

Norske vegbruer og moderne trafikk

Dagens situasjon og fremtidens behov

Avdelingsdirektør Arnulf Arild, M. N. I. F.

DK 624.21 : 625.745.1 (481) «31»

Tilpassing av vegnett for moderne trafikk forutsetter tidsmessig om- og nybygging av vegbruer. Oversikt over belastningsforutsetninger ved tidligere brubygg og vurdering av disse med hensyn på moderne trafikktendens. Utviklingen vedr. ombygging, forsterkning m. v. i Norge etter krigen, rutevis fordeling, planlegging og utførelse av forbedringene. Spørsmålet om de fremtidige belastningskrav, sammenligning med utviklingen i andre land. Kjørebanebredde og linjeføring.

1. Innledning.

Vi kan i Statens vegvesen glede oss over stor almen interesse for våre vegger og vår vegtrafikk, både når det gjelder de store linjer og på det mer lokale plan. Men gleden blant oss ingeniører blir noe blandet ved at diskusjonen oftest er av mer politisk enn faglig natur, og ved at interessen — i hvert fall blant trafikantene — oftest kommer til uttrykk som negativ kritikk.

Det er lett å kritisere norske vegger og norsk vegpolitikk, og det blir da også gjort uten større hemninger fra mange hold og med varierende saklighet.

De som stiller med vegene — i første rekke da vegingeniørene — tar stort sett lite til gjennæle mot kritikken, og hva enten denne er berettiget eller ikke, var det kanskje ønskelig at det offentlig ble fremlagt flere faktiske opplysninger av teknisk og økonomisk art om våre vegger og vår vegtrafikk.

Jeg skal her forsøke å gi en kort orientering om en spesiell del av vårt vegnett, nemlig våre vegbruer.

Jeg vil for en stor del holde meg til tørre fakta. De vurderinger som har sneket seg inn, står helt ut for min egen regning og er ikke ment som uttrykk for vegadministrasjonens offisielle syn.

I lengde representerer bruene bare en meget liten del av vegnettet (under 4 ‰), men mange bruer er flaskehalsen for trafikken og i høy grad bestemmende for hvilke akseltrykk og vognbredder som kan tillates på de forskjellige vegruter.

En tidsmessig ombygging og nybygging av vegbruer er derfor en betingelse for å kunne tilpasse vegene for moderne trafikk.

2. Hvorfor de gamle bruene har klart seg såpass bra.

På våre viktigste stamveger som riksveg 40 og riksveg 50 finnes idag 100 år gamle trebruer med anselig spennvidde som er utsatt for ganske tung trafikk (fig. 1). Vår eldste hengebru (fig. 2) er bygget i 1844 og våre første stålfagverk i 1870-årene.

Et meget stort antall av våre riksvegbruer er bygget for over 50 eller 60 år siden, altså før det fantes biltrafikk i Norge, og det faller da naturlig å spørre:

Hvordan har det i det hele tatt vært mulig å utsette disse byggverk, utført for hestetrafikk og gangtrafikk, for den påkjenning som nåtidens biltrafikk betyr?

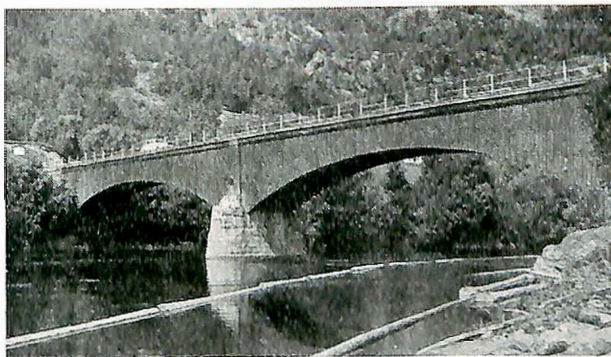
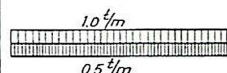

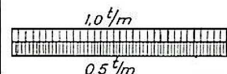

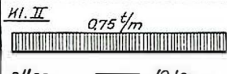


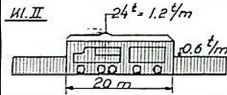


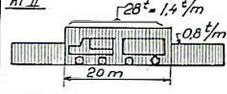

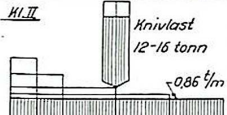



Fig. 1. Boen bru.



Fig. 2. Bakken bru, 1844.

Vanlig anvendt beregningsgrunnlag			
	Nyttelast pr. kjørespor	For 40m spor og sporbredde	Akseltrykk og sporbredde
Før 1912		40 t (20 t)	2-3 tonn 
1912 til 1920		40 t (20 t)	3-5 tonn 
1920	Kl. II  eller  10 tonn	30 t	5 tonn 
1930	Kl. II 	36 t + stöt 4,3 t	6 tonn + stöt 2,4 t 
		44 t + stöt 5,3 t	10 tonn + stöt 4 t 
1947	Kl. II 	56 t + stöt 6,7 t	10 tonn + stöt 4 t 
1957 (forslag)	Kl. II 	46-50 tonn inkl stöt	13 tonn + stöt 5 t 



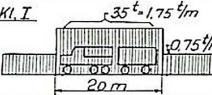

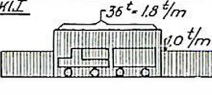

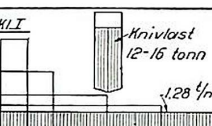
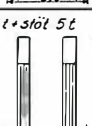
Beregningsgrunnlag for bruer med tung trafikk (Inntil 1947 lite anvendt)		
Nyttelast pr kjørespor	For 40 m spor	Akseltrykk
Kl. I 1.0 1/2 m eller:  20 tonn	40 t (35 t)	10 tonn 
Kl. I 	50 t + stöt 6,0 t	10 tonn + stöt 4 t 
Kl. I 	56 t + stöt 6,7 t	10 tonn + stöt 4 t 
Kl. I 	59-63 tonn inkl stöt	13 t + stöt 5 t 

Fig. 3. Oversikt over beregningsgrunnlag i løpet av de siste 60—70 år.

Hertil kan man for det første svare at vi her i landet — som i andre land — har vært i en tvangssituasjon. Den eksplorative utvikling av biltrafikken har ikke latt seg stanse, og det har heller ikke vært mulig å bygge om de gamle bruene i tilsvarende tempo.

Trafikantene har presset på med krav om stadig større vogner og større akseltrykk, og de som i 20- og 30-årene hadde ansvaret for vegenes og bruene bæreevne og tilstand og dermed for trafikantenes sikkerhet, har nok ofte følt seg mellom barken og veden, uten å møte særlig forståelse hverken fra trafikantenes eller de bevilgende myndigheters side.

De verste fallgruber og flaskehals ble jo etter hvert eliminert så godt det lot seg gjøre, men en rekke gamle bruer måtte klare seg helt uten eller med mindre forsterkninger.

En kan gå ut fra at sikkerheten ofte har vært minimal, og når det er gått så pass bra — kanskje bedre enn fortjent — er det nok i første rekke takket være de gamle brubyggernes solide arbeide og materialutvalg.

Bruene er nok av og til konstruert og dimensjonert mer eller mindre skjønsmessig, men skjønnet har stort sett vært meget bra. Ved de tunge og massive steinbruer er forøvrig trafikklaster av forholdsvis mindre betydning.

Dessuten ble det allerede i forrige århundre benyttet en forholdsvis stor trafikklaster som beregningsgrunnlag.

3. Oversikt over beregningsmessig trafikklaster i løpet av de siste 60—70 år.

Fig. 3 viser en forenklet oversikt over den beregningsmessige trafikklaster som har vært brukt i løpet av de siste 60—70 år.

Venstre side viser de mest anvendte bestemmelser i de forskjellige tidsrom, og til høyre er tatt med høyeste belastningsklasser, som fra 1920 til 1947 ble anvendt ved de aller sterkest trafikerte bruer.

Generelt kan man si at det for de gamle bruene er regnet med meget stor totalbelastning i forhold til tillatt akseltrykk.

Faktisk viser den samlede beregningsmessige trafikklaster for 40 m sporenlengde ingen større stigning, selv ikke etter laveste klasse i det nye forslag til trafikklaster som er vist nederst, og som jeg senere skal komme tilbake til.

Største akseltrykk er derimot etter hvert økt fra 2—3 tonn før 1912 til 10 tonn i de någjeldende forskrifter av 1947 og antagelig 13 tonn etter det nye forslag.

Konsekvensen av dette er at hovedkonstruksjonene ved de større gamle bruer stort sett har vist seg sterke nok for normal biltrafikk, mens brubane-

konstruksjonene, bortsett fra massivbruene, omtrent overalt har vist seg for svake.

De gamle bruene har derfor til en viss grad kunnet tilpasses trafikken ved at brubanen og eventuelt andre sekundære deler er blitt forsterket eller

skiftet ut. Hvor det har vært mulig er det også foretatt breddeutvidelse, men som alle trafikanter har fått merke, lar dette seg ikke alltid gjøre. Vi har fremdeles mange nåløyer med fri bredde ned til under 2,5 m.

Diagrammet er utarbeidet etter "Rutevis oversikt over bruene" Tillatt akseltrykk er for endel av de gamle bruene økt anslagsvis utover det opprinnelige uten at gjennomregning er foretatt. Særlig er skillet mellom 3 tonns og 5 tonns bruene av den grunn noe usikkert.

For hele landet:

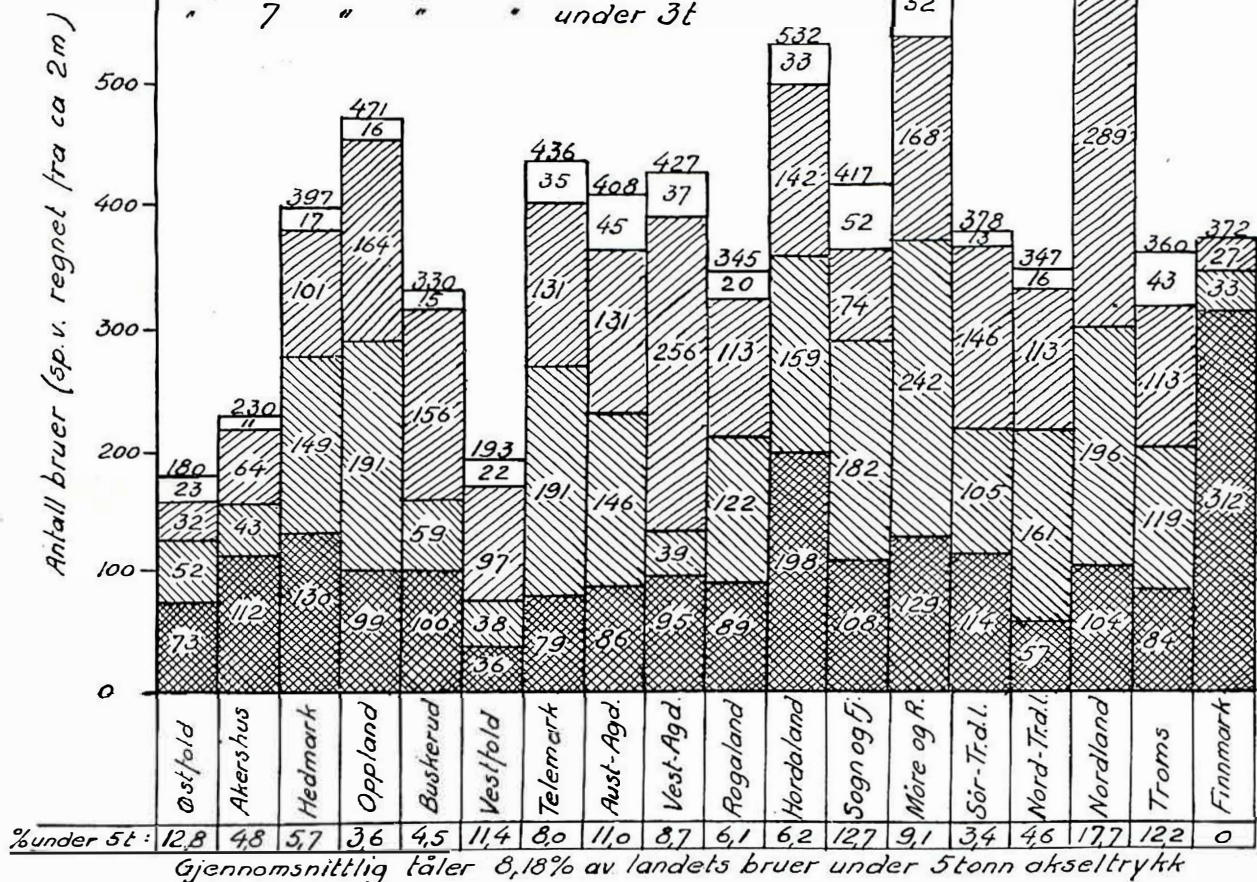
ca 2005 bruene med akseltr. over 6t (vesentlig 10t)

" 2227 " " " 6t

" 2317 " " " 5t

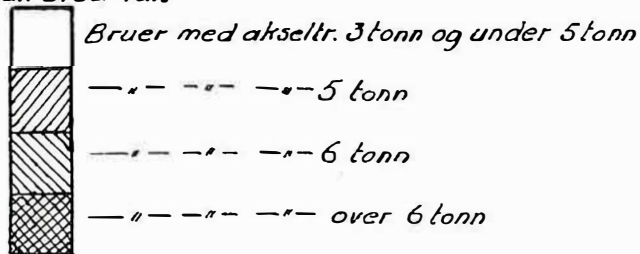
" 576 " " " 3t

" 7 " " " under 3t



Betegnelser:

Antall bruene ialt



Samlet antall riks- og fylkesvegbruene for hele landet (sp.v. regnet fra ca 2 m) Salt ca 7132 bruene.

Diagrammet ajour pr. 1. jan. 1957.

Fig. 4. Tillatt akseltrykk.

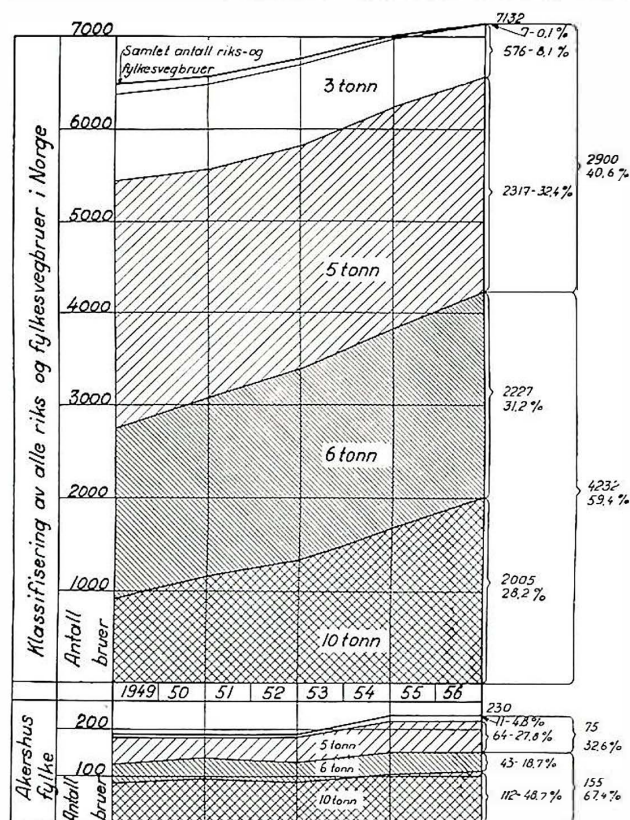


Fig. 5. Økning av bæreevnen i årene 1949-56.

4. Hvor mange bruer har vi og hva tåler de idag?

Noe eksakt svar på dette er vanskelig å gi, bedømmelse av gamle bruers bæreevne er ikke alltid så liketil og tidens tann arbeider stadig. Men jeg skal gi en oversikt på grunnlag av den klassifisering som foreligger idag.

Vi har i Norge godt og vel 23 000 km riks- og fylkesveger, og på disse veger over 7000 bruer, med en gjennomsnittsavstand på 3,3 km. Hertil kommer henimot 25 000 km bygdeveger med forholdsvis noe ferre bruer, slik at vi i alt har ca 14 000 offentlige vegbruer i landet.

Med en gjennomsnittslengde på anslagsvis 12,5 m utgjør da bruene ca 3,8% av veglengden. Bruenes andel av anleggsomkostningene er adskillig større, og kan anslås til mellom 10 og 12% av anleggsutgiftene.

For bygdevegernes vedkommende har vi dessverre ingen pålitelig oversikt over hva bruene tåler, så jeg er nødt til å holde meg til den halvpart som representerer riks- og fylkesvegbruene.

Fig. 4 viser klassifisering pr 1. januar 1957 og er ordnet fylkesvis med Østfold lengst til venstre og Finnmark lengst til høyre.

Vi merker oss først at Finnmark fylke står som overlegent nr 1 med 84% av bruene klassifisert for 10 tonn — en naturlig (om ikke nettopp tilsiktet) følge av at over 400 bruer eller ca 90% av

bruene i fylket ble ødelagt av tyskerne i 1944-45. Ca 85% er nå bygget opp igjen permanent.

Av de øvrige fylker kan vi merke oss Akershus, fylket med landets tetteste og tyngste trafikk.

Når det gjelder 10 tonns bruer ligger Akershus godt over gjennomsnittet med 49% mot 28% for hele landet. Men fylket trekker fremdeles på altfor mange gamle og svake bruer. Antall bruer for 6 tonn eller mer er 67% mot 59% for hele landet, og det er i Akershus fremdeles 11 riksvegbruer med tillatt akseltrykk begrenset til 3 tonn. Blant disse er de velkjente anstøtsstener Fetsund og Minnesund bruer, som nå er under ombygging.

5. Gjør vi gode fremskritt?

Det spørsmålet som nå naturlig nok melder seg for trafikantene er: Hvor hurtig kan dette bilde forandres til det bedre?

Fig. 5 er en landsoversikt over utviklingen i løpet av de siste 8 år. Samlet antall riks- og fylkesvegbruer er i perioden økt med omtrent 630 fra ca 6500 til 7132, mens antall 10 tonns bruer er økt fra 900 til 2000 og antall bruer for 6 tonn eller mer fra 2750 til 4230 (59,4% av samtlige bruer).

Da de 630 helt nye bruer inngår i dette tall er altså ca 850 gamle svake bruer ombygget eller forsterket. Antall bruer for akseltrykk 5 tonn eller mindre viser da også en tilsvarende reduksjon, og er nå ca 2900.

Ser vi på den samtidige utvikling innen Akershus fylke, ser det i grunnen lite oppløftende ut. Riktignok har vi fått ca 30 nye bruer for større akseltrykk. Antall svake bruer er imidlertid ikke redusert, men tvertimot økt. Forklaringen er enkel nok. Det bygges lite helt nye riks- og fylkesveger i Akershus. At antall bruer på slike veger stiger skyldes at staten eller fylket overtar bygdevegstrækninger fra tid til annen, og de dårlige bruene følger med.

Vegnettet i de tettbefolkede østlandsbygder ble jo utbygget tidligere enn i landet forøvrig, og henger nå på sett og vis etter i utviklingen, ikke minst når det gjelder større bruer.

Landsoversikten viser at vi i de senere år har bygget om eller forsterket godt og vel 100 bruer årlig til 6 tonns akseltrykk eller mer.

Fig. 6 viser en mer fullstendig oversikt over vegvesenets brubygging etter krigen.

I 1946 ble det fullført 110 nye vegbruer. I de følgende 5 år lå tallet på omkring 200, og steg så til 340 i 1954 og 1955. Ifjor ble det fullført 292 bruer. Utført bruflate er steget betydelig sterkere, fra 5000 m² i 1946 til 29 000 m² i de to siste år.

Mens gjennomsnittlige flate pr bru var 50 m² i 1946 var den ifjor ca 100 m².

I de nevnte tall inngår også nye bygdevegsbruer som i de siste 5 år har utgjort omtrent halvparten i antall. Arealet pr bru er imidlertid ved bygdevegene gjennomgående bare halvparten så stort som ved riks- og fylkesvegene, slik at bygdevegsbruerne bare representerer ca 1/3 av arealet (vist for 1956).

Antall ombygginger på riks- og fylkesveger er vist for de siste 3 år med et årlig gjennomsnitt på ca 120 bruer, og en flate i 1956 på 10 000 m². Med denne fart vil det ta nærmere 25 år før de nevnte 2900 bruer er ombygget. Muligheter for effektiv forsterkning er stort sett allerede utnyttet.

6. Hva koster ombygging av bruer, og hvilke årlige beløp kan disponeres?

Med så store antall det her gjelder kan vi noenlunde sikkert operere med gjennomsnittspriser, og vi har i de senere år benyttet en tiltalende rund sum på kr 100 000,— pr bru (eller 100 m² å kr 1000,—). Tallene er nok nå i underkant. De 2900 bruer vil da koste ca 300 mill. kroner etter dagens prisnivå. For å få tidsmessig linjeføring ved de nye bruene må vi legge til kanskje 50 mill. kroner, som utgifter til nødvendige vegomlegninger.

I inneværende termin er bevilget kr 11,4 mill. til ombygging av svake bruer. Hertil kommer et beløp på kr 3,5 mill. til gjenoppbygging av krigsskadde bruer, slik at vi under disse poster disponerer 14,9 mill. til nye bruer på gamle vegger. (Stamvegmidler blir praktisk talt ikke anvendt til dette formål.)

En del av dette beløp går til vegomlegninger, slik at vi til selve bruene kanskje kan bruke kr 12 mill. Dette gir da også 25 års byggetid. Nå har vi i denne termin fått en ny bevilgningspost i vegbudsjettet, som dekkes av den midlertidige motorvognavgift. Under denne post har vi i år fått kr 4,8 mill. til enkelte større bruarbeider, blant annet Minnesund bru. For neste termin er foreslått et lignende beløp. Derfor kan vi allerede nå regne med høyere tempo og kortere byggetid.

Det totalbeløp som årlig medgår til offentlige bruarbeider på vegene kan vanskelig trekkes ut nøyaktig regnskapsmessig, men det kan anslås til ca 30 mill., hvorav ca 1/3 på bygdevegene.

7. Hvordan er de dårlige bruer fordelt rutevis?

De som har kjennskap til tungtrafikken på vegene idag, har nå sikkert en følelse av at den fremstilling jeg har gitt gir et for mørkt bilde av situasjonen, og det er for så vidt riktig.

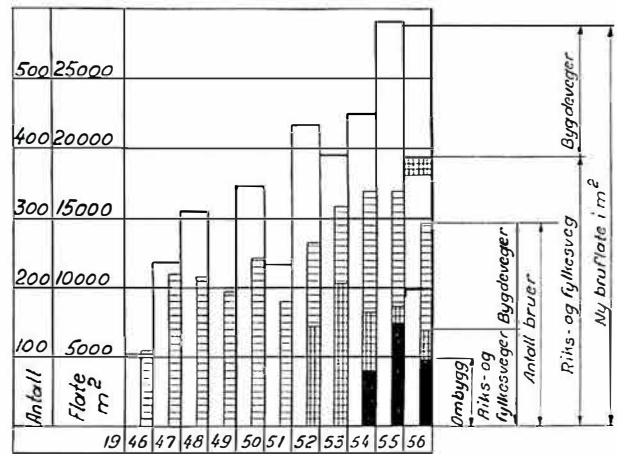


Fig. 6. Utførte nye vegbruer i årene 1946—56.

Det foregår jo idag legal kjøring med 6 tonns akseltrykk på praktisk talt alle våre viktigste gjennomgangsruiter.

Den såkalte «riksdispensasjon A» som tillater 6 tonns akseltrykk omfatter idag 72 % av våre riksveger og 37 % av fylkesvegene, tilsammen 62 % av hovedvegene. Riktignok må det innrømmes at det på disse ruter finnes ikke så få bruer klassifisert for bare 5 tonn. Det er stort sett mindre bruer som er ansett så vidt solide at en har kunnet forsvare å åpne rutene for 6 tonn allerede før de er ombygget. Noen av dem vil nok også kunne skrives opp til 6 tonn.

Går vi et hakk ned, til riksdispensasjon B — 5 tonns akseltrykk — får vi med 94 % av riksvegene og 81 % av fylkesvegene, tilsammen 90 % av hovedvegene.

For bygdevegene har vi ingen full oversikt, men kan antyde mellom 40 og 50 % for riksdispensasjon B.

De 2900 bruer som er for svake for 6 tonns akseltrykk, og da særlig de ca 600 som er for svake for 5 tonn, ligger stort sett i mer sekundære ruter og betyr kanskje ikke den mest alvorlige hindring for den ønskelige utvikling mot tyngre og mer økonomisk trafikk.

8. Hvilke bruer bør ombygges først?

Vi har ingen norsk statistikk over tungtrafikkens fordeling på de forskjellige vegruter, men en amerikansk undersøkelse er ganske illustrerende. Av det amerikanske vegnett kommer 12 % inn under betegnelsen «main roads». Disse 12 % tar 67 % av all lastebiltrafikk, målt i vognkm og anslagsvis 80 % målt i tonnkm.

Ettersom flommen av dispensasjonssøknader øker angående kjøring med akseltrykk på over 6 og over 7 tonn, og med stadig større totalvekter, er

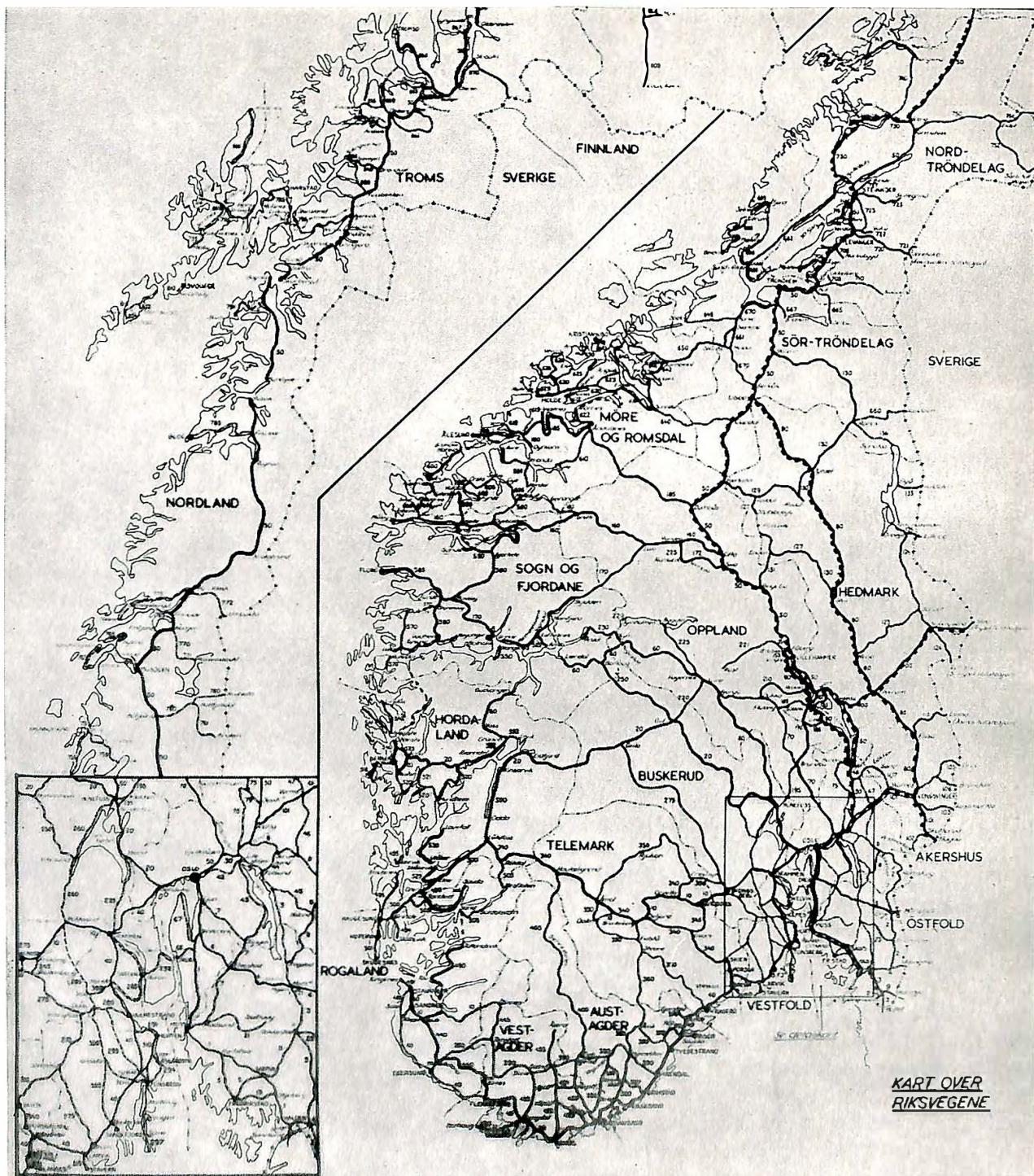


Fig. 7. Kart over stamveger med undersøkte ruter.

mitt inntrykk at trafikantenes mest påtrengende behov idag er å kunne kjøre med 7 eller 8 tonns akseltrykk på våre stamvegruter. Et annet påtrengende behov er faste regler for boggitrykk, akselantall og akselavstand i forhold til kjøretøyers totalvekt. Dette skal jeg senere komme tilbake til.

Spørsmålet blir da:

Hvordan bør våre begrensede brubevilgninger anvendes for i noenlunde nær fremtid å gi den mest

effektive forbedring for trafikantene? Skal våre svakeste og dårligste bruer ha 1. prioritet, eller skal vi først bygge ut våre hovedruter for høyere akseltrykk, f. eks i første omgang 8 tonn (med faste regler for kjøretøyers totalvekt og akselavstand). Spørsmålet kan ikke besvares generelt, og krever nøyere analyse. Saken har jo fremfor alt også en vegteknisk side som jeg ikke skal komme nærmere inn på.

Det vi bruingeniører kan gjøre er imidlertid å foreta en rutevis analyse av bruene, som grunnlag for planer og overslag for rutevis utbedring til høyere akseltrykk.

9. Rutevis planlegging av utbedring til 8 eller 13 tonns akseltrykk.

Vi har da også satt igang en slik undersøkelse som hittil har omfattet de ruter som er vist på fig. 7. Det er meningen å fortsette med de øvrige stamvegruter, men da vi har liten tid å avse til dette arbeide, vil det nok ta sin tid.

For disse ruter blir det da fastlagt hvilke ombygginger, eventuelt forsterkninger, eller utbedringer som må foretas for å få alle bruer sterke nok for første omgang 8 tonns akseltrykk. Det blir videre satt opp tilsvarende oversikt for hva vi kan kalle endelig utbygging til 10 tonns akseltrykk etter vår någjeldende klassifisering. Som jeg senere skal komme tilbake til, regner vi med at denne endelige utbygging vil gi mulighet for ordinær kjøring med 13 tonns akseltrykk.

Overslag blir etter hvert utarbeidet for begge alternativer.

Undersøkelsene omfatter en beregningsmessig kontroll, supplert av en nøyaktig og systematisk inspeksjon av bruene.

10. Hvorfor nettopp 8 tonns akseltrykk?

Når vi foreslår 8 tonns akseltrykk som mål for de første utbyggingstrinn, er det for det første for best mulig å imøtekomme trafikkbehovet uten å få et for langsiktig program. Vårt poeng er at det ser ut til å være mulig å skrive opp en stor del av de nåværende 6 tonns bruer til 8 tonn uten å foreta noen forsterkning.

Dette høres sikkert lettsindig ut, og jeg er her nødt til å si noen ord om det ofte misforståtte og misbrukte ord *sikkerhetsfaktor*.

En sikkerhetsfaktor på f. eks. 3 betyr ikke at en konstruksjon igrunnen er 3 ganger sterkere enn nødvendig og vil kunne belastes med 3 ganger tillatt last før det skjer noe galt. Sikkerhetsfaktoren er en margin for alle de usikre omstendigheter en må regne med når det gjelder materialer, beregning, konstruksjon, belastning og vedlikehold, og den må velges så stor at sannsynligheten for et skadelig (eller katastrofalt) sammentreff av mulige uheldige omstendigheter blir tilstrekkelig liten. En omdøpning til *usikkerhetsfaktor* ville antagelig klarne begrepene.

Jo flere usikkerheter vi kan eliminere, desto lavere sikkerhetsfaktor kan vi regne med, og desto

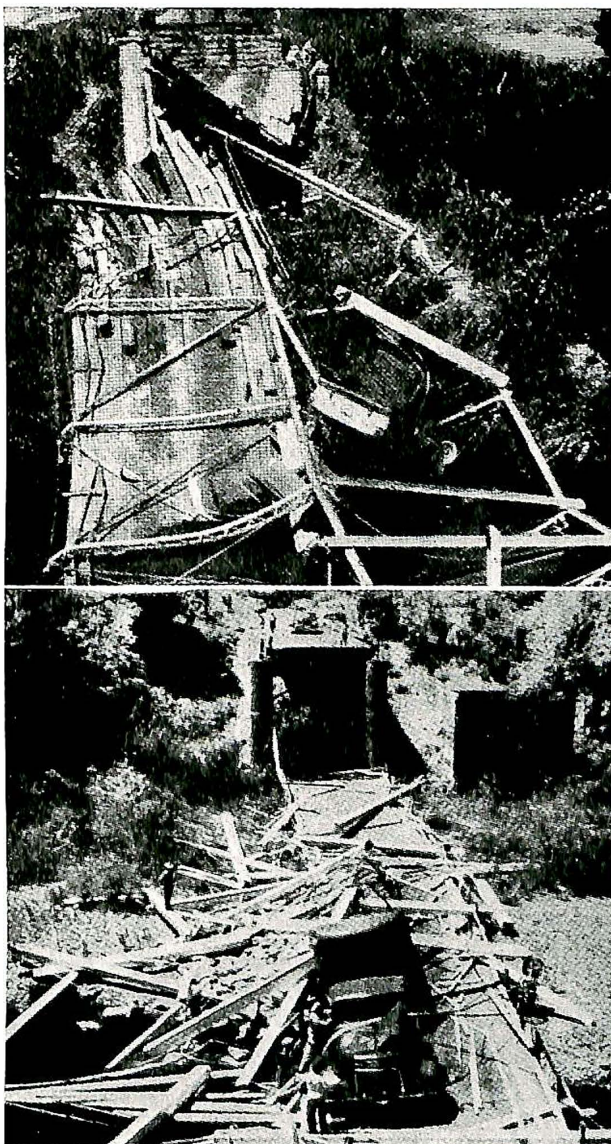


Fig. 8. Eksempler på sammenstyrtede bruer etter overbelastning.

bedre kan konstruksjonens bæreevne utnyttes.

Denne synsmåte er grunnlaget for den senere utvikling av bygningsteknikken med høyere materialpåkjenninger, mer realistiske beregninger og skarpere kontroll med materialer og utførelse.

Dette er da også kommet til uttrykk i den nye Norsk Standard 424 for beregning og utførelse av stålkonstruksjoner, samt i foreliggende forslag til tilsvarende ny standard for betongkonstruksjoner.

En usikkerhet for seg er den *ulovlige kjøring* som stadig foregår i større utstrekning enn vi liker å tenke på. Vi får håpe at en effektiv vekt-kontroll etter hvert vil lære trafikantene å overholde vektbestemmelsene. Med en mindre margin for denne usikkerhet vil det da bli større muligheter for å heve den *legale* belastning.

De som kjører med for store lass, har to vrangforestillinger. De tror det lønner seg å overbelaste biler, og de tror ikke bruer kan styrte sammen. Det første blir jo bileierens egen sak. Den siste påstand har jeg fått høre et par ganger, og jeg har nå samlet endel bilder — foreløbig fra utlandet — som viser at bruer *kan* falle sammen under overbelastning. Fig 8 a og b viser et par eksempler.

Med de større tillatte materialpåkjenninger (eller med den reduserte usikkerhetsfaktor) regner vi med at en stor del av de bruer som er bygget i 30-årene for 6 tonns akseltrykk, og også endel eldre bruer, vil kunne tåle 8 tonns akseltrykk, forutsatt at de oppfyller de skjærpede krav til materialkvalitet og utførelse. Dette mener vi å kunne bringe på det rene ved en nøyaktig og systematisk undersøkelse.

Den mest usikre kvalitet har vi i de armerte betongkonstruksjoner, da vanlig støpepraksis før krigen ga en meget variabel betongkvalitet. Økning av akseltrykket vil få størst virkning på brudekene, hvor mindreverdig betong må utskiftes.

Bruer fra før 1930, som senere er forsterket til 6 tonn, er for en vesentlig del utnyttet til grensen av det forsvarlige og må påregnes ombygget.

Hvor mange av de nåværende 2200 6 tonns bruer vi etter dette må bygge om for å greie 8 tonn, kan foreløbig ikke angis nøyaktig, men etter de undersøkelser vi hittil har foretatt skulle vi komme langt med $\frac{1}{3}$ eller ca 700 bruer. Det vil da koste oss anslagsvis mellom 70 og 80 mill. å skjerpe minimumskravet fra 6 til 8 tonn.

For dette beløp skulle vi altså kunne øke akseltrykket fra 6 til 8 tonn (for bruens vedkommende)

på alle våre nåværende 6 tonns ruter — altså på 62 % av riks- og fylkesvegene. Dette regnestykke er ikke helt å lite på, da det som nevnt ikke er full overensstemmelse mellom klassifisering av vegger og bruer, men etter de ruteundersøkelser som hittil er utført, ser det ut til at flere av våre hovedruter, hva bruene angår, kan utbedres til 8 tonn for forholdsvis beskjedne beløp.

Et annet spørsmål er om vegene vil kunne tåle en slik økning av akseltrykket uten omfattende forsterkninger og sterk stigning av vedlikeholdsutgiftene. Dette spørsmål ligger utenfor rammen av dette foredrag, men jeg kan nevne at da det i 1955 fra flere hold ble rettet henvendelse til de svenske vegmyndigheter om heving av generelt tillatt akseltrykk fra 6 til 8 tonn, svarte Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen blant annet at en vesentlig del av vegnettet var for svakt allerede for den nåværende trafikk, og at en utbedring måtte antas å bli meget langsiktig. Vanskeligheter med teleskader ble særlig fremhevet. Nye grusveger i Sverige ble nå gjort sterke nok for 8 tonns akseltrykk og vegger med fast dekke for 10 tonn.

Før jeg kommer inn på akseltrykk over 8 tonn vil jeg nevne at 8 tonns akseltrykk svarer til den internasjonale konvensjon om minimumsbelastning på hovedruter, tiltrådt også av Norge i 1950. Riktignok inneholder denne konvensjon også krav om 14,5 tonns boggitrykk, som stemmer dårlig med akseltrykket, og som vi neppe vil kunne greie ved denne første utbygging. Det vil sikkert volde også andre land vanskeligheter.

(Forts.)

Fjellsprengning

Ingeniør Harald J. Egge, M. N. I. F.

DK 622.23

De fleste mennesker vil før eller senere få befatning med fjellsprengning, i alle fall føler de fleste seg tiltrukket av sprengningsarbeider, for når en salve fyres av et eller annet sted, så styrter folk gjerne til for å se hvordan det «gikk» — og som oftest går det bra. Når det en sjelden gang går galt, så skyldes det enten ukynighet, uforsiktighet eller uflaks, dvs. feil i beregningen, og da fjell er meget vanskelig å beregne, kan det siste forekomme.

Imidlertid kan man nå ved anvendelse av moderne sprengningsmetoder redusere disse uhell ganske betraktelig.

Fjellsprengning er blitt litt av en videnskap. Det eksperimenteres rundt om i verden av ingeniører og videnskapsmenn, og bl. a. har United States Bureau of Mines og Atlas Powder Co, Delaware, som førøvrig har lansert

millisekund-tennere, nedlagt et banebrytende arbeide på dette område.

Hos oss har bl. a. sivilingeniør Erik Ødegård i flere artikler i Teknisk Ukeblad på en utmerket måte behandlet: Detonasjonsstøtet, Fragmentering ved fjellsprengning og Spenningsvekslinger i holdet ved fjellsprengning. Måtte han bare få anledning til å fortsette sine studier og eksperimenter.

Imidlertid kan kanskje enkelte resultater fra praktisk drift her i Norge også ha noen interesse og stimulere til videre forskning. Først skal gis et lite overblikk over utviklingen innen fjellsprengningsindustrien.

Fra håndboring har utviklingen gått til maskinboring, fra tunge maskiner til lette, hurtigborende maskiner med knematere, fra stålbor og stjernebor til hårdmetallbor, fra lunte og knall til elektriske tennere, og ved disse igjen fra momenttennere til forsinkede tennere, først $\frac{1}{2}$ s, senere millisekund-tennere. Hele denne utviklingen har gått så fort at ikke alle har klart å følge med. Særlig har eldre drivere og baser vanskelig for å fordøye det nyeste på området.

Den senere utvikling på sprengningsområdet er muligjort ved innførelsen av elektriske tennere. Riktignok er elektriske tennere av gammel dato, men da alle skudd gikk momentant, fikk de liten anvendelse før de forsinkede tennere ble oppfunnet, og da, som nevnt, som halvsekundtennere. Disse ble markedsført i 11 nr, fra 0—10, og med et innbyrdes tidsintervall på 0,5, således at nr 0 går momentant, nr 1 etter 0,5 sek, osv. til nr 10 etter 5 sekunder.

Videnskapelige undersøkelser har senere bragt for dagen at man oppnår langt bedre resultater med tennere som har tusendels sekund tidsintervaller. Man har ved hjelp av filmopptak kunnet tidfeste de forskjellige faser i sprengningsforløpet, og derved kommet til at knusingen foregår med en hastighet av tusendels sekunder. Tidsintervallet mellom momentaneksplasjon og til fjellet kom i bevegelse varierte mellom 0,015 og 0,065 s.

Millisekund-tennere markedsføres i nr fra 0 til 16, hvor nr 0 er momentan, nr 1 forsinkes 0,008 s, nr 2 0,025 s, nr 3 0,05 s osv. til nr 10 0,25 s, nr 11 0,3 s osv., nr 15 0,5 s (det samme som 1/2 s tennere) og nr 16 0,55 s.

Som man ser er der 17 intervaller innen et tidsrom av 0,55 s og det er innen disse tidsintervaller sprengstoffet utfører sitt arbeide, det gjelder bare å plasere sprengstoffet riktig og utnytte det gunstigste tidspunkt for avfyring av hvert enkelt hull. Tidsintervallene mellom skuddene er altså av den aller største viktighet, og deri ligger i grunnen det epokegjørende ved denne metode for sprengning som selskapet har kalt «The Rockmaster Blasting System».

Man kan også kalle det «fleksibel fyringskontroll», idet man nå har fullt herredømme over sprengningsvolum, gradering og plasing av den utskutte salve. Hva dette betyr i driftsrytmen vil alle som har befatning med fjellsprengning kunne forstå.

I praksis har det vist seg at tidsintervallene fra 0 til 0,025 s, altså tennere nr 0 — 1 — 2, i nærliggende hull gir gode fragmenteringsresultater i normalt fjell. Ellers kan man si at ved sprøtt fjell brukes korte intervaller, og ved seigt fjell bør man øke intervallene til f. eks. 1 — 3 — 5 eller 1 — 4 — 7 osv. I seigt fjell som er vanskelig brytbart har man også med hell anvendt sprengstoff av forskjellig detonasjonshastighet. Man lar da de hull som har lav detonasjonshastighet gå foran de som har høy detonasjonshastighet.

Den indre fragmentering.

Detonasjonen av sprengstoff i et borehull forårsaker en elastisk sjokkbølge i fjellet, og man mener at i den umiddelbare nærhet av borehullet er denne elastiske bølgen fortrinnsvis en enkel trykkbevegelse. Når imidlertid denne bølgen møter en møtbølge fra et annet skudd, blir den reflektert som en strekkbølge, og denne rikosjeterende strekkbølgen er antagelig mer effektiv i knusing av fjellet enn den opprinnelige trykkbølgen. Bølgene har en hastighet av flere tusen m/s, og knuser fjellet i nærheten av borehullet i løpet av tusendels sekunder.

I løpet av de 15 til 65 millisekunder før fjellet begynner å bevege seg etter avfyringen, trykker gassen på fjellet, åpner slepper og tvinger seg frem gjennom disse og borhullene.

Ved samtidig avfyring oppstår et høyt gasstrykk bak massene og man får en kumulerende virkning på knusing

og fremkast av massene. Når nærliggende hull blir avfyrt med millisekund-tennere i tettliggende tidsintervaller, hjelper gassen fra de forskjellige hull til med sprengning og fremkast av salven.

Tidsintervallet mellom millisekund-tennerne er derfor av største betydning. Det ser ut som om gassene holder lenger på massene, fjellet begynner å bevege seg på forskjellige tidspunkter, hvilket forårsaker en skjærspenning som også bidrar til fragmenteringen. Det kan også forklares slik, at når to eller flere skudd er avfyrt med millisekunder mellom hvert, vil bølgeslagene fra de senere skudd treffe fjellet mens massene er i bevegelse — det blir støt og kontraststøt («et-to»-slag) hvorved fjellet brytes så meget bedre.

Dette kan ikke oppnåes med tennere av større tidsintervaller enn ca 0,25 s. Derfor kan ikke luntetening eller elektriske halvsekundtennere utføre det samme arbeide som millisekund-tennere gjør.

Man vi bli overrasket over hvilke videre følger dette har. Den ortodokse oppfatning av fjellsprengning var at «kuttene» må ut først for å gi plass til de etterfølgende utskutte masser, og man regnet gjerne med, at hvis «kuttene» ikke gikk, så ville salven gå «pil» eller bom. Dette er riktig sålenge man driver med lunte og knall eller alminnelig elektrisk forsinkede tennere på 1/2 s.

Men i og med innførelsen av millisekund-tennerne bortfaller «kuttene» helt og holdent, man ønsker ikke «kuttene» ut, tvertimot man ønsker å ha noe å slå mot. Akkurat som stein knuses i en steinknuser mellom to harde flater, skal salven knuse seg selv ved hurtige slag fra alle kanter. Det er ganske forbløffende hvor god fragmentering man oppnår derved og dertil mindre kast av salven. At en slik salve gir mindre vibrasjon og støy, forskåner det omliggende fjell og reduserer omkostningene i boring, sprengstoff og opplasting er også fordeler man nå har fått.

Man må også komme vekk fra de gamle fordommer om at tenningsnummerne skal gå fra 0 i midten («kuttene») og stigende utover til periferien. For å forebygge store utkast av salven bruker man fortrinnsvis et høyere nr i senter og veksler utover, mens kranen går etter et lengre tidsintervall, f. eks. som vist i vedstående boreskjema. Denne salven har vært brukt med så gode resultater at folkene døpte den med det noe pretensiose navn «atom-

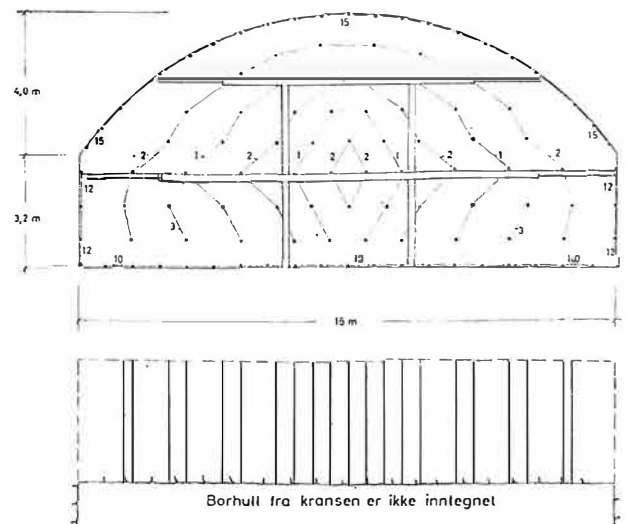


Fig. 1. Boreskjema.

salva». Fordelene ved denne sprengningsmetoden kan oppsummeres slik:

Fragmentering. Ved anvendelse av millisekund-tennere blir fjellet satt under indre trykk, strekk og skjærspenninger med så små tidsintervaller mellom hvert skudd, at fragmenteringen blir total. Det er det såkalte «et-to»-slag anvendt i sprengning. Gassene som utvikles, blir holdt tilbake lengre bak massene i bevegelse, istedenfor å bli forspilt ut i luften. Periodene mellom forsinkelsene kan lett reguleres for å gi maksimalt utbytte. Fragmenteringen blir som regel så god at «bjønning» er overflødig.

Støy og vibrasjon. En riktig avfyrt salve med millisekund-tennere gir en enkel, kort og dempet lyd og nesten umerkbar vibrasjon, sammenlignet med salver som går samtidig eller med ½ s intervall. Årsaken er at lyd- og sprengbølgerne utligner hverandre.

Kast av salven. Man kan ved opplegg av bore-skjema plasere hullene og tenningsintervallene slik at man kan få salven til å legge seg ved stoffen, eller få den kastet frem i lave hauger etter ønske.

Skåning av ytterflatene. Da bølgebevegelsene fra de første skudd i kjernen motarbeider hverandre, vil påkjenningen i «kransen» bli minimal. Da disse skudd alltid går sist, etter at hovedmassen har slått fra seg, vil de bryte ut mot den del som gir minst motstand, nemlig mot sentrum. Tak og vegger blir derved skånet.

Økonomi. Den gode fragmenteringen tillater at man setter hullene lenger fra hverandre — eller reduserer kvantum sprengstoff — eller begge deler. Det blir færre boremeter, mindre sprengstofforbruk, ingen «bjønning», og lastemaskinene arbeider meget lettere. Hele driften blir altså økonomisk.

Enkelte gruber i U.S.A. har redusert hullantallet med opptil 50 %, og oppnådd fra 20—30 % billigere drift ved bruk av denne sprengningsmetoden. Det skal også nevnes at man regner med adskillig sikrere drift nå denne måten.

Vellykket sprengning er alltid avhengig av riktig bedømmelse av fjellets struktur, lagdeling, hårdhet, seighet, borbarhet og sprengbarhet. Når disse faktorer er klarlagt så nøyaktig som mulig, og man velger det riktige boreskjema med riktige tidsintervaller mellom skuddene, skal salven gå til «odd» og ligge pent foran stoffen ferdig til hurtig utlastning.

Denne sprengningsmetoden kan muligens kalles for revolusjonerende, og den kommer sikkert til å gjøre seg sterkt gjeldende ved alt som heter tunneler, jernbane-arbeider, veiarbeider — ja, overalt hvor fjell skal sprenges.

Jeg kunne være fristet til å si til folk som steller med fjellsprengning: «Glem alt De har lært om fjellsprengning. Gå over til «No Cut Rockmaster Blasting System», eller «atomsalva», som mine folk døpte den.»

Kildehenvisninger:

[1] Atlas Powder Co. Delaware, U.S.A.

[2] Paul L. Russell & Wing, G. Agnew, U.S. Bureau of Mines, Va.

[3] Fred D. Wright, U.S. Bureau of Mines, Md.

SYSSELSETTINGS-OVERSIKT

Antall arbeidere ved offentlige vegganlegg
pr 27. juni 1957

Fylke	Bygde-veganlegg		I alt	Ordinært	Herav på		Vegvesenets biler	
	Hovedveganlegg	Med stats-bidrag			Hjelpe-arbeid	I bruk	Ute av bruk	
								Hoved-veger
Østfold	123	38	161	161	—	—	17	—
Akershus	328	54	411	411	—	—	2	—
Hedmark	119	103	237	237	—	—	—	—
Oppland	129	63	234	234	—	—	—	—
Buskerud	158	11	218	218	—	—	—	—
Vestfold	77	5	88	88	—	—	14	1
Telemark	190	42	239	239	—	—	4	—
Aust-Agder	213	37	300	300	—	—	17	—
Vest-Agder	155	99	260	280	—	—	7	—
Rogaland	113	162	34	309	309	—	2	—
Hordaland	407	86	286	779	779	—	2	—
Sogn og Fjordane	398	178	109	685	685	—	2	—
Møre og Romsdal	300	66	69	435	435	—	5	—
Sør-Trøndelag ..	155	64	96	315	315	—	—	—
Nord-Trøndelag.	333	13	41	387	387	—	14	2
Nordland	395	88	50	533	533	—	12	—
Troms	358	99	47	504	500	4	3	*
Finmark	313	26	48	387	387	—	5	—
Hele landet ...	4264	1234	1004	6502	6502	4	106	3
Hele landet pr 28. juni 1956	4095	1451	1243	6789	6777	12	87	8

Antall arbeidere ved offentlig vegvedlikehold
pr 27. juni 1957

Fylke	Riks-veger	Fylkes-veger	Bygde-veger	I alt	Vegvesenets biler	
					I bruk	Ute av bruk
Østfold	144	80	159	383	77	5
Akershus	219	67	240	526	30	2
Hedmark	272	72	281	625	34	—
Oppland	243	41	161	445	29	2
Buskerud	222	37	183	442	17	—
Vestfold	120	33	101	254	16	2
Telemark	189	19	85	293	17	3
Aust-Agder	155	48	72	275	16	1
Vest-Agder	125	113	171	409	39	1
Rogaland	169	44	171	384	46	3
Hordaland	209	97	241	547	20	—
Sogn og Fjordane	171	55	79	305	12	9
Møre og Romsdal	212	105	316	633	38	3
Sør-Trøndelag ..	188	189	—	377	32	23
Nord-Trøndelag.	209	36	212	457	5	2
Nordland	356	131	162	649	78	29
Troms	144	91	30	265	12	2
Finmark	185	25	16	226	37	9
Hele landet ...	3532	1283	2680	7495	555	96
Hele landet pr 28. juni 1956	3785	1332	2818	7935	386	139

På amerikanske vegar

Overingeniør G. A. Frøholm, M. N. I. F.

DK 625.71.8 (73/79)

Når ein skal studere moderne vegbygging i U.S.A. kan ein ikkje berre arbeide ved eit universitet, sjølv om eg her ved Yale University kan studere det eg vinn over både ved Bureau of Highway Traffic og ved School of Engineering. Begge desse har framifrå lærarar og bibliotek der vi kan finne alle moglege bøker om vegar og vegbygging, om trafikk og trafikregulering m. m. Ingeniørar frå mange land og frå mange statar har kome saman her og alle arbeider det dei har evner og krefter til.

Men eg fekk tidleg kontakt med vegingeniørar her i Connecticut og med vegingeniørar ved Bureau of Public Roads. Dei rådde meg til å få bil slik at eg lettare kunne kome kringom. Men det tok lang tid før eg fekk køyreløyve, mange hundre stod i kø, og alle laut vente kring fire veker før dei kom fram til førarprøving.

Den 19. november kunne eg endeleg få kome, og då skulle eg ha med bil slik at eg kunne bli prøvd. Eg laut derfor kjøpe og betale ein bil som eg berre so vidt hadde køyrt nokre få miles med.

Førarkort fekk eg, og bilen var sterk og roleg, og eg trudde eg hadde gjort ein god handel med denne Ford V-8, 1950.

Men då eg kom ut på langtur synte det seg at han var litt av ein oljebrennar. Men eg la iverge likevel.

I bededagshelja køyrde eg gjennom Connecticut, Massachusetts, New Hampshire og mykje av Maine. Der fekk eg sjå nokre av dei nye tollvegane (Turnpikes) som er i drift i New Hampshire og Maine. Dei hadde mange om lag like gode vegar i Massachusetts og, men der slapp vi å betale toll. Der var fire vognbaner — to i kvar retning — og med ein breid «median» imellom, og med 10 fots breide vegreiner (skuldre) utanfor på kvar side av vegen. I Massachusetts heldt dei på å byggje nye slike vegar, nokre stader med *tre* vognbaner i kvar retning.

Dei har ein veldig turisttrafikk nordaustover gjennom desse New England-statane frå mai til september, so dei tek inn mykje tollpengar på desse vegane.

Noko seinare køyrde eg til New York og austover på Long Island, og mest alle stader køyrde eg på slike *frivegar*, det vil segje vegar som ikkje har plankryssing med andre vegar, og der ein berre kan køyre innpå vegen i same retning som trafikken går. Desse vegane er med andre ord fri for all stogging for annan trafikk. Dei har ikkje stogglampar. Alle som vil inn på eller ut frå vegen lyt sjå seg vel fyre. På Long Island er desse frivegane *ikkje* tollvegar, men dei fleste frivegane i U.S.A. er vel enno tollvegar.

Den lange juleferien her og nokre dagar i tillegg, nytta eg til ei studieferd gjennom New York, New Jersey, Delaware, Maryland, Washington D.C., Virginia, N. Carolina, S. Carolina, Georgia, Florida, Alabama, Mississippi, Louisiana og litt av Pennsylvania. Det var ein tur på vel 8000 km som varde frå 13. desember til og med 13. januar. Eg var heldig med veiret, for det meste sol og varme. Syd i Miami var det varmt som ein god julidag i Oslo. Eg bada to gonger i det varme Atlanterhavet i Miami Beach — julafta. Juledag køyrde eg 250 km (kvar veg) frå Miami til Key West, og heimatt til Miami om kvelden.

Det meste av denne 250 km lange vegen er bygd på lange låge sandøyar, der palmer og andre varmlandstre veks. Mellom sandøyane er der grunne breide sund, og over desse sunda er der bygd mange lange bruer. Den lengste er over 11 000 m lang, men spennan er heller korte. Bruene vart bygde for ei jarnbane, men denne vart nedlagd etter at ein orkan hadde øydelagt mykje av dei. So vart denne nye og moderne vegen bygd fyrst i 40-åra. Arbeidet vart skunda fram avdi dei der hadde ein viktig stasjon for krigen mot ubåtane.

På vegen mot Florida fekk eg helse på overingeniøren for New Jersey Turnpike, og studere denne veldige vegen og vedlikehaldet der.

Mellom Baltimore og Washington D.C. hadde dei ein framifrå friveg. Der var det bygd ein særskild veg for kvar køyreretning. Sydvestover frå Washington D.C. har dei bygd den sokalla Shirley Memorial Highway, som ogso var ein flott friveg. Elles køyrde eg mange stader på delt firelåms veg

(divided 4-lanes way), endå eg for det meste kørde på U.S. nr 1. Denne federal- eller riksvegen er gamal og går heilt frå nordaust i siste parten av Maine og sydvest til Key West langt ute i havet mellom Atlanterhavet og Mexico-gulven. Men dei hadde bygt om mange stykke av denne gamle vegen.

På turen var eg innom Bureau of Public Roads i Washington og dertil vegkontora i alle dei statane eg kørde gjennom sydvest for Maryland. I Florida var eg dertil på vegkontoret i Miami og på kontoret for den nye turnpiken som dei skulle opna den 25. januar, og eg fekk omvising ein heil dag av ein vegingeniør i New Orleans, forutan omvising neste dag i Baton Rouge som er hovedstaden i Louisiana (der ogso New Orleans ligg).

Eg såg mange store vegarbeid og bruarbeid som var i full gang, for der syd var det ingen vinterkulde som hindra arbeidet. Dei var 28. desember i full gang med å leggje asfaltdekke på Florida Turnpike, og søndag den 30. desember var dei i travelt arbeid med å leggje asfaltdekke i byen Tallahassee, hovedstaden i Florida. Dei vart vistnok ferdige med dette vegdekket måndag den 31. desember. Det galdt å få dette dekket lagt før guvernørskiftet, fortalde dei, derfor søndagsarbeid.

Den 8. januar fekk eg studere asfaltarbeid i byen Atlanta, som ligg lenger nord. Det er hovedstaden i staten Georgia. Denne dagen var det berre + 8 ° Celsius, og vedkomande ingeniør frå Bureau of Public Roads som viste meg dette arbeidet sa at dei tenkte på å brigde reglane slik at dei ville krevje minst 50 ° Fahrenheit (10 °C) når dei la asfaltvegdekke.

Noko av det største eg såg på turen var vel frivegane som dei byggjer i byen New Orleans. Dei skal koste kring 200 mill. dollar. Dertil byggjer dei ei ny høgbru over hamnen i elva Mississippi. Ho kostar med tilkøyringsveger kring 20 mill. dollar. Før kort tid sidan bygde dei ei kring 38 km lang tollbru over ein grunn innsjø nord for New Orleans. Denne tollbrua kosta 46 mill. dollar. Dertil har byen New Orleans alt bygd mange frivegar (vegar på bru over andre vegar). Den samla byggjekostnaden herre i New Orleans er soleis framnot 300 mill. dollar.

Dei bygde flotte frivegar inntil og delvis i Baton Rouge, Jackson, Montgomery, Tallahassee og Atlanta og. Og so den vel 170 km lange Florida Turnpike som var om lag ferdig då eg kørde på han, og som kostar kring 60 mill. dollar. (Overlaget var 10 mill. høgare.)

Denne turnpiken er bygd eit stykke frå Atlanterhavsstranda — nordover frå Miami til Fort Pierce, og vil bli bygd vidare nordover gjennom heile Florida. Men det kan tenkjast at resten blir bygd innan Interstate programmet, og at det då ikkje blir tollveg.

*

Frå 16. mars til 1. april hadde dei vårferie her på universitetet. Denne tida nytta eg til ei studieferd gjennom New York, New Jersey, Baltimore, Maryland, Pennsylvania, Ohio, Indiana (litt inn i Michigan), Illinois, Missouri, Tennessee, Kentucky, West Virginia, Virginia og so oppatt til opninga av 77 km av nord-aust-forlenginga av Pennsylvania Turnpike.

På vegen vestover kørde eg hovedlinja av Pennsylvania Turnpike, Ohio Turnpike og so Indiana Tollroad. På heimturen fekk eg køyre på dei nokso nye Kentucky Turnpike (64 km) og West Virginia Turnpike (vel 140 km). Dessutan fekk eg sjå på den flotte Penn-Lincoln Highway som dei no byggjer gjennom Pittsburg og som kjem til å koste kring 150 mill. dollar. Han går gjennom to lange tunnellar (den eine ferdig, hin sett i arbeid), og på veldige bruer. Vidare såg eg flotte frivegar i Cleveland, Chicago og St. Louis, og eg fekk med heimatt mange rapportar, planer og teikningar for frivegar og tollvegar.

Det er veldig alt dei har bygd. Likevel kan vi her i U.S.A. kome på uvanleg krokete og bakkete vegar. Ein slik fann eg i Kentucky. Det var U.S. nr 60. Han var verre enn nokon viktig riksveg i Noreg. Men so var der fjell og tronge, krokete dalar.

Når studiet sluttar her ved Yale University sist i mai, legg eg ut på tur gjennom New York (staten) syd for Erie-sjøen, nordover gjennom Michigan til den veldige brua som dei byggjer over sundet mellom Huronsjøen og Michigansjøen, Mackinac-brua. Deretter vestover nord for Michigansjøen til Milwaukee i Wisconsin. Derfrå legg eg ut den 15. juni på veg mot søre delen av California. På dette vegstykket blir ein annan norsk ingeniør med i bilen. Eg vil ha god tid til å studere dei mange store nye frivegane nordover gjennom California. Deretter gjennom staten Oregon og inn i Washington. Der har dei også mange moderne vegar. So legg eg turen austover att gjennom Montana, Nord Dakota, Minnesota og vidare mot New York, og der finn eg vel ein båt som vil føre meg over havet til Oslo att.

Sambandet mellom arbeidskostnad og trykkluftkostnad ved bergboring

Sivilingeniør Jan Haldo, Stockholm

DK 622.23.003.1

I bergboring som ved annen virksomhet er det ønskelig at kostnadene blir så lave som mulig i forhold til inntektene. Ved studium av arbeidskostnadene deles de som regel opp i de forskjellige arbeidsoperasjonene. Kostnadene er som regel avhengig av hverandre, slik at en øking på den ene kostnaden gir en minskning på den andre og omvendt. Når minimum for totalkostnadene skal bestemmes, er det således ikke mulig bare å søke de minste verdiene i hver enkelt operasjon og summere disse. Man må istedet bestemme hvordan kostnadene skal fordeles på de forskjellige operasjoner for at de tilsammen skal bli minimum.

Totalutgiftene for et bestemt bergboringsarbeid kan i store trekk deles opp i følgende poster:

- a) Arbeidskostnader
- b) Borstålskostnader
- c) Trykkluftkostnader
- d) Øvrige kostnader.

I post a (arbeidskostnad) inngår foruten den direkte arbeidslønn også andre kostnader som har tilknytning til arbeidet, som f. eks. feriegodtgjørelse, sosiale utgifter, dagpenger o. a. Disse kostnader er som regel tidsavhengige. I post b (borstålskostnader) inngår selvsagt innkjøpet av bor samt lagring og transport av bor-utstyret frem til arbeidsplassen. Trykkluftkostnadene c utgjør produktene av bormaskinens totale luftforbruk og prisen pr m³ trykkluft ved forbruksstedet. I denne pris inngår amortisering, renter, vedlikehold og driftsutgifter for kompressorsentralen, rør- og slangeopplegg samt lekkasje og trykkfall i disse. I post d (øvrige kostnader) kommer så avskrivningen, renter, reservedeler, reparasjoner og vedlikeholdskostnader for bergbormaskinene.

Fig. 1 viser de omtrentlige proporsjonene mellom de fire kostnadene for bergboring med knematermaskiner på arbeidsplassen hvor trykkluften kommer fra en større stasjonær kompressorsentral. Figuren viser at arbeidskostnadene utgjør ca 50% av totalkostnadene, borstålskostnadene ca

30% og øvrige kostnader ca 15%, mens kostnadene for trykkluft bare ligger på ca 5%.

Etter som arbeidskostnadene er de største gjelder det å minske disse. En måte å gjøre dette på er å utstyre arbeiderne med bormaskiner som borer mer pr tidsenhet. Derved utnyttes den dyre produksjonsfaktoren bedre. En økning av bormaskineffektene medfører i alminnelighet også at luftforbruket øker, med økede trykkluftkostnader som følge. Man minsker således arbeidskostnadene ved å øke trykkluftkostnadene. Om en slik fordeling av kostnadene lønner seg eller ikke beror på kostnadene for arbeidskraft og de aktuelle forandringer i borsynking og luftforbruk. I det følgende skal vi studere spørsmålet nærmere.

I beregningene blir følgende betegnelser brukt:

- H = totalt boret hullengde i meter
- B = maskinens borsynkning i mm/min.
- Q = maskinens luftforbruk i m³/min.
- L = borenes livslengde i meter
- K_{tot} = totalkostnad for hele boringsarbeidet i kr
- K_{arb} = total arbeidskostnad i kr
- K_{bor} = total kostnad for bor i kr
- K_{luft} = total kostnad for trykkluft i kr
- $K_{øvr}$ = total øvrige kostnader i kr
- k = kostnad pr bormeter i kr/m (indeks som ovenfor)
- f = trykkluftens pris ved arbeidsplassen i kr/m³
- a = arbeidslønn + pålegg etc. i kr/tim.
- h = prisen pr bergbor inkl. transport i kr/st.

Arbeidskostnader kan skrives slik

$$K_{arb} = \frac{1000}{60} \cdot \frac{H}{B} a \tag{1}$$

etter som bergbormaskinen ved boring av et H meter langt hull er i gang $1000 H/60 B$ timer. I denne tid blir trykkluftkostnadene

$$K_{luft} = \frac{1000 H}{B} \cdot Qf \tag{2}$$



Fig. 1. Kostnadsfordeling ved bergboring med knematede maskiner.

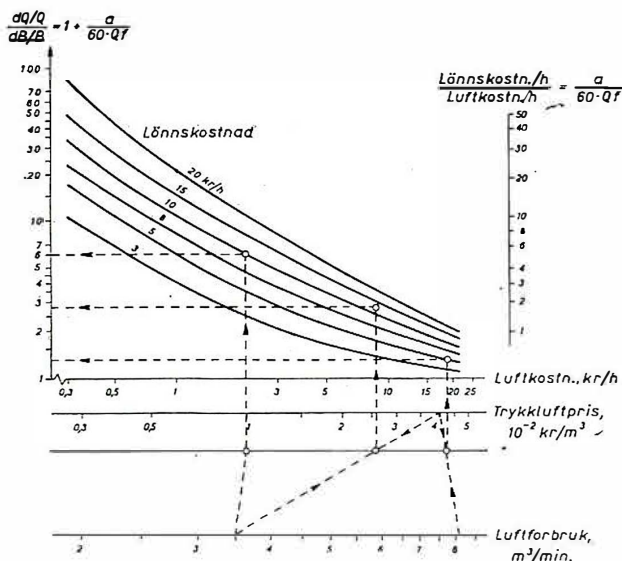


Fig. 2. Nomogram for beregning av trykkluftkostnad pr time og forholdet mellom arbeidskostnad og trykkluftkostnad.

Til hele arbeidet medgår H/L stk. bor og den totale kostnad for disse blir

$$K_{bor} = \frac{H}{L} \cdot h \quad (3)$$

Til slutt får man også

$$K_{bor} = Hk_{bor} \quad (4)$$

Summeres (1), (2), (3) og (4) og divideres med H får man sumkostnad pr bormeter.

$$K_{tot} = \frac{K_{arb}}{60} \cdot \frac{a}{B} + 1000 \frac{K_{luft}}{B} \cdot f + \frac{K_{bor}}{L} + k_{bor} \quad (5)$$

I dette tilfelle skal vi studere hvordan en forandring av kostnadene i begge ledd påvirker K_{tot} . De siste to ledd påvirkes ikke av dette og de kan derfor betraktes som konstante.

Virkningen på K_{tot} ved små forandringer i B og Q sees best om (5) deriveres og man får

$$dk_{tot} = -\frac{1000}{60} \cdot a \cdot \frac{dB}{B^2} + \frac{1000 f (B dQ - Q dB)}{B^2} \quad (6)$$

Øking i totalkostnaden angis ved at dk_{tot} blir positiv, og minskede totalkostnader ved at dk_{tot} blir negativ. I grensetilfellet — uforandret kostnad — er $dk_{tot} = 0$. I det siste tilfelle kan (6) skrives om fra

$$0 = -\frac{1000}{60} \cdot a \cdot \frac{dB}{B^2} + \frac{1000 f (B dQ - Q dB)}{B^2} \quad (6a)$$

til

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{dB}{B} \left(1 + \frac{a}{60 Qf} \right) \quad (7)$$

og for minskende total kostnader får man forskjellen

$$\frac{dQ}{Q} < \frac{dB}{B} \left(1 + \frac{a}{60 Qf} \right) \quad (8)$$

Her er det viktig at dQ og dB settes inn med riktig fortegn, dvs. at en minsking innsettes med \div og en økning med $+$. I parentesen betyr a arbeidslønn + pålegg etc. pr time, og $60 Qf$ trykkluftkostnad pr time. (8) kan derfor skrives

$$\frac{dQ}{Q} < \frac{dB}{B} \left(1 + \frac{\text{arbeidskostnad pr time}}{\text{trykkluftkostnad pr time}} \right) \quad (9)$$

hvilket utgjør vilkåret for at en forandring vil lønne seg.

I fig. 2 vises et nomogram, som parentesens verdi kan regnes ut etter ved kjent verdi på arbeidslønn, trykkluftpris og luftforbruk. De fire horisontale linjene nederst danner et multiplikasjonsnomogram for beregning av trykkluftkostnad pr time. Den vertikale skala til høyre viser forholdet mellom arbeidskostnad og trykkluftkostnad pr time. Ved hjelp av noen eksempler skal nomogrammet bruk demonstreres.

Eksempel a;

En kjøper av bergbormaskiner kan velge mellom to typer av maskiner som er temmelig like unntatt med hensyn til borsynkingen og luftforbruket. Den ene maskinen (I) bruker $3,5 \text{ m}^3/\text{min}$ trykkluft og den andre (II) $4,5 \text{ m}^3/\text{min}$ dvs. 29 % større luftforbruk. Den siste maskins borsynking er 7 % større enn (I). I dette tilfelle settes trykkluftprisen til 1 øre/ m^3 og arbeidskostnadene til kr 10,— pr time. Hvilken maskin gir under disse forutsetninger den laveste totalkostnad?

Eksemplet er tegnet inn i nomogrammet (stiplet linje „a”) og viser at man får

$$1 + \frac{a}{60 Qf} = 6,0$$

som innsatt i (8) gir

$$\frac{dQ}{Q} < 6,0 \frac{dB}{B} \cdot 6,0 \cdot 7 = 42\%$$

Ettersom $\frac{dQ}{Q} = 29\% < 42\%$ lønner det seg

i dette tilfelle å velge maskin II til tross for at den utnytter den tilførte trykkluft dårligere enn maskin I. Hadde det for 7 % økning i borsynkingen medgått 42 % mer luft hadde begge alternativ vært likeverdige.

Eksempel b:

Valget står også her mellom samme maskiner I og II i eksempel a, men denne gang skal de brukes på en vanskelig tilgjengelig arbeidsplass hvor trykkluften kommer fra transportable kompressorer. På grunn av større driftskostnader og likeledes at man må regne inn flyttingsomkostninger, blir trykkluftkostnaden endel større og kan i dette tilfelle antas å være 4 øre/m³. Også kostnaden for arbeidskraft er øket, til 14 kr/time.

Med disse forutsetninger får man i henhold til diagrammet (stiplet linje „b’')

$$\frac{dQ}{Q} < 2,7 \cdot \frac{dB}{B} = 2,7 \cdot 7 \approx 19 \%$$

Herav fremgår at en økning av borsynkningen med 7 % maksimalt kan medføre 19 % økning i luftforbruket. I dette tilfelle gir således maskin I med mindre luftforbruk, den laveste totalkostnad.

Eksempel c:

I dette tilfelle bruker man en meget stor bormaskin som bruker 8 m³/min. Også her antar man at arbeidet er av tilfeldig karakter og at transportable kompressorer blir brukt. Trykkluftprisen settes til 4 øre/m³. Arbeidskraften koster bare kr 5,—/time. Hvis borsynkningen i dette tilfelle kan økes 5 %, hvor meget får luftforbruket maksimalt øke for at kostnadene ikke

skal bli større? Etter stiplet linje „c’' i nomogrammet fås

$$\frac{dQ}{Q} < \frac{dB}{B} \cdot 1,3 = 5 \cdot 1,3 = 6,5 \%$$

For 5 % økning i borsynkning må luftforbruket ikke øke mer enn 6,5 % hvis totalkostnadene ikke skal stige.

Av fig. 2 og det siste eksemplet fremgår at ved stor pris på trykkluften eller stort forbruk finner man at uttrykket $1 + \frac{a}{Qf}$ går mot 1, dvs. borsynknings- og trykkluftforbruksendringene er proporsjonale ved konstant kostnad. Motsatt blir det hvis trykkluftkostnadene blir liten. Kurvene går da mot stor verdi på $1 + \frac{a}{60 Qf}$ dvs. man

kan ofre store luftmengder for en viss økning i borsynkningen. I et slikt tilfelle er det således gunstig å sette inn maskiner med stor borsynkning, selv om man derved blir tvunget til å arbeide med en dårlig virkningsgrad.

Tilslutt kan man fremholde at det i det foregående bare er behandlet kostnadene ved bergboring. Det er imidlertid ingen ting i veien for at det første resonnement og nomogram også kan tilpasses andre områder hvor trykkluftmaskiner brukes til f. eks. sliping, meisling, lasting etc. Den eneste forskjellen blir da at betegnelsen B må angi avvikling pr tidsenhet eller lignende.

Beretning fra Vegdirektoratets innkjøpskontor

Budsjettåret 1956—57

I nevnte budsjettår andrar innkjøpskontorets kjøp til kr 24 522 657,51 som fordeler seg på nedennevnte avtagere med følgende beløp:

Østfold	kr 1 617 965,06
Akershus	„ 1 718 816,95
Hedmark	„ 1 784 470,62
Oppland	„ 2 940 058,09
Buskerud	„ 1 616 325,08
Vestfold	„ 598 344,27
Telemark	„ 1 391 780,75
Aust-Agder	„ 1 308 706,29
Vest-Agder	„ 1 551 013,77
Rogaland	„ 1 315 540,84
Hordaland	„ 1 651 563,53
Sogn og Fjordane	„ 1 001 111,65
Møre og Romsdal	„ 1 246 536,58
Sør-Trøndelag	„ 1 604 121,48
Nord-Trøndelag	„ 856 365,88
Nordland	„ 778 711,75
Troms	„ 633 639,83
Finnmark	„ 883 073,97
Diverse	„ 6 511,12

Diverseposten utgjør innkjøp til kommuner og ferjeselskaper o. l. som gjennom fylkenes vegsjefer har benyttet avdelingen til å ordne kjøpet. Innkjøpene fordeler seg på de enkelte artikler med følgende beløp:

Bygninger, flyttbare

3 stk. brakker	kr 41 986,00
1 „ garasje	„ 29 622,54 kr 71 608,54

Drivmotorer

23 stk. oljemotorer	„ 536 363,16
2 „ elektromotorer	„ 12 262,34 „ 548 625,50

Maskiner for fundament og betong

2 stk. betongblandere	„ 31 810,00
-----------------------------	-------------

Maskiner for jord- og fjellplanering

8 stk. gravemaskiner	„ 1 178 298,17
15 „ kompressorer	„ 504 952,65
5 „ beltetraktorer	„ 514 822,00
20 „ lastemaskiner	„ 1 441 508,86 „ 3 639 581,68

Maskiner for legging og vedlikehold av vegdekker

36 stk. motorveghøvler	kr 4 282 822,92
9 ,, vibrasjonsvalser	271 906,41 kr 4 554 729,33

Maskiner for steinknusing

4 stk. steinknusere	194 051,60
21 ,, transportable knuse- verk	1 657 721,35 ,, 1 851 772,95

Motorkjøretøyer

24 stk. lastebiler	1 508 792,49 ,,
7 ,, dumpere	626 900,00 ,, 2 135 692,49

Verkstedmaskiner

1 stk. dreiebenk	31 366,00 ,, 31 366,00
----------------------------	------------------------

Snørydningsmateriell

160 stk. snøploger	361 721,03
6 ,, snøfresere	396 860,06 ,, 758 581,08

Andre maskiner

1 stk. slepeskrapespill	19 009,19 ,, 19 009,19
-----------------------------------	------------------------

Andre maskiner	47 777,08 ,, 47 777,08
	Kr 13 690 553,84

Forbruksartikler	kr 23 722,90
Slidedeler (høvelskjær m. v.) ,,	947 139,36
Klorkalsium	8 974 220,02
Sement	178 253,42
Maling	45 580,40
Diverse	663 187,57
	10 832 103,67
	Kr 24 522 657,51

Sammenlignet med de 9 siste år stiller kjøpet seg således:

År	Maskiner	Brakker og for- bruksartikler	Sum
	Kr	Kr	
1948	1 112 360,00	1 403 807,00	2 516 167,00
1949	3 914 301,00	3 237 810,00	7 152 111,00
1950	4 846 228,00	4 831 591,00	9 677 819,00
1/1 51—30/6 52	6 030 126,00	8 473 105,00	14 503 231,00
1952—53	9 010 683,00	5 449 302,00	14 459 985,00
1953—54	7 996 988,00	9 077 931,00	17 074 919,00
1954—55	5 005 115,00	6 387 670,00	11 392 786,00
1955—56	7 825 120,00	10 247 451,00	18 072 571,00
1956—57	13 618 945,00	10 903 712,00	24 522 657,00

Statistikken gir intet bilde av det samlede innkjøp til Statens vegvesen, idet de enkelte vegsjefer også kjøper direkte. Særlig gjelder dette vanlige handelsvarer, mindre maskiner og vare- og lastebiler. De siste kjøpes tildels gjennom lokale forhandlere.

Personalia*Ansettelse i vegvesenet.*

Som fullmektig I i Vegdirektoratet er ansatt fru Liv Steenmark.

Som fullmektig I ved vegadministrasjonen i Østfold er ansatt Odd Borge Lauvstad.

Som kontorister ved vegadministrasjonen i Møre og Romsdal er ansatt henholdsvis Solveig Skarpmes og Aslaug Solem.

Som konsulent I i Vegdirektoratet er ansatt Christen Boe.

Litteratur*Dansk Vejtidskrift nr 8, 1957.*

Innhold: Referat af Amtsvejinspektørforeningens årsmøde i Abenrå amt den 9.—11. maj 1957. — Hvide harpiksmasser til trafikmarkeringer. — Fra domstolene. — Kursus.

Nummererte rundskriv 1957

Nr 13. 5. juli 1957 til vegsjeferne ang. lønns- og arbeidsvilkår ved statens vegarbeidsdrift. Overenskomstens § 14: Ferie og ferielovens §§ 6 og 7.

Nr 48 M. 6. juni 1957 til politimestre, vegsjefer og Statens bilsakkyndige ang. nummerserier for registrering av motor-kjøretøyer.

Nr 49 M. 6. juni 1957 til politimestre, vegsjefer og Statens bilsakkyndige ang. nummerserier for registrering av motor-kjøretøyer.

Nr 50 M. 6. juni 1957 til politimestre, vegsjefer og Statens bilsakkyndige ang. nummerserier for registrering av motor-kjøretøyer.

Nr 51 M. 7. juni 1957 til Statens bilsakkyndige ang. totalvekt Berlin H3S.

Nr 52 M. 6. juni 1957 til politimestre, vegsjefer og Statens bilsakkyndige ang. nye alminnelige trafikkregler.

S. Nr 53 M. 6. juni 1957 til vegsjefer, politimestre, samferdselskonsulenter og Statens bilsakkyndige ang. Mercedes-Benz småbuss type O-319.

Nr 54 M. 14. juni 1957 til Statens bilsakkyndige ang. totalvekt White.

Nr 55 M. 14. juni 1957 til Statens bilsakkyndige ang. totalvekt Chevrolet, modell 3800 (3G-57).

Nr. 56 M. 14. juni 1957 til Statens bilsakkyndige ang. totalvekt M.A.N., modell 400 L1.

Nr 57 M. 28. juni 1957 til politimestre, skattefogder og lensmenn ang. betalingssterminer for veg- og kontrollavgift i budsjettåret 1957/58.

Nr 58 M. 28. juni 1957 til fylkesmenn, skattefogder samt jordstyrene ang. refusjonsavgift på bensin nytt til jordbruks-traktorer m. v. kalenderåret 1957.

Nr 59 M. 1. juli 1957 til statens bilsakkyndige ang. totalvekt Peugeot 403 US, type C4 og T4.

Nr 60 M. 1. juli 1957 til statens bilsakkyndige ang. totalvekt Morris Commercial, ½ t. van.

Nr 61 M. 10. juli 1957 til politimestre og statens bilsakkyndige ang. lette motorkjøretøyer.

Nr 62 M. 15. juli 1957 til statens bilsakkyndige ang. totalvekt Magirus Deutz, type Jupiter IID.

Nr 63 M. 22. juli 1957 til fylkesmenn, vegsjefer, politimestre, samferdselskonsulenter og statens bilsakkyndige ang. skjema nr 82 C — søknad om kjøpetillatelse for motorvogn.

Nr 64 M. 25. juli 1957 til politimestre, vegsjefer og statens bilsakkyndige ang. nummerserier for registrering av motor-kjøretøyer.

REDAKSJON: Vegdirektoratet ved vegdirektør Thomas Backer, Schwensensgt. 3—5, Oslo.

UTGIVER: Teknisk Ukeblad.

Abonnementspris kr 15,— pr år. Vegvesenfunksjonærer kr 5,— pr år.

Abonnement- og annonseavdeling, Ingeniørenes Hus, Oslo. Tlf. 41 71 35.