

## Beregning av Lote-tunnelens naturlige ventilasjon

*Avdelingssjef Jon Knudsen*

*Meteorologisk institutt*

DK 622.42 : 624.192 : 656.11 (Lote)

På stamveggruten Nordfjordeid—Lote overveies å legge en 2,8 km lang vegtunnel. Da trafikk gjennom tunnelen for en vesentlig del blir avhengig av ferjekapasiteten mellom Lote og Haneholmen, antar en at den maksimale timetrafikk i dette tilfelle vil bli forholdsvis beskjeden. En har i det følgende forsøkt å beregne den naturlige ventilasjon i den planlagte tunnel, etter den samme metode som er beskrevet tidligere i Norsk Vegtidsskrift og under de samme reservasjoner.

### 1. Ventilasjon med sentral sjakt

#### 1.1 Tekniske forutsetninger.

Når en tenker på å la Lotetunnelen ventileres av vær og vind, er det en naturlig forusettning at tunnelen bygges slik, at alle unødige trykktap unngås. Det vil si, at tverrsnittet er stort i forhold til veggflatèn, at der er færrest mulige svinger for luften å bevege seg i, at mulighetene for stående hvirvler blir redusert ved å velge de rette former på overflaten i svinger og hjørner og at luftens strømningsmuligheter blir enklest mulig. Derved oppnår man, at selv i de tilfeller hvor de ytre meteorologiske forhold betinger små ytre krefter til driften av ventilasjonen i tunnelsjaktssystemet, så vil nytteeffekten være så stor at man vil kunne få ventilasjonen over det forutsatte minimum som er nødvendig for at tunnelen trygt kan benyttes av trafikantene.

Skulle en utstyre tunnelen med kunstig ventilasjon ville det være ønskelig å få fordelt friskluften på forskjellige steder i tunnelen, slik det er tegnet i det foreliggende snitt av Lotetunnelen, likeså avtrekken. Dette får en imidlertid ikke gratis, for det rørsystem en nødvendigvis må ha til dette formål vil spise opp en del av den tilførte effekt, men dette kan man ta hensyn til i beregningene.

Ved den naturlige ventilasjon kan en ikke plusse på ekstra effekt, og løsningen må derfor være, at tverrsnittet på tunnelen økes som om der skulle ligge et rørsystem under taket, mens systemet selv sløyfes, og eventuelt først bygges på et senere tidspunkt. De beregninger som er gjort i det følgende, bygger på denne forenkling.

Der er ikke angitt noen dimensjoner for sjakten, hvorfor en har vært henvist til å velge både tverrsnitt og lengde. Ved valg av tverrsnitt har en festet seg ved en optimalverdi som kanskje synes noe overdrevet, men som en sterkt vil anbefale ut fra det synspunkt, at der for en gitt ventilasjon  $Q$  gjennom sjakten forlanges en trykkgradient som er omvendt proporsjonal med 5. potens av radien i sjaktens sirkulære snitt. Først når sjakten har over 20 m<sup>2</sup> tverrsnitt, blir det tilstrekkelig små trykkfall gjennom sjakten. Tverrsnittet er valgt tilnærmet lik tunneltverrsnittet (40 m<sup>2</sup>) og lengden 300 m.

#### 1.2 Aerodynamiske data.

Av to grunner er det betydningsfullt at tunnelen har et så stort tverrsnitt som mulig. For det første tar det lenger tid før ekshausten får en kritisk CO-gehalt ved en gitt ventilasjon, og for det annet er det større rum over trafikken gunstig for lufttransporten ved stor trafikk tetthet. For sjakten gjelder tilsvarende, at ventilasjonen begunstiges av et stort tverrsnitt. Skal en for det foreliggende prosjekt ha noe håp om, at den naturlige ventilasjon vesentlig skal forbedres gjennom den vertikale sjakten, bør denne ha et tverrsnitt av samme størrelsesorden som tunnelen selv.

For å forenkle beregningen, gjør vi noen forenklinger i forutsetningene, idet vi bortser fra trykktap ved portaler, overganger til andre tverrsnitt osv. Videre tenker vi oss betongtaket over den midtre halvdel av tunnelen fjernet, det bør ikke bygges så lenge ventilasjonen skal drives ved naturkreftene. Derimot bør tverrsnittet på dette stykke drives ut til de prosjekterte 47,6 m<sup>2</sup>, så taket kan bygges inn, dersom tunnelen på et senere tidspunkt ønskes forsynt med kunstig ventilasjon. De tilnærmete data vi regner med blir da følgende:

Tunnelens lengde	$L = 2800$ m
Tunnelens tverrsnitt	$F = 40$ m <sup>2</sup>
Tunnelåpningens omkrets	$U = 30$ m

For sjaktens vedkommende regner vi et fornuftig tverrsnitt i størrelse og form, nemlig en sirkel. I mangel av andre opplysninger enn dem en kan ta av profil-kartet setter en dimensjonene av sjakten til:

Lengden	$l = 300$ m
Tverrsnitt	$f = 40$ m <sup>2</sup>
Omkrets	$u = 22,5$ m

Som friksjonskoeffisient regnes  $\lambda = 0,03$ .

Når vi benytter disse data, finner vi følgende ekvivalente tverrsnitt for de to tunnelhalvdeler:

$$F_{\mathcal{E}} = \frac{F}{\sqrt{\frac{\lambda}{4} \frac{U}{F} \frac{L}{2}}} = 14,2 \text{ m}^2$$

For sjakten blir det på lignende vis:

$$F_S = \frac{f}{\sqrt{\frac{\lambda}{4} \frac{u}{f} l}} = 35,6 \text{ m}^2$$

### 1.3 Trafikkprognose og ventilasjonsbehov.

Da der ikke oppgis noen prognose over trafikk-tettheten gjennom tunnelen, må en forsøke å lage seg et bilde av en rimelig fordeling av trafikken bygget på den kjennsgjerning, at trafikken vil bli regulert av ferjeforbindelsen Lote—Hanelholmen. For overhodet å ha et holdepunkt til vurderingen, må en gå ut fra forenkende forutsetninger både hva angår trafikk-tetthet og typefordelingen av kjøretøyer. Det er vel neppe for pessimistisk å regne med en ferjeforbindelse pr time med 30 personvogner hver vei. Vi får da en trafikkfordeling med et rykk på 30 vogner på nordgående og en jevn strøm på 30 vogner pr time på sørgående. Gjennomsnittlig regner vi altså med 60 vogner pr time, men fordelt med f. eks. en vogn hvert annet minutt i  $\frac{3}{4}$  time og resten i løpet av ett kvarter, eller f. eks. 23 vogner de første 3 kvarter og 37 vogner det siste kvarteret i hver time.

Det reiser seg i denne forbindelse et par spørsmål:

Hvor meget frisk luft må tunnelen tilføres for å holde CO-innholdet under en gitt kritisk verdi?

Hvor lenge vil det vare før tunnelen er ubrukelig ved vindstille og den forutsatte trafikkfordeling?

Vi går så løs på første spørsmål først og forsøker å finne ventilasjonsbehovet.

Etter Sawyers metode får vi:

$L = 2,8$  km,  $F = 40$  m<sup>2</sup>, horisontal bane,  $n = 60$  biler/time = 1 bil/min,  $V = 40$  km/t. Gjennomsnittlig avstand mellom vognene:

$$D = \frac{40000}{60} = 666 \text{ m}$$

CO-produksjon:

$$\frac{40}{666} \frac{\text{liter CO}}{\text{min}} = 0,06 \text{ l min}^{-1} \text{ m}^{-1}$$

Settes CO-grensen til 0,2 ‰, får vi ventilasjonsbehovet

$$Q = \frac{0,06 \cdot 10000}{2} = \frac{600}{2} = 300 \text{ liter frisk luft pr m tunnel og min.}$$

For hele tunnelen

$$Q = \frac{300 \cdot 2800}{60 \cdot 1000} \text{ m}^3/\text{sek} \approx 14 \text{ m}^3/\text{sek}$$

Dersom vi istedenfor timesummene av trafikken går ut fra den maksimale tetthet, 37 vogner pr  $\frac{1}{4}$  time eller 148 vogner pr time, blir ventilasjonsbehovet slik:

$$D = \frac{40000}{148} \text{ m} = 270 \text{ m}$$

CO-produksjon:

$$\frac{40}{270} \text{ l min}^{-1} \text{ m}^{-1} = 0,148 \text{ l min}^{-1} \text{ m}^{-1}$$

Med  $\text{lim}_{\text{CO}} = 0,2$  ‰ får vi ventilasjonsbehovet:

$$Q = \frac{0,148 \cdot 10000}{2} = 740 \text{ liter frisk luft pr løpende meter tunnel og min}$$

For hele tunnelen

$$Q = \frac{740 \cdot 2800}{60 \cdot 1000} \text{ m}^3/\text{sek} \approx 35 \text{ m}^3/\text{sek}$$

På den annen side blir behovet minimalt i løpet av de tre kvart timer med bare 23 vogner, eller 30 vogner pr time. Ventilasjonsbehovet blir her  $Q \approx 7$  m<sup>3</sup>/sek.

Som en ser av ovenstående har en stilt store krav til luftens renhetsgrad i tunnelen, nemlig 0,2 ‰. Dette er den grense de automatiske ventilasjonsregulatorene nu skal være innstilt på ved de store utenlandske vegtunnelene. Grensene er som bekjent satt ned fra 0,4 til 0,2 ‰ på grunn av ekshausten fra dieselvognene. Ved 0,2 ‰ kan et individ oppholde seg 5 timer i luft med denne CO-konsentrasjon før der opptrer svake symptomer, mens det ved 0,3 ‰ kan oppholde seg 1 time og ved 0,4 ‰

bare en god halv time før der opptrer svake symptomer av forgiftning.

Når en har forenklet regnestykket ved bare å regne med personvogner, kan dette forsvares ved, at trafikken reguleres ved ferjen og det større antall hestekrefter ved bussene kompenseres ved, at der går færre busser enn personvogner på ferjen.

Resultatet av beregningene kan resumeres slik:

Antall biler pr time	CO-produksjon l min <sup>-1</sup> m <sup>-1</sup>	Friskluftbehov Q m <sup>3</sup> /sek	Luft-utbytting X = $\frac{F \cdot L}{Q \cdot 60}$ min
30	0.030	7	267
60	0.060	14	133
148	0.148	35	53

Før kontroll kan deretter beregningene gjøres etter „Le Genie Civil”.

Vi går ut fra et bensinforbruk på 1,5 l pr mil pr vogn på horisontal bane. Avstanden mellom vognene er, som før, når hastigheten er 40 km pr time ved

30 vogner pr time: 1332 m  
 60 vogner pr time: 666 m  
 148 vogner pr time: 270 m

Regner vi videre  $d = 487$  liter CO pr liter bensin så blir CO-mengden pr vogn og minutt

$$\frac{487 \cdot 15 \cdot 40}{100 \cdot 60} = 49 \text{ l}$$

Den friskluftmengde som i de tre tilfeller må tilføres tunnelen blir derfor, med 0.2 %<sub>00</sub> som kritisk grense

$$Q_{30} = \frac{49 \cdot 30 \cdot 10000 \cdot 2800}{40000 \cdot 2} \text{ liter frisk luft pr min.}$$

$$Q_{60} = \frac{49 \cdot 60 \cdot 10000 \cdot 2800}{40000 \cdot 2} \text{ liter frisk luft pr min.}$$

$$Q_{148} = \frac{49 \cdot 148 \cdot 10000 \cdot 2800}{40000 \cdot 2} \text{ liter frisk luft pr min.}$$

eller

$$Q_{30} = 515000 \text{ liter/min} = 8.6 \text{ m}^3/\text{sek.}$$

$$Q_{60} = 1030000 \text{ liter/min} = 17.2 \text{ m}^3/\text{sek.}$$

$$Q_{148} = 2540000 \text{ liter/min} = 42.3 \text{ m}^3/\text{sek.}$$

Disse verdiene er av samme størrelsesorden som dem der ble funnet ved den første metoden, men ubetydelig høyere. Dette kommer naturligvis av valget av utgangspunkt for beregningene, som altså ikke er helt adekvat i de to tilfellene. Vi ser imidlertid, at den trekk som fordres er svært moderat, selv ved det høye krav vi her stiller til tunnel-

luftens renhet. Vi skal da forsøke å finne ut hvor hyppig den naturlige ventilasjon tilfredsstiller disse krav og hvor hyppig en må regne med stagnasjon i tunneluft. Ved beregningene skal vi særlig feste oss ved ventilasjonstrinnene 0, 8, 16 og 40 m<sup>3</sup>/sek, idet vi setter dem identisk med friskluftbehovet for trafikk tetthetene 0, 30, 60 og 148 biler pr time gjennom tunnel tilsammen i begge retninger. Beregningen er hele tiden foretatt som om strømmen av biler ikke har noen innflytelse på ventilasjonen selv.

#### 1.4 Nomogram for ventilasjonsberegning.

Vi innfører følgende betegnelser:

$x$  = den dynamiske trykkdifferens mellom nordportalen og sjaktens øvre åpning

$y$  = den dynamiske trykkdifferens mellom portalene

$\rho$  = luftens tetthet

$Q_A$  = ventilasjonen gjennom nordre portal

$Q_B$  = ventilasjonen gjennom søndre portal

$Q_S$  = ventilasjonen gjennom sjakten

$F_{\mathcal{A}}$  = det ekvivalente tverrsnitt av halve tunnelengden

$F_S$  = det ekvivalente tverrsnitt av sjakten

Da har vi følgende sammenheng mellom de variable, idet vi ser bort fra trykktap ved portalene og ved knutepunktet ved sjaktens fot o. l. og forutsetter, at tunnelen er symmetrisk i forhold til knutepunktet:

$$Q_S = F_S \sqrt{\pm \frac{2}{\rho} x \pm \frac{Q_A^2}{F_{\mathcal{A}}^2}}$$

$$Q_B = F_{\mathcal{B}} \sqrt{\pm \frac{2}{\rho} y \pm \frac{Q_A^2}{F_{\mathcal{A}}^2}}$$

hvor valget av fortegn er bestemt av hvilken av de seks mulige strømningskombinasjoner som skal beskrives.

Avsetter vi  $x$  og  $y$  som rettvinklede koordinater i et nomogram, finner vi symmetrilinjen

$$Q_S = 0 \text{ ved } \frac{y}{x} = 2$$

På samme måte finnes

$$Q_A = 0 \text{ ved } \frac{y}{x} = - \frac{F_S^2}{F_{\mathcal{A}}^2}$$

$$Q_B = 0 \text{ ved } \frac{F_S^2}{F_{\mathcal{B}}^2 + F_S^2} = \frac{y}{x}$$

På figur 1 er inntegnet verdiene  $Q_A = 0, 8, 16$  og  $40 \text{ m}^3/\text{sek}$  og  $Q_S = 0, 8, 16$  og  $40 \text{ m}^3/\text{sek}$ . Fordelingen av  $Q_A$ - og  $Q_S$ -systemene for verdier større enn 40 ser vi bort fra, da disse gir brukbar ventilasjon.

Fig. 2 gir et forstørret utsnitt av nomogrammet omkring origo. Det parallellogramformete system av rette linjer er isolinjer for vindeffekten og temperatureffekten, og vi skal i det følgende beskrive hvordan disse er funnet.

### 1.5 Meteorologiske forutsetninger.

#### 1.5.1. Vindeffekten.

Den trykkdifferens som oppstår mellom portalene på grunn av vinden kan betraktes rent empirisk som en funksjon av vinden målt et passende sted i tunnelens nærhet, helst på toppen av fjellet over tunnelen. Ved de målinger som ble foretatt over Røldalsfjellet, ble det funnet at den dynamiske trykkdifferensen  $\Delta p_v$  mellom de to prosjekterte portaler kunne uttrykkes ved følgende formel

$$\Delta p_v = k l \frac{\rho}{2} v^2$$

hvor  $k$  er en konstant,  $l$  avstanden mellom portalene i km,  $\rho$  luftens tetthet og  $v$  den målte vindhastighet på toppen av Seljestadjuvet ved Elgersvatn, hvor der også ble foretatt lufttrykk-målinger. Her fant en at  $k$  var lik 1.000 ved NW vind og lik 0,286 ved SE vind.

Ved de undersøkelser som ble tatt under byggingen av Eidsvågtunnelen ble  $k$  funnet i gjennomsnitt å være 0,5. Alle nevnte verdier for  $k$  gjelder nå  $p$  regnes i  $\text{kg/m}^2$ .

Ved Lote-tunnelen, hvor vi ikke har observasjoner, ligger det nært å velge den samme verdi som ved Eidsvågtunnelen, hvor vindhastigheten refererte til Fredriksberg værstasjon, av hensyn til hyppighetstallene. I det foreliggende tilfelle må vi gå ut fra verdiene for Nordfjordeid værstasjon, og vi får da

$$\Delta p_v = 0.07 v^2 \text{ kg/m}^2$$

hvor  $\Delta p_v$  er trykkdifferensen mellom portalene i  $\text{kg/m}^2$  og  $v$  er vinden målt i m/sek på Nordfjordeid.

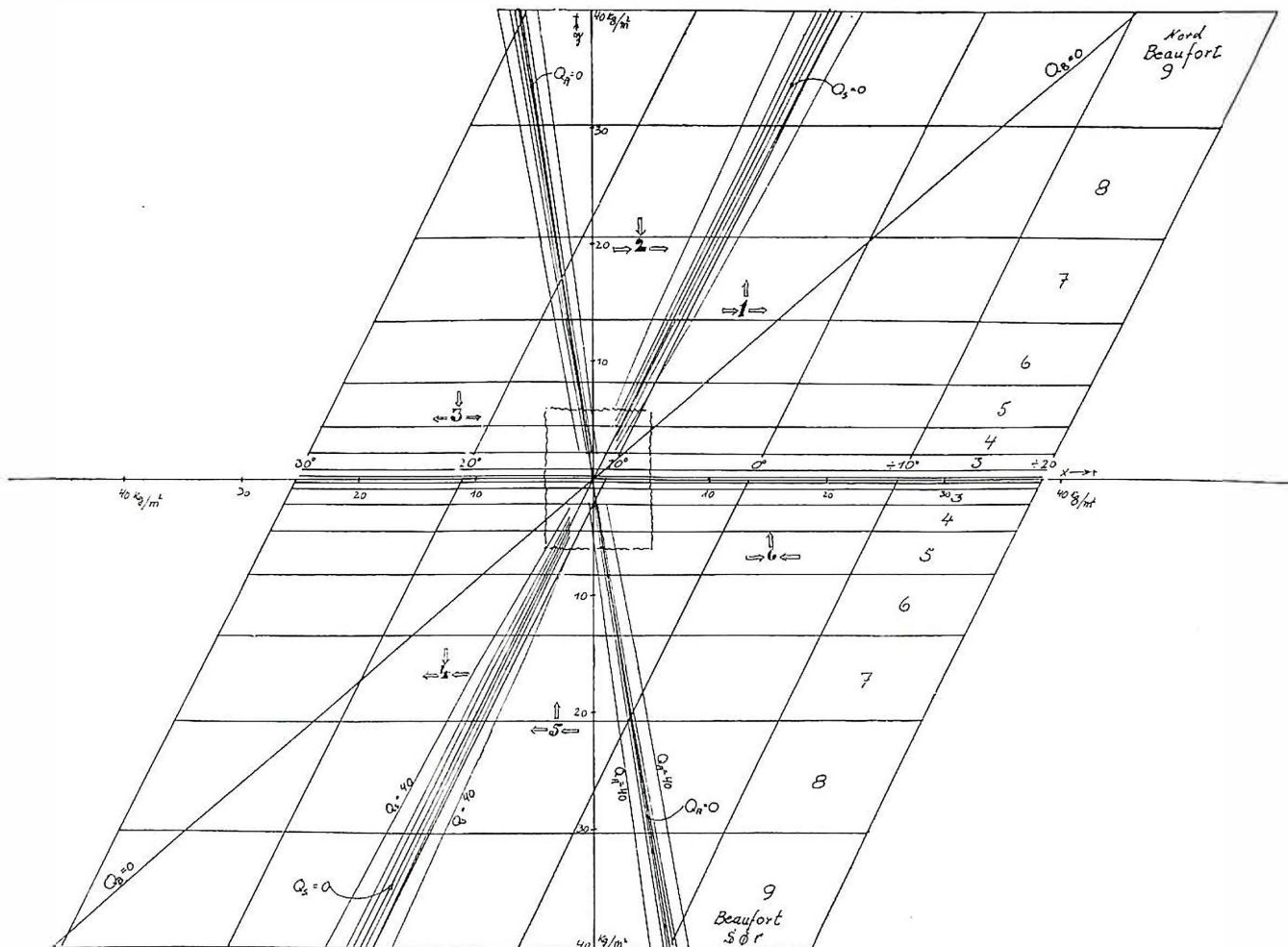


Fig. 1. Nomogram for beregning av ventilasjonen.

Beaufortgrenser	$v$ m/sek	$v^2$ m <sup>2</sup> /sek <sup>2</sup>	$\Delta p_v$ kg/m <sup>2</sup>
0—1	0,3	0,09	0,063
1—2	1,6	2,56	0,18
2—3	3,4	11,56	0,81
3—4	5,5	30,25	2,19
4—5	8,0	64,00	4,48
5—6	10,8	116,64	8,16
6—7	13,9	193,21	13,50
7—8	17,2	295,84	20,70
8—9	20,8	432,64	30,25
9—10	24,5	600,25	42,00

1.5.2. Temperatureffekten.

Vi går ut fra et årsmiddel i havoverflaten på 7°C og regner et temperaturfall med høyden av 0,6° pr 100 m. Regner vi videre med en geotemperaturgradient på 3° pr 100 meter, får vi det isotermbilde som er gitt i fig. 3. Av dette finner vi at geotemperaturen i sjakten tilnærmet i middel er  $t_g = 10^\circ\text{C}$ .

Temperatureffekten blir da

$$\Delta p_t = \frac{9800}{8000} \frac{h}{273} (t_v - t_g)$$

hvor  $h$  blir lengden av sjakten,  $h = l = 300$  m idet vi regner tunnelen tilnærmet horisontal. Dermed blir

$$\Delta p_t = 1.35 (t_v - t_g) \text{ kg/m}^2$$

hvor retningen er positiv nedover, idet varmere uteluft blir avkjølet i sjakten og synker nedover. Noen dynamisk effekt av sjakten regner vi ikke med, idet vi antar at det dynamiske trykk forandrer seg jevnt over fjellet fra den ene portal til den andre. I praksis vil det si at vinden ikke lager noe tilleggstrekk i sjakten, hvor bevegelsen helt er bestemt av temperaturforholdene. Denne forenkling er desto mere nødvendig, ettersom en ikke kjenner de topografiske forhold omkring øvre sjaktåpning, disse kan være helt avgjørende for vindeffekten.

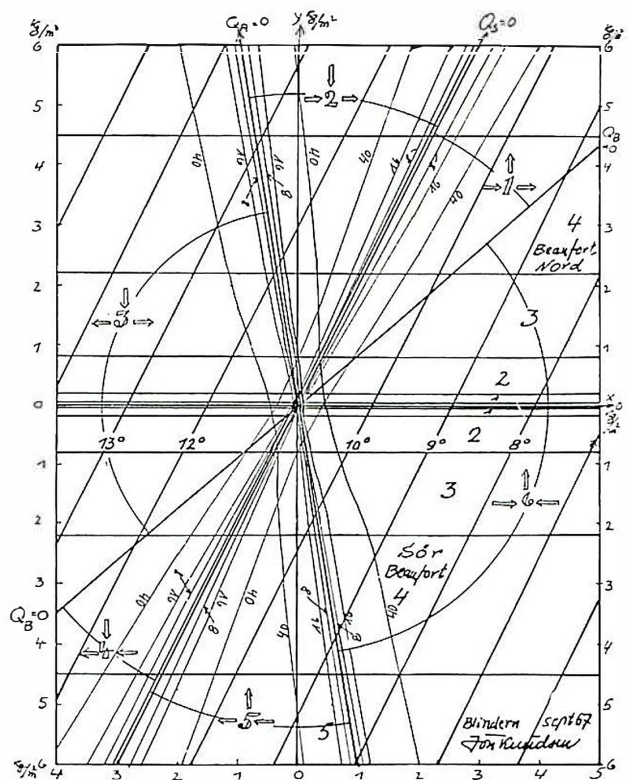


Fig. 2. Utsnitt omkring origo av nomogrammet på fig. 1.

Temperatureffektens størrelse fremgår av nedenstående tabell:

Ute-temp. ved portalene	Vertikal temperaturgradient	$t_v$ °	$\Delta p_t$ kg/m <sup>2</sup>
	m		
30°	- 8°/1000	28,8°	25,40
20°	- 7°/1000	19,0°	11,25
10°	- 6°/1000	9,1°	- 1,13
0°	0°/1000	0°	- 13,50
- 10°	+ 5°/1000	- 9,3°	- 26,10
- 20°	+ 10°/1000	- 18,5°	- 38,50

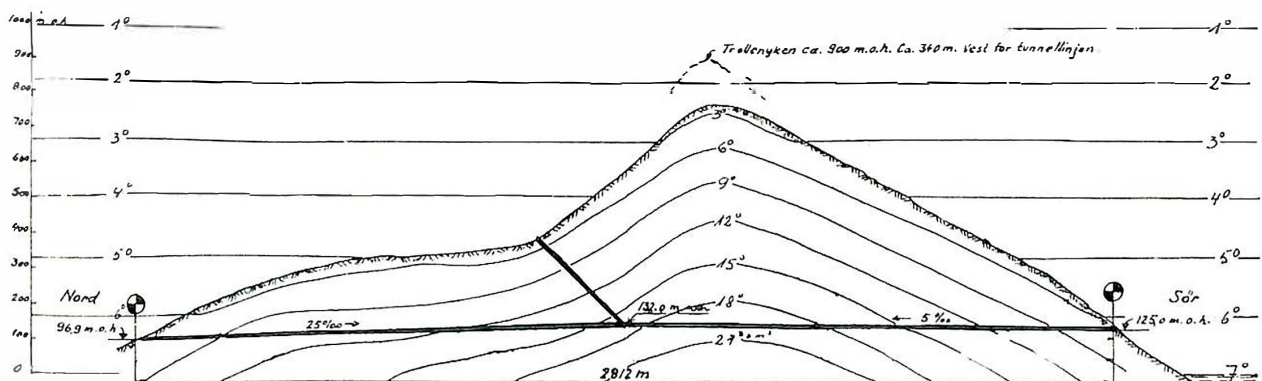


Fig. 3. Isotermbilde av Lote-tunnelen.

Tabellen viser at det er valgt en forholdsvis instabil skiktning i luften om sommeren og en temmelig stabil skiktning om vinteren, overensstemmende med erfaringen.

### 1.6. Beregning av ventilasjon som følge av vind- og temperatureffekten.

Beregningen av ventilasjonen kan nå foregå idet vi har de midler som trenges. På den ene side nomogrammet som gir ventilasjonen som funksjon av den dynamiske trykkdifferens mellom nordportalen —sjaktåpningen ( $x$ ) og mellom begge portalene ( $y$ ). På den andre side de ytre drivende krefter, vind-effekten  $\Delta p_v$  og temperatureffekten  $\Delta p_t$ .

Siden vi har tegnet nomogrammet bare for ventilasjoner opp til 40 m<sup>2</sup>/sek, tillater vi å tegne isolinjer for de ytre krefter rett inn i dette og ved en liten overlegning vil en forstå at det må bli det system av rette linjer som deler nomogrammet inn i parallelogrammer. Tegningen er gjort slik at hvert parallelogram representerer virkningen av en grad Celsius lufttemperatur og en Beaufort vind-

styrkegrad. Studerer vi nå de to kurvesystemer i forhold til hverandre så ser vi, at der må være en ganske stor variasjonsbredde i ventilasjon i tunnelen, når de ytre meteorologiske forhold varierer innenfor en grad Beaufort og en grad Celsius. Dette har igjen tilfølge, at situasjoner med en bestemt ventilasjon ikke kan vare synderlig lenge, idet den daglige gang i vind og temperatur viser ganske store verdier, sett ut fra dette synspunkt.

Den etterfølgende statistikk viser, at det er først og fremst temperaturen som vil drive ventilasjonen og det kan inntre kritiske situasjoner om våren og høsten når lufttemperaturen er omkring 10°C; men da er nettopp den daglige temperaturgang på sitt sterkeste, så situasjonen med 10°C lufttemperatur ikke varer særlig lenge.

For å kunne beskrive den årlige variasjon av ventilasjonen må en vite hvor ofte vindstyrke forekommer med hver temperatur, altså hyppigheten med vind og temperatur som innganger. En slik tabell er for omfattende til å tas med her. Som bekjent observerer klimastasjonene 3 ganger daglig, kl. 7, 13 og 19. På 10 år blir det over 10000

Tabell 1. Beregnet hyppighetstabell for forskjellige naturlige ventilasjonstyper ved den registrerte Lotetunnelen.

	Type	Q <sub>A</sub>		Q <sub>S</sub>		Q <sub>B</sub>		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
		inn	ut	opp	ned	inn	ut												
↑ →1→	A	S	-	S	-	-	S	2½	2½	1	1	2½	-	-	-	-	1	1	1½
	B	S	-	S	-	-	M	½	-	2	1	2	1½	-	-	-	4	3	2
	C	S	-	M	-	-	S	-	-	½	1½	5	1½	1½	½	-	4	2	1½
	D	M	-	M	-	-	M	-	-	6	13½	35	41	11	36½	57½	27	8	2
↓ →2→	E	S	-	-	S	-	S	-	-	-	-	1½	1	½	-	1½	2½	1	-
	F	M	-	-	S	-	S	-	-	-	2	3	½	1½	3	2	1	-	
	G	M	-	-	M	-	S	-	-	1½	1	9	1½	5	5	4½	1	½	
	H	S	-	-	M	-	S	-	-	-	½	½	½	-	1½	2	3	½	
↓ ←3→	I	M	-	-	M	-	M	-	-	3	3½	21½	40½	18	34½	33	13½	4	1½
	K	-	S	-	S	-	S	-	-	4	36	261	481	777	613	284	55	2	1
	L	-	S	-	S	-	M	-	-	2	8	32	40½	38	52	47½	22½	3	½
	M	-	M	-	S	-	S	-	-	2	8	32	40½	38	52	47½	22½	2	½
↓ ←4←	N	-	M	-	M	-	M	-	-	-	-	1	1	-	6	5	-	-	
	O	-	S	-	S	S	-	-	-	-	-	1½	1	½	-	1½	2½	1	-
	P	-	S	-	S	M	-	-	-	-	2	3	½	1½	3	2	1	-	
	Q	-	S	-	M	M	-	-	-	1½	1	9	1½	5	5	4½	2	½	
↑ ←5←	R	-	S	-	M	S	-	-	-	-	-	½	½	-	1½	2	3	½	
	S	-	M	-	M	M	-	-	-	4	3½	21½	40½	18	34½	33	13½	4	1½
	T	-	S	S	-	S	-	2½	2½	1	1	2½	-	-	-	-	1	1	1½
	U	-	M	S	-	S	-	½	-	2	1	2	1½	-	-	-	4	3	2
↑ →6←	V	-	M	M	-	S	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	W	-	S	M	-	S	-	-	-	½	1½	5	1½	1½	½	-	4	1	1½
	X	-	M	M	-	M	-	-	-	6	13½	35	41	11	36½	57½	27	8	2
	Y	S	-	S	-	S	-	920	838	887	755	387	78	-	24	228	652	823	892
↑ →6←	Z	S	-	S	-	M	-	2	1½	5	24½	37	31	5	13½	40½	28	10	8½
	Æ	M	-	S	-	S	-	2	1½	4	24½	37	31	5	13½	40½	28	11	8½
	Ø	M	-	M	-	M	-	-	-	-	-	1	1	1	-	4	1	-	
Sum							930	846	930	900	930	900	930	930	900	930	900	930	

observasjoner, og det er en slik statistikk fra årene 1941—50 de etterfølgende tabeller bygger på.

Den kombinerte vind—temperaturstatistikk kan direkte overføres til tilsvarende parallellogrammer i vårt nomogram, og da hvert parallellogram svarer til en bestemt ventilasjonstype med hensyn til retning og størrelse, kan vi lettvis lage en ny hyppighetstabell ved å telle opp tilfellene i hvert parallellogram og sortere dem etter ventilasjonen. Vi teller da i første rekke bare opp etter systemet „Større enn 40 m<sup>3</sup>/sek” (S) og „Mindre enn 40 m<sup>3</sup>/sek” (M) og får således tabell 1.

Tabellen viser tydelig, at ventilasjonstypen „K” er hyppigst om sommeren, mens typen „Y” alt-overveiende forekommer i den tempererte og kjølige årstid. Her betyr „K” at friskluften kommer ned gjennom sjakten med over 40 m<sup>3</sup>/sek og ut begge portalene, mens det ved „Y” kommer over 40 m<sup>3</sup>/sek inn begge portalene og strømmer opp gjennom sjakten. Etter det foregående vil det si at tunnelen tåler en trafikk av over 148 biler pr time i et overveiende antall tilfeller.

Tabell 1 kan vi redusere til en enklere tabell, som mer direkte gir oss det vi er interessert i:

- I. De tilfeller hvor begge tunnelhalvdeler får ventilasjon over 40 m<sup>3</sup>/sek (S).
- II. De tilfeller hvor den ene halvdel har tilstrekkelig ventilasjon (S), mens den andre tunnelhalvdel får under 40 m<sup>3</sup>/sek (M).
- III. De tilfeller da begge tunnelhalvdeler får under 40 m<sup>3</sup>/sek (M).

Hyppighetsfordelingen blir da som i nedenstående tabell:

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
I	925	843	893	793	656	561	778	637	515	714	829	895
II	5	3	18	70	157	156	90	135	185	125	44	26
III	—	—	19	37	117	183	62	158	200	91	27	8
Sum	930	846	930	900	930	900	930	930	900	930	900	930

Det neste skritt er å analysere gruppen som gir under 40 m<sup>3</sup>/sek. Og der benytter vi oss av følgende betraktninger: Som tidligere nevnt er der forholdsvis store variasjonsmuligheter innenfor de trinn som vi har delt ventilasjonen inn i. De tilfeller vi har betegnet med „M” kan vi jo føre tilbake til bestemte parallellogrammer på vårt nomogram, hvor hvert parallellogram inneholder de meteorologiske observasjoner som har bestemte helgradige temperaturer og en bestemt vindstyrke i Beaufort. Ett av dem kan f. eks. inneholde alle tilfeller som har temperatur 12,0° til 12,9° og vindstyrke 4, det vil si vindhastigheter mellom 5,5 og 8,0 m/sek. Forutsetter vi, at ingen temperaturer eller hastigheter er foretrukket, må tilfellene fordele seg jevnt utover parallellogrammet. Og vi kan derfor sette flateinnholdet av deler av parallellogrammet direkte proporsjonal med det antall tilfeller som befinner seg på denne del. Er f. eks. et slikt parallellogram delt i to linjer for Q<sub>A</sub> = 40, så vil den ene del av parallellogrammet inneholde tilfeller med ventilasjon Q<sub>A</sub> større enn 40, mens den andre delen har tilfeller med Q<sub>A</sub> mindre enn 40 og hyppigheten vil

Tabell 2. Detaljbeskrivelse av den naturlige ventilasjon i Lotetunnelen.

Tilfeller hvor begge tunnelhalvdeler får ventilasjon større enn 40 m<sup>3</sup>/sek.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	År
927	844	907	834	761	690	836	748	660	795	857	908	9767 = 89,17 %

Tilfeller hvor bare en tunnelhalvdel får ventilasjon over 40 m<sup>3</sup>/sek.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	År
Den andre halvdel har:													
16—40 m <sup>3</sup> /sek	2	1	6	24	53	53	31	46	63	43	15	9	346 = 3,16 %
8—16 m <sup>3</sup> /sek	1	1	3	10	22	23	13	19	27	18	6	4	147 = 1,34 %
0—8 m <sup>3</sup> /sek	—	—	2	9	22	22	12	19	26	18	6	4	140 = 1,28 %
Sum	3	2	11	43	97	98	57	84	116	79	27	17	633 = 5,78 %

Tilfeller hvor begge tunnelhalvdeler får mindre enn 40 m<sup>3</sup>/sek.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	År
Begge halvdel har:													
16—40 m <sup>3</sup> /sek	—	—	6	13	40	62	21	53	68	30	9	3	305 = 2,78 %
8—16 m <sup>3</sup> /sek	—	—	3	5	16	25	9	23	28	13	4	1	127 = 1,16 %
0—8 m <sup>3</sup> /sek	—	—	3	5	16	25	8	22	28	13	3	1	124 = 1,13 %
Sum	—	—	12	23	72	112	39	98	124	56	16	5	556 = 5,08 %
Sum	930	846	930	900	930	900	930	930	900	930	900	930	10 956 = 100 %

være proporsjonal med flateinnholdet av den tilsvarende del av parallelogrammet. Undersøker vi et tilstrekkelig antall parallelogrammer etter dette prinsipp finner vi, at den gruppen som i det foregående er blitt betegnet med „M” fordeler seg i undergrupper slik:

Ca 14% gir 0—8 m<sup>3</sup>/sek ventilasjon  
 ca 14% gir 8—16 m<sup>3</sup>/sek ventilasjon  
 ca 34% gir 16—40 m<sup>3</sup>/sek ventilasjon  
 og ca 38% gir større enn 40 m<sup>3</sup>/sek ventilasjon

På dette grunnlag kan vi nå korrigere tabellen for hyppighetsfordelingen idet vi av (II) og (III) skiller ut de 38% som gir større ventilasjon enn 40 m<sup>3</sup>/sek og fordeler resten i de tre undergrupper som er nevnt ovenfor. Derved fremkommer tabell 2. Tabellen kan resumeres slik:

I alt gir 89,17% av tilfellene (9767 observasjoner i løpet av 10 år) ventilasjon over 40 m<sup>3</sup>/sek i begge tunnelhalvdeler.

I alt vil 5,78% av tilfellene (633 observasjoner i 10 år) gi ventilasjon over 40 m<sup>3</sup>/sek i den ene tunnelhalvdel, mens den andre får mindre, nemlig:

3,16% med 16—40 m<sup>3</sup>/sek  
 1,34% med 8—16 m<sup>3</sup>/sek  
 1,28% med 0—8 m<sup>3</sup>/sek

I alt 5,08% av tilfellene (556 observasjoner i 10 år) vil ha under 40 m<sup>3</sup>/sek ventilasjon i begge tunnelhalvdeler, fordelt slik:

2,78% med 16—40 m<sup>3</sup>/sek  
 1,16% med 8—16 m<sup>3</sup>/sek  
 1,13% med 0—8 m<sup>3</sup>/sek

Det totale antall observasjoner på klimastasjonen Nordfjordeid var 10956 i løpet av 10 år.

Til slutt minner vi om, at den beregnede sammenheng mellom ventilasjon og trafikk tetthet i Lotetunnelen er:

0—8 m<sup>3</sup>/sek svarer til 0—30 biler i timen  
 8—16 m<sup>3</sup>/sek svarer til 30—60 biler i timen  
 og 16—40 m<sup>3</sup>/sek svarer til 60—148 biler i timen

Vognenheter er personbiler. I tilfelle annen trafikk, reduseres antallet i forhold til hestekreftene.

## 2. Ventilasjon uten sjakt. Horisontal tunnel.

For å kunne vurdere resultatet av den beregnede naturlige ventilasjon er det ønskelig å ha et sammenligningsgrunnlag, og da passer det å søke å finne den ventilasjon en ville ha fått, dersom tunnelen bygges uten sjakt.

Beregningene som er utført i det følgende, benytter fremdeles disse tekniske data:

$$F = 40 \text{ m}^2, \quad U = 30 \text{ m}, \quad L = 2800 \text{ m}, \quad \lambda = 0.03$$

hvilket gir

$$F_{\cdot x} = 3.2 \text{ m}^2$$

og

$$Q^2 = 204 \Delta p$$

hvor  $\Delta p$  i dette tilfelle utelukkende er oppstått på grunn av vinden, altså identisk med  $\Delta p_v$  i tabellen for vindeffekten.

For å få samlet vindstyrkene i de ønskete ventilasjonstrinn, undersøker vi ovenstående kvadratiske ligning og finner at

$$\begin{aligned} V_{(0-8)} &\sim \frac{1}{2} B_0 + B_1 + \frac{1}{3} B_2 \\ V_{(8-16)} &\sim \frac{2}{3} B_2 + \frac{1}{3} B_3 \\ V_{(16-40)} &\sim \frac{2}{3} B_3 + B_4 + B_5 \\ V_{(>40)} &\sim B_6 + B_7 + B_8 \end{aligned}$$

Her er  $V$  det samlede antall tilfeller av vindobservasjoner som gir ventilasjoner innen en fiksert grense. For å finne de tilfeller som gir ventilasjoner mellom 0 og 8 m<sup>3</sup>/sek må vi samle halvparten av tilfellene med vindstyrke  $B = 0$  + de tilfellene med vindstyrke  $B = 1$  + en tredjedel av tilfellene med vindstyrke  $B = 2$  på værstasjonen Nordfjordeid, osv.

Tabell 3. Tilfeller (%) med vindstille ( $B = 0$ ) eller vind fra nordlig kant (NW + N + NE + E) på Nordfjordeid. Middelt over 10 år.

B	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	År
0	1.29	2.83	2.03	1.01	1.72	1.93	2.45	2.04	2.58	2.53	2.58	0.94	1.99
1	44.19	40.55	40.52	36.77	36.44	31.99	34.95	36.23	41.22	43.04	46.77	45.15	39.87
2	10.96	7.09	7.21	13.11	14.95	14.00	12.15	11.34	10.33	7.10	10.23	10.97	10.79
3	4.30	4.14	5.16	7.56	7.85	8.90	8.06	6.77	5.11	6.77	5.00	4.41	6.17
4	2.79	2.37	1.19	1.66	2.05	2.11	2.69	2.48	1.77	2.38	1.44	2.25	2.10
5	1.29	0.82	0.43	0.88	0.97	0.55	0.33	0.32	1.00	0.75	1.21	0.76	0.78
6		0.12				0.11	0.11		0.11	0.11		0.44	0.08
7	0.11	0.12									0.11		0.03
8							0.11						0.01
Sum	63.64	55.21	54.51	59.98	62.26	57.66	58.40	57.14	59.54	60.75	64.76	63.98	59.83



Tabell 4. Tilfeller (%) med vind fra sørlig kant (SE + S + SW + W) på Nordfjordeid. Middell over 10 år.

B	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	År
1	21.29	27.30	28.71	22.56	21.82	27.10	26.98	26.44	26.77	24.62	22.00	21.78	24.78
2	5.59	3.79	6.88	8.78	9.03	10.33	7.43	8.87	5.34	5.82	5.56	4.74	6.85
3	3.55	5.08	4.30	4.90	3.34	2.10	3.77	4.20	3.11	3.34	2.23	4.73	3.72
4	2.91	2.60	2.17	2.11	1.61	0.77	0.86	0.98	1.89	1.52	1.99	2.37	1.82
5	1.08	1.30	1.18	0.66	0.11	0.11	0.11	0.33	0.66	1.09	0.66	1.19	0.71
6	0.54	1.18	0.11		0.11				0.11	0.22	0.11	0.33	0.23
7	0.11	0.59	0.11							0.11			0.08
8		0.12									0.11		0.02
Sum	35.07	41.96	43.46	39.01	36.02	40.41	39.15	40.82	37.88	36.72	32.66	35.08	38.21

Tabell 5. Årlig gang i ventilasjonen av Lote-tunnelen med horisontalt forløp uten sjakt. Hyppighet av de enkelte ventilasjonstrinn i %.

	Q m <sup>3</sup> /sek	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	År
Trekk fra nord	0—8	48.49	44.32	43.94	41.64	41.28	37.61	40.23	41.03	45.95	47.27	51.47	49.28	44.46
	8—16	8.74	6.11	6.53	11.26	13.59	12.30	10.78	9.82	8.59	6.99	8.48	8.68	9.25
	16—40	6.95	6.95	5.06	7.58	8.25	8.59	8.40	7.31	6.18	7.64	5.99	6.05	6.99
	> 40	0.11	0.24				0.11	0.22		0.11	0.11	0.11	0.44	0.12
Trekk fra sør	0—8	23.79	29.98	32.01	26.00	25.69	31.51	30.59	30.42	29.50	27.50	25.14	23.77	28.06
	8—16	4.91	4.22	6.02	7.48	7.13	7.56	6.31	7.64	4.94	5.32	4.45	4.74	5.81
	16—40	6.36	7.29	6.22	6.04	3.95	2.28	3.48	3.78	4.62	4.84	4.14	6.71	5.01
	> 40	0.64	1.89	0.22		0.11				0.11	0.33	0.22	0.33	0.33
	Sum	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabell 6. Hyppighet av ventilasjonstrinn gitt i observasjoner pr 10 år. Horisontal tunnel uten sjakt.

	Q m <sup>3</sup> /sek	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	År
Trekk fra nord	0—8	451	375	409	373	384	338	374	382	414	440	463	458	4871
	8—16	81	52	61	101	126	111	100	91	77	65	76	81	1013
	16—40	65	59	47	68	78	77	78	68	56	71	54	56	766
	> 40	1	2				1	2		1	1	1	4	13
Trekk fra sør	0—8	221	254	298	234	239	284	284	283	266	256	226	221	3074
	8—16	46	36	56	67	66	68	59	71	44	49	40	44	637
	16—40	59	63	58	54	37	21	32	35	42	45	37	62	549
	> 40	6	16	2		1				1	3	2	3	36
	Sum	930	846	931	897	931	900	929	930	901	930	899	929	10959

Vi slår også sammen tilfellene som må formodes å gi samme trekkretning i tunnelen, nemlig

trekk fra N: NW + N + NE + E

og

trekk fra S: SE + S + SW + W

idet vi opererer med et åttedelt materiale.

Det klimatiske beregningsgrunnlag er gitt i tabellene 3 og 4, med henholdsvis de vindretninger på Nordfjordeid, som formodes å gi nordlig eller sørlig trekk i tunnelen. Vi ser at vindstyrker over 6 Beaufort (B = 6) forekommer svært sjeldent.

Vi foretar så den omgruppering som er nevnt ovenfor og finner tabell 5 som viser at hovedtyngden

av ventilasjonen ligger i trinnet 0—8 m<sup>3</sup>/sek, et resultat som er helt forskjellig fra det vi kom til i første del av denne utredning, hvor vi behandlet tilfellet med en sjakt. For lettere å kunne sammenligne tallene i tabellene med dem i første del, så gir en resultatet også i hyppighet av enkeltobservasjoner, tabell 6, mens tabell 7 gir oss ventilasjonen uansett hvilken veg friskluften kommer inn i tunnelen.

Sammenligner vi tabellene 2 og 7, så finner vi følgende ventilasjon.

Med sjakt: Større enn 40 m<sup>3</sup>/sek i begge tunnelhalvdeler: 89.17% av tilfellene.

Uten sjakt: Større enn 40 m<sup>3</sup>/sek i tunnelen: 0.45% av tilfellene.

Tabell 7. Hyppighet av enkelte ventilasjonstrinn, uansett trekkretning gitt i % (a) eller i enkelttilfeller (b).

	Q m <sup>3</sup> /sek	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	År	Vinter
Tabell 7 a	0—8	78,28	74.30	75.95	67,64	66.97	69.12	70.81	71.45	75.45	74.77	76.61	73.05	72.52	74.49
	8—16	13.65	10.33	12.55	18.74	20.72	19.86	17.09	17.46	13.53	12.31	12.93	13.42	15.06	12.53
	16—40	13.31	14.24	11.28	13.62	12.20	10.87	11.88	11.09	10.80	12.48	10.13	12.76	12.00	12.37
	> 40	0.75	2.13	0.22		0.11	0.11	0.22		0.22	0.44	0.33	0.74	0.45	0.77
	Sum	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Tabell 7 b	0—8	672	629	707	607	623	622	658	665	680	696	689	679	7945	
	8—16	127	88	117	168	192	179	159	162	121	114	116	125	1650	
	16—40	124	121	105	122	115	98	110	103	98	116	91	118	1315	
	> 40	7	18	2		1	1	2		2	4	3	7	49	
	Sum	930	846	931	897	931	900	929	930	901	930	899	929	10959	

Med sjakt: 0—8 m<sup>3</sup>/sek i begge tunnelhalvdeler: 1.13% av tilfellene.

Uten sjakt: 0—8 m<sup>3</sup>/sek i tunnelen: 72.52% av tilfellene.

Dette viser tydelig virkningen av sjakten, og dermed temperatursens dominerende betydning som drivkraft for ventilasjonen.

### 3. Ventilasjon uten sjakt. Tunnelen stiger mot sør.

Vi går så over til å se litt på hvordan hele bildet igjen forandrer seg, dersom tunnelen gis en aldri så liten ensidig helning. En har i det følgende regnet med en høydedifferens på 10 m mellom de to portaler, likeså et midlere lufttrykk på 1000 mb eller 10000 kg/m<sup>2</sup>. Vi får da

$$\Delta p = \Delta p_v + \Delta p_t$$

hvor

$$Q^2 = 204 \Delta p$$

$$\Delta p_v = 0.07 v^2 \text{ kg/m}^2$$

$$\Delta p_t = 0.0457 (13 - t) \text{ kg/m}^2$$

hvor  $v$  er vindhastigheten i m/sek og  $t$  temperaturen, begge målt på Nordfjordeid, og 13 er midlere geotemperatur i tunnelen. Vi sørger for, at  $\Delta p_v$  ved nordkomponent har samme fortegn som  $\Delta p_t$  når temperaturen er mindre enn 13, og omvendt  $\Delta p_v$  ved sørkomponent i vinden skal ha samme fortegn som  $\Delta p_t$  når temperaturen er større enn 13. Vi konstruerer så et nomogram til beregning av ventilasjonstrinnene. Materialet vi går ut fra er inndelt i temperatur, vindretning (4-delt) og vindstyrke. Det gjelder ved hjelp av nomogrammet å finne den temperatur som for en gitt vindstyrke gir oss en ønsket ventilasjon, nemlig grenseverdiene 0, 8, 16 og 40 m<sup>3</sup>/sek i tunnelen. Når disse grensetemperaturene er funnet for hver vindstyrke, kan opptellingen begynne. Imidlertid viste det seg, at materialet i den form en hadde bruk for det til det foreliggende formål, bare var til stede for vintermånedene. Og da det ville tatt alt for lang tid å gå tilbake til originalobservasjonene har en måttet nøye seg med vinterhalvåret. Det er da verdt å huske at temperatureffekten er sterkest

Tabell 8. Hyppighet av de enkelte ventilasjonstrinn i vintermånedene (10 år) i %, dersom nordportalen ligger 10 m lavere enn sørportalen.

Vindretning ute i sektor	Trekk i tunnelen fra	Q m <sup>3</sup> /sek	Oktober	November	Desember	Januar	Februar	Mars
Nord	Nord	> 40	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3	
„	„	16—40	10.1	9.4	11.2	20.4	13.7	10.6
„	„	8—16	10.9	31.7	37.7	37.0	31.9	26.3
„	„	0—8	36.4	22.8	13.0	5.6	7.9	15.7
Nord	Sør	0—8	0.5					
Sør	Sør	> 40	0.2	0.2	0.4	0.5	1.8	0.1
„	„	16—40	5.4	2.9	3.9	3.5	4.0	3.4
„	„	8—16	0.9	1.9	3.3	3.3	4.5	4.6
„	„	0—8	9.2	3.7	2.1	1.6	1.1	3.3
Sør	Nord	0—8	26.0	26.5	24.8	18.8	22.4	31.7
„	„	8—16	0.1	0.5	3.2	9.0	11.7	4.1
„	„	16—40				0.1	0.5	0.1
		Sum	100	100	100	100	100	100

Tabell 9. Hyppighet av ventilasjonstrinn uttrykt i tilfeller (observasjoner) pr 10 år. Tunnel stiger mot sør uten sjakt.

Vindretning ute i sektor	Trekk i tunnel fra	Q m <sup>3</sup> /sek	Oktober	November	Desember	Januar	Februar	Mars
Nord	Nord	> 40	2	1.5	3.5	2.5	2.5	
”	”	16—40	93.5	84.5	104	189.5	116.5	99
”	”	8—16	101.5	286	350.5	344	270.5	245
”	”	0—8	338.5	205.5	121	52	67	146
Nord	Sør	0—8	5					
Sør	Sør	> 40	2	2	3.5	4.5	15.5	1
”	”	16—40	50.5	26	36.5	32.5	33.5	32
”	”	8—16	8	17.5	31	31	38.5	43
”	”	0—8	86	33.5	19.5	15	9	30.5
Sør	Nord	0—8	242	239	230.5	175	189.5	295
”	”	8—16	1	4.5	30	83.5	99.5	38
”	”	16—40				0.5	4	0.5
		Sum	930	900	930	930	846	930

Tabell 10. Hyppighet i antall tilfeller pr 10 år (b) og i % (a) av de forskjellige ventilasjonstrinn, når tunnelen stiger mot sør.

	Q m <sup>3</sup> /sek	Oktober	November	Desember	Januar	Februar	Mars	Vinter
Tabell 10 a	0—8	72.2	53.1	39.9	26.0	31.3	50.7	45.5
	8—16	11.9	34.2	44.2	49.3	48.3	35.0	37.2
	16—40	15.5	12.3	15.1	23.9	18.2	14.1	16.5
	> 40	0.4	0.4	0.8	0.8	2.1	0.1	0.8
	Sum	100	100	100	100	100	100	100
Tabell 10 b	0—8	671.5	478	371	242	265.5	471.5	
	8—16	110.5	308	411.5	458.5	408.5	326	
	16—40	144	110.5	140.5	222.5	154	131.5	
	> 40	4	3.5	7	7	18	1	
	Sum	930	900	930	930	846	930	

om vinteren, hvilket også fremgår av tabell 7, hvor midlet for vinteren er beregnet. Tabell 8 gir resultatet av opptellingen i %, og vi merker med en gang den sterke temperatureffekten igjen. Uten å gå i detaljer vil en også henvise til tabell 9 som gir det samme i antall tilfeller pr 10 år. Det interessanteste er imidlertid sammendragene i tabell 10, hvor en har sløffet hvilken veg trekken kommer inn i tunnelen, og en sammenligning mellom tabell 10 a og 7 a gir oss det vi leter etter. Vi ser en tydelig gang i ventilasjonstrinnet 0—8 med laveste verdier midtvinters, mens oktober har nesten det samme som om der ikke var stigning. Men også oktober kan påvise en økning av 16—40 m<sup>3</sup>/sek-

nivået. Eller om vi lager et resyme for vintermånedene:

Ventilasjonstrinn	Uten stigning:	Med stigning:
0—8 m <sup>3</sup> /sek	74.49%	45.5%
8—16 m <sup>3</sup> /sek	12.53%	37.2%
16—40 m <sup>3</sup> /sek	12.37%	16.5%
> 40 m <sup>3</sup> /sek	0.77%	0.8%
Sum	100%	100%

Dette viser med all ønskelig tydelighet, at stigningen øker ventilasjonen, ihvertfall i vinterhalvåret. I sommerhalvåret må en vente mindre effekt. Dersom det er mulig å øke stigningen utover 10 m, bør det beregnes når ekshaustmengdens øking balanseres av ventilasjonens øking, for all øking av helningen er jo ikke netto.

# Stamveggruten Sandane — Lote — Nordfjordeid

## Linjevalg for parsellen Lote — Nordfjordeid

DK 625.72 (483.S)

(Forts. fra N.V. nr. 2, side 25.)

### 7. Trafikkundersøkelser.

Det er i anledning av dette linjevalg foretatt en del trafikk- og intervjuetellinger i området omkring vegprosjektet.

Intervjutellingene på riksveg 160 ved Hornindalsvatnet i 1957 viser at tirsdag den 20. september var det *12 biler* (8 personbiler og 4 lastebiler) som kom fra områder sønnenfor Utvikfjellet og skulle til området nord og vest for Nordfjordeid, eller omvendt. Lørdag den 26. oktober var det *11 biler* (9 personbiler og 2 lastebiler) som kjørte denne ruten. Dette er trafikk som med fordel kunne nytte vegforbindelsen Lote—Nordfjordeid.

Etter det kjennskap en foreløpig har til trafikkvariasjonene er det sannsynlig at årsdøgntrafikken mellom områdene syd for Utvikfjellet og vest og nord for Nordfjordeid dreier seg om *10—15 biler* i 1957.

Ved vurdering av den fremtidige trafikk på denne veg, må man ta utgangspunkt i en årsdøgntrafikk på *10—15 biler* i 1957 og i den trafikkutvikling som har funnet sted i tilgrensende områder. Siden det her inngår en ferjeforbindelse, må det være riktig å trekke sammenligninger med den utvikling vi har hatt ved andre ferjestrekninger.

Ferjestatistikken viser at det har funnet sted en fordobling av trafikken de siste 5 år ved en rekke ferjer i Møre og Romsdal. Ferjen Eikenes—Dale—Bygstad og Måløy—Degnepoll i Sogn og Fjordane viser en fordobling av trafikken de siste tre år. De øvrige ferjer i Sogn og Fjordane ligger i typiske turistruter og en har derfor holdt disse utenfor sammenlikningen.

Antall registrerte motorvogner (biler) i Sogn og Fjordane var 1551 i 1951 og 2930 i 1956. Det er en økning på 89 %. I Møre og Romsdal var de tilsvarende tall henholdsvis 5414 og 9599, dvs. en økning på 77 prosent. Antall motorvogner har således økt raskere i Sogn og Fjordane enn i Møre og Romsdal de siste fem årene. Setter man motorvognparken i 1956 i relasjon til innbyggertallet,

finner man at i Sogn og Fjordane er det 30 biler pr. 1000 innbygger, mens Møre og Romsdal har 47 biler pr 1000 innbygger. En antar at det må kunne regnes med en lignende trafikkutvikling i Sogn og Fjordane i de nærmeste år fremover som den som har funnet sted i Møre og Romsdal de siste årene, slik at trafikken i distriktet innen den her omhandlede veg er ferdigbygget vil øke til det dobbelte av det den er i dag. Det synes derfor ikke urimelig å regne med en årsdøgntrafikk på minst 50 biler som et gjennomsnitt for de første 20—25 år etter at vegen er ferdig.

Denne trafikken vil sannsynligvis ha følgende sammensetning: Personbiler 65 %, lastebiler 28 % og busser 7 %. En antar at trafikken på denne vegen for en stor del vil bestå av kommersiell trafikk, da turistene vil holde seg til vegen gjennom Olden og Loen. Det skulle derfor være all grunn til å regne med den økonomiske betydning av tidsbesparelsene ved avgjørelsen av linjevalget, og dette er gjort for lastebilenes vedkommende i den etterfølgende transportøkonomiske beregning.

### 8. Trafikkøkonomisk beregning.

Denne beregning omfatter en kalkyle over 1. vegholdskostnadene og 2. kjørekostnadene for de ulike vegalternativer mellom Lote og Nordfjordeid.

Vegholdskostnadene omfatter renter og avdrag på anleggskapitalen, samt fornyelser, vedlikehold og drift.

Kjørekostnadene omfatter de variable kjørekostnadene for bilene, dvs. slike kostnader som er avhengig av kjøredistansen. Det er tatt hensyn til stigningsforhold, kurvatur og vegdekkets art og til differansen i kjøretid for lastebilene.

Det er tatt sikte på å vise de samfunnsøkonomiske kostnader, hvorfor skatter og avgifter, så langt det har vært mulig, er holdt utenfor.

I kalkylen har en regnet med kostnadene i en 25 års-periode. En del av disse kostnadene forfaller til utbetaling i begynnelsen av perioden, mens andre forfaller til utbetaling senere. For å kunne bedømme hva denne forskjell i utbetalingstids-

punktene betyr for de forskjellige alternativer har en regnet med den diskonterte verdi (nå-verdien) av alle kostnader som påløper i løpet av 25 års-perioden.

Resultatet av beregningen er sammenstilt i etterfølgende tabell. Forøvrig vises det til beregningene under punkt 9, 10 og 11.

Alternativ	1 Overslag Kr	2 Nåverdien av kjørekostnadene i en 25-årsperiode Kr	3 Nåverdien av vedholdskostnadene i en 25-årsperiode Kr	4 Nåverdien av tidsbesparelsene for lastebiler i en 25-årsperiode Kr	5 =2+3+4 Sum Kostnader Kr	6 Besparelser i forhold til Hundviklinjen Kr
Hundviklinjen ...	6 188 000	2 381 500	6 317 300	—	8 698 800	—
Tunnellinjen:						
Alternativ A ....	6 747 000	762 800	6 194 850	169 200	6 788 450	1 910 000
—, — B ....	7 564 000	762 800	6 770 150	169 200	7 363 750	1 335 000
—, — C ....	7 063 000	762 800	6 652 650	169 200	7 246 250	1 453 000
—, — D ....	8 787 000	762 800	7 951 950	169 200	8 545 550	153 000

## 9. Overslag og beregninger.

### D. Indre linje. Overslag for tunnelen gjennom Trollenkyken, I—K. Kunstig ventilasjon gjennom sjakt

Ytre deler av tunnelen .....	2 × 706 m	à kr 1075,—	kr 1 517 900,—
Midtre del av tunnelen .....	2 × 700 "	" " 1428,—	" 1 999 200,—
Luftsjakt .....	350 "	" " 1260,—	" 441 000,—
Betonghvelv .....	1400 "	" " 400,—	" 560 000,—
Lysanlegg .....	2800 "	" "	" 400 000,—
Ventilasjon .....	2800 "	" " 100,—	" 280 000,—
			kr 5 198 100,—
Upåregnet ca 5% .....			" 259 900,—
		Sum konto B	kr 5 458 000,—
Betongvegdekke, konto C: .....	2812 m	à kr 130,—	" 365 000,—
Materialer og redskap, konto E: 12% av B+C: .....			" 666 000,—
Arbeiderforpleining, konto F: 10% av B+C: .....			" 550 000,—
Oppsyn og regnskap, konto G: 6% av B+C+E+F: .....			" 409 000,—
		Sum arbeidsutgifter = B+C+E+F+G	kr 7 448 000,—

### Enhetspriser:

Ytre deler av tunnelen: .....	33,6 m <sup>3</sup> /lm	à kr 32,—	kr 1 075,— pr lm
Midtre del av tunnelen: .....	47,6 "	" " 30,—	" 1 428,— "
Luftsjakt: .....	28,0 "	" " 45,—	" 1 260,— "

### Masser:

Ytre deler av tunnelen: .....	1412 m	a 33,6 m <sup>3</sup>	47 443 m <sup>3</sup>
Midtre del av tunnelen: .....	1400 "	" 47,6 "	66 640 "
Luftsjakt: .....	350 "	" 28,0 "	9 800 "
		Sum tunnelmasser	123 883 m <sup>3</sup>

## B. Overslag for tunnelen gjennom Trollenyken, I—K. Naturlig ventilasjon gjennom sjakt

Ytre deler av tunnelen .....	2 × 706 m à kr 1075,—	kr 1 517 900,—
Midtre del av tunnelen .....	2 × 700 „ „ 1428,—	„ 1 999 200,—
Luftsjakt .....	350 „ „ 1600,—	„ 560 000,—
Lysanlegg .....	2800 „ „ ca 143,—	„ 400 000,—
		kr 4 477 100,—
Upåregnet ca 5% .....		„ 223 900,—
	Sum konto B	kr 4 701 000,—
Betongvegdekke, konto C: .....	2812 m à kr 130,—	„ 365 000,—
Materialer og redskap, „ E: ca 10,5% av B+C: .....		„ 533 000,—
Arbeiderforpleining, „ F: ca 9,5% av B+C: .....		„ 481 000,—
Oppsyn og regnskap, „ G: ca 6% av B+C+E+F: .....		„ 365 000,—
	Sum arbeidsutgifter: B+C+E+F+G:	kr 6 445 000,—

## Enhetspriser:

Ytre deler av tunnelen: .....	33,6 m <sup>3</sup> /lm à kr 32,—	kr 1 075,— pr lm
Midtre del av tunnelen: .....	47,6 „ „ 30,—	„ 1 428,— „
Luftsjakt: .....	40,0 „ „ 40,—	„ 1 600,— „

## Masser:

Ytre deler av tunnelen: .....	1412 m à 33,6 m <sup>3</sup>	47 443 m <sup>3</sup>
Midtre del av tunnelen: .....	1400 „ „ 47,6 „	66 640 „
Luftsjakt: .....	350 „ „ 40,0 „	14 000 „
	Sum tunnelmasser	128 083 m <sup>3</sup>

## A. Overslag for tunnelen gjennom Trollenyken, I—K. Uten kunstig ventilasjon, uten sjakt og uten utvidelse av tverrsnitt.

Sprengning tunnel .....	2812 m × 33,6 m <sup>2</sup> à kr 33,—	kr 3 120 000,—
Lysanlegg .....		„ 400 000,—
CO-kontrollapparat .....		„ 80 000,—
		kr 3 600 000,—
Upåregnet 8,5% .....		„ 300 000,—
	Sum konto B	kr 3 900 000,—
Asfaltdekke, konto C: .....	2852 m à kr 80,—	„ 225 000,—
Materialer og redskap, konto E: 12% av B+C: .....		„ 500 000,—
Arbeiderforpleining, konto F: 10% av B+C: .....		„ 415 000,—
Oppsyn og regnskap, konto G: 6% av B+C+E+F: .....		„ 321 000,—
1. Sum arbeidsutgifter: B+C+E+F+G for tunnel .....		„ 5 361 000,—
Tilstøtende veg mellom Lote og Nordfjordeid .....		„ 1 386 000,—
	Sum alt. A.	kr 6 747 000,—

## C. Overslag for tunnelen gjennom Trollenyken, I—K. Kunstig ventilasjon uten sjakt.

Overslag 1. for tunnelen .....	kr 5 361 000,—
Ventilasjonsvifter og porter m.v. ....	„ 316 000,—
Totale utgifter for tunnelen .....	kr 5 677 000,—
Overslag for Sandane—Lote—Nordfjordeid M—L—G—F—K—J—B—A.	
Tunnel med ventilasjonsapparat .....	kr 5 677 000,—
Tilstøtende veg mellom Lote og Nordfjordeid .....	„ 1 386 000,—
Sum Lote—Nordfjordeid alt. C .....	kr 7 063 000,—
Sandane—Haneholmen .....	„ 737 000,—
	Totalsum
	„ 7 800 000,—

10. Vegholdskostnader.

Det er regnet med at etter utløpet av en 25-årsperiode er vegen utenom selve tunnelen moden for ombygging og at verdien av den gamle vegen da kan settes til halvparten av det opprinnelige investeringsbeløp.

Selve tunnelen er forutsatt bygget til en slik standard (dobbelt kjørebane og god sideklaring) at det ikke er realistisk å regne med noen verdi-føringelse de første 25 år.

I løpet av denne 25-årsperioden vi her betrakter vil noen kostnader forfalle til utbetaling ved begynnelsen av perioden, mens andre vil forfalle til utbetaling til forskjellige tider innen perioden. Skal man kunne foreta en vurdering av de forskjellige alternativer, må man derfor betrakte verdien av de enkelte kostnader på ett bestemt tidspunkt. En har ved disse beregninger valgt tidspunktet ved begynnelsen av perioden, og således regnet med den diskonterte verdi (nå-verdien) av alle kostnader.

Hundviklinjen.

A = Overslag ..... Kr 6 188 000  
 B = Restverdi etter 25 år ..... „ 3 000 000  
 C = Årlig vedlikehold 3 500 kr/km × 20,7 km „ 72 000  
 Rentefot 5 % p.a.

Vegholdskostnader i en 25-årsperiode beregnet

$$\text{til nå-verdier} = A + B \frac{1}{(1,05)^{25}} + C \frac{(1,05)^{25} + 1}{(1,05)^{25} \times 0,05} =$$

$$6188000 \div 3000000 \times 0,2953 + 72000 \frac{2,3864}{0,1693} = \underline{\text{Kr 6 317 300}}$$

Tunnellinjen. Alternativ A.

Eksklusive selve tunnelen:

A = Overslag ..... Kr 1 339 000  
 B = Restverdi ..... „ 670 000  
 C = Årlig vedlikehold 3 500 kr/km × 5,7 km „ 20 000  
 Vegholdskostnader i en 25-årsperiode beregnet til nåverdi (Samme formel som foran) ..... „ 1 423 150

Overført ..... Kr 1 423 150

Tunnelen uten kunstig ventilasjon og uten luftesjakt:

Nåverdien av 5 % årlig rente av overslaget kr 4 618 00 ..... „ 3 255 700  
 Lysanlegget ..... „ 542 000  
 Nåverdien av fornyelse av lysanlegget etter ca 12 år (samme pris) ..... „ 301 000  
 Asfaltdekke (varighet 25 år) ..... „ 250 000  
 Nåverdien av vedlikeholdskostnader, kr 30 000 årlig ..... „ 423 000  
 Sum vegholdskostnader til nåverdi ..... Kr 6 194 850

Tunnellinjen, Alternativ B.

Eksklusive selve tunnelen:

Samme som for alternativ A ..... Kr 1 423 150

Tunnelen (med luftesjakt og utvidelse av midtre tunnelhalvdel):

Nåverdien av 5 % årlig rente i 25 år av overslaget kr 5 433 000 ..... Kr 3 830 200  
 Asfaltdekke (varighet 25 år) ..... „ 250 000  
 Lysanlegget ..... „ 542 000  
 Nåverdien av fornyelse av lysanlegget etter 12 år forutsatt samme pris ..... „ 301 800  
 Nåverdien av vedlikeholdskostnader, kr 30 000 årlig ..... „ 423 000  
 Sum vegholdskostnader til nåverdi ..... Kr 6 770 150

Tunnellinjen. Alternativ C.

Eksklusive selve tunnelen:

Samme som for alternativ A ..... Kr 1 423 150

Tunnelen (med vifte i tunnelmunningen):

Nåverdier av 5 % årlig rente i 25 år av overslaget (uten utvidelse av midtre tunnelhalvdel og uten luftesjakt) — kr 4 618 00 ..... „ 3255 700  
 Ventilasjon ..... „ 3316 000  
 Lysanlegget ..... „ 542 000  
 Nåverdien av fornyelse av lysanlegget etter ca 12 år ..... „ 301 800  
 Asfaltdekke (varighet 25 år) ..... „ 250 000  
 Nåverdien av vedlikeholdskostnader, kr 40 000 årlig ..... „ 564 000  
 Sum vegholdskostnader til nåverdi ..... Kr 6 652 650

Tunnellinjen. Alternativ D.

Eksklusive selve tunnelen:

Samme som for alternativ A ..... Kr 1 423 150

Tunnelen.

5 % årlig rente av overslaget for tunnelen (med betongdekke, betongtak i midtpartiet og luftesjakt) kr 6 526 000 ..... „ 4 600 000  
 Lysanlegget ..... „ 542 000  
 Nåverdi av fornyelse av lysanlegget om 12 år forutsatt samme pris ..... „ 301 800  
 Ventilasjonsanlegget forutsatt varighet 25 år ..... „ 380 000  
 Årlig vedlikehold og drift anslått til kr 50 000 ..... „ 705 000  
 Vegholdskostnader for tunnellinjen ..... Kr 7 951 950

11. Kjørekostnader.

Da strekningene A—B og F—G er felles for begge linjer, blir det strekningen B—F en får å regne med i en slik «differanse-kalkyle».

Det regnes med en årsdøgntrafikk på 50 biler, dvs. en total årstrafikk på 18 000 biler som gjennomsnitt for de første 25 år etter at vegen er ferdigbygget.

Det er regnet med følgende trafikksammensetning: Personbiler 12 000, lastebiler 5000 og busser 1000.

**A. Hundviklinjen.**

Strekningen B—D og E—F regnes som horisontal veg. 8,3 km

Strekningen D—E har en gjennomsnittlig stigning på 6 %.  
 Total lengde ..... 19,3 km

Vegstrekningen er oppdelt på denne måten:

1. Rettlinjet veg og slake kurver.....	13,8 km
2. Kurver med gjennomsnittsradius 250 m .....	1,2 „
3. —, — 200 „ .....	1,7 „
4. —, — 150 „ .....	1,4 „
5. —, — 100 „ .....	1,0 „
6. —, — 60 „ .....	0,2 „

Følgende beregning av kjørekostnadene bygger på «Road User Benefit Analyses for Highway Improvements», utgitt av American Association of State Highway Officials. De anvendte tabeller fra denne publikasjon er omregnet for norske forhold av sivilingeniør Ødegård ved NTH (se Teknisk Ukeblad 30. juni 1955).

De anvendte enhetskostnader er eksklusive avgifter.

**Variable kjørekostnader:**

Antatt kjørehastighet 40 km/time

Personbiler:

1) 22,5 øre × 13,8 × 12 000 .....	kr 37 260
2) 22,5 „ × 1,2 × 12 000 .....	„ 3 240
3) 23,5 „ × 1,7 × 12 000 .....	„ 4 800
4) 23,8 „ × 1,4 × 12 000 .....	„ 4 000
5) 24,8 „ × 1,0 × 12 000 .....	„ 3 000
6) 29,8 „ × 0,2 × 12 000 .....	„ 700

Sum ..... kr 53 000

Tillegg for stigning:

2,5 øre × 11 × 12 000 ..... „ 3 300

Sum for personbiler ..... kr 56 300

De variable kjørekostnader for lastebil og buss regnes for fire ganger kostnadene for personbil.

Årlige kjørekostnader for lastebiler og busser „ 112 600

Totale variable kjørekostnader for Hundviklinjen blir ..... kr 168 900

Nåverdien av kjørekostnadene i en 25 årsperiode ..... kr 2 381 500

**B. Tunnellinjen.**

Strekningen B-H regnes for horisontal 0,8 km

—, — I-K —, — „	
rettlinjet og fast vegdekke .....	2,8 „
Strekningen H-I 6,6 % stigning ...	1,4 „
—, — K-F 5,6 % „ .....	2,2 „

Sum ..... 7,2 km

1. Rettlinjet veg og slake kurver .. 6,6 km

2. Kurver med gj.sn.radius 250 m . 0 „

3. —, — 200 „ . 0,2 „

4. —, — 150 „ . 0,1 „

5. —, — 100 „ . 0,3 „

7,2 km

**Variable kjørekostnader på grusdekke.**

Antatt kjørehastighet 40 km/time

Personbiler:

1) 22,5 øre × 3,8 × 12 000 .....	kr 10 260
3) 23,5 „ × 0,2 × 12 000 .....	„ 560
4) 23,8 „ × 0,1 × 12 000 .....	„ 285
5) 24,8 „ × 0,3 × 12 000 .....	„ 890

Sum ..... kr 12 000

Tillegg for stigning 3,5 km

2,5 øre × 3,4 × 12 000 ..... „ 1 050

Sum for personbiler ..... kr 13 050

Lastebiler og busser ..... „ 26 100

Sum kjørekostnader på grusdekke ..... kr 39 150

**Variable kjørekostnader på fast dekke.**

Personbiler: 17,8 × 2,8 × 12 000 ... kr 5 980

Kjørekostnader for lastebil og buss

regnes her for tre ganger

kostnader for personbil.

Lastebiler og busser: ..... „ 8 940 „ 14 920

Sum variable kjørekostnader på

tunnellinjen ..... kr 54 100

Nåverdien av kjørekostnadene i

25 årsperiode ..... kr 762 800

**Tidsbesparelser.**

Kjøretid på Hundviklinjen ..... 29 min.

—, — tunnellen ..... 11 „

Kjøretidsdifferens ..... 18 min.

Det bør regnes med verdien av

tidsbesparelser — i det minste for

lastebiler. Settes timeprisen for

lastebiler til 8 kroner, utgjør

verdien av tidsbesparelsene ved

valg av tunnellen pr år .... kr 12 000

Nåverdien av tidsbesparelsene i en

25 årsperiode ..... kr 169 200

**12. Konklusjon.**

Som foran nevnt er tunnellen 12,1 km kortere enn Hundviklinjen regnet frem til Nordfjordeid og 16,7 km kortere hvis linjen føres direkte frem til Hjelle vegkryss. En antar imidlertid at en eventuell tunnellen bør føres ned til Nordfjordeid og dette vil også gi den korteste forbindelse til og fra Måløydistriktet.

Av geologens uttalelse trekkes den slutning at man kan få en del upåregnede vanskeligheter i området omkring Brendejølet i Hundviklinjen, mens fjellet forøvrig i denne linje ikke antas å ville by på særlige vanskeligheter. Videre slutes at det i tunnellen må antas å være godt tunnelfjell, men at man bør regne med at enkelte kortere partier må utstøpes.



Av de innhentede uttalelser om ventilasjon av den lange vegtunnel kan sluttet at det her ikke er nødvendig med ventilasjonssjakt fra tunnelmidt og utvidet tverrsnitt i midtre tunnelhalvdel.

En regner i stedet med å kunne skaffe nødvendig frisk luft ved ventilasjonsvifte og port ved den ene tunnelmunning (alt. C) hvis det skulle vise seg at den naturlige ventilasjon (alt. A) ikke er tilstrekkelig.

Alt. C med ventilasjonsanlegg ved tunnelmunning gir kr 875 000,— større anleggsutgift enn Hundviklinjen, men den transportøkonomiske beregning viser at alt. C gir en årlig besparelse i kjørekostnader på kr 126 800,— slik at den samlede besparelse — vegutgifter og kjøreutgifter sett under ett — beregnet til nåverdi er kr 1 453 000,— for en 25 årsperiode ved dette alternativ for tunnellinje i forhold til Hundviklinjen.

Etter de nå foreliggende opplysninger og utredninger antas derfor alt. C — tunnellinjen — å være den riktige løsning for stamvegen mellom Lote og Nordfjordeid.

**SYSSELSETTINGS-OVERSIKT**

Antall arbeidere ved offentlig veganlegg ultimo desember 1958.

Fylke	Hovedveganlegg			Bygdeveganlegg		I alt	Herav på				Vegvesenets biler	
	Hovedveganlegg	Med statsbidrag	Uten statsbidrag	Ordinært	Hjelpearbeid		I bruk	Ute av bruk	I bruk	Ute av bruk		
					Hovedveger						Bygdeveger	
Østfold	86	—	6	92	92	—	—	3	1	—	—	
Akershus	216	56	16	288	288	—	—	—	—	—	—	
Hedmark	222	52	5	279	192	81	6	—	—	—	—	
Oppland	325	47	37	409	220	173	16	5	1	—	—	
Buskerud	164	—	28	192	192	—	—	5	—	—	—	
Vestfold	100	—	—	100	100	—	—	11	—	—	—	
Telemark	193	66	—	259	136	85	38	4	—	—	—	
Aust-Agder	203	42	74	319	319	—	—	—	—	—	—	
Vest-Agder	176	135	23	334	290	28	16	5	1	—	—	
Rogaland	249	293	119	661	526	79	56	2	—	—	—	
Hordaland	645	296	733	1674	1265	226	183	2	—	—	—	
Sogn og Fjord.	483	348	180	1011	736	133	142	7	—	—	—	
Møre og Romsdal	583	80	66	729	502	227	—	7	—	—	—	
Sør-Trøndelag	308	31	93	432	329	90	13	—	—	—	—	
Nord-Trøndelag	340	22	29	391	258	124	9	12	2	—	—	
Nordland	795	100	11	906	399	451	56	10	—	—	—	
Troms	519	93	74	686	405	240	41	2	—	—	—	
Finnmark	550	27	—	577	274	303	—	3	—	—	—	
Hele landet	6157	1688	1494	9339	6523	2240	576	78	5	—	—	
Hele landet ultimo des. 1957	4151	1389	1069	6609	6010	449	150	77	6	—	—	

Antall arbeidere ved offentlig vegvedlikehold ultimo desember 1958.

Fylke	Riksveger	Fylkesveger	Bygdeveger	I alt	Vegvesenets biler	
					I bruk	Ute av bruk
Østfold	176	86	208	470	42	8
Akershus	251	91	218	560	6	—
Hedmark	228	76	220	524	19	1
Oppland	206	50	138	394	21	2
Buskerud	209	41	172	422	15	2
Vestfold	90	57	100	247	13	—
Telemark	186	23	74	283	18	3
Aust-Agder	124	25	57	206	11	6
Vest-Agder	99	87	127	313	24	2
Rogaland	169	55	194	418	29	1
Hordaland	195	107	241	543	18	1
Sogn og Fjord.	112	36	60	208	12	4
Møre og Romsd.	174	65	230	469	38	1
Sør-Trøndelag	162	184	—	346	30	16
Nord-Trøndelag	202	39	197	438	9	1
Nordland	310	132	91	533	69	—
Troms	149	87	53	289	11	1
Finnmark	166	2	6	174	31	13
Hele landet	3 208	1 243	2 386	6 837	416	62
Hele landet ult. des. 57.	3 257	1 175	2 261	6 693	414	82

**Islands vegdirektør Geir G. Zoëga in memoriam**

Tidligere vegdirektør på Island Geir G. Zoëga døde 4. januar i år. Vegdirektør Zoëga var født 28. september 1885 i Reykjavik og ble cand. polyt. i København 1911. Allerede i 1917 ble han vegdirektør på Island, en stilling han hadde til han falt for aldersgrensen. Ved siden av å være vegdirektør var han også rådgiver for den islandske regjering i tekniske saker.



Vegdirektør Zoëgas virke i ledende stilling på Island faller således sammen med den moderne tekniske utvikling i landet, en utvikling som han med dyktighet og energi har hatt stor andel i. Hans personlige sjarm og ypperlige evne til å omgås mennesker har sikkert bidratt meget til den store innflytelse han kom til å få.

Vi vil her spesielt peke på den enorme innsats både absolutt og relativt som er gjort på vegbyggingens område i vegdirektør Zoëgas funksjonstid. Da han tiltrådte, var det på Island vesentlig bare riveveger og så godt som ingen vegbruer. I dag har Island et fullt utbygget vegnett på i alt ca 9000 km, dvs. omtrent 1 km pr 17 innbyggere. De kjente vadestedene over elvene er forsvunnet og erstattet med bruer. Biltrafikken har hatt en enorm utvikling og det er i dag på Island vel en bil pr 10. innbygger.

I det nordiske samarbeid blant vegfolk har vegdirektør Zoëga spilt en stor rolle, og har vært medlem av styret i Nordisk Vegteknisk Forbund siden det ble stiftet i 1935 til 1958. Fra 1958 ble han opptatt som æresmedlem av forbundet. På de mange reiser han har gjort i de nordiske land har han spredd kjennskap til Island og islandske forhold, og med sitt utmerkede «samnordiske sprog» som han kalte det, ble han alltid midtpunktet i hyggelig lag av nordiske kolleger.

### Dødsfall

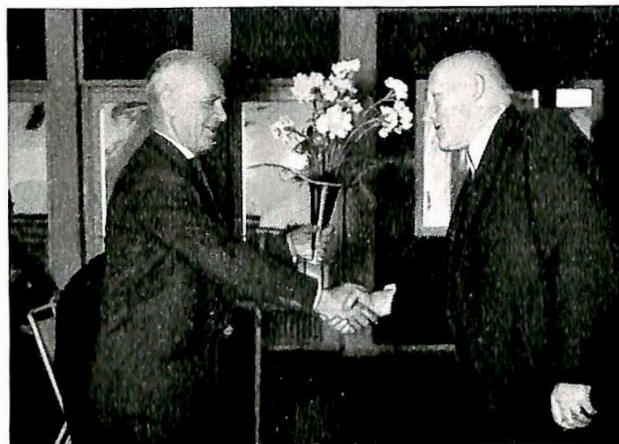
Fullmektig I i Vegdirektoratets Bilregister, Rudolf *Klaabungrød*, avgikk ved døden den 23. januar 1959 i en alder av nær 60 år og ble begravet på Nordre Gravlund den 29. s. m.

Klaabungrød som hadde en meget god skoloring — lærerskoleeksamen og juridisk embetseksamen — kom inn i Vegdirektoratet i 1941 og fortsatte der like til sin død. Han var på mange måter en godt utrustet natur og gjorde et godt arbeid på sin arbeidsplass.

Av vesen var han stillfarende — en mann av få ord — men han hadde et godt humør og var meget avholdt av sine arbeidskamerater og kjente som vil savne ham og beklage hans altfor tidlige bortgang.

Ved hans bære ble det lagt ned en krans fra Vegdirektoratet ved kontorsjef Håvie.

### Avdelingsdirektør Axel Rønnings avskjed med Vegdirektoratet



Rønning t. v. overrekkes blomster av sin etterfølger Weydahl.

Avdelingsdirektør Rønnings offisielle fratreden ble feiret i høytidelige former i Vegdirektoratet den 31. januar 1959 i nærvær av det samlede personale. Til stede var også representanter for Samferdselsdepartementet og de bilsakkyndige.

Vegdirektør Backer som åpnet talenes rekke takket først Rønning for det overmåte dyktige og store arbeid han hadde nedlagt i Vegdirektoratet i de snart 30 år han hadde virket der. Han nevnte en del av de viktigste saker som var løst i de forløpne år og som Rønnings

navn var knyttet til, og vegdirektøren uttrykte videre sin glede over at vi ennå ikke helt ville miste Rønning, idet han ville bli betrodd spesielle oppdrag i tiden fremover.

Til slutt ønsket vegdirektøren Rønning alt godt i årene fremover.

Ekspedisjonssjef Brodahl overbragte en hilsen fra Samferdselsdepartementet og la særlig vekt på det gode samarbeid som alltid hadde vært til stede. Han var ofte blitt imponert over Rønnings utrolige hukommelse og store kunnskaper, sa han. Var det noe de var i tvil om innenfor Rønnings arbeidsområde, så var det bare å ringe til ham, og de fikk alltid greie og konsise svar.

Rønnings etterfølger i stillingen, avd.dir. Weydahl, hadde fått i oppdrag å overrekke Rønning gaver fra avdelingen. Han gjorde dette i en anslående tale, hvori han la særlig vekt på Rønnings innsats for trafikk-sikkerheten og nevnte også Rønnings begavelse som foredragsholder og lærebokforfatter. Han takket også for det gode samarbeid som hadde bestått mellom funksjonærene og Rønning og nevnte også de inspirerende lederegenskaper som Rønning alltid hadde vært i besittelse av. Han overrakte Rønning en praktfull sølvpokal samt en spaserstokk. Pokalen skulle være et minne om funksjonærene når han satt i sitt hjem, og forat han heller ikke skulle glemme dem når han var ute, så hadde de gitt ham stokken med på veien.

På vegne av Vegdirektoratets funksjonærer ble Rønning av kontorsjef Håvie overrakt en pen konfektskål i sølv. Han uttrykte særlig sin beundring for det livsverk som Rønning hadde bak seg, og nevnte de klare og konsise avgjørelser som Rønning alltid hadde vært mannen for og den utrolige, nesten intuitive evne som han hadde lagt for dagen når det gjaldt å finne utveger i vanskelige situasjoner. Han fremholdt også Rønnings alltid elskverdige og hjelpsomme holdning overfor funksjonærene, en opptreden som hadde gjort at han var blitt avholdt og respektert.

På vegne av Statens bilsakkyndige talte så kaptein og formann for de bilsakkyndiges forening, Gunnar Thorsen. Han takket Rønning for hva han hadde betydd for de bilsakkyndige i de forløpne år, fremholdt at Rønning alltid hadde hatt de bilsakkyndiges ve og vel for øye og nevnte også det arbeid Rønning hadde utført for å høyne standens interesser. Han ønsket Rønning alt godt i tiden fremover.

Rønning var synlig beveget da han steg opp på talerstolen og takket for alle de vennlige ord som var sagt ham fra de tidligere talere. Han nevnte den usedvanlige følelse han hadde, når han nå skulle trekke seg tilbake. Han erklærte sin kjærlighet til Vegvesenet som institusjon og sa at han aldri et øyeblikk hadde angret på at han hadde valgt dette som sitt arbeidsfelt. Han fortalte ellers spirituelt og interessant om sin gjerning opp i gjennom årene.

Det hele var en høytidelig stund som de som var til stede, sent vil glemme.

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.