

629.464.22  
NSB Nor

NGI



OPPDRAGSRAPPORT  
NORGES STATSBANER

ANALYSE AV SNØFRESAGGREGAT  
FOR BERGENSBANEN

83902-1      24. februar 1984

Norges Geotekniske Institutt

OPPDRAGRAPPORT  
NORGES STATSBANER

ANALYSE AV SNØFRESAGGREGAT  
FOR BERGENSBANEN



83902-1            24. februar 1984

SAMMENDRAG

Norges Statsbaner har gitt Norges Geotekniske Institutt i oppdrag å vurdere utforming av snøfresaggregatet til ny fres for vedlikehold av Bergensbanen. For å løse dette oppdraget er det opprettet følgende prosjektgruppe:

- siviling. Harald Norem, NGI
- siviling. Bonsak Schieldrop, Industriell Hydro- og Aerodynamikk
- o.ing. Bjørn Johannesen, IKO, Industrikonsulent A/S

Gruppens analyse er gitt i Vedlegg 1 "Analyse av snøfresaggregat for Bergensbanen". Sekretær for gruppen har vært o.ing. Johannesen. For beregning av kastelengder, kastehøyder og effektbehov for å oppnå forskjellige ytelseskrav til fresen har siviling. Schieldrop utarbeidet et eget notat. Dette er Vedlegg 2 i rapporten.

De ytelseskrav som er brukt i analysen er spesifisert av NSB. De viktigste er:

- Ryddekapasitet:            14000 tonn/time
- Ryddebredde:            3.4 m, men som må kunne økes til 4.2 m
- Ryddehøyde :            3.0 m



Norges geotekniske institutt NGI

Postadresse:  
Postboks 40 Tåsen  
Oslo 8

Vareadresse:  
Sognsveien 72

Telegramadresse:  
GEOTEKNIKK

Telefon:  
(02) 23 03 88

Telex:  
19787 ngi n

- Utkastlengde og høyde: 20 m lengde ved maksimal kapasitet og 40 m lengde eller 12 m høyde ved etterrydding.
- Utkastregning: Regulerbar både i vertikal- og horisontalplanet

Gruppen har vurdert følgende konstruksjonsprinsipper fra følgende produsenter:

1. Trommelfres (Øveråsen, Schmidt)
2. Viftefres med to vifter (Beilhack)
3. Viftefres med to vifter i bredden, hvorav den ene står halvveis foran den andre (Øveråsen)
4. Trommel og vifte (Rolba)
5. Viftefres med en vifte (Øveråsen, Schmidt)

Kravet til freskapasitet, kastelengde og ryddebredde gjør det nødvendig å satse på en stor vifte og hvor det er mulighet for tangentielt utkast. En viftediameter på 2.6 m og dybde på 1.2 m vil gi tilstrekkelig kapasitet, samtidig som kravet til samling av snøstrålen og variasjon av utkastretningen blir tilfredsstillt.

Ved utforming av fresaggregatet er det viktig at en løsriver og bearbeider snøen over størst mulig del av frestverrsnittet. Dette må gjøres for at fresen skal kunne arbeide i alle snøtyper og oppnå tilstrekkelig freshastighet. Gruppen antar at arealet av de ubearbeidete flatene ikke bør overstige  $0.5 \text{ m}^2$  ved 3.4 m ryddebredde, og at økningen i arealet ved 4.5 m bredde bør reduseres til et minimum.

Av de vurderte konstruksjonsprinsippene er det bare Øveråsen's og Schmidt's prinsipper som både har en stor hovedvifte, og som har tilleggsutstyr for å bearbeide snøen på begge sider av hovedvifta.

Øveråsen baserer seg på 4 små vifter, en i hvert hjørne. De ubearbeidete flatene er henholdsvis  $1.2 \text{ m}^2$  og  $2.9 \text{ m}^2$  ved 3.4 m og 4.2 m ryddebredde. Fresen vil hovedsakelig arbeide ved 4.2 m bredde. En vesentlig del av fresens motorstyrke vil bli brukt for å opprettholde tilstrekkelig hastighet med så store ubearbeidete flater. Selv om fresen teoretisk vil ha en kapasitet på 12-14000 tonn/time, antar vi at den praktiske kapasitet vil synke til ca. 7-8000 tonn/time, på grunn av vanskelighetene med å oppnå tilstrekkelig freshastighet.

Schmidt's konsept baserer seg på to loddrettstående skruer for å løse opp snøen. De ubearbeidete flatene blir da redusert til 0.8 m<sup>2</sup> og 1.2 m<sup>2</sup> ved henholdsvis 3.4 m og 4.2 m ryddebredde. Systemet benyttes på snøfresere med kapasitet opptil 8000 tonn/time.

Vi antar at med de relativt små ubearbeidete flatene vil det være mulig å oppnå tilstrekkelig freshastighet uten at nødvendig framdriftskraft blir for stor. Praktisk kapasitet er anslått til ca. 12000 tonn/time.

Gruppens hovedkonklusjoner er:

- Det utvikles et fresaggregat med hurtigkopling med hovedvifte på 2.6 m, og to stående roterende tromler. Utformingen av skovler og tromler må analyseres nøye i samarbeid med leverandør, og det bør muligens utføres forsøk for å finne fram til den beste utformingen.
- Bæremaskinen utstyres med en motor på 2100 - 2300 Hk, som skal være både for framdrift og fresing.
- Bæremaskinen utstyres med et fresaggregat og førerhytte i hver ende.
- For fresing i skredsnø bygges det et tilleggsaggregat av typen trommel/vifteprinsippet.

for  
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

*Karstein Lied*  
Karstein Lied

*Harald Norem*  
Harald Norem

VEDLEGGSOVERSIKT

- Vedlegg 1 - Analyse av snøfreseaggregat  
for Bergensbanen
  
- Vedlegg 2 - Viftefresens effektbehov -  
Diverse beregninger

ANALYSE AV SNØFRESEAGGREGAT  
FOR  
BERGENSBANEN

21. FEBRUAR 1984

## INNHOLDSFORTEGNELSE:

	Side:	
1.	INNLEDNING	1
2.	KRAVSPESIFIKASJON FOR UTSTYRET	1
2.1	Ryddebredde	1
2.2	Ryddekapasitet	1
2.3	Ryddehøyde	2
2.4	Konstruksjonsbredde	2
2.5	Total lengde	2
2.6	Transporthastighet	2
2.7	Aksellast	2
2.8	Utkasthøyde-lengde	2
2.9	Utkastretning	2
2.10	Sporrenser	2
2.11	Betjeningsorganer	2
2.12	Konstruksjon	3
3.	NÅVÆRENDE UTSTYRS MULIGHET FOR Å TILFREDS- STILLE KRAVENE	3
4.	ALTERNATIVE FRESEAGGREGAT KONSTRUKSJONER	4
4.1	Trommelfres	4
4.2	Viftefres med to vifter	5
4.3	Viftefres med to vifter, hvorav den ene er plassert halvveis foran den andre	5
4.4	Trommel og vifte	6
4.5	Viftefres med en vifte	7
4.5.1	Ubearbeidede flater	9
4.6	Metoder for reduksjon av de ubearbeidede flater	10
4.6.1	Roterende propellere	11
4.6.2	Små vifter i hvert hjørne av fresekasse	12
4.6.3	Stående, roterende tromler	12
5.	VURDERING AV FRESEKAPASITET	14
6.	FORSLAG TIL SNOFRESEKONSEPT PÅ BERGENSBANEN	15
6.1	Freseaggregat-utforming	15
6.2	Bæremaskin	16
6.3	Generelt	16

BILAGSFORTEGNELSE:

- Bilag 1 Viftefres med to vifter. Trommel og viftefres
- Bilag 2 Prinsippskisse av fres med en vifte
- Bilag 3 Bruk av små vifter plassert foran hovedvifte for å redusere de ubearbeide flater. Transportbredde.
- Bilag 4 Bruk av små vifter plassert foran hovedvifte for å redusere de ubearbeidede flater. Arbeidsbredde.
- Bilag 5 Skisse som viser breddeutvidelse av trommelen
- Bilag 6 Bruk av stående tromler, plassert foran hovedvifte for å redusere de ubearbeidede flater. Transportbredde.
- Bilag 7 Bruk av stående tromler, plassert foran hovedvifte for å redusere de ubearbeidede flater. Arbeidsbredde.



## ANALYSE AV SNØFRESAGGREGAT FOR BERGENSBANEN

### 1. INNLEDNING

For å komme med forslag til snøfreseaggregat på Bergensbanen er det med Norges Statsbaner som oppdragsgiver nedsatt følgende prosjektgruppe:

Siv.ing. Harald Norem, NGI

siv.ing. Bonsak Schieldrop, Industriell Hydro- og  
Aeromekanikk

o.ing. Bjørn Johannessen, IKO, Industrikonsulent A/S

Bakgrunnen for prosjektet er at det fresemateriell som i dag benyttes på Bergensbanen, ikke har tilfredsstillende kapasiteter under ekstreme forhold. Utstyret syntes også for svakt konstruert og har uforholdsmessig store vedlikeholdskostnader.

### 2. KRAVSPESIFIKASJONER FOR UTSTYRET

#### 2.1 Ryddebredde:

Minimum 3,4 m. Må kunne økes til 4,2 m. Hvis det er økonomisk - og driftsmessig forsvarlig må denne kunne økes til 5,0 m. Breddeutvidelsen fra 3,4 m til 4,2 m må kunne utføres med minst mulig økning av dødarealet på freseviften. Snøfresingen vil hovedsakelig utføres ved 4,2 m ryddebredde.

#### 2.2 Ryddekapasitet:

Strekningen Finse - Haugastøl, ca. 30 km, må kunne ryddes på 1 time. Av denne strekning er ca. 6 km kritisk. Ryddetid 0,5 time. Fresehastighet 12-14 km/time. Gj.sn. snødybde 1,0 m. Krav til ryddekapasitet 14.000 tonn/time.

2.3 Ryddehøyde

Det bør kunne ryddes høyder opp til 3,0 m i et kutt.

2.4 Konstruksjonsbredde:

Den maksimale bredde ved transportkjøring må ikke overstige laste- og konstruksjonsprofilen.

2.5 Total lengde:

Maksimum 18 m.

2.6 Transporthastighet:

V maks. = 80 km/time

V = 60 km/time i 20 % stigning.

2.7 Aksellast:

16-20 tonn

2.8 Utkasthøyde-lengde:

Ca. 20 m ved maksimal ryddekapasitet. Ved etterrydding 12 m høyde/40 m lengde. Snøstrålen må kunne gå over 4-5 m høye brøytekanter.

2.9 Utkastretning:

Regulerbar både i vertikal og horisontal planet.

2.10 Sporrensere:

Utstyres med nedsenkbar sporrensere

2.11 Betjeningsorganer:

Betjening av framdrift- og freseaggregatene må kunne utføres fra førerhuset.

2.12 Konstruksjon:

Kraftig og robust konstruksjon. Bruken av luft- og elektroautomatikk skal reduseres til et minimum. Fresen skal bygges med det mål å redusere livstidskostnadene til et minimum.

3. NAVÆRENDE UTSTYRS MULIGHET FOR Å TILFREDSSTILLE KRAVENE

For å holde Bergensbanen åpen om vinteren benyttes det i dag en Beilhack selvgående fres med to vifter.

Fresen har konstruksjonsmessige svakheter, som fører til ned-satt driftstilgjengelighet under vanskelige forhold.

NSB vurderer å forsterke fresen, men spørsmålet er hvorvidt den har mulighet til å tilfredsstillere kravene til ryddekapasitet, selv om de konstruksjonsmessige svakheter utbedres.

Fresen er utstyrt med et viftehus med to vifter. Diameter på viftene er 1,3 m. For drift av viftene er det montert to luft-avkjølte dieselmotorer, hver med en ytelse på 425 hk.

Viftehuset er plassert i den ene enden av lokomotivet. Dette er utstyrt med svingskive for å kunne frese i begge retninger.

Ut i fra erfaringstall ved tidligere kapasitetsmålinger med viftefreser av Beilhack's type under tilnærmet identiske snøforhold med de vi har på Bergensbanen, viser disse en praktisk kapasitet på ca. 7 tonn pr. hk/time ved ca. 20 m. kastelengde.

Hvis disse tall overføres til Beilhack-fresen på Bergensbanen gir dette en retningsgivende kapasitet på ca. 6.000 tonn/time (425 hk . 2 . 7 tonn/time).

En teoretisk beregning av fresens ytelse ut fra rotordiameter, fresehusdybde og omdreiningshastighet gir ca. 7.000 tonn/time.

Ut fra dette kan man, noe forenklet, trekke den konklusjon at motorene på Beilhack-fresen har for liten ytelse i forhold til de snøforhold den skal arbeide i. Dette inntrykk forsterkes av det forhold at motorene går med stor røktvikling, under den belastning man får under vanskelige forhold.

En konklusjon på dette er at den snøfres som i dag benyttes på Bergensbanen, ikke har noen mulighet til å tilfredsstillende krav til fresekapasitet og trafikkavvikling som i dag stilles av NSB, selv om det foretas ombygging og forsterking av freseaggregatene.

Ut i fra disse betraktninger syntes det som om NSB, hvis kravene til fresekapasitet og trafikkavvikling opprettholdes, bør forsere planene for en total ombygging av Beilhack-fresen, eventuelt bygging av en ny fres, på et nytt understell.

#### 4. ALTERNATIVE FRESEAGGREGAT KONSTRUKSJONER

Ved vurdering av de freseaggregat som kan være aktuelle har vi i utgangspunktet sett på samtlige av de konstruksjonprinsipper som finnes på markedet.

Disse er følgende:

1. Trommelfres. (Øveraasen, Schmidt)
2. Viftefres med to vifter (Beilhack)
3. Viftefres med to vifter i bredden, hvorav den ene står halvveis foran den andre (Øveraasen)
4. Trommel og vifte (Rolba)
5. Viftefres med en vifte (Øveraasen, Schmidt)

##### 4.1 Trommelfres

Med utgangspunkt i kravene til fresekapasitet og total fresebredde, 3,4-4,2 m kan dette alternativ, sjaltes ut, umiddelbart. Fresen har for liten kapasitet og kastelengde, og frestypen passer best ved fresing i hard snø.

#### 4.2 Viftefres med to vifter

Ved en arbeidsbredde på 3,4 m vil viftene kunne ha en maksimal diameter på 1,5 m. Årsaken til dette er at det må være en viss avstand mellom viftene, ca. 20 cm, samt at det må være en avstand på ca. 5 cm mellom viftenes ytterkant og fresekassen.

For å oppnå en kapasitet som tilfredsstillende de fastsatte kapasitetskrav, må dybden på viftene være ca. 1,6-1,8 m. Vifter av denne type vil få en dårlig fyllingsgrad, med en derav følgende reduksjon av kapasiteten.

Ut fra disse betraktninger syntes det som om prinsippet med to vifter har liten aktualitet for en snøfres som skal benyttes på Bergensbanen, med de fastsatte kapasitetskrav. Fresen vil heller ikke tilfredsstillende kravene til fresehøyde. Maksimal fresehøyde ca. 1,8 - 2,0 m.

#### 4.3 Viftefres med to vifter, hvorav den ene er plassert halvveis foran den andre

Et alternativ kan være å benytte en fres med to vifter, hvorav den ene står plassert halvveis foran den andre og virker som en tilbringervifte, hvoretter den bakre vifte foretar utkast av snøen. Se øverste bilde, bilag 1.

Vegdirektoratet har anskaffet en selvgående fres med et freseaggregat av denne type.

Diameteren på begge vifter er 2,0 m og kuttbredde 3,10 m. Den fremre viften har vesentlig lavere rotasjonshastighet enn utkasterviften.

Rotasjonshastighetene er følgende:

Fremre vifte:  $N_1 = 58,8$  °/min,  $N_2 = 76,5$  °/min  
Utkastervifte:  $N_1 = 147,0$  °/min,  $N_2 = 192,0$  °/min.

Motorstyrken er 750 hk. Denne benyttes for både framdrift og fresing.

Under følgende snøforhold på Haukeli:

Snødybde: 1,3 m, snøvekt:  $370 \text{ kg/m}^3$  og 20 m kastelengde, er det målt en kapasitet på ca. 2.800 tonn/time. Kapasiteten kan sannsynligvis økes med 10%. Hvis vi regner at ca. 150 hk går med til framdrift, benytter fresen ca. 600 hk for å fjerne denne masse. Dette tilsvarer en ytelse på ca. 4,7 tonn/hk/time.

Hvis dette overføres til de kapasiteter som er nødvendige på Bergensbanen vil det være behov for en fresemotor på ca. 3.000 hk.

En fres av denne type syntes å ha for lav virkningsgrad til bruk på Bergensbanen, samtidig som det vil føre til konstruksjonsmessige problemer å øke fresebredden fra 3,4 til 4,2 m. Ved to vifter, vil den maksimale viftebredde bli ca. 2,0 m og en slik bredde vil ikke ha mulighet for å ta unna de ønskede snømengder.

#### 4.4 Trommel og vifte

Dette er et prinsipp som gir en god virkningsgrad, spesielt i hard snø. Består av en liggende, åpen trommelkonstruksjon som deler opp snøen, og fører den inn i en bakenforliggende vifte som foretar utkast. Se skisse, bilag 1.

Konstruksjonen har en meget stor fordel ved at førerhytta kan plasseres over trommelen, med utkastet bak føreren. Dette gir en god oversikt i dårlig vær.

Trommelen har en rotasjonshastighet som er vesentlig lavere enn den bakenforliggende vifte. Under forhold med tung fuktig snø, har denne lett for å pakke seg på eikene i den åpne trommelen, med derav følgende nedsatt fresekapasitet.

Prøver utført med Rolba R 3000 viser en kapasitet på ca. 4100 tonn, ryddebredde på 3,10 m. snødybde 1,25 m, kastelengde ca. 18 m og snøvekt  $465 \text{ kg/m}^3$ . Dette tilsvarer ca. 7,1 tonn/hk/time.

For å rydde Bergensbanen med de kapasiteter som er ønskelig, tilsvarer dette en vifte med diameter ca. 2,60 m. (Dette skal vi se nærmere på senere) og en dybde på ca. 1,2 m.

En langsomt roterende trommel foran utkastviften vil ikke ha tilstrekkelig kapasitet til å fylle opp denne, slik at det fastsatte kapasitetskrav blir umulig å tilfredsstille.

For å kunne oppnå en breddeutvidelse fra 3,4 til 4,2 m må trommelen deles. Dette er konstruksjonsmessig mulig, men gir en løsning som vil være relativt sårbar for skader.

Da freser av denne type har vist meget gode resultater i hardpakket snø og is hvor kravet til kapasitet ikke er fremtredende, men derimot at det i det hele tatt gis mulighet for å åpne en strekning med disse snøforhold (ras) bør det vurderes å bygge et tilleggsaggregat av denne type, for montering via et hurtigkoplingsfeste, på den fres som skal benyttes på Bergensbanen. Aggregatet skal benyttes i de tilfelle hvor det er gått større ras med fare for stein i snømassene.

#### 4.5 Viftefres med en vifte

For de snøforhold man har på Bergensbanen med tung og vanskelig snø syntes det som en viftefres med en vifte vil være den beste løsning, hvis man konstruksjonsmessig kan redusere arealet av dybdeflatene tilstrekkelig.

Løsningen tillater også rydding av en større snødybde enn de andre konseptene.

Transport- og arbeidsprofilet har en bredde på 3,4 m. Det er dette som vil være dimensjonerende for den konstruksjonsmessige løsning av fresen.

Ved vurdering av viftetype er det viktig at:

- Denne er stor nok til å kaste unna de ønskede snømengder
- Dødarealene rundt viften reduseres til et minimum
- Det gis mulighet til et tangensielt utkast

Gjennomgåelsen av kapasiteten til endel kjente viftesfresere viser at kapasiteten grovt kan anslås til  $2.100 \cdot D^2$  (t/time)

Ut følgende forutsetninger:

- Skovledybde: 0,9 . R
- Periferihastighet: 18,5 m/sek.
- Snøens densitet: 350 kg/m<sup>3</sup>
- Viftens fyllingsgrad: 80%.

gir dette en minimum viftediameter på ca. 2,6 m når kapasitetsønsket er 14.000 tonn/time.

Kravspesifikasjonen for en fres for Bergensbanen viser at man ønsker et utkast av snøen til begge sider, samt forover.

For å løse dette er det i prinsippet to løsninger som kan benyttes

1. Fast utkast hvor kaminen kan dreies for dirigering av snøstrålens retning.
2. Utkast hvor kaminen er festet på et dreibart viftehus.



For den første løsning er det ikke mulig å forandre høyden på utkastet. For å holde seg innenfor laste- og transportprofilen, må det bli en kraftig bøy på kaminen og dette vil føre til et energitap.

Erfaringsmessig gir løsning nr. 2 bedre kasteegenskaper. For å løse problemet med avbøyning av snøstrålen, forover, ved kjøring inn eller ut av snøoverbygg, bør det monteres en hydraulisk klaff i bakkant av kaminen som kan føres forover ved behov.

Ut i fra de gitte forutsetninger anbefales den siste løsning.

Erfaringsmessig bør lengden av en utkastkamin være ca. 70 cm for å oppnå en samling av snøstrålen. Ut i fra et sikkerhetsmessig aspekt er dette også tiltrekkelig.

En kaminlengde på 70 cm og en viftediameter på 2,6 m gir en utkastvinkel på  $20^{\circ}$  mot venstre og ca.  $60^{\circ}$  mot høyre når kaminens ytterkant skal holde seg innenfor laste- og transportprofilen. Se bilag 2.

Utkastkaminens åpningsareal vil være bestemt ut i fra den ønskede kapasitet på fresen, samt ønsket om en samlet snøstråle.

Vi antar at den maksimale tetthet på den utkastede snøen er ca.  $300 \text{ kg/m}^3$ . Dybden på utkastekaminen må derfor bli i størrelsesorden 0,9 . R = 1,2 m. Bredden bør være minimum 0,7 m. Åpning minimum 1,2 . 0,7 m.

#### 4.5.1 Ubearbeidede flater

Hard vindpakket snø kan erfaringsmessig få en trykkstyrke på  $10\text{-}100 \text{ KN/m}^2$  ( $1\text{-}10 \text{ tonn/m}^2$ ) med ca.  $50 \text{ KN/m}^2$  som en realistisk gjennomsnittsverdi. Gjennom en mekanisk komprimering kan snøen få en langt større trykkfasthet, anslagsvis opp imot  $500 \text{ KN/m}^2$ .

Ved utforming av fresen vil det være meget viktig å oppnå en utforming som gjør de ubearbeidede flater så små som mulig, slik at fresen ikke forhåndskomprimerer snøen, før den skal bearbeides i viften. En slik komprimering og senere løsrivning av unødvendig hard snø, vil føre til reduksjon av fresekapasiteten.

Vi antar at fresen får en skyvekraft på ca. 100 KN. Dette er beregnet ut i fra en vognvekt på 500 KN og friksjonskoeffisient på 0,2. Et grovt anslag viser da at det maksimale dødareale ikke bør overstige  $A = \frac{100\text{KN}}{50\text{KN/m}^2} = 2 \text{ m}^2$  for at fresen skal kunne arbeide i hard vindpakket snø.

Hvis en fres med dette dødareal begynner å skyve snøen foran seg kan den imidlertid bygge opp snøen til en trykkstyrke på  $500 \text{ KN/m}^2$ . Det kritiske dødarealet blir da redusert til ca.  $0,2 \text{ m}^2$ .

På en snøfres vil de ubearbeidede flater ha en plogform, eller være formet som skråttstilte vinger. Vi kan derfor godta en noe større ubearbeidet flate.

Det anbefales imidlertid at den maksimale størrelse på de ubearbeidede flater ikke overstiger  $0,5 \text{ m}^2$  ved minste ryddebredde. Ved største ryddebredde kan de ubearbeidede flatene tillates å være noe større, men økningen bør søkes redusert til et minimum. Det bør påpekes at man ved fresing hovedsakelig vil benytte største ryddebredde.

#### 4.6 Metoder for reduksjon av de ubearbeidede flater

Som nevnt tidligere er det en forutsetning at fresens ytterkanter (fresprofil) utfyller arbeids- og transportprofilet.

For å oppnå dette må vi benytte en rettkantet form på fresekassens ytterside. Kombinasjonen av en kvadratisk fresekasse, og en vifte for utkast av snøen, fører til relativt store ubearbeidede flater i freseprofilet.



Av forrige avsnitt fremkom det at de ubearbeidede flater ikke bør overstige  $0.5 \text{ m}^2$  ved minste ryddebredde.

En viftediameter på 2.6 m og en fresekasse med yttermålene: Bredde 3.4 m og høyde 2.8 m gir en ubearbeidet flate på ca.  $4.0 \text{ m}^2$ . Dette er forøvrig den samme størrelse på de ubearbeidede flatene som man i dag har på Henschel snøfresen.

Spørsmålet blir da hvilke tekniske løsninger som kan benyttes for å redusere de ubearbeidede flatene fra 4.0 til  $0.5 \text{ m}^2$ .

Følgende løsninger finnes:

1. Roterende propellere. (Beilhack prinsipp).
2. Vifter i hvert hjørne av fresekasse. (Øveraasen prinsipp).
3. Stående, roterende fresetromler. (Schmidt prinsipp).

#### 4.6.1 Roterende propellere

Disse plasseres foran vifta og har til oppgave å løse opp den faste snøen foran de ubearbeidede flatene. Prøver som er gjort viser at effekten er relativt liten og at snøen komprimeres i området mellom de roterende propellene og de ubearbeidede flatene. Propellene bidrar heller ikke til å føre snøen inn i viften.

Systemet synes å være for primitivt når det gjelder en fres på Bergensbanen og anbefales ikke i kombinasjon med en viftefres av den størrelse det her er snakk om. Systemet har sin fordel på mindre snøfresere.

#### 4.6.2      Små vifter i hvert hjørne av fresekasse

Systemet tar sikte på å redusere de ubearbeidete flater via 4 vifter, plassert en i hvert hjørne av fresekassen og halvveis foran den store vifta. Se skisse bilag 3.

Viftene er hydraulisk drevet og festet på to rammer som er delt på midten slik at de, hydraulisk, kan forskyves ut til sidene slik at fresebredden kan økes fra 3,4 til 4,2 m.

Under fresing ved 3.4 m arbeidsbredde vil en fres av denne type redusere de ubearbeidete flater til ca.  $1.2 \text{ m}^2$ , mens man ved 4.2 m fresebredde vil ha en ubearbeidet flate på ca.  $2.9 \text{ m}^2$ . Se bilag 4.

Viftene kan få en utforming som i første rekke tar sikte på å løse opp snøen, for så å føre den inn i den bakenforliggende utkastevifte. Viftens størrelse begrenses av høyden på fresekassen.

Den praktiske fresehastigheten når det er ca. 4 timer mellom hver gjennomkjøring vil bli ca. 10-12 km/time. Ved en minimum ubearbeidet flate på ca.  $2,2 \text{ m}^2$  vil det bli vanskelig å opprettholde tilstrekkelig hastighet, og en vesentlig del av motorstyrken vil gå med til framdrift av maskinen. Det antas derfor at kapasiteten vil synke til ca. 7-8.000 tonn/time ved store fresehastigheter.

Da systemet ikke har vært forsøkt tidligere og våre vurderinger viser en halvering av kapasiteten i forhold til de oppsatte krav, ansees systemet for lite aktuelt på Bergensbanen.

#### 4.6.3      Stående, roterende tromler

Systemet tar sikte på å redusere de ubearbeidete flater ved at to stående, roterende tromler plasseres på hver side av utkastevifta, og noe foran denne. Trommeldiameter ca. 1,0 m. Se bilag 5.

Tromlene er hydraulisk drevet og hastigheten er trinnløst justerbar. Breddeutvidelsen skjer ved at tromlene hydraulisk skyves ut til sidene slik at fresebredden økes fra 3.4 til 4.2 m. Se bilag 6.

Under fresing ved 3.4 m arbeidsbredde, vil en fres av denne type redusere de ubearbeidede flater til ca.  $0.8 \text{ m}^2$  mens man ved 4.2 m fresebredde vil ha en ubearbeidet flate på ca.  $1.2 \text{ m}^2$ . Se bilag 7.

Systemet har tidligere vært benyttet, og benyttes på snøfrese- re med kapasiteter på ca. 8000 tonn/time.

Tromlene løser opp snøen og fører disse inn i vifta. På strek- ninger med relativt små snømengder vil systemet forårsake en- del sprut fra tromlene. Dette burde ikke spille noen rolle for jernbanen.

Tromlene vil få en høyde på ca. 2.75 m. Dette må det tas hen- syn til ved dimensjoneringen. Hvis systemet velges, anbefales det at man, i tillegg til opplagring oppe og nede, benytter en opplagring noe over midten av fresevifta.

Da systemet fører til en stor reduksjon av de ubearbeiete fla- ter viser beregninger at den ønskede kapasitet, tilnærmet vil kunne opprettholdes.

Tromler av denne type har under innsats i hard snø (ras) med stein vist forbausende motstandsdyktighet mot skader.

Utformingen av de tromler som i dag benyttes syntes ikke å op- timalisere transporten av snøen inn i vifta. Det foreslås der- for at man, hvis dette system velges, foretar en nøye beregn- ing av utformingen på tromlene. Eventuelt bør det bygges 2-3 typer for utprøving. Det bør vurderes hvorvidt tromlene skal ha en åpen eller lukket konstruksjon.

## 5. VURDERING AV FRESEKAPASITET

Norges Statsbaner har fastsatt et kapasitetskrav på 14.400 tonn pr. time. Dette kravet er fastsatt ut i fra den forutsetning at strekningen Finse-Haugastøl skal kunne ryddes på 1 time. Av denne strekning er det 6 km som syntes å være kritisk. Denne strekning må kunne ryddes på ½ time. Ved 4 m ryddebredde og snøvekt  $300 \text{ kg/m}^3$  tilsvarer dette en maksimum kapasitet på 14.400 tonn/time. Ved en snøvekt på  $350 \text{ kg/m}^3$  tilsvarer dette en kapasitet på 16.800 tonn/time. Våre beregninger viser at det ikke er praktisk mulig, innenfor de tekniske begrensninger vi er pålagt (Laste- og transportprofilet) å oppnå en kapasitet på over 12-13.000 tonn/time.

Vi har nedenfor satt opp en tabell for hvordan gjennomkjørings-tiden forandres ved reduksjon av kapasitetskravet. Da våre undersøkelser viser at en snøvekt på  $350 \text{ kg/m}^3$  er realistisk for Bergensbanen er denne benyttet.

Kapasitet tonn/ time	Snøvekt $\text{kg/m}^3$	Gjennomkjøringstid Kritisk strekning min.
16.800/14.400	350/300	30
16.000/13.700	350/300	32
15.000/12.800	350/300	34
14.000/12.000	350/300	36
13.000/11.100	350/300	39
12.000/10.300	350/300	42
11.000/9.400	350/300	46
10.000/8.500	350/300	50

Av tabellen fremkommer det at en reduksjon av kapasiteten til 10.000 tonn/time ved snøvekt  $350 \text{ kg/m}^3$  øker tidforbruket på den kritiske strekning til 50 minutter i forhold til kravet på 30 minutter.

6. FORSLAG TIL SNØFRESKONSEPT PÅ BERGENSBANEN

6.1 Freseaggregat-utforming

- Det utvikles et freseaggregat med hurtigkopling for montering på lokomotiv.
- Freseaggregatet utstyres med en roterende vifte:
  - Diameter 2.60 m
  - Dybde 1.20 m
  - Rotasjonshastighet 140 og 280 °/min.
- Kamindimensjoner:
  - Lengde 70 cm
  - Bredde x dybde 0.9 x 1.2 m
- Utkastvinkel:
  - 20° mot venstre
  - 60° mot høyre
- Kastelengder:
  - 25 og 45 m

FRESEKAPASITET 12-13.000 tonn/time

Motorytelse for vifta: ca. 1700-1900 hk

Arrangement for å redusere

ubearbeidede flater:	2 stående, roterende tromler
Snekke høyde:	Ca. 2.75 m
Opplagring:	Oppe, nede og noe over midten dvs. 3 opplagringer
Diameter:	Ca. 1.0 m
Snekkedrift:	Hydraulisk
Snekkehast.:	Trinnløst variabel

## 6.2 Bæremaskin

- Bæremaskinen utstyres med et freseaggregat i hver ende. Ikke svingskive.
- For fresing i ras-snø bygges det et tilleggsaggregat, av typen 2-fres prinsippet.
- For framdrift av bæremaskinen er det behov for minimum 425-450 hk.
- Bæremaskinen bør utstyres med en motor på ca. 2100 - 2300 hk som skal være for framdrift og fresing.
- Bæremaskinen bør utstyres med et framdriftssystem som sikrer lav hastighet ved fresing og høy transporthastighet.
- Bæremaskinen bør utstyres med 2 førerhytter, en ved hvert freseaggregat. Plassbehov 10 mann + førere.

## 6.3 Generelt

Det foreslåtte snøfreskonsept har noe lavere kapasitet enn de krav NSB har fastsatt. Disse tilsier en kapasitet på 14.400 tonn/time, mens vårt forslag gir ca. 12.000 tonn/time. Dette medfører en økning av gjennomfresingstiden for den kritiske del av banen på ca. 6 min.

En senking til 10.000 tonn/time vil øke gjennomkjøringstiden med 12 min. fra 30 min. til 42 min. Kravet til motorstyrke på fresevifta ved denne kapasitet vil være ca. 1.500 hk. Dybden på fresevifte kan reduseres med ca. 10 cm, mens diameteren bør opprettholdes.

Som det fremkommer har vi foreslått at det benyttes en motor til både framdrift og fresing. Tanken med dette er å få et så enkelt og ukomplisert opplegg som mulig.



Vi vil få påpeke at disse tanker også bør danne basis ved detaljutformingen av snøfresen, slik at driftskostnader og livstidskostnader kan reduseres til et minimum.

Byggetiden for en fres som dette, inklusive konstruksjon, bør ligge på ca. 10-12 måneder. Dette tilsier igjen at det burde være mulig å prøve en slik fres våren 1985.

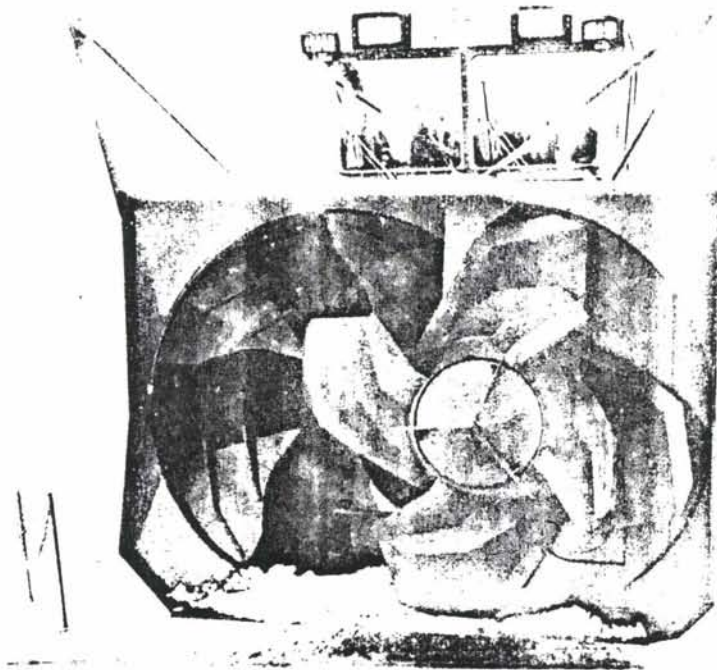
Vi vil i dette konsept ikke foreslå produsent av det foreslåtte konsept, men kun påpeke at en fres av denne type vil stille strenge krav både til konstruktører og fresebyggere og at man bør vende seg til de firma som har erfaring med bygging av freser av denne type.

Vi anser med dette konsept å ha fullført vårt oppdrag for NSB, men vi står gjerne til rådighet ved nærmere detaljdiskusjoner om konseptet.

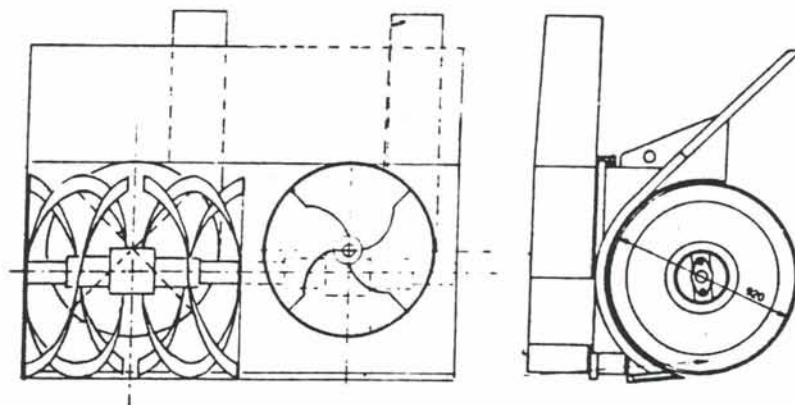
23.2.1984

BJ/ILT

VIFTEFRES MED TO VIFTER, HVORAV DEN ENE STÅR HALVVEIS FORAN DEN ANDRE (ØVERAASEN PRINSIPP)

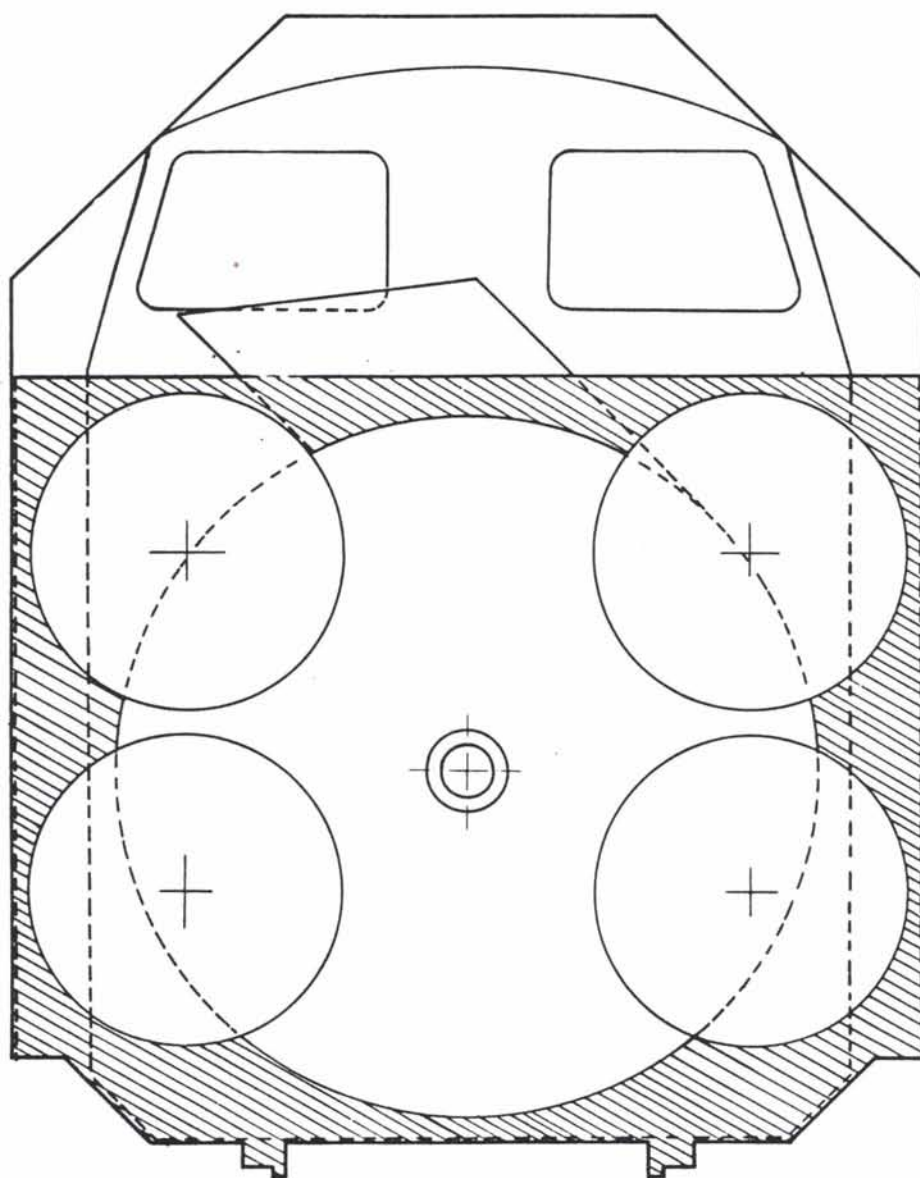


TROMMEL OG VIFTEFRES (ROLBA PRINSIPP)



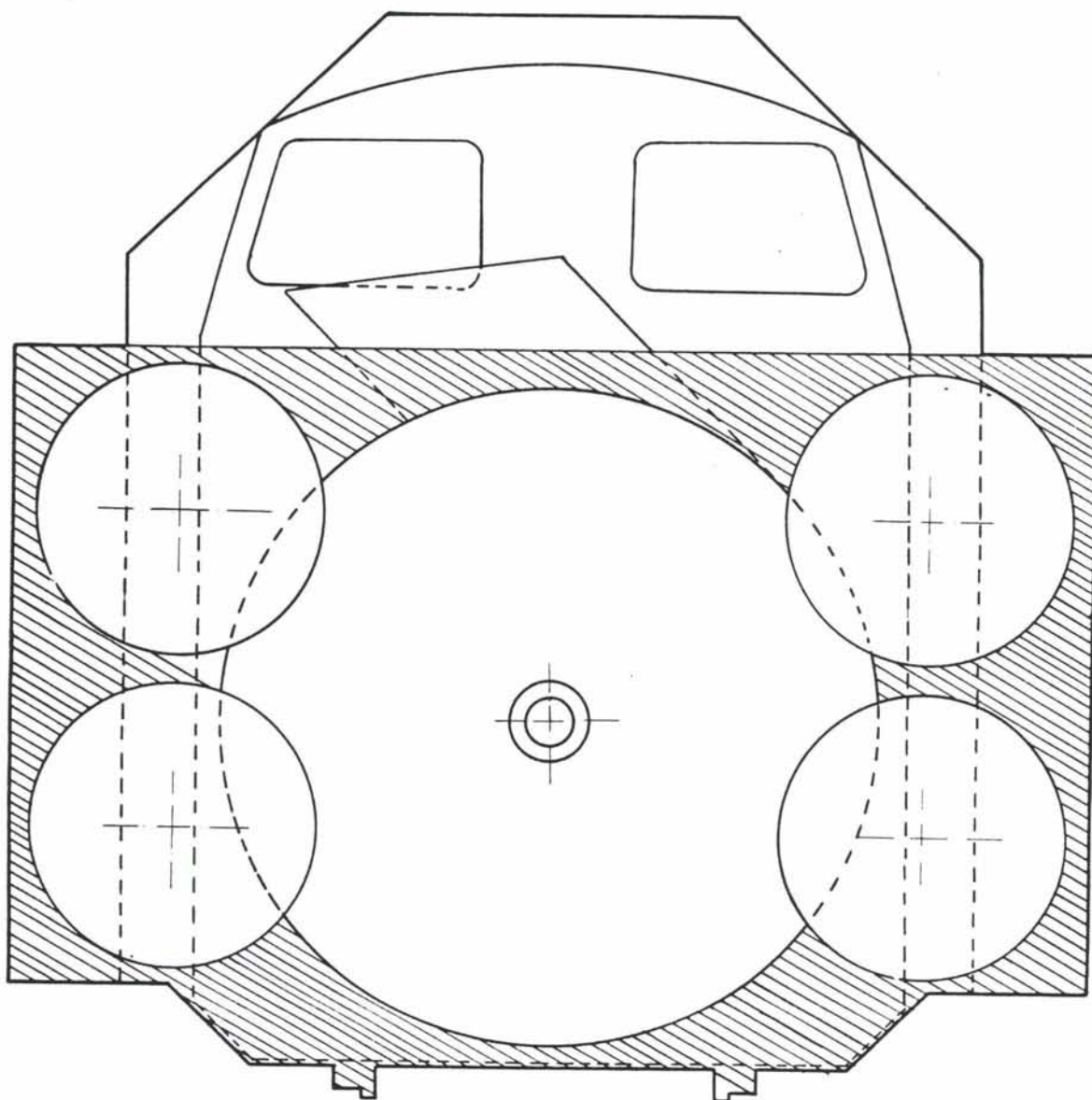
BRUK AV SMÅ VIFTER Plassert FORAN HOVEDVIFTE FOR Å REDUSERE DE UBEARBEIDETE FLATER.

VED 3,4 M ARBEIDSBREDDE ER DE UBEARBEIDETE FLATER 2,2 M<sup>2</sup>

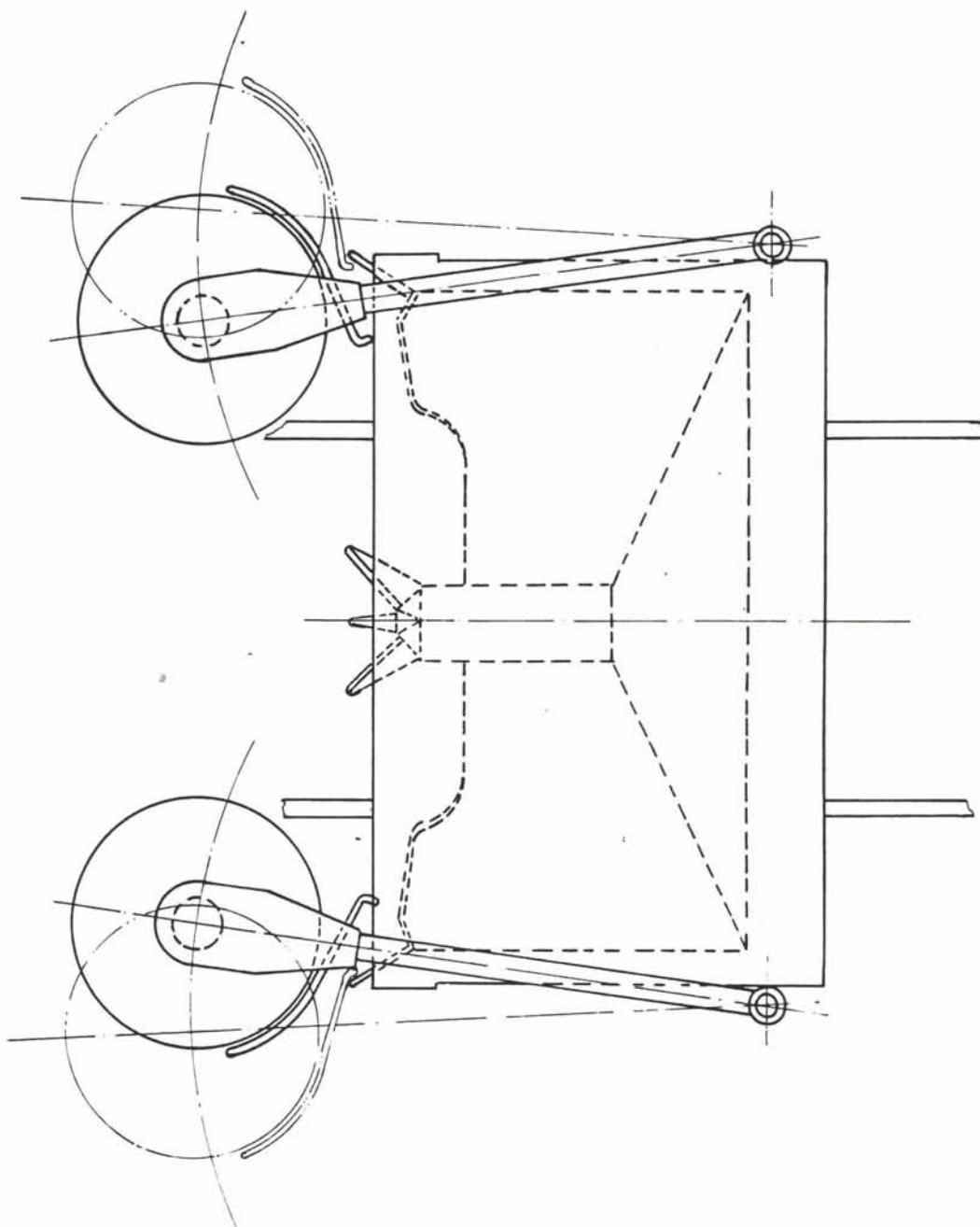


BRUK AV SMÅ VIFTER PLASSERT FORAN HOVEDVIFTE FOR Å REDUSERE DE UBEARBEIDDE FLATER.

VED 4,2 M ARBEIDSBREDDE ER DE UBEARBEIDDE FLATER CA. 2,9 M<sup>2</sup>

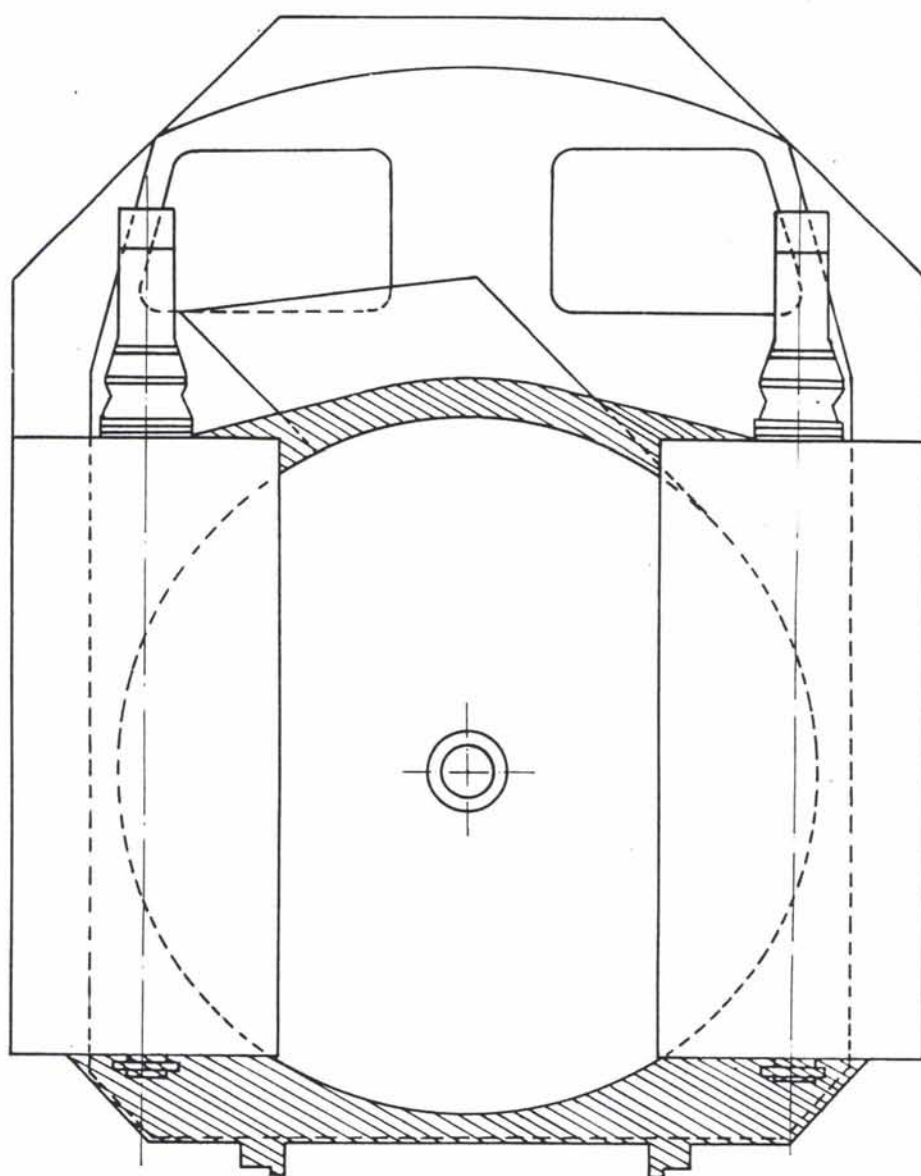


SKISSE SOM VISER BREDDEUTVIDELSE AV TROMMELEN



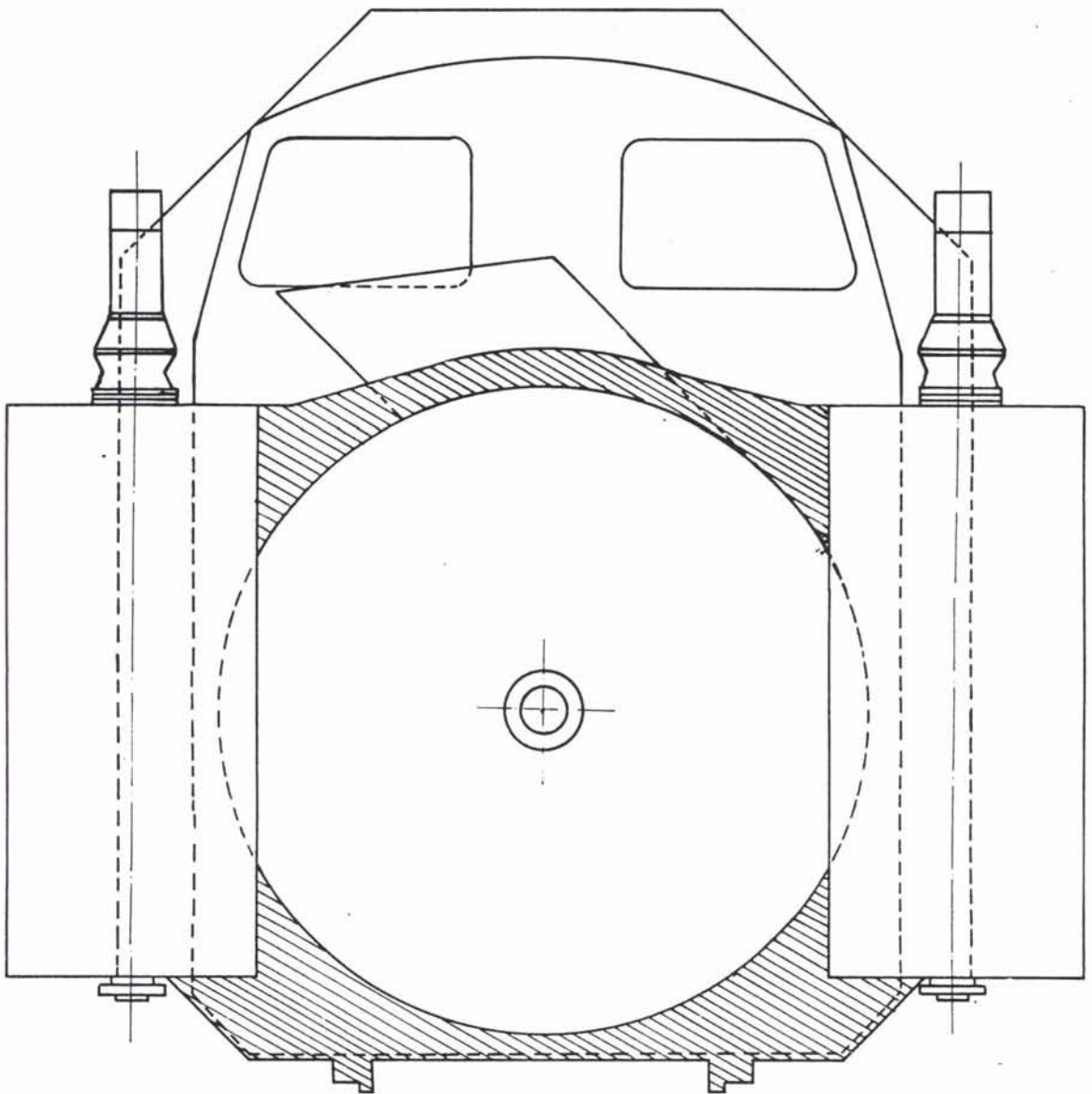
BRUK AV STÅENDE TROMLER, Plassert foran hovedvifte for å redusere de ubearbeidede flater

VED 3,4 M ARBEIDSBREDDE ER DE UBEARBEIDEDDE FLATER 0,8 m<sup>2</sup>



BRUK AV STÅENDE TROMLER, PLASSERT FORAN HOVEDVIFTE FOR Å  
REDUSERE DE UBEARBEIDENE FLATER

VED 4,2 M ARBEIDSBREDDE ER DE UBEARBEIDENE FLATER 1,2 M<sup>2</sup>.



VIFTEFRESENS EFFEKTBEHOV -  
DIVERSE BEREGNINGER

av

siviling. Bonsak Schieldrop



VIFTEFRESENS EFFEKTBEHOV - DIVERSE BEREGNINGER

Det arbeide viftefresen må utføre på snøen kan deles opp i summen av følgende enkeltposter, nemlig arbeidet som medgår til å:

1. Løsgjøre snølaget,
2. Akselerere snøen til lok. hastigheten  $V$ ,
3. Akselerere snøen i tverretningen opp til utkasthastigheten  $v_0$ ,
4. Løfte snøens tyngdepunkt fra sporet og opp til kaminens utgangsåpning,
5. Overvinne friksjonen mellom snøen og innsiden av viftehuset, samt
6. Overvinne annen motstand som snøtrykk mot dødarealer, gnissing mot omgivelsene etc.

Av disse 6 postene er det bare 2, 3, 4 og 5 som lar seg beregne med noen grad av nøyaktighet. På den annen side kan man sannsynligvis argumentere for at nettopp disse postene representerer brorparten av energiforbruket, iallfall under det man kan kalle "normale" driftsforhold. En sammenligning av de resultater den følgende beregning gir med erfaringstall synes iallfall å bekrefte en slik antagelse.

Ut fra gitte krav til kapasitet, utkasthastighet og kastelengde kan nødvendig impulsending med tilhørende effektbehov beregnes med god nøyaktighet. Dette gjelder også arbeidet med å løfte massestrømmen opp til kamin-munningen, idet dette faktisk kan regnes eksakt. Beregningen av arbeide som medgår til å overvinne friksjonen mellom snøen og innsiden av viftehuset må imidlertid baseres på endel forenklinger, og resultatet av denne beregningen kan derfor bare sies å fastlegge størrelsesorden av denne posten.

På de vedlagte fig.1-6 er resultatene av beregningene vist grafisk. Da det er aktuelt å kunne bestemme kastelengder og -høyder samt hvilke høyder en gitt kastebane vil klarere, er fig.1 og 2 viet dette, mens de resterende 4 gir de aktuelle effektbehovene. Effektbehovene er gitt som funksjon av hastigheten, eventuelt løftehøyden for kapasiteten 1 tonn/time.

I fig.6 er friksjonsarbeidet opptegnet for 5 verdier av friksjonskoeffisienten  $\mu$ . Vinkelen  $\beta$  spenner over den massen som befinner seg i viftehuset til enhver tid, og kurvene er beregnet for en verdi,  $\beta = 1,75\text{rad} = 100^\circ$ . Bedømmes denne vinkelen til å være f.eks.  $85^\circ$  i et aktuelt tilfelle, blir avlesningene derfor å multiplisere med 0,85. Som utgangspunkt for disse kurvene er det forøvrig antatt at setripetal-akselerasjonen er vesentlig større enn tyngden slik at denne siste kan neglisjeres.

De krav som har vært diskutert som aktuelle for den planlagte viftefresen er følgende:

Kapasitet:	$\dot{m} = \rho Q = 12 \times 10^3$ tonn/time
Kastelengde:	$L = 25$ m
Kjørehastighet:	$V = 12$ km/t = 3,33 m/s

Ifølge fig.1 betinger en kastelengde på  $L=25\text{m}$  en minimumshastighet gitt ved:

$$2gL/v_0^2 = 2,0$$

$$\Rightarrow v_0 = \sqrt{gL} = 15,7 \text{ m/s}$$

Fig.1 neglisjerer imidlertid såvel luftmotstand som sidevind, og en må derfor regne med at minstehastigheten i praksis vil være større enn denne verdien. I den videre beregningen settes derfor utkasthastigheten  $v_0 = 17,5 \text{ m/s}$ .

Det er videre antatt at høyden snølagets tyngdepunkt må løftes for å komme opp til kamin-munningen er 2,75 m. Det er også antatt at friksjonskoeffisienten  $\mu=0,1$  og omslutningsvinkelen  $\beta=120^\circ$ .

For kapasiteten  $\dot{m}=12 \times 10^3 \text{ t/h}$  kan da de enkelte effektbehovene beregnes:

Akselerasjon til lok. hastighet:	$E_2 = 0,031 \times 12 \times 10^3 = 37 \text{ kW}$
	$= 50 \text{ Hk.}$

Akselerasjon til utkasthastighet:	$E_3 = 0,085 \times 12 \times 10^3 = 1021 \text{ kW}$
	$= 1388 \text{ Hk.}$

$$\begin{aligned} \text{Løftearbeidet:} \quad E_4 &= 0,0075 \times 12 \times 10^3 = 90 \text{ kW} \\ &= 122 \text{ Hk.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Friksjonsarbeide:} \quad E_5 &= 0,015 \times 1,2 \times 12 \times 10^3 = \\ &= 214 \text{ kW} \\ &= 291 \text{ Hk.} \end{aligned}$$

Effektbehovet for viften alene angies av de tre siste beløpene,  $E_3$ ,  $E_4$ , og  $E_5$ , idet  $E_2$  vil falle på fremdriften. For viften har man da totalt at

$$\begin{aligned} E_{V12} &= E_3 + E_4 + E_5 = \\ &= 1021 + 90 + 214 \\ &= \underline{1325 \text{ kW}} \\ &= \underline{1802 \text{ Hk.}} \end{aligned}$$

Reduseres kapasitetskravet til f.eks.  $10 \times 10^3$  t/h, vil viftens behov reduseres til

$$\begin{aligned} E_{V10} &= \underline{1104 \text{ kW}} \\ &= \underline{1502 \text{ Hk.}} \end{aligned}$$

For fresen som helhet kommer i tillegg viftens og skruenes løsgjøringsarbeide samt fremdriften.

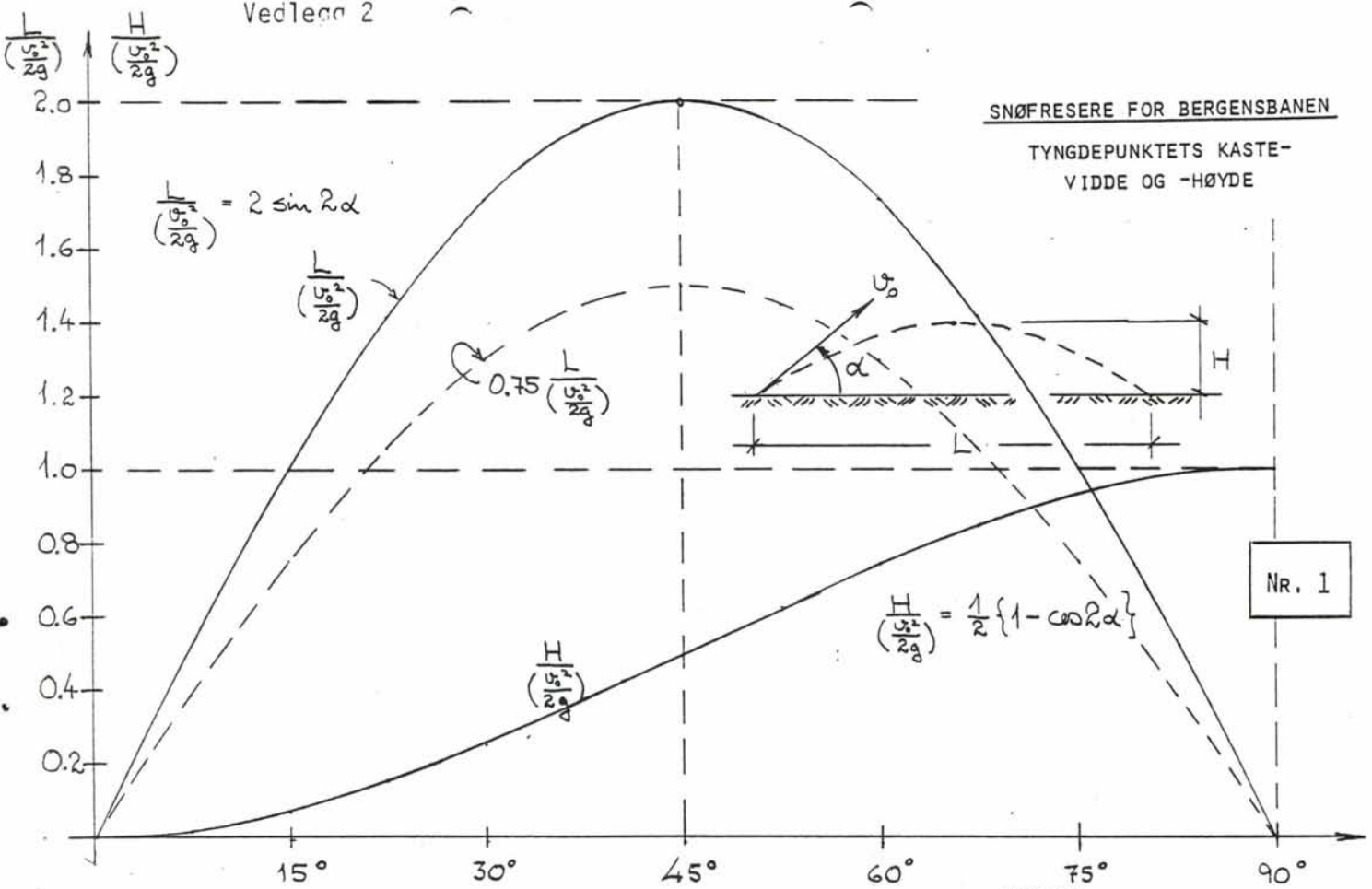
Med en utkasthastighet  $v_o = 17,5$  m/s kan ifølge fig.1, kastelengden  $L = 25$  m oppnåes med kastevinkelen  $\alpha_1 = 27^\circ$  og med komplementærvinkelen  $\alpha_2 = 63^\circ$ . Fig.1 gir videre at disse to kastebanene har høyeste punkt h.h.v.  $H_1 = 3,2$  m og  $H_2 = 12,4$  m over kamin-munningen.

Fig.2 gir på sin side at de samme kastebanene har høydene h.h.v.  $h_1 = 0,96$  m og  $h_2 = 3,72$  m i et punkt f.eks. 2 m ut til siden for kaminens munning, idet  $l/L = 2/25 = 0,08$  gir  $h/H = 0,3$ . Er derfor kamin-munningens høyde over skinnegangen f.eks. 3,2 m, vil snøstrålens tyngdepunkt kunne klarere et punkt h.h.v.  $H_{k1} = 3,2 + 0,96 = 4,16$  m og  $H_{k2} = 3,2 + 3,72 = 6,92$  m målt over skinnegangen 2 m tilside for åpningen.

Konklusjon. For en videre vurdering av fresens effektbehov er det viktig å være klar over at iallfall effektbehovene  $E_3$  og  $E_4$  beregnet ovenfor, sannsynligvis ligger meget nær de virkelige verdier. For friksjonsarbeidet  $E_5$  er nøyaktigheten noe mere tvil-  
som, men selvom man antok at dette beløpet var så meget som 100% for høyt vurdert, ville det totale behovet ovenfor bare reduseres med ca.8%.

SNØFRESERE FOR BERGENSBANEN

TYNGDEPUNKTETS KASTE-VIDDE OG -HØYDE



Nr. 1

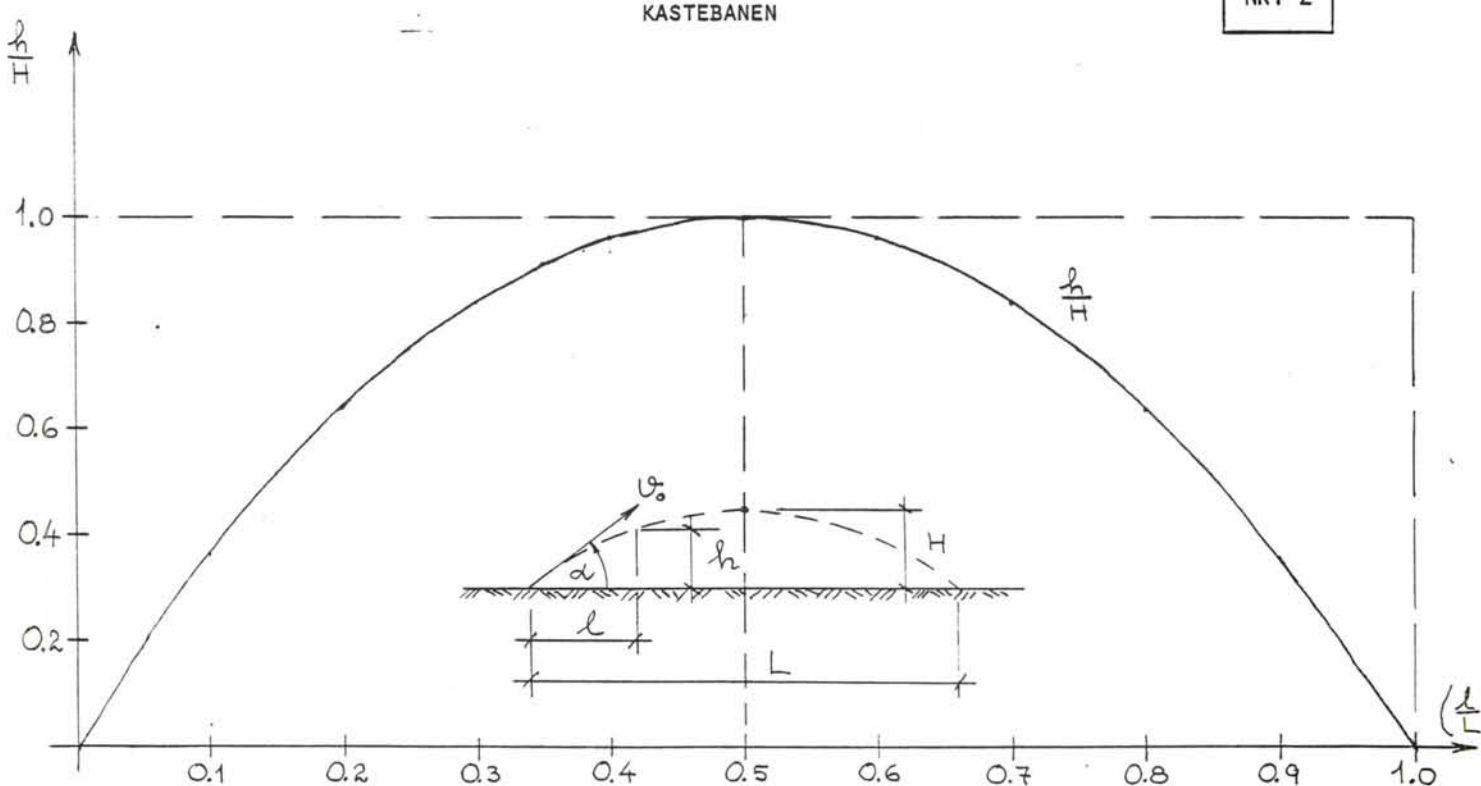
INDUSTRIELL  
HYDRO- og AERODYNAMIKK  
Bogstadvn. 11  
OSLO 3  
Tlf. (02) 60 33 40

18.1.84  
B. Schieldrop

SNØFRESERE FOR BERGENSBANEN

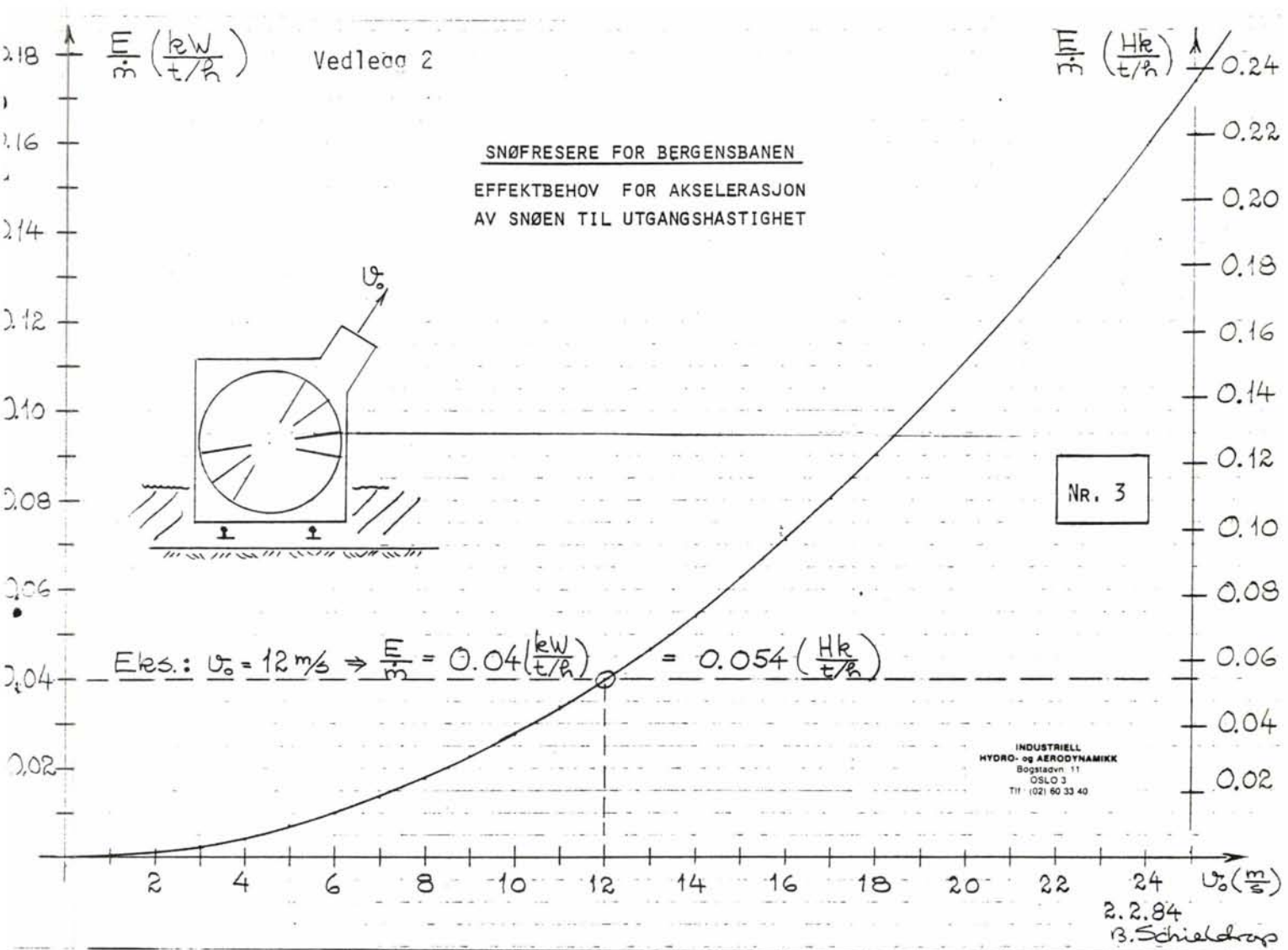
KASTEHØYDER LANGS  
KASTEBANEN

Nr. 2



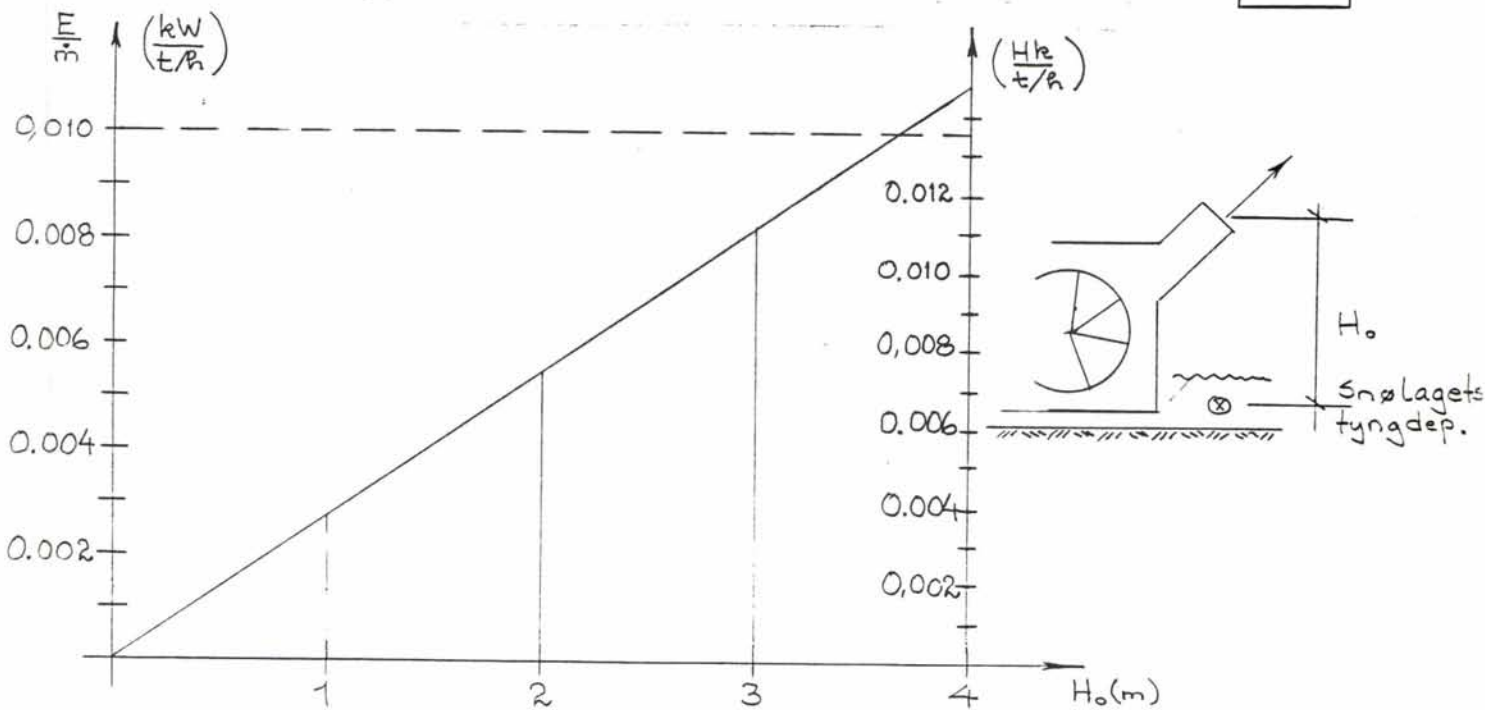
INDUSTRIELL  
HYDRO- og AERODYNAMIKK  
Bogstadvn. 11  
OSLO 3  
Tlf. (02) 60 33 40

18.1.84  
B. Schieldrop



**SNØFRESERE FOR BERGENSBANEN**  
EFFEKTBEHOV FOR LØFTING  
AV SNØEN TIL KAMIN-UTGANG

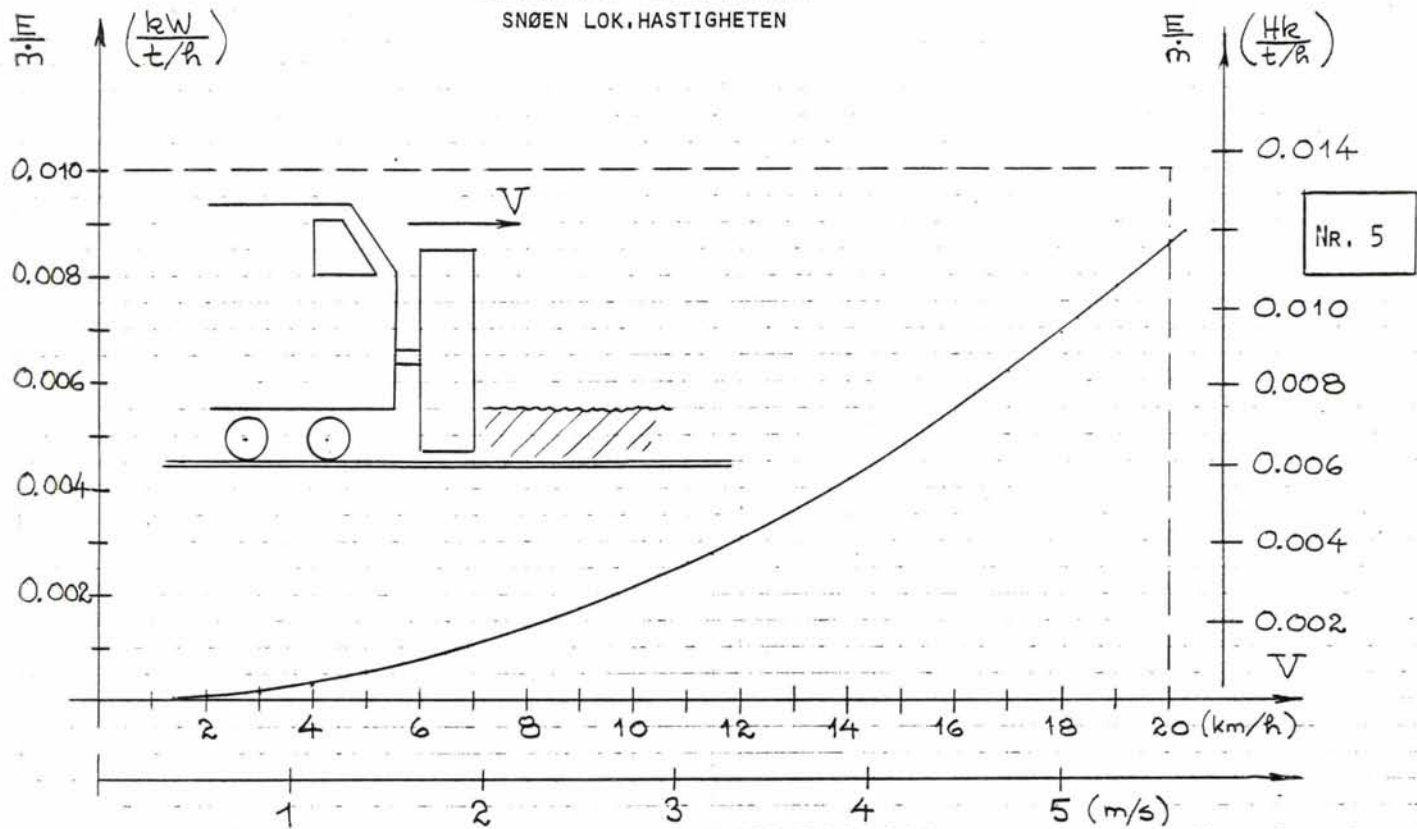
NR. 4



19.1.84  
B. Schieldrop

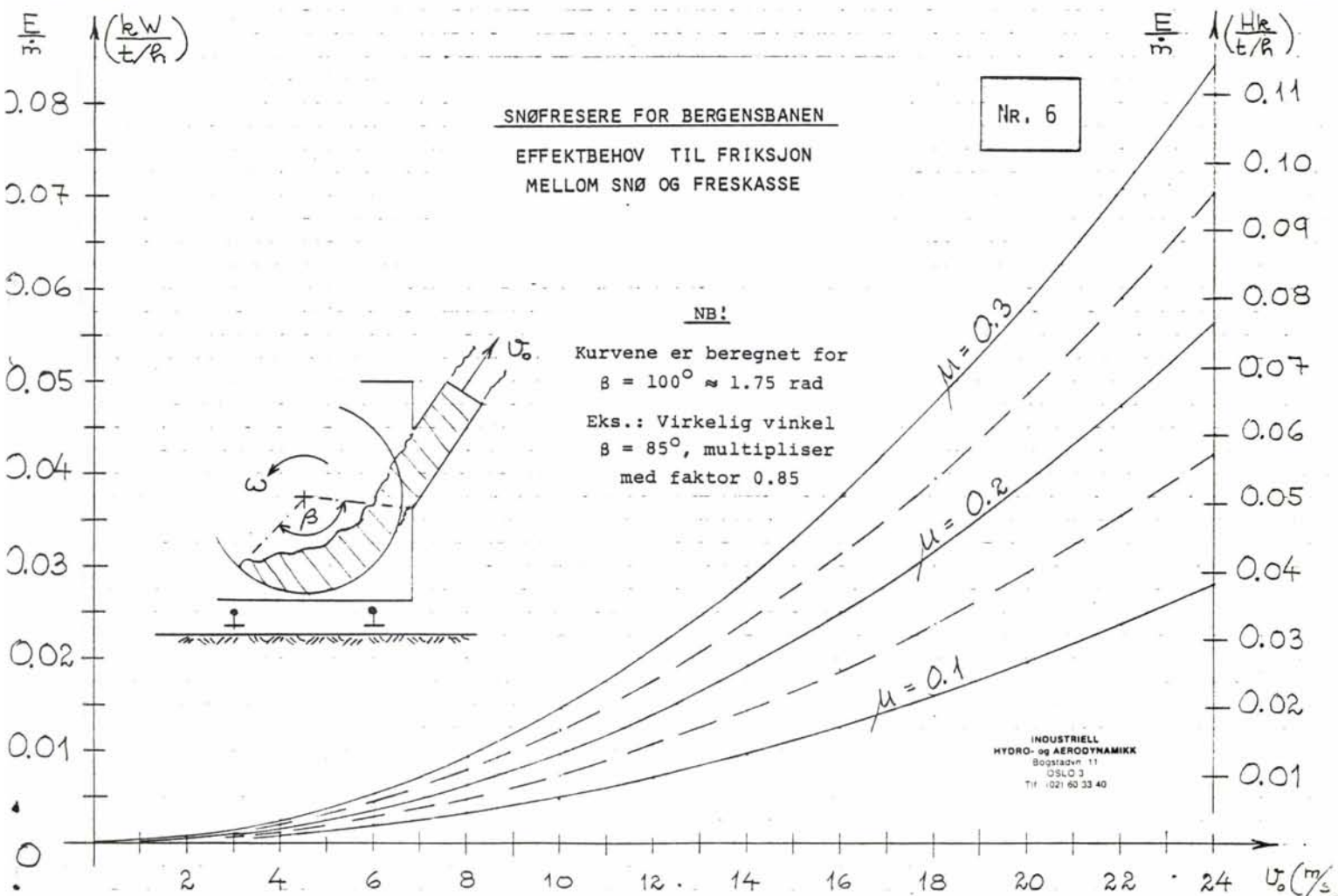
**SNØFRESERE FOR BERGENSBANEN**

**EFFEKTBEHOV FOR Å TILFØRE  
SNØEN LOK. HASTIGHETEN**



INDUSTRIELL  
HYDRO- og AERODYNAMIKK  
Bogstaden 11  
OSLO 3  
Tlf. (02) 60 33 40

20.1.84  
B. Schieldrop



INDUSTRIELL  
HYDRO- og AERODYNAMIKK  
Bogstaden 11  
OSLO 3  
Tlf. (02) 60 33 40

4/2-84 B. Schieldrop