

# Drenering av undergang for E 75 i Stjørdal

Overingeniør R. S. Nordal

Veglaboratoriet

DK 624.152 : 625.781

Underganger under jarnbaner og i planfrie vegkryss må ofte legges så djupt i terrenget at kjørebana kjem under grunnvasstanden i området. I denne artikkelen diskuterer forfattern ulike løysingar for dei problem som er knytta til vegunderganger under grunnvasstanden. Ein har konsentrert seg om løysingar som går ut på å senke grunnvasstanden ved drenering. Og i denne samanheng er det gitt ei detaljert beskriving av ein undergang for E 75 i Stjørdal.

## Orientering

Det blir stadig større behov for planfrie kryss på sterkt trafikerte vegar og der veg og jarnbane kryssar kvarandre. Når det høver med linjeføring og terreng, bygger ein gjerne bru over for den kryssande vegen. Elles er det ofte naturleg å senke den eine vegen ned i ei skjæring og la den gå i ein undergang under den kryssande trafikkåre.

I dag krev ein ved nybygging ei fri høgde på 4,75

m over kjørebana i underganger for alle viktige offentlege vegar. Når ein legg til det som trengs for berekonstruksjon og dekke for den overliggande vegen, blir høgdeskilnaden som regel 5,5 til 6,0 m. Det kan då lett oppstå stabilitetsproblem for fyllingane for vegen som kryssar over på flat mark. Såleis kan ein bli nøydd til å senke undergangen ned under grunnvasstanden. I andre høve kan ein vere bunden av stigningsforhold eller stiv linjeføring. Ved bygging av undergang under jarnbane viser det seg at høgda for eksisterande skinnegang ofte er låst fast av stigningsforhold, stasjonsområder, etc. I andre høve kan det bli urimeleg kostbart å løfte jarnbanelinja. Gamle jarnbaneunder-

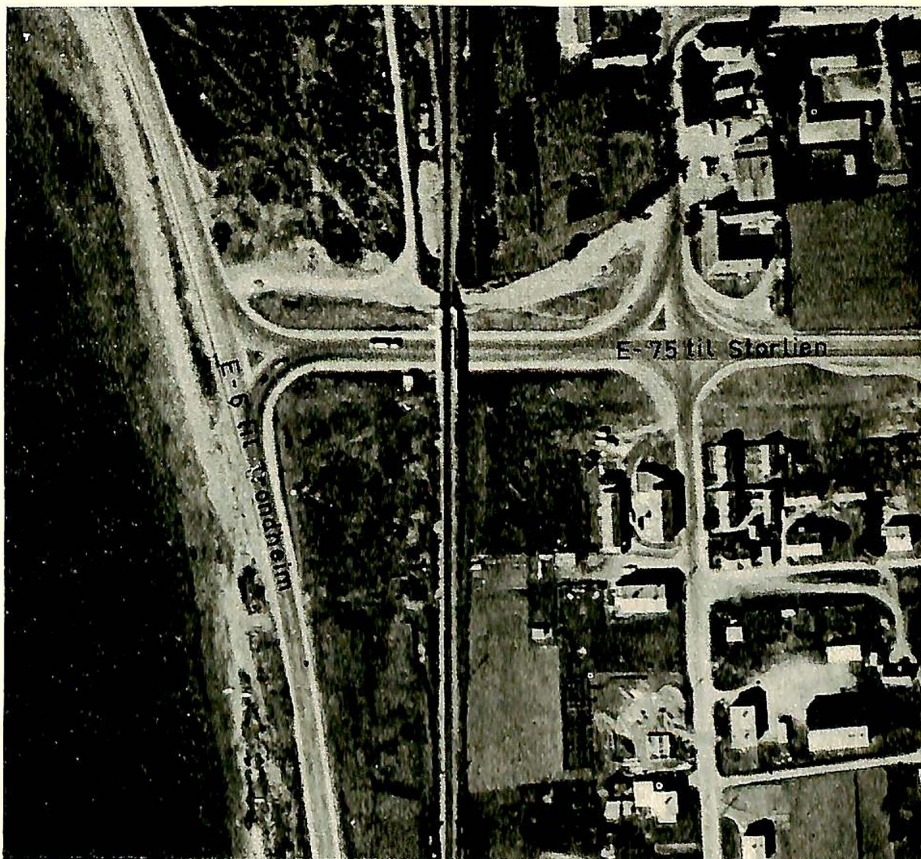


Fig. 1. Flyfoto som viser vegkrysset der E 75 tar av frå E 6 og går under jarnbanelinja.

Airphoto showing the intersection where E 75 takes off from E 6, and crosses under the railwayline.



gangar for vegar har vanlegvis altfor lita fri høgd. Når ein skal rette på dette, er ein som regel nøydd til å senke vegen ned i grunnen.

Ved omlegging av E 6 i Stjørdal i 1960—61 måtte ein bygge ein undergang for E 75 under jarnbana like syd for Stjørdal stasjon. På grunn av det nærliggande stasjonsområdet var det ikkje muleg å løfte jarnbanelina. For å få stor nok fri høgd i undergangen måtte ein senke planum ned på kote +1,15 m som er under grunnvasstanden i området. I samband med dette vurderte ein ulike måtar å bygge slike undergangar på. I det følgjande vil ein gjere nærmare reide for dette og omtale utforminga av dreneringssystemet for denne undergangen i detalj.

### Grunnforhold

Grunnen i området ved undergangen består hovudsakleg av sand som er sett av i deltaet som Stjørdalselva har bygd opp ved utløpet i Stjørdalsfjorden. Under matjordlaget finn ein middels sand som kan vere grusig, ned til omlag kote +1,00 m. Materialet er noe varierende som elveavsetningar vanlegvis er. Under dette nivået består materialet i grunnen stort sett av einskornig finsand med små islett av middels sand. Mot vest synk finsand-laget ned under kote 0 omlag 30 m vest for undergangen.

Grunnvatnet i området står i ulike høgder. Etter målingane i oktober i 1959 varierte grunnvasstanden mellom kote 2,46 m øst for jarnbanelinja og kote 1,46 m på vestsida. Desse variasjonane i grunnvasstanden viser at det ikkje er direkte sammenheng mellom dei grove materiallage i grunnen. Dei ligg tvert imot som enkelte linser i den finsandige grunnmassen. Nær den gamle osen for Stjørdalselva omlag 100 m utanfor undergangen, er vasstanden dominert av flo og fjøre. Etter observasjonar i 1957 kan ein rekne med at vassstanden i sjøen her varierer mellom kote +2,00 m og -2,00 m. Planum i undergangen ligg såleis både under den lokale grunnvasstanden i terrenget og under høgvasstanden i sjøen utanfor.

### Diskusjon av planløysinga

Når ein skal bygge ein undergang med kjørebanda under den naturlege grunnvasstanden i terrenget, kan ein gjere dette på fleire ulike måtar. Stort sett er det tre løysingar som kan vere aktuelle etter som forholda ligg til rette for det.

Først har ein dei tilfella der det finns ein avløpsvasstand som er så låg at ein kan senke grunnvatnet i undergangen direkte ved drenering. Dette er enklast og det er den situasjonen ein har oftast. Den vanlege løysinga er enkel som vist skjematisk

i figur 2A. Ved hjelp av drengrofter på begge side av kjørebanda og filterlag nederst i overbygninga senker ein grunnvatnet tilstrekkeleg ned under kjørebanda. Drensvatnet føres til ein samlekum og renn bort gjennom ei avløpsleidning saman med overflatevatnet. Det kan ofte vere både vanskeleg og kostbart å få etablert et direkte avløp. Men der det er praktisk gjennomførleg, vil det som regel også vere fordelaktig økonomisk sett. Blir avløpsleidninga særleg lang og kostbar, kan ein spare noe ved å bruke eit mindre tverrsnitt og så lage til eit reguleringsbasseng som kan magasinere noe av avløpsvatnet under sterke regnskyl. Der avløpsvasstanden kortvarig og ein sjelden gang kan stige for høgt, kan det vere aktuelt å sette inn tilbakeslagsventil i avløpsleidninga. For denne undergangen fann ein at perioder med høgvasstand over kjørebanda ville inntreffe så ofte og vere så vidt langvarige at ei løysing med direkte utdrenering var ikkje aktuell.

Ved bygging av ein undergang der kjørebanda ligg under både den lokale grunnvasstanden og avløpsvasstanden har den vanlege standardløysinga vore slik som skissert i figur 2 B. Ein bygger eit tett betongtrau som stenger grunnvatnet ute og med eit pumpeanlegg lenser ein trauset for lekkasje og overflatevatn. Ein planla ei slik løysing for undergangen på Stjørdal i første omgang. Ved nærmare ettertanke fann ein at det kunne bli mange ulemper med ei slik løysing. For det første ville eit slikt betongtrau bli dyrt, det kunne bli vanskeleg å eliminere telehiving heilt og dessutan ville det bli svært problematisk å få til god nok tetting av trauset og fugene ved brua. Ein meinte også at eventuell lekkasje av varmt grunnvatn opp i trauset vinters-tid kunne føre til isvanskar i kjørebanda og skader på betongen. For å lense unna overflatevatnet i sterke regnskyl måtte ein ha eit forholdsviss stort pumpeanlegg. Ei enkel utrekning viste vidare at tilsiget av grunnvatn til undergangen var lite (ca 1/10) i forhold til den maksimale mengde regnvatn. På denne bakgrunn foreslo forfattern ei ny løysing som vist i figur 2 C. Prinsippet er at ein senkar grunnvatnet lokalt ved drenering som i figur 2 A, men her lar ein grunnvatnet renne ned i eit oppsamlingsbasseng og pumpar det ut saman med overflatevatnet. Ved denne løysinga kunne ein spare betongtrauset og i staden lage berre eit relativt enkelt dreneringssystem. Pumpeanlegget med oppsamlingsbasseng ville bli praktisk talt det same i begge tilfelle. Det ville vere berre ein fordel for drifta av pumpene om dei måtte gå litt oftare og lense unna grunnvatnet. For å avklare nærmare kor stort grunnvasstilsiget ville bli, vart det utført supplerande under-

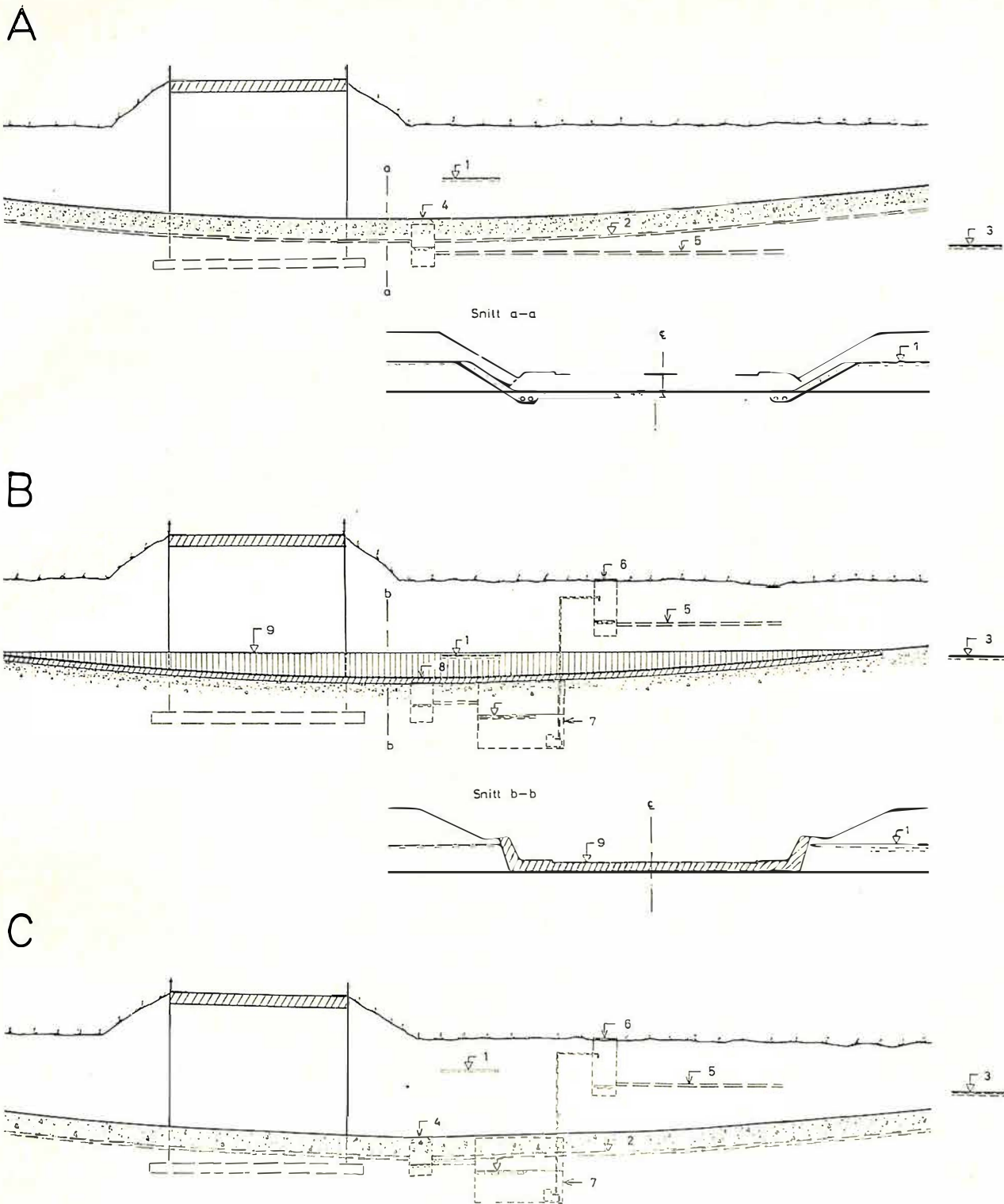


Fig. 2. Prinsippskisse som viser 3 ulike måtar for drenering av ein vegundergang: A direkte utdrenering til lågare avløp; B tett betongtrau med oppsamlingsbasseng og pumper for lensing av overflate- og lekkasje-vatn; C senking av grunnvatnet ved drenering til oppsamlingsbassenget og utpumping som for B. 1: Naturleg grunnvasstand. 2: Grunnvasstand senka ved drenering. 3: Vasstand i avløpet. 4: Drenskum med sluk. 5: Avløpsleidning. 6: Avløpskum. 7: Pumpeanlegg med oppsamlingsbasseng. 8: Vasstett kum med sluk. 9: Betongtrau.

Sketch showing 3 different ways to drain an underpass: A direct gravitational drainage; B waterproof concrete trough with pumps for removing surface runoff and leakage water; C lowering the ground water by direct drainage to the collecting basin where the seepage water is discharged together with the surface water. 1: Natural groundwater table. 2: Groundwater table lowered by drainage. 3: Water level at the outlet. 4: Catch basin with inlet. 5: Discharge pipe. 6: Discharge basin. 7: Pumps with collecting basin. 8: Waterproof catch basin with inlet. 9: Concrete trough.



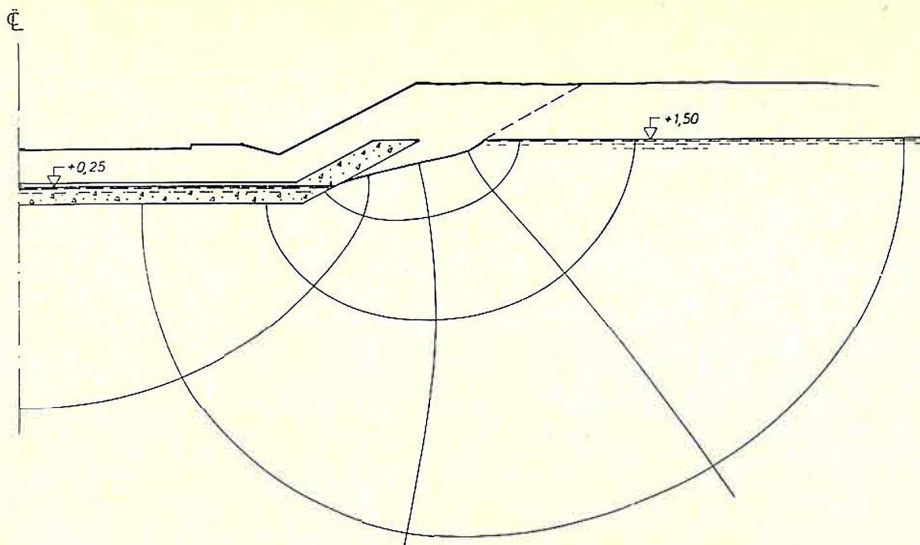


Fig. 3. Strømningsnett som viser strømlinjer og ekvipotensiallinjer for grunnvassstrømninga mot undergangen.

Flow net showing flow lines and equipotential lines for the ground water seepage toward the underpass.

søkingar av grunnforholda. Ei ny utrekning av grunnvasstilsiget gav om lag same resultat som før og dette vart også verifisert ved prøvepumping. På denne bakgrunn fann ein det tilrådeleg å bygge undergangen etter denne planen.

### Overflatevatn

For dimensjonering av pumpeanlegg, rørtverrsnitt og basseng må ein rekne ut den maksimale mengde overflatevatn som skal pumpes bort. Til dette brukar ein den rasjonelle formel for avrenning frå små nedslagsfelt etter areal, avrenningsfaktor, konsentrasjonstid og nedbørsintensitet (kfr. avsnittet om avrenning i Meddelelse nr 22 frå Veglaboratoriet). For ei konsentrasjonstid på 10 min valte ein å rekne med ein nedbørsintensitet ( $i$ ) på 1,8 mm pr min. Dette skulle gi ei vassføring som statistisk sett berre ville bli større ein gong for kvart 30. år. For viktige undergangar bør ein dimensjonere for minst 50 år. Det er rekna med eit areal ( $A$ ) på 1560 m<sup>2</sup> for asfaltert veg og fortau med avrenningsfaktor ( $C$ ) på 0,8. For tilstøytande skjeringskråningar som dreneres til undergangen er arealet 1540 m<sup>2</sup> med avrenningsfaktor på 0,3. Dette gir følgjande avrenning:

$$Q = C \cdot i \cdot A \quad (1)$$

$$Q_2 = 0,8 \cdot \frac{1,8}{1000} \cdot 1560 = 2,25 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$Q_2 = 0,3 \cdot \frac{1,8}{1000} \cdot 1540 = 0,83 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$\text{Samla avrenning } Q_t = 3,08 \text{ m}^3/\text{min}$$

### Tilsig av grunnvatn

Det er vanskeleg å rekne ut tilsiget av grunnvatn nøyaktig. Enkelte horisontale lag av grovt, permeabelt material i grunnen kan dominere grunnvasstilsiget. Dessutan kan det i tilsynelatande homo-

gent material vere ei viss horisontal skiktning som gjer permeabiliteten mye større i horisontal enn i vertikal retning.

På grunnlag av grunnvasstandsobservasjonane her fann ein at det ikkje kunne vere direkte samanheng mellom dei grove materiallaga ein hadde funne i grunnen, bortsett frå laget nærmast under markoverflata. Elles besto materialet i grunnen stort sett av einskornig finsand, og måling av permeabiliteten i laboratoriet gav som resultat  $k = 2 \cdot 10^{-3}$  cm pr sek. For utrekning av grunnvasstanden teikna ein opp eit strømningsnett som vist i figur 3. Dette nettet viser korleis grunnvatnet under sterk nedbør vil strøme gjennom grunnen inn mot undergangen gjennom den homogene finsanden. Ein har rekna med at dei grove sandlaga over kote 1,50 — 2,50 m er samanhengande og at grunnvatnet i sterk nedbør vil bli ståande i dette sandlaget i terrenget omkring undergangen. Vidare har ein rekna med at eventuelle djupareliggande grove sandlag blir skifta ut med finsand for å tette av inn mot undergangen (kfr. fig. 4).

For utrekning av grunnvasstilsiget bruker ein berre formfaktoren  $n_f/n_d$  som her er 0,9. Denne endrar seg lite med små endringar i vasstanden i omliggande terreng. For ei orienterende utrekning kan ein derfor bruke 0,9 som ein gjennomsnittleg formfaktor langs heile undergangen. Ein kan då bruke følgjande formel for grunnvasstilsiget:

$$Q = \frac{n_f}{n_d} \cdot k \cdot l \cdot \sum h \quad (2)$$

$$\frac{n_f}{n_d} = \text{formfaktor} = 0,9$$

$$k = 2 \cdot 10^{-3} \text{ cm/sek} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/min}$$

$$l = 2 \cdot 10 \text{ m for kvar pel}$$

$$\sum h = \text{sum av trykkskilnadene mellom dreneringsnivået under kjørebana og grunnvasstanden i omliggande terreng} = 15 \text{ m.}$$

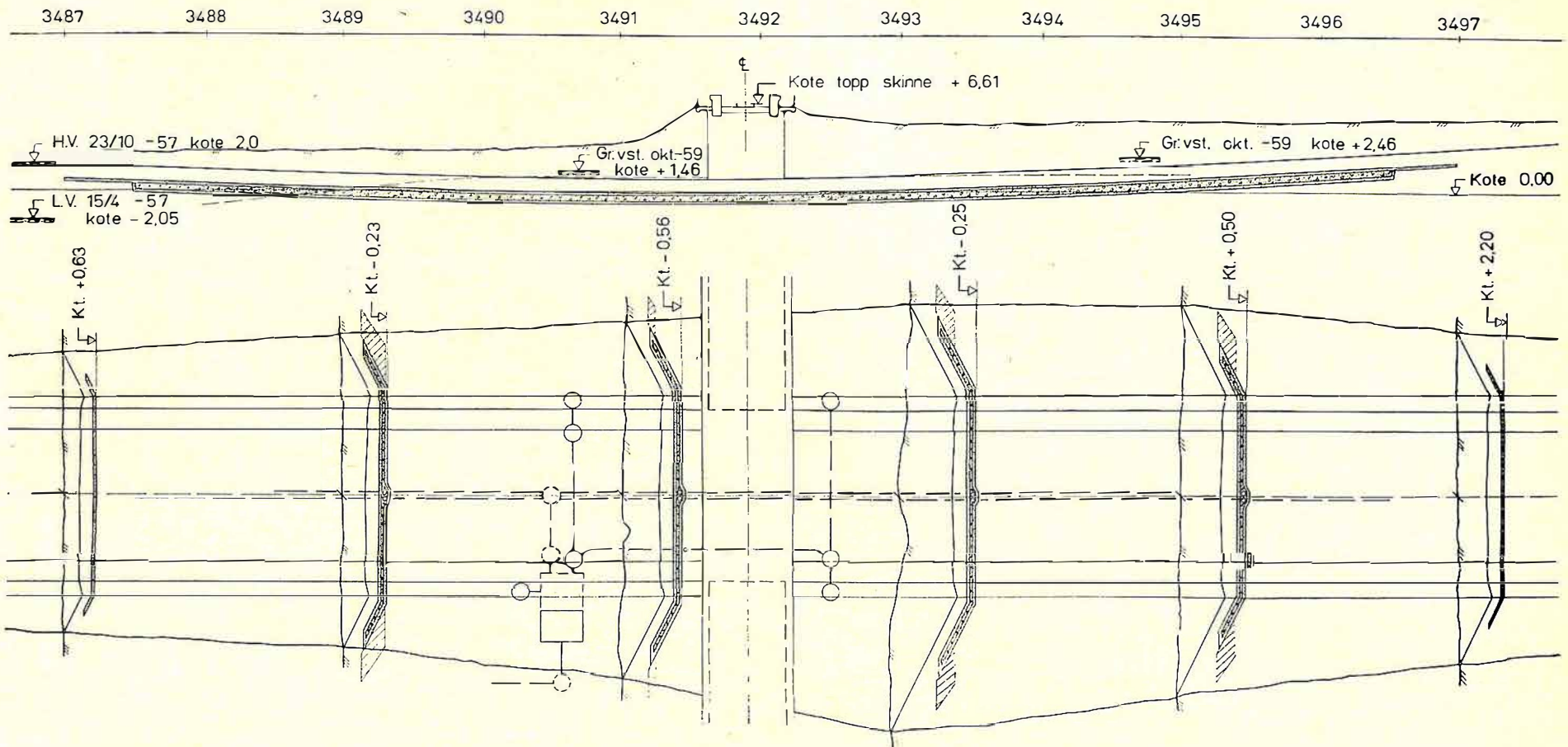


Fig. 4. Oversiktsplan for dreneringsanlegget.

General view of the drainage system.



Insett i formel (2) gir dette:

$$Q = 0,9 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} \cdot 20 \cdot 15 = 0,32 \text{ m}^3/\text{min}.$$

Dette er det grunnvasstilsiget ein skulle kunne rekne med om permeabiliteten i grunnen er som målt på små prøver i laboratoriet. Dersom permeabiliteten på grunn av horisontal lagdeling i realiteten var 3 ganger så stor ville grunnvasstilsiget kome opp mot 1 m<sup>3</sup>/min. For å kontrollere dette på beste måte vart det som nemnt utført prøvepumping i samband med bygging av brua. Prøvepumpinga ga 150—200 l/min i opphaldsver. Dette fann ein var tilstrekkeleg verifikasjon på at grunnvasstilsiget ville bli lite i forhold til mengden av overflatevatn.

### Plan for dreneringsanlegget

Dreneringsanlegget i denne undergangen har to hovedoppgåver å fylle. Det skal samle opp overflatevatnet og senke grunnvasstanden så veggen blir godt drenert sjøl i perioder med sterk nedbør.

Veggen blir drenert for overflatevatn på vanleg måte med skjæringsskråningar og langsgåande sidegrøfter utanfor fortaua. Det er sett ned 4 sluk i sidegrøftene for overflatevatnet. Dette er indikert på figur 4 som viser ein oversiktsplan for dreneringsanlegget.

Fortaua har fall utover til sidegrøftene for å motvirke at smeltevattnet om våren skal kunne gjere fortaua glatte ved frysing. Kjørebana ligg i rettlinje og har tosidig tverrfall til fortaukant. Det er lagt sluk under indre kant av fortauet for overflatevatnet frå kjørebana. Overflatevatnet går i tette avløpsleidingar av betong frå sluka til oppsamlingsbassenget. Det er lagt fram rør så ein kan installere elektriske varmekablar i sluket dersom det skulle oppstå problem med frysing.

Det lukka dreneringssystemet for senking av grunnvatnet har fått ei noe spesiell utforming som vist i figur 4 og 5. Det består av eit tredobbelt filterlag som er utforma som ei filterseng under veggen og nedre del av skråningane. Filterlaget er vidare drenert ut ved ei dobbel leiding av betongdrensrør midt under veggen. Dette vart gjort for å få anlegget enkelt og billeg. Grunnen består av ikkje telefarleg material og det er rekna med at drengleidingane ikkje vil kome til å fryse. Dei langsgåande drengleidingane i filterlaget burde likevel ha vore lagt under fortauet, slik at ein kan grave opp og rette på eventuelle feil utan å stenge og skade kjørebana. Det vart sett opp grensekurver for dei to filtermateriala slik at dei skulle vere effektive som filter mot grunnen, internt og mot opningane i drengleidingane. Grensekurvane er sett opp på grunnlag av dei vanlege geotekniske filterkrava. For 15 %

storleiken av filtermaterialet ( $D_{15F}$ ) i nedste laget får ein:

$$5 \cdot D_{15G} \leq D_{15F} \leq 5 \cdot D_{85G}$$

Vidare skal filtermaterialet ikkje vere grovare enn at:

$$25 \cdot D_{50G} \geq D_{50F}$$

Desse kriteria gjeld vidare på tilsvarende måte mellom det nedste og det midtre filterlaget. Det midtre filterlaget skal dessutan vere så grovt at vatnet ikkje kan drage med materialet inn i opningane i drengleidingane. For spalteforma opningar kan ein bruke dette kravet:

$$D_{85F} \geq 1,25 \times \text{spaltebreidda}$$

Dei oppsette grensekurvane er vist i figur 5.

Før det nedre filterlaget vart lagt, grov ein ut linser av grovkornig sand og fylte tilbake finsand for å tette av mot altfor stort tilsig av grunnvatn. Dersom grunnvasstilsiget under utgravinga likevel skulle vise seg å kunne bli for stort, hadde ein som siste utveg plan om å legge inn eit tetningslag av leire under filteret i heile undergangen. Det viste seg at dette ikkje var nødvendig og filterlaga vart lagt ut som skissert i figur 4. Drengleidingane frå filterlaget går inn i ein kum og vatnet føres så i tett leiding inn i oppsamlingsbassenget via ein stige-kum ved fortauskanten. Dette er gjort slik for å kunne halde ein fast grunnvasstand på ca kote + 0,25 m på det lågaste punktet i undergangen. Med dette vernar ein filterlag, leidingar og kummar best muleg mot frosts-kader. Det øvste filterlaget er bygt opp av same material som det nedste og det skal verne det midtre laget mot finstoff som elles kunne trenge ned ovanifrå. Filterlaga er 20 cm tjukke. Under midten av veggen er det laga ei forsenkning for det nedste laget for å få plass til drengleidningsrøra i det midtre filterlaget.

Forsterkningslaget og berelaget i overbygninga består av grus og veggen har dekke av asfaltgrus-betong.

### Pumpeanlegg

For å pumpe ut vatnet frå undergangen til det høgare liggande avløpet ved flo sjø utanfor, måtte ein ha eit pumpeanlegg. Det består av 2 avløps-pumper som er senka ned i oppsamlingsbassenget. Nødvendig automatikk, brytarar etc, er montert i «pumpehuset» over bassenget, sjå figur 6. Bassenget med pumpehus er dimensjonert slik at det ikkje flyt opp når bassenget er tomt.

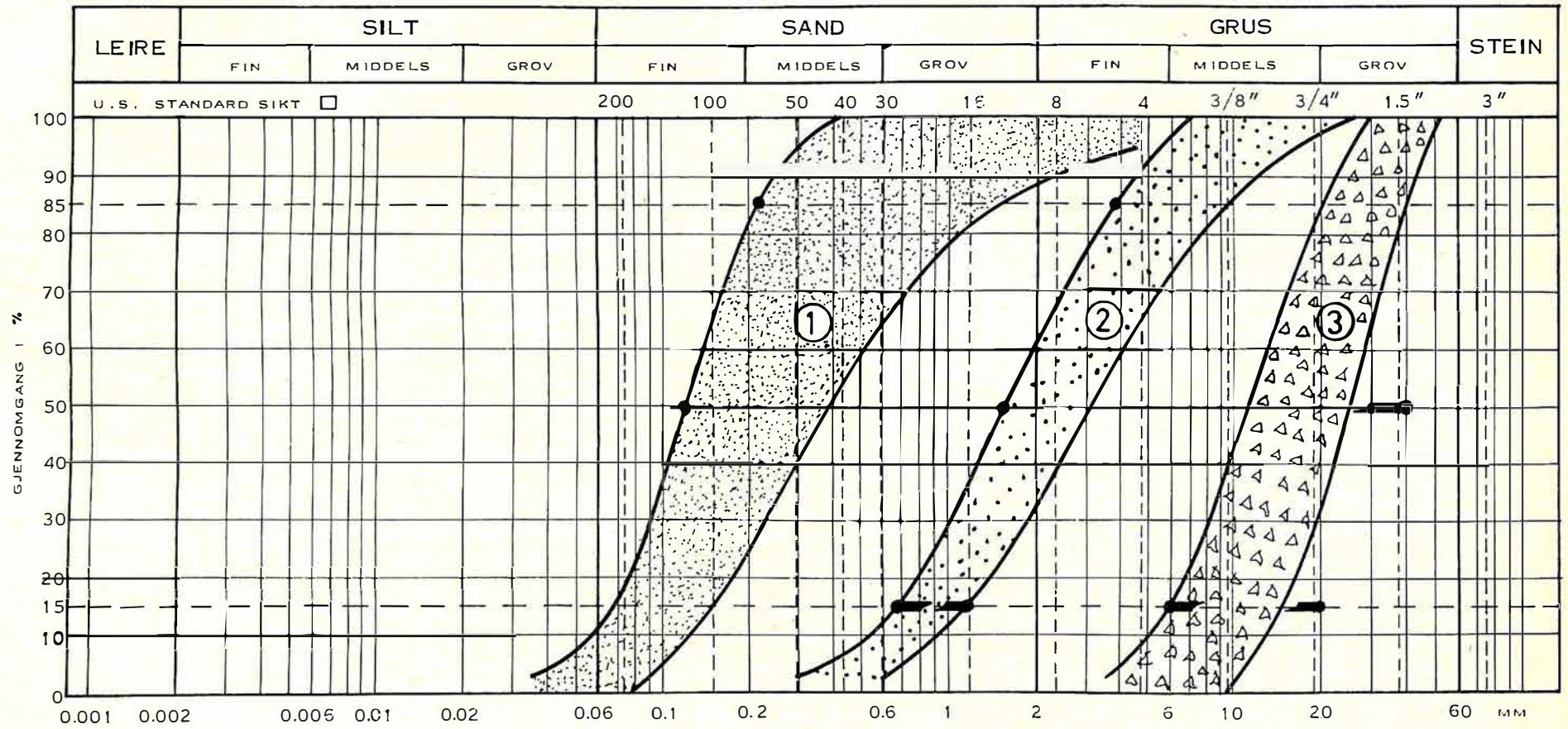


Fig. 5. Grensekurver for filtermaterial.  
Grading requirements for filter materials.



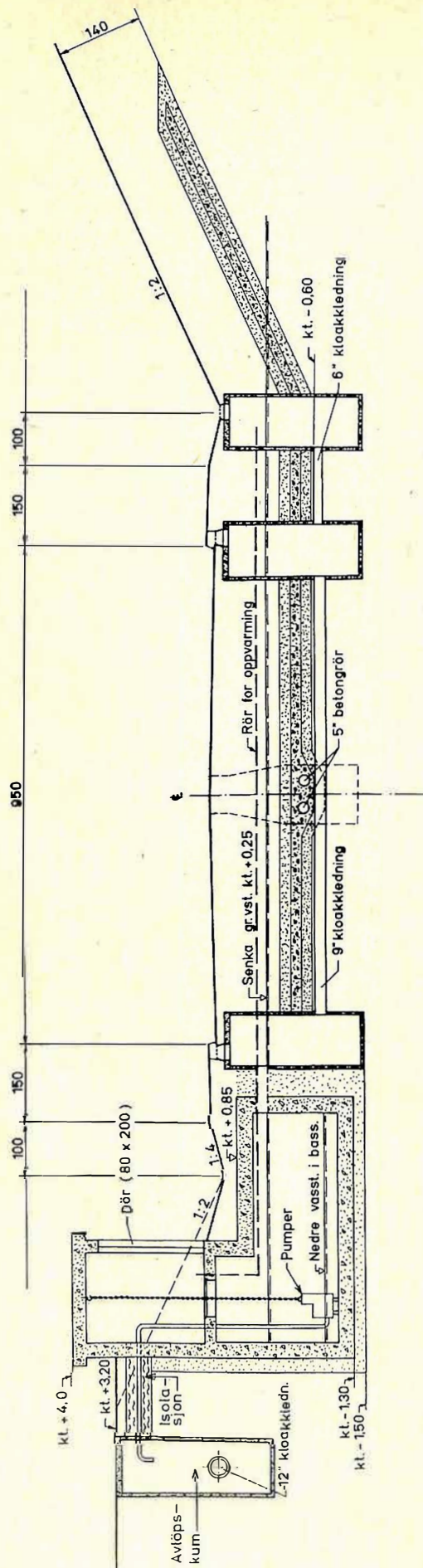


Fig. 6. Pumpestasjon med samlebaseng og arrangement for tilknytning til dreneringsanlegget.  
Pumping station with collecting basin and arrangement for connection to the drainage system.

Vatnet frå vegoverflata og det lukka dreneringsanlegget renn fritt inn i oppsamlingsbassenget til vasstanden i bassenget når opp til innløpet. Då koplar ein flottør inn den eine pumpa som pumpar vatnet opp i den tette avløpskummen. Frå denne fører ei tett leidning vatnet ut til avløp i sjøen. Pumpa arbeider til vasstanden i bassenget er senka ned til botnen. Ein flottør koplar då ut pumpa og ved automatisk omkopling blir den andre pumpa kopla inn neste gang. Dersom det renn så mye vatn inn i bassenget at ei pumpe ikkje kan få det unna, vil vatnet stige litt høgre opp til ein tredje flottør. Denne koplar inn den pumpa som står i reserve slik at begge arbeider samtidig.

Dette pumpearangementet sikrer ein viss reserve om ei pumpe skulle gå i stå. Vidare blir pumpekapasiteten på denne måten avpassa noe etter det sterkt variable behovet. Til det automatiske styreanlegget høyrer det med registreringsutstyr som viser kor ofte pumpene har vore i drift og om alt virkar som det skal.

#### Summary in English

In this article the author discusses drainage problems encountered in the design of highway underpasses below the local groundwater table.

Due to its simplicity, the solution with direct gravitational drainage is advocated where it is practical to reach a sufficiently low water level with an outlet pipe. Sometimes the underpasses must be lowered beneath the water level at the outlet. In such a case the drainage problem is usually solved by the building of a waterproof concrete trough for the portion of the underpass beneath the groundwater table, and applying pumps to remove surface runoff and leakage water. This solution, however, involves several disadvantages. Firstly, in areas having climatic conditions equivalent to those encountered in Norway, the concrete trough requires a fairly good foundation for elimination of frost heaving. Secondly, it may be difficult to construct a concrete trough which will remain waterproof over any length of time. Finally leakages may cause traffic hazards and deterioration of the concrete when surface icing occurs.

When the permeability of the subsoil is low, the amount of seepage water entering the underpass may be small compared to the surface runoff. In that case the ground water may be lowered locally with ordinary gravitational drainage to a collecting basin, and discharged together with the surface water.

This solution was adopted for an underpass at Stjørdal where the E 75 crosses a railway line. The subsoil consists mainly of fine sand with some



lenses and layers of coarse sand and gravel close to the surface. The water table was lowered approximately 1,75 m below the local groundwater table and below the highest water level at the outlet. To lower the ground water a three-layered filterbed was placed underneath the portion of the underpass which is below the local water table. (See figur 4 and 5). Before the filterbed was laid, the lenses of coarse grained sand were replaced with fine sand for prevention of concentrated seepage flow into the filterbed. If during construction the seepage would

be found to be much larger than estimated, it was planned to lay a layer of impermeable soil underneath the filterbed. This proved to be unnecessary, as the seepage quantity was found unlikely to exceed 1/10 of the maximum surface runoff. The filterbed is drained into a collecting basin and pumped out by means of two pumps operating separately on an alternating basis or in pairs, as required.

The underpass has been in service for nearly five years and has shown very good performance.

## Nytt trekkvogn- og tilhengermateriell til Statens vegvesen

Behov for tungt transportmateriell er tilstede også i Statens vegvesen. Tungt anleggs- og vedlikeholdsmateriell og maskiner skal flyttes fra arbeidsplass til arbeidsplass.

Statens vegvesen har i løpet av siste kvartal 1965 til slike formål tatt i bruk to nye trekkvogner med tilhørende tilhengermateriell i fylkene Møre og Romsdal og Nord-Trøndelag.

Trekkvognen i Nord-Trøndelag (se fig. 1) er av fabrikat Mercedes Benz, type LAK 2620. Det er et 3-akslet kjøretøy med 3 drevne aksler. De to bakre akslene har differensialsperrer. Den 6-sylindrede væskkjølte rekkemotoren yder 210 hk DIN ved 2200 o/min, og den har et største dreiemoment 74 kgm DIN ved 1300 o/min. Motorens samlede slagvolum er 10,8 liter.

Kjøretøyet er utstyrt med en hydraulisk loftekran type Hiab 173 Elefant med kapasitet 5 tonnmeter (3 tonn på 1,7 m arm). Det er videre utstyrt med laste-

kasse med beslått platebunn på en AWB — 12 tonns hydraulisk 3-vegstipp. Bak førerhuset har kjøretøyet en vinsj med trekraft 6 tonn. Største vognbredde er 2,35 m. Med en samlet togvekt på 36 500 kg vil vognen på grusveg i 1. gear reduksjon kunne klare stigninger opptil 27 %, og ca 14 % i 1. gear veggear.

Prisen for den ferdig oppbyggede vogn er ca kr 235 000,—.

Trekkvognen i Møre og Romsdal er av fabrikat Magirus type 200 D 26 AK 6 × 6. Det er et 3-akslet kjøretøy med 3 drevne aksler. Foruten sentralsperre har begge bakakslene differensialsperrer. Den 8-sylindrede luftkjølte V-motoren yder 200 hk DIN ved 2300 o/min, og den har et største dreiemoment 72 kgm DIN ved 1300 o/min. Motorens samlede slagvolum er 12,7 liter.

Kjøretøyet er utstyrt med lastekasse med platebeslått bunn på en MAUR — 15 tonns hydraulisk bakoverstipp.

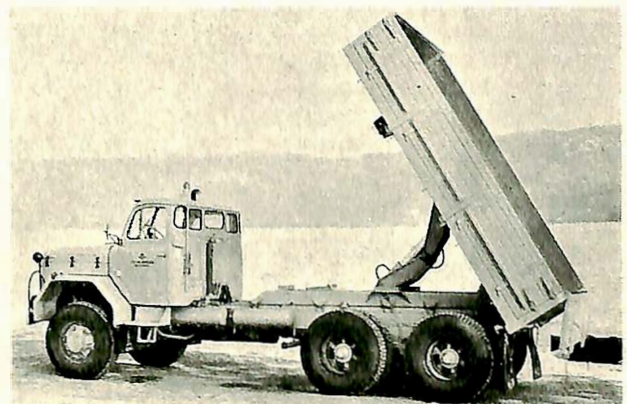


Fig. 1. Trekkvognene i Nord-Trøndelag (t. v.) og i Møre og Romsdal.



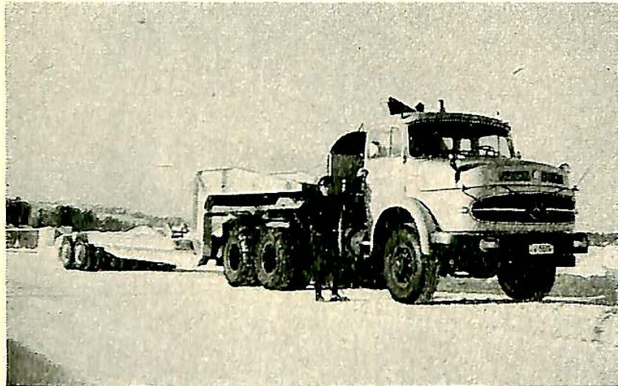
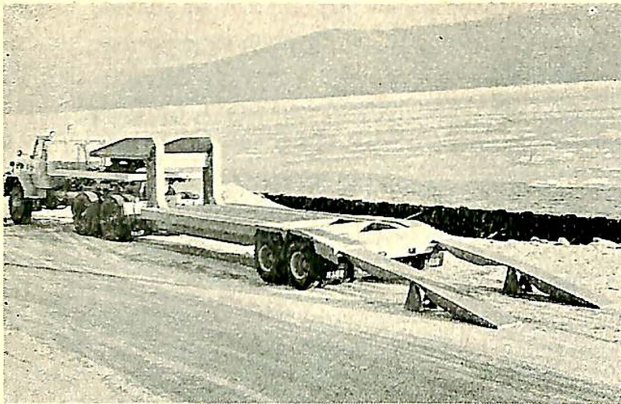


Fig. 2. De to svanehals-tilhengere.

Mellom lasteplan og førerhus er avsatt plass for montering av hydraulisk kran av størrelse 5 tonnmeter. Største vognbredde er 2,35 m. Med en samlet togvekt på 36 500 kg vil vognen på grusveg i 1. gear reduksjon kunne klare stigninger opptil 26,5 % og ca 17 % i 1. gear veggear. Prisen for den ferdig oppbyggede vogn er ca kr 220 000,—.

Til begge disse trekkvognene er anskaffet svanehals-tilhenger av fabrikat MAUR type 250 SB (se fig. 2). Tilhengerne har garantert totalvekt på 34 tonn ved 30 km/time, fordelt med 24 tonn på tilhengerboggi og 10 tonn på svingskive. Tilhengerens bredde er 2,50 m.

Prisen for komplett svanehalstilhenger inkludert 36" svingskive er ca kr 60 000,—.

Når trekkvogn benyttes med svanehalstilhenger tas lasteplanets bak- og sidelemmer av og svingskiven monteres på lasteplanet. Lengden av vogntogene er henholdsvis for Mercedes Benz 15,2 m og Magirus 15,6 m.

Vogntoget i Nord-Trøndelag (Mercedes Benz — MAUR) tillates for 26 tonns tilhengerbruk og 9 tonns nyttelast for vogn uten tilhenger. Tilsvarende data for vogntoget i Møre og Romsdal (Magirus — MAUR) er 27 tonn og 12 tonn. Største boggiakseltrykk ved disse vektene er for tilhenger og trekkbil henholdsvis 24 tonn og 15,4 tonn.

I den korte tiden vognene har vært i drift har de hatt flere større transportoppdrag, og det ser ut som vognene skal få en god utnyttelse.

Fal.

## Ny metode for tetting av borhull

Problemene med å tette borhull om vinteren, ikke minst en snevinter som i år, har vært store. Det vanlige har vært å bruke treplugger, men disse er ofte vanskelig å få ut i frostvær, for ikke å tale om at sne og is kan dekke proppen fullstendig.

Nå har en av salgsingeniørene ved Atlas Copco A/S, Kjell Gustavsen, sammen med ingeniører på Feiring Bruk uteksperimentert en ny metode som gir rike løfter. En gummislange blokkert i den ene enden og med en

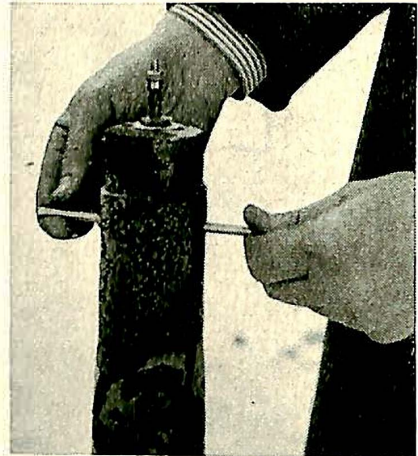


Fig. 1. Slangen er satt ned i hullet og blåst opp.

ventil i den andre, ca 2 m lang, settes ned i hullet og blåses opp med trykkluft. Idet slangen blåses opp, presses vannet opp av hullet og hindrer frysing. Slangen danner en absolutt vanntett propp i hullet samtidig som

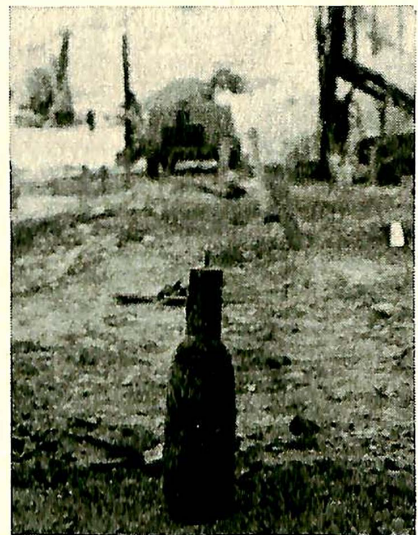


Fig. 2. Når luften er sluppet ut, er det lett å trekke slangen opp igjen.

den kan rekke så høyt over fjellet at det ikke er vanskelig å finne den selv etter forholdsvis stort snefall.

Når hullet skal lades, er det bare å slippe ut luften. Slangen trekker seg sammen og kan lett tas bort.



# Bullerproblem vid trafikleder

*Civilingenjörerna Hans Elvhammar  
och Stig Ingemansson*

DK 613.64 : 656.1

För att möjliggöra att trafikbullerförhållandena beaktades då dispositionsplan utarbetades för stadsdelen Backa i Göteborg, begärde White Arkitektkontor att de därmed sammanhängande problemen skulle studeras. På uppdrag av Göteborgs Stadsplanekontor utfördes under sommaren 1962 omfattande ljudmätningar intill motorvägen Göteborg—Kungälv, vilken gränser till Backaområdet. Dessa undersökningar har sedan kompletterats med bl a en utredning av gatutrafikbuller i samband med ny stadsplan för ett saneringsområde i Örebro. Vidare har studier av mera principiell karaktär utförts såsom uppdrag från Statens Råd för Byggnadsforskning. Underlag har också erhållits genom att vissa delundersökningar utlämnats som examensarbete vid Institutionen för Byggnadsakustik vid Chalmers Tekniska Högskola. Under arbetet har särskilt värdefull hjälp erhållits från Stadsplanekontorets trafikbyrå och trafikpolisen i Göteborg. Detta är en fortsättning på artikeln «Bullerproblem vid trafikleder», skriven av samme författare i Väg- och vattenbyggaren nr 10/1964.

I en föregående artikel har lämnats en orientering om de medicinska och tekniska problemställningarna vid trafikbuller. Det framgick därvid att det f n inte är möjligt att på vetenskaplig grundval fastställa någon bullernivå som «acceptabel».

Då man emellertid redan nu måste beakta trafikbullerproblemet vid planeringen av nya bostadsområden är det nödvändigt att tillämpa gränsvärden, som grundas på hittills vunna erfarenheter. Dessa gränsvärden skulle således ange den högsta tillåtna bullernivå, som kan tolereras i bebyggelse med hänsyn tagen till bebyggelsens karaktär (bostad, sjukhus, osv) samt dess placering i «tyst» resp «bullrande» distrikt (jämför BABS gränsvärden för bullerkällor inom huset).

Med sådana fastlagda gränsvärden, samt med vetenskap om nivåer från passerande trafik, skulle man alltså kunna räkna ut erforderliga avstånd mellan fartleder och bebyggelse.

Vid den tidpunkt då dessa arbeten påbörjades, fanns praktiskt taget ingenting publicerat om hur ljudnivån, som råder i en punkt intill en trafikerad gata eller väg, påverkas av trafikintensiteten och andra faktorer. Som redan påpekats, föreligger stora svårigheter att beskriva bullret på ett entydigt sätt, eftersom det varierar såväl med fordonstyp som med de enskilda fordonen inom varje typ. För såväl dagens som framtida trafikbullerbedömningar torde man dock kunna begränsa sig till att studera enbart personbilar och tunga fordon (lastbilar och

bussar) eftersom övriga fordonstyper numerärt är mindre betydelsefulla.

Trafiken och de därmed sammanhängande trafikbullerproblemen har helt olika karaktär vid vägar och i gator. Det föreföll oss lämpligast att till en början söka kartlägga förhållandena inntill en väg, för att senare även komma in på gatutrafikbullret.

## Vägtrafikbuller.

### *Allmänt om mätningarna.*

Trafikbullrets styrka är beroende av en mängd faktorer. Vid valet av mätplats för de första undersökningarna, gällde det att i möjligaste mån eliminera en del av dessa okända storheter. Mätningarna utfördes därför på en plats med plan, gräsbevuxen terräng där inga svårbedömbara ljudutbredningsförhållanden borde förekomma, och på sådant avstånd (100 m) att förändringar i de meteorologiska förhållandena ej bör ha påverkat ljudutbredningen. Avståndet räknades från motorvägens mittremsa vilket medför att det verkliga avståndet mellan fordon i olika körfiler och mätmikrofoner varierade mellan ca 90 och 110 m. Vägbanan var torr. Körning med grovmönstrade däck (vinterdäck) på våt vägbanan i stor hastighet ger väsentligt högre ljudalstring än normaldäck på våt eller torr väg. Detta har ej närmare studerats. Barmarkskörning med dubbade däck syns enligt enstaka mätningar ge ca 5 dB högre ljudnivå än med vanliga däck. Dessa mera speciella förhållanden har ej beaktats vid bedömningen.

De uppträdande ljudnivåerna för passerande enstaka fordon avlästes på ljudnivåmätaren och fordonstyp noterades. Under ett helt dygn registrerades i samma mätpunkt ljudtrycksnivåerna med bandspelare under 10 min varje timma, samtidigt som manuell trafikräkning utfördes.

Mätningarna upprepades vid vägar med hastigheten begränsad till 70, 50 resp 30 km/tim, varvid Trafikpolisen i Göteborg gjorde samtidig registrering av fordonshastigheterna. (Hastigheterna visade sig vara mera beroende av den momentana trafik-

Gjengitt etter Väg- och vattenbyggaren nr 3, 1965.



belastningen på vägen än det nominella hastighetsvärdet.)

De utförda tiominutersregistreringarna av trafikbullret analyserades med avseende på hur ljudnivåerna fördelades i tiden.

#### Ljudnivå/fordonstyp.

Resultaten från de första mätningarna — som således utförts vid en väg med hög fordonshastighet — visade att ljudalstringen från personbilar resp tunga fordon är förvånansvärt lika. Endast enstaka lastbilar ger avsevärt högre nivåer än medelvärdet för samtliga fordon.

Orsaken till detta syns vara att fartbullret (däcksljud, turbulenser i fartvinden runt fordonet, karoservibrationer m m) dominerar över motorbullret vid höga hastigheter.

Mätningarna gav till resultat att bullernivån i medeltal, på 100 m avstånd från en väg med fri hastighet, är

vid enstaka passerande personbilar ..... 55 dB(A)  
vid tunga fordon ..... 57 dB(A)

Den ringa skillnaden i bullernivå försvarar väl en generalisering av mätresultaten utan hänsyn till fordonstypen. I detta sammanhang kan också påpekas att andelen tunga fordon i regel är ganska liten, i föreliggande fall ca 10 % av den totala trafikmängden.

#### Ljudnivå/fordonshastighet.

De ur mätningarna erhållna sambanden mellan ljudnivåns medelvärde för enstaka fordon och fordonens medelhastighet på vägsträckan ifråga visas

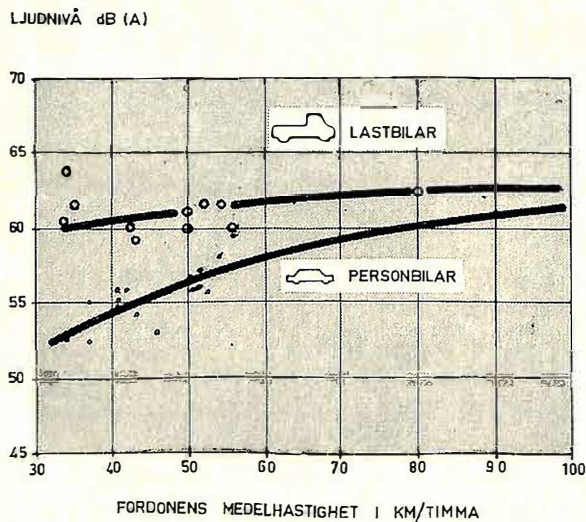


Fig. 1. Ljudnivån på 50 m avstånd från passerande enstaka fordon vid olika fordonshastighet. Varje punkt representerar medelvärdet för ett stort antal fordonspassager på olika mätplatser.

å fig. 1. Kurvorna är baserade på resultat från ett stort antal ca 10 min långa mätintervall.

För personbilstrafik syns alltså gälla att en hastighetsbegränsning till 70 km/tim sänker ljudnivån endast ca 1 dB, men begränsning till 50 km/tim medför en minskning av ljudnivån med ca 5 dB. För lastbilarna förekommer ju ingen «fri hastighet» och en begränsning till 70 km/tim medför naturligt nog ingen större ändring av bullret, även om medelhastigheten på motorvägen i själva verket låg något över den tillåtna.

Inte direkt oväntat sjunker lastbilsbullrets nivå mycket långsamt vid skärpt hastighetsbegränsning. Ved 50 km/tim har nivån exempelvis inte minskat med mer än ca 1 dB. Detta innebär således att lastbilarna är förhållandevis mera störande vid låg hastighet än vid fri hastighet.

Det kan nämnas att den «Utredning angående högsta tillåtna ljudnivå för motordrivna fordon (1961)» som utförts av Statens Institut för Folkhälsan anger ca 6 dB högre nivå för lastbilar än för personbilar vid 50 km/tim hastighet.

På längre sikt bör man kunna räkna med att lastbilarna kommer att förses med bättre ljuddämpning. I nyssnämnda utredning föreslås en i lag maximerad ljudnivå, som på kortare sikt innebär 3 dB ökad dämpning, på längre sikt 9 dB.

I dagens läge måste man således vid fartbegränsad väg ta speciell hänsyn till lastbilsbullret, om trafiken innehåller omkring 10% eller mera tunga fordon. För prognoser några tiotal år fram i tiden torde det däremot vara realistisk att räkna med samma ljudnivå för alla fordon.

#### Ljudnivå/trafikintensitet.

Med hjälp av den i föregående artikel omtalade «lika-expositionsprincipen» beräknades ur tiominutersregistreringarna vid en motorväg vilken medelljudnivå under samma tid, som skulle ha givit samma störningsintryck.

Beräkningsmetoden förklaras bäst med ett exempel. Antag att bullret hade nedanstående tids- och ljudnivåfördelning:

Nivå som överskrids db(A)	Procent av tidsintervallet då nivå överskrids
60	100
65	66
70	34
75	9
80	1

Medelljudnivån  $x$  dB(A) under hela tidsintervallet erhålls nu:



$$100 \text{ antilog } \frac{x}{10} = (100 - 66) \text{ antilog } \frac{60}{10} + (66 - 34) \text{ antilog } \frac{65}{10} + (34 - 9) \text{ antilog } \frac{70}{10} + (9 - 1) \text{ antilog } \frac{75}{10} + 1 \text{ antilog } \frac{80}{10} \text{ varav } x = 68,8 \text{ dB(A)}$$

Det totala antalet passerande fordon (i bägge riktningarna) vid den nämnda motorvägen under mättningsdygnet var 9 964, med en tidsfördelning som visas på fig 2. Detta kan enligt trafikexpertisen anses vara en tämligen normal fördelningskurva för trafiken på en infartsled till en större tätort — en vägtyp som är mycket viktig ur bullersynpunkt, då nybyggnadsverksamheten i stor utsträckning försigår inntill sådana vägar.

Sambandet mellan de beräknade medelljudnivåerna och trafikmängden per dygn visas på fig. 3. Det har senare underbyggts med ytterligare mätresultat, samtliga gällande 100 m avstånd från vägmitt.

Enligt amerikanska beräkningar [1] skall ljudalstringen nå ett mättningsvärde då fordonstrafiken når en viss täthet. Vi har dock ej experimentellt kunnat finna någon sådan tendens vid de förekommande trafikmängderna.

Man kan med hjälp av detta samband studera bullerförhållandena även under längre tidsperioder, t ex dygnet eller dess delar. Så erhöles exempelvis i det behandlade fallet:

Dagmedelnivå (kl 07—18) .....	69 dB(A)
Kvällsmedelnivå (kl 18—23) .....	69 dB(A)
Nattmedelnivå (kl 23—07) .....	67 dB(A)
Dygnsmedelnivå .....	69 dB(A)

Trafikintensiteten på en väg varierar inte endast med tiden på dygnet utan även i hög grad med tiden på året. Vid dimensionering av vägarnas kapacitet är därvid årsmedelvardagsdygnstrafiken resp sommarmedelvardagsdygnstrafiken av betydelse. Relationen mellan dessa trafikmängder uppgår

DYGNSEDELLJUDNIVÅ dB (A)

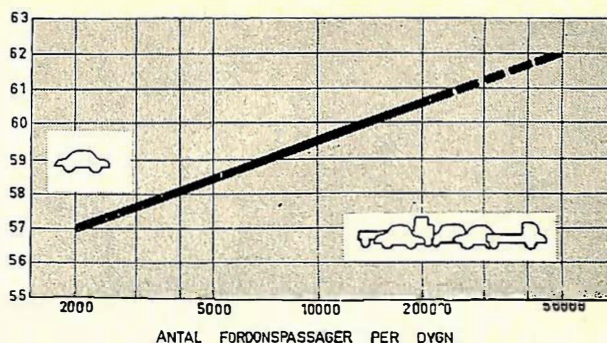


Fig. 3. Medelljudnivån utomhus på 100 m avstånd som funktion av antalet fordon per dygn. Inomhusvärden erhålls om från avlästa värden subtraheras 24 dB(A).

i allmänhet till 1 : 1,5 à 1 : 1,6 men kan vid omfattande sommarbebyggelse inntill vägen stiga till 1 : 2. Ur bullersynpunkt torde det nästan alltid vara rimligt att låta årsmedelvardagsdygnstrafiken (AMD) vara dimensionerande, eftersom folk sommartid i stor utsträckning bor i sommarbostäder, befinner sig på resor etc.

Det har redan framhållits att det på fig 3 visade sambandet grundats på vissa generaliseringar. Dessa är dock inte av sådan art att storleksordningen hos trafikbullernivåerna på något sätt förändrats. Fördelen med metoden är, att den för en viss trafikmängd erhållna dygnsmedelljudnivån direkt kan jämföras med BABS värden för kontinuerligt buller och att den är tillämpbar även för prognostrafik.

### Nivåändringar under utbredningen.

#### Allmänt.

I det föregående har redovisats en metod till beräkning av trafikbullrets medelljudnivå, liksom det har rekommenderats att ett acceptabelt gränsvärde inomhus fastläggs.

Den väsentliga frågan blir därefter att studera hur ljudnivån förändras under utbredningen från fordon till bostadslägenhet etc.

För de hittills behandlade fenomenen i samband med trafikbullret och dess utbredning har det varit tillräckligt att använda dB(A)-värden. När man kommer in på sådana frågor som berör bullerdämpning genom vegetation, vallar etc är det däremot nödvändigt att beakta bullrets frekvensfördelning.

Av denna orsak har ett stort antal registreringar av trafikbuller analyserats, och de sk oktavbandsvärdenas relativa styrka visas på fig. 4.

Alla fordonstyper och hastigheter som observerats är representerade i dessa värden. Spridningen i mätvärdena till följd av olika fordonshastighet är enligt dessa mätningar ej av samma storleksordning, som spridningen i värden från olika fordons-

ANTAL FORDON PER TIMMA

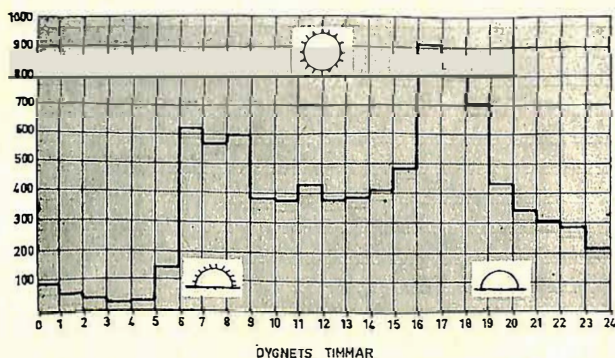


Fig. 2. Passerande fordon vid Bäckebolesmotet, Backa, den 14 juni 1962.



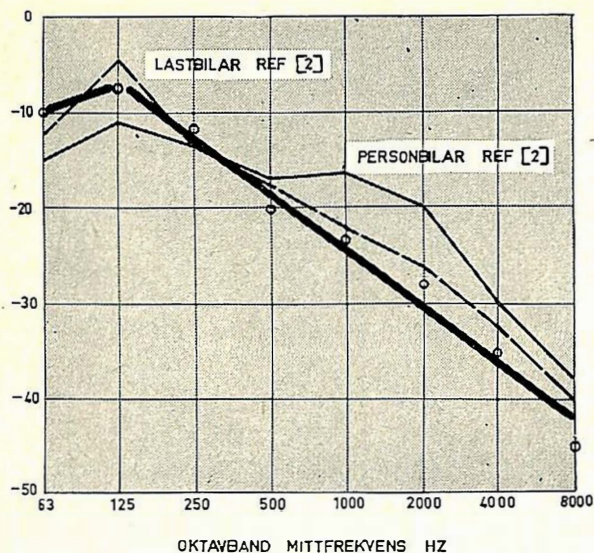


Fig. 4. Generaliserad tryckfrekvensfördelning i oktavband för fordonsbuller från väg med fri hastighet. Mätavstånd 100 m, plan mark. Jämförelsevärdena gäller 30 m avstånd.

exemplar med samma hastighet. Det finns därför ingen anledning upprita spektrum för flera hastighetsalternativ.

Som jämförelse har inritats amerikanska resultat [2] från mätningar som utförts på liknande sätt, men med separering av personbilsbuller och buller från tunga lastbilar. Överensstämmelsen mellan de olika mätningarna är som syns tilfredsställande.

#### Ljudnivå/avstånd.

Normalt räknar man med att bullret från en ljudkälla nära marken och med liten utsträckning («punktformig ljudkälla») avtar med 6 dB för varje dubbling av avståndet (avståndslagen), såvida ej någon form av tilskotts-dämpning föreligger.

Så är också tillnärmelsevis fallet med trafikbullret vid gles trafik (då fordonen passerar med stora tidsmellanrum, genomsnittligt storleksordningen 10 sek eller mera) på större avstånd än ca 25 m från vägen. Närmare vägen inverkar fordonets körfil, reflexioner mot vägbanan, bullerutstrålning olika kraftigt i olika riktningar från fordonet, osv, så att förhållandena inte entydigt kan bestämmas.

Vid tät trafik blir förhållandena annorlunda. Fig 5 visar resultatet av mätningar, utförda 50—300 m från vägmitt, vid trafiktätheter motsvarande 5—10 sek genomsnittligt fordonsmellanrum. Ljudnivån närmast vägen avtar här först med ca 6 dB per dubbling av avståndet för att därefter minska till ca 3 dB.

Fysikaliskt kan detta förklaras med att man i en mät punkt nära vägen registrerar enstaka punktfor-

miga ljudkällor på inbördes tämligen stort avstånd jämfört med mätavståndet. Längre från vägen inverkar samtidigt bullret från flera fordon och man får en linjeformad ljudkälla från vilken bullret teoretiskt avtar med 3 dB per avståndsdubbling. Ett exempel på utpräglade sådana linjekällor är långa järnvägståg, för vilka kanadensiska mätningar [3] har bekräftat teorierna. Man kan således vänta sig att ljudnivån avtar betydligt långsammare med avståndet från mycket tät trafik än från enstaka fordon.

#### Ljudnivå/vägstigning.

För att få en uppfattning om hur fordonens ljudalstring förändras vid vägens förläggning i stigning, har gjorts mätningar vid väg av motorvägsstandard och 30‰ stigning. Mätplatsen var förlagt 100 m från vägmitt och så högt upp i backen att lastbilarna i allmänhet växlat ned vid forcering av uppförsbacken.

Mätresultaten visar stor spridning i värdena för lastbilar i uppförsbacke, med ett par procent av värdena nära 10 dB över resp under medelvärdet.

Gentemot bulleralstringen vid horisontell väg visade mätningarna följande förändringar:

	Ljudnivåändring dB(A), medelvärde	
	Uppförsbacke	Nedförsbacke
Lastbilar .....	+2	±0
Personbilar .....	±0	-2

Genomsnittligt skulle altså lastbilarna i uppförsbacke inte vara mer än 2 dB mera bullrande än på plan mark, men varaktigheten hos bullret var i detta fall 5—7 gånger längre. Det kraftiga störningsintrycket är således främst beroende på bullrets varaktighet, under det att ett fåtal lastbilar även ger en väsentligt högre ljudalstring. Det torde

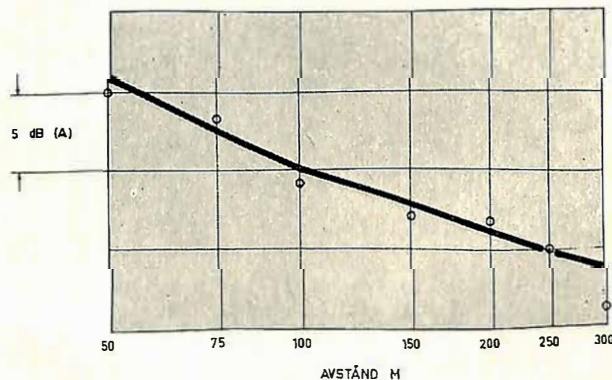


Fig. 5. Ljudnivåens avtagande med avståndet från vägbansans mitt vid fri fordons hastighet.



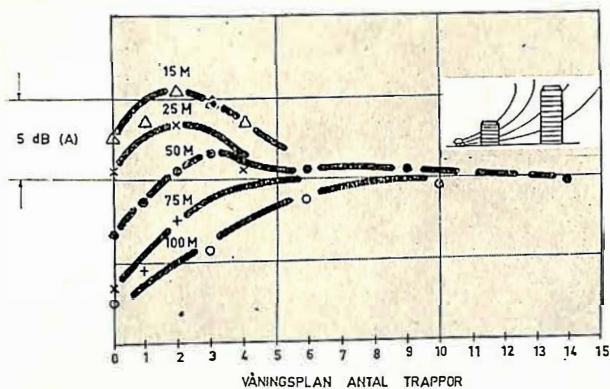


Fig. 6. Ljudnivåns beroende av höjden över marken och avståndet till vägen. Mätningar i hus intill väg med 50 km/tim hastighetsbegränsning.

i huvudsak vara körning med ökat motorvarv på låg växel, som ger det ökade bullret. Utgångsfarten då fordonet befinner sig vid foten av backen är av stor betydelse för var växlingen sker och vilken växel som kan användas. Vägens stigning är stor på det undersökta avsnittet, men fordonshastigheterna höga till följd av vägstandarderna.

Det är inte osannolikt att man på vägar med lägre standard finner likartade förhållanden, som de här redovisade, även vid mindre stigningar.

#### Ljudnivå/höjd över vägbana.

I avsnittet om hur trafikbullret avtar med avståndet från vägen nämndes att ljudet reflekteras mot den hårda vägbanan. Man kan därför förmoda att ljudnivån i ett hus inntill vägbanan inte är densamma i alla våningsplan.

De mätresultat, som framgår av fig 6, visar också att ljudnivåns variation med höjden över marken är avsevärd, särskilt på större avstånd. Mätningarna är gjorda vid väg med 50 km/tim hastighetsbegränsning och med bebyggelse endast på ena sidan. Marken var plan utan hinder mellan väg och hus. Pågående undersökningar pekar på att denna riktverkan i stort sett är oberoende av fordonens hastighet.

Resultaten innebär att ljudnivån stiger till ett maximivärde vid ökad höjd över marken för att sedan åter falla. Maximivärdet nås i allt högre våningsplan vid stegrad avstånd från vägen.

Konsekvensen av detta är att höghus inte kan förläggas så nära vägen som enplanshus.

#### Ljudnivå/meteorologiska förhållanden.

Det är välkänt att ljudets utbredning utomhus är i hög grad beroende av väder och vind. Dessa faktorer inverkar är ofullständigt utredda och är för övrigt mycket komplicerade.

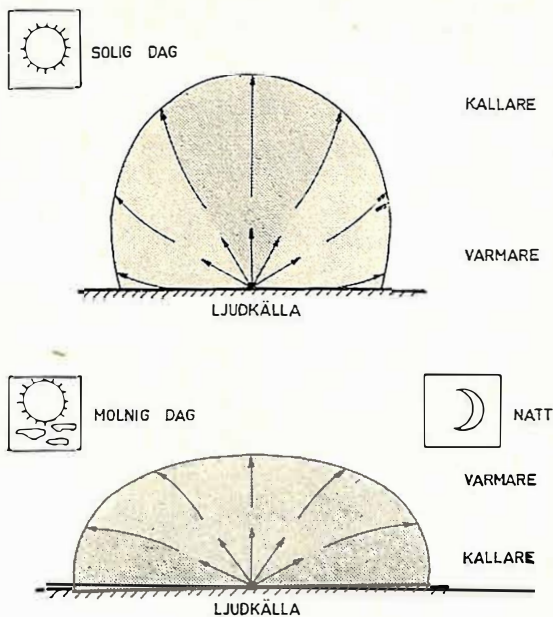


Fig. 7. Temperaturgradienten påverkar ljudets utbredning så att störningarna får större utbredning över marken på natten.

Luftens fuktighet påverkar ljudutbredningen så tillvida att dämpningen vid mycket torr luft (20 %) uppgår till ca 1 dB/100 m. Vid en relativ fuktighet över 50 % minskar dämpningen till någon tiondels dB och har knappast någon betydelse i fråga om trafikbullrets utbredning. Fuktighet i form av regn och dimma kan medföra en ökad dämpning, men inverkar i allmänhet inte nämnvärt.

Lufttemperaturen i sig själv har ringa inverkan på ljudutbredningen. Temperaturskillnaden mellan olika luftlager kan däremot medföra att ljudvågorna böjs. På dagen böjs de i allmänhet uppåt, på natten däremot nedåt (se fig 7). Ursprungligen uppåtriktade ljudvågor kan därvid passera över hinder och slå ned på platser långt ifrån ljudkällan.

Hörbarheten är sålunda bättre på natten, men trafikbullret är i allmänhet så försvagat på de avstånd där effekten uppträder, att det sällan uppfattas störande.

Under normala atmosfäriska förhållanden ökar vindhastigheten med höjden över marken. En ljudvåg som fortplantas genom luften kommer genom

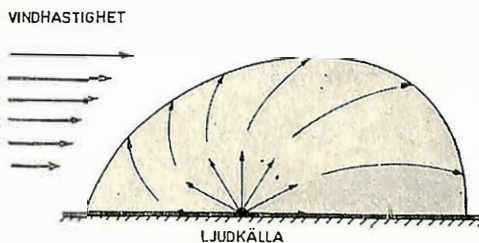


Fig. 8. Bullerstörningen blir större nedströms än uppströms vinden.



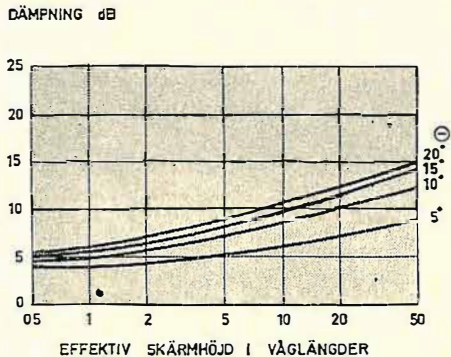
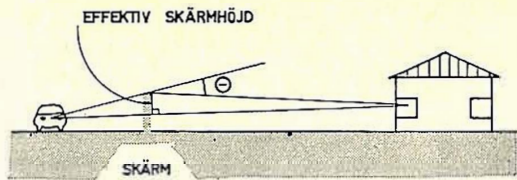


Fig. 9. Inverkan av skärm mellan trafikled och bebyggelse. Fordonet definierat som en punktformig ljudkälla 1 m över vägbanan.

inverkan av denna hastighetsändring att böjas nedåt vid rörelse med vindriktningen och uppåt vid rörelse mot vindriktningen (se fig 8). Däremot har vinden ingen effekt på ljudvågor, som rör sig vinkelrätt mot vindriktningen.

I områden med kraftigt förhärskande vindriktningar, ex i kusttrakter, kan det vara befogat att söka ta hänsyn till vindens inverkan. För en vindhastighet av ca 10 m/s kan man exempelvis räkna med ca 2 dB högre nivå med vindriktningen och 5—10 dB lägre nivå mot vindriktningen.

Luftströmningen sker alltid under utbildning av turbulenser (virvelbildningar), som momentant kan ge bullerdämpning på upp till 20 dB per 100 m, eller av samma storleksordning som avståndsdämpningen de första hundra meterna från fordonet, och är lika stor i alla riktningar. Denna turbulensbildning

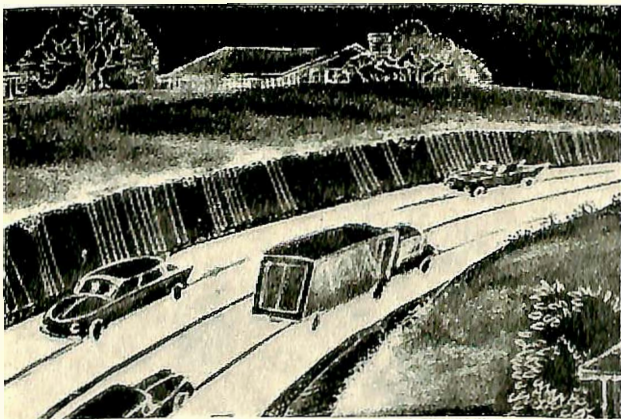


Fig. 10. Med nedsänkta vägbanor skulle trafikbullerstörningarnas utbredning kunna minska avsevärt.

och därmed sammanhängande dämpning är så sporadisk till sin karaktär, att det inte är möjligt att tillgodoräkna sig denna vid trafikbullerbedömningar.

#### Ljudnivå/skärmverkan.

Med avsikt valdes för de genomförda mätningarna sådana vägvägar, där omgivande terräng är plan och gräsbevuxen. Undersökningar har nämligen visat att markdämpningen vid ljudutbredning över plan mark med lågt gräs endast uppgår till någon tiondels dB per 100 m för de dominerande frekvenserna hos trafikbullret.

I allmänhet överskattas vegetationens inverkan på ljudutbredningen. Mätningar, som utförts i tät djungelvegetation, har givit vid handen, att medeldämpningen för hörbarhetsområdet uppgår till 2—3 dB per 100 m; i tätstammig skog kan något mera påräknas. I tät barrskog har uppmätts 5—10 dB per 100 m men det bör observeras att det krävs en minimibredd på trädbältet av ca 50 m för att det skall ha någon mätbar inverkan.

Skärmverkan innebär, att ljudvågorna hejdas av hinder, såsom höga byggnader och kuperad terräng. För kuperad mark med växlande vegetation kan ej anges några entydiga resultat.

Byggnader, jordvallar, murar, etc är effektiva, när det gäller att reducera bullerutstrålningen i en viss riktning, under förutsättning att de står nära bullerkällan eller «mottagaren» och har tillräcklig höjd. För att ha någon verkan mot trafikbuller måste skärmarna i allmänhet ha en höjd av minst 3 m. Dämpningsverkan på 5 à 10 dB är vad man normalt kan åstadkomma om skärmen står nära ljudkällan. Flera teoretiska metoder att beräkna skärmverkan står till buds, men våra mätningar visar att de ger alltför höga dämpvärden i fråga om trafikbuller. På basis av undersökningarna har vi gjort upp ett diagram för trafikbullerdämpningen, se fig 9.

I stället för att uppföra vallar etc längs vägarna kan man åstadkomma motsvarande bulleravskärmning genom att förlägga vägarna i skärning. I USA har detta på allvar diskuterats som en metod att undvika störningar vid vägpassager genom bostadsområden. Se fig. 10.

Här bör påpekas att «ljudskugga» bakom en skärm inte innebär en fullständig avskärmning av bullret, utan endast en viss reduktion.

#### Ljudnivå/fasadisolerering (fönster).

Byggnadernas isolering mot buller utifrån, bestäms så gott som alltid av fönstrens ljudisolering, och främst av de otätheter, som förekommer såväl runt karm som båge.

På grundval av mätningar i bostadsrum med två-



glasfönster har befunnits att den genomsnittliga (normala) reduktionen av trafikbuller vid stängda fönster uppgår till 24 dB(A). Spridningen i dessa värden är förvånansvärt liten. I äldre fastigheter är ofta fönstren i sämre skick och isolationen sjunker då till ca 20 dB(A). Vid i övrigt oförändrad konstruktion medför treglasfönster ingen nämnvärd ljudisoleringsförbättring över tvåglasfönster. Vanligtvis upptas ca 30 % av fasadväggen i ett rum av fönster, men eftersom tätningen avgör isoleringen vid stängda fönster, betyder det inte så mycket om den relativa fönsterarean ökas. Om fönstren hålls öppna erhålls genomsnittligt 16 dB(A) reduktion av trafikbullret vid 30 % fönsterarea, men här betyder ökad fönsterarea att bullernivån inomhus ökar väsentligt.

#### Sammanfattning.

Det torde ha framgått av det föregående, att man inte utan kraftiga marginaler kan ange några generellt giltiga avstånd mellan vägbana och bostadhus, som garanterar bullerfrihet i boningsrum. Däremot kan man — med utgångspunkt från en viss högsta tillåten ljudnivå av exempelvis 35 dB(A) inomhus — beräkna erforderligt avstånd och eventuellt ange vilka skärningsåtgärder, som fordras vid ett kortare bebyggelseavstånd.

Som exempel kan nämnas förhållandena vid en frihastighetsväg, där man år 1980 väntar sig en

RELATIV Ljudnivå

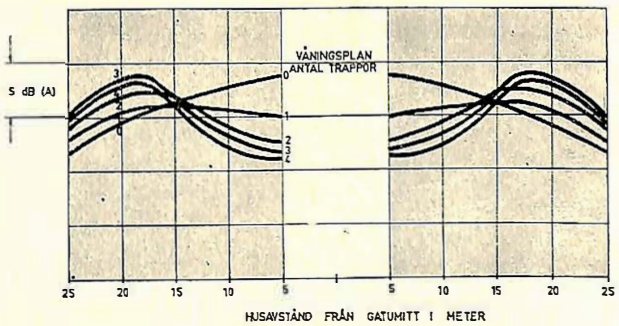


Fig. 12. Trafikbullernivåns variation med höjden för gata med hus på både sidorna. Hushöjd fyra våningar. Uppträdande ljudnivå i dB(A) vid husfasad vid enstaka passerande fordon. Preliminära värden.

trafik av (AMD) ca 19 000 fordon/dygn. Under förutsättning att man högst accepterar medelljudnivån 35 dB(A) inomhus med stängda fönster och att plan mark råder, erfordras därvid

150 m bebyggelseavstånd för enplansbebyggelse och 250 m bebyggelseavstånd för fyrvåningshus.

Det skulle föra för långt att här närmare gå in på andra faktorer, som påverkar trafikbullret i bostadsbebyggelse. Här skall blott nämnas husens placering, utformning av husfasaderna, användning av garage som skärm etc.

#### Gatutrafikbuller.

##### Allmänt.

Bullerförhållandena i innerstadstrafik har också studerats. Härvid har mätningar företagits dels med bebyggelse på ena sidan av trafikleden — dels på båda sidorna. Förhållandena har undersökts vid olika gatubredder och hushöjder, samt vid gatukorsningar och i sidogator.

##### Ljudnivå/gatubredd—hushöjd.

Liksom vid vägtrafiken är ljudutbredningen vid gatutrafiken uppåtriktad till följd av reflexioner mot gatubeläggningen. I mycket breda gator är förhållandena likartade dem, som erhålls vid utbredning över större fria arealer. I trånga gator med höga hus erhålls en bullerfördelning likartad den, som erhålls i ett slutet rum, dvs med högre och mera likformigt fördelade ljudnivåer i hela rummet, såsom visas på principbilden, fig 11. Bullerstörningarna blir således värre i en smal gata med höga hus på båda sidorna, än då — vid i övrigt oförändrade förhållanden — gatan endast har hus på ena sidan. Så kan exempelvis nämnas att medelnivån i andra våningsplanet ligger 7 dB(A) högre vid en 30 m bred gata med hus på båda sidorna än i ett hus 15 m från en gata med park på andra sidan. Subjektivt uppfattas bullret ungefär dubbelt så starkt i första fallet som i det senare.

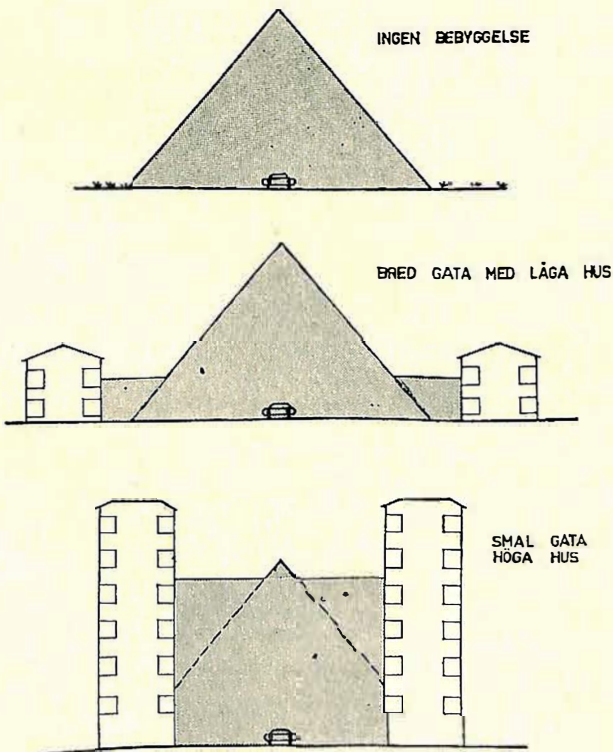


Fig. 11. Ljudnivån i en gata byggs upp av ljudvågornas reflexion mot husväggarna.



På grundval av företagna mätningar samt publicerade resultat från modellundersökningar [4] har kurvorna på fig 12 uppritats. Som framgår av figuren erhålls samma ljudnivå i samtliga undersökta våningsplan vid en gatubredd av ca 30 m. Vid mindre gatubredd blir ljudnivån högst i markplanet, medan ljudnivån vid större gatubredd når ett maximalvärde i tredje våningsplanet och lägst i markplanet.

Vid bebyggelse endast på ena sidan av en gata, exempelvis vid en park, råder de samband som visats i fig. 6.

#### *Ljudnivå/sidogator.*

Mätningarna har också innefattat en undersökning av hur bullret från en livligt trafikerad genomfartsgata avtar in i en sidogata. Vid en 15 m bred sidogata har som exempel ljudnivån redan efter 50 m sjunkit ca 10 dB(A). Detta visar att en sidogata i innerstaden kan vara ganska bullerfri, trots närheten till en stor trafikled.

#### *Ljudnivå/gatukorsningar.*

Et mycket störande inslag i gatutrafiken uppkommer då fordonen accelereras vid start efter trafikstopp t ex vid trafikljus.

För enstaka startande fordon har vi undersökt hur ljudnivån i markplanet påverkas av dessa förhållanden. För personbilar erhöles därvid 5—10 dB(A) högre ljudnivåer än vid normal passage; för lastbilar däremot 10—15 dB(A) högre nivåer.

Hur dygnsmedelljudnivån påverkas av dessa förändringar i trafikströmmen har ej närmare studerats, men det är uppenbart att medelljudnivån i hög grad blir beroende av hur ofta trafikljuset regleras. Det är också klart att bullerförhållandena vid en trafikreglerad korsning är avsevärt mera störande än då trafiken flyter jämnt.

#### *Sammanfattning.*

I innerstaden med dyra tomtpriiser och utrymnesbrist finns normalt inga som helst möjligheter att utnyttja avståndsdämpningen som enda buller-reducerande faktor.

Det kan vara instruktivt att även här betrakta ett exempel. I en 30 m bred gata med 5- à 6-våningshus på båda sidorna väntas trafiken år 1985 uppgå till (ÅMD) 38 000 fordon/dygn med en högsta tillåten hastighet av 50 km/tim. Medelljudnivåerna i rum mot gatan kommer därvid att uppgå till 54—57 dB(A), dvs ca 15 dB(A) högre än önskvärt, om man accepterar 40 dB(A) i boningsrum i centrum-

bebyggelse. Dessa nivåer innebär exempelvis att telefonsamtal är något försvårade vid stängda fönster och mycket försvårade vid öppna fönster.

Uppenbart är det inte lämpligt med bostadsrum mot gata i sådana hus, försävt inga åtgärder vidtas mot bullret. Närmast står då till buds att öka fönsterisoleringen, vilket såväl tekniskt som ekonomiskt är en fullt genomförbar lösning. En öppningsbar konstruktion med ca 10 dB högre isolering än ett «standardfönster» och en icke öppningsbar med ca 15 dB förbättring torde kunna genomföras som standard.

I bägge fallen är det lämpligt att anordna en ljuddämpad vädringslucka vid sidan av fönstret, för att full nytta skall kunna dras av den förbättrande ljudisoleringen.

#### **Avslutning.**

De här redovisade undersökningsresultaten bör inte betraktas som fullständiga eller slutgiltiga i alla avseenden, i synnerhet som nya mätningar samt ytterligare analyser av det befintliga materialet pågår.

Det är dock möjligt att med nuvarande underlag angripa trafikbullerproblemen på ett mera systematiskt sätt än tidigare, och förhindra bullerproblem i bostäder på grund av felaktig eller bristande planering. Sedan kan man givetvis diskutera för hur många år framåt i tiden man skall planera. Mycket talar dock för att den ökning i bullret som orsakas av trafikens tillväxt, kommer att motverkas av ökad ljuddämpning av fordonen inom 10 till 20 år. Dimensionering för prognostrafik avseende år 1985 borde således säkra bullerförhållandena för överskådlig framtid.

Slutligen kan nämnas att de första resultaten av de pågående opinionsundersökningarna talar för att besvärreaktionerna hos de intervjuade personerna är beroende av trafikbullrets medelljudnivå i bostäderna. Lika-expositionsprincipen skulle således vara tillämpbar.

#### **Litteratur**

- [1] C. M. Harris: *Handbook of Noise Control*. New York 1957. S 35—4.
- [2] W. J. Galloway - W. E. Clark: *Prediction of noise from motor vehicles in freely flowing traffic*. ICA IV, Köbenhavn 1962. L-28.
- [3] F. W. Embleton - G. J. Thiessen: *Train noises and use of adjacent land*. Sound, its uses and control. Jan.-Feb. 1962.
- [4] T. S. Korn: *Measurements of street noise on models*. Noise Control. Nov.-Dec. 1960.  
Opublicerat underlag:  
Ingemansson's Ingenjörbyrå AB. Göteborg. rapporterna:  
H-911-A *Trafikbullerundersökningar vid motorväg*. Sept. 1962.  
H-890-B *Trafikbullerutredning i samband med dispositionsplan för bostadsområde inom Backa, Göteborg*. Dec. 1962.  
H-1109-A *Västersonering Örebro. Planering med hänsyn till trafikbullerstörningar*. Mai 1964.  
Examensarbeten vid Institutionen för Byggnadsakustik. CTH:  
L. Fall - I. Fall: *Trafikbuller och fönsterisolering*. Sept. 1964.  
K. Lövgvist - G. Rise: *Ljudutbredning från motorfordon i ett plan vinkelrätt mot vägbanan*. Okt. 1964.  
K. Andersson - I. Andersson: *Avskärmning av trafikbuller*. Okt. 1964.



## Sysselsettingsoversikt

Tab. 1. Antall arbeidere ved riks- og fylkesveganlegg ultimo des. 1965.

Fylke	Riksveger						Fylkesveger						Sum anlegg			
	Vegv.s egen drift	Entre- pre- nørers drift <sup>1)</sup>	I alt	Herav			Vegv.s egen drift	Entre- pre- nørers drift <sup>1)</sup>	I alt	Herav			I alt	Herav sysselsatt		
				Ordi- nært	Ekstraordinært					Ordi- nært	Ekstraordinært			Ordi- nært	Ekstraordinært	
					Over vegbud- sjettet	Utenom vegbud- sjettet					Over vegbud- sjettet	Utenom vegbud- sjettet			Over veg- budsj.	Utenom veg- budsj.
Østfold .....	39	—	39	39	—	—	27	—	27	27	—	—	66	66	—	—
Akershus .....	95	199	294	294	—	—	25	—	25	25	—	—	319	319	—	—
Hedmark .....	185	80	265	243	22	—	4	—	4	4	—	—	269	247	22	—
Oppland .....	180	43	223	223	—	—	34	16	50	50	—	—	273	273	—	—
Buskerud .....	45	135	180	180	—	—	55	4	59	59	—	—	239	239	—	—
Vestfold .....	115	—	115	115	—	—	—	6	6	6	—	—	121	121	—	—
Telemark .....	121	—	121	121	—	—	33	2	35	35	—	—	156	156	—	—
Aust-Agder .....	180	15	195	195	—	—	49	2	51	51	—	—	246	246	—	—
Vest-Agder .....	197	—	197	166	—	31	21	5	26	21	—	5	223	187	—	36
Rogaland .....	153	18	171	171	—	—	118	17	135	127	8	—	306	298	8	—
Hordaland .....	377	25	402	394	8	—	87	17	104	104	—	—	506	498	8	—
Sogn og Fjordane .....	310	5	315	300	15	—	139	12	151	151	—	—	466	451	15	—
Møre og Romsdal .....	413	11	424	424	—	—	132	17	149	149	—	—	573	573	—	—
Sør-Trøndelag .....	157	4	161	161	—	—	71	—	71	71	—	—	232	232	—	—
Nord-Trøndelag .....	228	—	228	228	—	—	49	—	49	49	—	—	277	277	—	—
Nordland .....	495	—	495	411	78	6	130	—	130	111	19	—	625	522	97	6
Troms .....	220	—	220	220	—	—	46	9	55	55	—	—	275	275	—	—
Finmark .....	165	25	190	190	—	—	—	—	—	—	—	—	190	190	—	—
Sum .....	3675	560	4235	4075	123	37	1020	107	1127	1095	27	5	5362	5170	150	42

1) Anlegg av riks- og fylkesveger som hovedsakelig utføres av private entreprenører



Tab. 2. Antall arbeidere ved riks- og fylkesvegvedlikehold ultimo desember 1965.

Fylke	Riksveger			Fylkesveger			Sum vedlikehold
	Vegv.s egen drift	Entreprenørers drift <sup>2)</sup>	I alt	Vegv.s egen drift	Entreprenørers drift <sup>2)</sup>	I alt	
Østfold .....	228	11	239	124	13	137	376
Akershus .....	238	9	247	29	2	31	278
Hedmark .....	223	4	227	194	14	208	435
Oppland .....	248	5	253	192	2	194	447
Buskerud .....	229	12	241	33	153	186	427
Vestfold .....	105	28	133	79	27	106	239
Telemark .....	194	7	201	122	11	133	334
Aust-Agder .....	171	—	171	90	—	90	261
Vest-Agder .....	172	—	172	236	—	236	408
Rogaland .....	210	30	240	194	45	239	479
Hordaland .....	286	2	288	160	5	165	453
Sogn og Fjordane ...	186	1	187	70	3	73	260
Møre og Romsdal ...	181	15	196	118	—	118	314
Sør-Trøndelag .....	193	9	202	160	24	184	386
Nord-Trøndelag .....	215	10	225	174	7	181	406
Nordland .....	321	6	327	208	2	210	537
Troms .....	247	—	247	165	—	165	412
Finnmark .....	121	18	139	17	4	21	160
Sum .....	3768	167	3935	2365	312	2677	6612

<sup>2)</sup> Vedlikehold av riks- og fylkesveger som utføres av by- og herredskommuner

Tab. 3. Antall arbeidere ved vegsentraler og vegstasjoner<sup>3)</sup>  
Ultimo desember 1965

Fylke	
Østfold .....	32
Akershus .....	105
Hedmark .....	81
Oppland .....	58
Buskerud .....	4
Vestfold .....	39
Telemark .....	23
Aust-Agder .....	27
Vest-Agder .....	71
Rogaland .....	23
Hordaland .....	7
Sogn og Fjordane .....	14
Møre og Romsdal .....	32
Sør-Trøndelag .....	87
Nord-Trøndelag .....	74
Nordland .....	57
Troms .....	—
Finnmark .....	50
Sum .....	784

<sup>3)</sup> Omfatter arbeidere som ikke kan fordeles på anleggs- og vedlikeholdsarbeid

### Rundskriv fra Vegdirektoratet 1965 og 1966

Nr 71 Bru 9. desember 1965 til vegsjefene ang. Dispensasjonssøknader for vogntog.

Nr 72 Bk. 13. desember 1965 til vegsjefene ang. Riksrevisjonens konstitusjonelle antegnelse til statsregnskapet for 1962. Administrasjonsgrener under Samferdselsdepartementet.

Nr 73 Veg. 22. desember til vegsjefene ang. Refusjon av utgifter til vegvesenets arbeid for andre.

Nr 87 M 18. desember 1965 til Statens bilsakkyndige. Totalvekt Volvo.

Nr 1 S reg. 3. januar 1966 til fylkesmennene, politimestrene, vegsjefene og Statens bilsakkyndige ang. Nummerserier for registrering av motorkjøretøyer.

Nr 2 Vk. 3. januar 1966 til vegsjefene ang. Fortøyning av ferjer i Riksvegsamband.

Nr 3 Pk. 11. januar 1966 til fylkesmenn, vegsjefer, politimestre, skattefogder og Statens bilsakkyndige ang. Overføring av arbeidet med registrering av motorkjøretøyer fra politiet til Statens bilsakkyndige.

Nr 4 Pk. 27. januar 1966 til vegsjefene ang. Fylkesinndelingskomitéens innstilling.

Nr 5 Lab. 2. februar 1966 til vegsjefene ang. Bærelagsundersøkelser — Geologiske undersøkelser og Geotekniske undersøkelser 1966.

Nr 6 Veg. 3. februar 1966 til vegsjefene ang. Veganlegg — Bituminøse dekker.

Nr 7 Veg. 14. februar 1966 til vegsjefene og de bilsakkyndige ang. Akseltrykk og totallast på riksvegbruene.

Nr 1 M 24. januar 1966 til Statens bilsakkyndige og politimestrene i Rjukan, Arendal, Hardanger, Trondheim og Uttrøndelag. Kontroll med at toll og avgifter er betalt for motorkjøretøyer.

Nr 2 M 27. januar 1966 til Statens bilsakkyndige. Totalvekt Ford.

Nr 3 M 7. februar 1966 til Statens bilsakkyndige, politimestrene i Rjukan, Arendal, Trondheim, Hardanger og Uttrøndelag. Antall sitteplasser i person- og stasjonsvogner.

Nr 4 M 7. februar 1966 til Statens bilsakkyndige. Antall sitteplasser i vare-, laste- og kombinerte biler.

Nr 5 M 7. februar 1966 til politimestrene, samferdselskonsulentene og Statens bilsakkyndige. Godkjenning av person- og stasjonsvogner til bruk som drosje.

Nr 6 M 8. februar 1966 til Statens bilsakkyndige. Totalvekt Magirus-Deutz.

Nr 7 M 8. februar 1966 til Statens bilsakkyndige. Totalvekt Scania-Vabis.

Nr 8 M 18. februar 1966 til Statens bilsakkyndige. Totalvekt Volvo.

Nr 9 M 21. februar 1966 til Statens bilsakkyndige. Førervern til traktor.

Nr 10 M 21. februar 1966 til Statens bilsakkyndige. Dragøyer for Vänersborg bøyekopling — tillatte vekter.

Nr 11 M 24. februar 1966 til Statens bilsakkyndige. Totalvekt M.A.N.