



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Flytbetong — anpassning av produktionsmetoder

Gunnar Fredriksson
Peter Holzmann
Tord Kjellström

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	81-1201
Plac	<i>Ser</i>

R
OMA

R83:1981

FLYTBETONG - ANPASSNING AV
PRODUKTIONSMETODER

Gunnar Fredriksson
Peter Holzmann
Tord Kjellström

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790213-7 från Statens råd för byggnadsforskning
samt forskningsanslag 79/411 från Arbetarskydds-
fonden till BPA Byggproduktion AB, Stockholm.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R83:1981

ISBN 91-540-3546-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1981 153973

INNEHÅLL

FÖRORD	5	
1	INLEDNING	7
1.1	Bakgrund och målsättning	7
1.2	Objektet	7
1.3	Genomförande	8
2	RESULTAT	11
2.1	Betong	11
2.1.1	Iakttagelser	11
2.1.2	Betongrecept	12
2.1.3	Ingående delmaterial	13
2.1.4	Hållfasthet	17
2.2	Utrustning	17
2.2.1	Betongficka	17
2.2.2	Betongbask	19
2.2.3	Vibrostav	20
2.2.4	Bygglasser	21
2.3	Tidsstudier väggjutningar	22
2.4	Efterlagning av väggar	26
2.5	Försök med Alu-form	27
2.6	Tidsstudier valvgjutningar	29
3	EKONOMI	32
4	SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER	35
4.1	Betong	35
4.2	Transport	36
4.3	Utrustning	36
4.3.1	Mottagningsfickor	36
4.3.2	Betongbaskar	37
4.3.3	Vibreringsutrustning	37
4.3.4	Gjutformar	38
4.4	Utförande	38
4.5	Planering	38
4.6	Ekonomi	39
4.7	Ergonomi	39
5	SAMMANFATTNING	41

6	ERGONOMI	43
6.1	Projektets förutsättningar och mål . . .	43
6.2	Metod	44
6.3	Gjutning av valv	45
6.4	Gjutning av väggar	53
6.5	Sammanfattning	60
	LITTERATURFÖRTECKNING	63
BILAGA 1	XX International congress on occupational health	63

FÖRORD

Föreliggande rapport är genomförd som ett samarbete mellan BPA Byggproduktion AB, TREMIX AB och Tekn Dr Peter Holzmann.

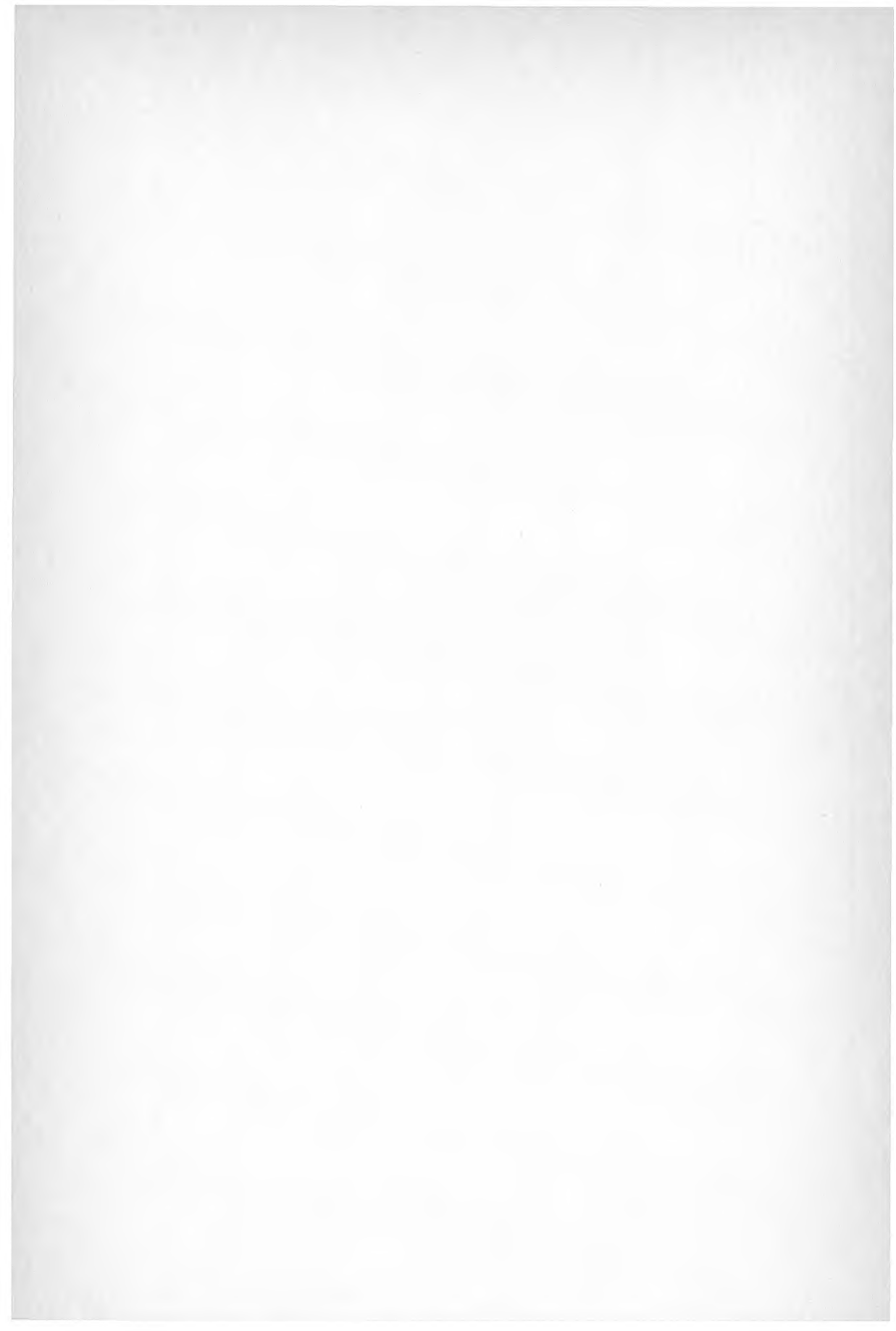
Projektet har möjliggjorts genom anslag från Statens råd för byggforskning och Arbetarskyddsfonden. BPA har varit anslagsmottagare.

Medverkande i utredningen har varit:

Ing	Gunnar Fredriksson,	projektledare	BPA
Civ ing	Tord Kjellström,	utredare	BPA
Civ ing	Göran Emitslöf,	utredare	BPA
Tekn dr	Peter Holzmann		
Konstr chef	Sven Hedblom,	TREMIX AB	

Vid rapporteringen har Peter Holzmann svarat för kapitel 6, som kan ses som en separat rapport för den ergonomiska delen av projektet, medan BPA har svarat för resten.

Vi vill rikta vårt varmaste tack till BPA:s arbetsplatsledning med platschefen Leif Bertilsson i spetsen, som varit oss behjälplig med råd och expertkunskaper. Vi vill också tacka betong- och timmermanslagen som genom sitt intresse underlättade arbetet.



1 INLEDNING

1:1 Bakgrund och målsättning

Kunskaper om flytbetongens tekniska egenskaper är genom tidigare undersökningar av bl a CBI och BPA Byggproduktion AB väl klarlagda.

Försök baserade på de produktionstekniska aspekterna när det gäller användandet av flytbetong har däremot ej gjorts i någon nämnvärd omfattning. Eftersom det inte är möjligt att med konventionell utrustning utnyttja alla de fördelar i form av minskat bearbetningsbehov, större gjutkapacitet m m som flytbetong erbjuder, har det varit vår förhoppning att produktionsanpassad utrustning skall kunna tagas fram.

Det är önskvärt att de höga belastningarna på kroppen vid gjutning med normalbetong med förtidspensioneringar, sjuk-skrivningar, omskolningar m m som följd minskas. Därför har det parallellt med de produktionstekniska försöken också gjorts en ergonomisk jämförelse mellan arbeten med flyt- och normalbetong.

Sett ur materialsynpunkt är flytbetong dyrare än normalbetong. Det är därför nödvändigt att förbättra produktionsmetoderna för att göra arbetet mindre kostsamt och på så sätt tjäna in den dyrare flytbetongen.

1:2 Objektet

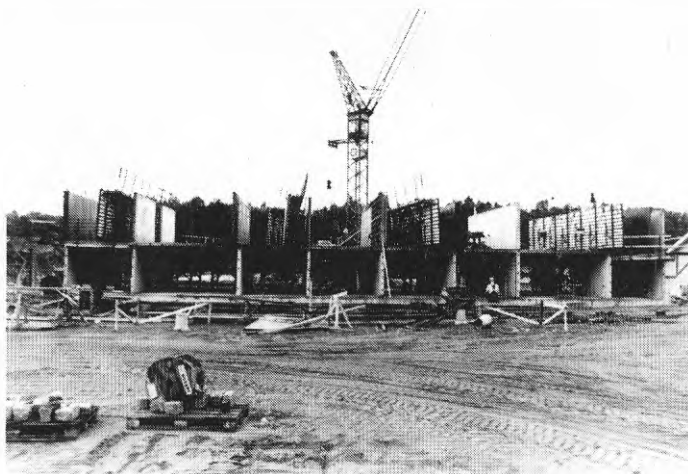
Försöksverksamheten har i huvudsak bedrivits i Kalmar.

Riksbyggen fortsätter här utbyggnaden av kvarteret Täljstenen.

I denna etapp bygger BPA Byggproduktion AB 15 flerbostadshus i 2 våningar.

De 15 husen innehåller tillsammans 132 lägenheter med storlek varierande från 1 rum och kök till 4 rum och kök (46,5 - 95,5 kvm).

Stommen är av betong och utfackningsväggarna är uppbyggda på träreglar.



Figur 1:2:1 Bilden visar en del av arbetsplatsen.

1:3 Genomförande

Förarbetet har till stor del bestått av insamling av uppgifter från tidigare gjorda försök med flytbetong.

Baserat på de data som finns när det gäller flytbetong har en modifierad vibrationsutrustning tagits fram. Den är anpassad till flytbetongens mindre vibreringsbehov.

Hela verksamheten har filmats dels för att utan störningsmoment kunna studera arbetet och jämföra metoderna men

främst för att kunna göra en ergonomisk jämförelse mellan de olika arbetssätten.

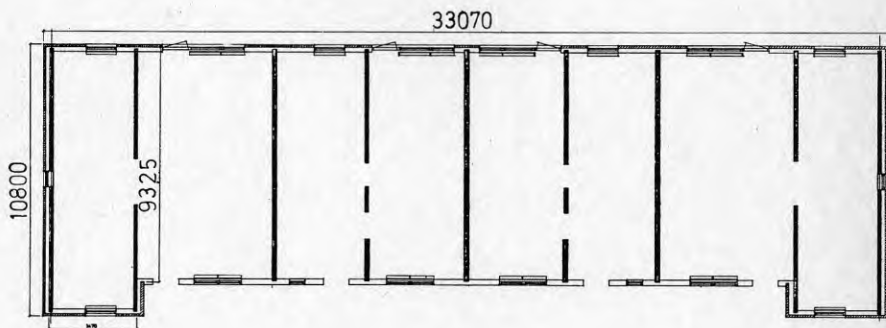
Vidare har det under arbetets gång sneglats på projekt med flytbetong som bedrivits samtidigt med verksamheten i Kalmar.

Arbetet på plats har delats upp i tre etapper

- 1) studier av arbete med normalbetong
- 2) studier av arbete med flytbetong
- 3) studier av arbete med flytbetong med arbetsmetoder baserade på erfarenheter från etapp 2

I varje etapp ingår studier av en valvgjutning samt gjutningarna av väggarna på ett våningsplan. I figur 1:3:1 visas en skiss över ett våningsplan.

Tiden mellan etapperna har varit 1 - 2 månader.



Figur 1:3:1 Skiss över ett våningsplan.

Denna uppläggning ger möjlighet till direkt jämförelse mellan de olika metoderna när det gäller enhetstider, ekonomi och ergonomi.

Såväl transport och hantering av betong som olika typer av formar har studerats.

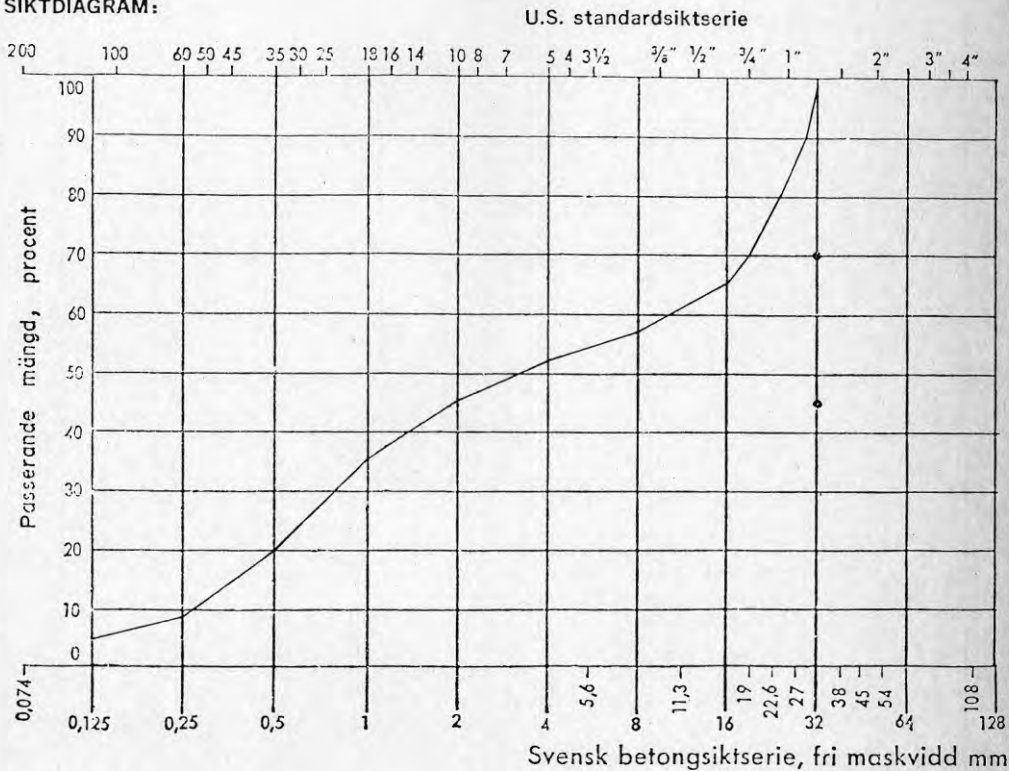
2 RESULTAT

2:1 Betong

2:1:1 Iakttagelser

Den använda betongen visade ingen eller obetydlig tendens till separation trots den måttliga cementhalten och det använda transportsättet, vanlig trågbil. I huvudsak berodde detta på betongens sammansättning med en ballastkurva utan partikelsprång och med tillräcklig finkornhalt. Dessutom var transportsträckan relativt kort (ca 15 minuter).

SIKTDIAGRAM:



Figur 2:1:1 Sammansatt ballastkurva för flytbetong K 250,
 d_{\max} 32 mm.

2:1:2 Betongrecept

Recept för normalbetong

Betong- kvalitet	Makadam 10-30 el 10-22	Grus 0-8	Sand 0-4	Cement, Std
K 250 L 32	850	1055	80	260
K 250 T 32	850	1085	80	240
K 250 L 22	820	1075	80	275

Recept för flytbetong

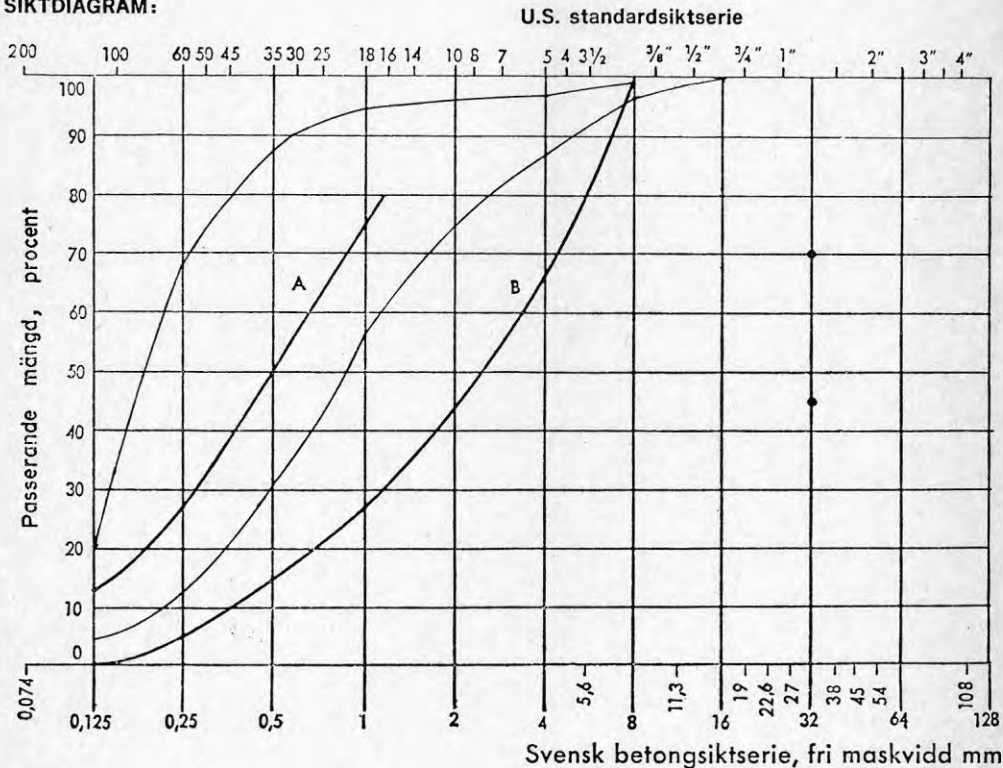
Betong- kvalitet		Makadam 10-30 el 10-22	Grus 0-8	Sand 0-4	Maka- dam 8-16	Cem Std	Tills. medel
K 250 Flyt (L) 32		600	1000	80	250	260	3,5%
K 250 " (T) 32		600	1085	80	250	240	4,0%
K 250 " (L) 22		600	980	100	250	275	3,0%

Bokstäverna L och T inom parentes i flytbetongreceptet anger utgångskonsistensen. Det visade sig lättare att uppnå erforderlig flytkonsistens då man utgick från lättflytande konsistens. Det använda tillsatsmedlet utgjordes av sulfo-nerad melaminharts. Doseringen var hög, mellan 3 och 4%. Normalt var det uppmätta sättmättet vid ankomsten till byggsplatsen 22 - 24 cm.

2:1:3 Ingående delmaterial

Betongen har tillverkats av ballastmaterial enligt nedanstående figurer.

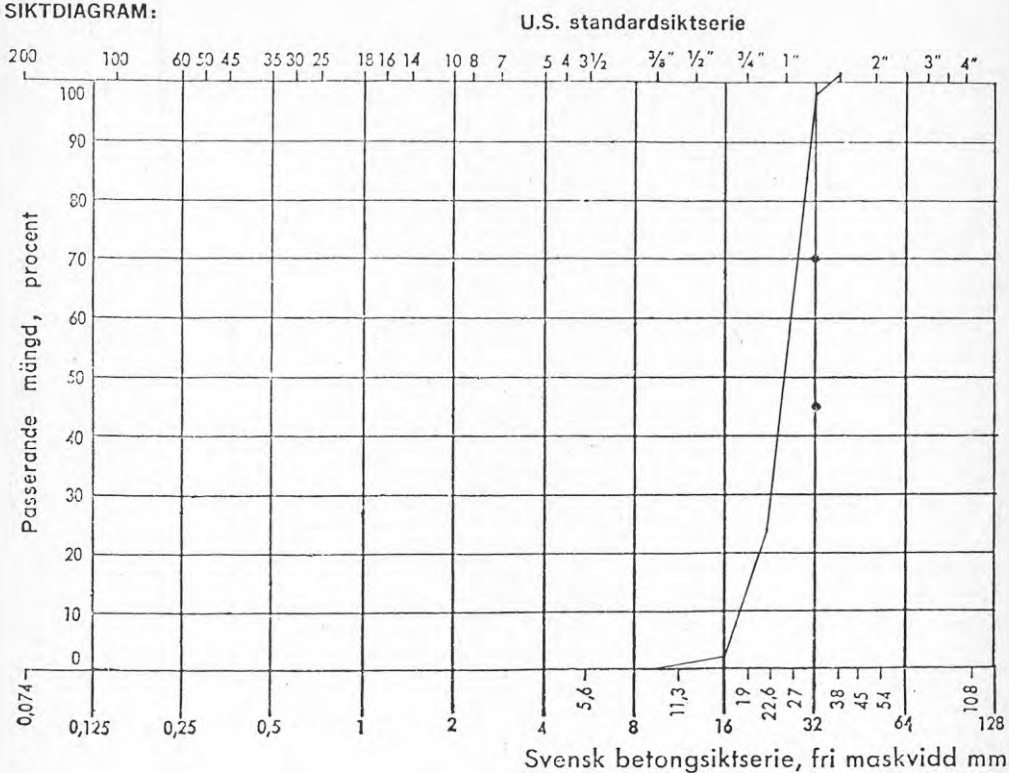
SIKTDIAGRAM:



Figur 2:1:3:1

Grus och sandmaterial använt för betongtillverkning i de aktuella försöken. De angivna kurvorna är representativa för ballast vid den aktuella betongfabriken (AB Kalmar Betongindustri).

SIKTDIAGRAM:



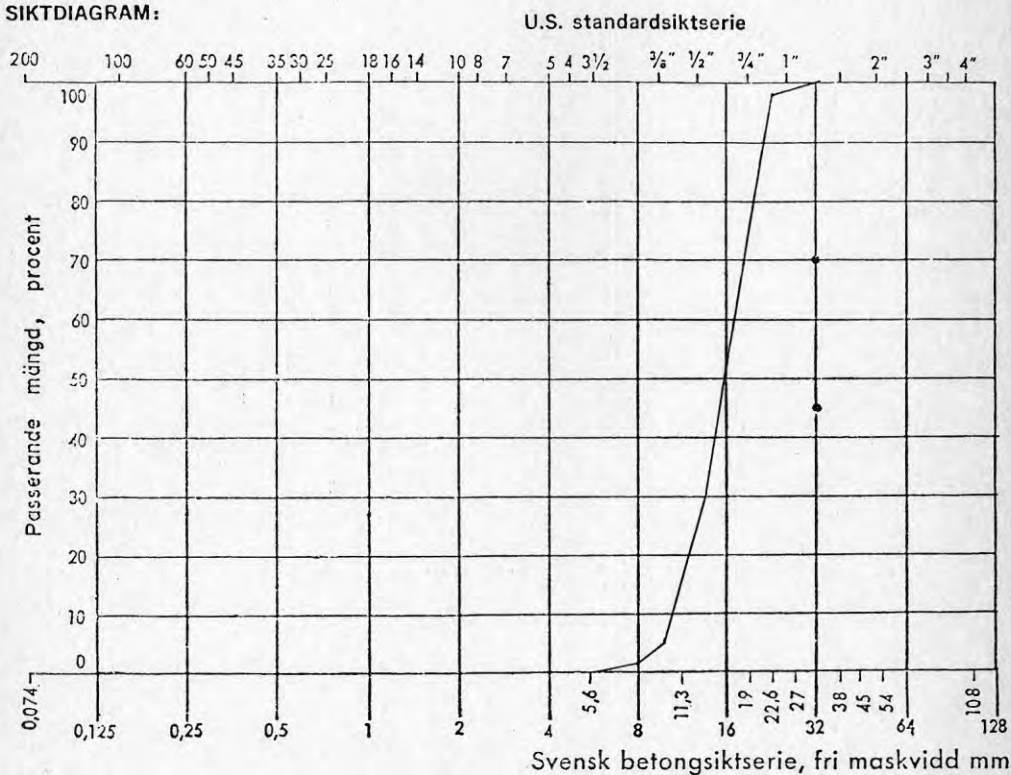
Figur 2:1:3:2 Makadam 10-30 mm. Representativ kurva.

Genom att den betongfabrik, som tillverkade betongmassan, hade ett stort antal ballastfraktioner till förfogande (se redovisade materialkurvor) kunde optimalt sammansatta ballastkurvor erhållas. Cementhalten kunde hållas relativt låga och goda hållfastheter uppnås.

Typen av tillsatsmedel har en viss betydelse för hållfasthetsutvecklingen. Alla använda flyttillsatsmedel har en viss retarderande effekt vid höga doseringar och/eller låga temperaturer. På grund av retardation kan vid en kombination av stark uttorkning och låg temperatur risken för plastisk krympning öka. För det aktuella till-

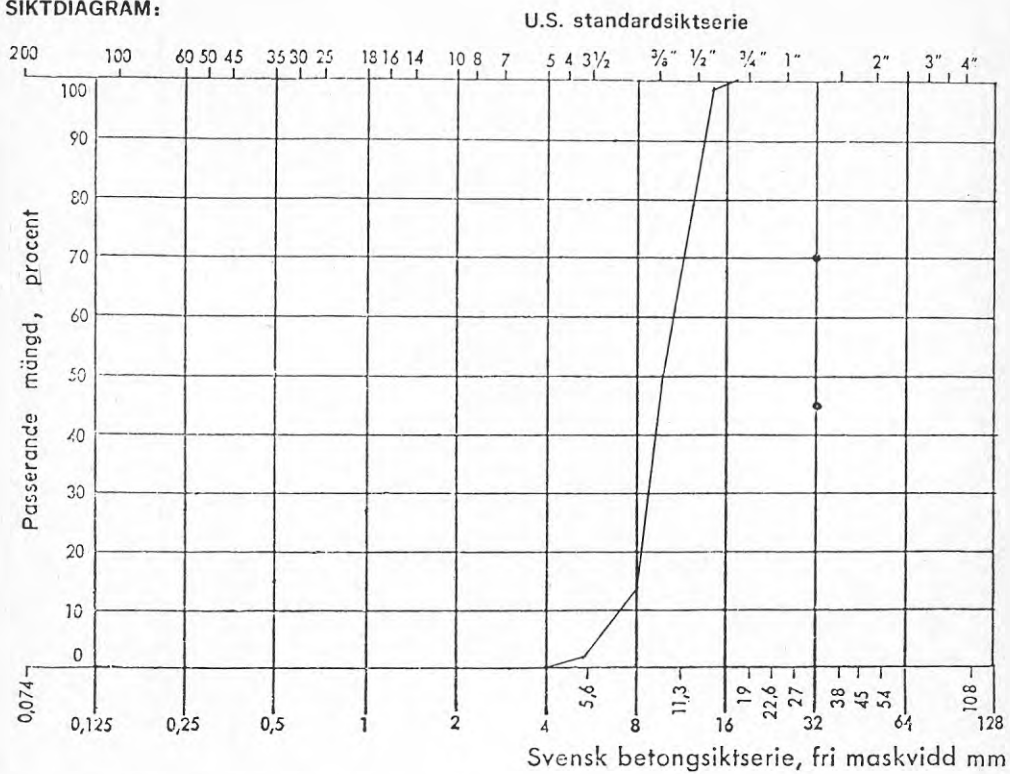
satsmedlet och de vid tillfället rådande temperaturerna föreligger dock inte denna risk i högre grad än vad som normalt gäller för betongarbeten. Vid ett tillfälle, då luften hade osedvanligt låg luftfuktighet och vindhastigheten samtidigt var hög uppstod i ett fall sprickor till följd av plastisk krympning. Vi bedömer dock dessa som uteslutande betingade av rådande klimatförhållanden.

SIKTDIAGRAM:



Figur 2:1:3:3 Makadam 10-22 mm. Representativ kurva

SIKTDIAGRAM:



Figur 2:1:3:4 Siktkurva för makadam 8-16 mm.
Representativ kurva.

2:1:4 Hållfasthet

Kontroll av hållfasthet har utförts av betongfabriken.

Tryckhållfasthet för flytbetong: 28 dygn, K 250

36,4 MPa

38,0

35,6

37,6

39,1

40,0

34,2

36,0

34,0

Medelvärde: 36,8 MPa

Även om undersökningsmaterialet är litet, tyder det dock på en viss uppgång i hållfasthet jämfört med normalbetong. Detta är ett ganska vanligt fenomen, när flytbetong används som kan förklaras genom en bättre dispergering av cementkornen.

2:2 Utrustning

2:2:1 Betongficka

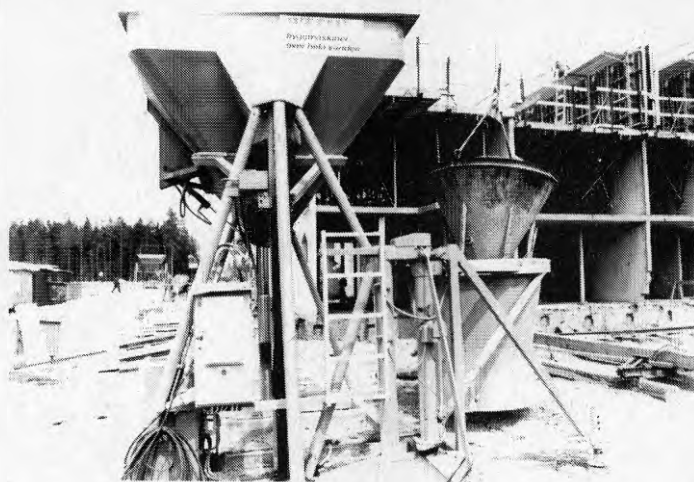
Betongfickan som fanns på arbetsplatsen var en äldre hydraulficka med en volym på 5m^3 . Denna ficka fungerade tillfredsställande när det gällde normalbetong, förutom att arbetet med att öppna och stänga luckan var tungt. I och med att luckan var besvärlig att öppna respektive stänga blev kvantiteten betong i basken svår att precisera. Det blev ofta litet för mycket eller för litet betong i basken. När det blev för mycket "skvimpade" betongen över baskens kanter, vilket medförde onödigt rengöringsarbete.



Figur 2:2:1:1 Arbetet vid den gamla betongfickan.

Betongfickans funktion vad det gällde flytbetong var dock något sämre. Detta hänförde sig till den ringa volymen 5 m^3 som fickan hade. Betongtransporten var som vanligt 5 m^3 och detta var inget problem för fickan när det gällde normalbetong, däremot när det gällde flytbetong. Betongen hade en tendens att "skvimpa över" fickans kanter, vilket resulterade i onödigt rengöringsarbete kring fickan. Detta gjorde att volymen betong per bil var tvungen att sänkas till $4,5 \text{ m}^3$.

Problemet blev härmed att få fram en större ficka. BPA har sedan en tid vid stora gjutningsarbeten ibland använt sig av en av Weelu framtagna helautomatisk betongficka. En undersökning av denna ficka har skett genom CBI:s försorg både vad det gäller funktion och ekonomi. Därför hänvisas till denna (rapport nr 8053).



Figur 2:2:1:2 Bild på Weelus automatiska hydraulficka

2:2:2 Betongbask

De betongbaskar som normalt användes på arbetsplatsen var dels en $0,45 \text{ m}^3$:s för väggjutningarna och dels en $0,75 \text{ m}^3$:s bask för valvgjutningarna. Båda dessa baskar var av äldre datum och tunga att hantera, kärvande luckor m.m.



Figur 2:2:2:1 Väggjutning med den gamla $0,45 \text{ m}^3$:s basken.

Därför beställdes en ny bask från ABS-GELL. Den nya basken var försedd med ratt och rektangulär öppning. Basken har en patenterad öppningsmekanism som medger en noggrann reglering av betongutsläppet. Volymen på basken var $0,75 \text{ m}^3$.

Anledningen till att just denna bask valdes var att man ansåg att den kunde användas till både vägg- och valvgjutningar. Detta visade sig vara ett riktigt antagande, se avsnitt 2:3.



Figur 2:2:2:2 Väg gjutning med den nya ABS-basken.

2:2:3 Vibrostav

På arbetsplatsen användes en elstav från Tremix med benämningen ES 570 för gjutningar med normalbetong.

Vid gjutningarna med flytbetong användes likaledes en elstav från Tremix nämligen ES 460. Denna stav hade bantats ner 30% för att minska amplitud och centrifugalkraft. På grund av flytbetongens mindre vibreringsbehov samt ur er-

gonomisk synpunkt var det önskvärt med en nedbantning. Tekniska data för de två elstavarna visas i tabell 2:2:3:1.

Tekniska data	ES 460 - 70%	ES 570
Frekvens (Hz)	200	200
Amplitud vid tubspets (mm)	0,7	1,2
Ljudtrycksnivå dB (A)	67-68	71-72
Centrifugalkraft (kN)	175	400
Tubvikt (kg)	5,5	6,5
Tublängd (mm)	400	450

Tabell 2:2:3:1 Tekniska data för elstavar. Bullermätningarna utfördes vid vibrering i betong.

Bakgrundsbullret vid mätningarna var 50-55 dB(A).

2:2:4 Bygglaser

EG Bygglaser typ 2900 som användes består av laserrör och ett roterande huvud. I det roterande huvudet bryts strålen 90° och när huvudet roterar bildas ett horisontellt referensplan av laserljus. För att detektera planet av laserljus används en fotocellmottagare.

Mottagaren fästes på en stång med en plan skiva i botten. På mottagarens baksida sitter tre signallampor. Den övre och undre lampan är röd medan den i mitten är gul. De röda lamporna indikerar om mottagarens nivå är för hög eller för låg. Den gula lampan lyser när höjden på mottagaren sammanfaller med laserplanet.

Tack vare denna metod av höjdkontroll slipper man utsätt-

ningen för punkter och utläggning av avdragsbanor för en balk samt ilagningar efter dessa.

Det är dock nödvändigt att vara noggrann vid användandet av fotocellmottagaren och se till att nedsättningarna är täta, annars föreligger det risk för att man får ett "vå- gigt" bjälklag och som en följd av detta dryga spacklings- kostnader.



Figur 2:2:4:1 Kontroll av gjuthöjd.

2:3 Tidsstudier väggjutningar

Vila förorsakad av annan verksamhet för kranen eller väntan på betong har ej medtagits under delmomentet vila när tiderna för gjutningarna har tagits fram. Om denna väntetid medtagits, hade jämförelsen mellan de olika metoderna ej blivit rättvisande.

Vid väggjutningarna bestod arbetslaget av tre man varav en var helt bunden vid betongfickan. Den mannens aktivitet

har ej varit föremål för detaljstudie eftersom arbetet han utförde ansågs vara detsamma oavsett vilken betongtyp som användes. Därför finns inte den tiden medtagen i tabellerna som visar de olika delmomenten, men väl i de redovisade totaltiderna. Detta gäller både för vägg- och valvgjutningarna.

I tabell 2:3:1 redovisas tidsåtgången för de två betongarbetarna uppe på bryggan vid väggjutning med normalbetong, uppdelat på de olika momenten vila, baskhantering, vibrering och avjämning.

Moment	Tid (min)	% av Σ -tid	
Vila	101,0	20,4	$V = 35,4 \text{ m}^3$
Baskhantering	181,0	36,6	$Y_{ta} = 196,5 \text{ m}^2$
Vibrering	141,0	28,5	
Avjämning	71,5	14,5	
Σ	494,5		

Tabell 2:3:1 Tidsdata för väggjutning med normalbetong.

Summavärdet på de olika delmomenten ger tillsammans med arbetaren vid betongfickan en totaltid på ca 12,36 timmar.



Figur 2:3:1 Väggtutning med normalbetong.

Vid de första gjutningarna med flytbetong (etapp 2) gick en stor del av tiden åt för betongkontroll m m, varför delmomentet vila har fått ett onormalt högt tidsvärde, se tabell 2:3:2.

Moment	Tid (min)	% av Σ -tid	
Vila	294	45,5	$V = 35,4 \text{ m}^3$
Baskhantering	173	26,8	$Y_{ta} = 196,5 \text{ m}^2$
Vibrering	122	18,9	
Avjämning	57	8,8	
Σ	646		

Tabell 2:3:2 Tidsdata för väggjutning med flytbetong etapp 2.

Totaltiden för väggjutningen under etapp 2 blev 16,15 tim.



Figur 2:3:2 Väggjutning med flytbetong etapp 2.

Vid en jämförelse av tabellerna 2:3:1 och 2:3:2 finner man att tiden för samtliga delmoment förutom vila minskat något.

Under väggjutningarna med flytbetong (etapp 3) byttes den gamla betongbasken med volymen $0,45 \text{ m}^3$ ut mot en ny bask på $0,75 \text{ m}^3$. Fördelarna visade sig vid tidsstudierna genom minskad tid för baskhantering och vila. Basken hade en öppningsmekanism som gav en noggrann reglering av betongutsläppet vilket visade sig under delmomentet avjämning.

Flytbetongens mindre vibreringsbehov ger också resultat i tidsstudien, se tabell 2:3:3.

Moment	Tid (min)	% av Σ -tid	
Vila	93,5	30,3	$V = 35,4 \text{ m}^3$
Baskhantering	110,0	35,7	$Y_{ta} = 196,5 \text{ m}^2$
Vibrering	67,0	21,7	
Avjämning	38,0	12,3	
Σ	308,5		

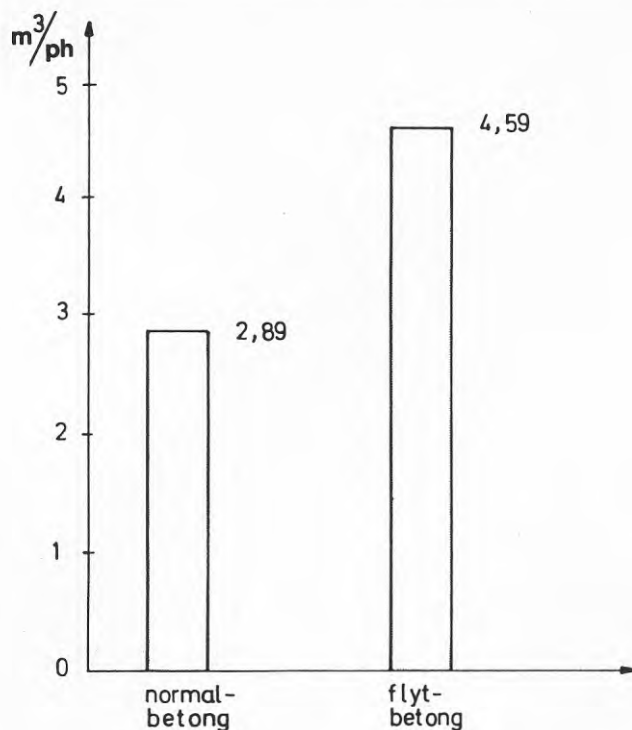
Tabell 2:3:3 Tidsdata för väggjutning med flytbetong etapp 3.

Totaltiden för väggjutningen under etapp 3 blev 7,71 tim. Vid denna etapp uppnåddes jämfört med etapp 1 en kapacitetsökning med ca 59%, se tabell 2:3:4. En stor del av denna ökning hänförs sig dock till basken och inte till flytbetongen.



Figur 2:3:3 Väggjutning under etapp 3.

Särskilt intressant är att vibreringsarbetet minskat med ca 52% trots att vibrostavens dimension och effekt har minskats. I tabell 2:3:4 visas kapacitetsskillnaden mellan normal- och flytbetong (etapperna 1 och 3).



Figur 2:3:4 Kapacitetsskillnaden mellan normal- och flytbetong vid väggjutningarna (etapperna 1 och 3).

2:4 Efterlagning av väggar

Det har gjorts en jämförelse mellan efterlagningens behovet när det gäller väggar gjutna med flytbetong kontra normalbetong.

Vad som har beaktats är porernas antal och djup samt tids- och materialåtgång för efterlagningen.

Allmänt gäller att både material- och tidsåtgång var mindre för utlagning av väggar gjutna med flytbetong.

Vid en del jämförelser var materialåtgången endast hälften av vad den var hos en vägg gjuten med normalbetong. När det gäller porernas antal så var de endast något mindre medan djup och storlek på porerna var betydligt mindre (ca 1/3 vid ett antal direkta jämförelser).

Av tabell 2:4:1 framgår tidsåtgången för efterlagningarna vid de olika väggjutningarna.

	Tid (h)	Yta (m ²)	pertim/m ²
Flytbetong	16	326	≈0,05
Normalbetong	32,5	332	≈0,10

Tabell 2:4:1 Data för utlagning av väggar.

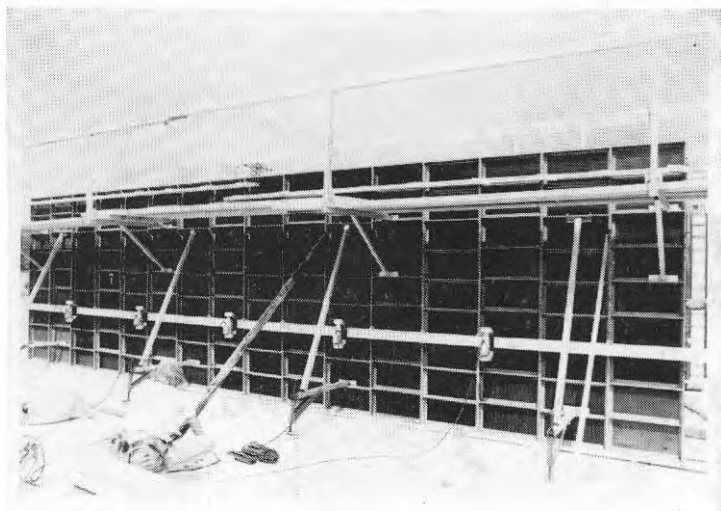
2:5 Försök med Alu-form

I samband med väggjutningarna under etapp 2 gjordes försök med ABM:s Alu-form och formvibratorer.

ABM:s Alu-form består av våningshöga aluminiumramar med en formyta av plastbelagd plywood. Ramarna finns i olika bredder från 150 till 600 mm. I detta fall användes luckor med storleken 2700 x 600 mm. Vikten för detta element är ca 29 kg och kan därmed hanteras av en man. Speciella formstag låser luckorna i sidled samt håller distansen mellan formsidorna och tar upp formtrycket.

Formstagen låses med kilar. Fyra stag erfordras i höjled för en lucka med 2700 mm höjd. Till formsystemet hör även formsträvor och gjutbryggor m m.

I detta fall monterades luckorna ihop till en 9,6 m lång väggform med en tjocklek på 200 mm. På formen sattes en Alu-balk för fastsättningen av formvibratorerna.



Figur 2:5:1 Alu-formen med påmonterade formvibratorer.

Vibrationsutrustningen bestod av 5 st motorvibratorer, typ Tremix 3000/2. Dessa var modifierade för att passa Alu-formen. Modifieringen bestod i att svängvikterna var konstruerade för att ge 60% av vibratorns normala kapacitet i ena rotationsriktningen och 30% i andra rotationsriktningen.

För att få de fem vibratorerna att samarbeta kopplades samtliga till en för detta ändamål konstruerad el-central. Den bestod av fem stycken vägguttag 380 V samt en fram- och back-omkopplare, varvid det åstadkoms 30%-alt 60%-vibreringseffekt.

I el-utrustningen ingick även väggintag för inkommande ström från ordinarie el-central samt en kopplingslåda.

Vibratorerna monterades på den längsgående Alu-balken, som var monterad på formen med en höjd av 880 mm från valvet. Avståndet mellan vibratorerna valdes till 1600 mm (= formlängden/6).

Varje vibrator var försedd med specialkonstruerad fästplatta för att passa Alu-balken.

Då formen var till hälften fylld (ca $2,2 \text{ m}^3$) med flytbetong sattes vibreringen igång och fortsatte sedan enligt tabell 2:5:1.

Tid min	Vibrering 56 - 111 kp	Formamplitud mm
1	56	≈0,03
6	111	≈0,05
3	56	≈0,01
11	111	≈0,03-0,01

Tabell 2:5:1 Data för formvibrering.

Under vibreringen började betongen att "rinna ut" mellan luckorna och även mellan bjälklaget och syllen. Detta torde till stor del bero på att finmaterialet i betongen hade en tendens att anrikas mot de vibrerande ytorna. Detta fenomen kan vara en fördel, eftersom man då får tätare ytor. Men i detta fall blev så inte fallet utan ytorna blev istället betydligt sämre än vanligt.

Ett annat problem var att bryggan vibrerade på ett sådant sätt att betongarbetarnas fötter "domnade bort".

2:6 Tidsstudier valvgjutningar

Vid valvgjutningarna bestod arbetslaget av fyra man. Deras arbetsuppgifter var i stort uppdelade på följande sätt.

Man 1	Hantering av betongfickan.
Man 2	Vibrering och höjdkontroll.
Man 3	Skyffling och baskhantering.
Man 4	Slodning och baskhantering.

Precis som vid väggjutningarna finns inte tiden för mannen vid betongfickan med i de tabeller som visar delmomenten. I tabell 2:6:1 redovisas tiderna för de tre arbetarna på valvet.

Moment	Tid (min)	% av Σ -tid	
Vila	121,0	27,8	$V = 57 \text{ m}^3$
Baskhantering	68,5	15,7	$Y_{ta} = 300 \text{ m}^2$
Vibrering	98,0	22,5	
Slodning	50,5	11,6	
Skyffling	97,5	22,4	
Σ	435,5 min		

Tabell 2:6:1 Tidsdata för valvgjutning med normalbetong.

Totaltiden blev här 9,68 timmar.

Under valvgjutningen i etapp 2 skedde liksom under väggjutningen ett antal provtagningar, varför momentet vila också här är oproportionerligt högt, se tabell 2:6:2.

Moment	Tid (min)	% av Σ -tid	
Vila	268,5	53,9	$V = 57 \text{ m}^3$
Baskhantering	78,0	15,6	$Y_{ta} = 300 \text{ m}^2$
Vibrering	35,5	7,1	
Slodning	40,5	8,1	
Skyffling	76,0	15,3	
Σ	498,5 min		

Tabell 2:6:2 Tidsdata för valvgjutning med flytbetong etapp 2.

Totaltiden för valvgjutningen med flytbetong etapp 2 blev 11,08 timmar.

Den absolut största skillnaden mellan de båda betongtyperna förutom vilan, vars orsaker förklarats tidigare, är vibreringsmomentet. Vibreringen under etapp 2 utfördes på ca 36% av vibreringstiden för normalbetong.

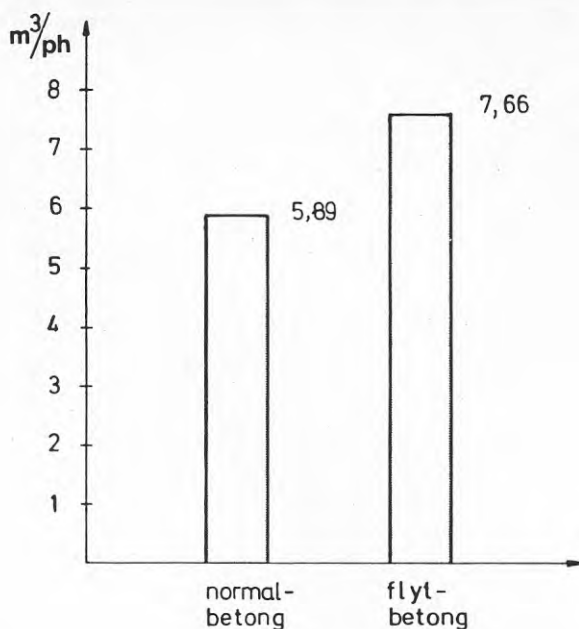
Under sista försöket med valvgjutning och flytbetong användes samma $0,75 \text{ m}^3$:s bask som vid väggjutningen etapp 3. Anledningen till detta var att arbetarna fann den nya basken betydligt mer lätthanterlig. I tabell 2:6:3 visas tiderna för etapp 3.

Moment	Tid (min)	% av Σ -tid	
Vila	134,5	40,1	V = 57 m^3
Baskhantering	67,0	20,0	Yta = 300 m^2
Vibrering	35,0	10,4	
Slodning	40,0	12,0	
Skyffling	58,5	17,5	
Σ	335,0 min		

Tabell 2:6:3 Tidsdata för valvgjutning med flytbetong etapp 3.

Totaltiden blev 7,44 timmar.

Att tiden för vila är något högre för flytbetongen än normalbetongen beror på att kapaciteten på kran-bask-cykeln inte var tillräcklig.



Figur 2:6:1 Kapacitetsskillnaden mellan normal- och flytbetong vid valvgjutning.

Kapacitetsskillnaden mellan de olika betongsorterna är 1,77 m³/ph. Det betyder att gjuttiden med flytbetong är ca 70% utav gjuttiden med normalbetong.

3 EKONOMI

Merkostnaden för en kubikmeter betong med flyttillsatsmedel är ca 25 kr (sättnått ca 21 - 22 cm). Utav dessa 25 kr utgör ca 40% en hanteringskostnad vid betongfabriken. Förutsättningen för de redovisade värdena är följande:

Arbetskostnad	85 kr/h
Merkostnad för flytbetong	25 kr/m ³
Väggstjocklek	0,15 m
Bjälklagstjocklek	0,19 m

Väggar:

Kapacitetsökning	+ 1,96 kr/m ²
Minskad kostnad för utlagning	+ 8,49 kr/m ²
Materialbesparing	+ 0,85 kr/m ²
Merkostnad flytbetong	- 3,75 kr/m ²
	<hr/>
	+ 7,55 kr/m ²

Med flytbetong uppnåddes således en besparing på drygt 7 kr/m² för väggjutningarna.

Valv:

Kapacitetsökning	+ 0,63 kr/m ²
Merkostnad flytbetong	- 4,75 kr/m ²
	<hr/>
	- 4,12 kr/m ²

När det gäller valvgjutningen blev fördyringen drygt 4 kr/m².

Allmänt sett är det alltså svårt att uppnå lönsamhet med flytbetong, när det gäller vanliga bjälklagsgjutningar. Däremot är väggjutningar med flytbetong lönsamt. Att observera är att de undersökta väggarna är av enklaste sort. Knappast några ursparingar, lite armering och inga bröstningar m m har funnits på de undersökta väggarna. På en tätarmerad vägg eller en vägg med bröstningar torde besparingen bli väsentligt högre.

4. SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER

4.1 BETONG

Ballastsammansättningen bör vara sådan att en jämnlöpande kurva utan språng erhålles. Vid transport med trågbil krävs normalt en finmaterialhalt (cement + ballast < 0,25 mm) av 400 kg/m³ och vid transport med roterbil 350 kg/m³.

Tillsatsmedlet skall vara typgodkänt. De skyddsanvisningar som gäller för respektive tillsatsmedel skall följas. Lämplig dosering bestämmes genom förprovning.

Konsistensen skall för att uppfylla kravet på "flytbarhet" vara 18-24 cm sättmått vid ankomst till arbetsplatsen. Enligt iakttagelser av betongarbetarna erhålles bästa bearbetbarheten vid ett sättmått på 21 cm.

Flytbetong är speciellt lämpligt att använda vid gjutning av trånga och hårt armerade konstruktioner samt vid läggning av betonggolv.

Flytbetong bör dock inte användas utan överform vid lutningar större än ca 3 %.

Vid beräkning av formtrycket vid vertikala gjutningar bör man beakta det ökade formtrycket som uppstår vid ökad gjuthastighet respektive lösare konsistens.

Formtrycket bör beräknas enligt formel:

$$P_{\max} = 15 \left(\frac{R}{30} \right)^{0,32} + 0,0042 T \cdot \left(0,75 + \frac{k \cdot S}{60} \right)$$

där P_{\max} = maximiformtrycket i Mp/m²

R = stighastighet i m/h

T = betongens ingångstemperatur i °C

S = betongens sättmått i cm

k = en konstant som är specifik för varje tillsatsmedel och 1,0 för normal betong

4.2 TRANSPORT

Vid transport av flytbetong måste följande beaktas:

För transportsträckor upp till ca 15 km kan trågbil användas om vägbeskaffenheten är sådan att inte transporttiden blir onormalt lång eller fordonet utsätts för alltför kraftiga skakningar. För längre transportsträckor rekommenderas roterbil. Hänsyn måste härvid tas till tillsatsmedlets "öppet-hållandetid", vilken kan variera avsevärt (se fabrikantens rekommendationer).

4.3 UTRUSTNING

4.3.1 Mottagningsfickor

Eftersom flytbetong flyter ihop och inte ger någon "topp" måste detta beaktas vid val av betongleveransens volym per lass. En betongficka som rymmer 5 m³ normalbetong kan inte ta emot mer än ca 4,5 m³ flytbetong, om säkerhetsmarginal mot överfyllning skall finnas.

Vid större betongarbeten rekommenderas helautomatisk betongficka av typ Weelu, som har en maximal volym på 6 m³ (5,5 m³ flytbetong).

För mindre betongarbeten är vanliga hydrauliskt manövrerade fickor lämpliga.

Pumpning av flytbetong är alltid användbar ur teknisk synpunkt, men ger ekonomi endast för verkligt stora betongarbeten eller i speciella fall, t ex under befintliga takkonstruktioner, då man av produktionstekniska skäl ej kan använda kran.

4.3.2 Betongbaskar

På grund av flytbetongens konsistensegenskaper måste den bask som användes medge en noggrann reglering av betongutsläppet. Vi fann att en bask från ABS-GELL, typ M73, med en patenterad öppningsmekanism, var lämpad för ändamålet. Denna bask kan användas för såväl vägg- som bjälklagsgjutningar.

4.3.3 Vibreringsutrustning

Flytbetong fordrar betydligt mindre bearbetning än normal betong. De vibreringsutrustningar, som användes för normalbetong är sålunda onödigt kraftiga. För horisontella gjutningar fordras endera bearbetning med vibrerande brygga eller stavvibrering.

I den här redovisade undersökningen har vi funnit att bryggan med fördel kan ersättas av en vibrostav med reducerad effekt och dimension. Om vibrobrygga skall uteslutas fordras dock användning av laser för nivåkontroll. Denna stav kan även användas för vertikala gjutningar och har följande fördelar ur arbetsmiljösynpunkt:

- a) minskad arbetsbelastning
- b) minskade vibrationspåkänningar
- c) minskad bullerbelastning

Data för vibrostaven redovisas i avsnitt 2.2.3. Tremix har konstruerat och tillverkat utrustningen, som ännu ej finns i serietillverkning.

På nuvarande stadium kan formvibrering ej rekommenderas generellt. Det finns dock fall där sådan kan vara lämplig, t ex tunnelform.

4.3.4 Gjutformar

Storflaksform är den formtyp som fungerar bäst tillsammans med flytbetong och även i övrigt visar god ekonomi. Detta beror främst på att antalet skarvar är få och man får på så sätt en "tät" form som gör att efterlägningsarbetena minimeras.

4.4 UTFÖRANDE

Man bör undvika alltför stor fallhöjd då betongmassan lämnar basken. Separationsrisken ökar påtagligt med ökande fallhöjd. Detta gäller i och för sig även vid arbeten med normalbetong men separationsrisken ökar vid flytkonsistens.

Alltför kraftig vibrering undviks då detta kan medföra försämrad homogenitet hos betongmassan. Efter en tids arbete med flytbetong kan en betongarbetare med ganska stor säkerhet bedöma det erforderliga komprimeringsbehovet.

4.5 PLANERING

När flytbetong skall användas bör detta planeras på ett tidigt stadium, så att tidplanen, val av utrustning och maskiner samt betongfabrikens planering anpassas till projektet. En god planering är en förutsättning för att de fördelar, som flytbetong erbjuder, skall kunna utnyttjas på ett optimalt sätt.

En av fördelarna är den ökade gjutkapaciteten, som möjliggör större gjutetapper.

Även ergonomiska och övriga arbetsmiljömässiga faktorer bör beaktas under planeringsskedet.

4.6 EKONOMI

Av de genomförda försöken kan man dra den slutsatsen att det är lönsamt att använda flytbetong vid väggjutningar men däremot ej vid normala valvgjutningar.

Att väggjutningarna blir lönsamma hänför sig till största delen av att betongytan blir betydligt tätare vid användandet av flytbetong än normalbetong. På så sätt minskas efterlagningsbehovet avsevärt. Om man redan i planeringsstadiet tar hänsyn till att flytbetong skall användas, kan den kapacitetsökning som den erbjuder eventuellt medföra att även valvgjutningar blir lönsamma.

4.7 ERGONOMI

Flytbetongens ergonomiska fördelar är numera så klart dokumenterade att ingen tvekan råder i detta hänseende. I många fall sammanfaller ergonomiska och direkta ekonomiska fördelar. Indirekta ekonomiska fördelar (samhällseconomiska) kan förväntas även i de fall då direkta ekonomiska fördelar ej uppnås.

Exempel på vanliga yrkesskador hos betongarbetare är rygg- och vibreringsskador (kärlkramp). Dessa bör kunna nedbringas högst väsentligt vid ökad användning av flytbetong.

5. SAMMANFATTNING

Målsättning för föreliggande utredning har i första hand varit att genom utveckling av den konventionella betonggjutningsutrustningen, samt med erfarenheter från tidigare undersökningar med flytbetong, få fram en för flytbetong anpassad produktionsmetod.

Att använda flytbetong är önskvärt främst av två skäl, dels är arbetet med normalbetong tungt och dels blir ytorna tätare, när man använder flytbetong.

Problemet är att flyttillsatsen gör att betongen blir dyrare. Det är därför nödvändigt att neutralisera kostnadsökningen på något sätt t ex genom ökad produktivitet eller lägre kostnader för efterarbeten.

Undersökningen har delats upp i 3 etapper

- studier av arbete med normalbetong (etapp 1)
- studier av arbete med flytbetong (etapp 2)
- studier av arbete med flytbetong baserad på erfarenheter från etapp 2

I varje etapp ingår studier av en valvgjutning (ca 300 m²) och av väggjutningar på ett våningsplan (ca 200 m²).

Väggjutningar

Den gamla betongbasken på 0,45 m³ byttes ut mot en av ABS-Gell framtagna bask på 0,75 m³. Den nya basken var försedd med ratt och rektangulär öppning. Basken har en öppningsmekanism som medger en noggrann reglering av betongutsläppet.

Den gamla vibrostaven byttes ut mot en nerbantad elstav framtagna av TREMIX AB.

Kapacitetsökningen vid väggjutningarna blev ca 50 % och besparingen ca 8:-/m² gjuten vägg.

Valvgjutningar

Under valvgjutningarna med flytbetong användes samma vibrostav och betongbask som vid väggjutningarna. Dessutom användes för höjdkontroll en EG-bygglasser för att slippa arbetet med vibrobrygga.

Kapacitetsökningen vid valvgjutningar med flytbetong blev ca 30%. Trots den relativt sett stora kapacitetsökningen uppväges ej den fördyring, som gjutningar med flytbetong innebär.

Vidare framkom det under gjutningarnas gång att ett sättmått omkring 21 - 22 cm var den konsistens som passade bäst för denna typ av arbete.

6. ERGONOMI

6.1 PROJEKTETS FÖRUTSÄTTNINGAR OCH MÅL

Ergonomin syftar till att anpassa förutsättningarna att lösa en arbetsuppgift till människans naturliga förutsättningar. Detta kan uppnås med olika medel som omfattar den uppgift som föreligger, det sätt uppgiften löses på eller de hjälpmedel som används. I vidare mening inverkar även miljöfaktorer som stress, trivsel och fysikaliska eller kemiska expositioner. Föreliggande projekt omfattar jämförelser mellan hur likvärdiga betonggjutningsarbeten kan utföras med två olika typer av betong och hur detta påverkar arbetssituationen ur ergonomisk synpunkt. Främst läggs kraftergonomiska aspekter på frågeställningen.

Flytbetong är en produkt som synes ha förutsättningar att skapa en ur ergonomisk synpunkt bättre arbetsmiljö för betongarbetarna. Utomlands har flytbetong använts i över tio år och dess andel av den totala mängd betong som används ökar stadigt. Produkten har visat sig ha många positiva egenskaper såväl ur konstruktions- som bearbetningsteknisk synvinkel. På senare tid har även ett stort intresse uppkommit för flytbetong i Sverige.

De tekniska egenskaperna hos flytbetongen har jämförts med normal betong i flera studier. I dessa har flytbetongen visat sig ha många företräden. Också ekonomiska och produktionstekniska studier har utfallit till flytbetongens fördel. Ergonomiska aspekter har dock veterligen aldrig lagts på dessa problem. En tidigare studie som utförts av BPA i samarbete med Bygghälsans forskningsstiftelse med ekonomiskt stöd från Byggforskningsrådet /Fredriksson-Voigt 1979/ visade, att en övergång från normal betong till flytbetong medförde avsevärt lägre arbetsbelastningar vid några utvalda arbetssituationer. De betongarbetare som studerades saknade dock

all erfarenhet av flytbetong och den utrustning som användes var inte anpassad till den lättflytande betongmassan. Jämförelsen med den normala betongen blev därför ofullständig.

Föreliggande studie avser att jämföra arbete med de båda betongsorterna, utfört med anpassade redskap och av personer med vana vid båda arbetssituationerna. Övriga arbetsbetingelser hålls i så hög grad som möjligt lika. Resultaten skall visa hur den ergonomiska situationen förändras vid byte av betong, vilka arbetsmoment som i olika belastningsfall ger sämst arbetssituation och därför bör utvecklas eller förändras och vilka kroppsdelar hos betongarbetaren som utsätts för högst belastning. Där så är möjligt skall konkreta förslag till förbättringar framläggas.

6.2 METOD

De ergonomiska studierna utförs med ARBAN-metoden. Denna metod har utvecklats speciellt för ergonomiska analyser av rörliga arbetssituationer, där arbetsplatsen, kroppsställningen och belastningen varierar avsevärt inom en arbetscykel. Metoden är närmare beskriven i bilaga 1. Analysförfarandet möjliggör beräkningar dels av jämförelsetal, s k belastningskoefficienter (BK) som tillåter direkta jämförelser mellan olika arbetssituationer ur ergonomisk synpunkt och dels upptecknande av diagram där belastningens variation med tiden uppritas. Man kan utpeka kritiska moment i arbetssituationen, såväl vad gäller hela kroppens belastning som för olika kroppsdelar.

Projektet omfattade jämförande studier av två typiska arbetsuppgifter för betongarbetare vid uppförande av bostadshus: gjutning av valv och gjutning av väggar.

För att arbetsbetingelserna i högsta möjliga grad skall vara jämförbara valdes två identiska plan på samma byggnad, där arbetena utfördes en gång med normal betong och nästa gång med flytbetong. Vid varje arbetsmoment valdes den för ändamålet bäst anpassade utrustningen. Sålunda användes två olika baskar vid väggjutningen och den vibrostav som användes vid flytbetongen hade lägre vikt och vibrationsintensitet än den för normal betong.

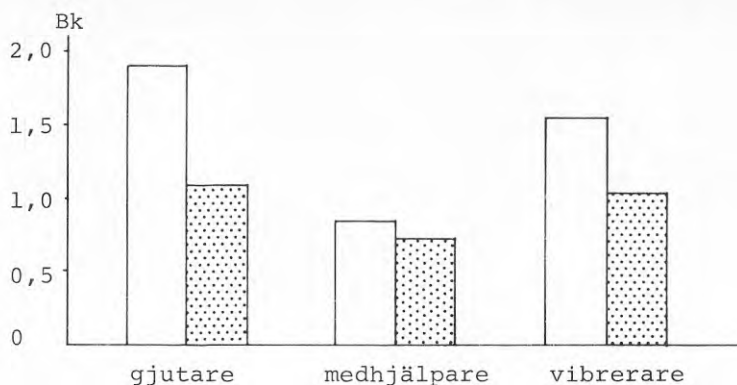
6.3 GJUTNING AV VALV

Gjutning av valv med kranburen bask utfördes av tre personer med en bestämd inbördes arbetsfördelning:

- "Gjutaren" tog emot basken och skötte tömningen av den samt fördelade sedan betongen med skyffel.
- "Medhjälparen" hjälpte gjutaren att manövrera basken på plats för tömning samt fördelade betongen med skyffel och finavjämnde ytan.
- "Vibreraren" skötte vibreringen av betongen.

I båda de studerade fallen användes lika stora baskar. Även i övrigt var arbetsbetingelserna likartade, förutom den mindre vibrostav som användes för flytbetongen. Studien omfattar alla arbetsmoment som ingår i en arbetscykel från mottagandet av en fylld bask till nästa. De olika arbetsmomentens tidsandelar av cykeln är representativa för det utförda arbetet, liksom den arbetsteknik som använts.

De i ARBAN-analysen beräknade Bk för hela arbetscykeln visar att flytbetongen var bättre ur ergonomisk synpunkt än normal betong.



Figur 1 Jämförelser mellan belastningskoefficienterna för tre man som utförde samma arbete med valvgjutningen med normal betong (vit) och flytbetong (prickad stapel). I samtliga fall erhöles förbättringar av den totala belastningssituationen. Förbättringen var störst för de tyngre arbetsuppgifterna som utfördes av "gjutaren" och "vibreraren".

Figur 1 visar att minskningen av belastningen var för gjutaren 43%, för vibreraren 29% och för hjälparen 16%. Sålunda innebar övergången till flytbetong mycket stora förbättringar för gjutaren och vibreraren och en liten förbättring för medhjälparen.

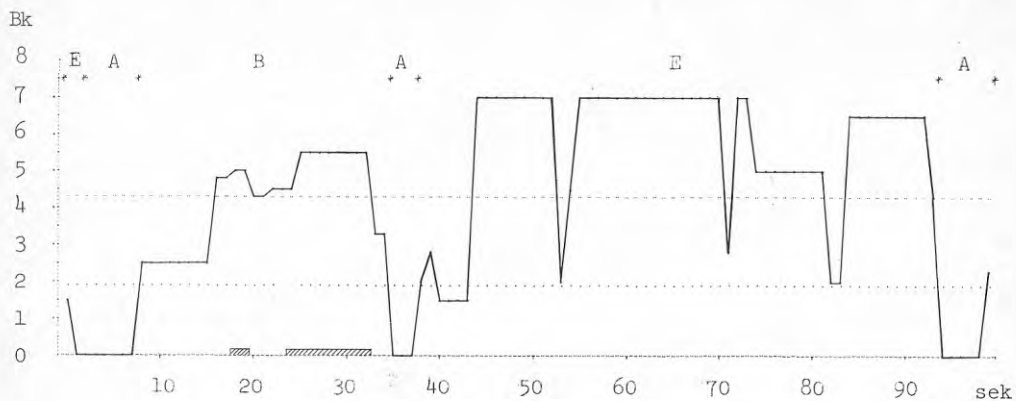
Studerar man hur dessa belastningar var fördelade på personernas olika kroppsdelar, finner man även här i praktiskt taget alla fall där belastningen var av betydelse att flytbetongen gav förbättringar. Detta innebär att ingen väsentlig omfördelning av arbetsbelastningen förekom, vilket skulle kunnat indikera att nya riskmoment uppkommit. Belastningen var genomgående störst på skuldror/armar.

	Normal betong			Flytbetong		
	gjutare	med- hjälp	vib- rerare	gjutare	med- hjälp	vib- rerare
Huvud/ nacke	0,46	0,20	0,07	0,31	0,30	0,49
Skuldror/ armar	4,31	2,41	3,44	2,48	1,89	2,67
Ländrygg	3,30	1,37	3,19	1,67	0,93	1,78
Höfter/ ben	1,08	0,27	0,75	0,64	0,30	0,43

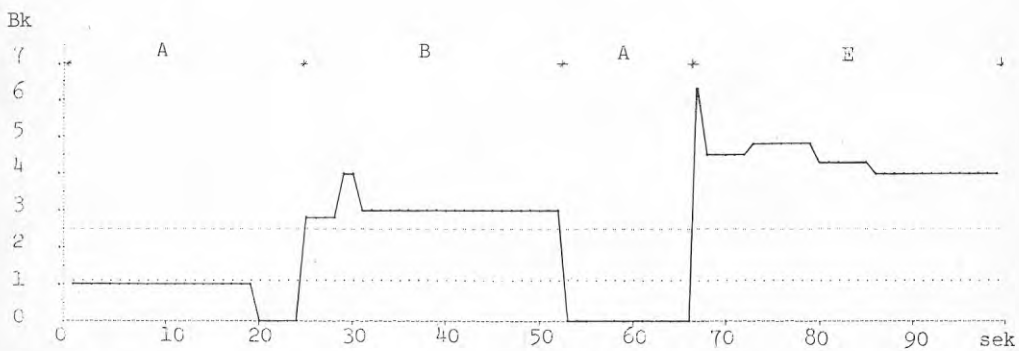
Tabell 1 Belastningskoefficienter för olika kroppsdelar vid gjutning av valv med normal betong och flytbetong. Övriga förutsättningar för arbetsutförande var likartade, varför hela förändringen beror på betongen.

Övergången från normal betong till flytbetong gav för skuldror/armar en genomsnittlig förbättring med 38% från $B_k = 3,4$ till $B_k = 2,4$. Den näst mest belastade kroppsdelens var ländryggen. Här medförde flytbetongen en förbättring med 44% från $B_k = 2,6$ till $B_k = 1,5$. Belastningarna på övriga delar av kroppen torde vara av underordnad betydelse ur ergonomisk synpunkt.

Fördelningen av belastningarna vid arbete med normal betong på gjutarens skuldror/armar vid olika arbetsmoment visar genomgående högst värden vid skyffling, se figur 2. Samma tendens finner man för belastningen på ländryggen, se figur 4. Här medför dock ett starkt inslag av statisk muskelbelastning att situationen kan förmodas vara extra ogynnsam. Vid övergång till flytbetong minskar belastningarna vid skyfflingen avsevärt på både skuldror/armar och ländrygg, se figurerna 3 och 5. En hel del statisk muskel-

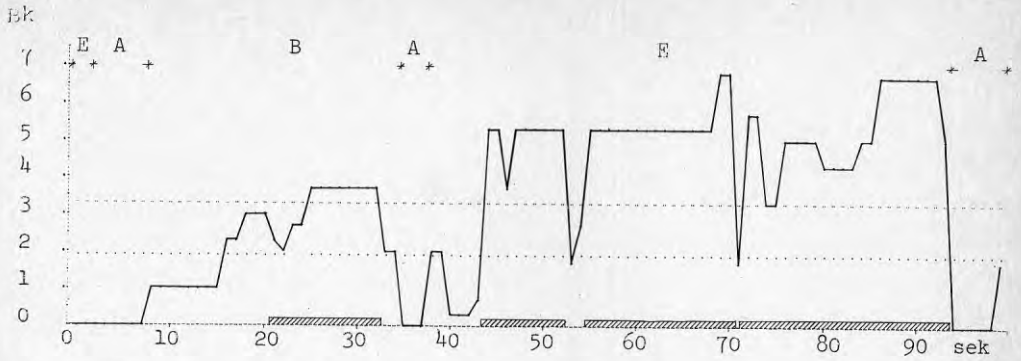


Figur 2 Belastningen på gjutarens skuldror/armar vid arbete med normalbetong

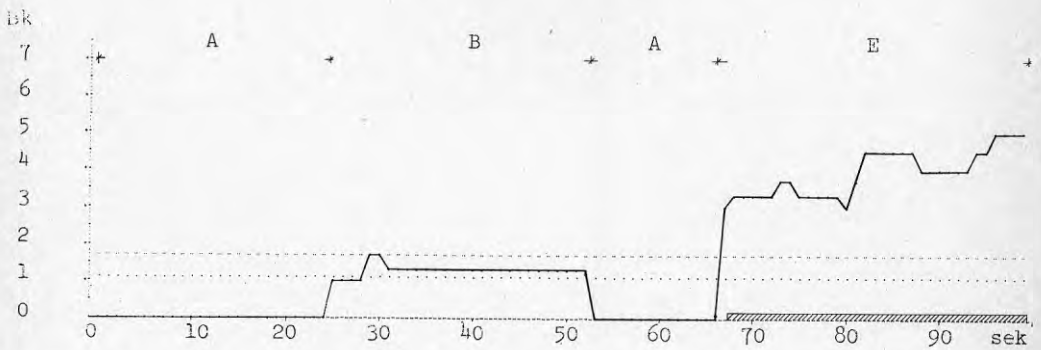


Figur 3 Belastningen på gjutarens skuldror/armar vid arbete med flytbetong

- ▨ statisk belastning
- A vila
- B baskhantering
- C vibrering
- D slodning
- E skyffling



Figur 4 Belastningen på gjutarens ländrygg vid arbete med normalbetong



Figur 5 Belastningen på gjutarens ländrygg vid arbete med flytbetong

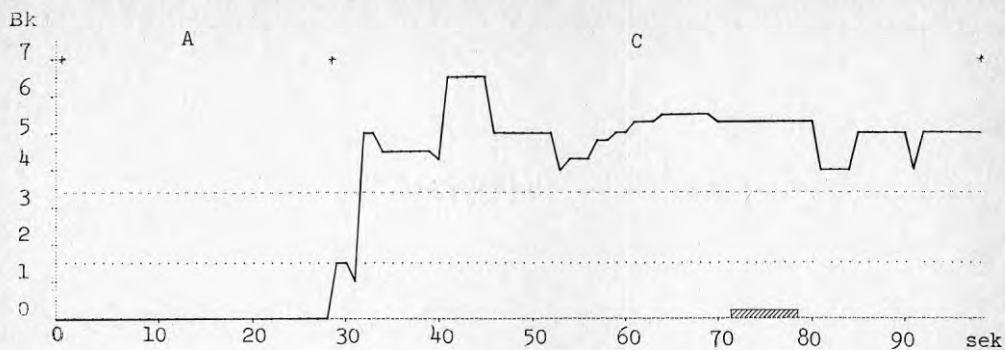
- ▨ statisk belastning
- A vila
- B baskhantering
- C vibrering
- D slodning
- E skyffling

belastning på ryggen kvarstår dock, varför detta bör beaktas vid vidareutvecklingen av arbetsmetoden.

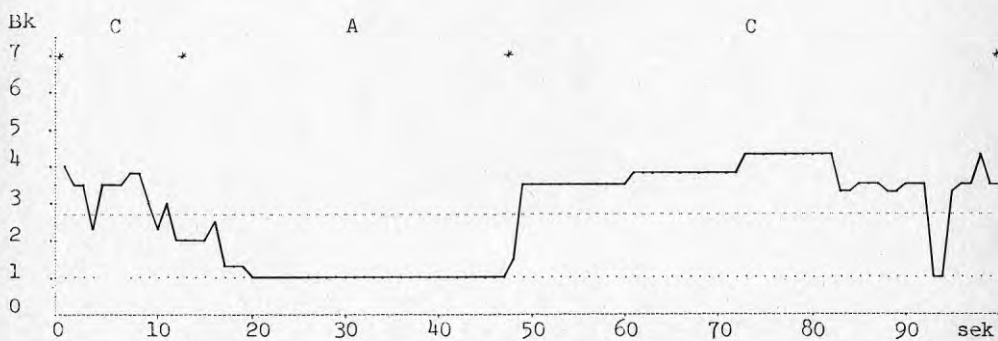
Vibrerarens arbete med vibrostaven medför en tämligen hög och jämn belastning på skuldror/armar, dock utan nämnvärd statisk belastning. Vid övergång från normal betong till flytbetong minskade belastningen främst tack vare kortare vibreringstid och lättare, mindre intensiv vibrostav, se figurerna 6 och 7. Belastningen på ländryggen minskade av samma anledning, men eftersom arbetet med normal betong medförde långvarig statisk belastning på ryggen, var förbättringen här av mycket stor betydelse. En ytterligare avkortning av vibreringstiden för flytbetongen vore dock önskvärd.

Medhjälparens belastning synes inte vara så tung att en djupare analys av arbetssituationen erfordras. Vid normal betong var det mest belastande arbetsmomentet för skuldror/armar skyffling, medan flytbetongen gav honom ökad belastning vid hanteringen av basken, se figurerna 8 och 9.

Vid gjutning av valv medförde övergången från normal betong till flytbetong genomgående att betongarbetarnas arbetsbelastning blev lägre och den ergonomiska situationen sålunda förbättrades. För hanteringen av basken torde faktorer som baskens konstruktion, främst luckans öppningsmekanism, och hur kranen förs vara av stor betydelse. Det senare även i samband med vindsituationen. Skyffling av betongmassa är ett tungt arbetsmoment som kan underlättas genom att använda flytbetong. Förbättringen åstadkoms dels genom att mindre massor måste fördelas, då betongen flyter ut bättre, och dels genom att massan kan försas i stället för lyftas på skyffeln. Vidare förkortas tiden för fördelningsarbetet. Trots den lättare, mindre intensiva vibrostaven verkar vibreringstiden för flytbetong överdrivas något. En minskning av vibreringstiden torde ge ytterligare ergonomiska vinster utan att arbetets kvalitet försämras.

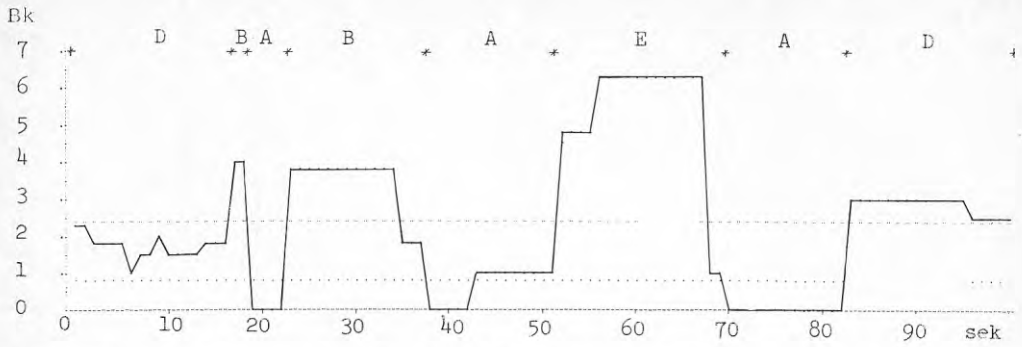


Figur 6 Belastningen på vibrerarens skuldror/armar vid arbete med normalbetong

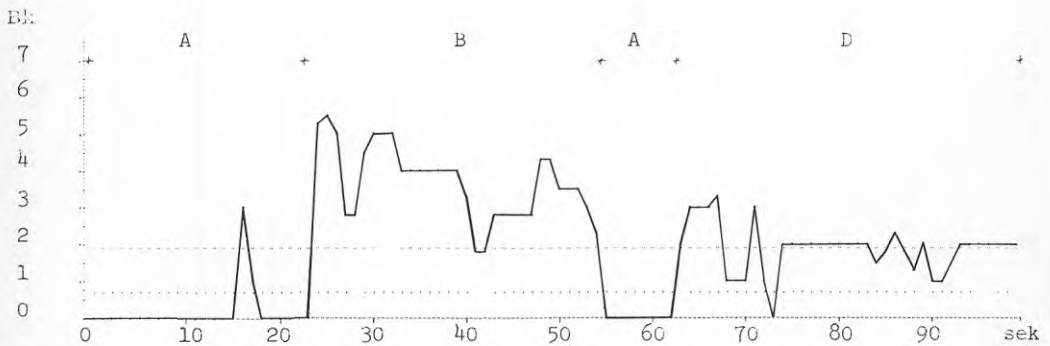


Figur 7 Belastningen på vibrerarens skuldror/armar vid arbete med flytbetong

- ▨ statisk belastning
- A vila
- B baskhantering
- C vibrering
- D slodning
- E skyffling



Figur 8 Belastningen på medhjälparens skuldror/armar vid arbete med normalbetong



Figur 9 Belastningen på medhjälparens skuldror/armar vid arbete med flytbetong

- ▨ statisk belastning
- A vila
- B baskhantering
- C vibrering
- D slodning
- E skyffling

6.4 GJUTNING AV VÄGGAR

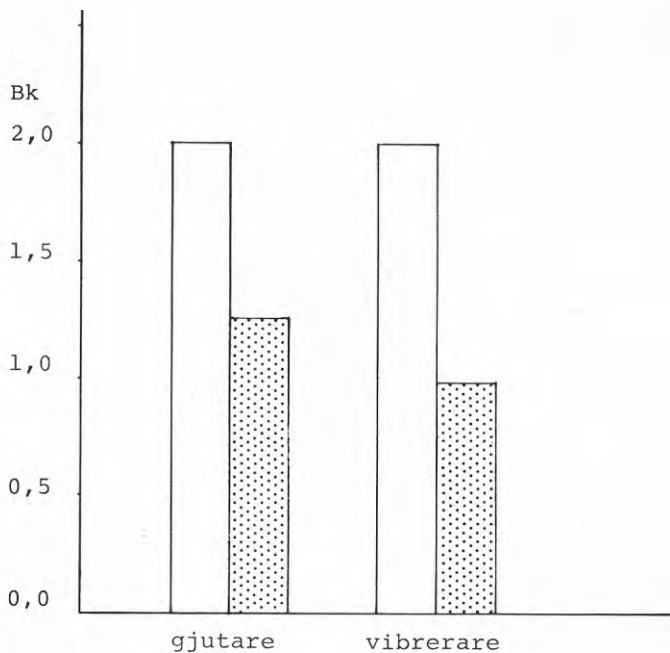
Väggjutningen utfördes av två personer med följande arbetsfördelning:

- "Gjutaren" hanterade basken och skötte tömningen av den.
- "Vibreraren" hjälpte till att manövrera basken och vibrerade betongen med en vibrostav.

Vid gjutningen med normal betong användes en bask med volymen $0,45 \text{ m}^3$ och med flytbetong en med volymen $0,75 \text{ m}^3$. I övrigt var förutsättningarna likvärdiga. Volymskillnaderna på baskarna gör att en direkt jämförelse mellan en arbetscykel med varje betongtyp blir missvisande, då olika arbetsprestationer utförts. Standardiseras arbetsprestationen till en viss volym gjuten betong, t ex 1 m^3 , kan detta kompenseras till en del, dock ej fullständigt. De arbetscykler som analyserats är representativa för denna typ av arbete, såväl innehållsmässigt som vad gäller de tidsandelar olika arbetsmoment upptar.

De totala belastningarna var, efter omräkning till arbetsvolymen 1 m^3 betong, för gjutaren vid normal betong $B_k = 1,96$ och vid flytbetong $B_k = 1,21$, sålunda en förbättring med 38%, se figur 10. För vibreraren var motsvarande värden för normal betong $B_k = 1,97$ och flytbetong $B_k = 0,92$, sålunda en förbättring med 53%. Beaktas inte de olika arbetsvolymerna, framstår dock belastningssituationerna som lika tunga, d v s med flytbetongen uppnår man att ett lika tungt arbete går snabbare. I jämförelsen nedan förutsätts det att denna tidsvinst utnyttjas för återhämtning. Om tidsvinsten däremot nyttjas för kapacitetsökning, kan kapaciteten höjas med ca 40% utan ökad arbetsbelastning. Detta är dock sannolikt inte praktiskt möjligt, eftersom arbetscykelns längd huvudsakligen bestäms av tiden för transport och påfyllning av basken. Troligen

kommer fördelarna med flytbetongen i praktiken att såväl minska belastningen som höja kapaciteten något.



Figur 10 Jämförelse mellan belastningskoefficienterna för de två man som utförde väggjutning med normal betong (vit) och flytbetong (prickad stapel). Arbetsvolymen har omräknats till 1 m^3 gjuten betong i båda fallen.

Studerar man hur belastning var fördelad på olika delar av kroppen, finner man att skuldror/armar är de mest utsatta delarna, följt av belastningen på ryggen, se tabell 2. Övriga kroppsdelar är relativt litet belastade. Bk är också högre för flytbetong än för normal betong för en arbetscykel. Detta beror på att man under en cykel göt 67% mer flytbetong än normal betong.

	normal betong		flytbetong	
	gjutare	vibrerare	gjutare	vibrerare
Huvud/ nacke	0,46	0,43	0,70	0,51
Skuldror/ armar	1,71	2,14	2,70	2,93
Ländrygg	1,27	1,47	1,87	1,88
Höfter/ ben	0,67	0,42	0,35	0,18

Tabell 2 Belastningskoefficienter på olika kroppsdelar vid väggjutning, en arbetscykel med baskvolymer NB = 0,45 m³ och FB = 0,75 m³. En flytbetong-bask gav sålunda 67% mer arbete.

Belastningarna är inbördes lika fördelade på kroppen vid arbete med normal betong och flytbetong. Detta tyder på liknande karaktär på arbetet och att sannolikt inga nya riskmoment har tillkommit.

Fördelningen av belastningen i en arbetscykel på olika arbetsmoment visar, att hanteringen av basken, d v s mottagning, stabilisering och tömning, är det tyngsta momentet för alla inblandade, se tabell 3. Detta gäller såväl för den momentana belastningen (Bk) som för belastningsvolymer (Bk x tid). Vid beräkningen av tiden har arbetsvolymer standardiserats till 1 m³ för att talen skall bli jämförbara. Detta tyder på att man med flytbetong arbetar betydligt effektivare eller man använder mindre tid och kraft för att utföra samma arbete. Vibrerarens belastning sjunker radikalt vid övergång till flytbetong, så att inget av arbetsmomenten når anmärkningsvärt höga medelbelastningar. För gjutaren kan dock hanteringen av basken fortfarande anses vara ansträngande, även om belastningen minskar med 35%.

Arbetsmoment	Normal betong						Flytbetong					
	gjutare			vibrerare			gjutare			vibrerare		
	Bk	sek tid	Bk x tid	Bk	sek tid	Bk x tid	Bk	sek tid	Bk x tid	Bk	sek tid	Bk x tid
Vila	0,10	109	10,9	0,07	84	5,9	0,15	48	7,2	0,06	52	3,1
Hantering av bask	1,98	73	145,2	1,47	73	107,8	1,61	59	94,5	1,17	33	39,0
Vibrering	-	0	-	1,29	64	83,1	1,11	1	1,5	1,11	40	44,4
Avjämning	0,99	40	39,6	-	0	-	0,71	25	18,0	0,71	8	5,7

Tabell 3 Fördelning av belastningen på hela kroppen på olika i arbetscykeln ingående moment. Vid beräkningen av Bk x tid har medellängden för gjutning av 1 m³ betong använts för att erhålla jämförbara värden.

Betraktar man motsvarande belastningsvärden för skuldror/armar finner man samma tendenser som för kroppen totalt. Se tabell 4. Här visar sig dock vibrerarens belastningsvolym ha ökat något till följd av längre vibreringstider. Sannolikt utförs i detta fall en övervibrering, och vibreringstiden för flytbetongen torde kunna minskas väsentligt.

Arbetsmoment	Normal betong						Flytbetong					
	gjutare			vibrerare			gjutare			vibrerare		
	Bk	sek tid	Bk x tid	Bk	sek tid	Bk x tid	Bk	sek tid	Bk x tid	Bk	sek tid	Bk x tid
Vila	0,21	109	22,8	0,04	84	3,7	0,32	48	10,7	0,15	52	2,7
Hantering av bask	3,69	73	270,6	3,11	73	288,3	3,79	59	247,8	2,48	33	72,7
Vibrering	-	0	-	3,82	64	246,1	-	1	-	3,80	40	304,1
Avjämning	2,19	40	87,8	-	0	-	2,92	25	97,3	1,80	8	60,6

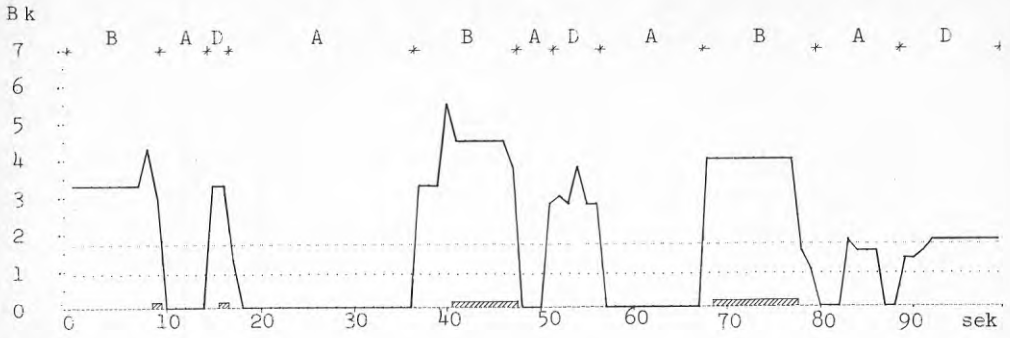
Tabell 4 Fördelning av belastningen på skuldror/armar för olika arbetsmoment. I övrigt lika tabell 3.

Gjutarnas tid/belastningskurvor för skuldror/armar visar, som väntat, hög belastning vid hanteringen av bask. Se figurerna 11 och 12. Detta arbetsmoment ger även upphov till statisk muskelbelastning, vilket sannolikt bidrar ytterligare till att göra detta arbete ogynnsamt. Då figurerna visar en cykel var, med olika betongvolymmer, måste detta beaktas. Vid flytbetongen är baskhanteringen mindre tung i början, men den statistiska belastningen gör, att den ökar med tiden.

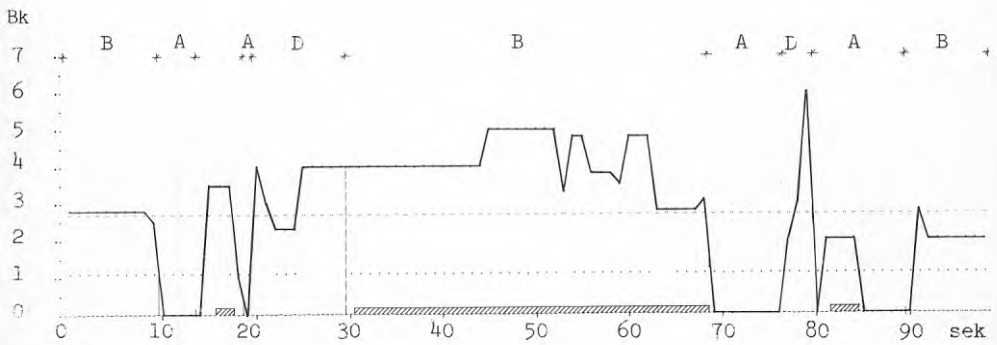
Belastningen på vibrerarens skuldror/armar är högst vid hanteringen av vibrostaven. Se figurerna 13 och 14. Här, liksom hos gjutaren, medför den större volymen på basken i kombination med statisk muskelbelastning en kontinuerligt tilltagande arbetstyngd. Detta innebär att den fördel som vunnits med den lättare och mindre intensiva vibrostaven motverkas av den längre belastningstiden med kontinuerligt tilltagande tyngd. Man måste sålunda vara observant på baskens volym, särskilt i de fall som en större volym medför förlängt statistiskt arbete.

Det faktum att studien har utförts på två olika typer av bask med avsevärda olikheter i volym, försvårar en direkt jämförelse mellan arbetsbelastningarna. Genom att standardisera arbetsvolymen till 1 m^3 gjuten betong i stället för en arbetscykel, med omräkningar som grundar sig på ingående tidsstudier, har jämförelsetal kunna beräknas som tillåter bättre slutsatser. Man måste dock beakta den statistiska muskelbelastningen, som härigenom ger flytbetongen relativt sämre värden än vad som vore rättvisande.

Genomgående ger flytbetongen effektivare arbete, så att man med en viss arbetsinsats åstadkommer avsevärt mera. Detta kan såväl ge högre arbetshastighet utan försämrad arbetssituation av byggtiden. Den ideala kompromissen innebär sannolikt förbättringar av båda faktorerna.

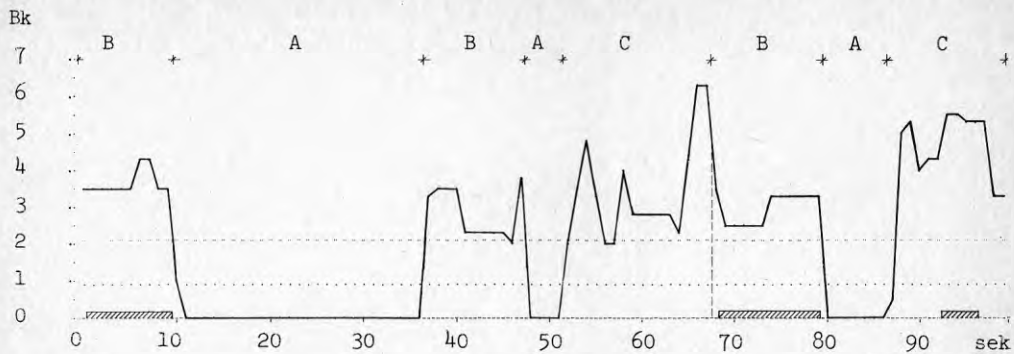


Figur 11 Belastningen på gjutarens skuldror/armar vid arbete med normalbetong (vägg)

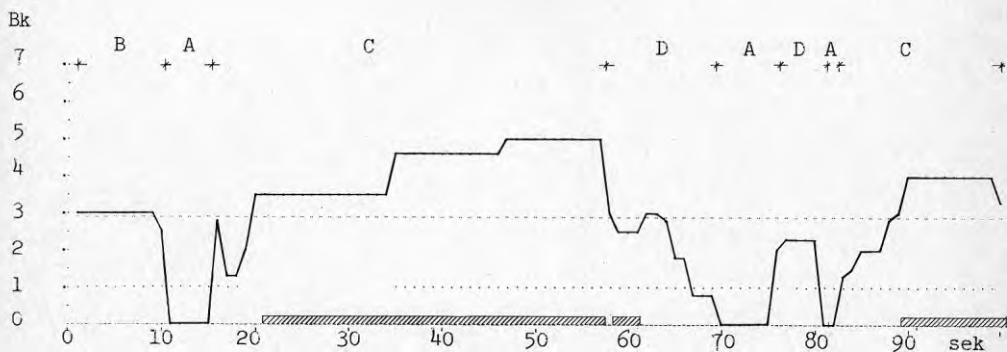


Figur 12 Belastningen på gjutarens skuldror/armar vid arbete med flytbetong (vägg)

- ▨ statisk belastning
- A vila
- B baskhantering
- C vibrering
- D avjämning



Figur 13 Belastningen på vibrerarens skuldror/armar vid arbete med normalbetong (vägg)



Figur 14 Belastningen på vibrerarens skuldror/armar vid arbete med flytbetong (vägg)

- ▨ statisk belastning
- A vila
- B baskhantering
- C vibrering
- D avjämning

6.5 SAMMANFATTNING

Föreliggande undersökning omfattar jämförande analyser av de ergonomiska situationerna för betongarbetare som utför likartade gjutningsarbeten med två olika typer av betong: normal betong och flytbetong. De studerade arbetsuppgifterna är gjutning av valv och väggar.

De ergonomiska analyserna har utförts med ARBAN-metoden. Analysresultaten visar att flytbetongen genomgående gav betydande förbättringar ur ergonomisk synpunkt, jämfört med normal betong.

En arbetscykels längd bestäms huvudsakligen av tiden för transport med kran och fyllning av basken. Vid gjutning av valv användes baskar med samma volym för båda betongtyperna. Här gav övergången till flytbetong dels mer tid för återhämtning i väntan på nästa bask och dels att arbetet blev mindre tungt och gick snabbare.

Väggjuttingen utfördes med baskar som hade olika volym, $0,45 \text{ m}^3$ för normal betong och $0,75 \text{ m}^3$ för flytbetong. Detta medförde mer arbete med tömning, fördelning och vibrering av betongen, trots att arbetscykeln var i det närmaste lika lång. Tiden för återhämtning blev därför kortare. Trots detta förblev den genomsnittliga belastningen över en arbetscykel i det närmaste lika. Inte heller ökade tiden för utförandet av olika moment i arbetet i proportion till den ökade betongvolymen. Beträktar man arbetsinsatsen per producerad enhet, i detta fall per m^3 betong, erhåller man betydande vinster vid övergång till flytbetong. I de arbetsmoment som medför statisk muskelbelastning måste man dock iaktta att dessa inte blir för långa, då belastningen här växer starkt med tiden.

ARBAN-metoden ger relativa värden på belastningarna som kan jämföras inbördes men ej tilldelas ett absolut tal-

värde. Detta medför att man kan jämföra olika arbeten och arbetsmoment inom studien men ej ge ett absolut utlåtande om huruvida en viss belastning kan anses tillåten eller ej. De förbättringar som erhöles vid övergången till flytbetong var dock så stora, att de måste betecknas som klara förbättringar av betongarbetarnas arbetssituation.

Utanför den ovan relaterade studien kan nämnas, att flytbetongen fyllde formen bättre, vilket gav bättre ytor som fordrade mindre efterbearbetning än normal betong. Detta arbetsmoment ingår ej i undersökningen men det utförs på samma sätt vid båda betongsorterna. Ytförbättringen med flytbetong gjorde, att mindre sådant arbete erfordrades och det gick ungefär dubbelt så fort som vid normal betong. Bättringsarbetet anses tungt och det svarar för en stor del av betongarbetet, så att denna fördel med flytbetongen är av stort värde.

LITTERATURFÖRTECKNING

- /1/ Johansson A Automatisk mottagningsficka för
betong.
Cement och Betonginstitutet
Rapport nr 8052.
- /2/ Johansson A Flytbetong - egenskaper, arbets-
teknik och användningsmöjligheter.
Cement och Betonginstitutet
Fo 1:79.
- /3/ Fredriksson G och Jämförande ergonomisk undersökning
Voigt P av betonggjutningsarbeten med nor-
malbetong och flytbetong.
BPA Teknisk Utveckling och Bygg-
hälsans forskningsstiftelse 1979.
- /4/ Engqvist M,
Fredriksson G,
Johansson A och Flytbetong - Användningsområden,
Petersons N arbetsteknik och ekonomi.
BPA Teknisk Utveckling och CBI
1979.

XX INTERNATIONAL CONGRESS ON OCCUPATIONAL HEALTH

September 25 - October 1, 1981 Cairo - Egypt

ABSTRACT FORM

DEADLINE : JANUARY 31, 1981

Mail abstract form in 3 copies , together with registration form, fees to the secretariat.

<p><i>Title</i></p> <p>A method for Systematic Ergonomic Work Analysis - ARBAN</p>
<p><i>Author(s)</i></p> <p>Peter Holzmann</p>
<p><i>Abstract</i></p> <p>The "ARBAN" method is a method for ergonomic analyses of moving work, including work situations with widely altering body postures and loads. The method is constructed to:</p> <ul style="list-style-type: none"> - be easy to handle, - be possible to use also by staff with limited ergonomic education, - be possible to carry out without interfering in the working process or disturbing the labourer, - give reliable data on the ergonomic properties of the situation, - give results that are easily interpreted also by persons with little ergonomic knowledge and - make it possible to check up the results afterwards. <p>The idea of the method is that all phases of the analysis process that implies specific knowledge on ergonomics are taken over by the equipment and a computer routine. All tasks that must be carried out by the investigator in the process of analysing are so designed that they appear as evident by using only common sense systematically. The ARBAN analysis method contains four steps: 1) recording of the workplace situation on video or film, 2) coding the posture and load situation at a number of closely spaced "frozen" situations, 3) computerization and 4) evaluation of the results. The computer calculates figures of the total ergonomic stress on the whole body as well as different parts of the body separately. They are presented as "ergonomic stress/time curves", where the heavy load situations occur as peaks of the curve. The work cycle may also be divided into different tasks, where the stress- and duration patterns can be compared. The integral of the curves are calculated for single-figure comparison of different tasks as well as different work situations.</p> <p>The ARBAN method has already been successfully used in a number of ergonomic field studies for solving problems such as:</p> <ul style="list-style-type: none"> - studying individual workplace design, - studying and comparison of individual working techniques, - comparison of different tools for the same purpose, - comparison of different materials, handling of it and the working technique it implies and - comparison of different construction alternatives.

ARBAN - A video method for ergonomic postural analysis

Peter Holzmann Dr.sc.Techn.
Research Foundation for Occupational Safety and Health in
the Swedish Construction Industry.
Box 26055, S-100 41 Stockholm, Sweden.

ARBAN is a new method to analyse the ergonomic conditions of work. The method is based on continuous video recordings of a work site and the tape is analysed in a laboratory. Thereby, the tape is stopped and the picture on the TV-screen is "frozen" at short intervals. The posture, isometric load and passive and active forces of the different parts of the labourer's body at the frozen moment are observed separately. After the analysis is completed, the data is fed into a computer. Thereby, the stress of every part of the body and the body as a whole is calculated to give the total stress of the instant situation. The results show to what amount the different parts of the body are overloaded and if the problems are mainly caused by heavy loads, frequently recurring moderate loads or working in a bad posture. It also gives a comparable assessment of the total ergonomic situation. The pictures and the statistical analysis together form a basis for developing work facilities.

Background

In Sweden the increasing demand for a better working environment has resulted in an increasing interest in ergonomic evaluation. A study of the available evaluation methods has shown that they often have deficiencies which reduces their practical utility. The need for a simple, quick, reliable and cheap method has therefore increased.

At present the most common method is direct observations of the workplace with a more or less structured plan. This method often results in systematic failures due to the fact that a lot of important information is overlooked. Those failures can only be discovered and eliminated with difficulty afterwards.

Even such field methods which include documentation of the workplace situation, for example with pictures, and completion of the results afterwards often have shortcomings. Only few practically usable systematic evaluation methods are available.

Aim

The aim of the described method, called ARBAN, is to develop a simple and easy-to-handle method with a broad field of application. Within such methods there are two sources of error; the man and the system. ARBAN is designed such that both man and machine do what they are best at, thus reducing the possibility of error. Furthermore, even persons with a minimum of education in ergonomics will be able to use the method after a few hours of training.

The analysed results shall make it possible to identify critical moments of the studied work as well as compare different work places, for example a task that may be solved in two different ways or with different tools.

Finally, the method shall allow the person that carries out the analyse to work in a correct way, from an ergonomic point of view, so that his effort gives an optimum of benefit. This is achieved by the fact that all segments of the task, that do not necessarily need the capacity of a human brain, are recorded on technical equipments such as film or video and computers.

Method

The ARBAN-method is based on the principle of frequency studies. That means that a continuously changing work situation is regarded as a series of "frozen" pictures. Therefore, the work situation is filmed, preferably with a video recorder, and then the film is analysed in a laboratory. This means that the analysis can be carried out comfortably and calmly, whereby ambiguous parts may be repeated and experts can be consulted, Fig. 1.

By the evaluation of the film, at every "frozen" picture, the posture of the body is first regarded as a whole and then the stress on every part of the body is regarded separately. The observation results, regarded also in connection with the previous observations, makes it possible to calculate the instant total ergonomic situation and how the stresses are distributed on the different parts of the body.

Every part of the body is evaluated with regard to four independent observations, Figure 2.

- The stress due to the position of the bodypart, in relation to the adjoining parts of the body
- Isometric muscle load
- Forces generated by the body
- External forces influencing the body (shock and vibration)

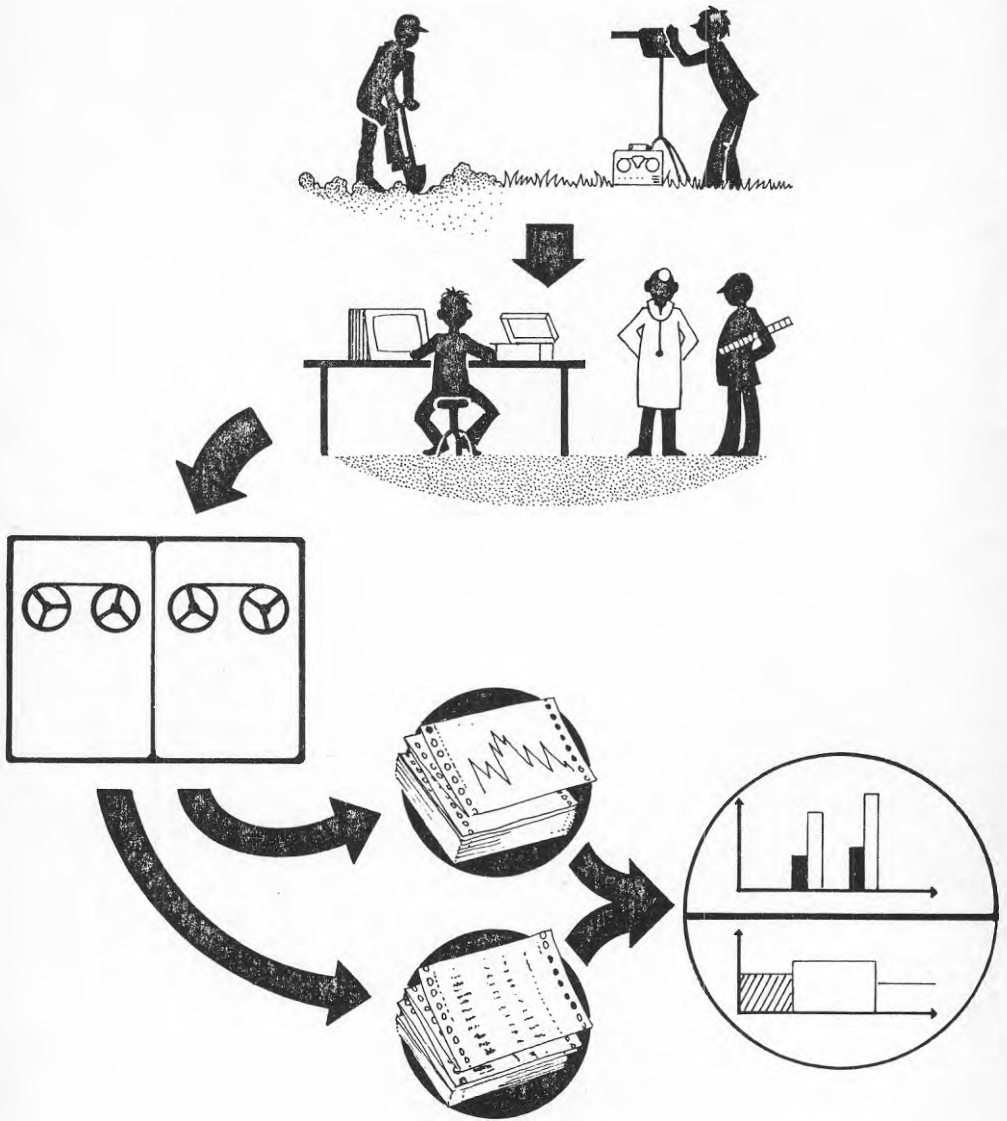


Fig. 1. Schematic presentation of the ARBAN analysis method.
 • Recording - Evaluation - Computerisation - Analysis.

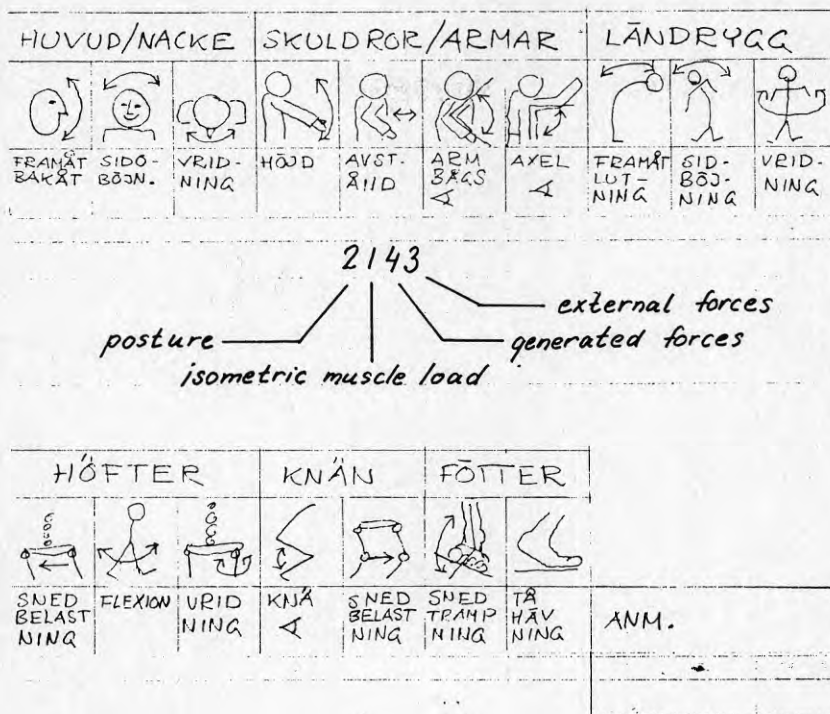


Fig. 2. Evaluation protocol for coding of ergonomic stresses, adapted for computerization. The pictures facilitates the observations.

When the whole work situation is evaluated, it is usually divided into 50 to 100 intervals, the observation data is computerized. Thereby, the stresses at every stop are calculated for the whole body as well as for every part of it separately. This calculation results in "stress coefficients" that are relative figures of how favourable or unfavourable the ergonomic factors are. The values of the stresses are then plotted on a time/load-diagram. Peaks on the curve indicate high body stress, Figure 3.

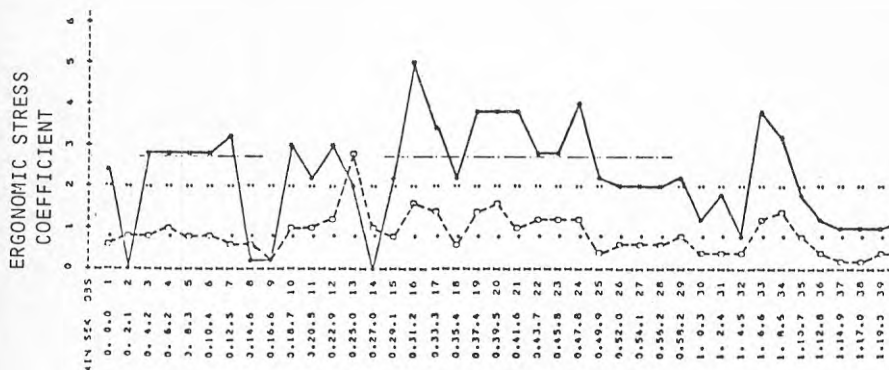


Fig. 3. Time/load-diagram showing how the body stress varies with time.

Time - stress/coefficient - shoulders/arms.

- * Instantaneous value of the load on shoulders/arms
- : Mean " " " " " " "
- o Momentaneous " " " " " the whole body
- . Mean " " " " " " "
- Mean value of a certain phase of work.

Furthermore the mean value of the stresses on the whole body as well as on the different parts of it are calculated. Also those mean values are indicated in the time/stress-diagrams and they are also given in separate tables. Table 1.

Table 1. Distribution of the ergonomic stress coefficients on the different parts of the body, the percentage part of it that arise from isometric muscle load and number and mean value which influences forces in a typical work cycle.

Body part	Stress coeff.	Proc. Isometric Forces	
Head/neck	0.3	3.7	0:0
Shoulders/arms	3.0	26.2	68:1.1
Low back	1.9	25.3	39:0.6
Hips	1.2	15.2	26:0.3
Knees	0.3	1.7	2:0.0
Feet	0.0	0	0:0

Finally, the stress calculations may be connected with a time study, so that the stresses of the different phases of a work cycle can be calculated separately and compared. Even different working places may be compared in this way.

Results

The primary results of an ARBAN-analysis makes it possible to identify the ergonomically critical parts of a working cycle, with regard to body stress as well as time.

By comparisons between alternative working methods, the load coefficients may be compared directly. Table 2.

Table 2. Comparison of the body stress when similar working tasks are executed with different methods. The changes of ergonomic stresses are given in terms of percentages of the most unfavourable task.

	Method 1			Method 2			Change %
	Stress coeff	% Isom load	Forces	Stress coeff	% Isom load	Forces	
Task 1	1.10	17.3	0.3	0.75	7.4	0.3	-31.8
Task 2	0.58	1.2	0.1	0.40	0.7	0.1	-31.0
Task 3	0.53	0.6	0.2	0.44	1.2	0.2	-17.0

The analysis can also be completed with a time study. When the stress coefficients of different phases of the work are integrated, a unit comes up that gives an idea of the relative amounts of effort that are required at each phase of the work cycle. By comparing two alternative work methods the relative displacements of the workload may be studied. Furthermore, the load patterns may be studied. This means that one can distinguish whether certain mean load levels arise due to a high steady stress or highly fluctuating stresses with distinct peaks. The authentic work situations of the critical parts of the cycle then can be studied directly on the film. Figure 4 and 5.

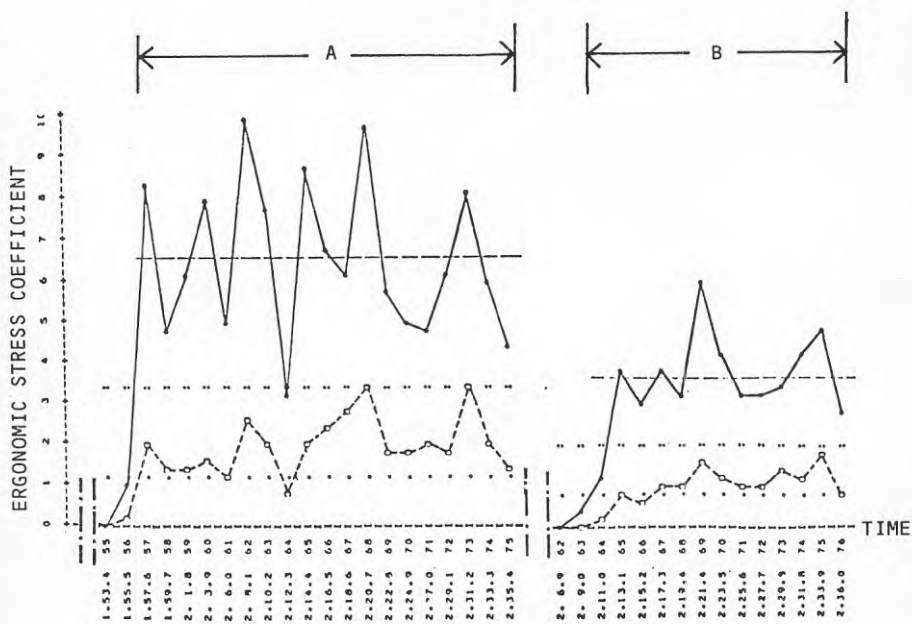


Fig. 4. Comparison of the ergonomic stress patterns and the mean values of a task, performed with two different types of equipment: A) original equipment and B) improved equipment.

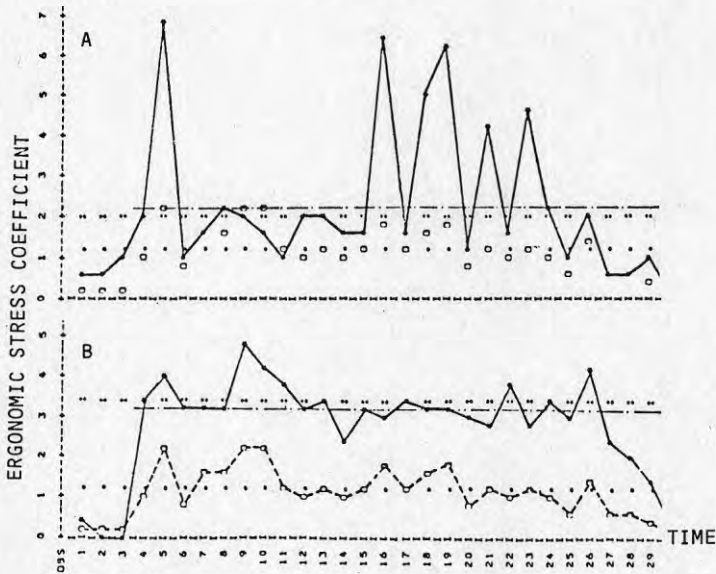


Fig. 5. Examples of different ergonomic stress patterns
 A) distinct peaks of stress and B) a high constant
 ergonomic stress.

If two work cycles of equal duration are compared, the integrals of the stress coefficients may be compared directly. They give a measure of the differences of ergonomic stress, totally and for different phases of the cycle. If those figures are combined with the time/stress-diagrams and the films, the obtained facts form an excellent basis for improving ergonomic situations. If the costs of different possible improvements can be calculated, this cost-benefit-analysis makes it possible to optimize the efforts to improve the total ergonomic situation on a working site. Figure 6.

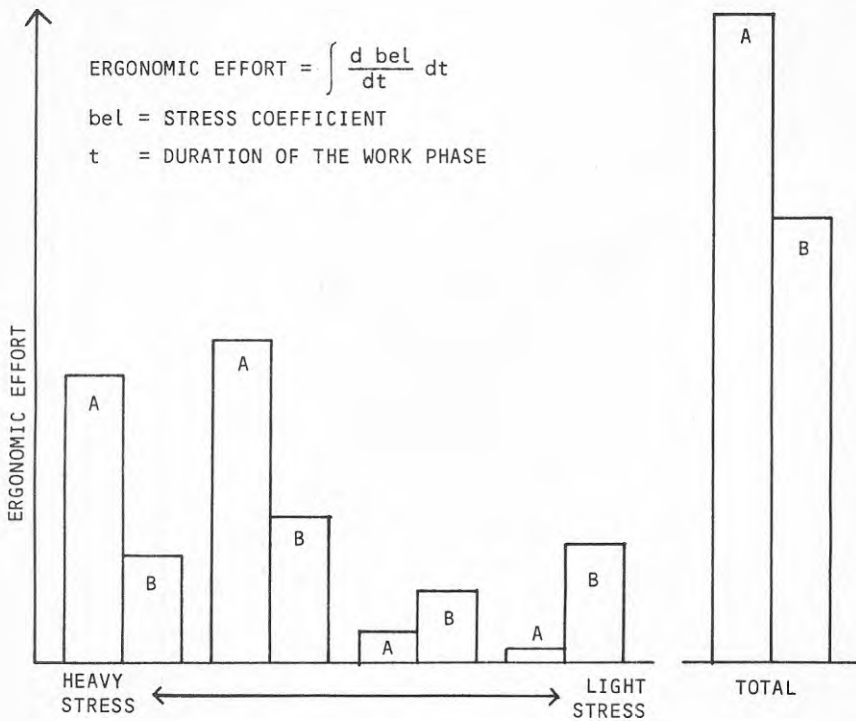


Fig. 6. Changes of the ergonomic effort when the original tool (A) is replaced with an improved version (B).

In other cases, one may characterize the work effort in terms of quantity of executed work, e.g. m^2 processed surface. If the work involves a number of work tasks that must be done at different times, a representative part of work of each task may be studied separately. The ergonomic stress values of the tasks are then extrapolated on the need of time for each of the phases separately. In this way, it is possible to compare different work methods, tools or materials in terms of time requirements, ergonomic efforts and variation patterns of the ergonomic situations. Such an evaluation makes it possible to regard ergonomic as well as economic factors so that improvements of the work situations can be realized with an optimal effect. Figure 7.

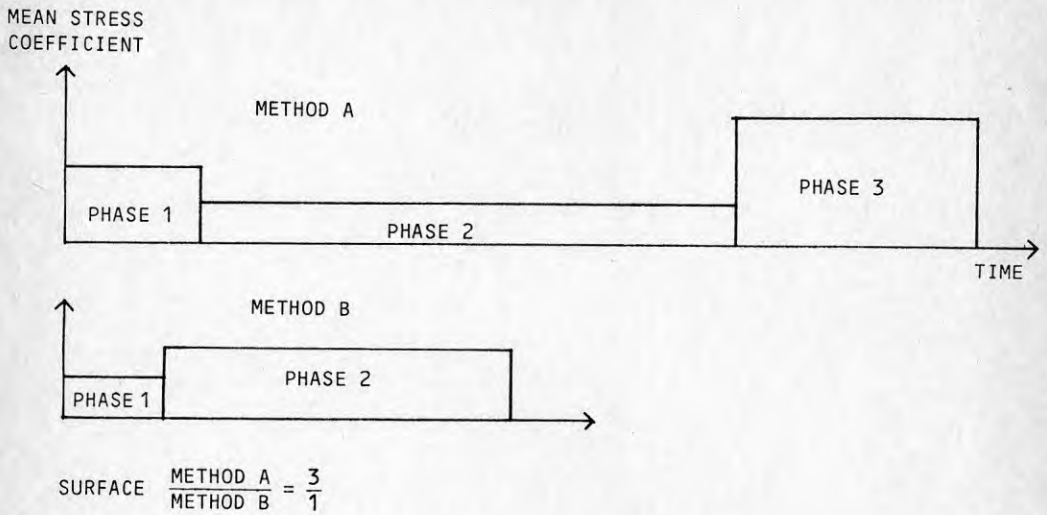
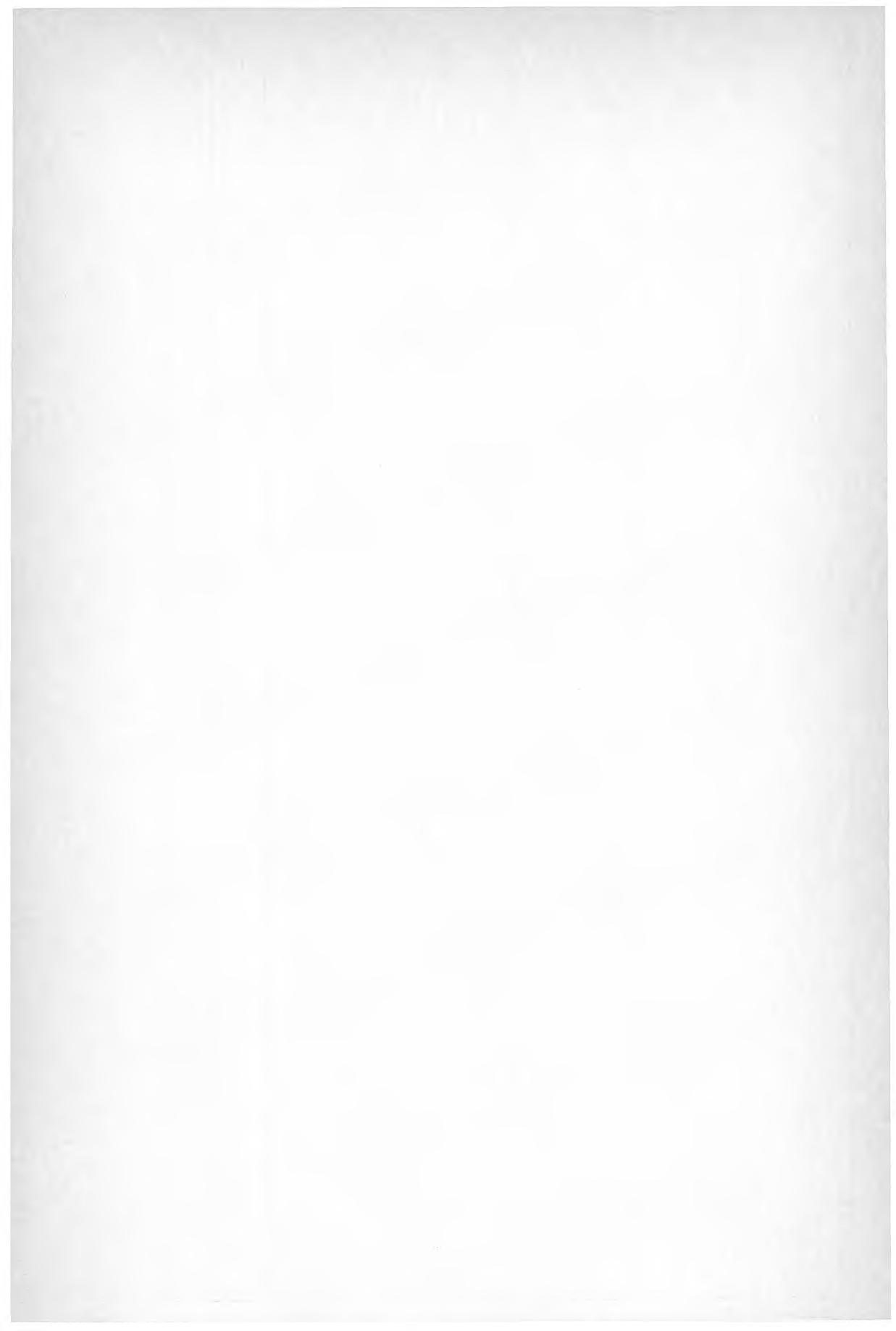
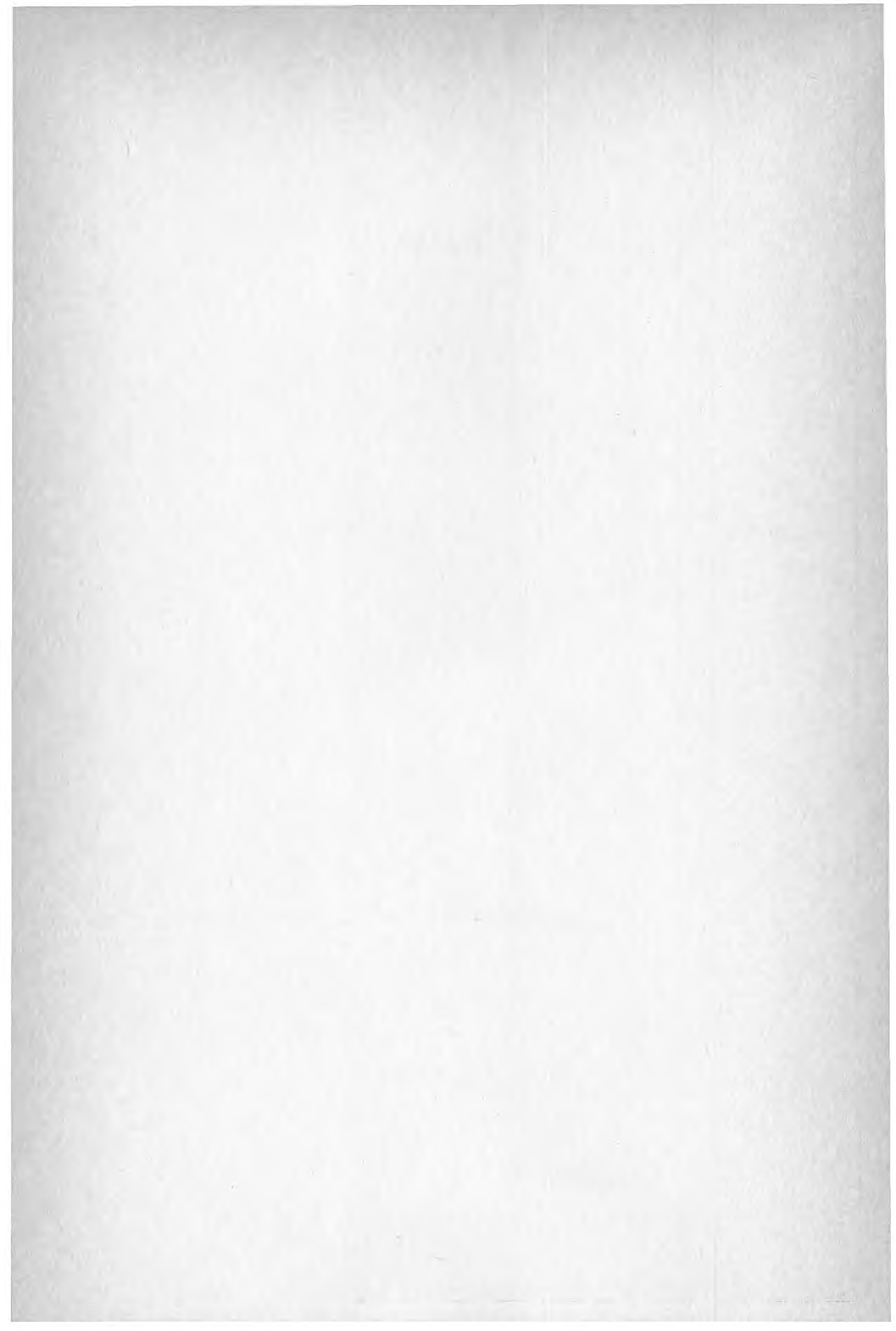
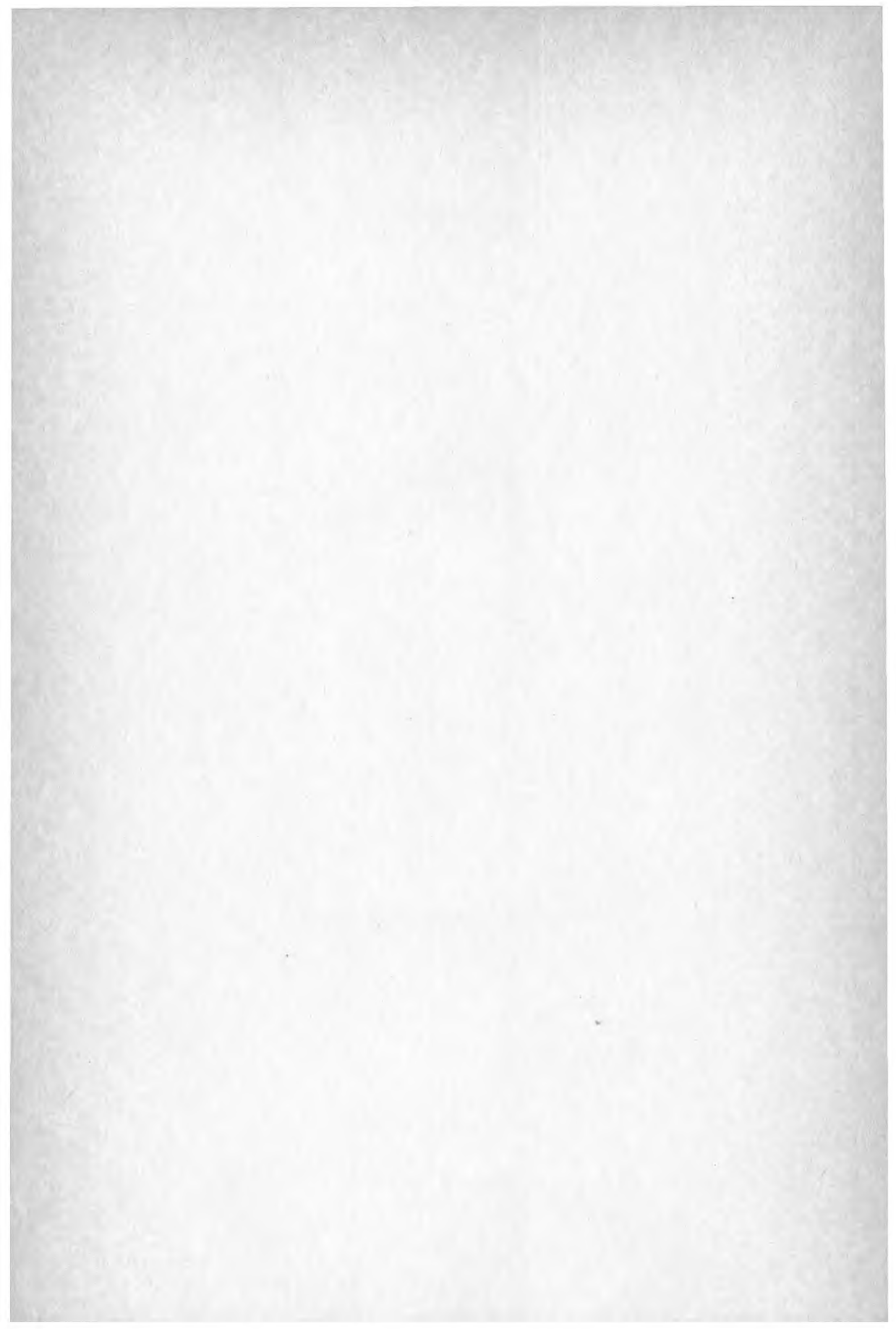


Fig. 7. Comparison with regard to ergonomic stress and time when a quantity of work is realized with two materials that need different degrees of processing.

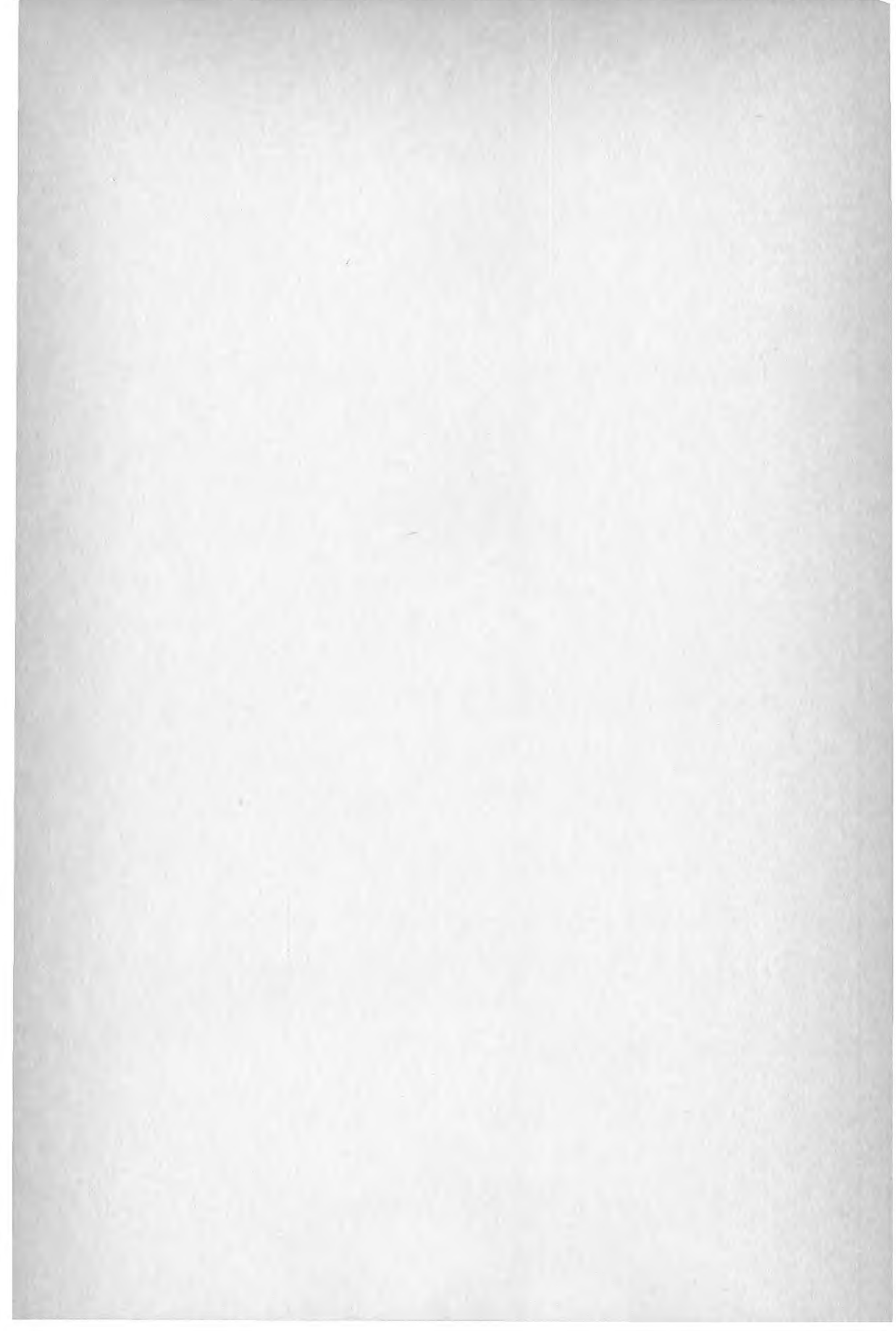
The author would like to thank Nick Millner for being my "sparring-partner" in the production of this paper.











**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
790213-7 från Statens råd för byggnadsforskning
samt forskningsanslag 79/411 från Arbetarskydds-
fonden till BPA Byggproduktion AB, Stockholm.**

R83: 1981

ISBN 91-540-3546-5

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700383

**Abonnemangsgrupp:
S. Byggplatsens verksamhet**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 30 kr exkl moms