSIMALT LYDNIVÅ, <math>L_{AFmaks}</math></b>                                             | <b>59</b> |
| 3.1            | Trinn 1 - Referansenivået, $L_{1maks}$                                                                     | 59        |
| 3.2            | Trinn 2 - Avstandskorreksjon, $\Delta L_{2maks}$                                                           | 61        |
| 3.3            | Trinn 3 - Mark- og skjermkorreksjon, $\Delta L_{3maks}$                                                    | 62        |
| 3.4            | Trinn 4 - Andre korreksjoner, $\Delta L_{4maks}$                                                           | 63        |
| 3.5            | Trinn 5 - Korreksjon for lydisolasjon i bygningsfasade, $\Delta L_{5maks}$                                 | 63        |
| <br>           |                                                                                                            |           |
| <b>B.</b>      | <b>FORENKLET METODE</b>                                                                                    | <b>65</b> |
| <b>4.</b>      | <b>FORENKLET METODE</b>                                                                                    | <b>65</b> |
| 4.1            | Generelt om forenklet metode                                                                               | 65        |
| 4.2            | Oversikt                                                                                                   | 65        |
| 4.2.1          | Myk mark                                                                                                   | 65        |
| 4.2.2          | Hard mark                                                                                                  | 66        |
| 4.3            | Ekvivalent lydnivå, $L_{ekv}$                                                                              | 66        |
| 4.3.1          | Trinn 1 - Reveranseverdi, $L_{1ekv}$                                                                       | 66        |
| 4.3.2          | Trinn 2 - Korreksjon for avstands- ( $\Delta L_{2ekv}$ ), mark- og skjermndempning ( $\Delta L_{3ekv}$ )   | 68        |
| 4.3.3          | Trinn 3 - Andre korreksjoner                                                                               | 68        |
|                | Nomogrammer for bestemmelse av $\Delta L_{2ekv} + \Delta L_{3ekv}$ for ekvivalent lydnivå                  | 70        |
| 4.4            | Maksimalnivå $L_{AFmaks}$                                                                                  | 85        |
| 4.4.1          | Trinn 1 - Reveranseverdi, $L_{1maks}$                                                                      | 85        |
| 4.4.2          | Trinn 2 - Korreksjon for avstands- ( $\Delta L_{2maks}$ ), mark- og skjermndempning ( $\Delta L_{3maks}$ ) | 85        |
| 4.4.3          | Trinn 3 - Andre korreksjoner                                                                               | 85        |
|                | Nomogrammer for bestemmelse av $\Delta L_{2ekv} + \Delta L_{3ekv}$ for maksimalt lydnivå                   | 86        |
| <br>           |                                                                                                            |           |
| <b>VEDLEGG</b> |                                                                                                            |           |
| Vedlegg A      | Betegnelser                                                                                                | 101       |
| Vedlegg B      | Referanser                                                                                                 | 105       |
| Vedlegg C      | Korreksjon for vegdekke                                                                                    | 107       |
| Vedlegg D      | Lydreduksjon på grunn av vegetasjon                                                                        | 109       |
| Vedlegg E      | Beregningsusikkerhet                                                                                       | 111       |

## 0. INNLEDNING

### 0.1 Generelt

Det har i over 20 år vært et godt samarbeid i Norden om utforming og videreutvikling av beregnings- og målemetoder for ulike støykilder. Samarbeidet har involvert både akustikere, miljøvernmyndigheter, transportmyndigheter, forsvaret og standardiseringsorganisasjonene. Det har bl.a. gitt som resultat at det nå finnes en rekke praktiske, fellesnordiske beregningsmetoder, for vegtrafikkstøy, jernbanestøy, flystøy, skytebanestøy, industristøy og støy fra bygge- og anleggsvirksomhet. Sammen med tilsvarende planleggingsretningslinjer og forskrifter fungerer de som nyttige verktøy, blant annet ved bestemmelse av støynivå, evaluering av mulige støyulempere, dimensjonering av støyreduksjonstiltak og valg av tekniske løsninger.

For vegtrafikkstøy gjennomføres beregningsprosedyrene med utgangspunkt i A-veid lydnivå, og med en del enkle korreksjoner for de endringene i lydets frekvensfordeling som skjer i lydforplantningsprosessen. Beregningene gjelder for en værissituasjon der lufttemperaturen øker svakt med høyde over mark, eller når det er en svak vindkomponent fra veg til motakerpunkt.

Støynivåene som bestemmes ved hjelp av den nordiske vegtrafikkstøymetoden er ikke direkte sammenlignbare med tilsvarende resultater fra de fellesnordiske metodene for industristøy, jernbanestøy, skytestøy, flystøy o.l. Disse metodene bygger på oktavbåndberegninger og andre lydforplantningsbetingelser enn vegtrafikkstøymetoden.

Den nordiske vegtrafikkstøymetoden omfatter en komplett og en forenklet beregningsprosedyre. Sistnevnte gir nøyaktige støynivå for en del utvalgte geometrier, og kan være nyttig for manuelle overslagsberegninger. Den komplette metoden kan benyttes som en manuell metode i en del enkle situasjoner, og for edb-baserte beregninger i mer kompliserte tilfeller.

Sett i forhold til 1978-utgaven av den nordiske beregningsmetoden, inneholder 1996-utgaven en rekke endringer. De viktigste er:

- Endret definisjon av maksimalt støynivå. Endringen får spesielt konsekvenser ved beregning av maksimalt støynivå på strekninger med fartsgrense under ca. 60 km/t, og gjør det nødvendig å ta stilling til hvilken statistisk overskridelsesverdi som skal benyttes ved sammenligning med dagens planleggingsretningslinjer. En avklaring kan forventes som et supplement til retningslinjene, eller i en revisjon av disse.
- Justerte referanseverdier basert på nye måledata, se avsnitt 2.2 i del 2, /1/.
- Forenklet metode er plassert bak komplett metode. Nomogrammene er mer detaljerte. Nærmeste skjerm er plassert 10 m fra vegens senterlinje.
- Komplette metode inneholder flere nye beregningsmuligheter for kompliserte geometrier i bymessige strøk. Det er behov for videre verifisering av disse tilleggene.



- Beregningsprosedyre for bestemmelse av innendørs støynivå er tatt med, og kan benyttes som supplement til NBI håndbok 47.

På grunnlag av de beregningsrutinene som her beskrives i komplett metode, er det utviklet flere edb-modeller: NBSTØY, versjon 5.4 og TSTØY, versjon 14 er utviklet av SINTEF for Vegdirektoratet, og kan kjøpes fra SINTEF Bygg og Miljøteknikk, avdeling for vegteknikk, 7034 Trondheim. Vegdirektoratet har i tillegg forenklete Edb-modeller som er utviklet for planlegging på overordnet nivå (VSTØY og EXCEL regneark).

NBSTØY er et enkelt program under DOS, som forutsetter at brukeren selv legger inn nødvendige terrengdata. Metoden er arbeidskrevende ved beregninger som omfatter mange mottakerpunkt eller kompliserte geometrier. NBSTØY beregner døgnekvivalent og maksimalt støynivå ute og inne.

NovaPOINT Støy (tidligere TSTØY) henter terrengdata fra digitale kart. NovaPOINT Støy krever tilgang til støtteprogrammene AutoCAD og NovaPOINT. Programpakken kan også benytte VIPS-data for støyberegninger i prosjekteringsfasen av nye veganlegg. NovaPOINT Støy bestemmer døgnekvivalent og maksimalt støynivå utendørs. Programmet gir mange muligheter til presentasjon av resultatene, men er relativt kostbart.

## 0.2 Veiledning i valg av mottakerpunkt

I forrige utgave av håndbok 064 ble betegnelsen "beregningpunkt" benyttet. I denne utgaven er betegnelsen mottakerpunkt benyttet.

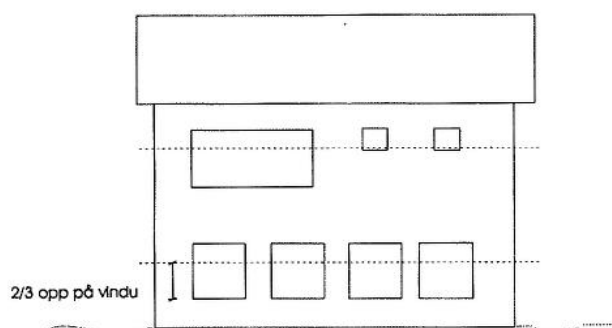
Støyberegninger gjøres både for å kartlegge eksisterende støybelastning og for planleggingsformål. Det er en fordel at valg av mottakerpunkt gjøres mest mulig likt av ulike personer som benytter beregningsmetoden i Norge. Valg av mottakerpunkt vil i mange tilfeller gi store utslag på lydtryknivået. Dette gjelder spesielt mottakerpunktets høyde over terreng.

### 0.2.1 Høyde over terreng

Det anbefales at mottakerpunkt velges to meter over terreng for beregning av frittfelt. Frittfelt er utearealer som parker og friområder som ikke er påvirket av lydrefleksjon fra vertikale flater.

For beregning av lydtryknivå foran bygningsfasader anbefales at hver etasje av bygningen beregnes for seg. Mottakerpunktets høyde velges som høyde som tilsvarer 2/3 opp på vindu. Dersom vinduene i en etasje har forskjellig høyde, bør en ta utgangspunkt i vindu til oppholdsrom.

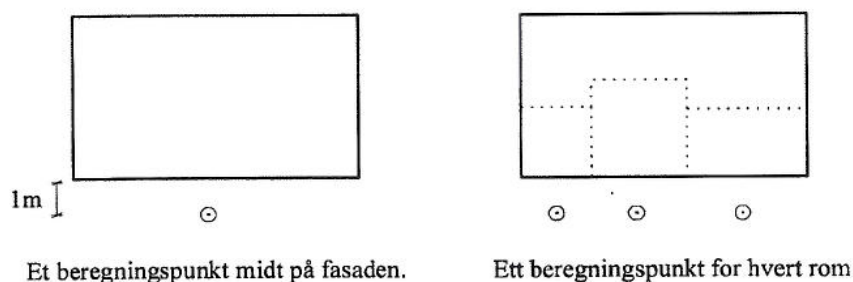
Dersom bare en etasje skal beregnes, bør den mest støybelastede etasjen i bygningen velges.



**Figur 0.1** Valg av mottakerpunktets høyde for et bolighus med to etasjer. I andre etasje er høyden bestemt av høyde på oppholdsrommets vindu, mens de øvrige vindu er ignorert.

### 0.2.2 Plassering av mottakerpunkt i horisontalplanet

Mottakerpunktet for en bygning skal plasseres en meter ut fra fasaden. I forbindelse med planlegging av detaljerte støytiltak på en boligfasade, anbefales at det beregnes en verdi for hvert rom (midt på den delen av fasaden som det aktuelle rommet utgjør). For annen planlegging vil det som oftest være tilstrekkelig å beregne en verdi for hver bygning eller leilighet. Dersom bygningen har flere støyutsatte fasader, beregnes alle eller bare den mest støyutsatte fasaden. For de fleste formål er det vanlig å velge et mottakerpunkt midt på fasaden, og ikke ved hjørnet. Mottakerpunkt foran fasade danner grunnlag også for beregning av innendørs lydtryknivå.



**Figur 0.2** Valg av mottakerpunkt i plan.





## A. KOMPLETT METODE

### 1. GENERELT OM KOMPLETT METODE

Det vises flere steder i teksten til forklaringer og likninger som er gitt i del 2 i /1/. Brukere som har behov for dette underlaget finner det i del 2 av "Road Traffic Noise - Nordic Prediction Method", TemaNord 1996:525, /1/.

#### 1.1 Gyldighetsområde

Bruken av metoden er avgrenset til mottakerpunkt som ligger innenfor 300 m avstand, målt vinkelrett, fra vegens senterlinje. Resultatene gjelder for tilfeller med 0-3 m/s vind fra veg til mottakerpunkt, eller tilsvarende lydforplantningsforhold med svak positiv temperaturgradient.

#### 1.2 $L_{Aekv}$ , ekvivalentnivået

Det A-veide ekvivalente lydnivået i desibel (dB),  $L_{Aekv}$ , er den viktigste måleenheten for vegtrafikkstøy. Normalt bestemmes verdien for trafikken i et gjennomsnittsdøgn, men beregningsmetoden kan brukes for andre tidsperioder. Følgende inngangsverdier forutsettes å være kjent for perioden:

- Trafikkmengde for lette og tunge kjøretøyer.
- Gjennomsnittlig hastighet (evt. fartsgrense).
- Mottakerpunktets høyde og avstand til vegbanens senterlinje.
- Vegbanens høyde over tilgrensende mark.
- Plassering, tykkelse og høyde for skjærmer.
- Mottakerpunktets avstand til vertikale, reflekterende flater (byggningsfasade e.l.).
- Marktype, hard eller myk.

Det kan være nødvendig å dele vegen i delstrekninger før beregningene starter. For hver delstrekning utføres beregningene i fem trinn. I mange tilfeller forenkles beregningene ved at bare de tre første trinnene er nødvendige. Bidragene fra de ulike beregningstrinnene 1-5, summeres og gir som sluttresultat for hver delstrekning:

$$L_{Aekv} = L_{1ekv} + \Delta L_{2ekv} + \Delta L_{3ekv} + \Delta L_{4ekv} + \Delta L_{5ekv} \quad (1.1)$$

De fem beregningstrinnene er:

*Trinn 1 - Referansenivå,  $L_{1ekv}$ .*  $L_{1ekv}$  er referanseverdien for ekvivalent lydnivå i vinkelrett avstand 10 m fra senterlinje for en uendelig lang, rett og horisontal veg, med kjente trafikkforhold, uten refleksjon og uten skjerming.

*Trinn 2 - Avstandskorreksjon,  $\Delta L_{2ekv}$ .* Korreksjon for mottakerpunktets vinkelrette avstand fra veg: ca -3 dB for hver avstandsdobling.

*Trinn 3 - Mark- og skjermkorreksjon,  $\Delta L_{3ekv}$ .* Kombinert korreksjon for myk mark og skjerm av ulike slag (inkludert voller, terrengformer, bygninger e.l.). To situasjoner dekkes. Den ene gjelder for veg uten skjerm, med vegbane mindre enn 1,5 m over mark. Alle andre situasjoner behandles som veg med skjerm, inkludert veg på høy fylling/bru og nedsenket veg der vegkanten kan gi skjermeffekt. For veg med skjerm deles beregningene i to deltrinn. Først bestemmes skjermeffekten, så effekten av markflaten på mottakerside av skjerm. I noen tilfeller benyttes en delkorreksjon for myk mark mellom veg og skjerm.

*Trinn 4 - Andre korreksjoner,  $\Delta L_{4ekv}$ .* Dette er en samlekorreksjon for forhold som ikke dekkes av trinn 1-3, bl.a. innvirkning av vegbanetype, vegetasjon, siktinkel, bred skjerm, stigning og refleksjon og skjerming fra bygningsfasader.

*Trinn 5 - Fasadekorreksjon,  $\Delta L_{5ekv}$ .*  $\Delta L_{5ekv}$  er forskjellen mellom lydnivået utenfor en bygning og inne i bygningen.

Beregningsprosessen gjennomføres for hver delstrekning etter tur. Til slutt summeres bidragene fra delstrekningene.

### 1.3 $L_{AFmaks}$ , maksimalnivået

$L_{AFmaks}$  er det A-veide maksimale lydnivået med tidsveiling FAST og måleenhet desibel (dB). Maksimalnivået er et mål på støytoppene i den varierende vegtrafikkstøyen, og således et supplement til ekvivalentnivået. Det beskrives som en aritmetisk middelvei med et standard avvik, og kan beregnes når følgende inngangsverdier er kjent:

- Kjøretøy type.
- Trafikkmengde for lette og tunge kjøretøyer.
- Gjennomsnittlig kjørefart (evt. fartsgrense).
- Mottakerpunktets høyde og avstand til vegbanens senterlinje.
- Vegbanens høyde over tilgrensende mark.
- Plassering, tykkelse, og høyde for skjerm.



- Mottakerpunktets avstand til vertikale, reflekterende flater (byggningsfasade e.l.).
- Marktype, hard eller myk.

Beregningene utføres i fem trinn, men ofte er bare de tre første nødvendige. Et referansenivå bestemmes først, og korrigeres så i de neste regnetrinnene, slik at maksimalnivået blir

$$L_{AFmaks} = L_{1maks} + \Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks} + \Delta L_{4maks} + \Delta L_{5maks} \quad (1.2)$$

De ulike beregningstrinnene er :

*Trinn 1 - Referansenivå,  $L_{1maks}$ .*

$L_{1maks}$  er referanseverdien for maksimalt lydnivå, i vinkelrett avstand 10 m fra veg senterlinje. Verdien kan bestemmes når kjørefart og kjøretøytype er kjent.

*Trinn 2 - Avstandskorreksjon,  $\Delta L_{2maks}$ .* Korreksjon for mottakerpunktets avstand fra vegens senterlinje, tilsvarer ca. -6 dB for hver avstandsdobling.

*Trinn 3-5 - Korreksjonene  $\Delta L_{3maks}$ ,  $\Delta L_{4maks}$ ,  $\Delta L_{5maks}$ .* De resterende korreksjonene bestemmes på samme måte som for ekvivalentnivået, men med en viss forskjell i korreksjonsverdi og definisjon av avstand.

Dersom deler av vegen er skjermet, delstrekningene har ulike trafikkforhold e.l., kan det være nødvendig å bestemme maksimalnivået for flere kjøretøyposisjoner. Den høyeste verdien gjelder som  $L_{AFmaks}$ .

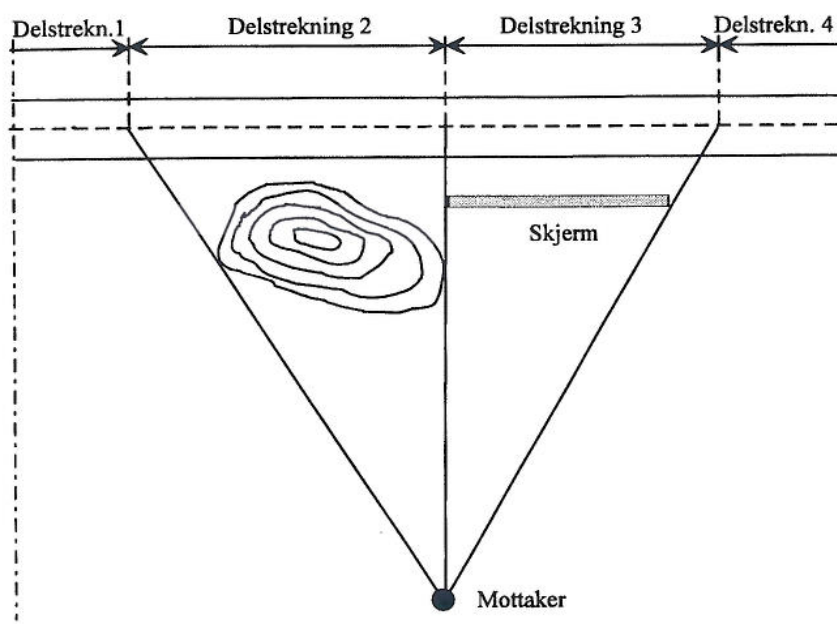


## 2. BEREGNING AV EKVIVALENT LYDNIVÅ, $L_{Aekv}$

### 2.1 Oppdeling av vegen i delstrekninger

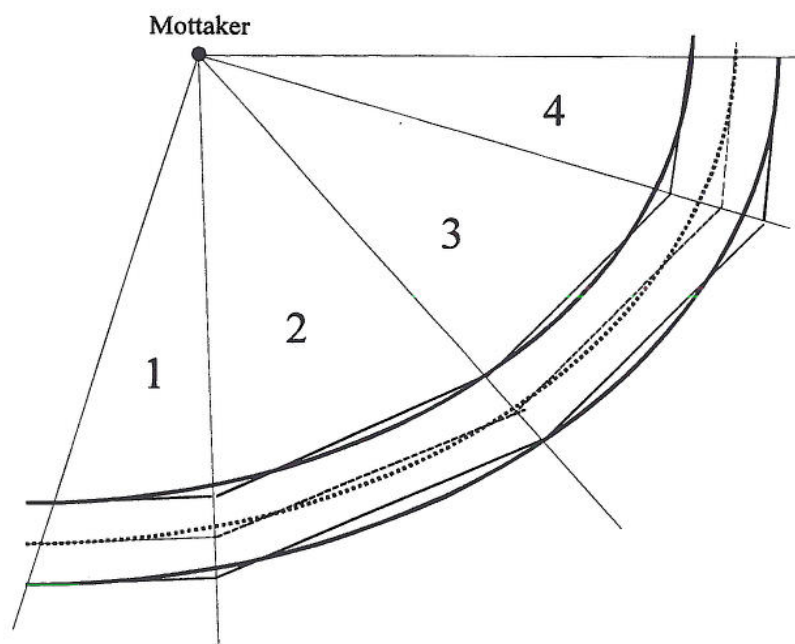
Når terrengforholdene varierer langs vegen, eller vegen går i kurve, er det nødvendig å dele vegen i *delstrekninger*. Innenfor hver delstrekning forutsettes lydforplantningsforholdene, fra veg til mottakerpunkt, å være ensartet. De ulike regnetrinnene gjennomføres for hver delstrekning etter tur. Ofte vil trafikforholdene, og dermed referansenivået (trinn 1), være de samme for alle delstrekningene, og beregningene kan da forenkles noe. Når alle bidragene er funnet, summeres de logaritmisk for å gi det totale lydnivået fra hele veganlegget.

Eksempel på veger som må behandles i delstrekninger er vist i figur 2.1. og 2.2.



Figur 2.1. Eksempel på oppdeling av en veg i delstrekninger for å ta hensyn til topografi.





Figur 2.2. Eksempel på oppdeling av en vegkurve i delstrekninger.

## 2.2 Trinn 1 - Referansenivået, $L_{1ekv}$

Matematiske uttrykk og en nærmere beskrivelse av grunnlaget er gitt i avsnitt 2.2. av Del 2 i /1/. Referansenivået,  $L_{1ekv}$ , i 10 m avstand bestemmes ellers ved hjelp av figur 2.3. Følgende inngangsdata er nødvendige:

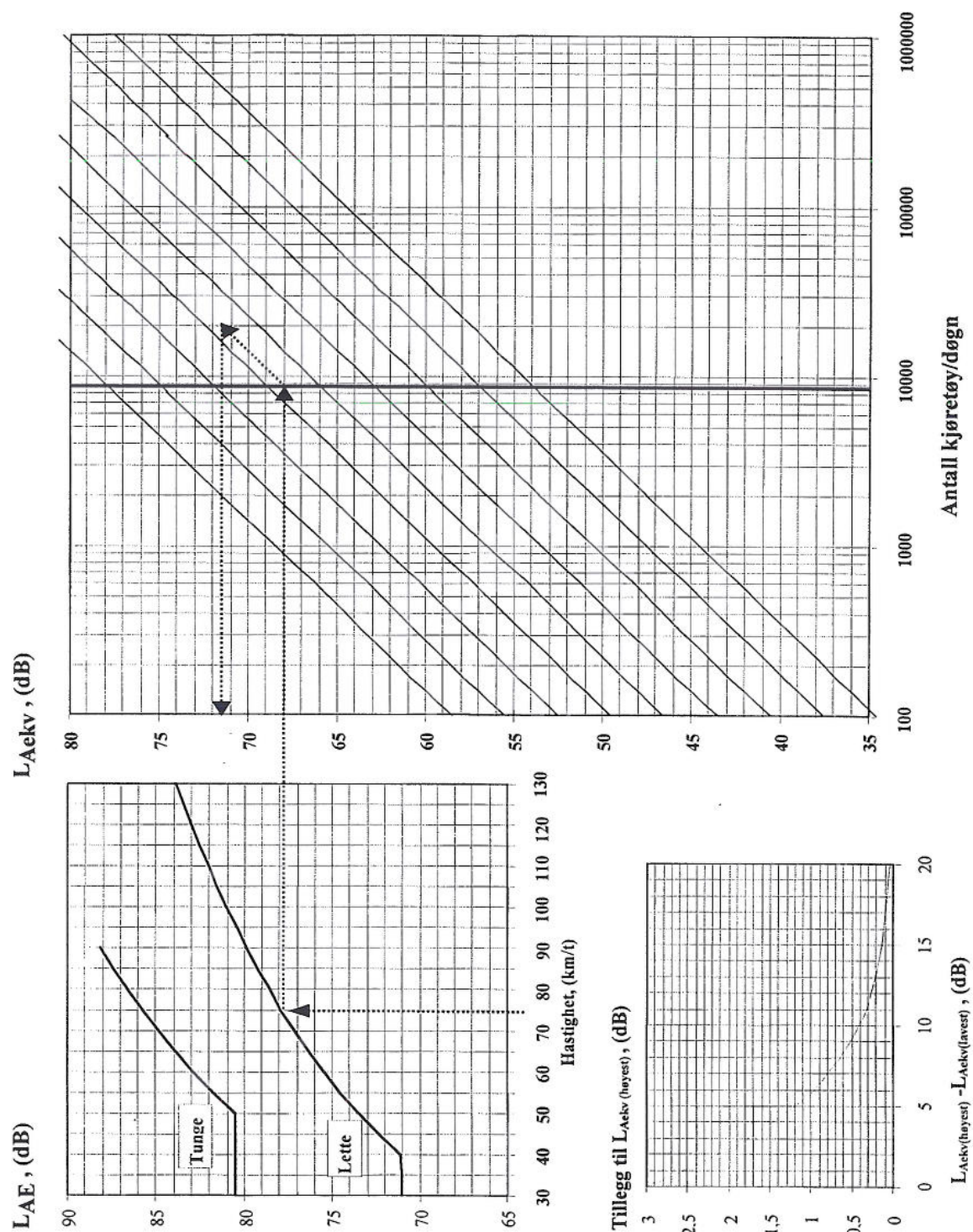
- Antall tunge kjøretøy/døgn.
- Antall lette kjøretøy/døgn.
- Gjennomsnittlig hastighet (evt. fartsgrense).

Beregningene gjennomføres for hver kjøretøy type etter tur:

- Gå inn på horisontalaksen i øvre venstre diagram av figur 2.3, med korrekt verdi for hastighet. Flytt vertikalt til kurve for lette eller tunge kjøretøy. Finn  $L_{AE}$ -verdien for et enkelt, passerende kjøretøy. ( $L_{AE}$ = A-veid "Sound Exposure Level" for et enkelt kjøretøy i avstand 10 m).
- Flytt horisontalt til den kraftige vertikale streken i høyre diagram (8640 kjøretøy/døgn).
- Flytt parallelt opp/ned skrålinjene i høyre diagram til korrekt antall kjøretøy/døgn.
- Flytt horisontalt til venstre skala i høyre diagram og les av  $L_{Aekv}$  for valgt kjøretøytype.
- Gjenta for neste kjøretøytype.

- Finn differanse mellom  $L_{Aekv}$ -verdiene for de to kjøretøytypene.
- Bruk nedre venstre figur til å bestemme tillegg som skal legges til den høyeste av  $L_{Aekv}$ -verdiene. Summen av den høyeste verdien pluss tillegget er referanseverdien  $L_{1ekv}$ .

*Eksempel: Følg pilene i figur 2.3. som viser at hastighet 75 km/t for lette kjøretøy gir  $L_{Aekv} = 71,5$  dB ved 20.000 kjøretøy/døgn. Hvis trafikkforutsetningene for tunge kjøretøy så gir 73 dB, blir differansen 1,5 dB, og tallet som skal legges til den høyeste verdien = 2,3 dB. Resulterende referansenivå blir i dette tilfellet,  $L_{1ekv} = 73 + 2,3 = 75,3$  dB.*



Figur 2.3 Referansenivået,  $L_{1ekv}$

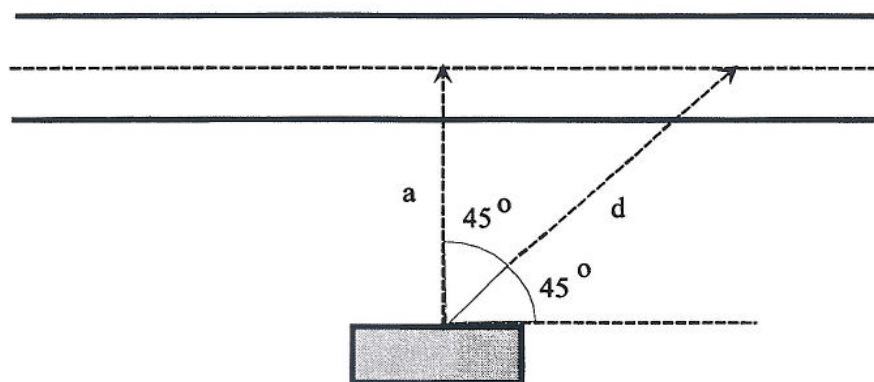


## 2.3 Trinn 2 - Avstandskorreksjon, $\Delta L_{2ekv}$

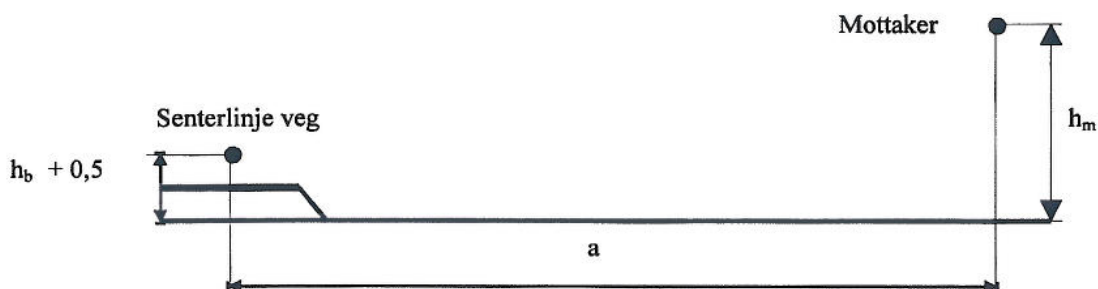
Følgende inngangsdata er nødvendige:

- Vinkelrett horisontal avstand fra mottakerpunkt til vegens senterlinje, for hver delstrekning (eller forlengelsen av delstrekningen),  $a$ .
- Høydeforskjell mellom mottakerpunkt og vegbane,  $h_m - h_b$ .

De forskjellige avstandene og høydene er vist i figurene 2.4 og 2.5. Den førstnevnte viser også *beregningsavstand*,  $d$ , som beskrives nærmere i avsnitt 2.4.3. Avstander og høyder måles henholdsvis parallelt med og vinkelrett på refleksjonsplanet, se avsnitt 2.4.1.



Figur 2.4. Vinkelrett horisontalavstand,  $a$ , og beregningsavstand,  $d$ .



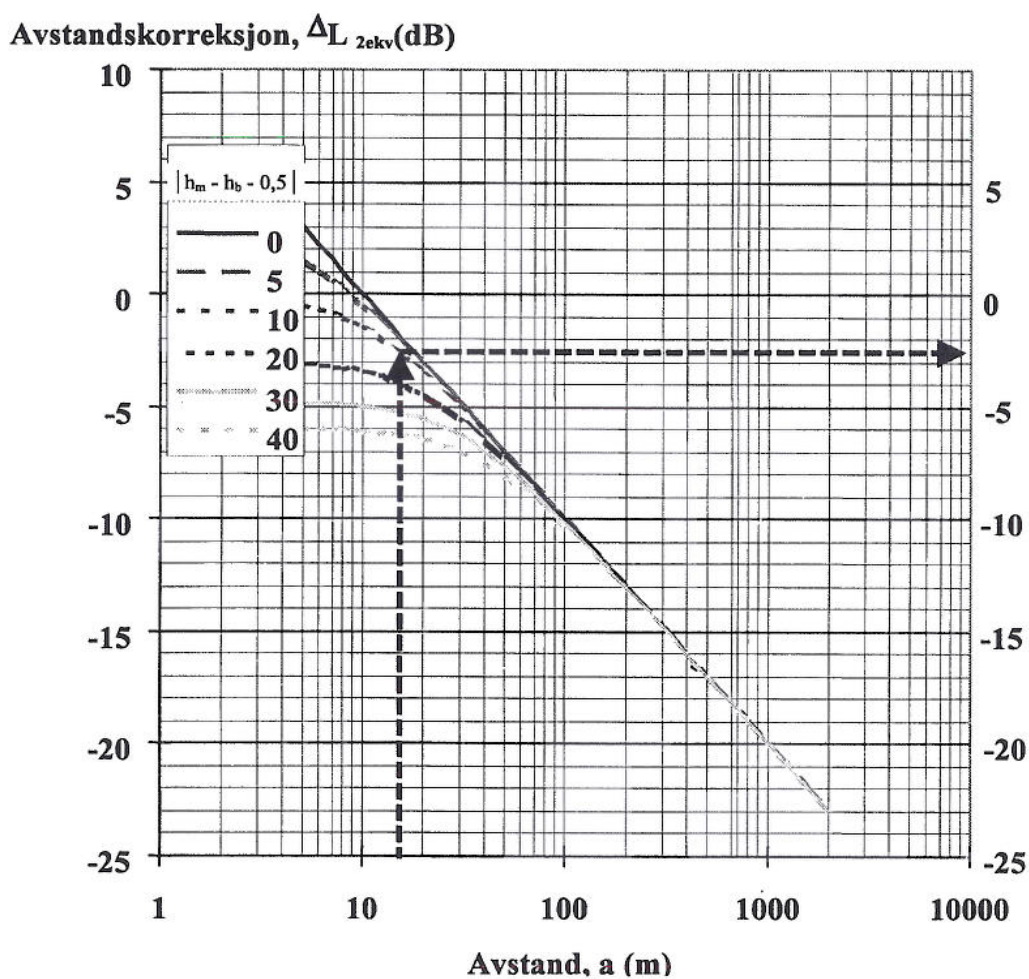
Figur 2.5. Høydene  $h_m$  og  $h_b$  og avstand  $a$ . Lydkilden forutsettes å ligge 0,5 m over vegbanens senterlinje.



Avstandskorreksjonen,  $\Delta L_{2ekv}$ , kan bestemmes fra likning (2.3.4) i del 2 av /1/, eller ved å bruke figur 2.6:

- Start med å velge korrekt vinkelrett avstand,  $a$ , på horisontalaksen.
- Flytt vertikalt til kurve med korrekt verdi for  $|h_m - h_b - 0,5|$ .
- Flytt horisontalt til venstre eller høyre skala og les av verdien for  $\Delta L_{2ekv}$ .

Eksempel: Pilene i figur 2.6. viser at  $\Delta L_{2ekv} = -2,5$  dB når  $a = 13$  m og  $|h_m - h_b - 0,5| = 10$  m.



Figur 2.6. Avstandskorreksjon,  $\Delta L_{2ekv}$ , for ekvivalent lydnivå.

## 2.4 Trinn 3 - Mark- og skjermkorreksjon, $\Delta L_{3ekv}$

### 2.4.1 Refleksjonsplan

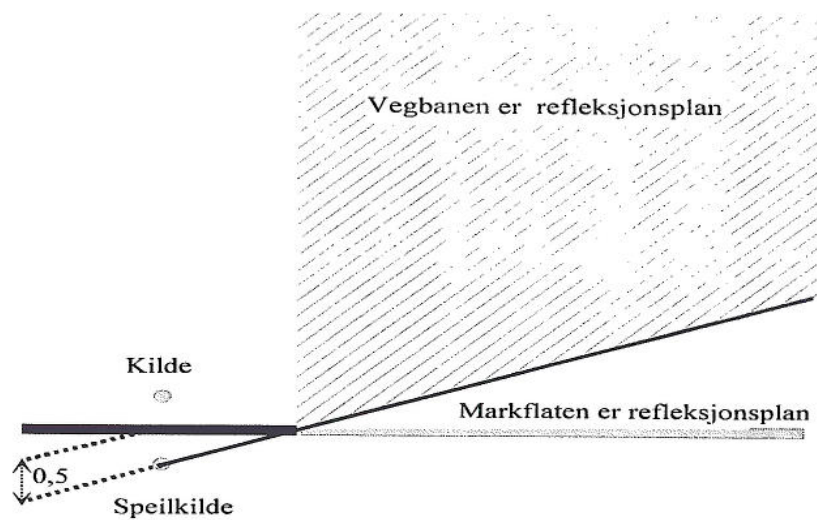
#### 2.4.1.1 Introduksjon

Markflaten mellom veg og mottakerpunkt innenfor en delstrekning kan være kupert, men forenkles til en plan flate i beregningene. Denne flaten kalles refleksjonsplanet, og benyttes bl.a. som referanse for bestemmelse av høyder og avstander. I skjermingstilfeller representeres markflaten med to refleksjonsplan, ett på hver side av skjermen. Trafikken representeres med en kilde som ligger 0,5 m over vegens senterlinje. Lyden forutsettes å forplante seg på to måter fra kilde til mottaker. Den ene lydforplantningsvegen kan forenkles til å være den rette linjen mellom kilde og mottaker. Den andre representeres ved en rett linje som "reflekteres" via refleksjonsplanet til mottakeren, med innfallsvinkel lik utgangsvinkel. Markens akustiske egenskaper i området ved refleksjonspunktet (utstrekning ca. 20 m i lydforplantningsretningen) er en viktig parameter i beregningene. Marken velges som "MYK" eller "HARD", avhengig av egenskapene i dette avgrensede området. I en situasjon med skjerming, skjer beregningene i to trinn. Først behandles skjermtopp som mottaker. Så behandles skjermtopp som kilde, og mottakerpunktet som mottaker.

For enkle terrengforhold er det ofte lett å finne et representativ refleksjonsplan for hver delstrekning. I andre tilfeller kan dette være komplisert, og derfor er det gitt noen tips i følgende avsnitt. Med ett unntak gitt av figur 2.18, er det ikke nødvendig å gå gjennom prosedyren for å finne refleksjonsplanet når markflaten er hard.

#### 2.4.1.2 Vegbanen som refleksjonsplan

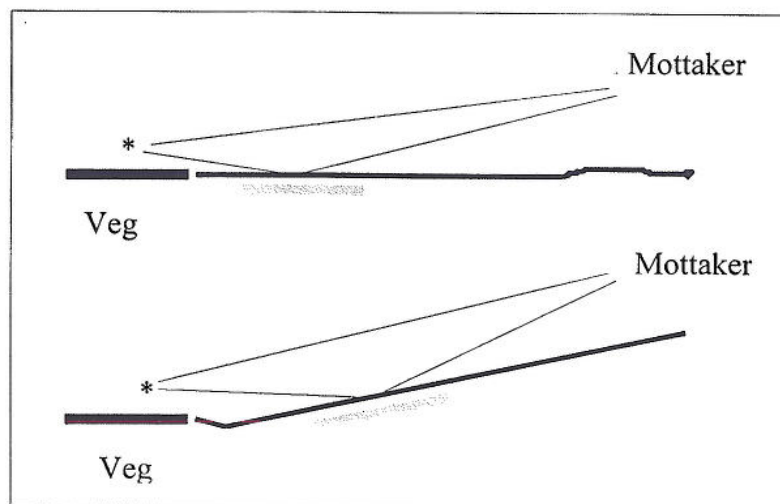
På korte avstander og/eller mottakerpunkt høyt over veg, kan vegbanen betraktes som et refleksjonsplan. Betingelsene for dette er vist i figur 2.7., som viser et snitt langs beregningsavstanden,  $d$  (se figur 2.4. og forklaring i avsnitt 2.4.3.). For mottakerpunkt i den skraverte delen av snittet forutsettes vegbanen å være refleksjonsplan. Korrekt marktype er da "HARD", og markkorreksjon,  $\Delta L_{3ekv} = 0$ . Under det skraverte området fungerer markflaten som refleksjonsplan. Det kan oppstå en diskontinuitet langs skillelinjen, i dette og andre tilfeller med varierende markegenskaper. I tvilstilfeller anbefales det å bruke de markegenskapene som gir høyest lydnivå i mottakerpunktet. Som oftest vil dette være vegbanens plan. Se ellers neste avsnitt.



Figur 2.7. Vegbanen som refleksjonsplan.

#### 2.4.1.3 Horizontal eller hellende, plan, myk mark

I tilfeller som vist i figur 2.8. er refleksjonsplanet identisk med markplanet, og den grå linjen markerer den del av terrenget som er mest viktig ved bestemmelse av marktype. Et område med utstrekning ca. 20 m i lydforplantningsretningen, omkring refleksjonspunktet er relevant.



Figur 2.8. Refleksjonsplanet for enkle geometrier med omtrent plan markflate.

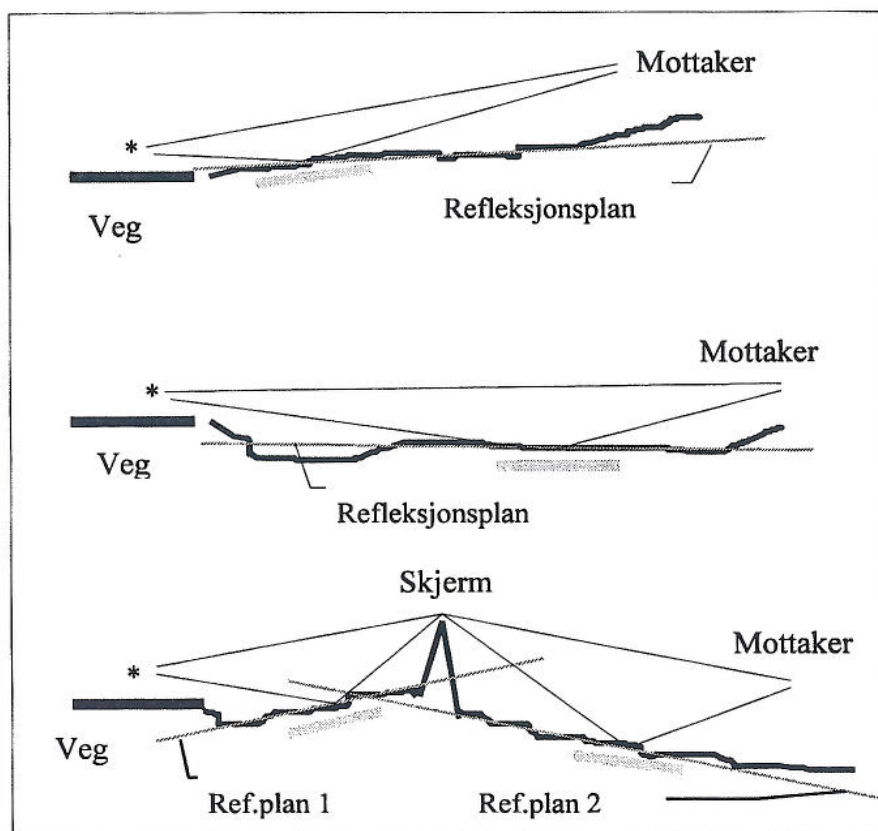


### 2.4.1.4 Kupert terreng, myk mark

For situasjoner med kupert terreng, må den omtrentlige plasseringen av refleksjonsplanet bestemmes før beregningen kan starte. Markflaten som velges må ha en utstrekning på minimum 20 m i lydforplantningsretningen, og oppfylle følgende kriterier for å defineres som refleksjonsplan.

- Vertikal avvik fra reelt terreng må ikke overstige  $\pm 1$  m. For "hard" mark bør avviket ikke overstige  $\pm 0,5$  m.
- Myke endringer i terrengprofil, det vil si at maksimalt avvik gitt ovenfor må strekke seg over en lengde på minst 10 m, - for å gi fri sikt fra den reflekterende flaten til mottaker.
- Aktuelle flater må ligge slik at det gir uskjermet refleksjon av lyd fra kilde til mottaker. For vegen forutsettes kildeposisjonen å ligge 0,5 m over vegbane. Dette teoretiske refleksjonspunktet må ligge innenfor den gyldige utstrekningen av refleksjonsplanet.

Noen eksempler på mulige refleksjonsplan i kupert terreng er vist i figur 2.9. I tvilstilfeller skal det refleksjonsplanet som gir høyest lydnivå i mottakerpunktet brukes. I noen situasjoner kan det være aktuelt å bestemme refleksjonsplanet ved en hjelp av lineær regresjon.



Figur 2.9. Refleksjonsplan for kupert terreng.

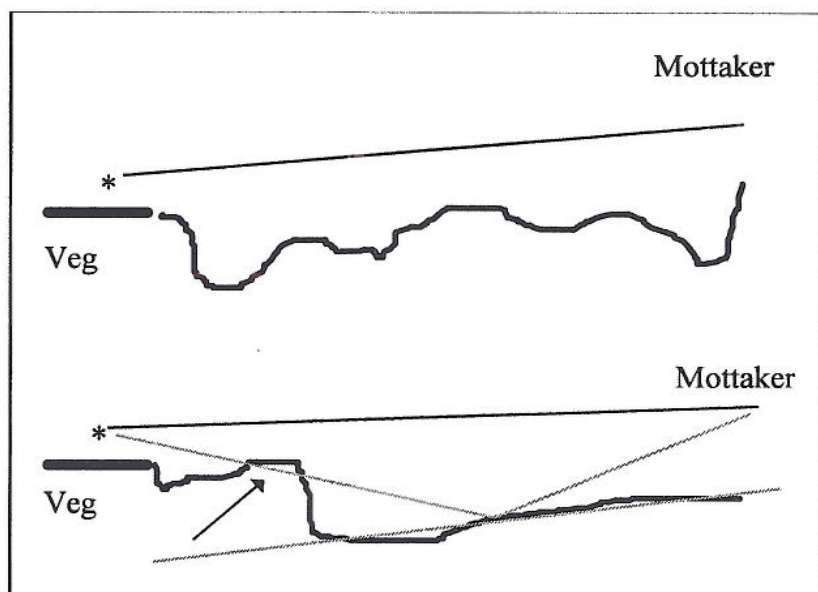


### 2.4.1.5 Kompliserte geometrier med myk mark. Usikker eller umulig definisjon av refleksjonsplan

Situasjonsbeskrivelse. Dersom de kriterier som er gitt i 2.4.1.4 ikke kan oppfylles, betyr det en mulighet for redusert beregningsnøyaktighet, bl.a. i følgende situasjoner:

- Refleksjonsplanet kan ikke bestemmes p.g.a. store ujevnheter i terrenget.
- Refleksjonsplanet kan bestemmes, men det er ikke direkte sikt fra refleksjonspunkt til kilde og/eller mottaker.
- Refleksjonspunktet ligger ved yttergrensene av refleksjonsplanets gyldige utstrekninger.

To av disse situasjonene er vist i figur 2.10.



Figur 2.10. Situasjoner med manglende eller ugyldig refleksjonsplan.

Lydnivåbestemmelse i tilfeller uten gyldig refleksjonsplan. Det er mulig å bestemme et tilnærmet korrekt lydnivå også i slike situasjoner. For tilfeller uten skjerming, og der terrenget er så kupert at marken ikke gir et entydig refleksjonsbidrag, vil direktelyden dominere. Resterende markkorreksjon for myk mark settes da lik

$$\Delta L_{3ekv} = -3 \text{ dB.} \quad (2.1)$$

### 2.4.1.6 Refleksjonsplan for tilfeller med skjerm

Som hovedregel må to refleksjonsplan bestemmes for tilfeller der en skjermeffekt forventes: Ett refleksjonsplan mellom veg og skjerm, ett mellom skjerm og mottaker. "Skjerm" betyr alle typer konstruksjoner og terreng som gir en skjermeffekt.

*Mellom veg og skjerm.* Prosedyrene gitt i avsnitt 2.4.1.1. - 2.4.1.5. brukes, men da med mottakerpunkt på skjermtopp.

*Mellom skjerm og mottaker.* Ny kildeposisjon forutsettes å ligge på skjermtopp, og prosedyrene i avsnitt 2.4.1.3. - 2.4.1.4. kan brukes. Hvis ikke refleksjonsplanet kan bestemmes, er situasjonen som nevnt i forrige avsnitt (2.4.1.5). Skjermeffekten beregnes da som vanlig, og markkorreksjonen,  $\Delta L_{3ekv} = 0$  dB.

### 2.4.2 Plassering av lydkilde, skjermtopp og mottaker

Alle høyder måles vinkelrett fra refleksjonsplanet, alle avstander langs dette planet. Trafikkstrømmen, kjøretøyene, forenkles til én lydkilde som plasseres 0,5 m over vegbanens senterlinje. For bestemmelse av markkorreksjonen når en eller annen form for skjerming eksisterer, utføres en mellomregning med en tenkt mottakerpunkt på skjermtopp, som gitt i forrige avsnitt.

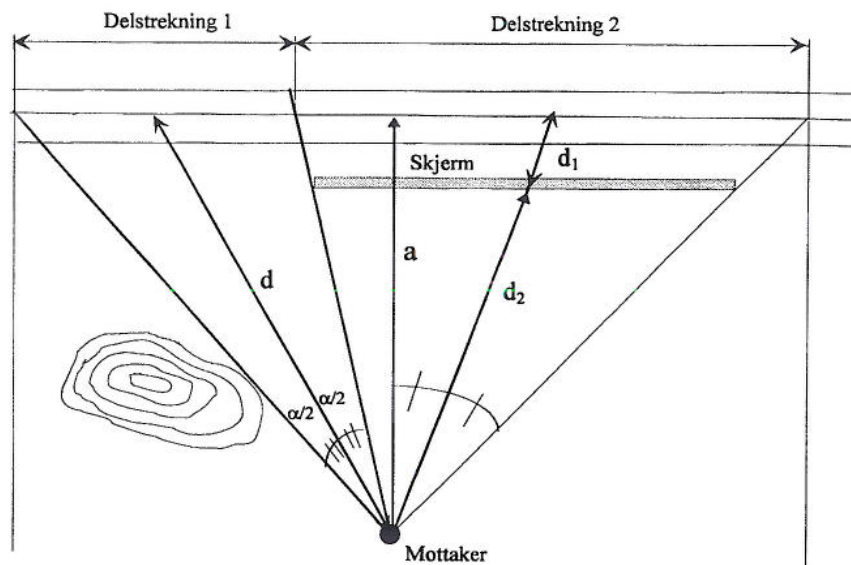
### 2.4.3 Beregningsavstand, d

Mark- og skjermkorreksjonen er avhengig av avstand til vegen og terreng/skjermingsforhold. Beregningsavstand,  $d$ , defineres som middelavstand fra mottakerpunkt til vegens senterlinje langs delingslinjen for strekningens *siktinkel*,  $\alpha$ . Se figur 2.11. Beregningsavstanden kan således betraktes som en middelavstand for passerende kjøretøy, for hver delstrekning.

For delstrekninger som omfatter veg på begge sider av normalen til vegen, f.eks. delstrekning 2 i figur 2.11., velges beregningsavstand på følgende måte:

Velg den siden av normalen som har størst del av siktinkelen (høyre side i dette tilfellet). Finn delingslinjen for denne sektoren, som vist. For en uendelig lang veg betyr dette at beregningsavstand,  $d = a/\cos 45^\circ = 1,4a$ .

For delstrekninger med skjerm, består beregningsavstanden av to deler,  $d_1 + d_2 = d$ .



Figur 2.11. Eksempel som viser bestemmelse av beregningsavstand,  $d$ .

#### 2.4.4 Markkorreksjonen

##### 2.4.4.1 Markkorreksjon, $\Delta L_{3ekv}$ , for veghøyde lik eller mindre enn 1,5 m over refleksjonsplan, ingen skjerm

For hard mark,  $\Delta L_{3ekv} = 0$  dB. For myk mark er følgende inngangsverdier nødvendige:

$d$  = delstrekningens beregningsavstand, målt fra mottaker til senterlinje veg, langs siktinkelens delingslinje, parallelt med refleksjonsplanet.

$h_b$  = vegbanens høyde vinkelrett på refleksjonsplanet.

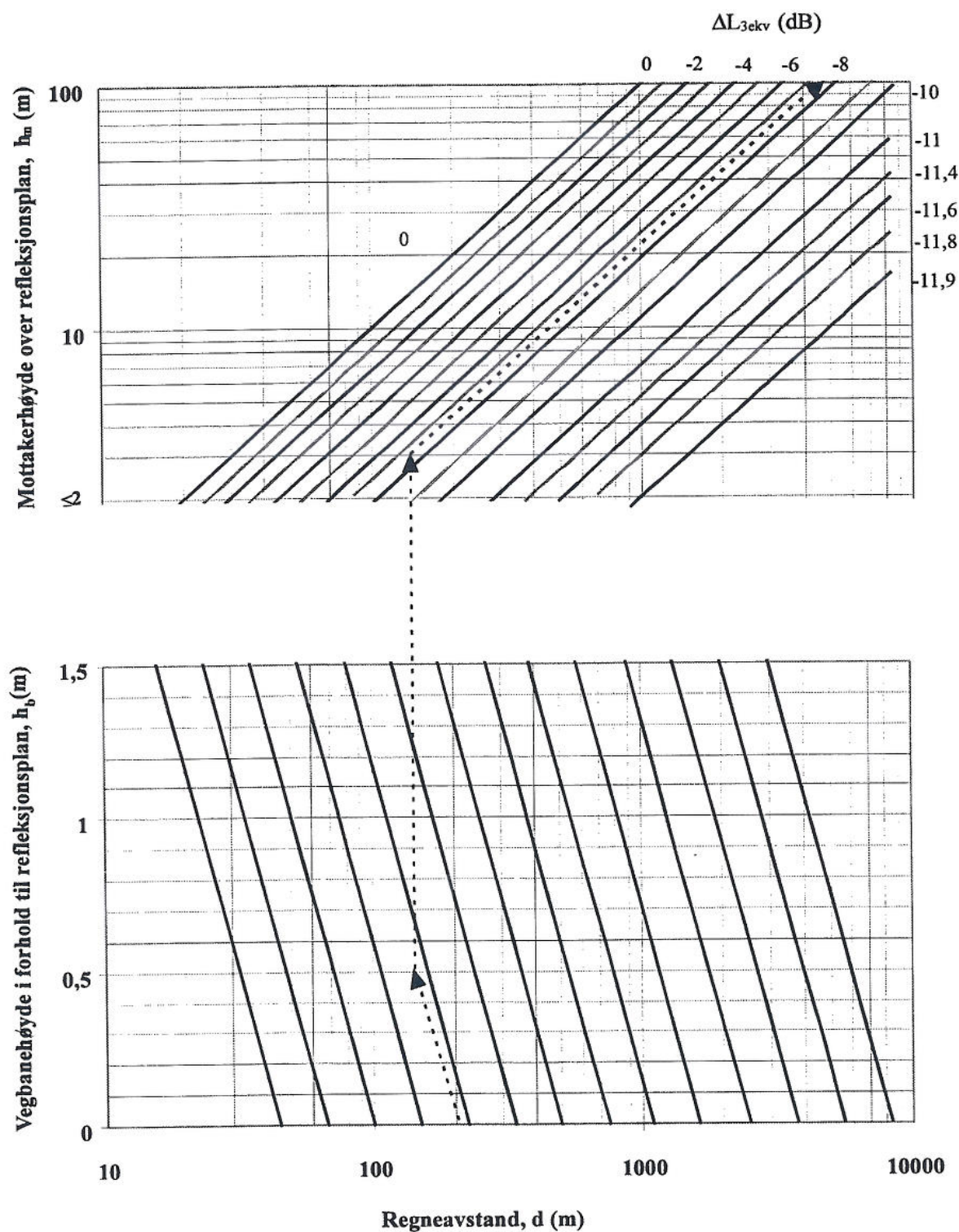
$h_m$  = mottakerpunktets høyde vinkelrett på refleksjonsplanet.

Markkorreksjonen finnes enten ved bruk av likningene (2.36) og (2.37) i del 2 i /1/, eller med figur 2.12.

- Start med korrekt beregningsavstand,  $d$ , nederst i figuren.
- Flytt parallelt med skrålinjer opp til korrekt veghøyde,  $h_b$ .
- Flytt vertikalt til korrekt mottakerhøyde,  $h_m$ , i øvre figurdelt.
- Les av  $\Delta L_{3ekv}$  verdi ved å gå parallelt med linjene ut til verdiene langs figurens øvre og høyre ytterkant.

Eksempel: Når  $d = 200$  m,  $h_b = 0,5$  m og  $h_m = 3$  m blir  $\Delta L_{3ekv} = -7,5$  dB.





Figur 2.12 Markkorreksjon for vegbanehøyde,  $0 \leq h_b \leq 1,5$  m når markflaten er myk.

#### 2.4.4.2 Mark- og skjermkorreksjon, $\Delta L_{3ekv}$ for tilfeller med skjermingseffekt

Beskrivelsen i dette avsnittet dekker også tilfellene med vegbane mer enn 1,5 m over refleksjonsplan, og tilfeller med veg i skjæring. I førstnevnte tilfelle betraktes vegkanten som skjermtopp. Beregningene utføres i to trinn: Først bestemmes skjermeffekten, så korrigeres det for effekten av markflate.

##### *Hard mark på skjermens kildeside*

Vanligvis forutsettes at markflaten mellom lydkilde og skjerm er hard, og markkorreksjon på kildesiden av skjermen er da null:

$$\Delta L_{3ekv} = \Delta L_s + \Delta L_m \quad (2.2)$$

der  $\Delta L_{3ekv}$  = mark- og skjermkorreksjon.

$\Delta L_s$  = skjermkorreksjon.

$\Delta L_m$  = markkorreksjon på skjermens mottakerside.

Følgende inngangsverdier som vises i figurene 2.11, 2.13 - 2.15 er nødvendig for å finne  $\Delta L_s$  og  $\Delta L_m$ :

$h_e$  = effektiv skjermhøyde. Skjermtopp høyde, målt vinkelrett på "siktlinjen" fra kilde til mottaker. Verdien er negativ når siktlinjen ligger over skjermtopp.

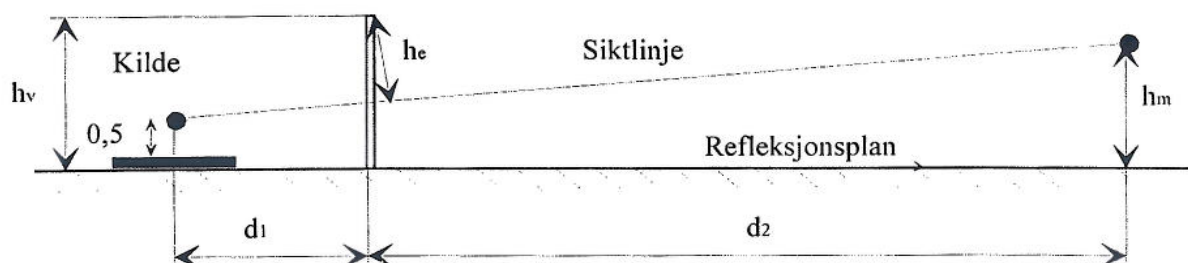
$h_v$  = skjermtopp høyde, målt vinkelrett på refleksjonsplanet på skjermens mottakerside. Verdien er negativ når skjermtoppen ligger under refleksjonsplanet.

$h_m$  = mottakerhøyde, vinkelrett over refleksjonsplanet på skjermens mottakerside.

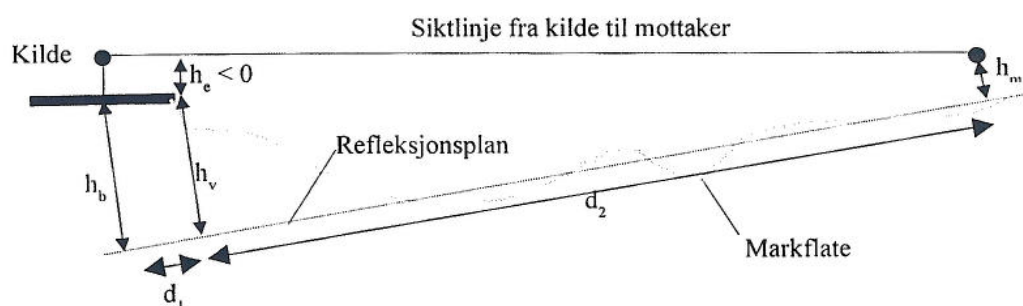
$h_b$  = vegbanehøyde i vegens senterlinje, målt vinkelrett mot refleksjonsplanet, på skjermens mottakerside. Verdien er negativ når vegbanen ligger under refleksjonsplanet.

$d_1$  = avstand fra senterlinje veg til skjerm, langs beregningsavstanden,  $d$ .

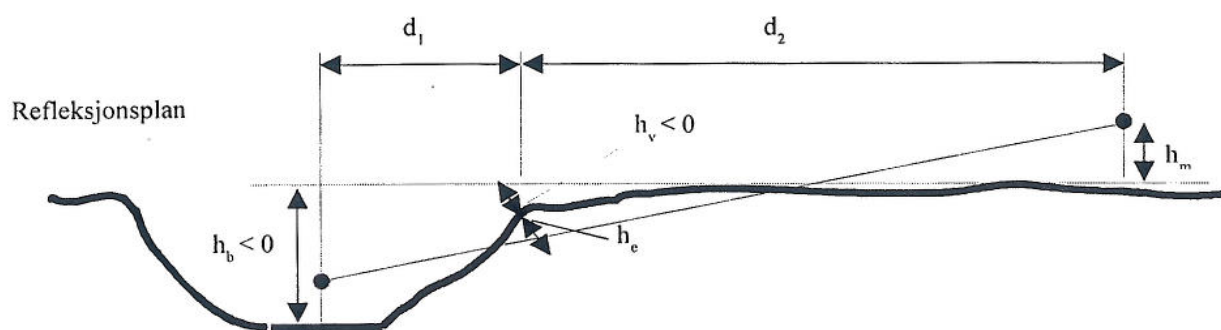
$d_2$  = avstand fra skjerm til mottaker, langs beregningsavstand,  $d$ .



Figur 2.13 Skjerm på flat mark.



Figur 2.14 Veg mer enn 1,5 m over refleksjonsplan.



Figur 2.15 Veg i skjæring.

Som vist i figurene 2.14 og 2.15, kan både  $h_e$  og  $h_v$  være negative. Selv om det er sikt fra kilde til mottaker,  $h_e < 0$ , kan det bli en viss skjermeffekt. Når  $h_v < 0$  kan dobbeltskjerming skje. I metoden tas ikke hensyn til dette, men en viss kompensasjon skjer ved at  $h_v = 0$  brukes ved bestemmelse av markkorreksjonen. Se ellers korreksjon for tykk skjerm, avsnitt 2.5.5.



Den effektive skjermhøyden,  $h_e$ , er avgjørende for skjermkorreksjonen, og kan enten måles av terrengsnittet eller beregnes ved uttrykket:

$$h_e = \frac{(h_v - h_m)d_1 + (h_v - h_b - 0,5)d_2}{\sqrt{(d_1 + d_2)^2 + (h_m - h_b - 0,5)^2}} \quad (2.3)$$

Skjermkorreksjonen finnes enten ved bruk av likningene (2.40) - (2.42) i del 2 i /1/, eller med figur 2.16:

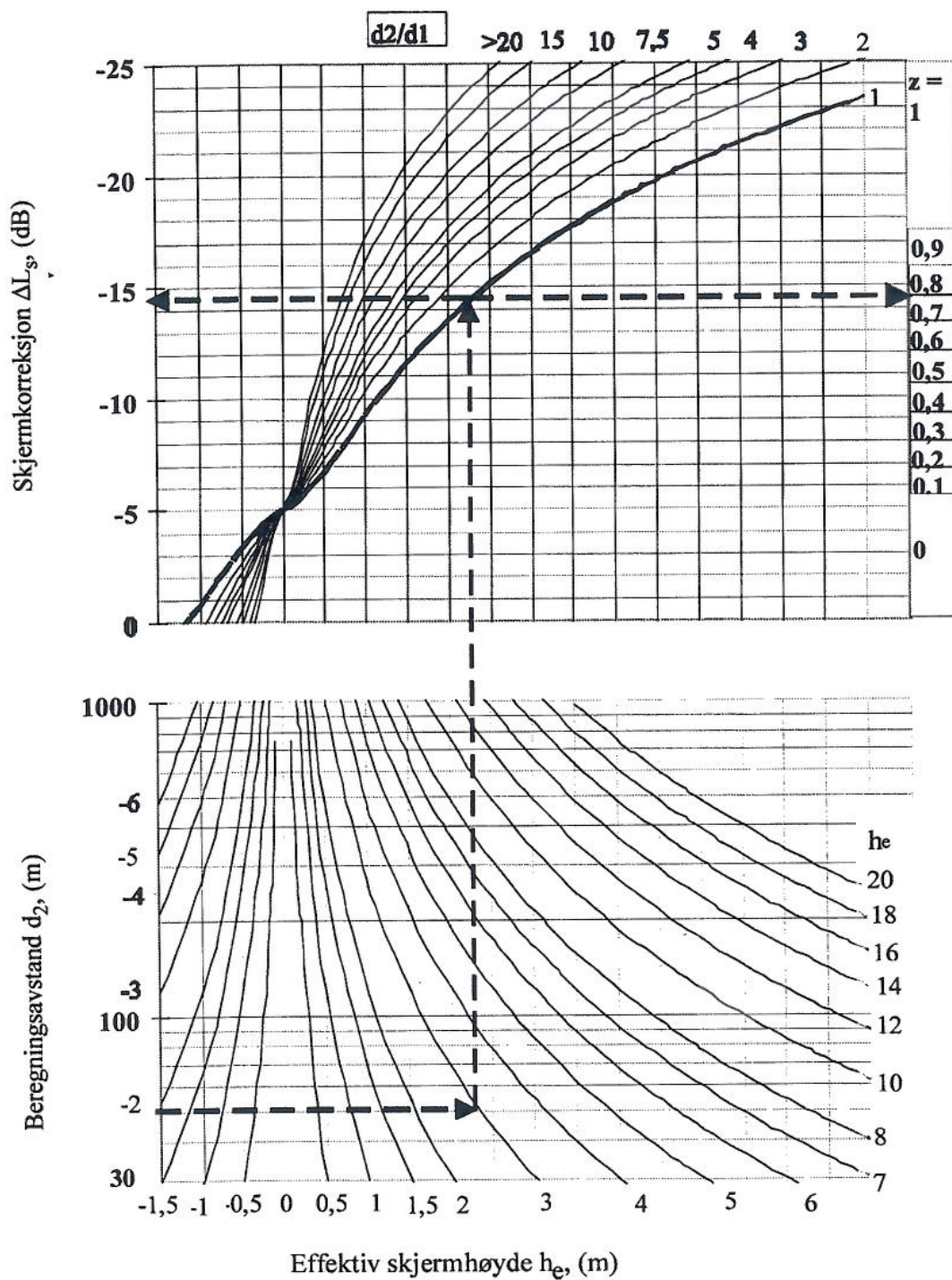
- Gå inn med korrekt avstand  $d_2$  på y-aksen i nedre diagramdel.
- Flytt horisontalt til korrekt, effektiv skjermhøyde,  $h_e$ .
- Flytt vertikalt til korrekt verdi for parameter  $d_2/d_1$ .
- Flytt horisontalt og les av skjermkorreksjon  $\Delta L_s$  på venstre akse, og spektrumparameter  $z$  på høyre akse.

Verdien  $z$  er et mål på den endringen i vegtrafikkstøy-spekteret som skjer p.g.a. skjerm-effekten. Den brukes senere ved beregning av markkorreksjon.

Følgende bruksbegrensninger gjelder for figur 2.16:

- Kan bare brukes for  $d_2 > d_1$ . Dersom  $d_1 > d_2$  utføres beregningene ved at  $d_2$  og  $d_1$  bytter plass.
- Hvis  $d_2 < 30\text{m}$ , sett  $d_2 = 30$ , og  $d_2/d_1 = 30/d_1$ .
- Hvis  $d_2/d_1 \geq 20$ , sett  $d_2/d_1 = 20$ , men bruk korrekt verdi på  $d_2$ .

*Eksempel:* Pilene i figur 2.16. viser at  $\Delta L_s = 14,6 \text{ dB}$ , og  $z = 0,7$ , når  $d_2 = 50 \text{ m}$ ,  $d_1 = 50 \text{ m}$ , og  $h_e = 3 \text{ m}$ .



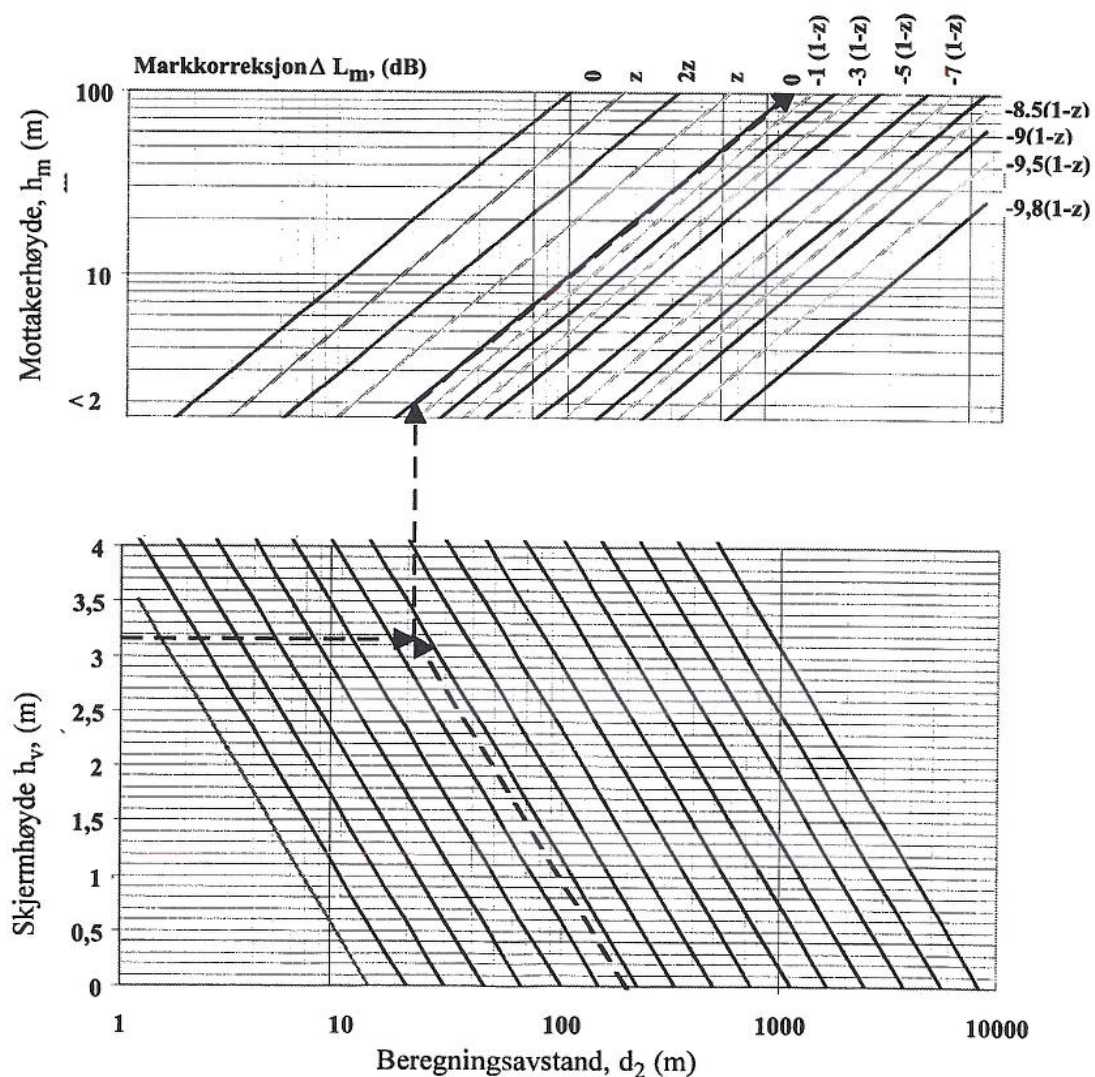
Figur 2.16 Bestemmelse av skjermkorreksjon,  $\Delta L_s$ , og spektrumparameter,  $z$ .

### Myk mark mellom skjerm og mottakerpunkt

For å finne markkorreksjonen  $\Delta L_m$  når marken på skjermens mottakerside er myk, brukes enten likningene (2.42) - (2.44) i del 2 i /1/ eller figur 2.17:

- Gå inn med korrekt  $d_2$ -verdi i nedre figurdel.
- Flytt parallelt med skrålinjen til korrekt skjermhøyde  $h_v$ .
- Flytt vertikalt inn i øvre diagramdel til korrekt mottakerhøyde  $h_m$ .
- Flytt parallelt med skrålinjene oppover og les av  $\Delta L_m$ -verdi.

**Eksempel:** Pilene i figur 2.17 viser at  $\Delta L_m = -0,4 (1-z)$  dB når  $d_2 = 200$  m,  $h_v = 3,2$  m og  $h_m = 2$  m.



Figur 2.17 Bestemmelse av markkorreksjon,  $\Delta L_m$ , for myk mark mellom skjerm og mottaker.

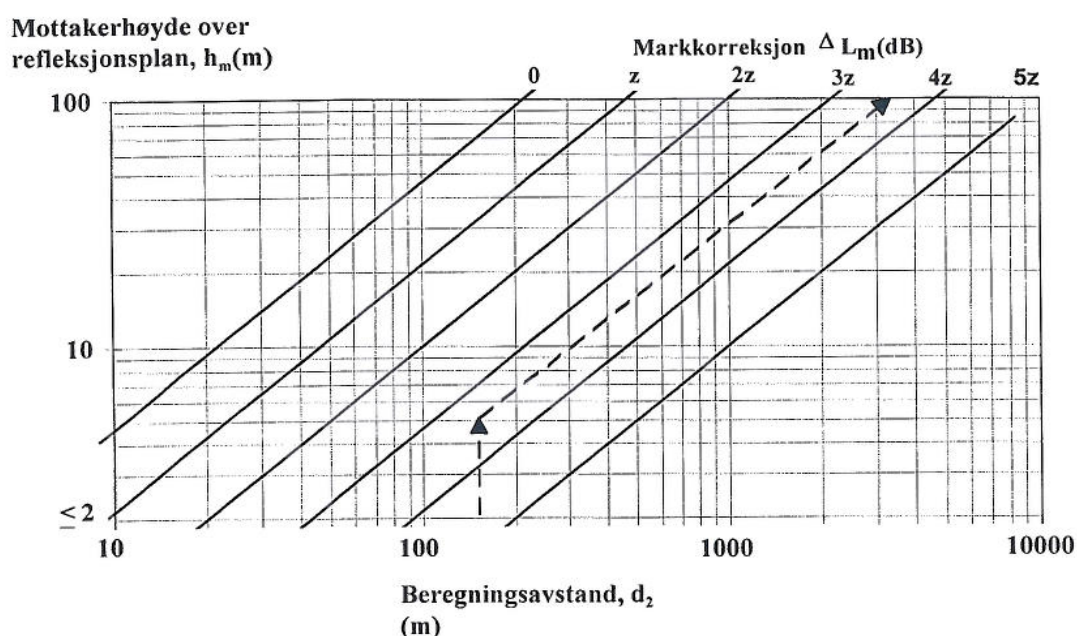


### Hard mark mellom skjerm og mottakerpunkt

Dersom markflaten mellom skjerm og mottaker er hard, brukes enten likning (2.45) i del 2 i /1/, eller figur 2.18:

- Gå inn med korrekt  $d_2$ -verdi på horisontalaksen.
- Flytt vertikalt til korrekt mottakerhøyde,  $h_m$ .
- Flytt oppover langs skrålinjen og les av  $\Delta L_m$ -verdi.

Eksempel: Pilene i figur 2.18 viser at  $\Delta L_m = 3z$  dB når  $d_2 = 150$  m og  $h_m = 5$  m.



Figur 2.18 Bestemmelse av markkorleksjon,  $\Delta L_m$ , for hard mark mellom skjerm og mottaker.

### Myk mark på skjermens kildeside

Med myk i stedet for hard mark mellom veg og skjerm beregnes en ekstra markkorleksjon,  $\Delta L_{vs}$ . Verdien bestemmes på to ulike måter for mottakerpunkt under og over forlengelsen av den rette linjen som kan trekkes fra kilde til skjermtopp.

Når mottakerpunktet ligger under linjen, blir den totale skjerm- og markkorleksjonen,

$$\Delta L_{3ekv} = \Delta L_s + \Delta L_{vs} \left(1 - \frac{7z}{13}\right) + \Delta L_m \quad (2.4)$$

der  $\Delta L_{vs}$  = korleksjon for myk mark på skjermens kildeside. Verdien finnes ved bruk av figur 2.12.

Når mottakerpunktet ligger over forlengelseslinjen mellom kilde og skjermtopp, finnes to alternativ:

- Mottakeren ligger så høyt at skjermvirkningen er null. Mark- og skjermkorreksjonen,  $\Delta L_{3ekv}$ , bestemmes alene av markkorreksjonen i figur 2.12, med beregningsavstand  $d = d_1 + d_2$ .
- Skjermkorreksjonen har verdi mellom null og -5 dB. Først beregnes mark- og skjermkorreksjonen,  $\Delta L_{3ekv}$ , uten å ta hensyn til skjermeffekten, som under a). Så bestemmes  $\Delta L_{3ekv}$  for et punkt på kilde/skermtopp linjen ved å bruke likning (2.4) med  $z = 0$  og  $\Delta L_s = -5$ . Til slutt interpoleres mellom disse verdiene i samsvar med likningene nedenfor:

Mottaker ligger høyt over linjen,  $\Delta L_s = 0$

$$\Delta L_{3ekv} = \Delta L_{s,0} = \Delta L_m (d=d_1+d_2) \text{ der } \Delta L_m (d=d_1+d_2) \text{ finnes av figur 2.12.}$$

Mottaker ligger på linjen  $\Delta L_s = -5$

$$\Delta L_{3ekv} = \Delta L_{3ekv,-5} = -5 + \Delta L_{vs} + \Delta L_m$$

Mottaker er mellom situasjonene beskrevet ovenfor,  $-5 < \Delta L_s < 0$

$$\Delta L_{3ekv} = \Delta L_{3ekv,0} + 1/5 \Delta L_s (\Delta L_{3ekv,0} - \Delta L_{3ekv,-5})$$

## 2.5 Trinn 4 - Andre korreksjoner, $\Delta L_{4ekv}$

### 2.5.1 Generelt

$\Delta L_{4ekv}$  er en samlekorreksjon for en rekke delkorreksjoner som behandles etter tur i påfølgende avsnitt. Selv om  $\Delta L_{4ekv}$  uttrykkes som en sum av flere effekter, vil det ikke være relevant å summere alle effekter i alle situasjoner. Se begrensningene som gjelder for hver delkorreksjon for nærmere opplysninger.

$$\Delta L_{4ekv} = \Delta L_\alpha + \Delta L_{ts} + \Delta L_{st} + \Delta L_{ka} + \Delta L_r + \Delta L_{mg} + \Delta L_b + \Delta L_{ms} + \Delta L_g \quad (2.5)$$

der

$\Delta L_\alpha$  = korreksjon for siktinkel.

$\Delta L_{ts}$  = korreksjon for tykk skjerm.

$\Delta L_{st}$  = korreksjon for vegstigning.

$\Delta L_{ka}$  = korreksjon for kort avstand til veg.

$\Delta L_r$  = korreksjon for refleksjon fra en vertikal flate.

$\Delta L_{mg}$  = korreksjon for multirefleksjoner mellom bygninger.

$\Delta L_b$  = korreksjon for skjerming og lydspredning i spredt bebyggelse.

$\Delta L_{ms}$  = korreksjoner i sidegater.

$\Delta L_g$  = korreksjon i gårdsrom.

Som opsjon er det også mulig å korrigere for effekten av vegbane og vegetasjon, som beskrevet i de neste to avsnittene.

### 2.5.2 Vegdekke

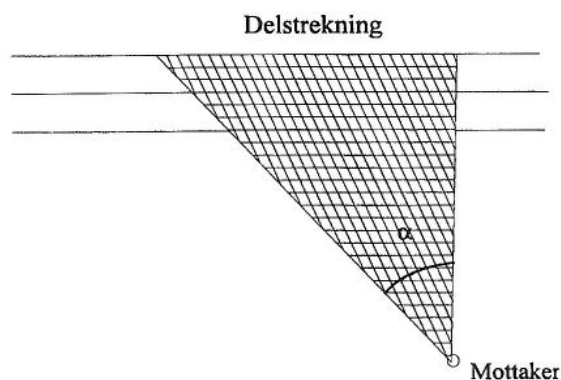
En liste med oppdaterte korreksjonsverdier for effekten av ulike vegdekker er gitt i vedlegg C. Verdiene kan være nyttige ved beregning av støy nivå i spesielle situasjoner. En bør da være oppmerksom på mulige endringer i vegbaneoverflaten over tid.

### 2.5.3 Vegetasjon

Vegetasjon mellom veg og mottaker kan ha en støyreduserende effekt. Informasjon om effekten er beskrevet nærmere i vedlegg D.

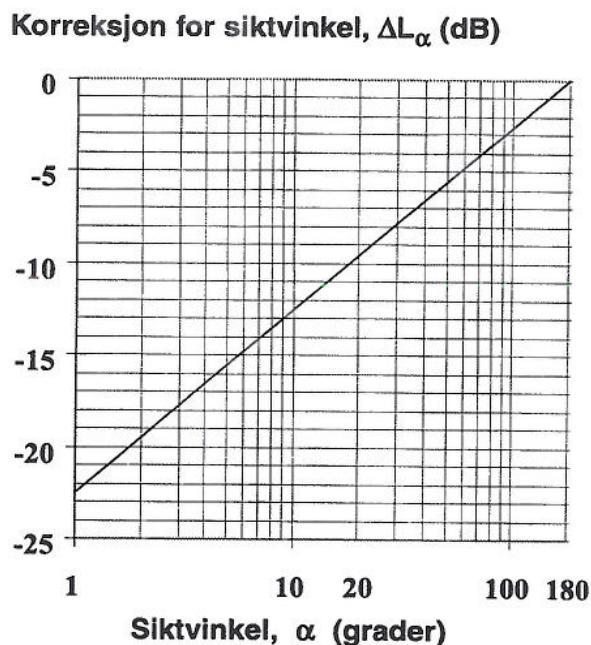
### 2.5.4 Korreksjon for siktinkel, $\Delta L_\alpha$

Lydbidraget fra en delstrekning vil være lik bidraget fra en tilsvarende uendelig lang rett veg korrigeret for at siktinkelen er mindre enn 180 grader, se figur 2.19. Figur 2.20 gir korreksjon for siktinkelens størrelse i forhold til  $\alpha = 180$  grader (uendelig lang rett veg),  $\Delta L_\alpha$ . Formelen for siktinkelkorreksjonen er gitt i del 2 i 1/, likning (2.5).



Figur 2.19 Siktinkel  $\alpha$  for en gitt delstrekning.

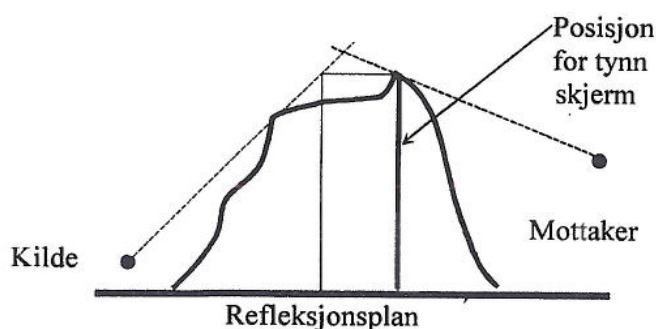




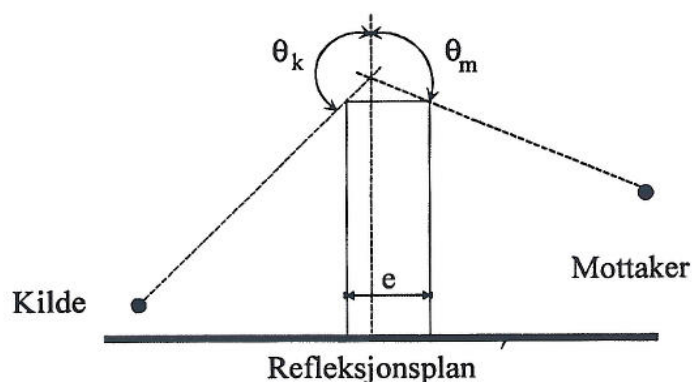
Figur 2.20 Vinkelkorreksjonen,  $\Delta L_\alpha$ , for en delstrekning med siktinkel mindre enn  $180^\circ$ .

### 2.5.5 Korreksjon for tykk skjerm, $\Delta L_{ts}$

De fleste skjermkonstruksjoner som bygges for å bedre støyforholdene langs en veg kan regnes som tynne, og  $\Delta L_{ts}$  er da lik null. For terreng, bygninger og andre skjermformer med tykkelse som overskrider 0,5 m i lydforplantningsretningen, beregnes først skjermeffekten for en tenkt tynn skjerm, plassert som vist i figur 2.21. I neste omgang bestemmes "tykkelsen" på skjermen med de hjelpelinjene som vises i figuren. Resultatet blir den tenkte skjermen med tykkelse  $e$  og lydforplantningsvinkler  $\theta_k$  og  $\theta_m$  illustrert i figur 2.22. Verdien  $e$  måles langs beregningsavstanden,  $d$ .



Figur 2.21. Plassering av tenkt, tynn skjerm og valg av form på forenklet tykk skjerm, for en komplisert skjermform.

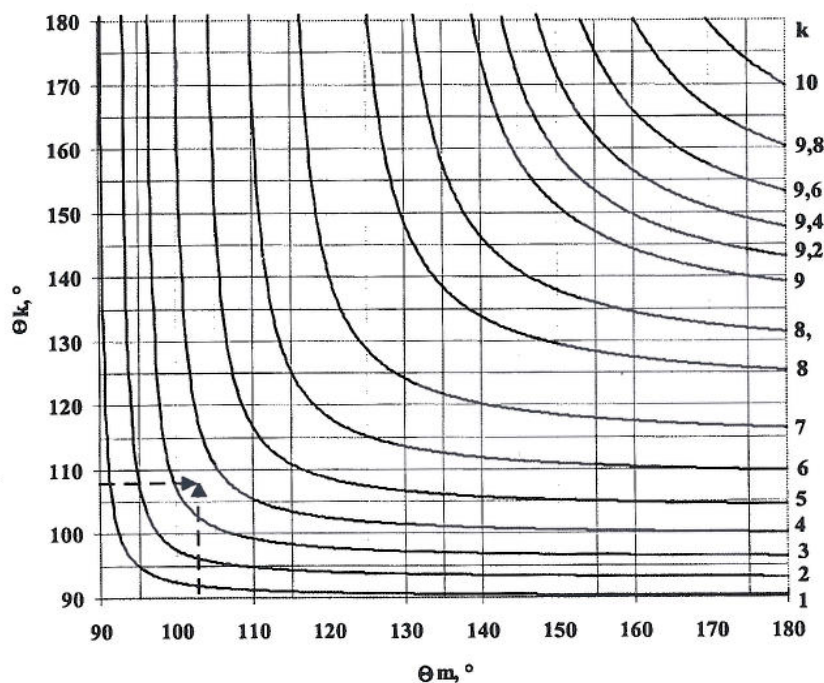


Figur 2.22. Geometriske verdier som brukes ved beregning av  $\Delta L_{ts}$ .

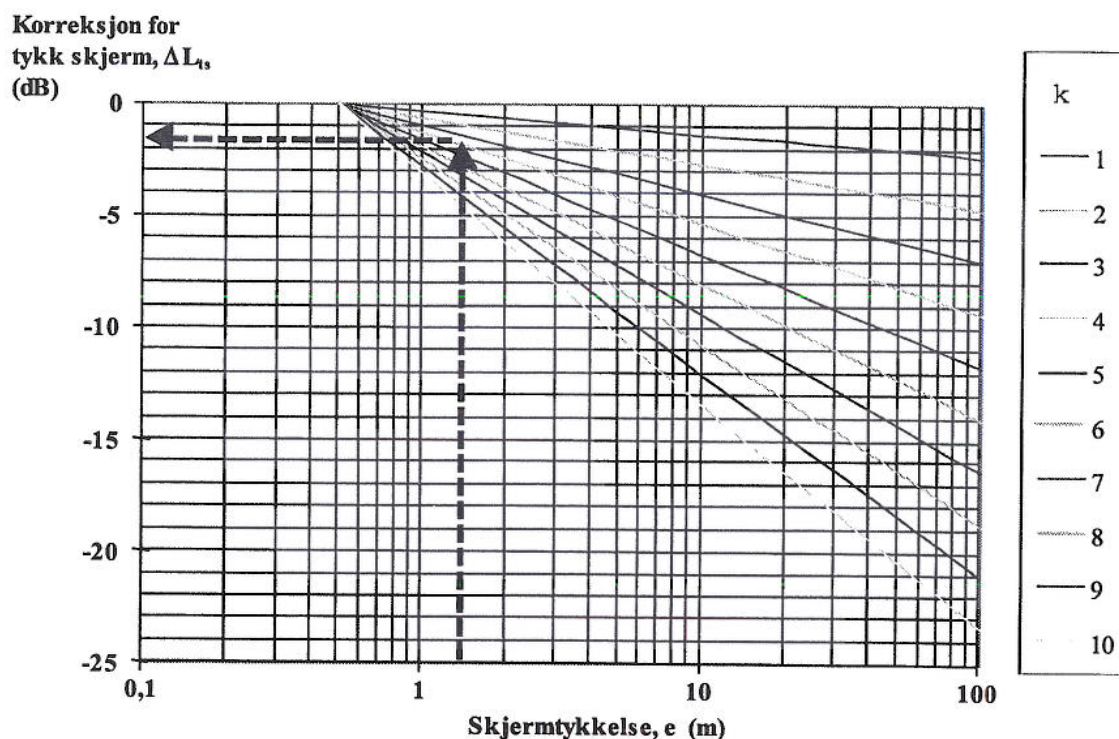
Finn korreksjonen for tykk skjerm,  $\Delta L_{ts}$ , enten ved bruk av likning (2.52) i del 2 i /1/, eller ved hjelp av figur 2.23 og 2.24, når vinklene  $\theta_k$  og  $\theta_m$ , og skjermtykkelsen,  $e$ , er bestemt:

- Parameteren  $k$  bestemmes først ved å finne kryssningspunktet mellom  $\theta_k$  og  $\theta_m$  i figur 2.23.
- $k$ -verdien brukes så til å velge korrekt  $k$ -linje i figur 2.24. Trekk en vertikal linje fra korrekt  $e$ -verdi til denne  $k$ -linjen, og les av korreksjonen for tykk skjerm,  $\Delta L_{ts}$ .

Eksempel: Pilene i figur 2.23 viser at en tykk skjerm med vinklene  $\theta_m = 102,5^\circ$  og  $\theta_k = 107,5^\circ$  gir  $k = 3,4$ . Fig.2.24 viser som eksempel at  $\Delta L_{ts} = -1,5$  dB når  $k = 3,4$  og skjermtykkelsen,  $e = 1,5$  m.



Figur 2.23. Bestemmelse av parameter  $k$ .



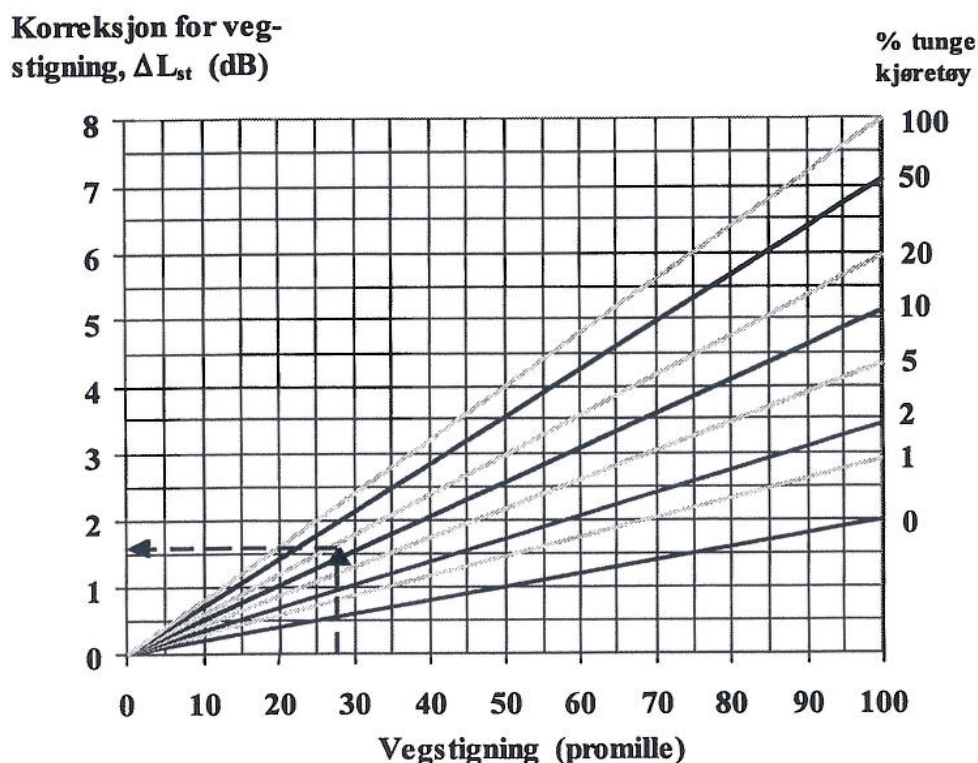
Figur 2.24. Korreksjon for tykk skjerm,  $\Delta L_{ts}$ .

### 2.5.6 Korreksjon for vegstigning, $\Delta L_{st}$

Lydavstrålingen fra trafikk på veg i stigning blir vanligvis høyere enn for veg på flat mark. Det forutsettes at stigningen har en lengde som påvirker motorbruk og fart. Korreksjon for vegstigningen påvirkes da av andel tunge kjøretøy (prosent) og vegstigningen (promille), og bestemmes enten ved bruk av likning (2.53) i del 2 i /1/, eller ved hjelp av figur 2.25:

- Gå inn på horisontalaksen med korrekt verdi for vegstigning, i promille.
- Flytt vertikalt oppover til kurve med korrekt prosentandel tunge kjøretøy.
- Flytt horisontalt mot venstre og les av korreksjon for vegstigning,  $\Delta L_{st}$ .





Figur 2.25. Korreksjon for vegstigning,  $\Delta L_{st}$ .

### 2.5.7 Korreksjon for kort avstand til veg, $\Delta L_{ka}$

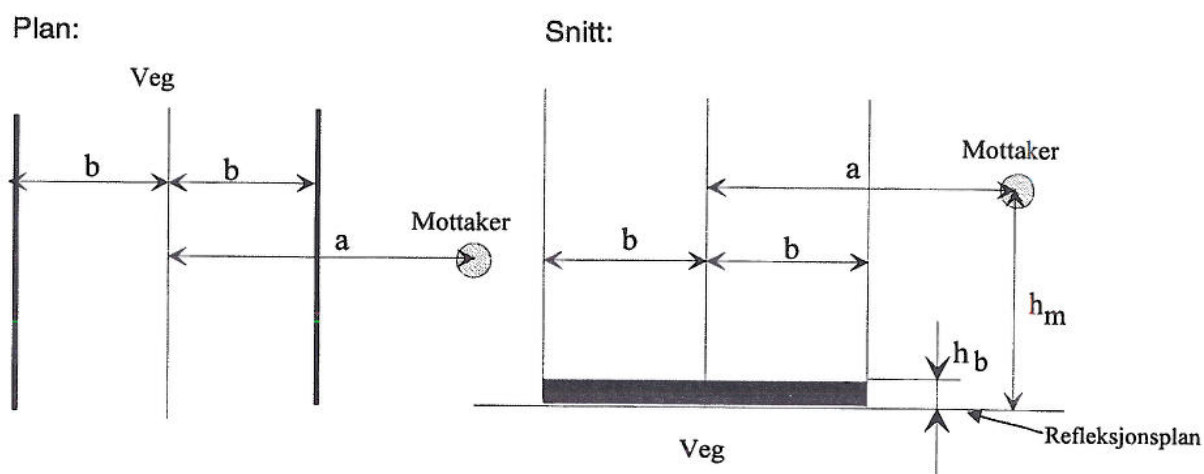
Korreksjonen brukes for mottakerpunkt nær veg, og er spesielt viktig for veger med mange kjørebaner. I slike tilfeller betyr de nærmeste kjørebanene mer for lydnivået enn de bortørste når trafikken er likt fordelt. Det "akustiske senteret" for vegen kan ikke forutsettes å ligge langs vegens senterlinje. Korreksjonen for kort avstand kompenserer for dette forholdet og er avhengig av de geometriske parametre som er vist i figur 2.26.

$h_m$  = mottakerhøyde over refleksjonsplan.

$h_b$  = vegbanens høyde over refleksjonsplan.

$a$  = den vinkelrette avstanden fra mottaker til vegens senterlinje.

$b$  = halve bredden av den delen av vegbanen som har trafikk.



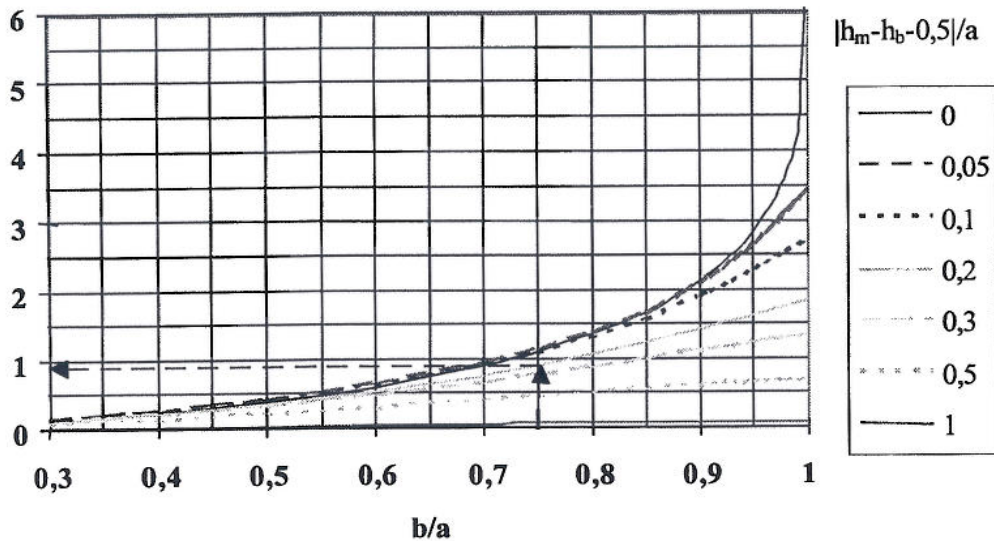
Figur 2.26. Parametre som brukes ved bestemmelse av  $\Delta L_{ka}$ .  
Plan og snitt vinkelrett på veg.

Korreksjonen for korte avstander finnes enten ved bruk av likning (2.54) i del 2 i /1/ eller ved hjelp av figur 2.27:

- Gå inn på horisontalaksen med korrekt verdi for forholdet  $b/a$ .
- Flytt vertikalt til korrekt verdi for forholdet  $|h_m - h_b - 0,5/a|$ .
- Flytt horisontalt til venstre akse og les av verdien for  $\Delta L_{ka}$ .

Eksempel:  $\Delta L_{ka} = 0,9$  dB når  $b/a = 0,75$  og  $|h_m - h_b - 0,5/a| = 0,2$ .

### Korreksjon for kort avstand, $\Delta L_{ka}$ (dB)



Figur 2.27. Korreksjon for kort avstand mellom veg og mottaker,  $\Delta L_{ka}$ .

### 2.5.8 Lydrefleksjon fra en vertikal flate, $\Delta L_r$

Korreksjonen omfatter lydbidrag som treffer mottakeren ved at lyden fra en veg reflekteres en gang av en totalt reflekterende vertikal flate med en gitt minimumsstørrelse (se nedenfor). Refleksjonsbidraget kommer i tillegg til direktelyd og markreflektert lyd som er beskrevet tidligere. En vertikal flate forutsettes å være totalt reflekterende (hard) når flatens gjennomsnittlige absorpsjonsfaktor er mindre enn 0,6 i relevant frekvensområde. Harde flater er bl.a. stein, betong, tegl, tre, metall, glass som f.eks bygningsfasader, bratte fjellskjæringer og støyskjermer. Flater med absorpsjonsfaktor større enn 0,6 regnes som absorberende og gir  $\Delta L_r = 0$  dB.

Refleksjonsbidraget forutsettes å komme fra den delstrekningen som "speiles" via den reflekterende flaten. Mottakerpunktet kan erstattes med et speilbilde som mottar lydbidraget "gjennom" den reflekterende flaten, som vist i figur 2.28. ("siktinkel" for speilkilde =  $\alpha_r$ )

For mottakerpunkt nær en vertikal flate blir korreksjonen tilnærmet  $\Delta L_r = 3$  dB. Denne verdien skal benyttes som grunnlag for beregning av støy nivå innendørs. Verdien gjelder når avstanden fra den vertikale flaten er større enn ca. 0,5 m, og når forholdene  $a/a_s$  og  $\alpha_r/\alpha$  er tilnærmet lik 1. De avstander og vinkler som brukes i beregningene er vist i figur 2.28.  $\alpha$  = siktinkelen for den vegstrekningen som bidrar til direktelyden i mottakerpunkt.



For mottakerpunkt på den vertikale flaten er  $\Delta L_r = 6$  dB. Mottakerpunkt på den vertikale flaten brukes mye i kontrollmålinger fordi punktet er så vel definert.

I beregningene forutsettes ellers at dersom den reflekterende flatens høyde er mindre enn 1,5 m, og dersom

$$l_0 \cos \theta > \sqrt{2d_r} \quad (2.6)$$

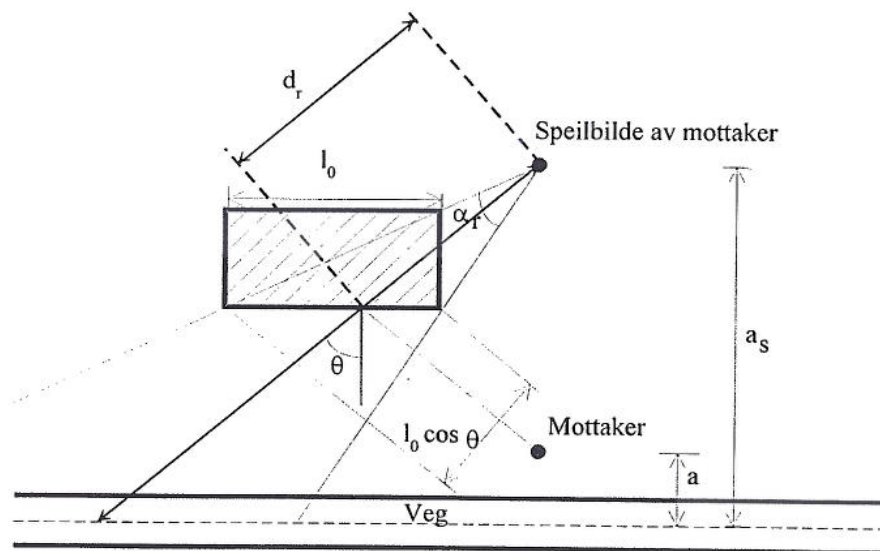
hvor (se figur 2.28)

$l_0$  = den reflekterende flates lengde.

$d_r$  = avstand for refleksjonsbidraget, målt fra mottakerpunktets speilbilde langs delingslinjen for siktvinkelen,  $\alpha$ .

$\theta$  = delingslinjens vinkel i forhold til retning vinkelrett på veg.

Parametrene som benyttes ved beregning av  $\Delta L_r$  vises i figuren. Avstandene  $a$  og  $a_s$  måles vinkelrett på vegens senterlinje (m).

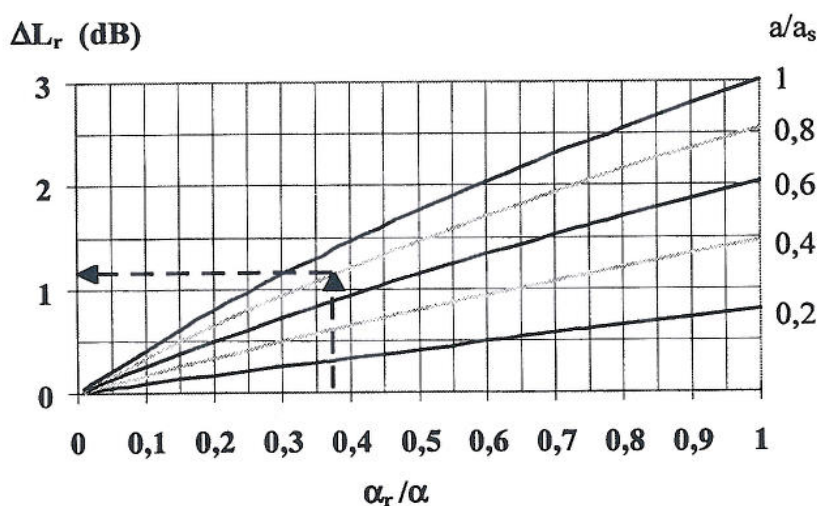


Figur 2.28. Generell geometri for lydrefleksjon fra en enkel reflekterende flate.

Korreksjonen for enkeltrefleksjon,  $\Delta L_r$ , bestemmes enten ved å bruke likning (2.57) i del 2 i /1/, eller ved hjelp av figur 2.29:

- Beregn forholdet  $\alpha_r/\alpha$  og gå inn på horisontalaksen.  $\alpha$  er siktinkel målt direkte fra mottakerpunkt til relevant delstrekning av veg, se avsnitt 2.5.4.
- Flytt vertikalt til korrekt verdi av  $a/a_s$
- Flytt horisontalt til venstre og les av korreksjonsverdien  $\Delta L_r$ .

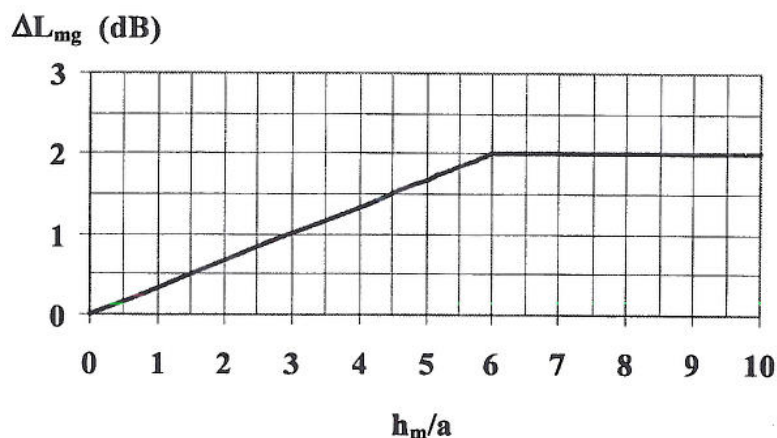
*Eksempel:* Når  $\alpha_r/\alpha = 0,375$  og  $a/a_s = 0,8$  blir  $\Delta L_r = 1,2$  dB.



Figur 2.29. Korreksjon,  $\Delta L_r$ , for en enkeltrefleksjon.

### 2.5.9 Korreksjon for multirefleksjoner langs gater med sammenhengende bebyggelse på begge sider, $\Delta L_{mg}$

Lyden som blir skapt av vegtrafikken kan reflekteres flere ganger fram og tilbake mellom bygningene i en gate med bebyggelse på begge sider. Erfaringer viser at det bare er nødvendig å ta med den første refleksjonen fra motsatt gateside,  $\Delta L_r$ , når mottakerpunktet ligger nær mark, mens multirefleksjoner må inkluderes når mottakerhøyden øker, som gitt av figur 2.30. De aktuelle parametrene er vist i avsnitt 2.5.7. Støynivået beregnes først ved å ta hensyn til  $\Delta L_2$ ,  $\Delta L_{ka}$ ,  $\Delta L_r$ , osv., i korrekt mottakerhøyde og avstand. Så bestemmes  $\Delta L_{mg}$  og legges til.



Figur 2.30. Korreksjon for multirefleksjoner i gater med bebyggelse på begge sider,  $\Delta L_{mg}$ .

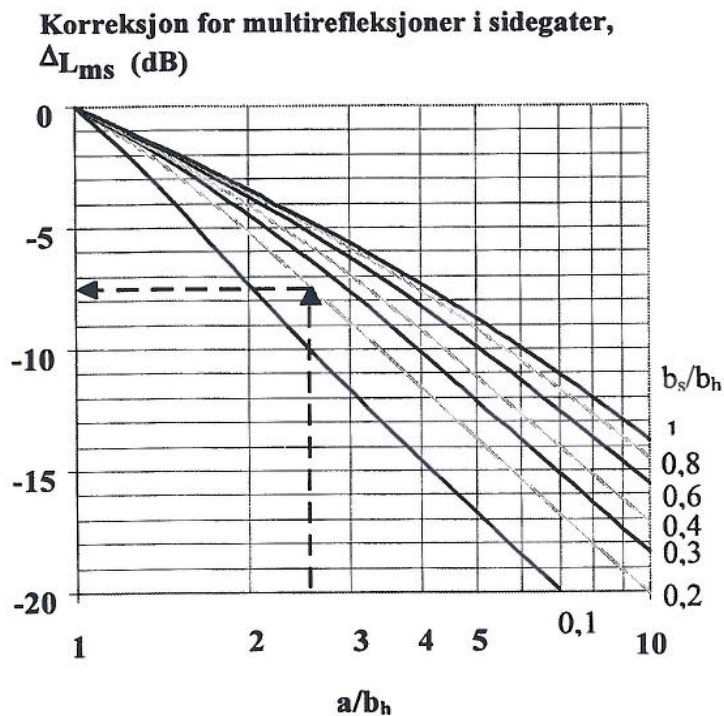
### 2.5.10 Korreksjon for multirefleksjoner i sidegater, $\Delta L_{ms}$

Lyd fra trafikken i en hovedgate forplanter seg innover i en sidegate. Det forutsettes at sidegater i hovedsak har sammenhengende bebyggelse på begge sider. For sidegater med spredt bebyggelse, eller bebyggelse bare på én side, utføres beregningene som tidligere beskrevet, med korreksjon for enkeltrefleksjon,  $\Delta L_r$ , etter behov. For sidegater med tosidig bebyggelse blir avstandsdempningen annerledes p.g.a. multirefleksjon mellom bygningsfasadene. Korreksjonen for multirefleksjoner i sidegater skal beregnes og brukes på følgende måte:

- Finn referansenivået (frittfeltnivå 10 m avstand fra senterlinje veg)  $L_{1ekv}$  for hovedgaten fra figur 2.3.
- Finn avstandsdempning,  $\Delta L_{2ekv}$ , for avstanden  $b_h$  (halve bredden mellom bygningene i hovedgaten).
- Finn avstandsdempningen inn i sidegaten,  $\Delta L_{ms}$ , fra figur 2.31.

Resulterende ekvivalent støynivå i sidegaten blir,  $L_{Aekv} = \Delta L_{1ekv} + \Delta L_{2ekv} + \Delta L_r + \Delta L_{ms}$  hvor  $\Delta L_r = 3$  dB dersom mottakerpunktet er nær en vertikal flate.





Figur 2.31. Korreksjon for multirefleksjon i sidegater,  $\Delta L_{ms}$

Ved beregning av korreksjonen  $\Delta L_{ms}$  brukes de geometriske parametrene:

- $b_s$  = halvparten av avstanden mellom bygningene i sidegaten.
- $b_h$  = halvparten av avstanden mellom bygningene i hovedgaten.
- $a$  = avstanden fra hovedgatens senterlinje til mottakerpunktet i sidegaten.

$\Delta L_{ms}$  finnes enten fra likning (2.6.1.) i del 2 i /1/, eller ved å bruke figur 2.31:

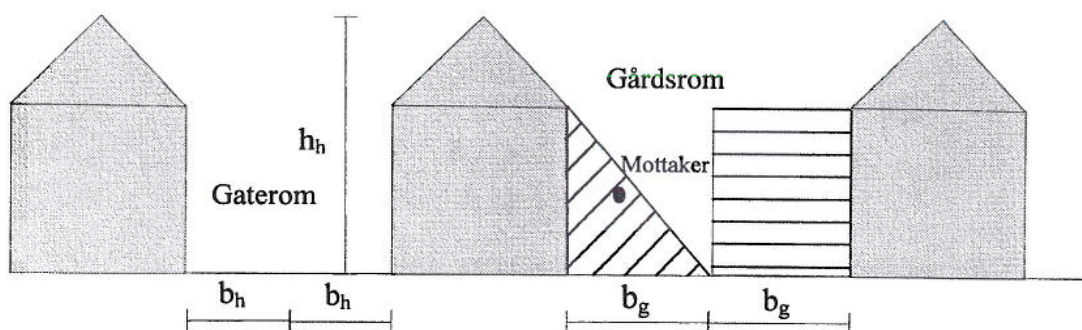
- Gå inn på horisontalaksen med korrekt verdi for forholdet  $a/b_h$ .
- Flytt vertikalt opp til kurve med korrekt verdi for forholdet  $b_s/b_h$ .
- Flytt horisontalt til venstre og les av verdien for  $\Delta L_{ms}$ .

Eksempel: Når  $a/b_h = 2,5$  og  $b_s/b_h = 0,2$  blir  $\Delta L_{ms} = -7,5$  dB.

### 2.5.11 Korreksjon for multirefleksjoner i et lukket gårdsrom, $\Delta L_g$

Lyden fra trafikken i en bygate forplanter seg til lukkede gårdsrom på baksiden av de bygningene som ligger langs gaten. Lydoverføringen vil i sterk grad påvirkes av skjermings- og refleksjonseffekter gitt av bygningsgeometri. Normalt vil bare en liten del av lydenergien som skapes i gaten, forplante seg til gårdsrommet. Et gitt gårdsrom kan ha bidrag fra flere gater. Bidragene beregnes i så fall enkeltvis, og summeres til slutt. Gårdsrommet forutsettes å være lukket uten åpne porter.

Først bestemmes lydnivået 2 m over mark ved bygningsfasade ut mot den trafikkerte gaten. Verdien skal være frittfeltsnivå, med  $\Delta L_r = 0$  dB.



Figur 2.32 Gårdsrom geometri. Figur 2.33 gjelder for det triangulære, skraverte området, og figur 2.34 for det rektangulære skraverte området. Disse områdene tilsvarer "framre" og "bakre" halvdel av et lukket gårdsrom.

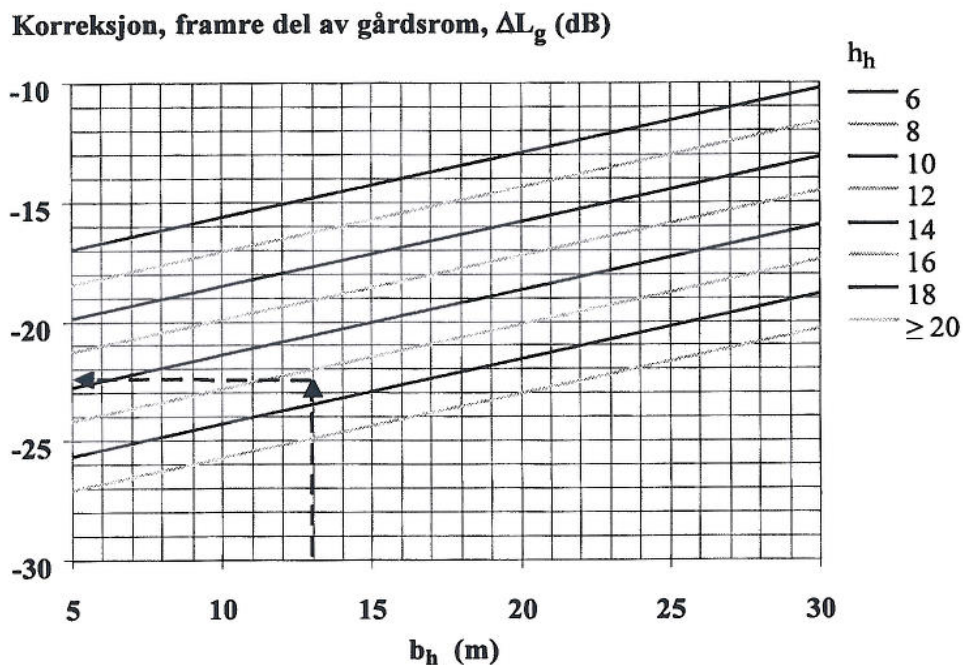
Følgende parametre som er vist i figur 2.32, brukes ved beregning av  $\Delta L_g$ :

- $h_h$  = høyde på bygning mellom gate og gårdsrom.
- $b_h$  = avstand fra gatens senterlinje til bygningsfasade.

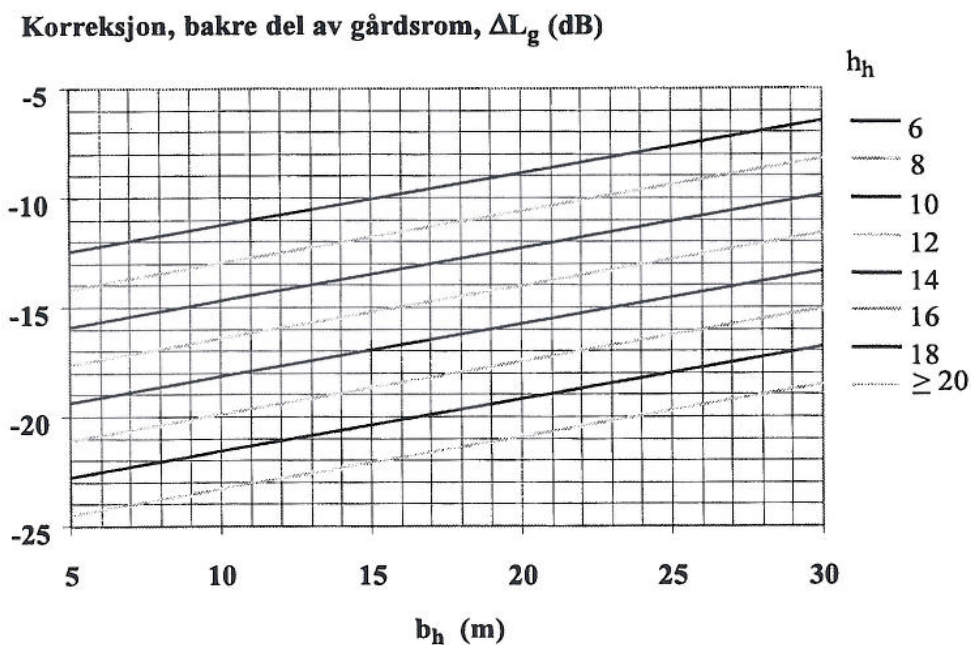
For å beregne  $\Delta L_g$  benyttes likning (2.63) i del 2 i /1/ for gårdsromhalvdelen nærmest gaten, og likning (2.64) del 2 i /1/ for "bakre" del av gårdsrommet. Alternativt brukes respektivt figur 2.33 og 2.34:

- Gå inn med korrekt  $b_h$  verdi på horisontalaksen.
- Flytt vertikalt til korrekt verdi for  $h_h$ .
- Flytt horisontalt til venstre, og les av verdi for  $\Delta L_g$ .

Eksempel: Pilene i figur 2.33 viser at  $\Delta L_g = 22,3$  dB når  $b_h = 13$  m og  $h_h = 17$  m.



Figur 2.33 Korreksjon  $\Delta L_g$  for multirefleksjoner i "framre" del av et lukket gårdsrom.



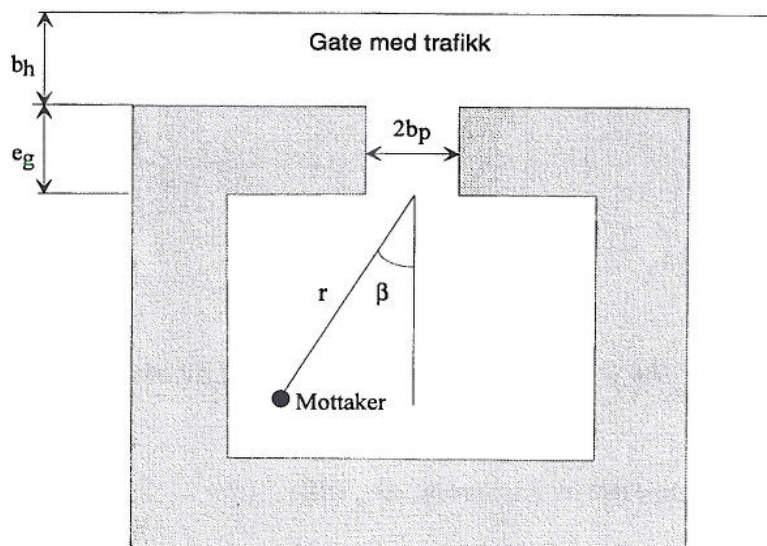
Figur 2.34 Korreksjon  $\Delta L_g$  for multirefleksjoner i "bakre" del av et lukket gårdsrom.



Mange gårdsrom har åpninger ut mot trafikkert gate. I så fall forutsettes lydnivået i gårdsrommet å være dominert av bidraget gjennom åpningen, og  $\Delta L_g$  består av tre ulike korreksjonsledd:

$$\Delta L_g = \Delta L_{pB0} + \Delta L_{pB1} + \Delta L_{pB2} \quad (2.7)$$

$\Delta L_{pB0}$  angir lydnivåkorreksjon gjennom åpningen, fra den trafikkerte gaten.  $\Delta L_{pB1}$  er en avstandskorreksjon fra åpningen og innover i gårdsrommet, og  $\Delta L_{pB2}$  er en vinkelkorreksjon for beregningspunktets plassering i forhold til åpningen.



Figur 2.35 Geometriske forhold som bestemmer korreksjonen  $\Delta L_g$  i gårdsrom med åpning mot trafikkert gate.

Geometriske parametre som brukes i beregningen er:

$e_g$  = åpningens dybde (m).

$b_p$  = halve åpningens bredde (m).

$r$  = avstand fra midtpunkt i "innvendig åpning" til mottakerpunkt (m).

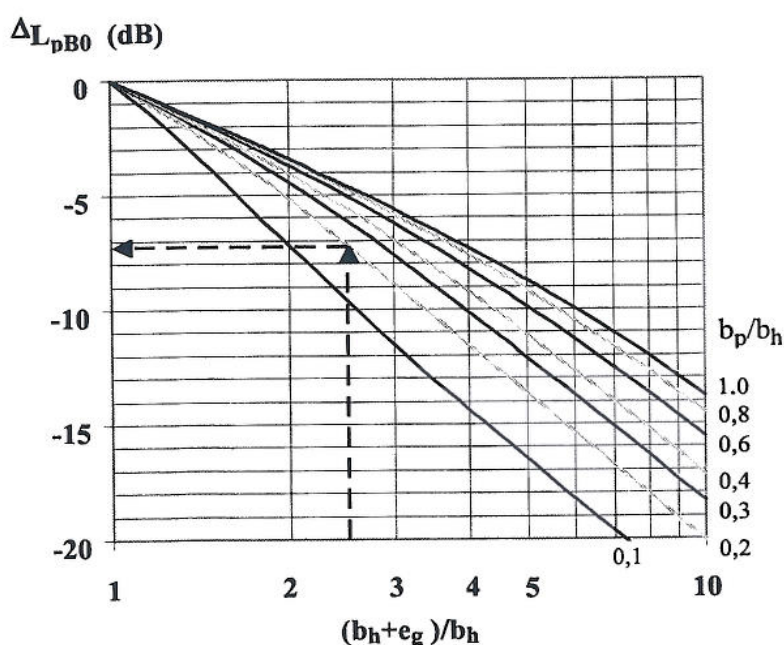
$S_p$  = Areal av "innvendig åpning" (åpning sett fra gårdsrom) ( $m^2$ ).

$\beta$  = vinkel mellom åpningens midt-akse og linjen fra midten av "innvendig åpning" til mottakerpunkt (grader).

$\Delta L_{pB0}$  beregnes på tilsvarende måte som korreksjonen for sidegater. For en åpning "uten tak" brukes likning (2.66) i del 2 i /1/ eller figur 2.36:

- Gå inn på horisontalaksen med korrekt verdi for  $(b_h + e_g)/b_h$ .
- Flytt vertikalt opp til kurve med korrekt verdi for  $b_p/b_h$ .
- Flytt horisontalt til venstre og les av  $\Delta L_{pB0}$ .

Eksempel: Figur 2.36 viser at  $\Delta L_{pB0} = -7,2$  dB når  $(b_h + e_g)/b_h = 2,5$  og  $b_p/b_h = 0,2$ .



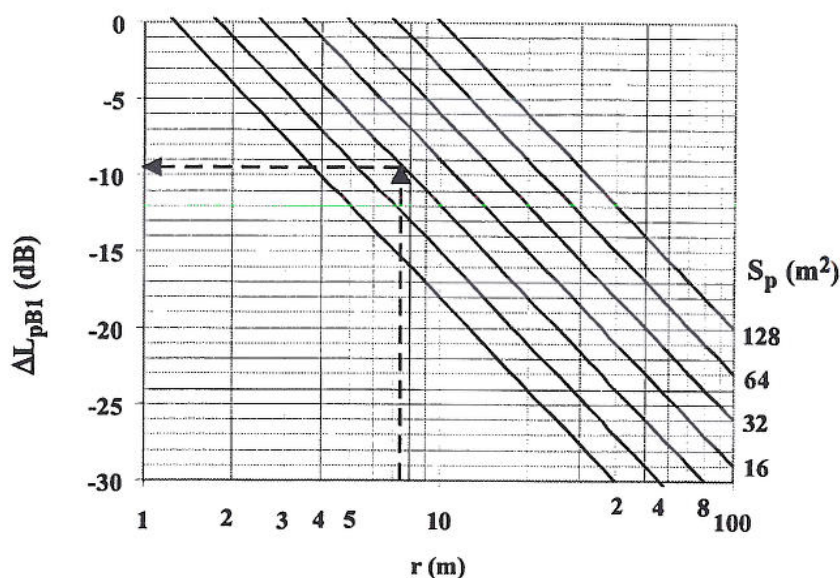
Figur 2.36 Korreksjonen  $\Delta L_{pB0}$  når åpning mellom gate og gårdsrom ikke har tak.

Dersom åpningen mellom gate og gårdsrom har tak, bruk likning (2.67) i del 2 i /1/ eller figur 2.36 og legg til +1,5 dB.

For å beregne  $\Delta L_{pB1}$  brukes enten likning (2.68) i del 2 i /1/ eller figur 2.37:

- Gå inn på horisontalaksen med korrekt verdi for  $r$  (m).
- Flytt vertikalt opp til linje med korrekt verdi for  $S_p$  ( $m^2$ ).
- Flytt horisontalt til venstre og les av verdien for  $\Delta L_{pB1}$  (dB).

Eksempel: Figur 2.37 viser at  $\Delta L_{pB1} = -9,5$  dB når  $r = 7,5$  m og  $S = 8$  m<sup>2</sup>.

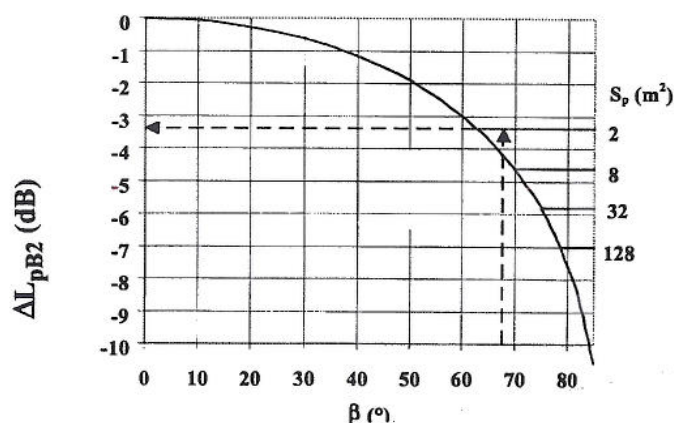


Figur 2.37 Korreksjon  $\Delta L_{pB1}$  for mottakerpunktets avstand fra åpning.

Finn  $\Delta L_{pB2}$  enten fra likning (2.69) i del 2 i /1/ eller ved å bruke figur 2.38:

- Gå inn på horisontalaksen med korrekt verdi for  $\beta$  (°).
- Flytt vertikalt enten til kurve, eller til horisontal linje med korrekt verdi for  $S_p$  (m<sup>2</sup>) avhengig av hva som gir høyeste verdi.
- Flytt horisontalt og les av verdien for  $\Delta L_{pB2}$  (dB).

Eksempel: Figur 2.38 viser at  $\Delta L_{pB2} = -3,3$  dB når  $\beta = 68^\circ$  og  $S_p = 2$  m<sup>2</sup>.



Figur 2.38 Korreksjon  $\Delta L_{pB2}$  for mottakerpunktets retning i forhold til fasadeåpningens akse.



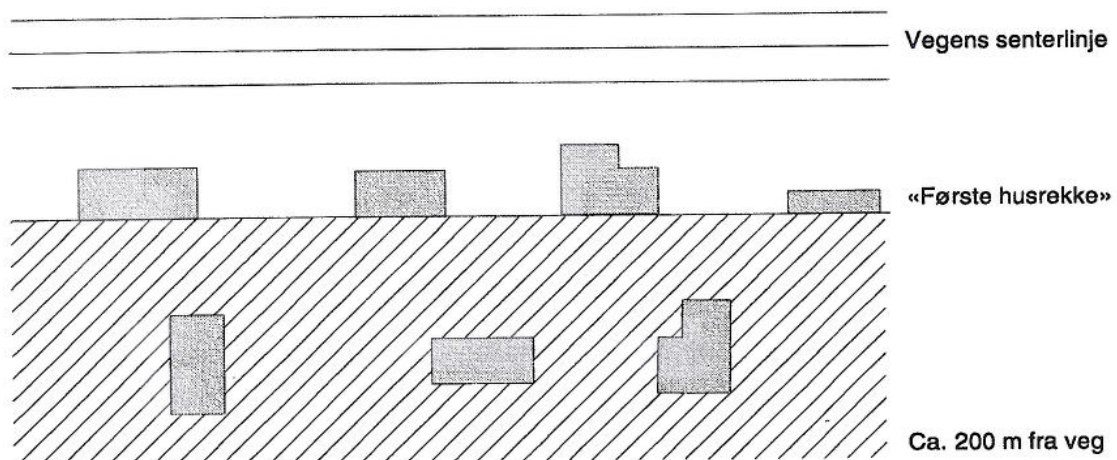
### 2.5.12 Skjerming og lydspredning mellom frittstående bygninger, $\Delta L_b$

Med bakgrunn i en del feltmålinger er det mulig å anslå effekten av skjerming og lydspredning ved beregning av  $L_{Aekv}$  bak første husrekke i spredt bebyggelse, og ut til en avstand på ca. 200 m fra vegens senterlinje (skravert område i figur 2.39). Det forutsettes spredt eneboligbebyggelse med bygningsgrunnflate ca. 100 m<sup>2</sup> som dekker 10-20% av grunnarealet. Korreksjonsverdien  $\Delta L_b$  bør betraktes som gjennomsnitt for et større areal og ikke som en nøyaktig beskrivelse av dempningseffekten i enkeltpunkt.

Innenfor det angitte området er korreksjonen  $\Delta L_b$  avstands-uavhengig, gjelder for høyder 1,5 - 2 m over myk mark og for situasjoner der bare bygningene gir skjermeffekt.

$$\Delta L_b = -3 \text{ dB} \quad (2.8)$$

Nøyaktigere beregninger i enkeltpunkt kan eventuelt gjøres på vanlig måte, og ved å ta hensyn til lokale skjerm- og refleksjonsforhold.



Figur 2.39 Korreksjonen  $\Delta L_b$  er gyldig som gjennomsnitt for store arealer innenfor det skraverete området ut til avstand ca. 200 m fra vegens senterlinje.

## 2.6 Trinn 5 - Korreksjon for lydisolasjon i bygningsfasade, $\Delta L_{5ekv} = \Delta L_F$

Norges byggforskningsinstituttets håndbok 47 "Isolering mot utendørs støy" gir anvisninger for beregning av innendørs støynivå når utenivået er kjent. Korreksjon for lydisolasjon i bygningsfasade,  $\Delta L_F$ , kan også beregnes ved hjelp av denne håndboken.

Ved beregning av innendørs lydnivå i ett gitt rom, må først lydnivået utenfor rommets støyutsatte fasade bestemmes. Relevant utenivå er "frittfelt"-verdien i høyde som tilsvarer midten av rommets fasade, med et tillegg = +3 dB for fasadekorreksjon. Se ISO/DIS 140-5, /2/.

Eventuell bruk av en sikkerhetsmargin kommer i tillegg. Den negative korreksjonen  $\Delta L_F$  beregnes og legges til dette utenivået, for dermed å gi fasadens bidrag til innenivået. Dersom rommet har flere enn en støyutsatt fasade, må bidragene gjennom hver fasade beregnes og summeres.

### 2.6.1 Generelt

Trafikkstøy utendørs vil i en viss grad bli overført til rom innendørs i bygninger. Korreksjonen  $\Delta L_F$  som er forskjellen mellom gjennomsnittlig lydnivået i et rom og "frittfelt" lydtrykknivå utendørs, er avhengig av følgende parametre:

$R'_{A,tr}$  = Feltverdien av trafikkstøyreduksjonstallet, dB.

$S$  = rommets veggareal mot støyutsatt fasade,  $m^2$ .

$A$  = ekvivalent lydabsorpsjonsareal i rommet,  $m^2$ .

$R'_{A,tr}$  skal i utgangspunktet bestemmes ved målinger i felten. Det kan ofte være problematisk, og da er det mest vanlig å bestemme verdien med utgangspunkt i laboratoriemålinger og en eventuell sikkerhetsmargin på inntil 3 dB, dvs

$$R'_{A,tr} = R_{A,tr} - 3 \quad (2.9)$$

der  $R_{A,tr} = R_w + C_{tr}$  = Laboratieverdien av trafikkstøyreduksjonstallet, dB.

Det generelle reduksjonstallet,  $R_w$ , og omgjøringsstallet,  $C_{tr}$ , beregnes fra standardiserte målinger i laboratorium, se /2,3/.  $C_{tr}$  og dermed  $R_{A,tr}$  er avhengig av støyens spektralfordeling. For vegtrafikk forutsettes i første omgang en spektralfordeling i frekvensområdet 100-3150 Hz som er representativ for hastighet 50 km/t, en blanding av lette og tunge kjøretøy og direkte sikt fra mottakerpunkt til vegbane (uskjernet situasjon). I slike tilfeller benyttes betegnelsen  $\Delta L_{F,50km/t}$  for lydisolasjonskorreksjonen,  $\Delta L_F$ .

Det ekvivalente lydabsorpsjonsareal i mottakerrommet,  $A$ , kan i mange praktiske tilfeller beregnes ved hjelp av uttrykket

$$A = 0,32 V \quad (2.10)$$

der  $V$  = romvolumet målt i  $m^3$ , og etterklangstiden forutsettes = 0,5 sekund.



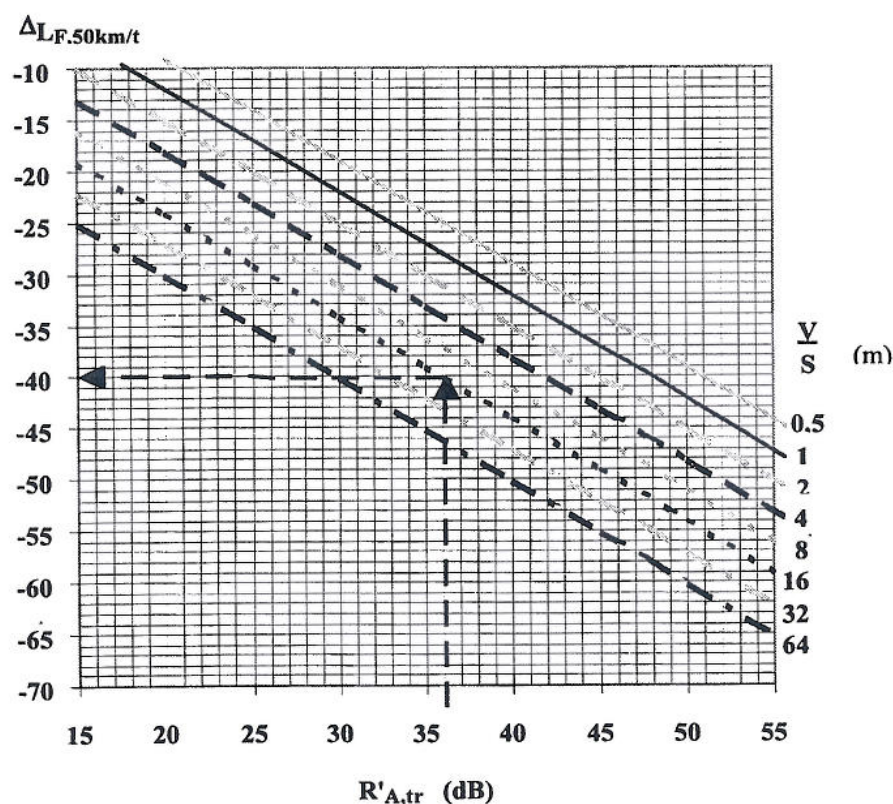
## 2.6.2 Tilfeller med all lydforplantning gjennom ett fasade-element

I noen tilfeller domineres lydoverføringen utenfra og inn i et rom av lydgjennomgangen i ett fasade-element. I bygninger med betong- eller teglstensvegger vil lydnivået innedørs, med lukkede ventiler, vanligvis bestemmes av vinduet alene. Trafikktøy-reduksjonstallet  $R'_{A,tr}$ , eller underlag for å beregne dette, dokumenteres gjerne av vindusleverandøren. I slike tilfeller er  $S$  = vindusarealet (evt. summen av arealet for flere, like vinduer på en fasade). I andre tilfeller er kanskje trafikktøy-reduksjonstallet,  $R'_{A,tr}$  målt for hele fasaden med vegg, vinduer og ventilasjonsåpninger, og  $S$  er da arealet på hele fasaden.

For å beregne verdien av fasadens lydisolasjon,  $\Delta L_F$  brukes figur 2.39:

- Gå inn på horisontalaksen med korrekt verdi for  $R'_{A,tr}$  (dB).
- Flytt vertikalt til korrekt verdi for parameteren  $V/S$  på skrålinjene, der  $V$  er romvolumet målt i  $m^3$  og  $S$  er areal av støyekspontert fasade for det aktuelle rommet målt i  $m^2$ .
- Flytt horisontalt til venstre akse og les av verdien for  $\Delta L_{F, 50 \text{ km/t}}$ .

*Eksempel:* Figur 2.33 viser at  $\Delta L_F = -40 \text{ dB}$  når  $R'_{A,tr} = 36 \text{ dB}$  og  $V/S = 16$ .



Figur 2.39 Bestemmelse av lydisolasjon i bygningsfasade,  $\Delta L_F$ , 50 km/t

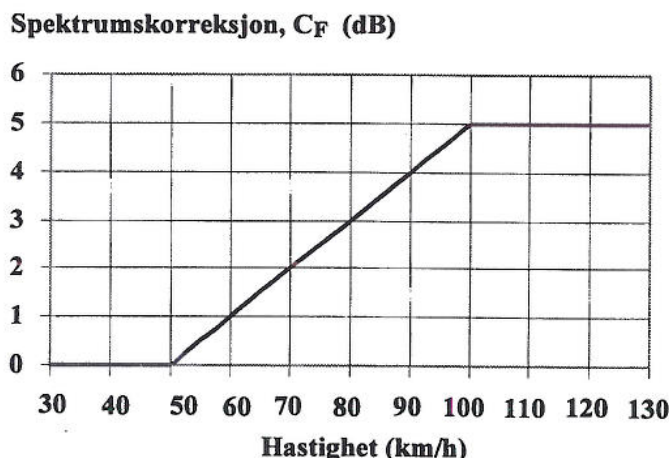


Med bakgrunn i de standardbetingelsene som er spesifisert i forrige avsnitt, gjelder lydisolasjonsverdien i figur 2.39 for 50 km/t. Ved høyere hastighet kan frekvensspekteret for utendørs støy bli vesentlig mer høyfrekvent, og lydisolasjonsverdien høyere, siden den gjelder for A-veid nivå. I ekstreme tilfeller kan  $\Delta L_F$  øke med ca. 5 dB. Tilsvarende, kan skjermene *redu*sere verdien av  $\Delta L_F$ , fordi frekvensspekteret blir mer lavfrekvent.

En tar hensyn til disse forholdene ved å benytte omgjøringsstallet,  $C_{tr}$ , som her består av de to faktorer  $C_F$  og  $C_S$ .  $C_F$  gjelder som spektrumskorreksjon for kjørefart.  $C_S$  er spektrumskorreksjon for skjermeffekt i beregnet utendørs støynivå. Den endelige korreksjonen for lydforplantning gjennom et enkelt fasade-element blir således:

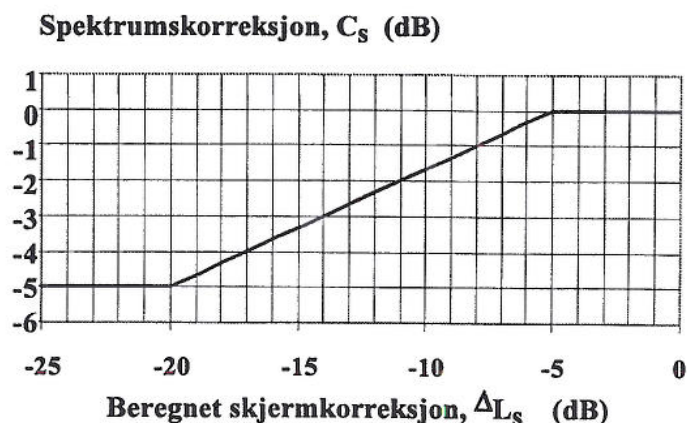
$$\Delta L_F = \Delta L_{F, 50 \text{ km/t}} - C_F - C_S \quad (2.11)$$

For å bestemme  $C_F$ , hastighetens innvirkning på omgjøringsstallet, brukes figur 2.40.



Figur 2.40  $C_F$ , hastighetens innvirkning på spektrumskorreksjon (omgjøringsstallet).

For å bestemme  $C_S$ , skjermens innvirkning på omgjøringsstallet, brukes figur 2.41.



Figur 2.41  $C_S$ , skjermkorreksjonens innvirkning på spektrumskorreksjon (omgjøringsstallet).

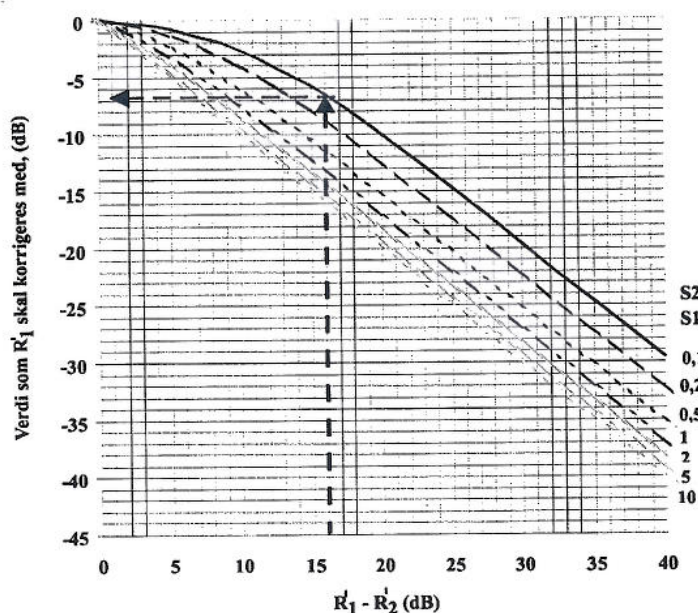
### 2.6.3 Lydforplantning gjennom flere fasade-elementer til ett rom

For trebygninger, bygninger med ventilasjonsåpninger i bruk, e.l., er det nødvendig å ta hensyn til flere lydoverføringsveger. Trafikkestøy-reduksjonstallet  $R'_{A,tr}$  (evt.  $R_{A,tr}$  som omregnes til  $R'_{A,tr}$ ) må framskaffes for hvert av de ulike fasade-elementene.

For å beregne det samlede trafikkestøy-reduksjonstallet for to fasade-elementer med trafikkestøy-reduksjonstall henholdsvis  $R'_1$  og  $R'_2$ , brukes figur 2.42:

- Gå inn på horisontalaksen med korrekt verdi for differansen  $R'_1 - R'_2$  (dB).  $R'_1$  er den høyeste av de to.
- Flytt vertikal til kurve med korrekt verdi for forholdet  $S_2/S_1$ , der  $S_1$  og  $S_2$  er de respektive arealene for elementene med trafikkestøy-reduksjonstall  $R'_1$  and  $R'_2$ .
- Flytt horisontalt til venstre og les av verdien som  $R'_1$  korrigeres med for å gi det samlede trafikkestøy-reduksjonstall  $R'_{A,tr}$  av de to bygningselementene med totalareal  $S = S_1 + S_2$ .
- Bruk de beregnede verdiene for  $R'_{A,tr}$  og  $S$  i figur 2.39 for å finne korreksjon for lydisolasjon i bygningsfasade,  $\Delta L_F$ , 50 km/t.
- Korriger eventuelt for innvirkning av hastighet og skjerm, ved hjelp av figur 2.40 og 2.41.

**Eksempel:** Figur 2.42 gjelder for en fasade som består av en veggflate med  $R'_1 = 52$  dB, areal  $S_1 = 12$  m<sup>2</sup>, og et vindu med  $R'_2 = 36$  dB, areal  $S_2 = 1,2$  m<sup>2</sup>. Verdien som skal trekkes fra  $R'_1$  for å gi  $R'_{A,tr}$  blir 6,6 dB og totalarealet blir  $S = 13,2$  m<sup>2</sup>.



Figur 2.42. Bestemmelse av korreksjon for å finne samlet trafikkestøy-reduksjonstall for to forskjellige fasadeelementer.



Dersom en gitt fasade består av mer enn tre elementer utføres beregningene først for to av disse. Resultatet behandles videre som et enkeltlement som kan kombineres med et tredje element, osv.

Alle lydreduksjonstall defineres i forhold til et referanseareal på 10 m<sup>2</sup>. Normalt rapporteres nå ventilverdiene i henhold til ISO 140-10, og med referanseareal 10 m<sup>2</sup>. Ved bruk av figur 2.42 i forbindelse med *ventiler* settes "reelt" areal,  $S$ , lik 10 m<sup>2</sup> og ikke lik ventilens åpningsareal. Eldre måleresultater refereres til 1 m<sup>2</sup> og må korrigeres til 10 m<sup>2</sup>.

Lydreduksjonsdata for vinduer, vegger, ventiler o.l. kan hentes fra leverandørene og fra referansene 27-31 i del 2 i /1/.

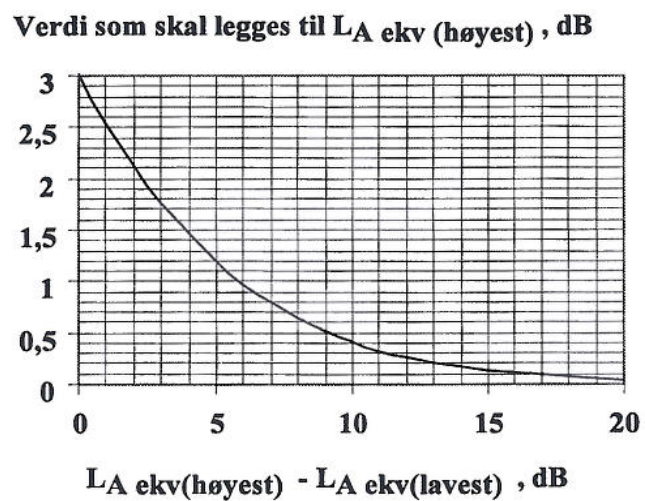
## 2.7 Summering av støybidrag fra flere delstrekninger

Når beregningene omfatter flere delstrekninger, må de ulike delbidragene summeres i mottakerpunktet. Ved beregning av innenivå i en bygning vil det ofte være nødvendig å se på ulike delstrekningsskombinasjoner for hver fasade. Dette gjøres enten ved å bruk likning (2.83) i del 2 i /1/ eller ved å bruke figur 2.43.

- Velg lydbidraget fra to delstrekninger.
- Gå inn i figur 2.43 med korrekt verdi for differansen mellom disse bidragene (dB).
- Flytt vertikalt til kurven.
- Flytt horisontalt til venstre og les av verdien på vertikalaksen.
- Legg denne verdien til  $L_{Aekv(høyest)}$ , det høyeste av de to opprinnelige lydbidragene.

Dersom mer enn to delstrekninger bidrar til støynivået i mottakerpunktet, benyttes sumbidraget fra de to første som en ny enkeltverdi, sammen med bidraget fra en tredje delstrekning, og beregningen gjentas.





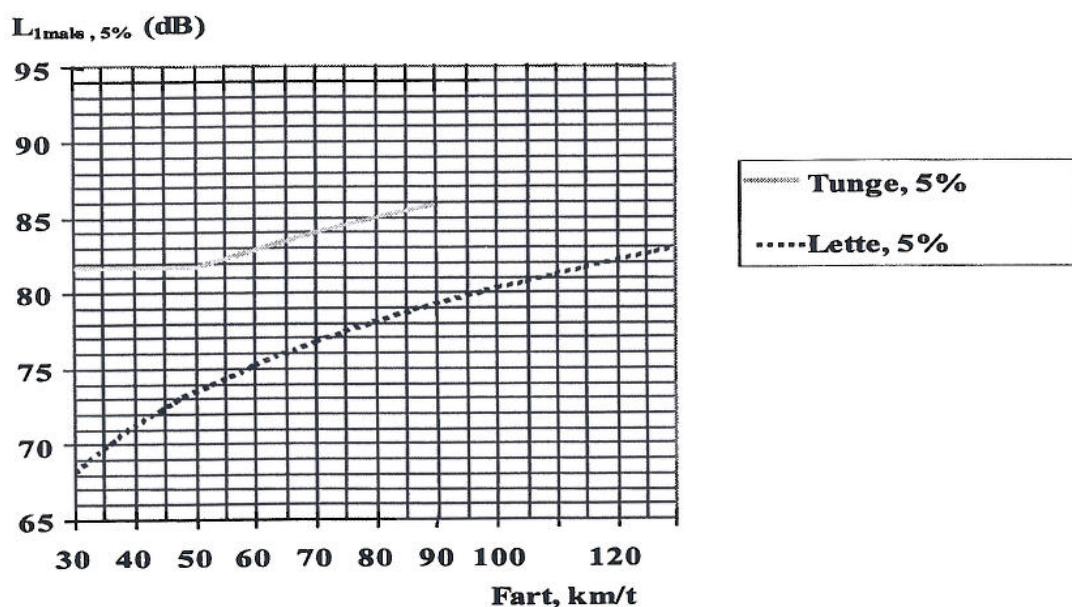
Figur 2.43 Summering av støybidrag fra to delstrekninger.



### 3. BEREGNING AV MAKSIMALT LYDNIVÅ, $L_{AFmaks}$

#### 3.1 Trinn 1 - Referansenivået, $L_{1maks}$

Referansenivået gjelder for en avstand 10 m fra senterlinjen, og med tidsveiling FAST. Det bestemmes med utgangspunkt i virkelig kjørefart og type kjøretøy (lette eller tunge). Dersom ikke annet er spesifisert, brukes nivået som overstiges av 5% av kjøretøyene. Denne verdien er gitt av likning (2.31) eller (2.32) i del 2 i /1/, eller figur 3.1.

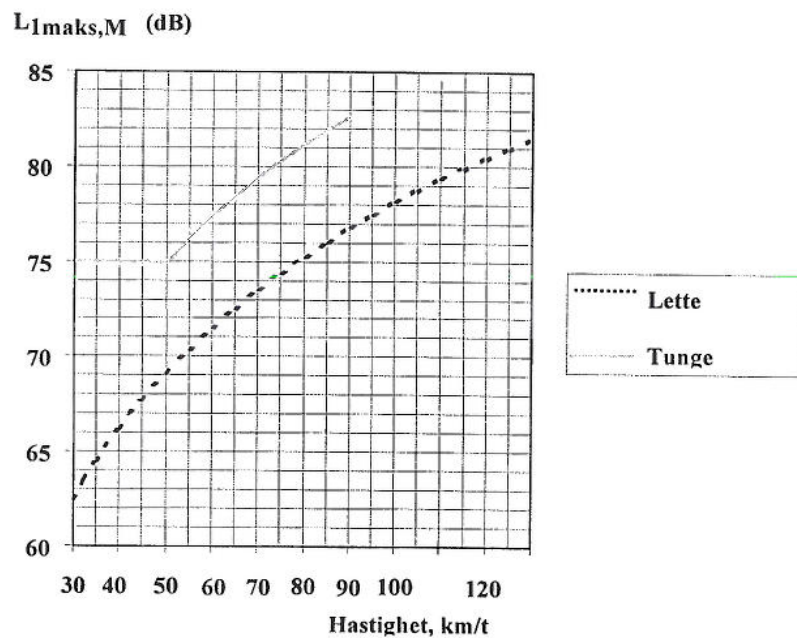


Figur 3.1 Referansenivå  $L_{1maks, 5\%}$ . A-veid maksimalt lydnivå med tidsveiling FAST, 10 m avstand. Maksimalt lydnivå som overskrides av 5% av kjøretøyene.

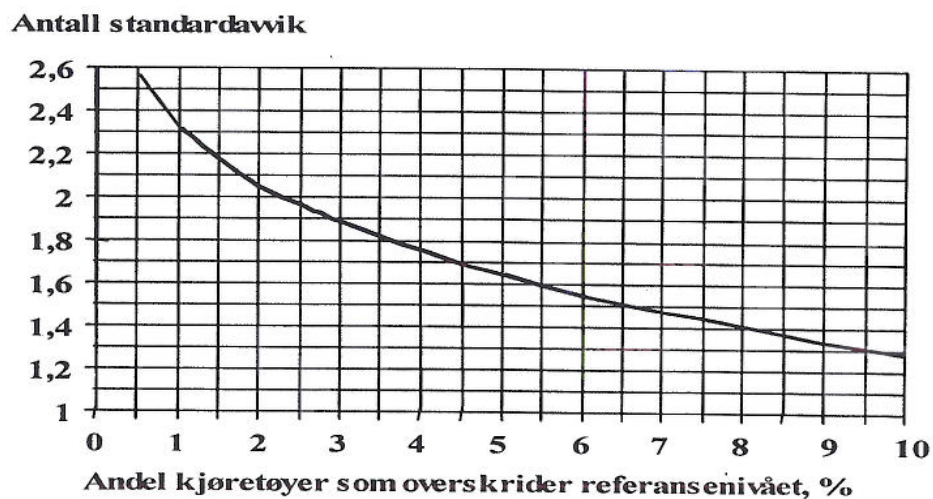
Dersom det er aktuelt å bruke andre statistiske verdier (for eksempel, maksimalt støynivå som overskrides av 10% av kjøretøyene) benyttes likning (2.27) eller (2.28) i del 2 i /1/, eller figurene 3.2 - 3.4 på følgende måte for å finne relevant referansenivå:

Med utgangspunkt i virkelig kjørefart kan en av figur 3.2 bestemme midlere maksimalnivå i 10 meters avstand (midlere referansenivå) for henholdsvis tunge og lette kjøretøy. Av figur 3.3 kan avstanden fra midlere referansenivå (uttrykt i antall standardavvik fra midlere referansenivå) bestemmes som funksjon av antall kjøretøyer som skal overskride referansenivået. Verdien for standardavviket er avhengig av kjøretøytype og kjørefart, og finnes i figur 3.4. Standardavviket multipliseres med antall standardavvik. Resultatet summeres med energimiddelnivået og gir referansenivået.

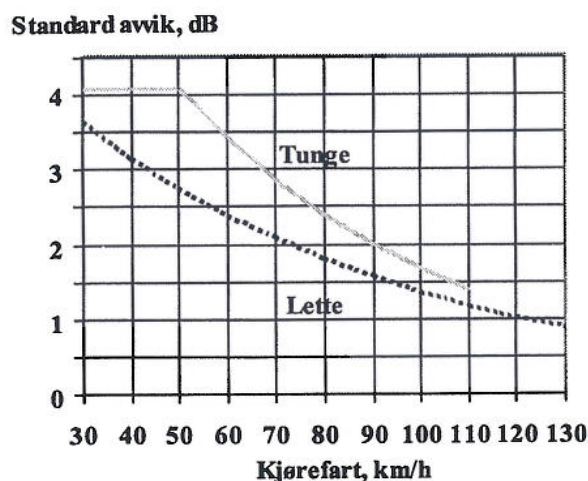




Figur 3.2 Referansenivå,  $L_{1maks,M}$ . Midlere maksimalt A-veid lydnivå med tidsveiling FAST. 10 m avstand.



Figur 3.3 Forholdet mellom valgt statistisk prosentverdi og antall standardavvik, forutsatt normalfordeling av støynivå omkring aritmetisk middelværdi.



Figur 3.4 Standard avvik for maksimalt støynivå, 10 m avstand, som funksjon av hastighet for lette og tunge kjøretøy.

Eksempel: Det er ønske om å bestemme maksimalverdien som overstiges av 10% tunge kjøretøy ved kjørefart 80 km/t. Energimiddelverdien bestemmes først ved hjelp av figur 3.2 til 81 dBA. Figur 3.3 gir antall standardavvik = 1,3, og figur 3.4 en verdi for standardavviket = 2,4 dB. Referanseverdien som overstiges i 10% av tilfellene, blir da  $L_{1maks, 10\%} = 81 + 1,3 \cdot 2,4 = 84$  dBA. Til sammenligning blir 5% verdien, bestemt av 3.1,  $L_{1maks, 5\%} = 85$  dBA.

### 3.2 Trinn 2 - Avstandskorreksjon, $\Delta L_{2maks}$

Følgende inngangsverdier benyttes:

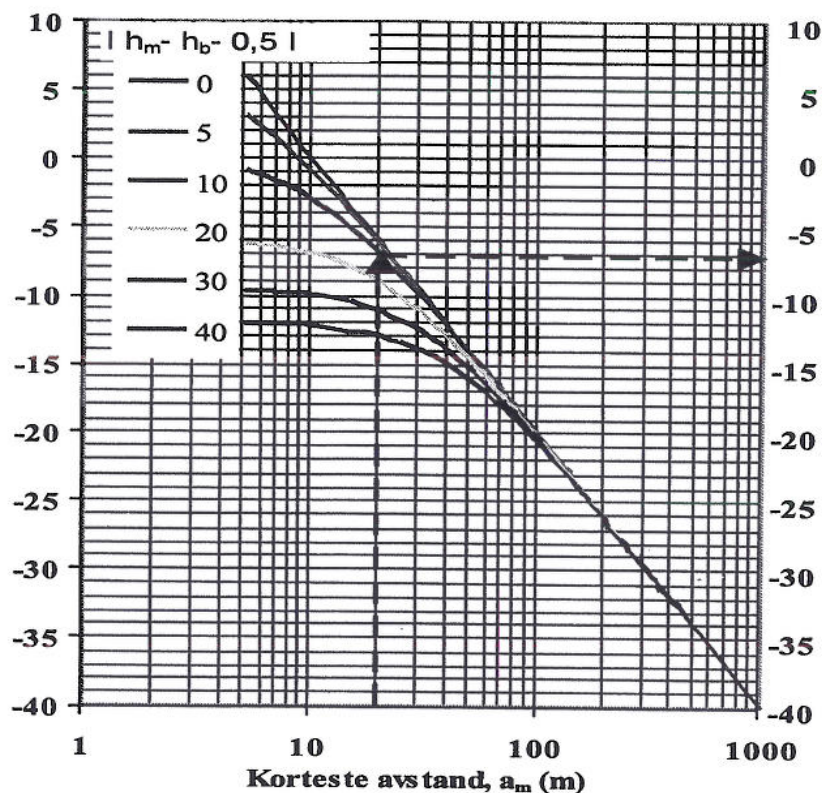
- Den korteste avstanden,  $a_m$ , mellom et mottakerpunkt og det nærmeste punktet på nærmeste vegbanens senterlinje. Avstanden skal i utgangspunktet måles langs refleksjonsplanet, men i de fleste tilfeller kan horisontal-avstanden benyttes. For en lang rett veg uten variasjon i skjermingsforhold e.l. vil  $a_m$  være lik vinkelrett avstand,  $a$ .
- Høydeforskjellen mellom mottakerpunkt og vegbane,  $h_m - h_b$ . Verdien måles i utgangspunktet vinkelrett på refleksjonsplanet. I praksis benyttes gjerne forskjell i vertikalhøyde, uten nevneverdig feil.

Bruk enten likning (2.35) i del 2 i /1/ eller figur 3.5:

- Gå inn på horisontalaksen med korrekt verdi for avstand,  $a_m$ .
- Flytt vertikalt opp til kurve med korrekt verdi for  $|h_m - h_b - 0,5|$ .
- Flytt horisontalt og les av verdi for avstandskorreksjon,  $\Delta L_{2maks}$ .

*Eksempel:* Pilene i figur 3.5 viser at  $\Delta L_{2maks} = 7$  dB når avstanden  $a_m = 20$  m og  $|h_m - h_b - 0,5| = 10$  m.

Avstandskorreksjon,  $\Delta L_{2maks}$  (dB)



Figur 3.5 Avstandskorreksjon for maksimalt støynivå,  $\Delta L_{2maks}$ .

### 3.3 Trinn 3 - Mark- og skjermkorreksjon, $\Delta L_{3maks}$

$\Delta L_{3maks}$  bestemmes på samme måte som  $\Delta L_{3ekv}$  i avsnitt 2.4, ved å erstatte beregningsavstand,  $d$ , med korteste avstand  $a_m$ . Når eventuell skjermeffekt skal beregnes, gjøres tilsvarende utskifting av avstandene  $d_1$  and  $d_2$ .



### 3.4 Trinn 4 - Andre korreksjoner, $\Delta L_{4maks}$

Prosedyren for å bestemme de andre maksimalnivå-korreksjonene kan beskrives på følgende måte:

- Bidraget fra ulike delstrekninger skal ikke summeres. Den delstrekning som gir høyeste verdi for maksimalnivået vil være utslagsgivende.
- Det skal ikke korrigeres for siktinkel,  $\Delta L_{\alpha}$ .
- Det skal ikke korrigeres for stigning,  $\Delta L_{st}$ .
- Det skal ikke korrigeres for skjerming og lydspredning mellom frittstående bygninger,  $\Delta L_b$ .
- Korriger for tykk skjerm,  $\Delta L_{tsmaks}$ , på samme måte som for  $\Delta L_{ts}$ , se avsnitt 2.5.4.
- Korriger for kort avstand,  $\Delta L_{kamaks}$ , ved å doble korreksjonen gitt i figur 2.27.
- Korriger for refleksjoner i bygater,  $\Delta L_{mgmaks}$ , ved å doble verdien gitt i figur 2.30 for  $\Delta L_{mg}$ .
- Korriger for refleksjoner i sidegater,  $\Delta L_{msmaks}$ , ved å doble verdien gitt av figur 2.31 for  $\Delta L_{ms}$ .
- Korriger for enkeltrefleksjon,  $\Delta L_{rmaks}$ , når kjøretøyet er i den korteste avstand,  $a_m$ , ved å sette  $\alpha_r/\alpha = a_m/a_s$ . Bruk så figur 2.29. I alle andre tilfeller brukes ikke denne korreksjonen.
- Korriger for multirefleksjoner i gårdsrom uten åpning mot trafikkert gate ved å velge  $\Delta L_{gmaks} = \Delta L_g$ .
- Korriger for multirefleksjoner i gårdsrom med åpning mot trafikkert gate ved å velge  $\Delta L_{gmaks} = 2 \Delta L_{pB0} + \Delta L_{pB1} + \Delta L_{pB2}$ .

Dersom beregningene gir  $L_{AFmaks} < L_{Aekv}$  bruk  $L_{AFmaks} = L_{Aekv}$

### 3.5 Trinn 5 - Korreksjon for lydisolasjon i bygningsfasade, $\Delta L_{5maks}$

I denne beregningsmetoden forutsettes at det ikke er forskjell mellom fasadeisolasjonen for  $L_{Aekv}$  og den for  $L_{AFmaks}$ .



## B. FORENKLET METODE

### 4. FORENKLET METODE

#### 4.1 Generelt om forenklet metode

Forenklet metoden består av forhåndsregnede typetilfeller som i nomogramform viser korreksjonsverdier for enten ekvivalentnivået (avsnitt 4.3) eller maksimalnivået (avsnitt 4.4) i forskjellige avstander fra vegens senterlinje, og i forskjellige høyder. Som beskrevet i den komplette metoden gjelder det generelle uttrykket:

$$L = L_1 + \Delta L_2 + \Delta L_3 + \Delta L_4 + \Delta L_5$$

både for ekvivalent,  $L_{Aekv}$  og maksimalt lydnivå,  $L_{AFmaks}$ . De forhåndsregnede verdiene for typetilfellene i dette avsnittet omfatter summen av korreksjonene for avstands-, mark og skjermdempning,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . Tallene gjelder for en uendelig lang, rett og flat veg med en plassering i forhold til omgivelsene, som er angitt på hver av snittegningene. Det er typetilfeller med vegen på fylling og i skjæring, og det er forskjellige typetilfeller med skjermer. De fleste av de utvalgte typetilfellene passer til områder utenfor tett bymessig bebyggelse. Typetilfelle nr. 21 og 22 gjelder imidlertid for korte avstander mellom veg og mottakerpunkt samt hard mark, tilsvarende forholdene i indre byområder.

Beregninger ved hjelp av de forhåndsregnede typetilfellene gjennomføres normalt i tre trinn. I trinn 1 beregnes det en referanseverdi,  $L_1$ . I trinn 2 beregnes det en korreksjon for avstands-, mark- og skjermdempning,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ , tilsvarende det aktuelle typetilfellet.

I trinn 3 kan man eventuelt bruke noen av korreksjonene fra den komplette beregningsmetodens trinn 4,  $\Delta L_4$ , for å tilpasse typetilfellet til et aktuelt beregningspunkt.

#### 4.2 Oversikt

Vær oppmerksom på at det brukes forskjellige nomogrammer ved bestemmelse av ekvivalentnivå og maksimalnivå.

##### 4.2.1 Myk mark

- Typetilfelle 1. Veg i plan med flat, myk mark.
- Typetilfelle 2-4. Vegbane 1, 2 og 4 m over flat, myk mark.
- Typetilfelle 5-7. Vegbane i skjæring 1, 2 og 4 m under flat myk mark.



- Typetilfelle 8-11. Flat mark med 2, 2,5, 3 og 4 m høy skjerm, 10 m fra vegens senterlinje. Hard mark mellom kilde og skjerm, ellers myk mark.
- Typetilfelle 12-13. Flat mark med 2 og 4 m høy skjerm, 20 m fra vegens senterlinje. Hard mark mellom kilde og skjerm, ellers myk mark.
- Typetilfelle 14-15. Flat mark med 3 og 6 m høy skjerm 40 m fra vegens senterlinje. Hard mark mellom kilde og skjerm, ellers myk mark.
- Typetilfelle 16-17. Flat mark med 4 m høy og 10 m tykk skjerm, 10 og 20 m fra vegens senterlinje. Hard mark mellom kilde og skjerm, ellers myk mark.

#### 4.2.2 Hard mark

- Typetilfelle 18. Vegbane i plan med flat, hard mark
- Typetilfelle 19-20. Flat mark med 1,5 og 2 m høy skjerm, 10 m fra vegens senterlinje. Hard mark.
- Typetilfelle 21. Kort avstand mellom veg og mottakerpunkt. Hard mark uten bygninger.
- Typetilfelle 22. Kort avstand mellom veg og mottakerpunkt. Hard mark. Bygninger på begge vegsider.

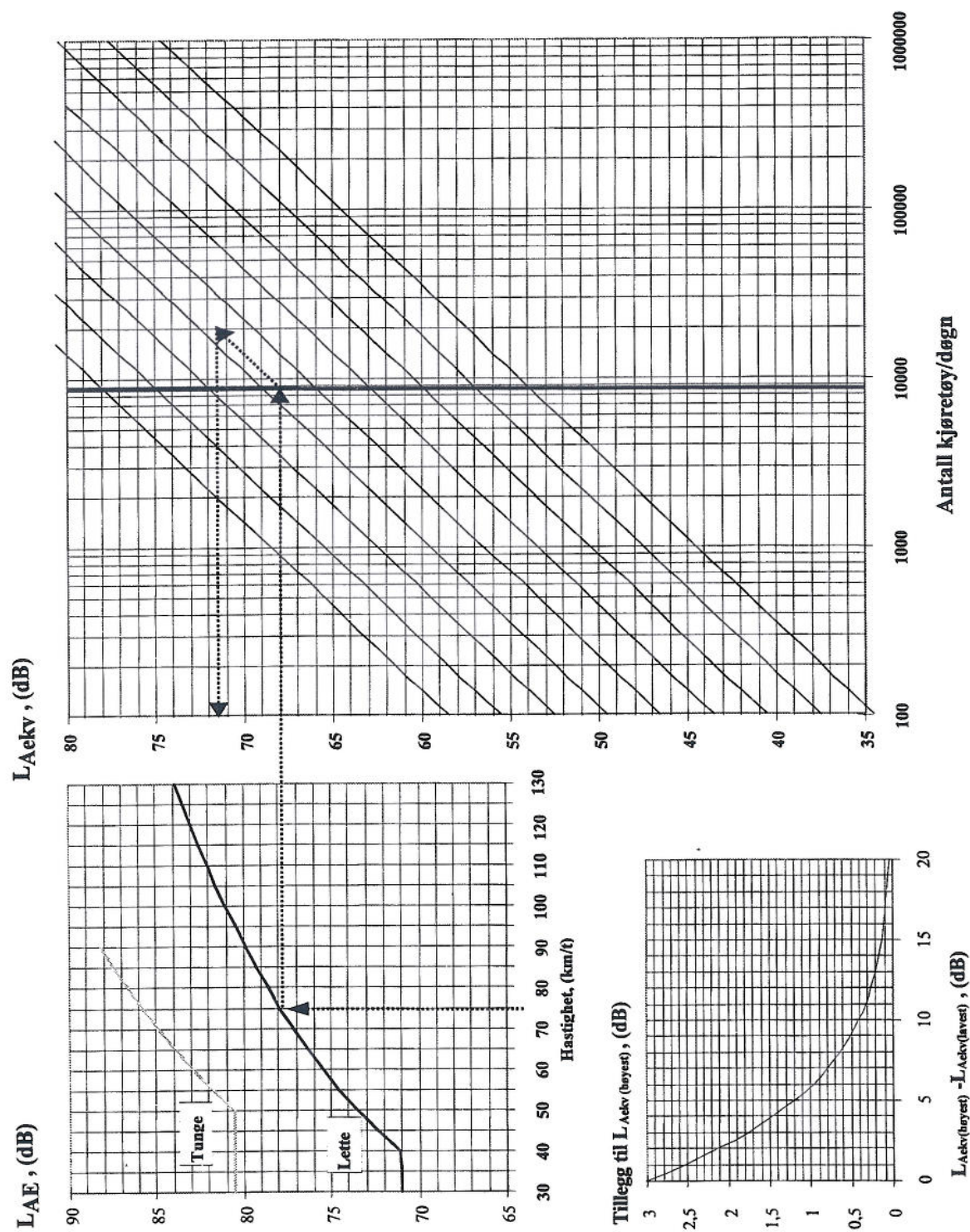
### 4.3 Ekvivalentnivå, $L_{ekv}$

#### 4.3.1 Trinn 1 - Referanseverdi, $L_{1ekv}$

Referansenivået,  $L_{1ekv}$ , i 10 m avstand bestemmes ved hjelp av figur 4.1 (samme som figur 2.3 i den komplette metoden). Følgende inngangsdata er nødvendige:

- Antall tunge kjøretøy/døgn.
- Antall lette kjøretøy/døgn.
- Gjennomsnittlig hastighet (evt. fartsgrense)

*Eksempel:* Følg pilene i figur 4.1. som viser at hastighet 75 km/t for lette kjøretøy gir  $L_{AEkv} = 71,5$  dB ved 20.000 kjøretøy/døgn. Hvis trafikkforutsetningene for tunge kjøretøy så gir 73 dB, blir differansen 1,5 dB, og tallet som legges til den høyeste verdien blir = 2,3 dB. Resulterende referansenivå blir i dette tilfellet,  $L_{1ekv} = 73 + 2,3 = 75,3$  dB.



Figur 4.1 Referansenivået,  $L_{1ekv}$



### 4.3.2 Trinn 2 - Korreksjon for avstands- ( $\Delta L_{2ekv}$ ), mark- og skjermdempning ( $\Delta L_{3ekv}$ )

Korreksjon for avstands-, mark- og skjermdempning bestemmes for de 22 forhåndsregne- de typetilfellene ved hjelp av nomogrammene på de etterfølgende sidene. Mottakerens avstand,  $a$ , fra vegens senterlinje (vinkelrett) er vist på den nederste horisontale aksene, og høyden over marken er vist på den loddrette aksene til venstre. Verdien i dB(A) av korreksjo- nene leses av i nomogrammene, som viser kurver gjennom punkter med samme korrek- sjonsverdi.

*Eksempel: Et mottakerpunkt ligger i en avstand,  $a = 30$  meter, og en høyde,  $h_m = 2$  meter over marken, ved en veg som ligger i plan med flat, myk mark. Nomogrammet for typetilfelle 1 viser at korreksjonen blir i dette tilfellet,*

$$\Delta L_{2ekv} + \Delta L_{3ekv} = - 6,5 \text{ dBA}$$

*Sammenfattet med eksemplet i 4.3.1 blir ekvivalent støynivå i mottakerpunktet i dette tilfellet,*

$$L_{1ekv} + \Delta L_{2ekv} + \Delta L_{3ekv} = 75,3 - 6,5 = 68,8 \text{ dBA}$$

### 4.3.3 Trinn 3 - Andre korreksjoner

Følgende deler av den komplette beregningsmetodens trinn 4 kan brukes til beregning av  $L_{ekv}$  i den forenklete metoden:

- Korreksjon for siktinkel,  $\Delta L_a$ , for vegstrekninger som ikke er uendelig lange.  
Lydnivået i mottakerpunktet avhenger av hvor stor siktinkelen man har av veien fra mot- takerpunktet. Referansenivået,  $L_1$ , i trinn 1 forutsetter at veien er uendelig lang og rett, det vil si at siktinkelen fra mottakerpunktet er 180 grader. Den korreksjonene som skal foretas når siktinkelen er mindre enn 180 grader, bestemmes ved hjelp av figur 2.19 og 2.20 (fremgangsmåte se kapittel 2.5.4).
- Korreksjon for vegstigning,  $\Delta L_{st}$ .  
Lydavstrålingen fra trafikk på veg i stigning blir vanligvis høyere enn for veg på flat mark. Det forutsettes at stigningen har en lengde som påvirker motorpådrag og fart. Korreksjon for vegstigning bestemmes ved hjelp av figur 2.25 (fremgangsmåte se kapittel 2.5.6).

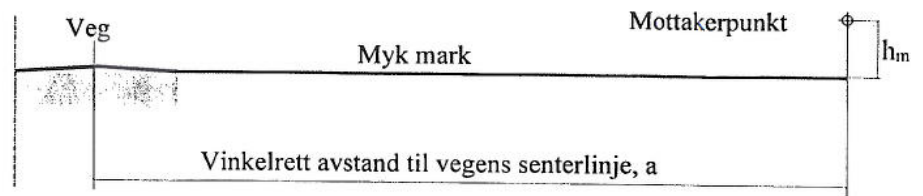


- Summering av støybidrag fra flere delstrekninger.

Når beregningene omfatter flere delstrekninger, må de ulike delbidragene summeres i mottakerpunktet. Man kan også beregne separate bidrag fra forskjellige veier eller fra forskjellige kjørebaner. Summering av de enkelte støybidragene gjøres ved hjelp av figur 2.43 (fremgangsmåte se kapittel 2.7). Dersom mer enn to støybidrag skal summeres, så summerer man først de to minste bidragene. Deretter benyttes sumbidraget fra de to første som en ny enkeltverdi, sammen med et tredje støybidrag, og beregningen gjentas.

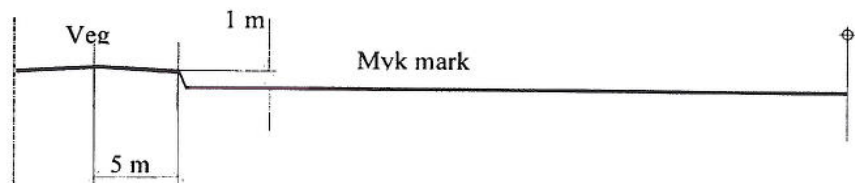
1

Veg i plan med  
myk mark



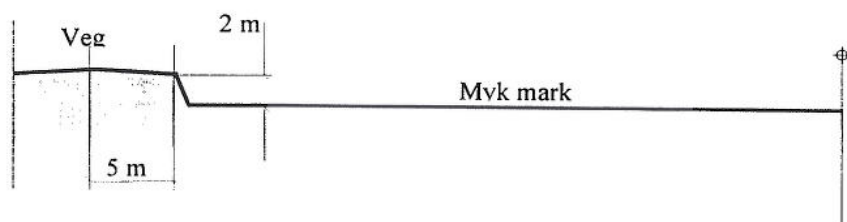
2

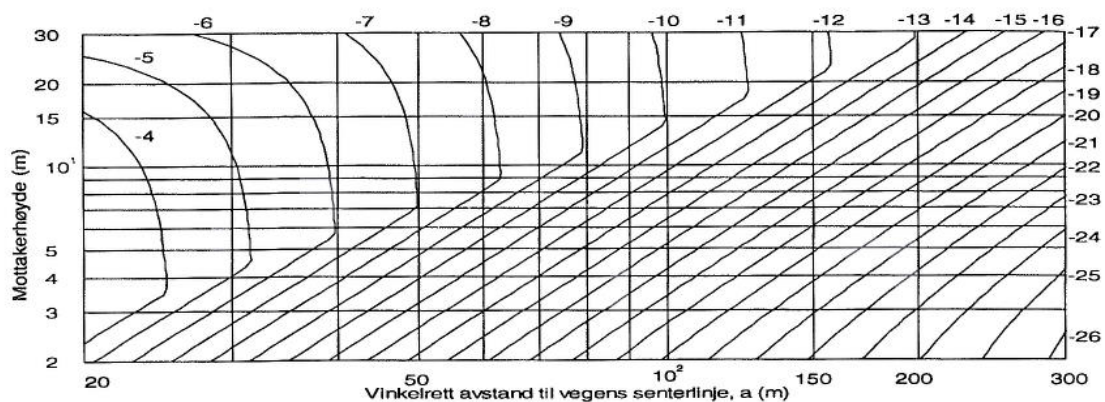
Veg på fylling  
1 m over myk  
mark



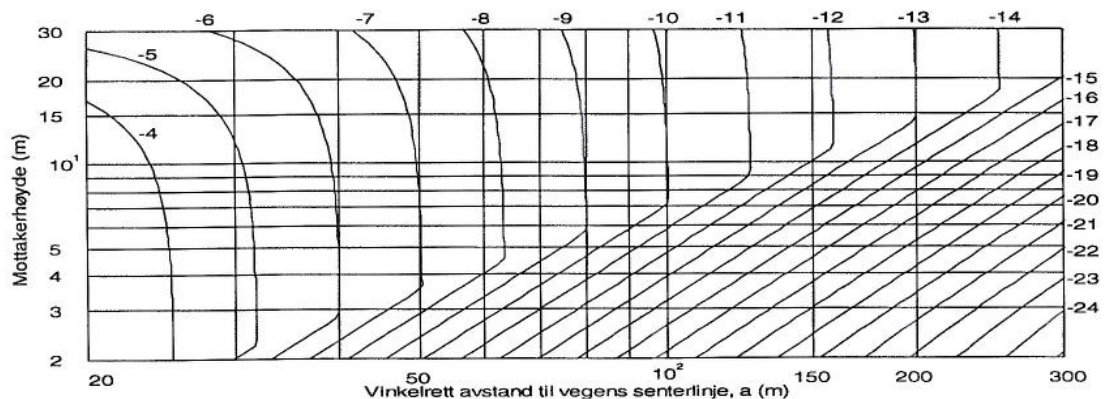
3

Veg på fylling  
2 m over myk  
mark

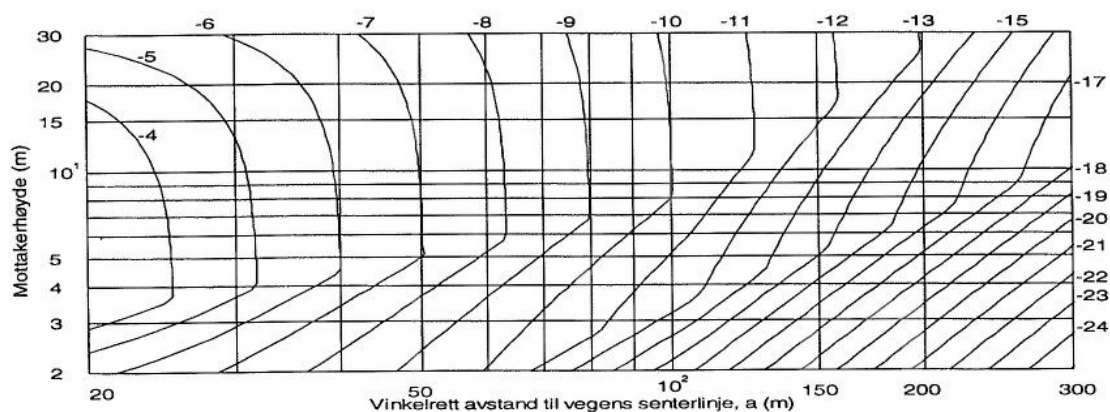




**Typetilfelle 1.**  $L_{Aekv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . Veg i plan med myk mark.



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

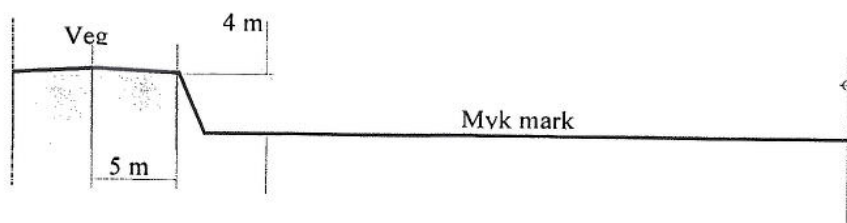


**Typetilfelle 3.**  $L_{Aekv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . Veg på fylling 2 m over myk mark.



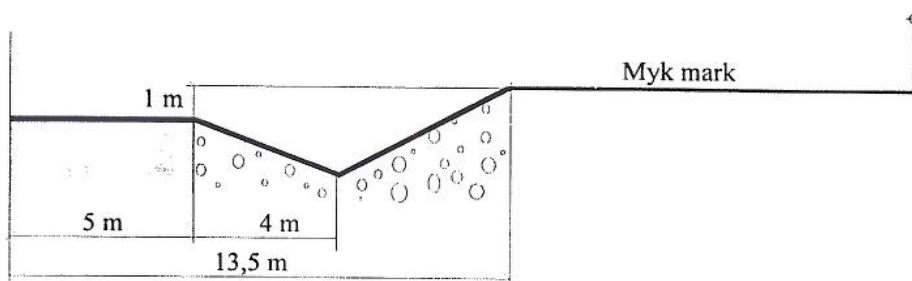
4

Veg på fylling  
4 m over myk  
mark



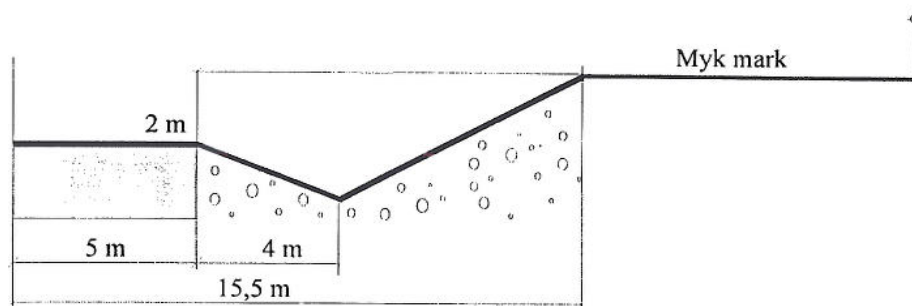
5

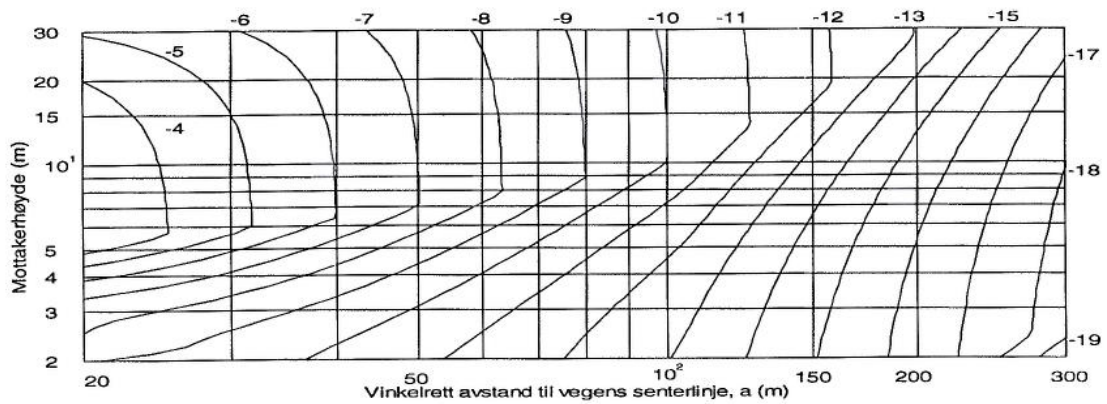
Veg i hard  
skjæring, 1 m  
under myk  
mark



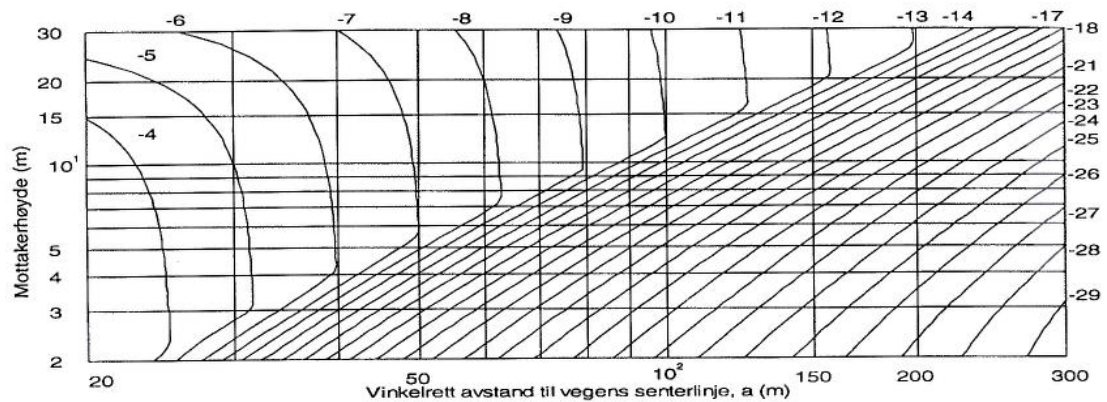
6

Veg i hard  
skjæring, 2 m  
under myk  
mark

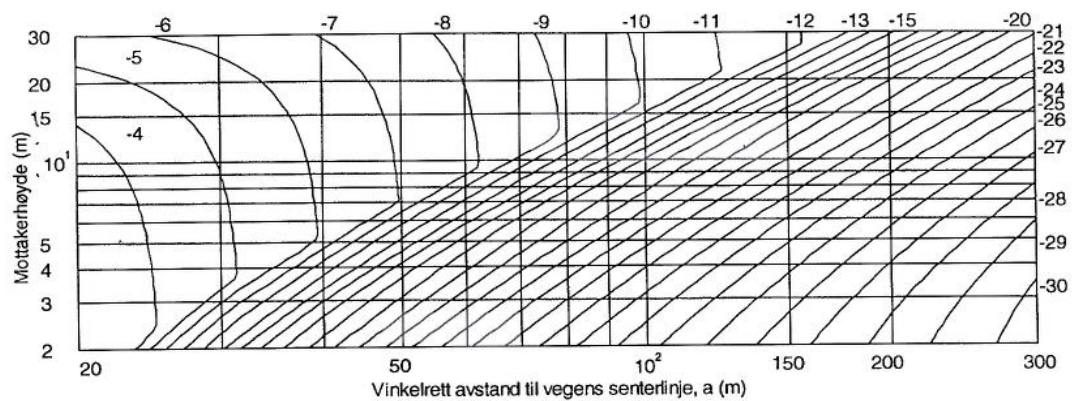




**Typetilfelle 4.**  $L_{Aeqv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . Veg på fylling 4 m over myk mark.



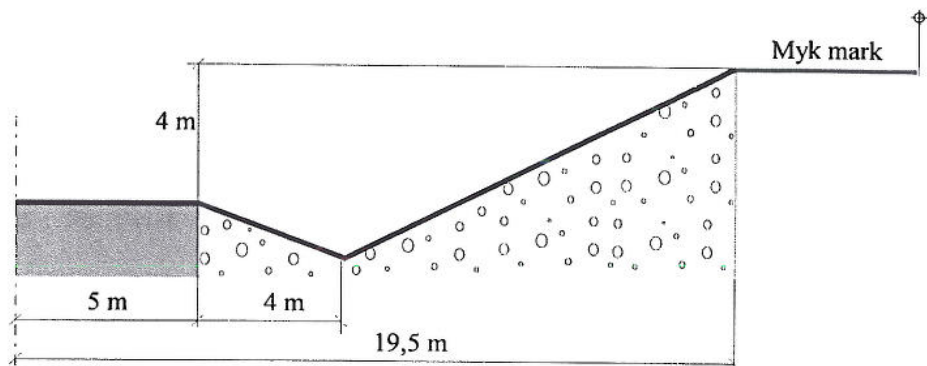
**Typetilfelle 5.**  $L_{Aeqv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . Veg i hard skjæring, 1 m under myk mark.



**Typetilfelle 6.**  $L_{Aeqv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . Veg i hard skjæring, 2 m under myk mark.

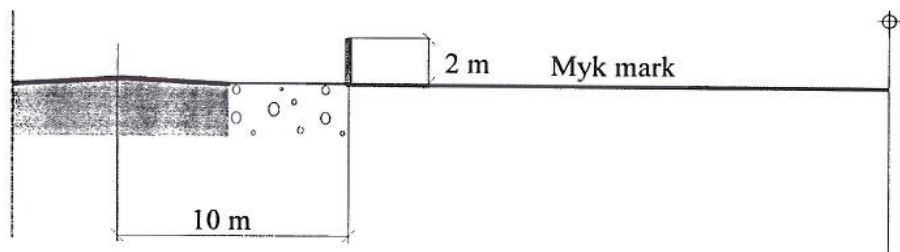
7

Veg i hard skjæring, 4 m under myk mark



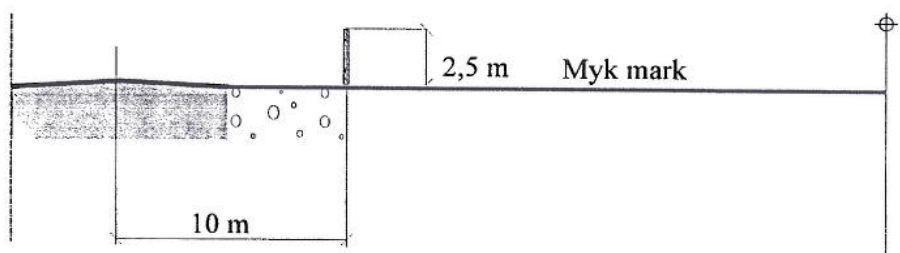
8

2 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.

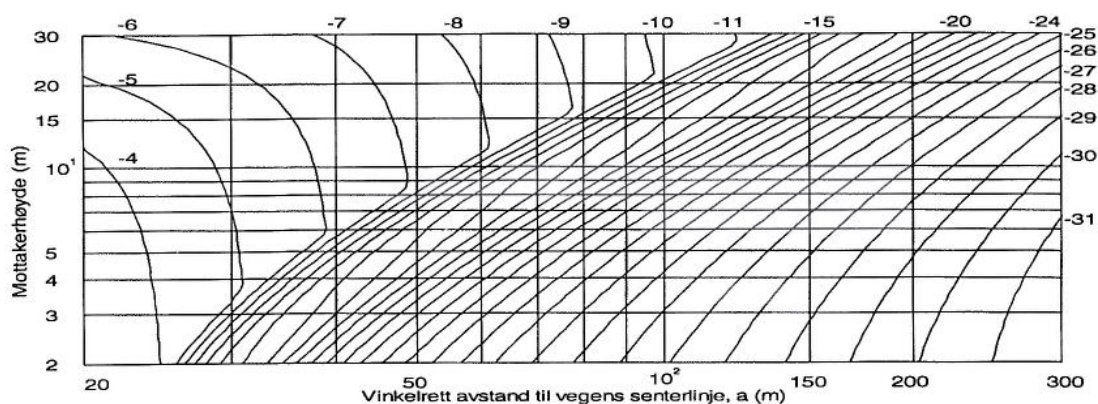


9

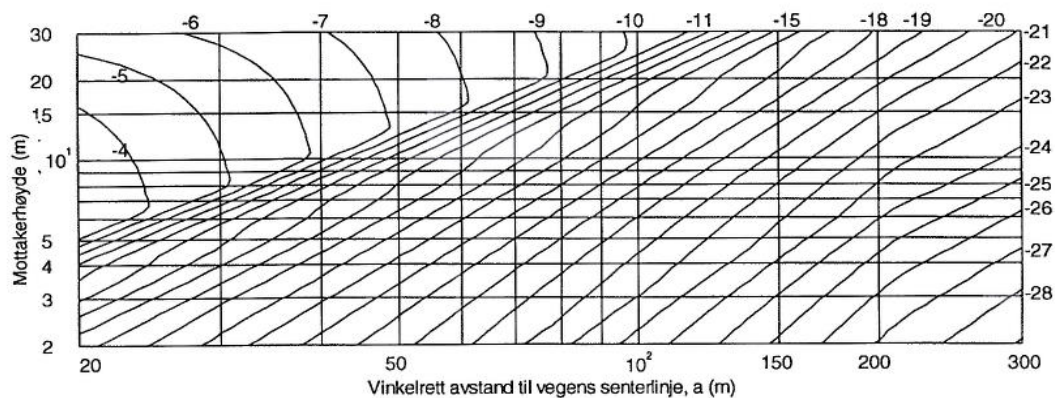
2,5 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.



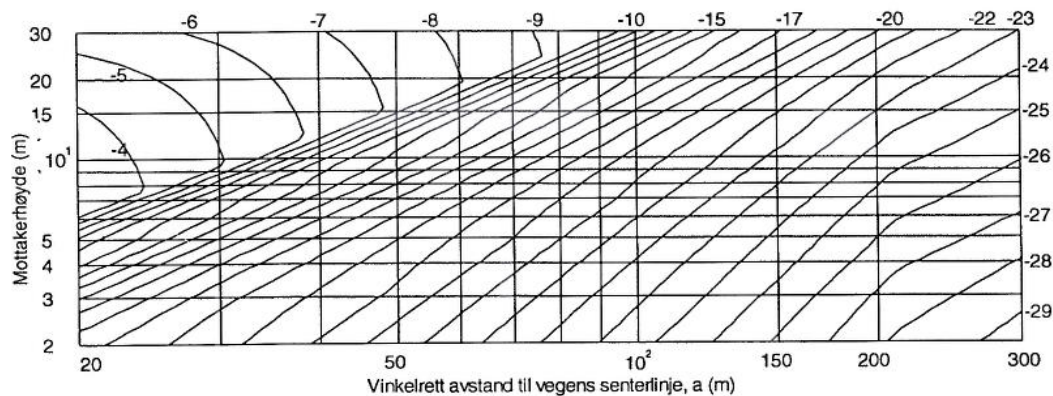




**Typetilfelle 7.**  $L_{Aeqv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . Veg i hard skjæring, 4 m under myk mark.



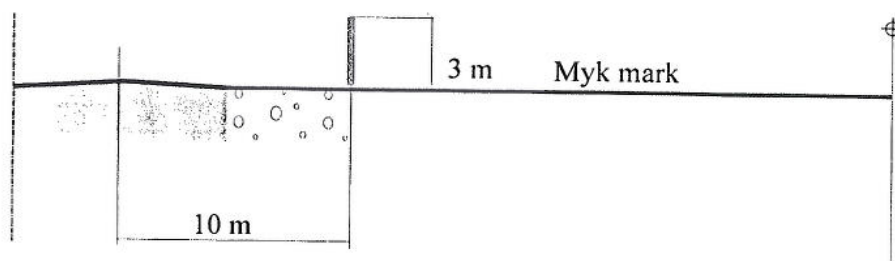
**Typetilfelle 8.**  $L_{Aeqv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . 2 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.



**Typetilfelle 9.**  $L_{Aeqv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . 2,5 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.

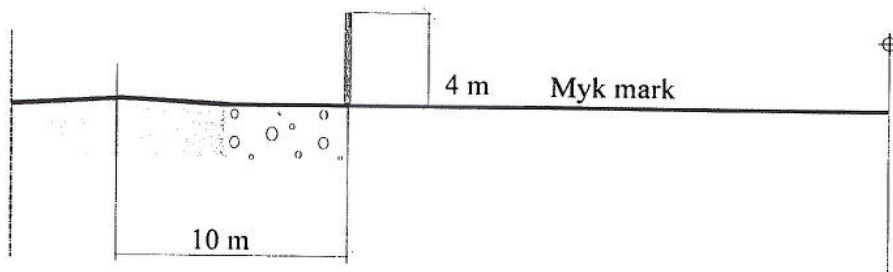
10

3 m høy skjerm,  
10 m fra veg  
senterlinje. Hard  
mark mellom  
veg og skjerm.  
Myk mark ellers.



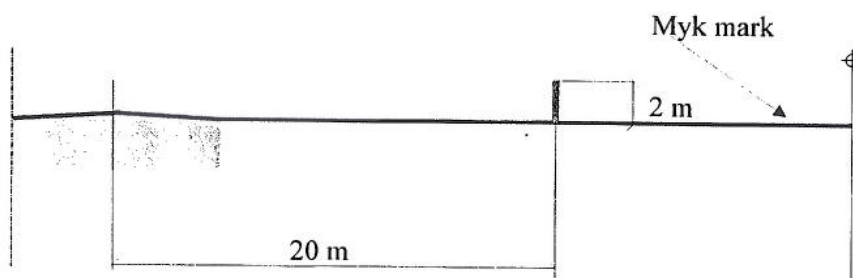
11

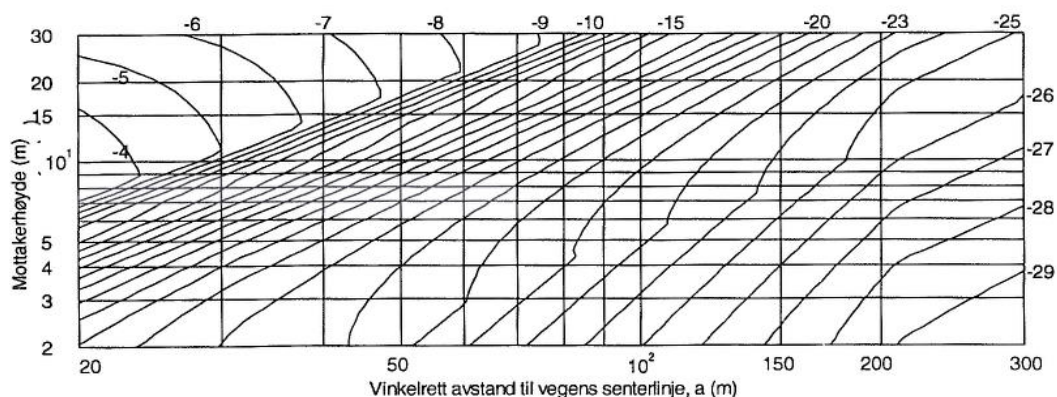
4 m høy skjerm,  
10 m fra veg  
senterlinje. Hard  
mark mellom  
veg og skjerm.  
Myk mark ellers.



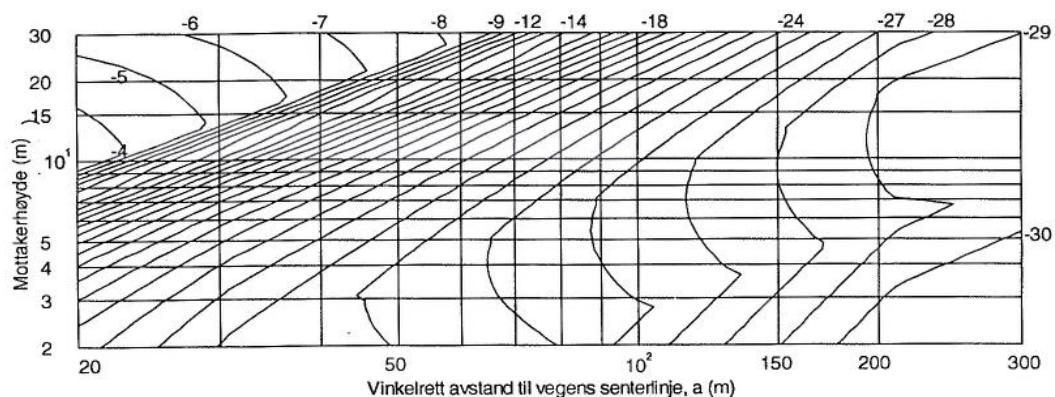
12

2 m høy skjerm,  
20 m fra veg  
senterlinje. Myk  
mark utenom  
vegbane.

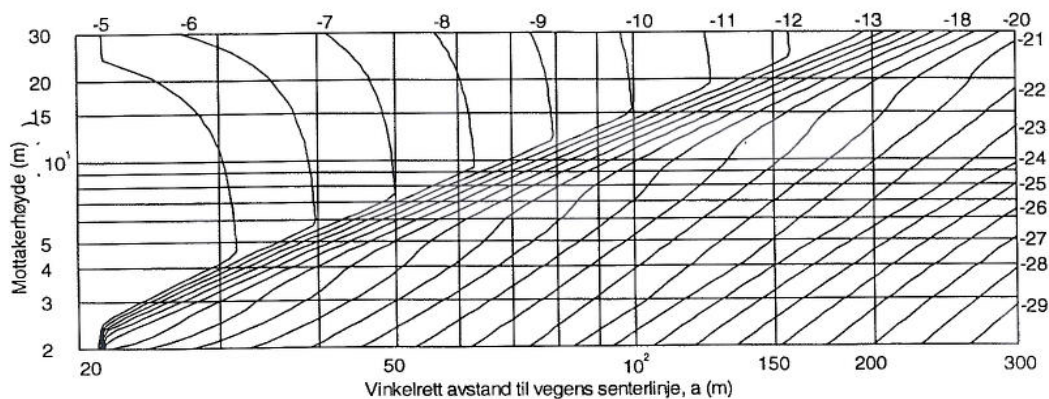




**Typetilfelle 10.**  $L_{Aekv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . 3 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.



**Typetilfelle 11.**  $L_{Aekv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . 4 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.

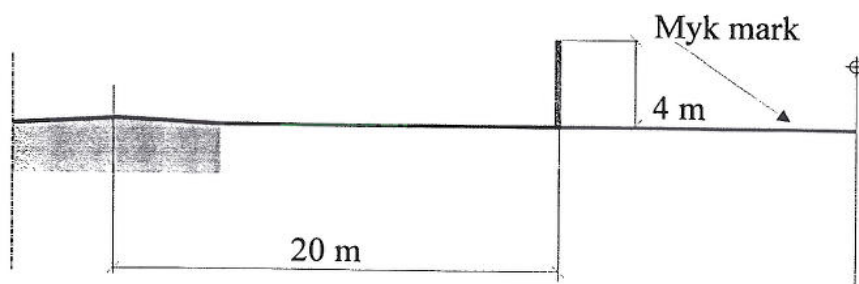


**Typetilfelle 12.**  $L_{Aekv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . 2 m høy skjerm, 20 m fra veg senterlinje. Myk mark utenom vegbane.



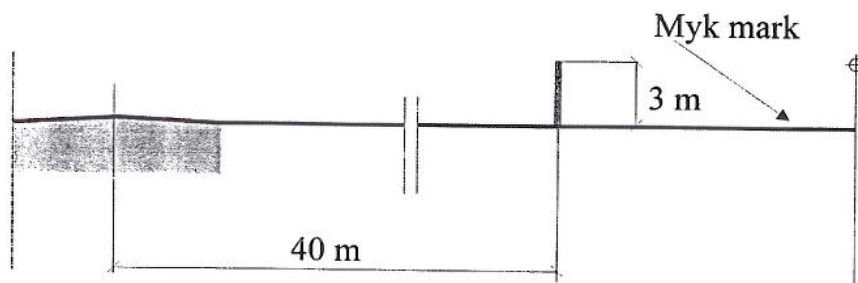
13

4 m høy skjerm,  
20 m fra veg  
senterlinje. Myk  
mark utenom  
vegbane.



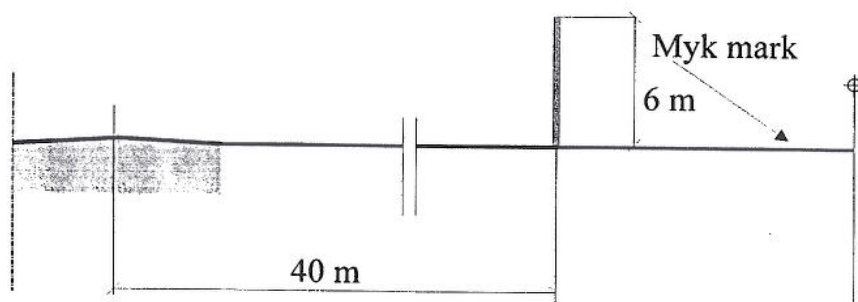
14

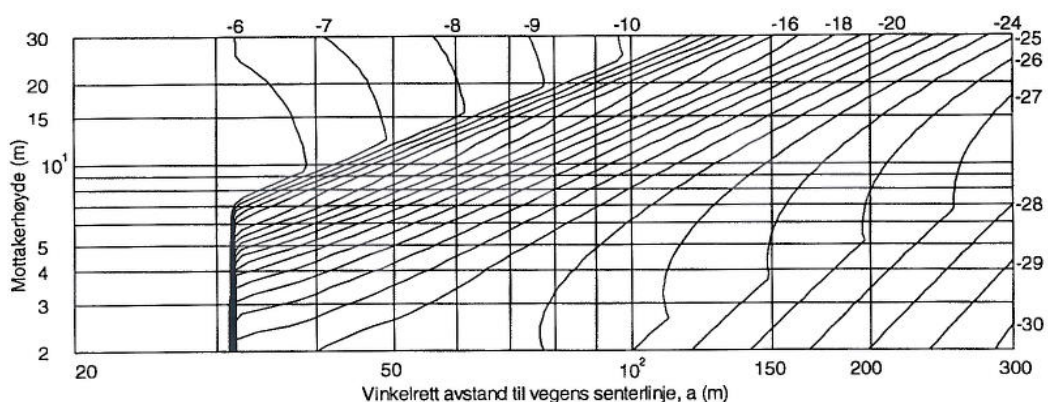
3 m høy skjerm,  
40 m fra veg  
senterlinje. Myk  
mark utenom  
vegbane



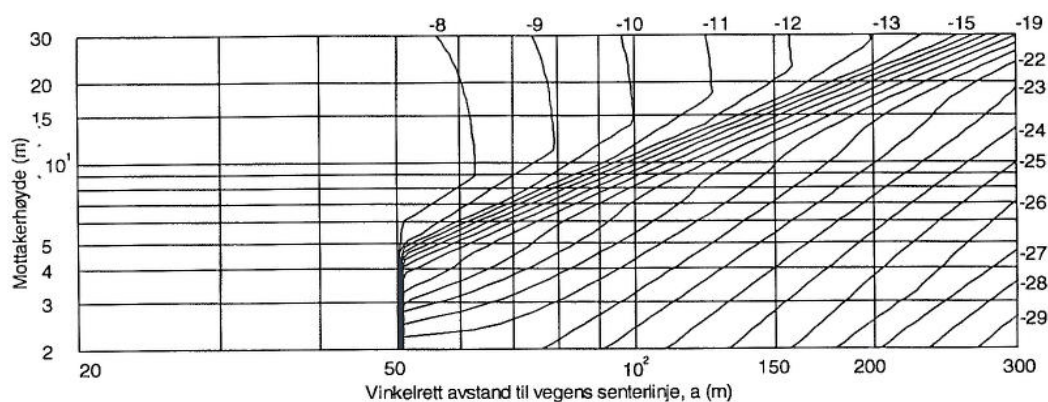
15

6 m høy skjerm,  
40 m fra veg  
senterlinje. Myk  
mark utenom  
vegbane.

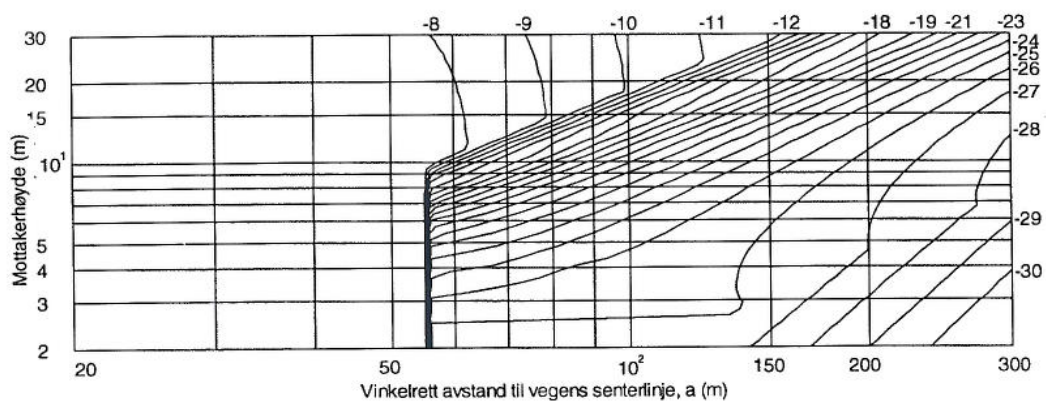




**Typetilfelle 13.**  $L_{Aekv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . 4 m høy skjerm, 20 m fra veg senterlinje. Myk mark utenom vegbane.



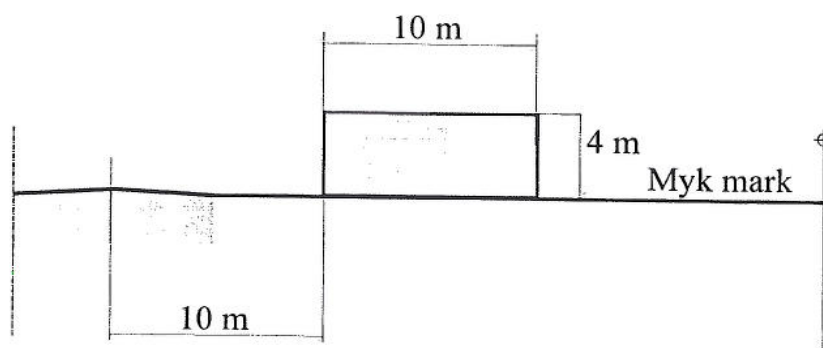
**Typetilfelle 14.**  $L_{Aekv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . 3 m høy skjerm, 40 m fra veg senterlinje. Myk mark utenom vegbane.



**Typetilfelle 15.**  $L_{Aekv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . 6 m høy skjerm, 40 m fra veg senterlinje. Myk mark utenom vegbane.

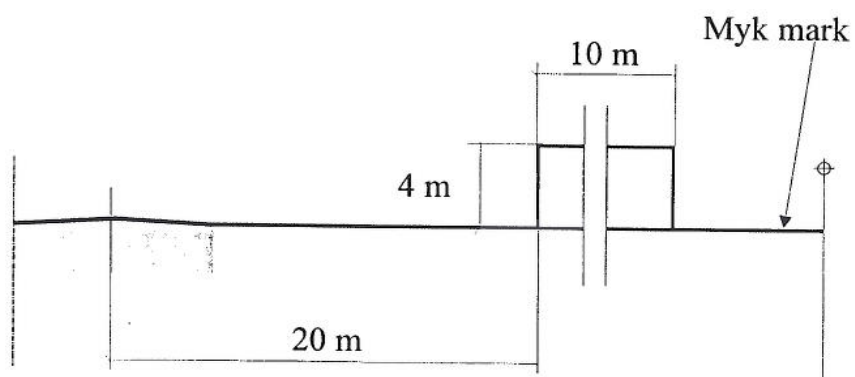
16

10 m bred, 4 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg skjerm. Myk mark ellers.



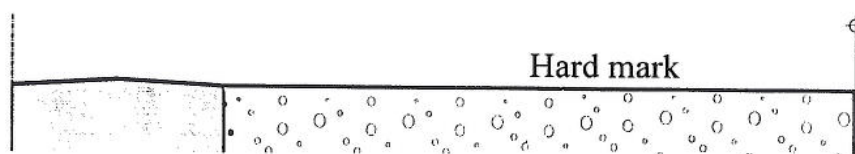
17

10 m bred, 4 m høy skjerm, 20 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg skjerm. Myk mark ellers.

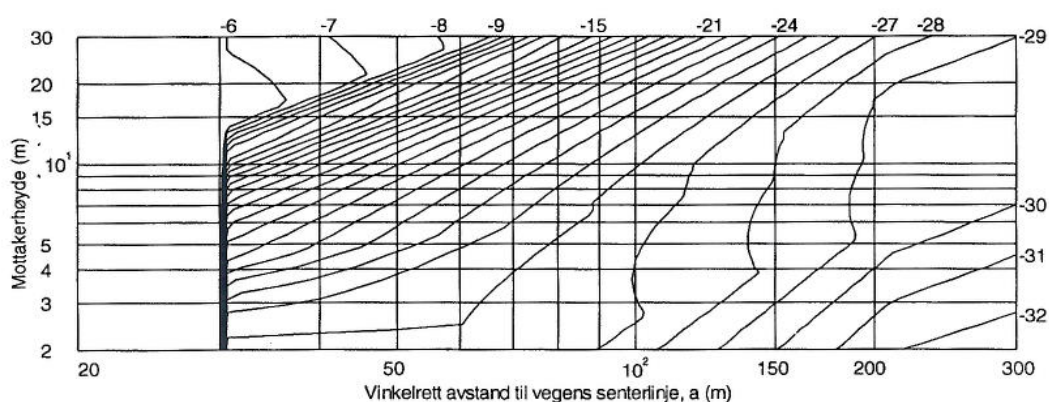


18

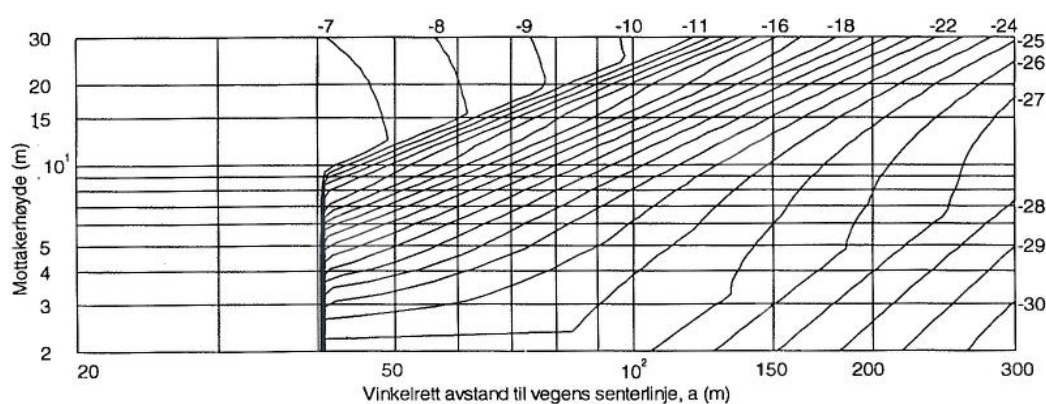
Veg i plan med hard mark



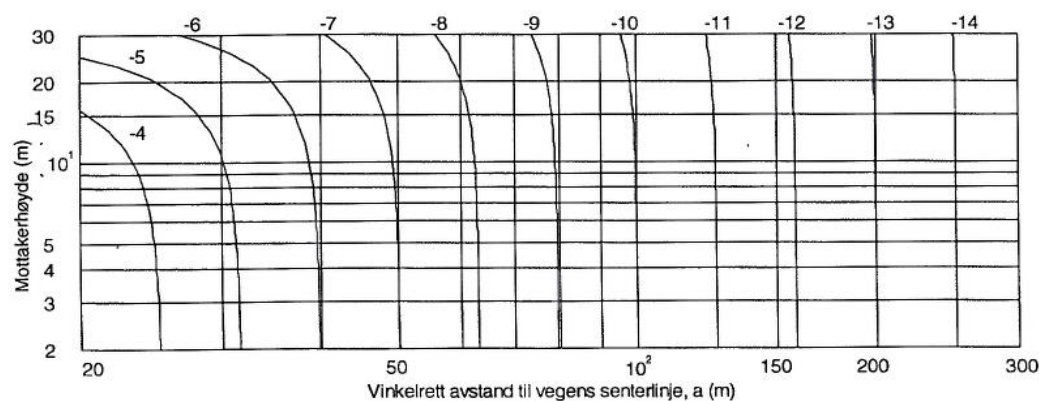




**Typetilfelle 16.**  $L_{Aeqv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . 10 m bred, 4 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje.  
Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.



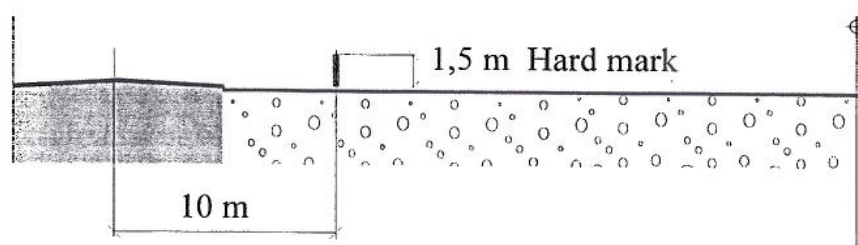
**Typetilfelle 17.**  $L_{Aeqv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . 10 m bred, 4 m høy skjerm, 20 m fra veg senterlinje.  
Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.



**Typetilfelle 18.**  $L_{Aeqv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . Veg i plan med hard mark.

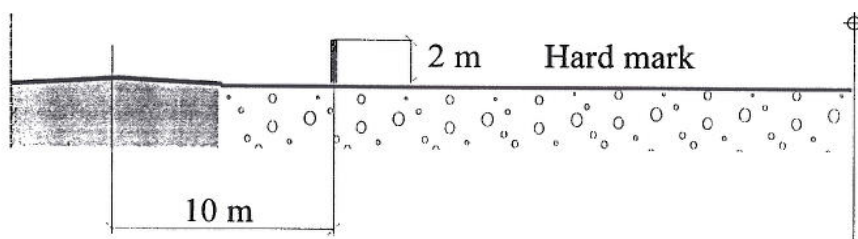
19

1,5 m høy skjerm,  
10 m fra veg  
senterlinje.  
Hard mark.



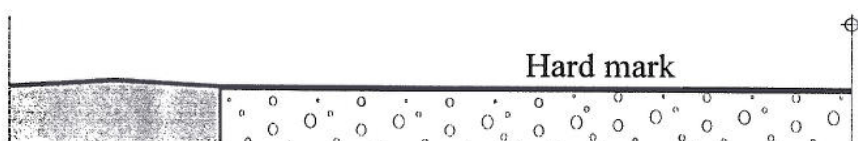
20

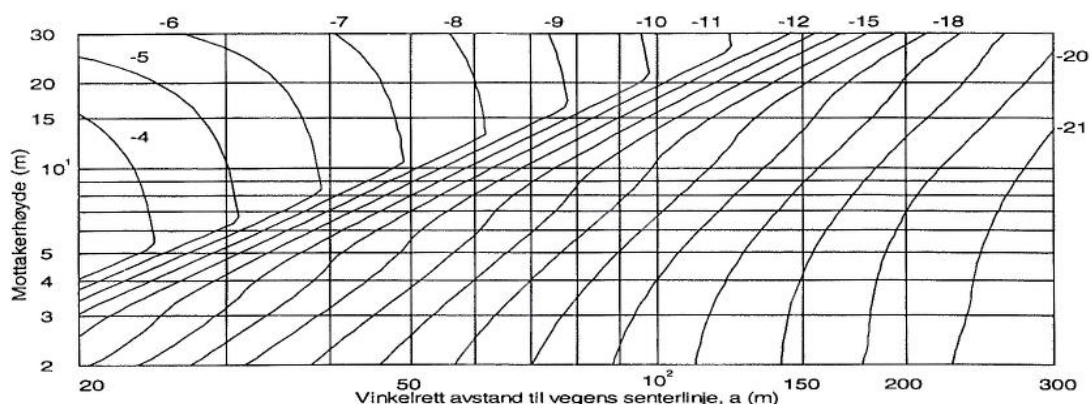
2 m høy skjerm,  
10 m fra veg  
senterlinje.  
Hard mark.



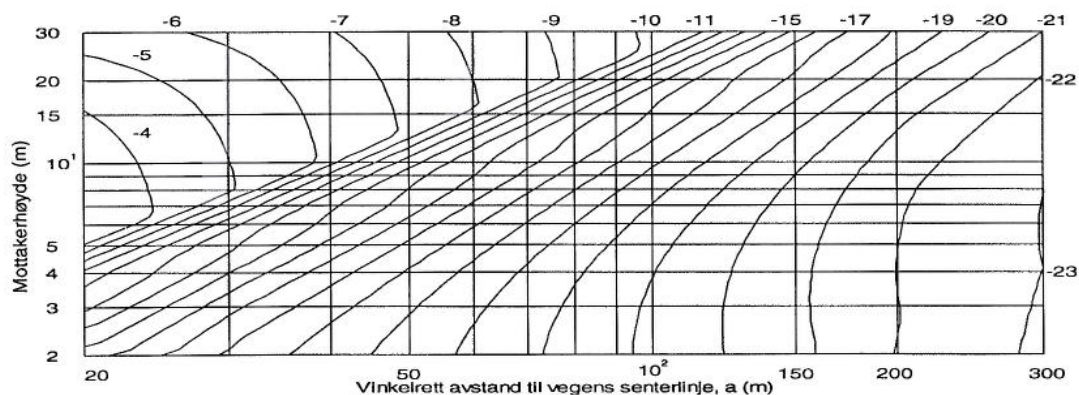
21

Kort avstand.  
Veg i plan med  
hard mark.

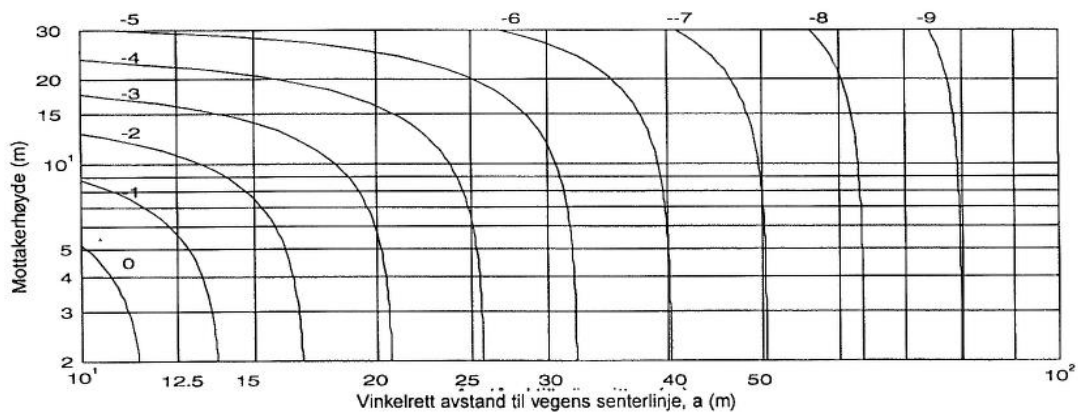




**Typetilfelle 19.**  $L_{Aekv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . 1,5 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark.



**Typetilfelle 20.**  $L_{Aekv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . 2 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark.

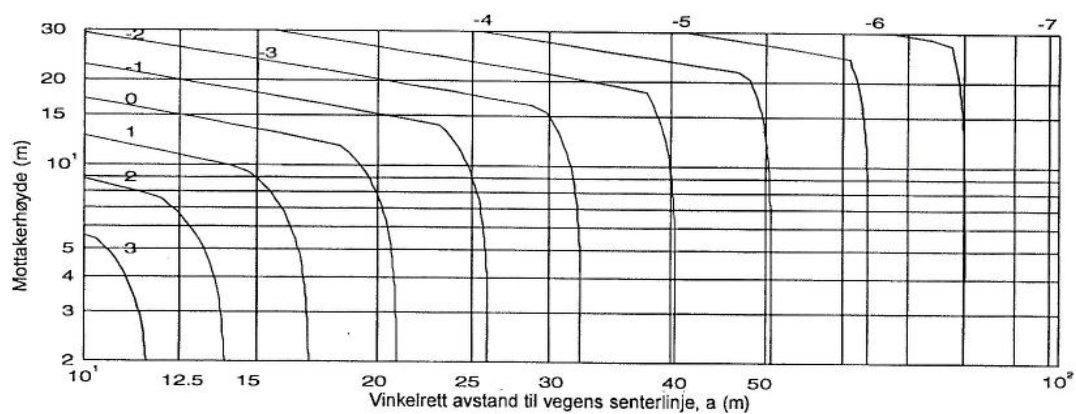
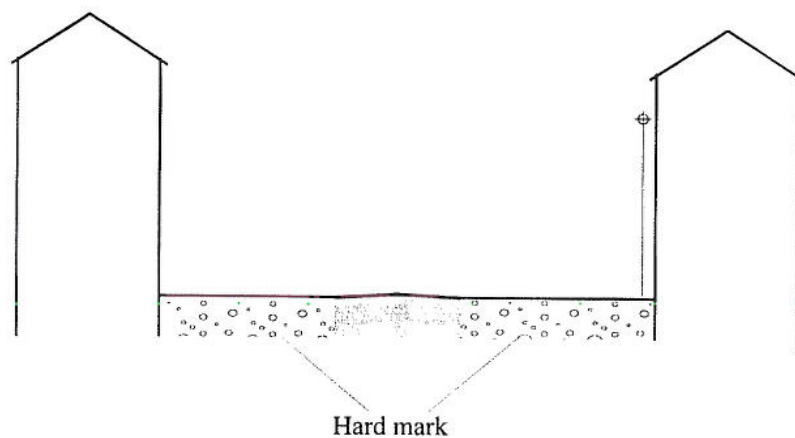


**Typetilfelle 21.**  $L_{Aekv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . Kort avstand. Veg i plan med hard mark.



22

Kort avstand.  
Veg i plan med  
hard mark.  
Bygninger på  
begge sider.



**Typetilfelle 22.**  $L_{Aekv}$ ,  $\Delta L_2 + \Delta L_3$ . Kort avstand. Veg i plan med hard mark. Bygninger på begge sider.

## 4.4 Maksimalnivå, $L_{AFmaks}$

### 4.4.1 Trinn 1 - Referansenivået, $L_{1maks}$

Referansenivået,  $L_{1maks}$ , er den maksimale verdien av det A-veide lydtryknivået ved et enkelt kjøretøys passering, i 10 meters avstand til vegens senterlinje, og med tidsveiling FAST. Hvis det kjører tunge kjøretøy på vegen angis verdien for tunge kjøretøy. Hvis det derimot kun kjører lette kjøretøy på vegen, angis verdiene for lette kjøretøy. I forenklet metode brukes nivået som overstiges av 5% av kjøretøyene,  $L_{1maks, 5\%}$ . Verdien bestemmes ved hjelp av figur 3.1 (kapittel 3.1).

### 4.4.2 Trinn 2 - Korreksjon for avstands- ( $\Delta L_{2maks}$ ), mark- og skjermdempning ( $\Delta L_{3maks}$ )

Korreksjon for avstands-, mark- og skjermdempning bestemmes for de 22 forhåndsregnedede typetilfellene ved hjelp av nomogrammene på de etterfølgende sidene. Mottakerens avstand,  $a$ , fra vegens senterlinje (vinkelrett) er vist på den nederste horisontale aksene, og høyden over marken er vist på den loddrette aksene til venstre. Nomogrammene viser kurver gjennom punkter med samme korreksjon. Verdien i dB(A) av korreksjonene leses av i nomogrammene.

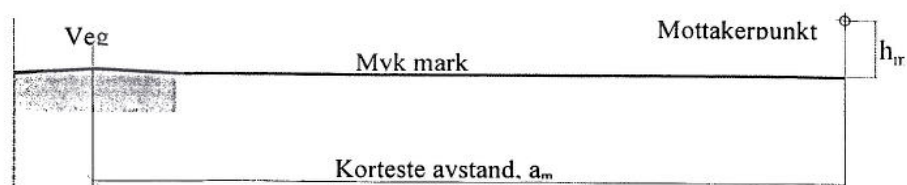
### 4.4.3 Trinn 3 - Andre korreksjoner

Det foretas ikke korreksjoner for siktinkel. Den delstrekningen som gir den høyeste verdien av maksimalnivået, er dimensjonerende. Summering av maksimalnivået fra forskjellige delstrekninger skal derfor ikke gjøres. Det foretas heller ikke korreksjon for vegens stigning.

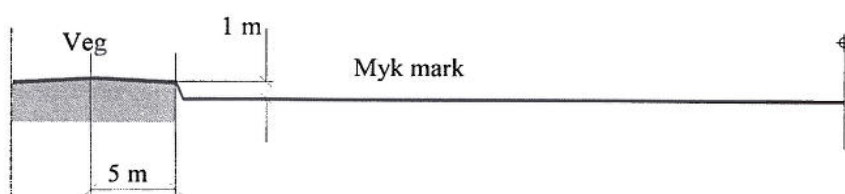
Den beregnede maksimalverdien kan i store avstander fra vegen bli lavere enn det beregnede ekvivalentnivået. Dette kan virke merkelig, men er en konsekvens av at maksimalnivået er definert som støynivået fra et enkelt kjøretøy, og ikke som det høyeste nivået av den samlede trafikken. Ekvivalentnivået representerer derimot den samlede støyen fra trafikken.

Hvis maksimalnivået blir mindre enn ekvivalentnivået, settes maksimalnivået likt med ekvivalentnivået.

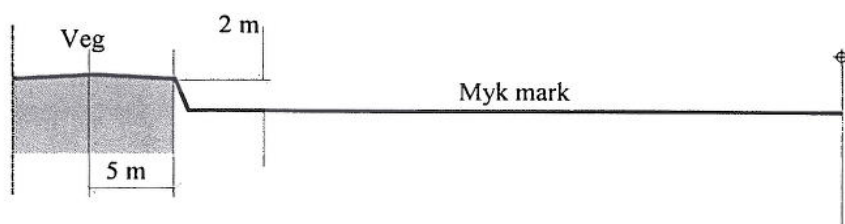
- 1  
Veg i plan med  
myk mark



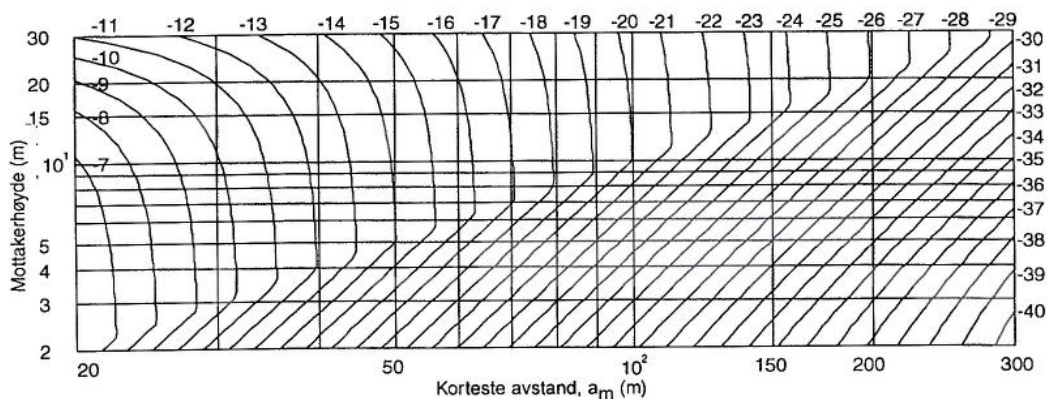
- 2  
Veg på fylling  
1 m over myk  
mark



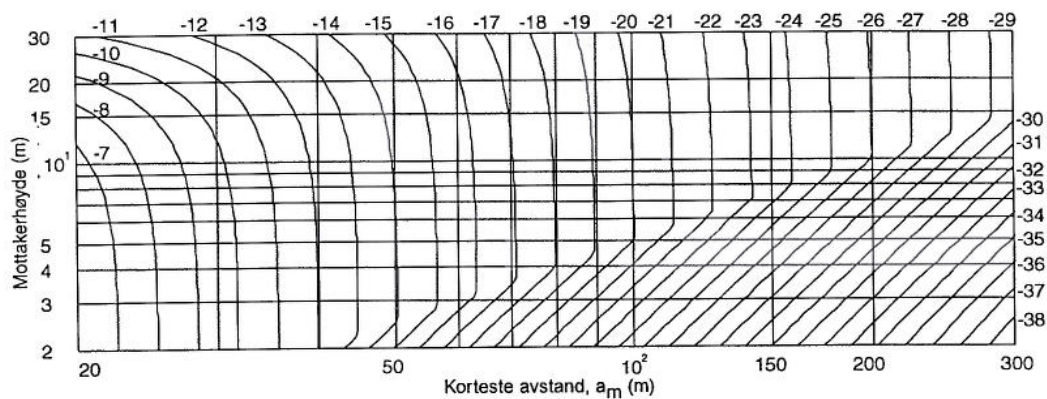
- 3  
Veg på fylling  
2 m over myk  
mark



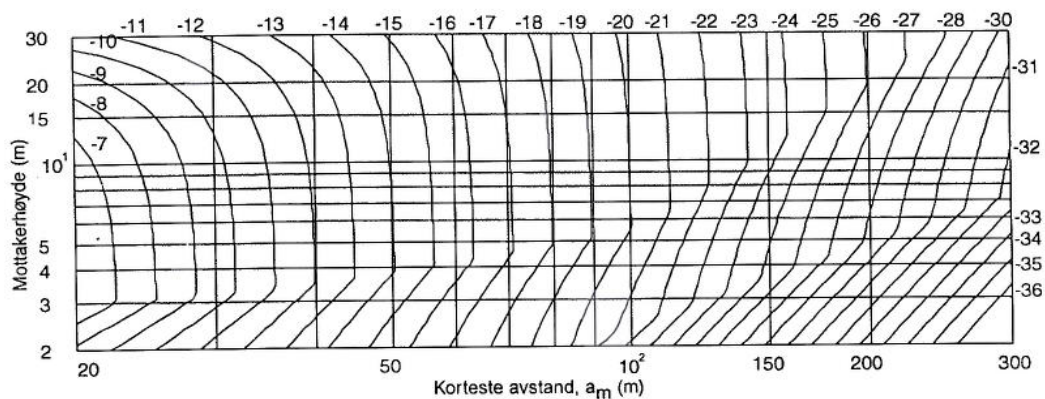




**Typetilfelle 1.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks}$  +  $\Delta L_{3maks}$ . Veg i plan med myk mark.



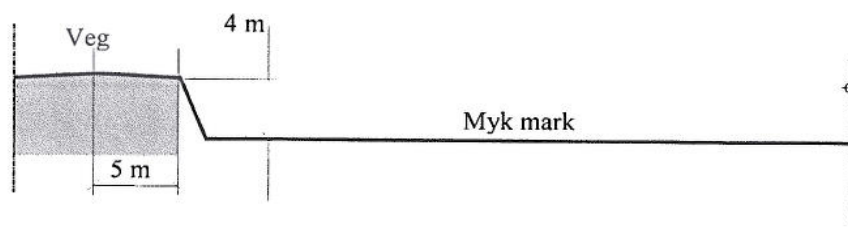
**Typetilfelle 2.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks}$  +  $\Delta L_{3maks}$ . Veg på fylling 1 m over myk mark.



**Typetilfelle 3.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks}$  +  $\Delta L_{3maks}$ . Veg på fylling 2 m over myk mark.

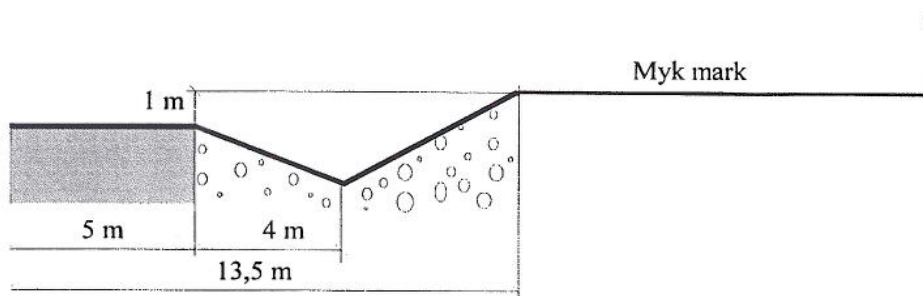
4

Veg på fylling  
4 m over myk  
mark



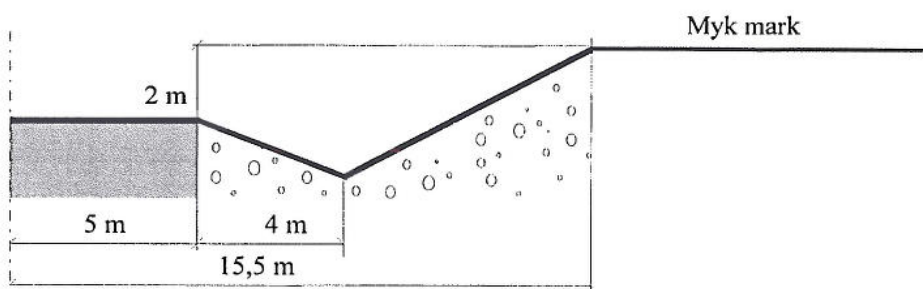
5

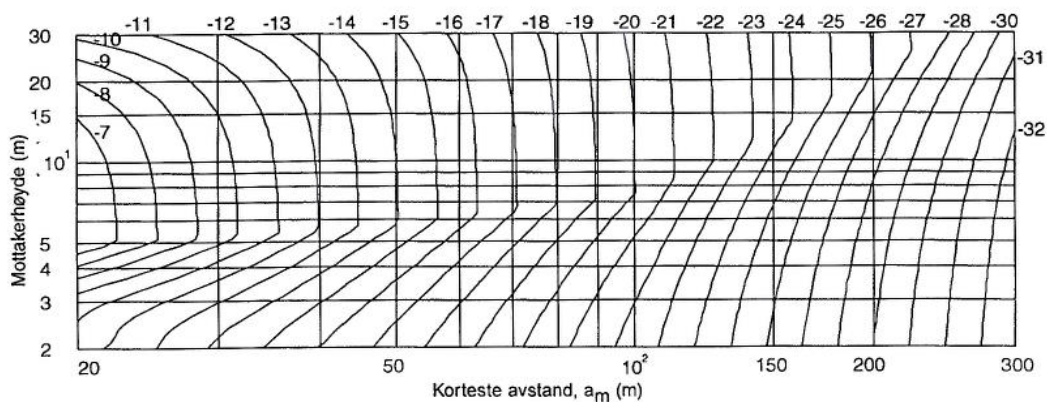
Veg i hard  
skjæring, 1 m  
under myk  
mark



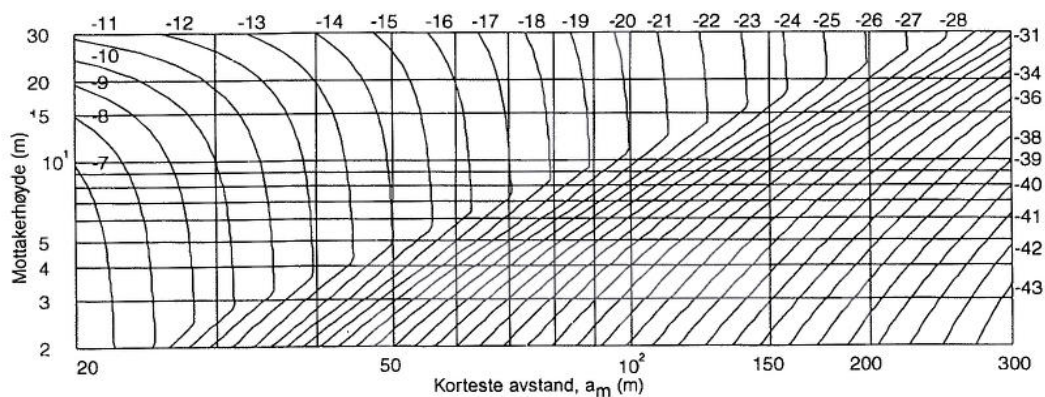
6

Veg i hard  
skjæring, 2 m  
under myk  
mark

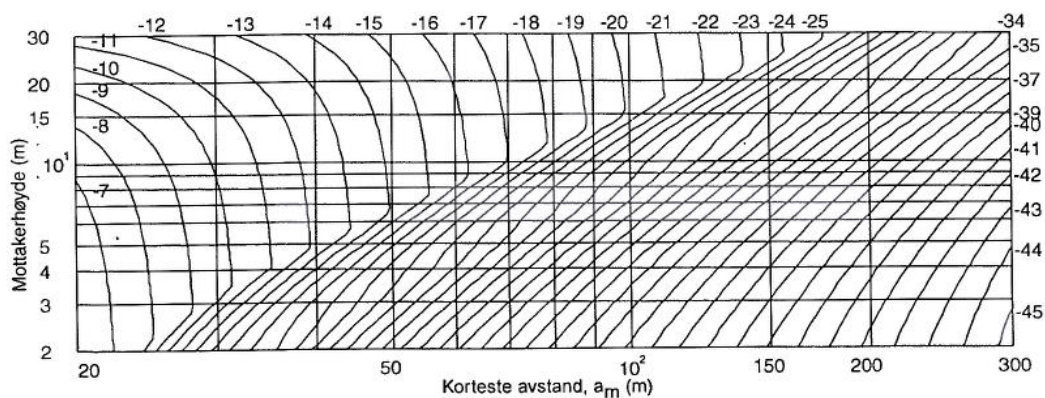




**Typetilfelle 4.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . Veg på fylling 4 m over myk mark.



**Typetilfelle 5.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . Veg i hard skjæring, 1 m under myk mark.

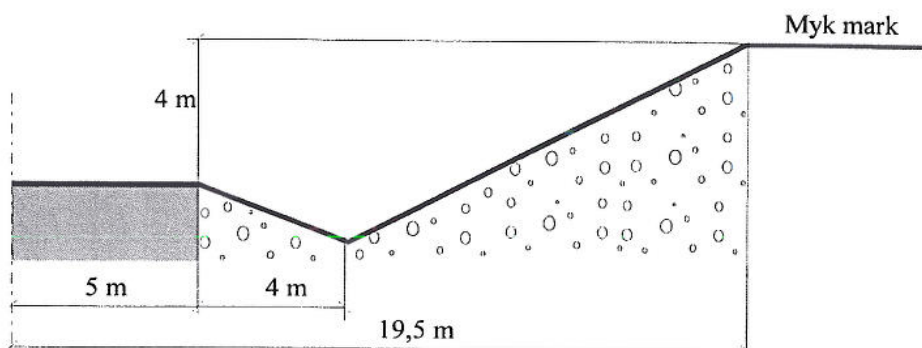


**Typetilfelle 6.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . Veg i hard skjæring, 2 m under myk mark.



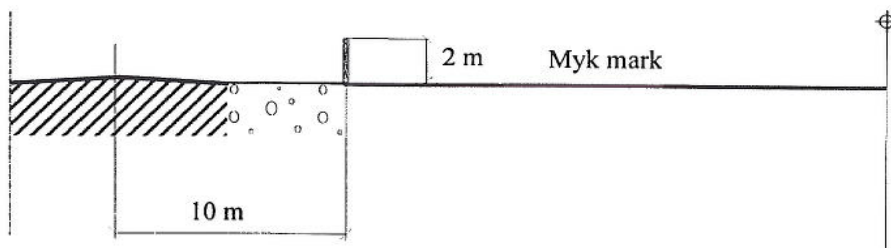
7

Veg i hard skjæring, 4 m under myk mark



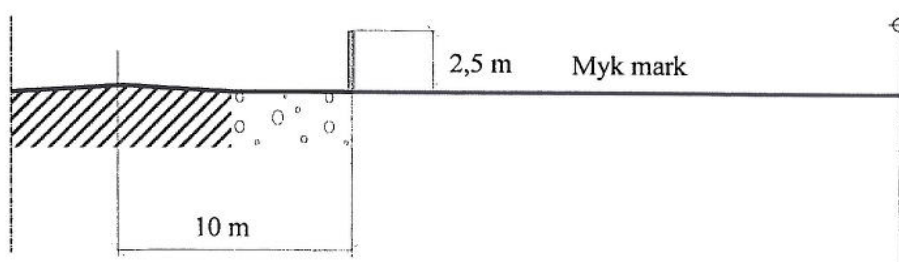
8

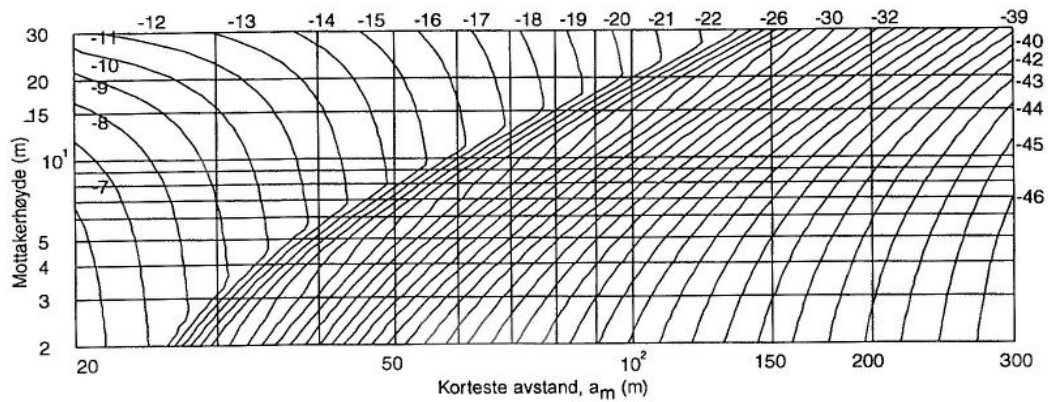
2 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.



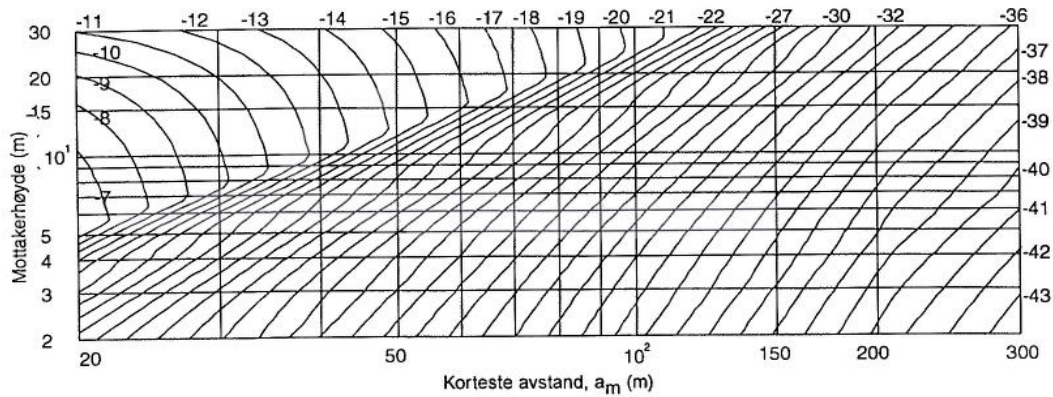
9

2,5 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.

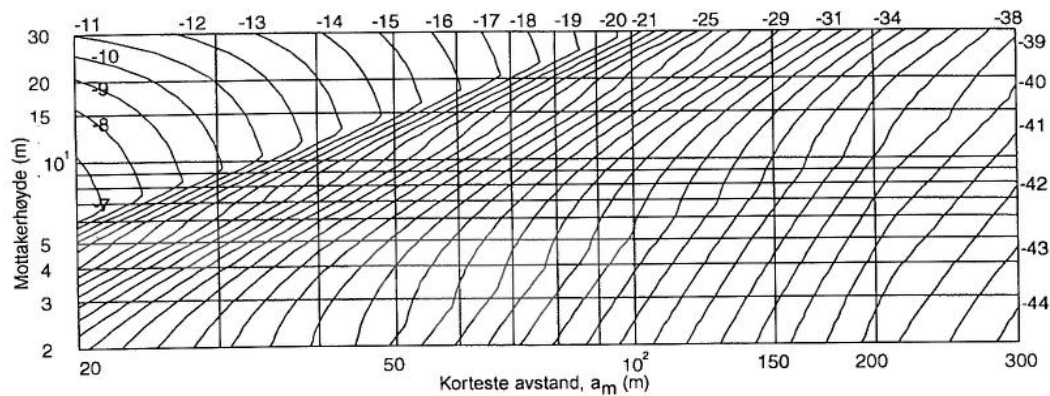




**Typetilfelle 7.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . Veg i hard skjæring, 4 m under myk mark.



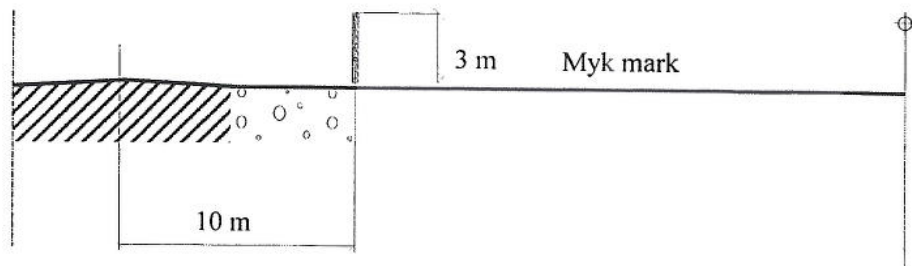
**Typetilfelle 8.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . 2 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.



**Typetilfelle 9.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . 2,5 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.

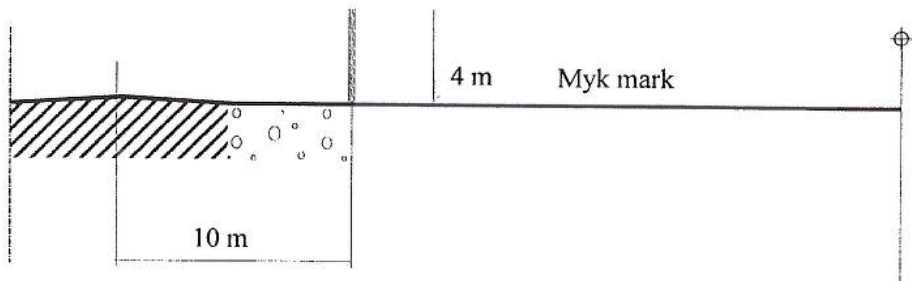
10

3 m høy skjerm,  
10 m fra veg  
senterlinje.  
Hard mark  
mellom veg  
og skjerm.  
Myk mark ellers.



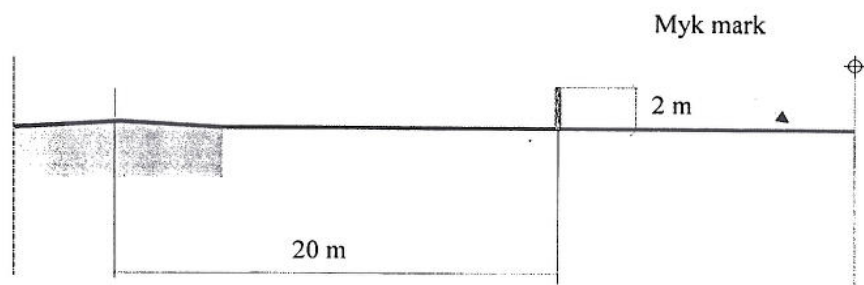
11

4 m høy skjerm,  
10 m fra veg  
senterlinje.  
Hard mark  
mellom veg og  
skjerm. Myk  
mark ellers.

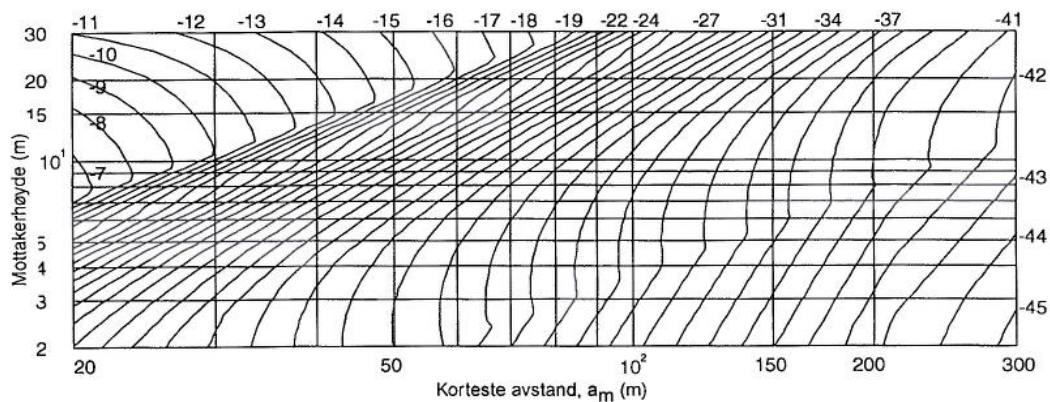


12

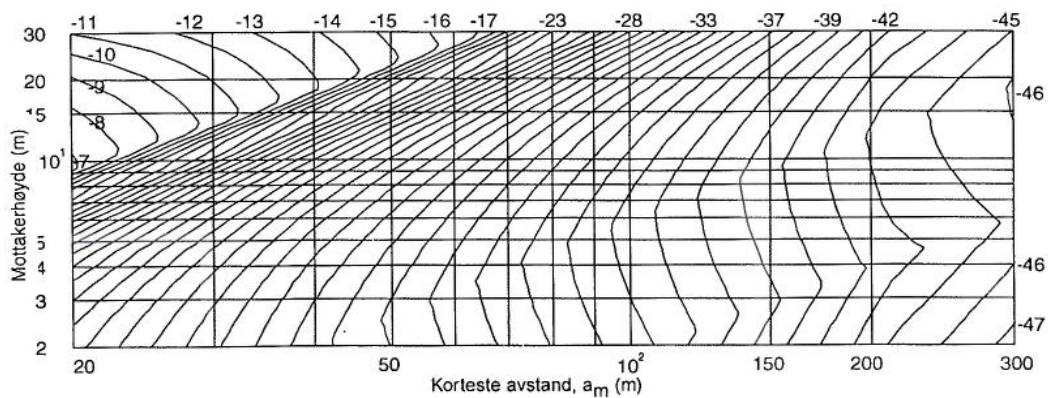
2 m høy skjerm,  
20 m fra veg  
senterlinje. Myk  
mark utenom  
vegbane.



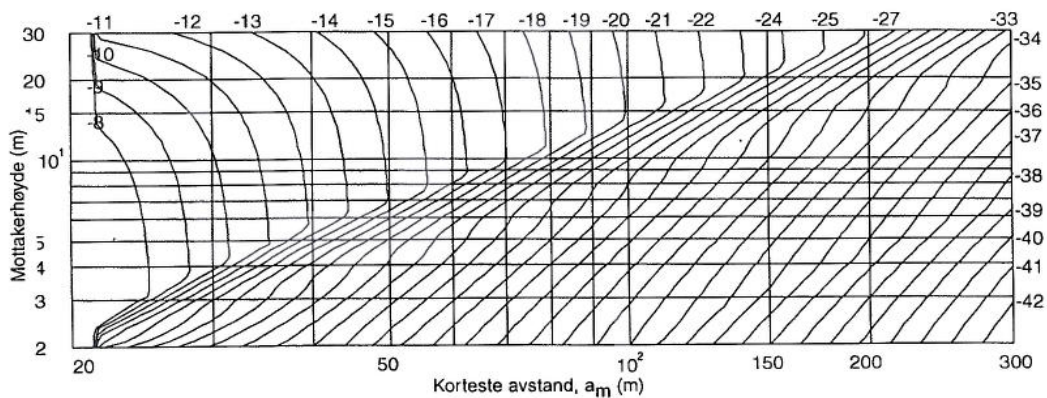




**Typetilfelle 10.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . 3 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje.  
Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.



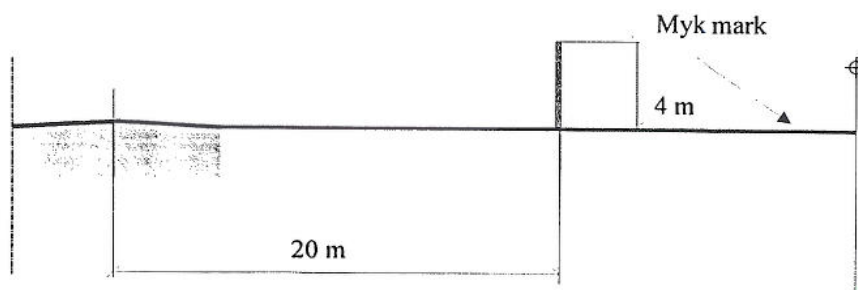
**Typetilfelle 11.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . 4 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje.  
Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.



**Typetilfelle 12.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . 2 m høy skjerm, 20 m fra veg senterlinje.  
Myk mark utenom vegbane.

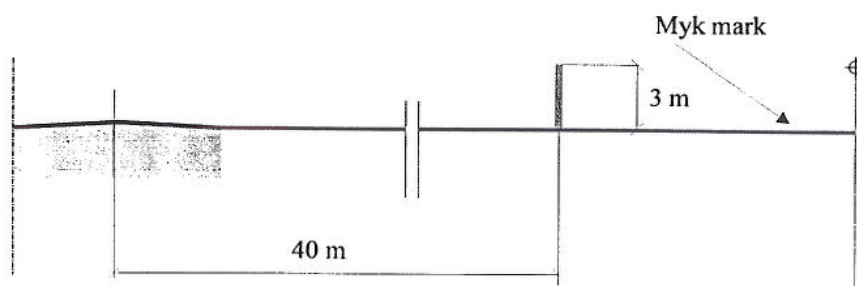
13

4 m høy skjerm,  
20 m fra veg  
senterlinje.  
Myk mark  
utenom  
vegbane.



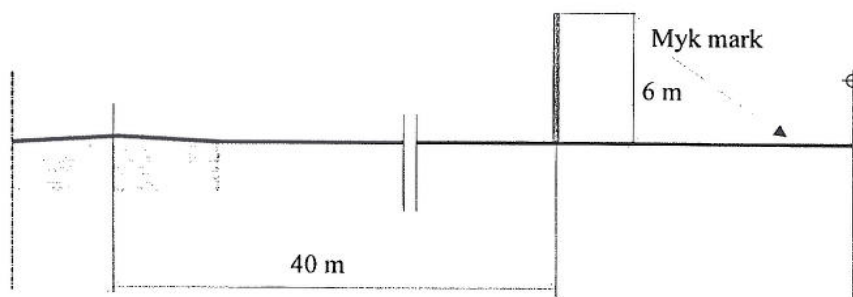
14

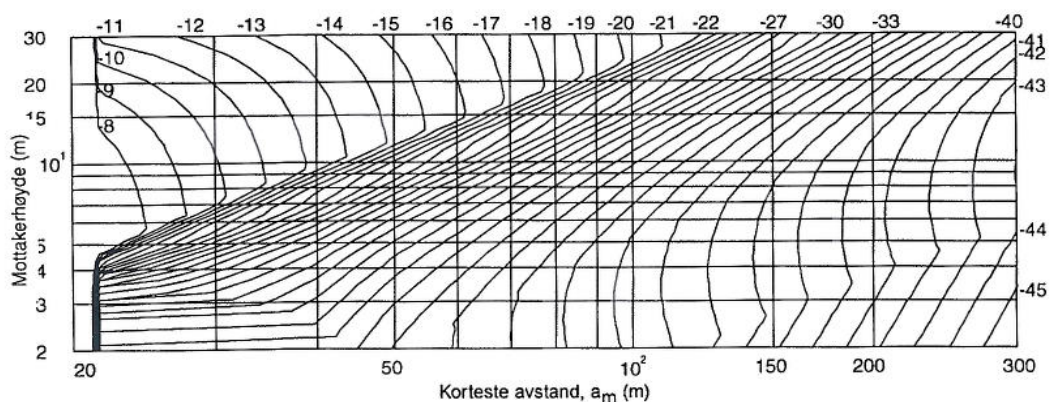
3 m høy skjerm,  
40 m fra veg  
senterlinje.  
Myk mark  
utenom  
vegbane.



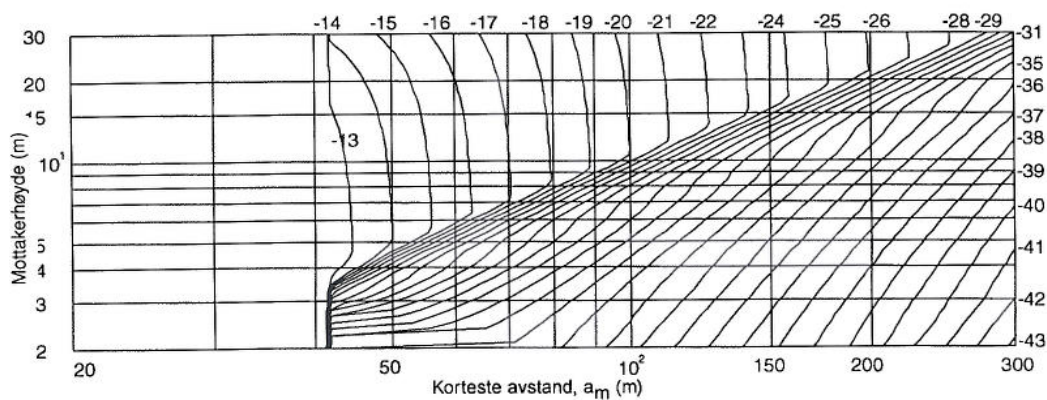
15

6 m høy skjerm,  
40 m fra veg  
senterlinje. Myk  
mark utenom  
vegbane.

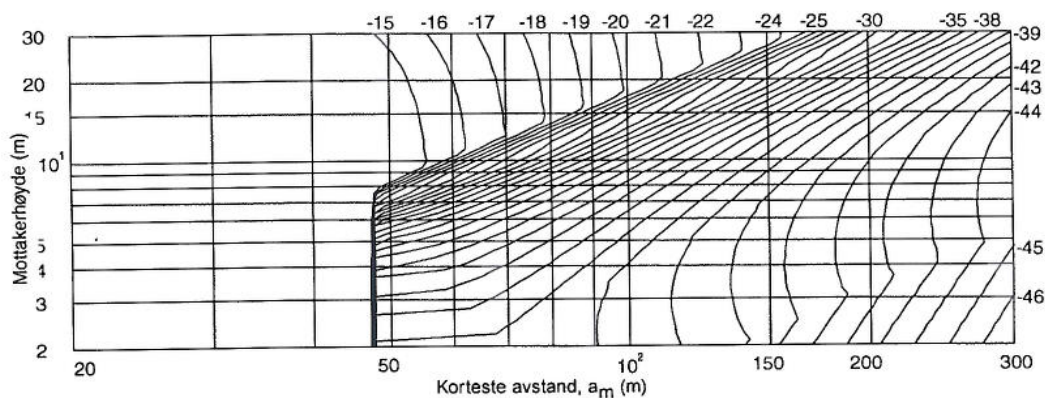




**Typetilfelle 13.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . 4 m høy skjerm, 20 m fra veg senterlinje.  
Myk mark utenom vegbane.



**Typetilfelle 14.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . 3 m høy skjerm, 40 m fra veg senterlinje.  
Myk mark utenom vegbane.

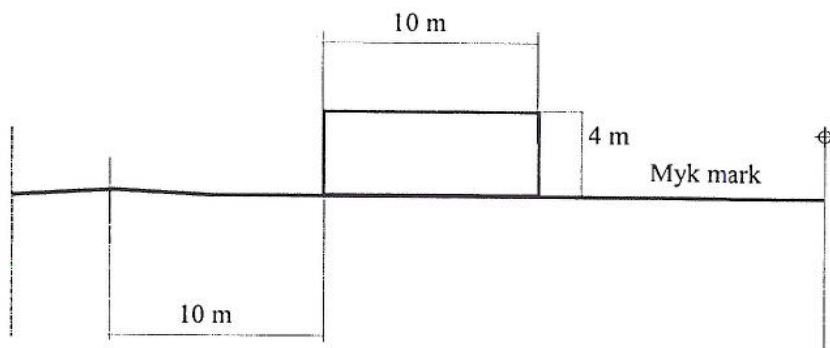


**Typetilfelle 15.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . 6 m høy skjerm, 40 m fra veg senterlinje.  
Myk mark utenom vegbane.



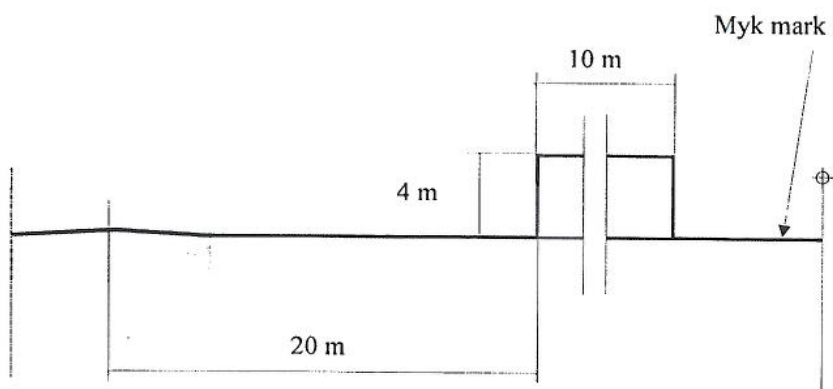
16

10 m bred, 4 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg skjerm. Myk mark ellers.



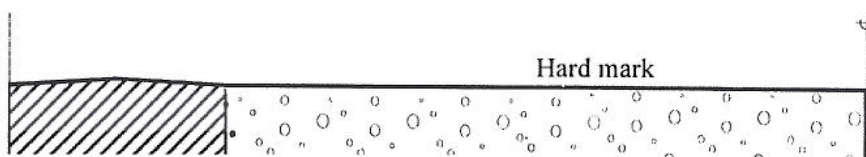
17

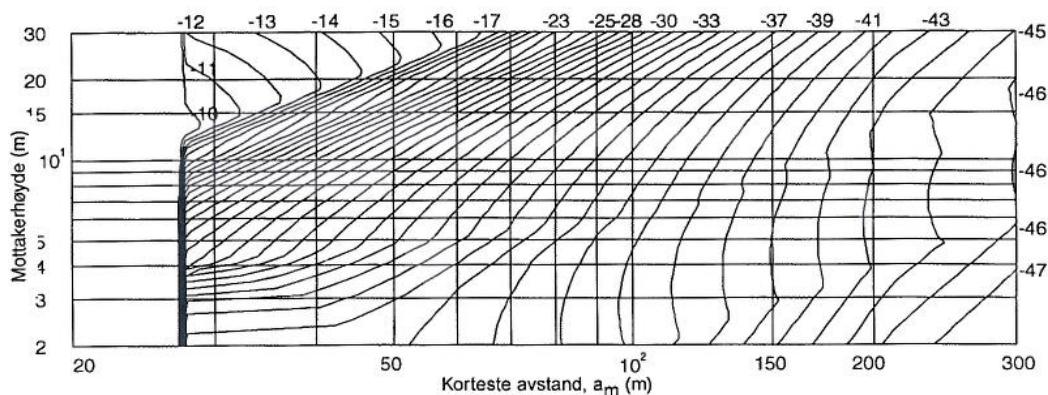
10 m bred, 4 m høy skjerm, 20 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg skjerm. Myk mark ellers.



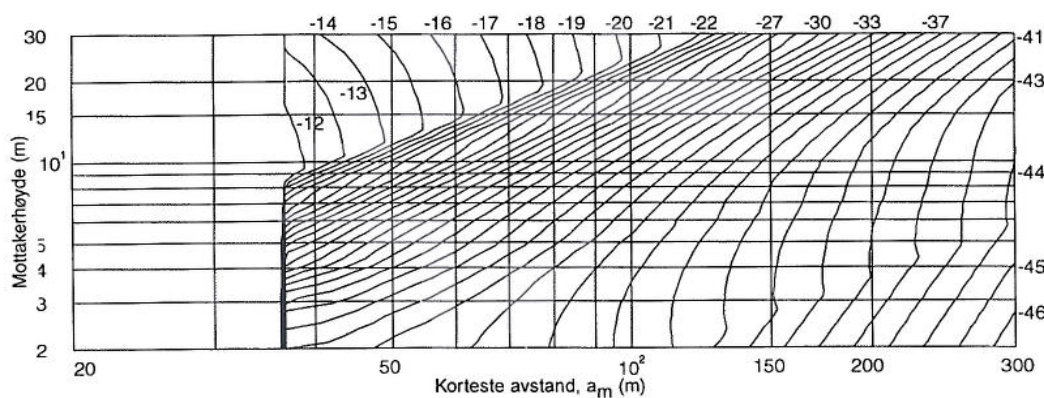
18

Veg i plan med hard mark

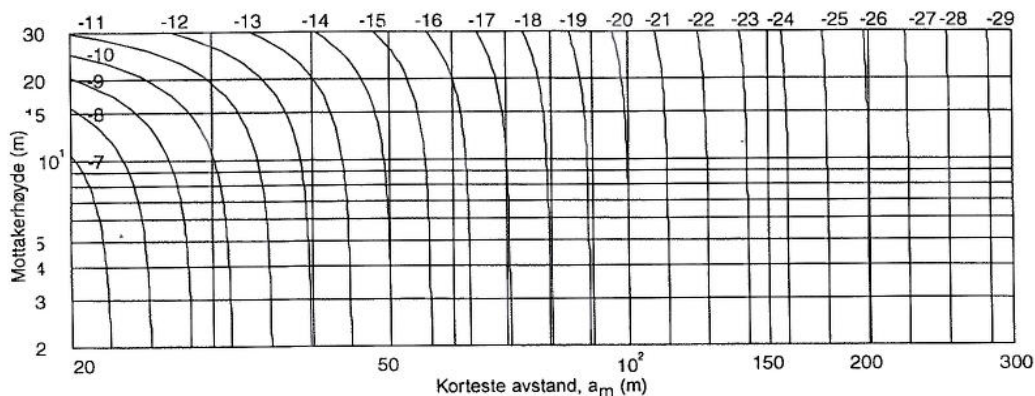




**Typetilfelle 16.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . 10 m bred, 4 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.



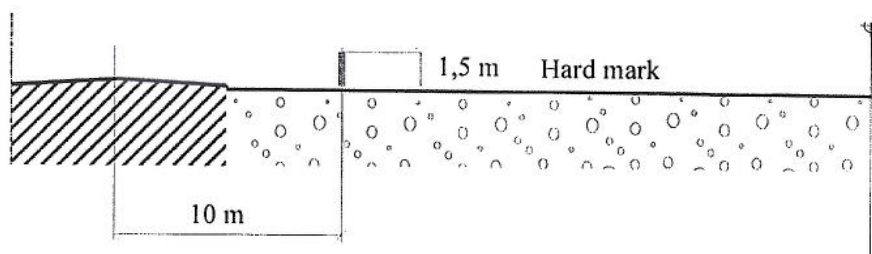
**Typetilfelle 17.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . 10 m bred, 4 m høy skjerm, 20 m fra veg senterlinje. Hard mark mellom veg og skjerm. Myk mark ellers.



**Typetilfelle 18.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks} + \Delta L_{3maks}$ . Veg i plan med hard mark

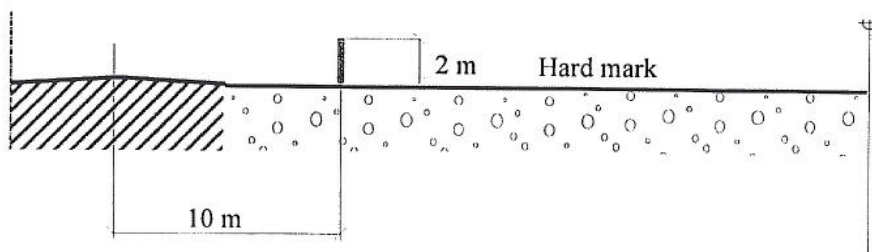
19

1,5 m høy skjerm,  
10 m fra veg  
senterlinje.  
Hard mark.



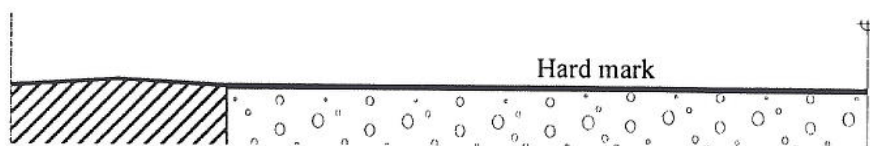
20

2 m høy skjerm,  
10 m fra veg  
senterlinje.  
Hard mark.

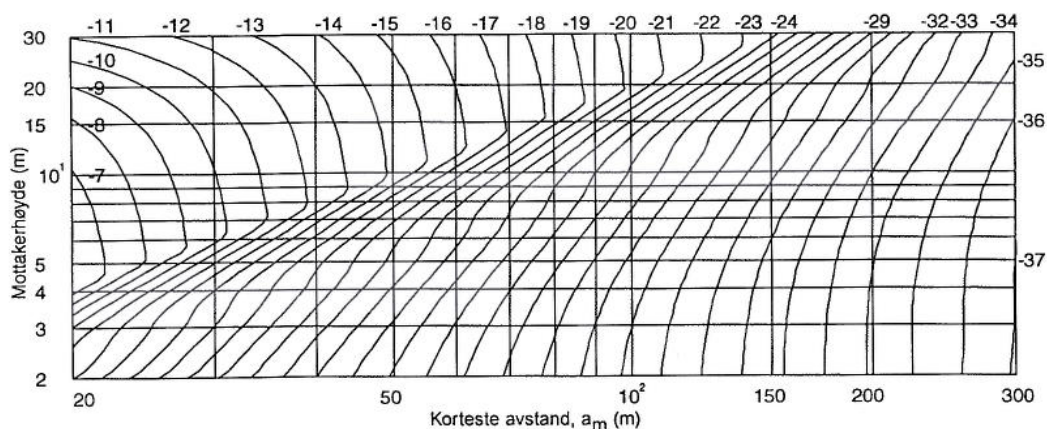


21

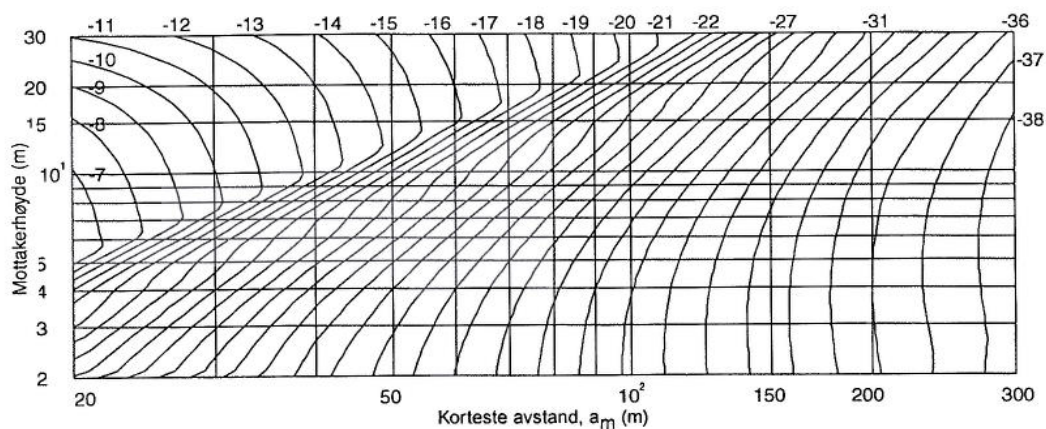
Kort avstand.  
Veg i plan med  
hard mark



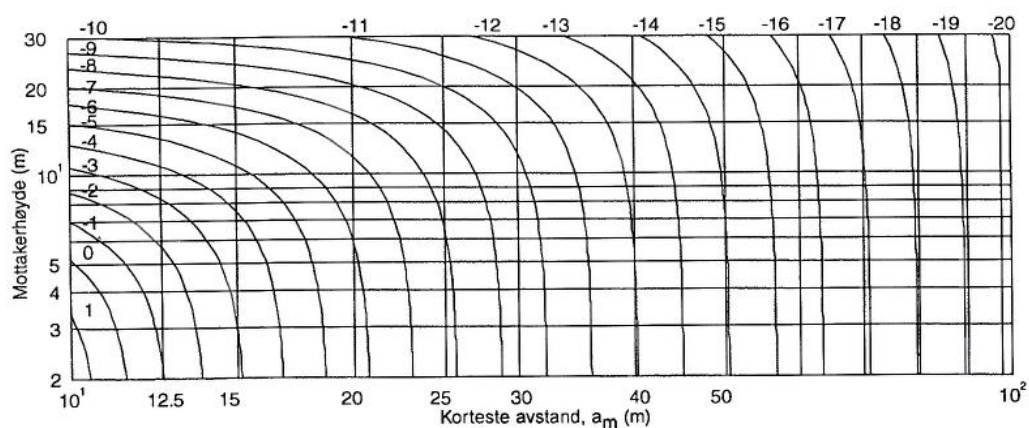




**Typetilfelle 19.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks}$  +  $\Delta L_{3maks}$ . 1,5 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje.  
Hard mark.



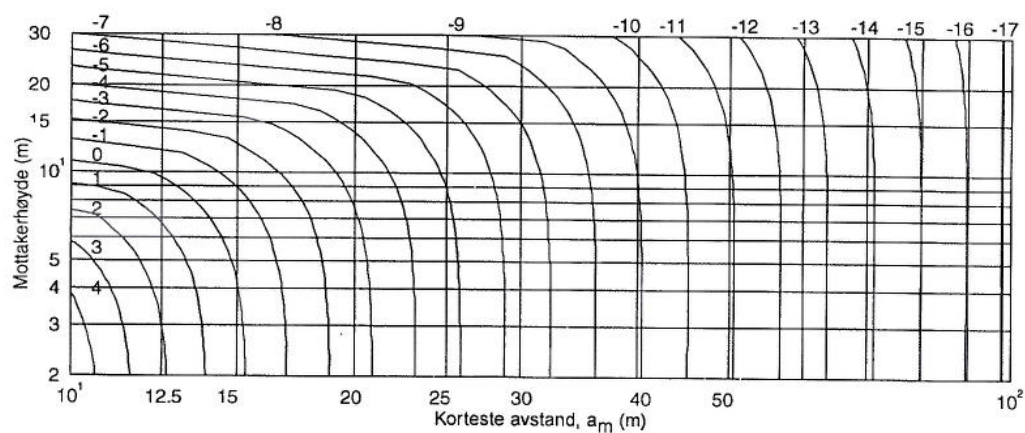
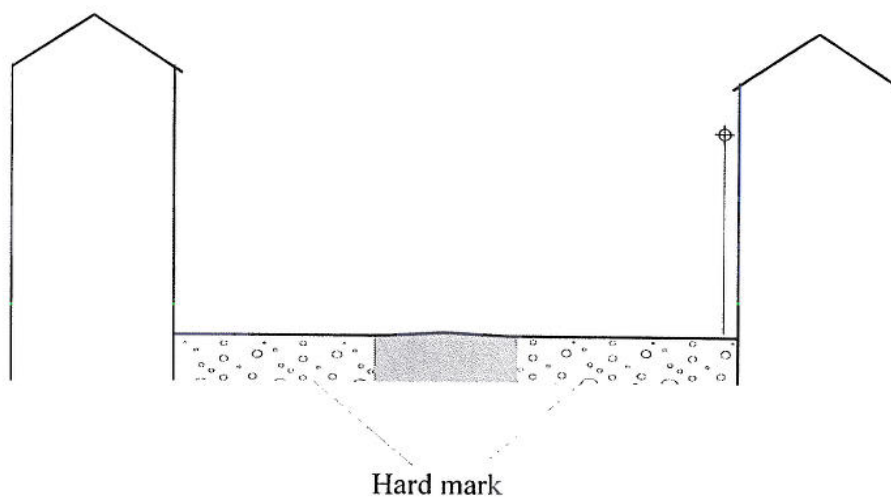
**Typetilfelle 20.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks}$  +  $\Delta L_{3maks}$ . 2 m høy skjerm, 10 m fra veg senterlinje.  
Hard mark.



**Typetilfelle 21.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks}$  +  $\Delta L_{3maks}$ . Kort avstand. Veg i plan med hard mark.

22

Kort avstand.  
Veg i plan med  
hard mark.  
Bygninger på  
begge sider.



**Typetilfelle 22.**  $L_{AFmaks}$ ,  $\Delta L_{2maks}$  +  $\Delta L_{3maks}$ . Kort avstand. Veg i plan med hard mark. Bygninger på begge sider.

**VEDLEGG A - BETEGNELSER**

|       |                                                                                                                                                    |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $a$   | = vinkelrett avstand fra vegens senterlinje til mottakerpunkt, målt langs refleksjonsplanet (m)                                                    |
| $a_m$ | = korteste avstand mellom senterlinje på nærmeste kjørefelt på veg, eller delstrekning av veg, og mottakerpunktet målt langs refleksjonsplanet (m) |
| $a_s$ | = vinkelrett avstand fra vegens senterlinje til mottakerpunktets speilbilde, målt langs refleksjonsplanet (m)                                      |
| $A$   | = ekvivalent lydabsorpsjonsareal ( $m^2$ )                                                                                                         |
| $b$   | = halvparten av trafikkert vegbanebredde, (m)                                                                                                      |
| $b_h$ | = halvparten av avstand fra hus til hus i hovedgate (m)                                                                                            |
| $b_p$ | = halve bredden av åpning mellom gate og gårdsrom (m)                                                                                              |
| $b_s$ | = halvparten av avstand fra hus til hus i sidegate (m)                                                                                             |
| $C_F$ | = spektrumskorreksjon for hastighet ved beregning av fasade lydisolasjon (dB)                                                                      |
| $C_s$ | = spektrumskorreksjon ved beregning av fasade lydisolasjon (dB)                                                                                    |
| $d$   | = beregningsavstand, "gjennomsnittlig akustisk avstand" (m)                                                                                        |
| $d_r$ | = avstand fra mottakerpunktets speilbilde til reflekterende flate langs siktvin-<br>kelens delingslinje, målt langs refleksjonsplanet (m)          |
| $d_1$ | = avstand fra vegens senterlinje til skjerm langs beregningsavstand $d$ (m)                                                                        |
| $d_2$ | = avstand fra skjerm til mottaker langs beregningsavstand $d$ (m)                                                                                  |
| $e$   | = skjermtykkelse målt langs beregningsavstand $d$ (m)                                                                                              |
| $e_g$ | = avstand mellom gate og gårdsrom, langs mellomliggende åpning (m)                                                                                 |
| $h_b$ | = høyde over refleksjonsplanet i vegbanens senterlinje (m)                                                                                         |
| $h_e$ | = effektiv skjermhøyde. Skjermtoppens høyde målt vinkelrett fra siktlinjen<br>mellom kilde til mottaker (m)                                        |
| $h_h$ | = høyde av nærmeste hus (m)                                                                                                                        |
| $h_m$ | = mottakerpunktets høyde, målt vinkelrett på refleksjonsplanet (m)                                                                                 |



|                  |                                                                                                                     |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $h_v$            | = skjermtoppens høyde, målt vinkelrett fra refleksjonsplanet på mottakersiden av skjermen (m)                       |
| $k$              | = beregningsparameter for tykk skjerm                                                                               |
| $l_0$            | = refleksjonsflatens lengde                                                                                         |
| $r$              | = avstand mellom sentrum av gårdsrommets åpning og mottakerpunkt i gårdsrom (m)                                     |
| $L_{Aekv}$       | = A-veid døgnekvivalent lydnivå (dB)                                                                                |
| $L_{Aekv,10m}$   | = $L_{Aekv}$ i 10 m avstand fra vegens senterlinje, beregnet fra $L_{AE}$ for en spesifisert døgntrafikkmengde (dB) |
| $L_{AE}$         | = "Sound Exposure Level" i avstand 10 meter fra vegens senterlinje (dB)                                             |
| $L_{AFmaks}$     | = A-veid maksimalt lydnivå med tidsveiling $F$ (dB)                                                                 |
| $L_{AFmaks,10m}$ | = $L_{AFmaks}$ i avstand 10 m fra vegens senterlinje (dB)                                                           |
| $L_p(t)$         | = lydtrykknivå $L_p$ som funksjon av tid, $t$ (dB)                                                                  |
| $L_{1ekv}$       | = referansenivå (eller utgangsnivå) for $L_{Aekv}$ (dB)                                                             |
| $L_{1maks}$      | = referansenivå (eller utgangsnivå) for $L_{AFmaks}$ (dB)                                                           |
| $\bar{L}$        | = aritmetisk middelværdi for et antall lydnivå (dB)                                                                 |
| $R$              | = laboratoriemålt lydreduksjonstall, uten flanketransmisjon (dB)                                                    |
| $R'$             | = lydreduksjonstall i bygning, feltmålt lydreduksjonstall (dB)                                                      |
| $R_{A,tr}$       | = trafikkstøy reduksjonstall beregnet fra laboratoriemålte verdier (dB)                                             |
| $R'_{A,tr}$      | = trafikkstøy reduksjonstall beregnet fra feltmålte verdier (dB)                                                    |
| $S$              | = rommets veggareal mot støyutsatt fasade (m <sup>2</sup> )                                                         |
| $S_p$            | = areal av åpning mellom gårdsrom og trafikert gate (m <sup>2</sup> )                                               |
| $v$              | = hastighet (km/t)                                                                                                  |
| $V$              | = romvolum (m <sup>3</sup> )                                                                                        |
| $z$              | = parameter som brukes for å ta hensyn til endringer i spektrum                                                     |
| $\alpha$         | = siktinkel (°)                                                                                                     |

---

|                   |                                                                                                                                             |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $\alpha_r$        | = siktinkel for refleksjoner fra en fasade, sett fra mottakerpunktets speilbilde (°)                                                        |
| $\beta$           | = vinkel mellom senterlinjen for gårdsrommets åpning og mottakerretning; sistnevnte sett fra åpningens senterpunkt på gårds plass-siden (°) |
| $\Delta L_b$      | = korreksjon for skjerming og lydspredning mellom frittstående bygninger (dB)                                                               |
| $\Delta L_{pB0}$  | = korreksjon for lydbidrag fra gate til indre åpningsmunning i gårdsrom (dB)                                                                |
| $\Delta L_{pB1}$  | = korreksjon for avstand fra indre åpningsmunning til mottakerpunkt i gårdsrom (dB)                                                         |
| $\Delta L_{pB2}$  | = korreksjon for mottakerpunktets retningsmessige plassering i gårdsrom (dB)                                                                |
| $\Delta L_F$      | = fasadens lydisolasjon (dB)                                                                                                                |
| $\Delta L_g$      | = korreksjon for multirefleksjoner i gårdsrom (dB)                                                                                          |
| $\Delta L_{ka}$   | = korreksjon for kort avstand til veg (dB)                                                                                                  |
| $\Delta L_m$      | = korreksjon for mark mellom skjerm og mottaker (dB)                                                                                        |
| $\Delta L_{mg}$   | = korreksjon for multirefleksjoner mellom bygninger (dB)                                                                                    |
| $\Delta L_{ms}$   | = korreksjon for multirefleksjoner i sidegater (dB)                                                                                         |
| $\Delta L_r$      | = korreksjon for refleksjon fra en enkeltflate (dB)                                                                                         |
| $\Delta L_s$      | = skjermkorreksjon (dB)                                                                                                                     |
| $\Delta L_{st}$   | = korreksjon for vegstigning (dB)                                                                                                           |
| $\Delta L_{ts}$   | = korreksjon for tykk skjerm (dB)                                                                                                           |
| $\Delta L_{vs}$   | = korreksjon for mark mellom veg og mottakerpunkt på skjermtopp (dB)                                                                        |
| $\Delta L_\alpha$ | = korreksjon for siktinkel (dB)                                                                                                             |
| $\Delta L_{2ekv}$ | = avstandskorreksjon (dB)                                                                                                                   |
| $\Delta L_{3ekv}$ | = korreksjon for den kombinerte effekten av mark og skjerm (dB)                                                                             |
| $\Delta L_{4ekv}$ | = andre korreksjoner (dB)                                                                                                                   |

$\Delta L_{5ekv}$  = fasadekorreksjon

$\theta$  = delingslinjens vinkel i forhold til retning vinkelrett på veg (°)

$\theta_k$  = vinkel brukt ved beregning av korreksjon for tykk skjerm, se figur 2.22 (°)

$\theta_m$  = vinkel brukt ved beregning av korreksjon for tykk skjerm, se figur 2.22 (°)



## VEDLEGG B - REFERANSER

- /1/ Hans Jonasson og Hugo Lyse Nielsen  
Road Traffic Noise - Nordic Prediction Method. TemaNord 1996:525. Nordisk Ministerråd, København, 1996.
- /2/ ISO/DIS  
Feltmåling av luftlydisolasjon av bygningsdeler i yttervegg og av yttervegg. Forslag til Internasjonal standard ISO/DIS 140 - 5.
- /3/ ISO  
Akustikk. Lydforhold i bygninger. Del 1: Vurdering av luftlydisolasjon. Norsk standard NS-EN717-1. Sept. 1997.



## VEDLEGG C - KORREKSJON FOR VEGDEKKE

Støy fra dekk og vegbane, ofte kalt rullestøy eller dekkstøy, er støy som genereres i kontaktflaten mellom bildekk og vegbane, og er en av de viktigste årsakene til støy fra vegtrafikk i dag. Denne støygenereringen er i grove trekk kjent og de viktigste kildene er bl.a.; dekkvibrasjoner som følge av overflateruheten i vegdekket, resonans i dekkene, mønsterblokkvibrasjoner i dekket, samt luftutblåsning og luftinnsug i for- og bakkant av dekkene.

Vegdekkets tekstur (ruhet) og lyddempende egenskaper er derfor viktige parametre for å redusere denne støyen, i tillegg til egenskaper ved bildekkene som bl.a. bredde, mønster og gummiblandning.

Ved vurdering av vegdekkers støymessige egenskaper benyttes et ISO-standardisert vegdekke som støymessig referanse. Dette er en tett asfaltbetong med maksimal steinstørrelse omkring 12 mm (AB12t).

Eldre asfalt gir mer støy enn nylagt dekke. Støyen øker med omkring 2 dB(A) i løpet av de første 2-3 år og skyldes komprimering og herding av veibanen slik at den blir hardere, samtidig som fint materiale slipes av og banen blir mer ru. De støynivåene som beregnes med den nordiske beregningsmodellen, tilsvarer støyen fra tett asfaltbetong eller tilsvarende vegdekke med en jevn og tett overflatestruktur, og som er eldre enn 2-3 år gammel.

Korreksjonen er avhengig av vegdekkenes alder, andelen tunge kjøretøy, samt hastigheten.

Det er ikke en obligatorisk del av beregningsmodellen å benytte korreksjonene for de ulike vegdekkene som er angitt i tabell C1. Korreksjonen kan likevel tas med dersom en ønsker å belyse vegdekkenes betydning for støyen.



Tabell C1. Korreksjon for vegdekke.

| Vegbane overflate |                                                     |               | Korreksjon i dB(A) for en gitt % tunge kjøretøy |       |         |            |       |         |             |        |  |
|-------------------|-----------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------|-------|---------|------------|-------|---------|-------------|--------|--|
| Nr.               | Type<br>(inkl. maks. kornstørrelse for pukkinnslag) | Alder<br>[år] | 0-60 km/t                                       |       |         | 61-80 km/t |       |         | 81-130 km/t |        |  |
|                   |                                                     |               | 0-5%                                            | 6-19% | 20-100% | 0-5%       | 6-19% | 20-100% | 0-5%        | 6-100% |  |
| 1.a               | Asfalt, betong, tett, glatt ( $\leq 12-16$ mm)      | 1-20          | ref                                             | ref   | ref     | ref        | ref   | ref     | ref         | ref    |  |
| 1.b               | Samme, men nylagt                                   | <1            | 0                                               | 0     | -1      | -2         | -1    | -1      | -2          | -2     |  |
| 2.a               | Asfalt, betong, tett, glatt ( $\leq 8-10$ mm)       | 1-20          | 0                                               | 0     | 0       | -1         | 0     | 0       | -1          | -1     |  |
| 2.b               | Samme, men nylagt                                   | <1            | -1                                              | -1    | -1      | -2         | -1    | -1      | -2          | -2     |  |
| 3.a               | SMA asfalt (maks 12-16 mm)                          | 1-20          | 0                                               | 0     | 0       | +1         | 0     | 0       | +1          | 0      |  |
| 3.b               | Samme, men nylagt                                   | <1            | 0                                               | 0     | 0       | +1         | 0     | 0       | +1          | 0      |  |
| 4.a               | SMA asfalt (maks 8-10 mm)                           | 1-20          | -1                                              | -1    | 0       | -1         | -1    | -1      | -1          | -1     |  |
| 4.b               | Samme, men nylagt                                   | <1            | -2                                              | -1    | 0       | -2         | -2    | -1      | -2          | -2     |  |
| 5.                | BCS asfalt ("hot rolled ")                          | 0-20          | +1                                              | 0     | 0       | +2         | +1    | 0       | +2          | +1     |  |
| 6.a               | Y1 «Chip seal, single», maks 16-20 mm               | 1-20          | +1                                              | 0     | 0       | +2         | +1    | 0       | +2          | +1     |  |
| 6.b               | Samme, men nylagt                                   | <1            | +2                                              | +1    | 0       | +3         | +1    | -1      | +2          | +1     |  |
| 7.a               | Y1 «Chip seal, single», maks 10-12 mm               | 1-20          | 0                                               | 0     | 0       | 0          | 0     | 0       | 0           | 0      |  |
| 7.b               | Samme, men nylagt                                   | <1            | 0                                               | 0     | 0       | 0          | 0     | -1      | 0           | 0      |  |
| 8.a               | Y1 «Chip seal, single», maks 6-9 mm                 | 1-20          | 0                                               | 0     | 0       | -1         | 0     | 0       | -1          | 0      |  |
| 8.b               | Samme, men nylagt                                   | <1            | -1                                              | 0     | 0       | -1         | -1    | -1      | -1          | -1     |  |
| 9.a               | Y2 «Chip seal, single», maks 16-20 mm               | 1-20          | 0                                               | 0     | 0       | +1         | 0     | -1      | 0           | 0      |  |
| 9.b               | Samme, men nylagt                                   | <1            | +1                                              | 0     | 0       | +1         | 0     | -2      | 0           | 0      |  |
| 10.a              | Y2 «Chip seal, single», maks 10-12 mm               | 1-20          | 0                                               | 0     | 0       | 0          | 0     | -1      | 0           | -1     |  |
| 10.b              | Samme, men nylagt                                   | <1            | 0                                               | 0     | 0       | 0          | -1    | -2      | 0           | -1     |  |
| 11.a              | Porøs asfalt, maks 14-16mm ( $\geq 20\%$ åpen)      | 3-7           | 0                                               | 0     | 0       | -1         | -1    | -1      | -1          | -1     |  |
| 11.b              | Samme, men yngre                                    | 1-2           | -1                                              | -1    | 0       | -1         | -1    | -1      | -1          | -2     |  |
| 11.c              | Samme, men nylagt                                   | <1            | -2                                              | -2    | -2      | -2         | -2    | -3      | -2          | -3     |  |
| 12.a              | Porøs asfalt, maks 8-12 mm ( $\geq 20\%$ åpen)      | 3-7           | 0                                               | 0     | 0       | -1         | -1    | -1      | -2          | -2     |  |
| 12.b              | Samme, men yngre                                    | 1-2           | -1                                              | -1    | -1      | -2         | -2    | -2      | -3          | -3     |  |
| 12.c              | Samme, men nylagt                                   | <1            | -3                                              | -3    | -3      | -4         | -4    | -5      | -5          | -5     |  |
| 13.               | Betong., tett, slett $\leq 20-80$ mm                | 0-40          | +2                                              | +1    | +1      | +2         | +2    | +2      | +2          | +2     |  |
| 14.               | Betong., tett, slett $\leq 12-18$ mm                | 0-40          | +1                                              | +1    | +1      | +2         | +2    | +2      | +2          | +2     |  |
| 15.               | Betong., tett, slipt (før slitasje)                 | 0-5           | -1                                              | -1    | -1      | -2         | -2    | -2      | -1          | -1     |  |
| 16.               | Brustein (eldre type)                               | 0-90          | +3                                              | +3    | +2      | +5         | +4    | +3      | +5          | +4     |  |
| 17.               | Sammenføydd betongstein                             | 0-20          | 0                                               | 0     | 0       | 0          | 0     | 0       | 0           | 0      |  |

## VEDLEGG D - LYDREDUKSJON PÅ GRUNN AV VEGETASJON

På grunn av usikkerheten i oppgitte verdier er dette vedlegget gitt til informasjon, og ikke som en integrert del av beregningsmetoden.

Lydreduksjon på grunn av vegetasjon oppstår som en komplisert effekt av selve vegetasjonen og markens innvirkning. Ofte vil markeeffekten dominere, mens lydspredning og absorpsjon vil gi en viss tilleggseffekt. Markens mykhet, og dermed markeeffekten, er gjerne større i områder med vegetasjon enn i åpent terreng. Spesielt gjelder dette for gammel vegetasjon.

Lydreduksjon på grunn av vegetasjon, som spesifiseres nedenfor, er et tillegg til den markdempning som ellers benyttes i metoden. En forutsetning for høy og vedvarende lydreduksjon er god vertikal plantefordeling og dominerende innslag av bartrær. En tett buskvegetasjon med minimum 5 m dybde kan gi inntil 2 dB reduksjon i A-veid lydnivå. Med vegetasjonsdybde over ca. 50 m kan reduksjonen bli 3-6 dB. Den høyeste verdien gjelder når den vertikale dekningen er god og marken spesielt myk eller kupert.

Vegetasjonen kan i tillegg forandre lydets karakter på en slik måte at den virker mindre sjenerende enn den målbare reduksjonen i A-veid nivå skulle tilsi.

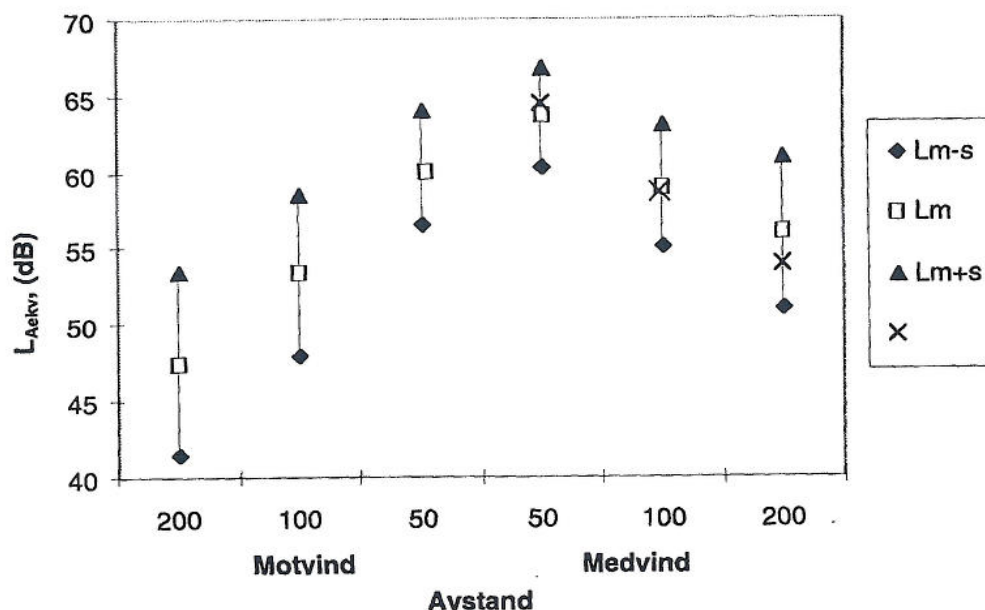
Variasjonen i lydforplantning på grunn av meteorologi er trolig mindre framtrædende i områder med vegetasjon enn i åpent terreng. Det er således mer sannsynlig med en vedvarende markeffekt i vegetasjon enn utenfor.





## VEDLEGG E - BEREGNINGSUSIKKERHET

Nordisk beregningsmetode har som mål å gi en gjennomsnittlig verdi for lydnivå. Dette oppnås ved å basere metoden på en rekke lydmålinger som er gjort ved moderate medvindsforhold. Noen omfattende, og godt dokumenterte kontrollmålinger er utført. En av de beste kontrollmålingene ble utført allerede i 1979, og er vist i figur 4.1. Det beregnede resultatet er nærmest identisk med gjennomsnittlig målt resultat. Dette indikerer liten usikkerhet. Imidlertid illustrerer målingene store variasjoner fra dag til dag. Standardavviket under moderate medvindsforhold, varierer fra 3 dB ved 50 m til 5 dB ved 200 m. Figuren viser den store forskjellen ved medvinds- og motvindsforhold.



Figur 4.1 Aritmetisk middelvei,  $L_m$ , og standardavvik,  $s$ , for  $L_{Aekv}$  ved 90 km/t korrigert for trafikkmengde (1000 personbilekvivalenter pr. time) ved 3 avstander fra hovedveg med høy trafikk og uhindret trafikkflyt. X representerer beregnede verdier. Vindhastighet varierte fra  $1,5 \pm 1,5$  m/s. Måleperiode 77 dager, og lyd-utbredelse over myk mark.

Eksempelet i figur 4.1. viser at det gir bedre nøyaktighet å beregne enn å gjøre kortidsmålinger i enkle situasjoner. I mer kompliserte situasjoner, kan det være hensiktsmessig å utføre målinger. Noen situasjoner dekkes ikke av beregningsmetoden. Det er også vanskelig å garantere gode beregningsresultater i tilfeller der følsomheten er stor for variasjon i inngangsdata. Eksempel på dette er beregningspunkt som er plassert slik at siktlinjen går nær toppen av en skjerm, og situasjoner der det er vanskelig å definere et refleksjonsplan.





# Statens vegvesen

Statens vegvesen  
Vegdirektoratet  
Postboks 8142 Dep  
0033 Oslo

---

Håndbøkene kan bestilles fra:

Statens vegvesen

Vegdirektoratet

Håndbokeekspedisjonen

Boks 8142 Dep

0033 Oslo

Tlf.: 22 07 35 00

Faks: 22 07 37 68

E-post: [firmapost@vegvesen.no](mailto:firmapost@vegvesen.no)

ISBN 82-7207-485-0