

Materiel og Udførelsesmetoder

ANLÆGSKUNDSKAB Bind B

A. Jespersen

S. Borrit

K. T. Malling

A. Gaarslev

KØBENHAVN
AKADEMISK FORLAG
1965

Anlægskundskab Bind B · MATERIEL og UDFØRELSESMETODER

HOVEDINDHOLDSFORTEGNELSE

	Side
INTRODUKTION	9
0 INDLEDNING	11
01 Historisk udvikling	11
02 Tilrettelæggelse af arbejdet	12
1 MATERIEL	15
10 Generelt	16
11 Teknik	16
12 Ydeevne	20
13 Økonomi	24
14 Materieloversigt	26
2 PRODUKTIONSMETODER	47
20 Generelt arbejde	49
200 Indledning	49
201 Pumpearbejde	49
202 Trykluftarbejde	53
203 Transport- og løftarbejde	55
21 Jord- og klippearbejde	57
210 Indledning	57
211 Forberedende arbejder	63
212 Jordflytning over korte afstande	68
213 Jordflytning over middellange afstande	70
214 Jordflytning over lange afstande	83
215 Komprimering	83
216 Jordarbejde på vand	87
217 Klippearbejde	91
218 Specielle arbejder	93

	Side
22 Fremstilling af sten- og grusmaterialer	95
220 Generelt	95
221 Knusning	96
222 Sortering	101
223 Vaskning	102
224 Transport	102
225 Oplagring	104
23 Funderingsarbejde	107
230 Generelt	107
231 Direkte fundering	107
232 Grundforstærkning	107
233 Pælefundering	109
234 Caissonfundering	132
235 Grundvandssænkning	141
24 Betonarbejde	148
240 Generelt	148
241 Formarbejde	149
242 Armeringsarbejde	159
243 Støbearbejde	164
244 Betonelementer	190
245 Spændbeton	197
246 Undervandsbeton	211
3 ANVENDELSESOMRÅDER	217
30 Hjelpekonstruktioner	219
301 Byggegruber	219
302 Stilladser	229
303 Midlertidige dokker og beddinger	231
31 Anlæg for landtrafik	236
311 Vej- og jernbaneanlæg	236
312 Flyvepladser	237
313 Broer	238
314 Færdselstunneler	247
32 Vandbygning	255
320 Generelt	255
321 Bølgebrydere	255
322 Kajer	259

	Side
323 Pierer	265
324 Tørdokker, sluser og beddinger	267
325 Kystbeskyttelse	271
326 Kanaler, flodregulering og diger	273
327 Uddybning og opfyldning	275
33 Dæmninger og vandkraftanlæg	278
330 Generelt	278
331 Jord- og stendæmninger	279
332 Massive grovbetondæmninger	279
333 Jernbetondæmninger	281
334 Vandkraftanlæg	283
34 Ledningsarbejde	284
35 Bygningsarbejde	286
351 Bygningsfundering	286
352 Fabrikkanlæg	287
353 Siloer og beholdere	288
354 Boliger, kontorbygninger m.v.	290
Litteraturfortegnelse	291

For hvert hovedafsnit findes - i tilknytning til teksten - en udførlig indholdsfortegnelse.

I N T R O D U K T I O N

Anlægskundskab omfatter læren om alle de forhold, der vedrører planlægning og udførelse af bygge- og anlægsarbejder.

Da anlægskundskab således drejer sig om bygge- og anlægsarbejders hele tilblivelsesproces, må den behandle spørgsmål af ikke blot teknisk men også af økonomisk, organisatorisk, administrativ, social, politisk og psykologisk karakter.

Under faget Anlægsteknik på Danmarks tekniske Højskole og Danmarks Ingeniørakademi behandles bygværkers projekterings- og brugsmæssige problemer kun periferisk. For yderligere at begrænse stoffet behandles i faget alene de egentlig entreprenørarbejder og ikke håndværksfagene.

Til støtte for undervisningen i Anlægsteknik er det tanken at udarbejde en serie bind vedrørende anlægskundskab. I disse bind vil følgende emner blive behandlet:

Bygge- og Anlægssektorens almindelige organisation.

Materiel og udførelsesmetoder.

Projektering.

Udbydelse og tilbud.

Produktionsfaktorer og deres prisberegning.

Overslag og kostkontrol.

Arbejdets planlægning, organisation og drift.

Virksomhedsorganisation

Produktivitet, arbejdsstudier m.v.

Specielt danske forhold.

Bortset fra sidstnævnte emne er de øvrige i princippet behandlet ud fra alment gældende synspunkter. Det sidste emne supplerer de foregående med en omtale af danske forhold.

Nærværende bind, der er det første i ovennævnte serie, omfatter kun materiel og udførelsesmetoder i forbindelse med de almindeligt forekommende entreprenørarbejder. De mere specielle arbejder f.eks. vejbelægningsarbejder, stålmonter og egentlige håndværksarbejder er derimod udeladt.

Fremstillingen tilsigter i første række at give de studerende et indblik i de problemer, som de fleste bygningsingeniører vil komme ud for ved udførelsen af almindelige entreprenørarbejder.

Herudover har det været hensigten med dette bind, at det kunne være en hjælp for projekterende og udførende teknikere til at skaffe sig et overblik over de muligheder, der foreligger, når de skal projektere eller planlægge et entreprenørarbejde.

Ifølge sagens natur kan den foretagne behandling hverken være komplet eller udtømmende, og på grund af den voldsomme udvikling af både materiel og metoder kan det ikke undgås, at enkeltheder hurtigt vil vise sig forældet.

Ved løsning af konkrete opgaver må oplysningerne fra dette bind derfor suppleres med studier af speciallitteratur.

En del af billedmaterialet er hentet fra andre bøger - således som det fremgår af den angivne litteraturliste - eller stillet til rådighed af forskellige firmaer. Vi vil gerne på dette sted takke for denne assistance.

En særlig tak føler vi trang til at rette til Christiani & Nielsen A/S samt H. Hoffmann & Sønner A/S for stor imødekommenhed ved fremskaffelsen af oplysninger til brug ved udarbejdelsen.

København, februar 1965.

A. Jespersen S. Borrit
K.T. Mallings A. Gaarslev

O I N D L E D N I N G

01 HISTORISK UDVIKLING

Så længe udførelsesteknikken var baseret på håndkraft, var metoderne få og enkle, ligesom de kun ændredes uvæsentligt. Mekaniseringen har imidlertid medført en rivende udvikling af nye udførelsesmetoder, som den udførende må have et grundigt kendskab til og den projekterende et vist overblik over, for at de i forening kan nå frem til det både teknisk og økonomisk bedste resultat.

Den mekanisering, der har skabt muligheder for så store fremskridt inden for den stationære industri, har først vundet indpas på bygge- og anlægsområdet på et relativt sent tidspunkt. En væsentlig årsag hertil har været, at dampmaskinen - den oprindelige hovedkraftkilde - kun var egnet for svært materiel som f.eks. damptrømler, gravemaskiner, lokomotiver og store rambukke, og at dette materiel kun med fordel kunne anvendes ved meget store arbejder.

Forudsætningen for mekaniseringens egentlige gennembrud på entreprenørområdet var udviklingen af eksplosionsmotoren og elektromotoren, hvorved der skabtes let transportable kraftenheder af passende størrelse.

Først omkring 1930 var man i stand til at fremstille materiel, der var tilstrækkelig robust til at opfylde de hårde krav, som et bygge- eller anlægsarbejde stiller, og det er derfor først fra dette tidspunkt, at mekaniseringen inden for dette område tog fart.

Denne udvikling er yderligere blevet fremmet dels på grund af en stigning i arbejdernes realløn, der har været større end stigningen i materielpriserne, og dels på grund af en voksende mangel på arbejdskraft.

I det følgende vil der blive givet en oversigt over hovedprincipperne for arbejdets tilrettelæggelse samt over det materiel og de arbejdsmetoder, som almindeligvis benyttes i dag.

02 TILRETTELÆGGELSE AF ARBEJDET

Forinden man kan fastlægge, efter hvilke metoder og med hvilket materiel et arbejde skal udføres, er det nødvendigt at danne sig et billede af arbejdet som helhed og af de faktorer, der er af væsentlig betydning for tilrettelæggelsen.

Basis herfor er i første række: kontraktens ordlyd, specifikationerne, tegningerne samt så omfattende lokale informationer, som det er muligt at fremskaffe.

Man kan heraf uddrage oplysning om de mængder, der skal udføres, den tid, der er til rådighed, kvalitetskrav, topografiske forhold, materialepriser, betingelser for arbejdspladsens placering og adgangsmuligheder, arbejdskraftforholdene o.s.v. Oplysningerne om, hvad der findes af disponibel arbejdskraft, dens kvalitet og aflønning, vil normalt være afgørende for, hvilken mekaniseringsgrad man bør vælge.

Når alle nødvendige oplysninger foreligger, opstilles en foreløbig tidsplan for hele arbejdet, såvel for alle forberedelserne som for selve udførelsen. Arbejdet opdeles - mere eller mindre detaljeret efter dets art og størrelse - i forskellige kategorier. For hver af disse opstilles mængder og udførelsestid.

Ved vurdering af tidsforbruget, må der tages fornødent hensyn til alle ydre omstændigheder, som kan have indflydelse på tidsplanen f. eks. vanskelige klimatiske forhold og vandstandsvariationer.

Fastlæggelse af de generelle arbejdsmetoder baseres ikke kun på projektet, men også på tidsplanen og på kendskabet til de lokale forhold. Eksempelvis skal nævnes: for et jordarbejde må man først gøre sig klart, om der er afsnit, der skal udføres med håndkraft. Hvis man finder frem til, at maskinkraft er den rigtige løsning, må man derefter overveje, hvilken art materiel, der skal benyttes, og hvorvidt der skal bruges små eller store enheder. For et rammearbejde må over-

vejes, om det skal udføres fra stillads eller flydende, rambukkenes antal og størrelse, pælepladsens størrelse og transportmetoden for pælene. For et betonarbejde skal der træffes bestemmelse om, hvorvidt betonfremstillingen skal centraliseres eller decentraliseres, hvilket materiel, der skal anvendes til transport og anbringelse o.s.v.

Fastlæggelse af arbejdsmetoderne hænger nøje sammen med, hvilken mekaniseringsgrad, man anser for den mest fordelagtige, samt hvilket materiel man er i besiddelse af eller kan fremskaffe. En omfattende mekanisering anvendes naturligvis med størst fordel på steder med høj effektiv arbejds løn og mangel på arbejdskraft.

Som almindelig regel gælder iøvrigt, at jo større et arbejde er, desto større materielinvesteringer i forhold til byggesummen kan der foretages, idet udgifterne til transport, tilrigning og installation tynger mindre på det store end på det lille arbejde. Iøvrigt viser det sig næsten altid, at det til store arbejder er mest lønnende at benytte større maskiner end til små arbejder.

Overvejelser over udførelsesmetoderne vil ofte resultere i, at flere principielt forskellige metoder er mulige, og at det ikke umiddelbart lader sig afgøre, hvilken der er den mest fordelagtige. I sådanne tilfælde må der derfor udarbejdes foreløbige tidsplaner og overslag for de enkelte muligheder, forinden det endelige valg træffes. Det valgte forslag lægges derefter til grund for det endelige arbejdsprogram og overslag.

Enkeltheder vedrørende tilrettelæggelse af arbejdet vil blive behandlet i de kommende bind: "Arbejdets planlægning, organisation og drift" samt "Overslag og kostkontrol".

1 M A T E R I E L

10	GENERELT	16
11	TEKNIK	16
	11-1 Kraftkilder	16
	11-2 Transport	17
	11-3 Materielstørrelser	19
	11-4 Vedligeholdelse	19
12	YDEEVNE	20
	12-0 Generelt	20
	12-1 Arbejdskraften	20
	12-2 Vejrforhold	21
	12-3 Arbejdsproces	21
	12-4 Vedligeholdelse	21
	12-5 Kapacitetsudnyttelse	22
	12-6 Fastsættelse af ydeevne	22
13	ØKONOMI	24
14	MATERIELOVERSIGT	26
	14-0 Generelt materiel	28
	14-1 Jordmateriel	30
	14-2 Transportmateriel	35
	14-3 Flydende materiel	38
	14-4 Materiel til oparbejdning af støbematerialer	39
	14-5 Rammemateriel	41
	14-6 Betonmateriel	42
	14-7 Løftemateriel	45

10 GENERELT

I forhold til byggesummen er værdien af det materiel, der kræves til rationel udførelse af entreprenørarbejder, stadigt stigende. Det samme gælder udgiften til afskrivning, drift og reparationer af dette materiel.

Alene af den grund er det vigtigt at foretage det rette valg af materiel. For mange entreprenørarbejder kan materielvalget ligefrem være afgørende for hele arbejdets økonomi, idet man ved valg og sammensætning af materiellet i virkeligheden samtidig fastlægger udførelsesmetoden, den arbejdskraft, der skal benyttes, og den hastighed, hvormed arbejdet kan skride frem. Ændringer indenfor en enkelt af disse faktorer kan medføre vidtrækkende konsekvenser, som det måske kan være vanskeligt at overskue. Det vil derfor i almindelighed være nødvendigt på et tidligt tidspunkt at udarbejde flere forslag baseret på forskellige udførelsesmetoder og typer af materiel for at finde frem til den økonomisk og teknisk mest forsvarlige løsning.

Til udarbejdelse af sådanne forslag kræves et alment kendskab til de forskellige slags materiels anvendelsesområder, praktiske ydeevne og driftsøkonomi. For at kunne træffe det endelige valg må der yderligere kræves en så omfattende viden om markedets forskellige fabrikater og typer, at det ofte vil være nødvendigt at søge maskinteknisk bistand.

11 TEKNIK

Uden at komme ind på det rent maskintekniske vil der i det følgende blive omtalt nogle af de forhold, man må have kendskab til ved valg af materiel. I første række skal nævnes:

11-1 Kraftkilder.

Dampmaskinen har på grund af kedelanlægget stor vægt, optager megen plads og kræver ved kulfyring fyrbøder til betjening. Dens brændstof- og vandforbrug er stort. Den er imidlertid robust, let at betjene og meget lidt følsom overfor varierende belastninger, hvorfor den stadig anvendes til f.eks. store rambukke.

Elektromotoren kræver el-kraftforsyning med tilhørende ledningsnet og transformatorer samt faglig bistand i tilfælde af driftsforstyrrelser. Den er meget elastisk over for belastningsvariationer, og virkningsgraden er høj. Dens vægt er relativt lille, og den er let at montere. Den må anses for den ideelle kraftkilde for stationært materiel på såvel store som små arbejdspladser.

Dieselmotoren er mere følsom over for belastningsvariationer end de ovennævnte maskiner og stiller væsentlig større krav til betjening og vedligeholdelse. Da den imidlertid er billig i drift, er den trods sin ret høje anskaffelsessum den foretrukne kraftkilde til mobilt materiel som lastbiler, gravemaskiner, kompressorer o.s.v. Den anvendes ligeledes i stort omfang i forbindelse med generatorer til produktion af el-kraft på arbejdspladser uden strømforsyning.

Benzinmotoren er billigere i anskaffelse end dieselmotoren, men væsentlig dyrere i drift. Den kræver ikke så kvalificeret betjening og er billig at vedligeholde. Den benyttes i dag fortrinsvis til let og mobilt materiel som f.eks. små pumper.

Trykluftanlæg er dyre i anskaffelse. Dette gælder ikke mindst i de tilfælde, hvor der kræves et rørsystem til fordeling af luften (f.eks. ved centraliseret produktion af trykluft).

Ved tunnelarbejder anvendes næsten udelukkende trykluft som kraftkilde ved boring, ligesom den også i udstrakt grad benyttes i forbindelse med transport- og løsearbejdet i tunneler, idet man herved undgår forurening af luften og formindsker brandfaren.

Trykluft bruges efterhånden meget i stedet for dampkraft ved rammearbejder, ligesom den er velegnet til drift af vibratorer, håndværktøj og taljer. Endelig skal nævnes trykluft til sandblæsning, sprøjtemaling o.s.v.

Efterhånden er trykluft så almindelig som kraftkilde, at det i dag er ganske normalt, at der på en større arbejdsplads foruden vand- og elforsyning også findes et trykluftanlæg med tilhørende ledninger.

11-2 Transport.

Sportransport er kostbar i anskaffelse og installation. Man er bundet af sporets beliggenhed, og det er kun muligt at overvinde svage

stigninger i terrænet. Drift og vedligeholdelse er derimod billig, og transporten kan foregå helt uafhængig af vejrforholdene.

Sportransport var for ca. 30 år siden praktisk talt den eneste transportmulighed ved anlægsarbejder. I dag anvendes den kun under specielle forhold som f.eks., hvor store jordmasser skal flyttes over store afstande, ved tunnelarbejder (navnlig i tunneler med lille tværsnit), hvor det er umuligt at anlægge veje eller benytte terrængående køretøjer, eller hvor store betonmængder skal transporteres fra et centralblandeanlæg til bygværker med udpræget længderetning (f.eks. spærredæmningsarbejder).

Vejtransport er i dag den billigste transportmetode. Undtaget herfra er dog transport over meget store afstande. Almindelige lastbiler kan anvendes til lettere arbejde. Til det sværere arbejde vil det i reglen være mere økonomisk at benytte særlig robust byggede lastbiler, der nok er dyrere i indkøb, men langt mere modstandsdygtige over for de påvirkninger, de uundgåeligt vil blive udsat for ved entreprenørarbejde.

Terrængående transport. Hvor der ikke findes et vejnet, der tillader brug af lastbiler, og hvor det er for kostbart at anlægge egentlige veje alene til arbejdspladskørsel, går man over til at benytte materiel, der kan færdes i terrænet eller på primitivt fremstillede veje.

Oprindeligt benyttede man næsten udelukkende materiel, der var forsynet med larvebånd, men snart gik man over til også at konstruere materiel med så store gummiringe, at det kunne færdes i terrænet.

Terrængående materiel er udstyret med meget kraftige motorer og er tilstrækkelig robust konstrueret til at imødegå de svære påvirkninger, det bliver udsat for. Som følge heraf er materiellet dyrt i anskaffelse og drift, men har alligevel under ovennævnte forhold vist sig økonomisk.

Larvebåndsmateriellet har den forholdsvis største trækraft og kan overvinde store stigninger (maksimalt ca. 1:1 for en 235 hk larvebåndstraktor). Hastigheden er derimod ringe. Denne materieltype er derfor bedst egnet til korte transportafstande og under forhold, der kræver stor kraftydelse og gode terrængående egenskaber.

Medens traktor (bulldozer) og gravemaskine, begge udstyret med larvebånd, benyttes på de fleste større byggepladser, er det store terrængående materiel med gummihjul fortrinsvis beregnet til store jordarbejder.

Flytransport er i de sidste år benyttet i stigende grad ved bygge- og anlægsarbejder dels til persontransport og dels til at skaffe mindre materiel, materialer m.v. frem til vanskeligt tilgængelige arbejdspladser. Helikoptere anvendes til specielle montageopgaver f.eks. til transport og anbringelse af kraftliniemaster i ufarbart terræn.

Denne udvikling vil utvivlsomt forstærkes i de kommende år.

11-3 Materielstørrelser.

Alt entreprenørmateriel fremstilles i forskellige størrelser med meget varierende ydeevne, og spørgsmålet om, hvorvidt man skal anvende få store enheder eller flere mindre, vil ofte melde sig. Normalt vil det være mest økonomisk at arbejde med så stort materiel som muligt, men man må dog gøre sig klart, at det ikke altid betaler sig at gå helt til ydergrænsen.

Store enheder passer bedst, hvor arbejdsprogrammet er lagt an på jævn produktion. Hvor belastningen er variabel, vil flere mindre enheder derimod være at foretrække, da det derved vil være muligt at sætte en enhed ud af drift ved lav belastning.

Man bør, hvor det overhovedet er muligt, undgå at basere sit arbejde på en enkelt maskines ydelse, idet driftsuheld ellers vil stoppe hele produktionen. Vil man være garanteret mod driftsforstyrrelser, må der anvendes mindst to - helst tre - enheder.

11-4 Vedligeholdelse.

Den tid, der anvendes til reparationer, er uproduktiv arbejdstid og skal derfor holdes på et minimum. Dette kræver, at vedligeholdelsesarbejdet må være omhyggeligt tilrettelagt og udføres af kompetente fagfolk, samt at reservedele må findes i fornødent omfang. I denne forbindelse er det vigtigt, at materielparken standardiseres i størst mulig udstrækning, således at den omfatter så få forskellige fabrikater som muligt.

Det bør overvejes, hvor langt det er økonomisk rigtigt at slide materiellet ned. Slidt materiel er stærkt nedskrevet eller billigt at anskaffe. Til gengæld er reparationsomkostningerne store, ligesom en reparation meget ofte forårsager tidstab på arbejdspladsen.

12 YDEEVNE

12-0 Generelt.

Grundlaget for valg af materiel til en foreliggende opgave er bl.a. kendskab til materiellets ydeevne under de givne forhold.

Det bedste grundlag vil altid være egne erfaringer fra tidligere arbejder. Det er dog sjældent, at erfaringer kan overføres direkte, idet der næsten altid vil være faktorer, der skifter fra arbejdsplads til arbejdsplads f.eks. jordbundsarten, klimaet, arbejdskraften eller opgavens størrelse. Erfaringer må derfor i reglen suppleres med visse undersøgelser og skøn.

Har man ingen eller utilstrækkelig erfaring på det pågældende område, må man basere sin afgørelse dels på fabrikanternes opgivelser over de enkelte maskiners data, dels på oplysninger fra tekniske håndbøger eller tidsskriftartikler med beskrivelser af udførte arbejder. Lige-gyldigt hvorfra man henter sine oplysninger, må man nøje undersøge, hvilke forudsætninger der ligger til grund for opgivelserne, og derefter foretage en kritisk vurdering af dem.

Når man skal finde frem til materiellets ydeevne i praksis under givne forudsætninger, må udgangspunktet principielt være materiellets teoretiske ydeevne. Denne må derefter reduceres under hensyntagen til de specielle forhold, der har indflydelse på materiellets præstation. Af sådanne forhold kan nævnes:

12-1 Arbejdskraften.

Kvaliteten af de arbejdere, der skal betjene og vedligeholde materiellet, er af stor betydning for dettes ydeevne. Veluddannede, interesserede, førsteklasses arbejdere kan producere væsentlig mere end uinteresserede og mangelfuldt uddannede - med det samme materiel.

Foruden arbejdskraftens kvalitet må man være opmærksom på den indflydelse klimaet har på arbejdskraftens præstation. F.eks. kan vinter-

arbejde give nedsat effektivitet. Noget tilsvarende gør sig gældende i tropisk klima.

12-2 Vejrforhold.

Det teoretisk mulige antal arbejdstimer for materiellet må reduceres under hensyntagen til vejrforholdene - i første række regn og frost, for vandbygningsarbejde tillige storm. Denne reduktion kan nå op på en størrelsesorden af 25% for de mindre følsomme arbejder, f.eks. rammearbejde og betonstøbning, 50% for de mere følsomme arbejder, f.eks. jordarbejder i lerjord, og 75% ved vandbygningsarbejder på udsatte steder.

Vejrforholdenes indflydelse kan dog ofte reduceres ved hjælp af passende foranstaltninger f.eks. de såkaldte vinterforanstaltninger eller forbedrede transportveje ved jordarbejder.

12-3 Arbejdsproces.

Selv under de gunstigste forhold hører det til undtagelserne, at en maskines kapacitet kan udnyttes fuldt ud. Ved betonarbejder er det næppe muligt at tilrettelægge arbejdsprogrammet således, at der hver dag udstøbes den betonmængde, der svarer til blandeanlæggets kapacitet. Omkring en gravemaskine må der med passende mellemrum foretages oprensning af jordspild, som ellers kan besværliggøre jordtransporten. Ved rammearbejde tager flytning af rambukken megen af den disponible arbejdstid o.s.v.

Hertil kommer, at samspillet mellem det forskellige materiel, der ofte indgår i en produktion - f.eks. et betonarbejde med materiel til materialetilførsel, blanding, transport og anbringelse af betonen - ikke altid kan gøres så perfekt, at ventetider helt kan undgås.

12-4 Vedligeholdelse.

Den normale vedligeholdelse - smøring, påfyldning af brændstof m.m. - og det egentlige reparationsarbejde kræver tid og vil derfor reducere den teoretiske ydeevne. Hvor værkstedsforholdene er tilfredsstillende og vedligeholdelsesarbejdet vel tilrettelagt, kan reduktionen måske være af størrelsesordenen 10%. Under meget ugunstige forhold kan den måske andrage op imod 30%.

12-5 Kapacitetsudnyttelse.

For alt grave- og transportarbejde gælder, at materialets hulrumsprocent har stor indflydelse på materiellets ydeevne. Eksempelvis skal nævnes: 1 m³ fast klippe fylder efter sprængning 1.4-1.7 m³, medens 1 m³ naturligt lejret sand fylder 1.10-1.15 m³ efter løsning.

Ved betonblanding kan kravet om, at cementen skal tilsættes i et helt antal poser jævnlige medføre, at man med det angivne blandingsforhold må arbejde med mindre blandinger end svarende til maskinens kapacitet.

12-6 Fastsættelse af ydeevne.

Ud over de allerede nævnte - og måske vigtigste - forhold, der har indflydelse på materiellets ydeevne, kan endvidere nævnes: materiellets kvalitet, arbejdsstedets højde over havet (højden reducerer motorers ydeevne), transport- og kommunikationsvanskeligheder o.s.v.

Fælles for alt, hvad der har indflydelse på materiellets praktiske ydeevne, er, at der ikke kan angives eksakte tal for, hvad den teoretiske ydeevne skal reduceres med. Samtlige reduktioner må skønnes bedst muligt.

I USA og Tyskland er der foretaget en række indgående undersøgelser over gravemaskinernes praktiske ydeevne over længere perioder. Ved de amerikanske undersøgelser, der omfattede 10 vejbygningsarbejder, blev jordtransporten foretaget med lastbiler. De tyske undersøgelser omfattede 51 vejbygningsarbejder. Her anvendtes tipvogne til jordtransporten.

Resultaterne er angivet i den efterfølgende oversigt, der viser såvel årsagerne til reduktionerne som disses størrelse.

	Reduktioner-%	
	USA (lastbil- transport)	Tyskland (tipvogns- transport)
Manglende vogne	7.0	5.8
Placering af vogne	1.7	6.5
Placering, adgangsveje, spor	1.2	4.6
Mindre flytninger af gravemaskiner	2.3	5.0
Oprensning af graven	5.2	10.1
Almindelig vedligeholdelse	2.3	0.7
Diverse	1.3	4.3
Mindre forsinkelser ialt	21.0	37.0
Forberedende arbejde, flytning o.s.v.	4.0	2.8
Reparation af gravemaskiner	10.0	8.0
Vejrforsinkelser	28.0	15.2
Store forsinkelser ialt	42.0	26.0
Effektiv arbejdstid	37.0	37.0
Total	100.0	100.0

For scrapers er der i USA foretaget tilsvarende undersøgelser med følgende resultat:

	Reduktioner-%	
	med lar- vebånds- traktor	med gum- mihjuls- traktor
Mindre forsinkelser	4	7
Større forsinkelser	12	11
Vejrforsinkelser	25	54
Effektiv arbejdstid	59	28
Total arbejdstid	100	100

Ved den foreløbige planlægning vil det sjældent være muligt at gennemføre detaljerede undersøgelser af hvert enkelt af de forhold, der indvirker på ydeevnen. Man må her støtte sig til et almindeligt samlet skøn over den effektivitet, man kan forvente at opnå. Som udgangspunkt for et sådant skøn kan man regne med, at den effektive ydelse for de fleste maskiner i kortere perioder vil ligge på 70-80% af den teoretiske. For langvarige arbejdsperioder, hvor vejrforsinkelser, reparationer m.v. spiller ind, kan der for jordmateriellets vedkommende næppe regnes med mere end 30-50% effektiv ydelse. Ved meget store betonarbejder kan man nå op på en udnyttelse på 50-70% af blandede kapaciteten, medens man for mindre arbejder ikke bør kalkulere med mere end 20-30%. Forudsætningen for alle disse opgivelser er naturligvis, at arbejdets beskaffenhed giver mulighed for fuld beskæftigelse, samt at materiellet ikke med forsæt står ubenyttet hen gennem længere tid.

13 ØKONOMI

Udgifterne ved større anlægsarbejder fordeler sig stort set med ca. 35% til materialer, med ca. 40% til direkte arbejds løn samt afskrivning og drift af materiel og med ca. 25% til omkostninger. Nærmere redegørelse for disse udgiftsgrupper vil blive givet i et senere hefte: "Overslag og kostkontrol". Undtaget fra ovennævnte fordeling er de rene jordarbejder, hvor udgiften til materialer helt udgår eller reduceres stærkt. For alle andre arter af entreprenørarbejder ligger de angivne procentsatser ret fast ($\frac{+}{-}$ 20%), uanset hvor i verden der arbejdes.

Den indbyrdes fordeling af de 40% på arbejds løn og materieludgifter er derimod meget variabel og afhænger af projektets art og størrelse, mekaniseringsgraden, arbejdskraftens kvalitet og aflønning o.s.v. Disse poster er af særlig interesse for arbejdets økonomi, idet der på deres sum (arbejds løn + materieludgifter) kan opnås betydelige besparelser ved det rigtige valg af arbejds metode.

Undersøgelser har vist, at man i lande med høj arbejds løn ved overgang fra lav til høj mekaniseringsgrad i visse tilfælde har kunnet opnå besparelser på arbejds lønskontoen, der var flere gange større end det beløb, hvormed materielkontoen forøgedes. I lande med meget lav

arbejds løn vil arbejds lønbesparelsen derimod ofte være væsentlig mindre end udgiften til materielindsatsen.

Det er derfor nødvendigt - hvis man f.eks. her i landet overvejer at indføre en arbejds metode, der har vist sig økonomisk rigtig i USA - først at undersøge, hvorvidt metoden også er forsvarlig under danske forhold.

Som en grundregel kan man gå ud fra, at der til en lille entreprise svarer en lav mekaniseringsgrad, og at man - efterhånden som entrepriserne bliver større - kan gå over til en mere gennemført mekanisering og anvendelse af større materieltyper. Det gælder endvidere, at man, hvor arbejdskraften er billig, skal være forsigtig med at mekanisere for meget. Endvidere gælder det i almindelighed, at mindre materiel er mere fordelagtigt, hvor arbejds lønnen er lav, end hvor den er høj.

De samlede materieludgifter kan for en blandet materielpark - meget groft - opdeles således:

Afskrivning, forrentning o.s.v. (henh. leje)	ca. 50%
Transport og installation	ca. 10%
Drivkraft og forbrugsgods	ca. 20%
Reparation og vedligeholdelse	ca. 20%

Det er dog indlysende, at der ved det enkelte arbejde kan være store afvigelser fra disse fordelingstal.

Iøvrigt skal det anføres, at udgiften til afskrivning, forrentning o.s.v. (henholdsvis leje) pr. tidsenhed normalt vil være større for kortvarige end for langvarige arbejder.

Transport og installationsudgifter er uafhængige af arbejdets størrelse og vejer derfor tungere til for det kortvarige end det langvarige arbejde. Disse udgifter er naturligvis afhængige af, hvor arbejdet udføres, men variationen er dog mindre, end man skulle vente, idet terminaludgifterne - spedition, læsning og losning - udgør en betydelig del af transportudgifterne.

Udgifter til drivkraft og forbrugsgods vil variere stærkt efter arbejdets art og det materiel, der benyttes. Under denne post er for

lastbiler, scrapers o.s.v. medregnet udgiften til gummi, der under visse forhold kan være meget betydelig.

Reparationsudgifterne afhænger bl.a. af materiellets udnyttelse og af den måde reparationsarbejdet er tilrettelagt på (afsnit 12).

14 MATERIELOVERSIGT

Den efterfølgende oversigt har til formål at give et overblik over det for øjeblikket almindeligt anvendte materiel ved bygge- og anlægsarbejder.

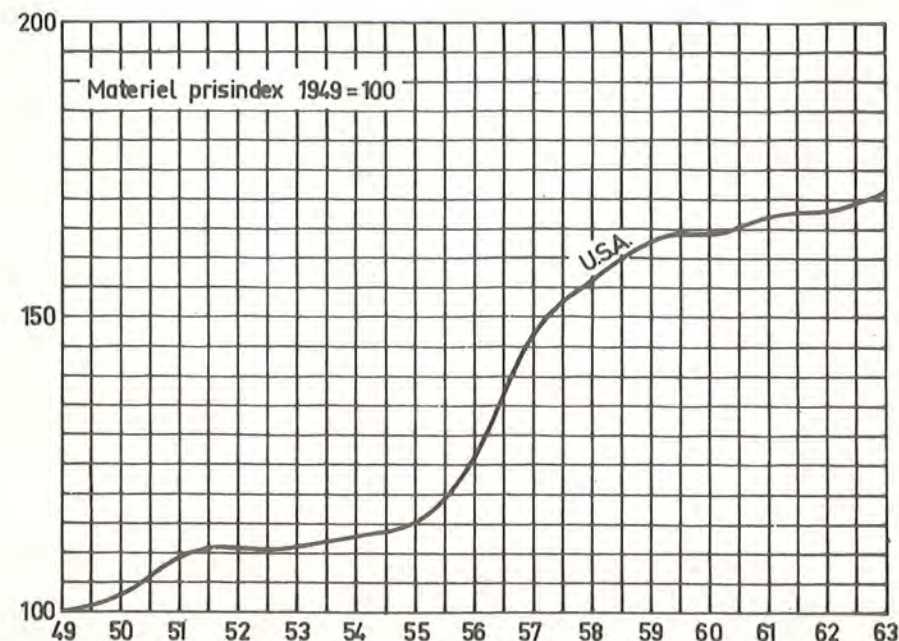
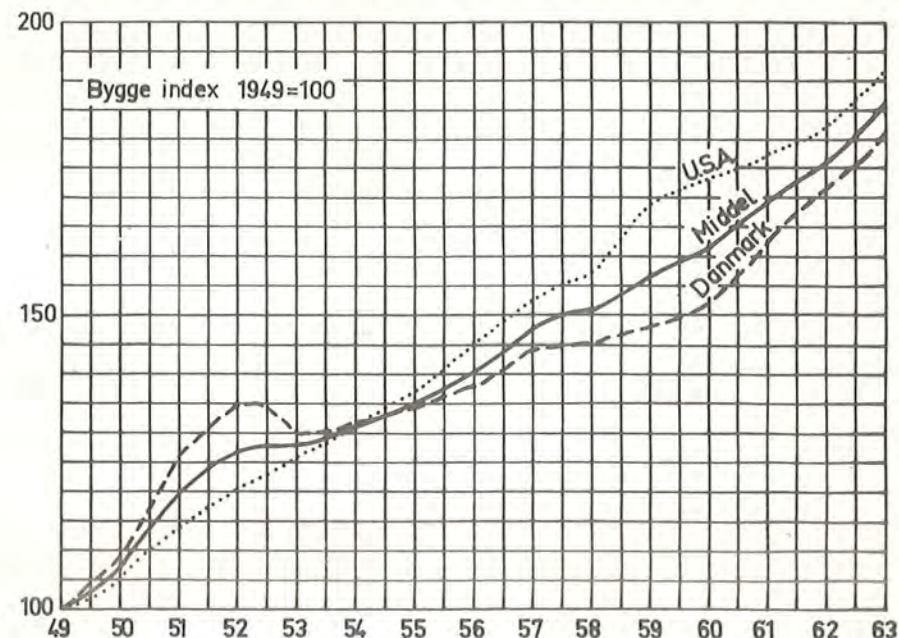
Oversigten indeholder de generelle oplysninger, der kræves til den foreløbige planlægning med dertil hørende overslag. Den er naturligvis ikke komplet, og til mange formål vil det derfor være nødvendigt at skaffe yderligere data fra leverandørerne.

Ikke alle fabrikater og typer er medtaget. I nogle tilfælde er oplysningerne repræsentative for den opgivne materieltype, i andre - specielt for jordmateriellets vedkommende - er fabrikatets navn medtaget. Dette betyder ikke, at der ikke findes tilsvarende materiel, men fabrikatets typebetegnelse er så kendt inden for entreprenørvirksomhed, at den straks indicerer materiellets størrelse og anvendelsesområde.

De i oversigten angivne priser er fra 1964 og gælder ab fabrik. De er således exclusive fragt, told og omkostninger. Priserne må iøvrigt betragtes som omtrentlige, idet den endelige pris bl.a. vil være afhængig af, med hvilket udstyr materiellet leveres. Til orientering er der i fig. 1 vist dels byggeindex efter 2. verdenskrig og dels prisudviklingen for entreprenørmateriel.

For en del af materiellet findes ingen almindelig benyttet dansk nomenklatur. I sådanne tilfælde er anvendt de udenlandske betegnelser uden forsøg på oversættelse.

Fig. 1.
Oversigt over prisudviklingen 1949-1963
for byggeudgifter og materielpriser.



14-0 GENERELT MATERIEL

KOMPRESSORER

	UT2 Dd	VT3 Dd	VT4 Dd	VT5 Dd	VT6 Dd	RR-600 Dd	Dd
Atlas Copco							
Ydeevne	m ³ /min	2.1	3.2	4.5	6.4	8.9	17.0
Arbejdsstryk	ato	7-8	7-8.75	7-8.75	7-8.75	7-8.75	7-8.75
Hestekraft (diesel)	hk	20	29	43	57.5	87	200
Brændstofforbrug	l/h	4.8	6.8	9.8	13.0	18.0	42.5
Vægt	kg	625	990	1050	1315	1630	3200
Pris 1964	1000 kr	14.3	19.9	24.9	36	46	90

KLIPPEBOREMASKINER

	BBD 11 LT	BBD 12 LH	RH 571-3L	RH 658-4L	BBC 24 W	BBD 46 W
Atlas Copco						
Vægt	kg	8.3	11.2	18.4	23.5	29.1
Luftforbrug ved 6 ato	m ³ /min	1.3	1.3	2.2	3.3	4.4
Spulevand ved 6 ato	l/min	-	-	-	-	5.0
Antal slag pr. min	stk	2650	2650	2200	2000	2050
Omdrejninger pr. min	stk	220	220	160	200	200
Borsynkning	mm/min	220	220	235	400	625
Skærets størrelse	mm	28	28	34	34	34
Pris 1964	kr	1200	1300	1525	2200	2900

BENZINMOTORER

Størrelse	hk	2	4	6	10	15
Vægt	kg	100	150	200	500	700
Ab fab. 64	1000 kr	1	1.45	1.65	2.8	3.3

DIESELMOTORER

Størrelse	hk	15	25	40	50	75	112
Vægt	kg	700	1000	1200	2700	4300	5500
Ab fab. 64	1000 kr	7.7	11.5	13	18	21	25

ELEKTROMOTORER

Størrelse	hk	10	20	30	50	100
Vægt	kg	70	230	400	600	1000
Ab fab. 64	1000 kr	1	2.4	2.9	3.9	6.6

DIESEL GENERATORSÆT

Størrelse	kw	12	20	40	75	100	400
Hestekraft	hk	22	45	90	135	150	490
Vægt	t	1	1.2	1.9	3.7	5	9.5
Ab fab. 64	1000 kr	18	22	39	77	110	176

DAMPKEDLER

Størrelse hedeplade	m ²	15	20	30	45
Vægt	t	4	6	6.5	8.5
Kulforbrug	kg/h	90	115	150	220
Olieforbrug	kg/h	56	76	100	150
Ab fab. 64, kul	1000 kr	-	-	33	52
Ab fab. 64, olie	1000 kr	35	40	50	62

CENTRIFUGALPUMPER (selvansugende) UDEN MOTOR

Fabrikat (Desmi)	SA80	SA100	SA125	SA150	SA200	
Trykrør, diameter	mm	75	100	125	150	200
Med motorstørrelse	hk	2.5	7.5	10	20	30
Vandmængde	m ³ /h	20-40	50-100	75-150	125-250	200-400
Totalløftehøjde	m vs	12½-8	14½-10½	14½-7	16½-9½	21-10
Max. løftehøjde	m vs	14.5	15	16	18	23
Max. sugehøjde	m	8	8.5	8.5	8.5	8.5
Med motorstørrelse	hk	17.5	22	30	35	60
Vandmængde	m ³ /h	40-80	72-144	100-200	150-300	250-500
Totalløftehøjde	m vs	47-30	30-21	29-16	24-13	32-15
Max. løftehøjde	m vs	55	31	32	27	36
Max. sugehøjde	m	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
Ab fab. 64	1000 kr	1	1.27	1.39	2.24	4.12

Ydelserne gælder ved 0 m sugehøjde; ved større sugehøjder aftager ydeevnen afhængigt af sugeledningens længde og diameter.

DYKPUMPER

Fabrikat (Flygtpumper)

Trykrør, diameter	mm	50	75	75	100	150	150/200
Max vandmængde	m vs	16	16	26	28	60	30
Max. løftehøjde	m ³ /h	27	48	65	102	360	600
Hestekraft	hk	1	1.5	5	5	27	60
Vægt	kg	15	23	67	40	150	575
Ab fab. 64	1000 kr	1.9	2.6	4.2	3.5	12	23.5

14-1 JORDMATERIELGRAVEMASKINERGravemaskine m/ske. (Fig. 25)

Kapacitet (str.mål)	m ³	0.30	0.60	0.75	1.15	1.90
Vægt	t	9	21	30	46	75
Hestekraft	hk	35	65	100	130	210
Brændstofforbrug	l/h	6-7	9-12	11-14	17-31	29-35
Ab fab. 64	1000 kr	90	180	250	420	670

Gravemaskine m/slæbeskovl. (Fig. 25)

Kapacitet (str.mål)	m ³	0.30	0.60	0.75	1.15	1.90
Længde af bom	m	9	11	12	13	20
Vægt	t	10	18	29	42	65
Hestekraft	hk	35	65	100	130	210
Brændstofforbrug	l/h	6-7	9-12	11-14	17-21	29-35
Ab fab. 64	1000 kr	90	160	250	380	600

Pris for gravemaskiner med grab er den samme som for gravemaskiner med slæbeskovl.

Rendegraver. (Fig. 18)

Gravedybde	m	1.25	2.50	5.00
Gravebredde	cm	15-25	45-60	45-135
Vægt	t	5	11	20
Hestekraft	hk	50	65	90
Brændstofforbrug	l/h	7	9	13
Ab fab. USA 64	1000 kr	115	140	300

SCRAPERSBugscrapers. (Fig. 19)

Caterpillar		60	435E	435F	463E	463F
Traktortype		D6	D7	D8	D8	D9
Kapacitet (str.mål)	m ³	5.4	9.1	10.7	13.7	16.0
Vægt	t	6.2	11.1	11.4	15.7	15.9
Ab fab. 64	1000 kr	70	105	115	140	160
Nyt gummi	1000 kr	6.0	33.4	33.4	34.4	34.4

3-akslede motorscrapers. (Fig. 20)

Scraper - Caterpillar		10	428	630B
Traktor		DW10	DW15	-
Kapacitet (str.mål)	m ³	6.6	10	16
Vægt (scraper + traktor)	t	16	20	34
Hestekraft	hk	115	200	360
Kørehastighed	km/h	28	60	70
Brændstofforbrug	l/h	15	25	45
Ab fab. 64	1000 kr	200	280	500
Nyt gummi	1000 kr	27	27	80

2-akslede motorscrapers. (Fig. 21)

		Euclid	← Caterpillar →		
		5-7	619C	631B	641
Kapacitet (str.mål)	m ³	5.4	10.7	16	21.4
Vægt	t	12	19	32	40
Hestekraft	hk	147	250	360	450
Kørehastighed	km/h	38	50	50	48
Brændstofforbrug	l/h	20	30	45	55
Ab fab. 64	1000 kr	200	330	500	630
Nyt gummi	1000 kr	15	41	74	100

GRADERS (Fig. 14)

Caterpillar		112E	12E	14D	16
Bladets længde	m	3.65	3.65	3.95	4.25
Vægt	t	9.7	11.1	13.8	18.2
Hestekraft	hk	85	115	150	200
Kørehastighed	km/h	4-27	4-32	4-34	4-48
Brændstofforbrug	l/h	11	14	18	25
Ab fab. 64	1000 kr	114	138	170	336
Nyt gummi	1000 kr	5.5	7.1	9.4	20.5

LARVEBÅNSTRAKTORER

Caterpillar		D4C	D6B	D7E	D8H	D9G
Hestekraft	hk	65	93	160	235	385
Vægt	t	5.4	8.1	14.5	21.3	29.4
Max. trækraft	t	6.2	8.9	15.1	24.2	35
Max. hastighed	km/h	9.3	10.6	10.0	10.5	10.5
Brændstofforbrug	l/h	8	13	22	30	52
Ab fab. 64	1000 kr	75	111	198	266	392

BULLDOZERS - LIGE BLAD (incl. hydraulisk kontrol, excl. traktor). (Fig. 11)

Caterpillar		4S	6S	7S	8S	9S
Længde af blad	m	2.20	2.45	3.46	3.88	4.10
Højde af blad	m	0.84	0.97	1.27	1.33	1.53
Vægt	t	1.4	1.6	2.5	3.6	4.9
Ab fab. 64	1000 kr	22	27	37	52	68

RIPPERS (oprivere).

Caterpillar		No 4	No 6	No 7	No 8	No 9
Trækraft/traktor		D4C	D6B	D7E	D8H	D9G
Antal tænder	stk	3	3-5	1-3	1-3	1-3
Max. dybde	m	0.34	0.48	0.63	0.66	0.71
Vægt	t	0.9	11.5	2.7	3.1	3.6
Ab fab. 64	1000 kr	10.5	12.5	27	16	21

GUMMIHJULSTRAKTORER

Massey Ferguson		205	65	90
Hestekraft	hk	39	57	75
Vægt	t	1.8	1.9	2.6
Kørehastighed	km/h	1.8-26	1.2-24	1.2-25
Brændstofforbrug	l/h	6	7	9
Ab fab. 64	1000 kr	25	28	38
Nyt gummi	1000 kr	1.7	2.4	3.0

TRAKTORER MED LÆSSEKOV OG RENDEGRAVER

Hestekraft, traktor	hk	39	54
Læsseskovl, kapacitet	m ³	0.4	0.7
Læsseskovl, løftekapacitet	t	0.9	1.4
Højde under skovlen	m	2.6	2.6
Rendegraver, bredde	cm	45-91	45-75
Gravedybde	m	3.5	4.2
Rækkevidde	m	5.4	5.4
Brændstofforbrug	l/h	5	7
Ab fab. 64	1000 kr	58	65
Nyt gummi	1000 kr	1.7	3.0

LÆSSETRAKTORER, LARVEBÅND (Fig. 12)

Allis Chalmers		HD-3G	HD-6G	HD-7G	HD-11G	HD-21G
Kapacitet (str.mål)	m ³	0.6	1.15	1.30	1.72	3.05
Løftehøjde	m	2.45	2.45	2.45	2.80	3.20
Kørehastighed	km/h	7.7	9	9	11	10
Vægt	t	4.8	9.5	11	14.5	33
Hestekraft	hk	40	80	107	125	256
Brændstofforbrug	l/h	5.2	10	14	16	33
Ab fab. 64	1000 kr	68	120	145	185	400

LÆSSEFAKTORER, GUMMIHJUL (Fig. 13)

		BTL-12D	BTL-14D	TL16D	TL20
Allis Chalmers					
Kapacitet	m ³	0.86	1.15	1.53	2.1
Løftehøjde	m	2.54	2.51	2.74	2.96
Kørehastighed	km/h	34-45	35-47	43	48
Vægt	t	5.5	7.0	8.4	11
Hestekraft	hk	80	93	135	145
Brændstofforbrug	l/h	11	13	17	19
Ab feb. 64	1000 kr	100	120	150	185
Nyt gummi	1000 kr	3.7	4.7	6.3	11.2

LOADERS (Fig. 17)

		Elevating Grader Allis Chalmers	Loader EUCLID BY
Trækraft			1-2 D8
Båndbredde	cm	110	135
Vægt	t	13	29
Hestekraft	hk	104	275
Brændstofforbrug	l/h	13	35
Max. ydelse	m ³ /h	450	700

GLATVALSEDE TROMLER (Fig. 32)

		5	8	10	12
Vægt u/ballast	t				
Vægt m/ballast	t	7	10	12.5	16
Antal valser	stk	2	3	3	3
Tromlebredde	m	1.0	1.8	1.8	2.0
Hestekraft	hk	25	30	35	45
Kørehastighed	km/h	1.6-7.4	1.6-8.3	1.4-6.5	1.6-6.4
Ab fab. 64	1000 kr	45	50	55	65

DIVERSE TROMLER (Fig. 33-34-35)

Type		← Gummi hjul →	← Vibration →	← Fårefod →			
Vægt u/ballast	t	3	10	1.4	4	6	4.5
Vægt m/ballast	t	10	27	1.4	4	15	11.5
Antal hjul/valser	stk	9	7	2	2	2	2
Tromlebredde	m	1.70	2.10	0.80	1.10	2.00	2.00
Hestekraft	hk	73	125	14	50	-	-
Kørehastighed	km/h	0-21	0-31	1.8-3.0	1.0-10.0	-	-
Ab fab. 64	1000 kr	62	178	23	56	50	23

JORDVIBRATORER

		55	100
Vægt	kg		
Areal	cm	33x28	40x40
Hestekraft	hk	1.7	2.6
Brændstofforbrug	l/h	0.5	0.9
Ab fab. 64	1000 kr	4.3	6.6

14-2 TRANSPORTMATERIELLASTVOGNE MED TIPPELAD

		← Bedford →			← Volvo →		
Kapacitet	t	2	3	6	7	10	15
Vægt	t	2	2.5	3	5	7	11.5
Hestekraft	hk	65	70	100	120	140	165
Brændstofforbrug	l/h	1.0	1.5	1.8	2.5	3.5	4.0
Pris 1964	1000 kr	22	27	33	60	66	140
Nyt gummi	1000 kr	1.1	1.7	3.6	4.3	4.3	8.0

SVÆRE LASTVOGNE MED TIPPELAD TIL JORDTRANSPORTI TERRÆN OG PÅ LANDEVEJ

		← Bedford →		Volvo
Kapacitet	t	4	5.5	7
Vægt	t	4.2	4.3	6
Hestekraft	hk	103	103	150
Brændstofforbrug	l/h	2	2	4
Pris 1964	1000 kr	35	37	90
Nyt gummi	1000 kr	4.4	4.3	5.8

DUMPERS (Fig. 27)

		0.35	0.45	0.60	2.3	3.5
Kapacitet (str.mål)	m ³					
Vægt	t	0.9	0.9	1.1	3.5	4
Hestekraft	hk	6	7.5	12	42	60
Brændstofforbrug	l/h	1	1	2	5	7
Kørehastighed	km/h	15	20	20	5-19	5-27
Ab fab. 64	1000 kr	9.5	12	15	40	70
Nyt gummi	1000 kr	0.5	0.8	1.2	3	4

DUMP TRUCKS (Fig. 28)

Mærke: EUCLID	type	R-12	R-15	R-20	R-22	R-30
Kapacitet (str.mål)	m ³	6.5	7.7	10	11.3	15.3
Lasteevne	t	11	13.5	18	20	27
Vægt	t	12	14	16	19	22
Hestekraft	hk	150	200	250	275	350
Kørehastighed	km/h	3-25	4-40	4-50	5-52	9-46
Brændstofforbrug	l/h	4	5	6.5	7.5	9
Ab fab. 64	1000 kr	160	185	230	260	350
Nyt gummi	1000 kr	10	13.3	21	28	38

DUMPERVOGNE (Fig. 29)

Kapacitet (str.mål)	m ³	10	13	18
Lasteevne	t	18	23	33
Vægt	t	16	21	28
Hestekraft	hk	220	305	360
Kørehastighed	km/h	5-45	7-44	4-44
Ab fab. 64	1000 kr	200	265	365
Nyt gummi	1000 kr	20	33	40

TRAKTORER

Se jordmateriel

DIESELLOKOMOTIVER

Vægt	t	2.5	3.5	5	7	10	16
Sporvidde	mm	616	920	920	920	920	1054
Hestekraft	hk	30	30	50	50	100	90
Togvægt på vandret bane m/kurver:							
5 km/h	t	60	85	110	154	250	490
10 km/h	t			100	98	150	460
15 km/h	t	51	50	61	59	100	260
Ab fab. 64	1000 kr	28	30	36	40	95	135

Ved 5 o/oo stigning reduceres trækraften med 50%, ved 10 o/oo med 67%, ved 20 o/oo med 82% og ved 30 o/oo med 89%.

TIPVOGNE

Størrelse (str.mål)	m ³	0.75	1.0	1.5	2	3
Sporvidde	mm	600	600	750	750	900
Vægt	t	0.5	0.8	1.4	1.8	2.2
Ab fab. 64	1000 kr	1.2	2	3.5	4.5	5.3

SPOR

Sporvidde	mm	600	600	750	750	900
Skinnevægt	kg/m	9	12	14	18	22
Vægt af skinne, lasker o.s.v.	t/km	20	26	30	38	46
Træsveller	antal/km	1000	1300	1300	1300	1300
Træsveller	m ³ /km	24	30	40	40	72
Ab fab. 64	1000 kr	30	40	45	55	80

SPORSKIFTER incl. SVELLER

Sporvidde	mm	600	600	750	750	900
Længde	m	5	7	10	10	12
Vægt	t	0.25	0.6	1.0	1.4	1.8
Ab fab. 64	1000 kr	0.4	1.0	1.6	2.1	2.7

TRANSPORTØRER (mobile)

Bredde	cm	40	40	60	60	60
Længde	m	9	12	9	12	15
Vægt	t	1.5	1.6	1.8	2.5	3.0
Transportevne	m ³ /h	10	10	17	17	17
Hestekraft	hk	1.5	2	3	4	5

TRANSPORTBÅND (faste uden motor og stillads)

Bredde	m	0.35	0.45	0.60	0.75	0.90
Transportevne	m ³ /h	50	100	150	200	250
Hestekraft vandret	10 m	2.4	3.0	3.6	4.1	4.8
"	30 m	3.3	4.1	5.0	5.7	6.5
"	60 m	4.8	5.8	6.9	7.9	9.0
"	150 m	8.8	10.8	12.8	14.7	16.7
Hver 3 m stigning	+	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
Ab fab. 64	100 kr/m	0.5	0.7	0.9	1.0	1.2

SKRABESPIL (Fig. 88)

Trækraft	kg	300	450	600
Trækhastighed	m/sek	0.75	0.75	0.75
Wirelængde	m	30	30	30
Skovl størrelse	l	75-150	75-150	75-150
Vægt	t	0.215	0.235	0.255
Hestekraft	hk	2	3	4
Ab fab. 64	1000 kr	5.2	6.0	8.0

14-3 FLYDENDE MATERIELSLÆBEBÅDE

Størrelse	hk	100	300
Ab værft 64	1000 kr	165	830

STÅLPRAMME

Størrelse	m ³	40	60	100	160	250	400
Størrelse	t	75	107	180	290	450	720
Ab værft 64	1000 kr	80	110	165	275	360	500

SELVTØMMENDE PRAMME

Størrelse	m ³	← Klappramme →			← Tippramme →		
		100	150	400	300	600	900
Ab værft 64	1000 kr	300	360	550	500	880	1200

SPANDKÆDEMASKINER (Fig. 37)

Spandstørrelse	l	← Roligt vand →			← Åben sø →		
		50	150	300	400	500	700
Max. gravedybde	m	7	10	12	7	20	17
Længde	m	20	27	33	37	50	52
Bredde	m	5	7	7.5	7.5	9.5	10.5
Dybde	m	1.2	2.1	2.1	3	3.5	3.7
Ydelse med 80% fyldning	m ³	45	120	250	330	310-530	540-740
Hovedmaskine	hk	30	170	150	135	315	315
Vægt	t	45	180	190	427	745	855
Ab fab. 64	1000 kr	370	1500	1600	3600	6000	7000

SANDSUGERE (Fig. 36)

Trykrørdiameter	cm	15	30	45	65	100
Normal gravedybde	m	4	8	12	18	21
Pumpehøjde og afstand	m	3/250	3/1000	5/1500		
Længde	m	7	18	42	62	91
Bredde	m	3	7	9	12	16
Dybde	m	1.5	1.5		4.7	7.2
Oppumpet blanding	m ³ /h	175	950	2000	6000	18000
Maskinkraft	hk	60	310	1200	1300	3000
Vægt	t	20	80	410	990	2400
Ab fab. 64	1000 kr	200	800	4000	10000	24000

14-4 MATERIEL TIL OPARBEJDNING AF STØBEMATERIALERKÆBEKNUSERE UDEN MOTOR (Fig. 42-43)

Størrelse af åbning	cm	← Enkeltbevægelse →			← Dobbeltbevægelse →		
		120x90	63x35.5	50x20	150x55	63x40	40x25
Spalteåbning	mm	120	70	12-15	150	40-100	15-25
Produktion	m ³ /h	90-120	28	5-7	150	8-25	8-12
Hestekraft	hk	100	40	18-22	80	25-35	16
Vægt	t	60	13	5	34	8	2.5
Ab fab. 64	1000 kr	400	88	46	225	63	36

RUNDKNUSERE UDEN MOTOR (Fig. 44)

Mundingsdiameter	m	3	1	0.915
Dybde af knusekegle	m	1	0.2	0.1
Spalteåbning	mm	100-200	10-15	5-12
Produktion	m ³ /h	350-500	18-20	14-45
Hestekraft	hk	180-275	40-50	47-100
Vægt	t	120	18	9
Ab fab. 64	1000 kr	900	120	87

HAMMERKNUSERE (Fig. 45)

Diameter knusehammer	m	2	1
Bredde	m	1.6	1
Åbning	cm	166x160	94x35
Produktion	m ³ /h	60	20
Hestekraft	hk	130	32
Vægt	t	41	6
Ab fab. 64	1000 kr	275	54

VALSEKNUSERE

Diameter af valser	m	1.6	0.8	0.3
Valselængde	cm	70	31.5	40
Max. kornstørrelse	mm	40	10	10
Produktion	m ³ /h	42	8	2.5
Hestekraft	hk	77	30	4.5
Vægt	t	38	8	1.7
Ab fab. 64	1000 kr	230	63	16

VASKEANLÆG UDEN MOTOR (Fig. 48)

Produktion	m ³ /h	2	8-12	50-60
Nødvendig hestekraft	hk	2	10	25
Vægt	t	1	8	33

VIBRATIONSSIGTER UDEN MOTOR (Fig. 47)

Længde	m	3	3	3.7	3.7	3.7
Bredde	m	1.2	1.2	1.2	1.5	1.5
Antal sigter	stk	1	1	1	1	3
Maskestørrelse	cm	20	8	2.5	1.3	
Nødvendig hestekraft	hk	10	7.5	7.5	10	12
Vægt	t	2	1.8	2.1	2.5	2.5
Ab fab. 64	1000 kr	24	20	22	28	40

SORTERTROMLER (Fig. 46)

Diameter	mm	700	800	1000	1250	1500
Tromlelængde	m	4.0	3.5	4.5	8.0	5.5
Produktion	m ³ /h	3	4	7	12	15
Nødvendig hestekraft	hk	2	2	3	5	5
Vægt	t	1.3	1.5	2.0	4.9	5.0

Sortertromler leveres kun på bestilling hos fabrikanterne.

14-5 RAMMEMATERIELRAMBUKKE MED FALDHAMMER (uden undervogn). (Fig. 58)

		← Fast →		← Universal →		
Vægt af hammer	t	1.0	1.5	2.0	3.5	4.0
Højde under hammer	m	7	9	12	16	20
Max. pælevægt	t	2	3	4	7	8
Motoreffekt (diesel)	hk	10	20	15	30	48
Sporvidde	m	3	3	3.5	3.5	4.25
Vægt	t	7	8	12	28	32
Pris komplet 64	1000 kr	24	27	88	140	145

UNIVERSALRAMBUKKE MED ENKELTVIRKENDE DAMPHAMMER (Fig. 59)

Vægt af hammer	t	4	5	6
Højde under hammer	m	20	22	25
Max. pælevægt	t	8	10	12
Kedel, hedeblade	m ²	25	30	36
Olieforbrug	l/h	85	100	120
Sporvidde	m	4.25	4.25	6
Vægt	t	55	65	70
Pris komplet 64	1000 kr	165	360	450

GRAVEMASKINER UDSTYRET TIL PÆLERAMNING (Fig. 61)

Størrelse	m ³	0.4	0.7	1.0	1.5
Vægt af hammer	t	1.0	1.5	2	3
Højde under hammer	m	10	12	12	14
Max. pælevægt	t	2	3	4	6
Ab fab. 64	1000 kr				

ENKELTVIRKENDE HAMRE (Fig. 55)

Vægt af hammer	t	4	5	6	8	10
Kedel, hedeblade	m ²	31	36	45		
Luftforbrug	m ³ /min	30	36	40		
Vægt	t	5.2	6.5	7.7	10.5	13.0
Ab fab. 64	1000 kr	22	28	37	40	43

DOBBELTVIRKENDE HAMRE (Fig. 56)

Vægt af hammer	kg	350	725	1350	2250	3600
Kedel, hedeplade	m ²	15	20	25	30	40
Luftforbrug	m ³ /min	12.7	17	21.2	25.5	31.8
Vægt	t	2.3	3.2	5.0	6.4	7.5
Ab fab. 64	1000 kr	18	32	44	55	32

DIESELRAMBUKKE (Fig. 57)

Betegnelse (Delmag)		G11	G17	GF22
Vægt af hammer	t	1.4	2.8	4.4
Højde under hammer	m	7.5	13.7	18.0
Max. pølevægt	t	1.5	3	6
Spilletets hestekraft	hk	5	10	17
Olieforbrug	l/h	3.5	8	15
Sporvidde	m	3.75	4.5	4.5
Vægt	t	3.7	11.4	22
Ab fab. 64	1000 kr	33	105	275

UNDERVOGNE

Bæreevne	t	20	20	40	40	60	100
Spændvidde	m	15	30	15	30	15	12
Vægt	t	7.5	30	12	48	15	20
Ab fab. 64	1000 kr	28	-	33	-	50	85

14-6 BETONMATERIELBLANDEMASKINER (fritfald) (Fig. 89)

Indhold (løst mål)	l	150	350	500	700	1000	1500
Vægt	t	0.46	2.3	3.0	4.0	4.8	5.6
Hestekraft	hk	2	7.3	8	10	17	25
Tilslutningseffekt	kw	1.5	5.5	9.5	13	16	18.4
Ydelse (praktisk)	m ³ /h	2	4	7	10	14	20
Ab fab. 64	1000 kr	3.2	16.4	24	28	35	50

Tvangsblandere er ca. 10% dyrere og yder 15-25% mere end fritfaldsblandere.

SILO- OG VEJEANLÆG (Fig. 87-88)

Silokapacitet	m ³	0.4	2x5	2x10	3x13
Cementsilo	t	-	10	-	27
Vægt	t	0.7	3	7.5	12
Hestekraft	hk	-	-	10	10
Ydelse	m ³ /h	0.5	10	15	28
Ab fab. 64	1000 kr	17	25	46	90

ROTERTROMLER

Fabrikat (Winget)		
Kapacitet	m ³	2.3
Effekt	hk	5.5
Vægt	t	2.8
Nødvendig lastbilstørrelse	t	7
Ab fab. 64	1000 kr	35

TRUCK MIXERS (Fig. 92)

Fabrikat (Blaw Knox)		
Kapacitet	m ³	1.5
Motoreffekt	hk	32
Vægt	t	2.7
Nødvendig lastbilstørrelse	t	7
Ab fab. 64	1000 kr	48

STAVVIBRATORER (Fig. 107)

Mærke: Vibro	type	AA-25	AA-35	AA-46	AA-60	El-motor AE-11	Trykluft An-11
Stavdiameter	cm	2.5	3.5	4.5	6.0	-	-
Stavlængde	cm	34	40	50	60	-	-
Frekvens	v/min	12000	10000	10000	9.500	-	-
Vægt	kg	9.5	16.5	19.5	22.0	9.2	9.5
Hestekraft	hk	-	-	-	-	1.0	1.2
Tilslutningseffekt	kw	-	-	-	-	0.9	-
Luftforbrug	m ³ /min	-	-	-	-	-	1
Pris 1964	1000 kr	1.45	1.6	1.65	1.78	2.3	1.55

FORMVIBRATORER (Fig. 109)

Mærke: Vibro	type	ER-02	ER-11	ER-31	ER-51
Frekvens	v/min	3000	3000	3000	3000
Centrifugalkraft	kg	50-225	60-245	170-500	335-1000
Effektforbrug	kw	0.24	0.33	0.66	1.30
Vægt	kg	10.5	18	24	38
Ab fab. 64	kr	675	840	1000	1540

BETONSPANDE (Fig. 96)

Størrelse	l	380	760	1140	1520	2300
Vægt	kg	200	400	500	760	1100
Pris 1964	kr	2300	3400	4500	5700	6800

BETONPUMPER (excl. rørledninger). (Fig. 97)

Mærke: Pumporet		PC4	PC3
Rørdiameter	cm	11.5	15.0
Kapacitet	m ³ /h	6-7.5	15-18
Max. kornstørrelse	cm	2.5	6
Pumpemotor	hk	25	45
Vægt	t	2.6	4.2
Ab fab. 64	1000 kr	48	75

BETONKANONER (trykluftanlæg til betontransport).

Mærke: Placy		← GF 250 →				← GF 500 →			
		50	100	200	300	50	100	200	300
Rørdiameter	cm	15							
Længde af rørledning	m	50	100	200	300	50	100	200	300
Kapacitet	m ³ /h	10	10	7.5	5	20	20	15	10
		7.5	7.5	5	3	15	15	10	6
Kompressor	hk	40	60	80	80	45	65	90	95
		30	45	55	50	35	50	60	60
Max. kornstørrelse	cm	5-6				5-6			
Vægt	kg	380				610			
Pris 1964	1000 kr	8.6				11.0			

PUMPELEDNINGER TIL BETONPUMPER

Diameter	cm	20-22	15
Pris pr. m	kr	245	175

BUKKE OG KLIPPEMASKINER (Fig. 84-85)

Type: Steinway		Bukkemaskiner	Klippemaskine
Største jerndimension mm		32	40
Motor	hk	1.7	2.5
Vægt	kg	610	780
Ab fab. 64	1000 kr	8.4	11.1

14-7 LØFTEMATERIELMOBILKRANER (Fig. 104-105)

Løfteevne	t	← På gummi hjul →			← På larvebånd →		
		1-4	1.5-6	2-11	1-3	1.5-4.5	2.5-6
Udlæg	m	7.5-3	7.5-3	10-3	14-6	12-6	11-6
Hestekraft	hk	25	35	45	44	70	95
Vægt	t	11	15	17	16	24	28
Ab fab. 64	1000 kr	122	130	250	165	220	260
Nyt gummi	1000kr	3	4.6	14			

TÅRNKRANER (Fig. 100-101-102)

Løfteevne	t	← Acrow →		Linden	← Wolff →		Peine
		0.8-1.6	1.6-4.0	1.5	1.5-3.0	7.5	2.2-5.8
Udlæg	m	16-6	30-11	20	25-9	30	40-13
Løftehøjde	m	32	60	25	31-49	100	54-81
Hestekraft	hk	26	60	21	45	130	130
Vægt excl. kontravægt	t	18	45	8	23	65	55
Ab fab. 64	1000 kr	67	180	72	165	390	440

KLATREKRANER (Fig. 103)

F.B. Krøll		K45	K60	K80
Løfteevne	t	1.5-3.0	2.0-4.0	2.2-7.6
Udlæg	m	30-17	30-17	35-12
Løftehøjde	m	10.5	13.5	11
Hestekraft	hk	22	27	48
Vægt excl. kontravægt	t	15	20	25
Pris 1964	1000 kr	104	123	157

DERRICKS

Løfteevne	t	1 $\frac{1}{4}$ -3	1 $\frac{1}{4}$ -3	2-5	2 $\frac{1}{2}$ -5	4-10	4-10
Længde af bom	m	23	31	23	37	31	37
Udlæg	m	22-17	29-23	22-17	35-28	29-23	35-28
Hestekraft	hk	20	20	30	32	50	75
Vægt excl. kontravægt	t	15	16	20	30	30	35
Ab fab. 64	1000 kr	66	70	130	140	176	265

HEJS, elevator (Fig. 98-99)

Løfteevne	kg/pers	750/8	1400/16	500/-
Max. højde	m	24	65	25
Motorkraft	hk	7.5	10-15	5-8
Vægt u/ballast	t	1	3	0.5
Ab fab. 64	1000 kr	62	80	28

PORTALKRANER

Bæreevne	t	5	7.5	10	15	20	30
Spændvidde	m	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15	10-15
Vægt	t	2-3	3-5	4-6	5.5-6.5	6.5-8.5	7.5-9.0
Ab fab. 64 excl. løbekat	1000 kr	9 $\frac{1}{2}$ -12 $\frac{1}{2}$	11 $\frac{1}{2}$ -16	15-19	19-22	21-22	24-27

LØBEKATTE

Løfteevne	t	3	5	10
Vægt	t	0.65	0.79	1.20
Ab fab. 64	1000 kr	4.5	6.6	15

2 PRODUKTIONSMETODER

	Side
20 <u>GENERELT ARBEJDE</u>	
Indholdsfortegnelse	48
21 <u>JORD- OG KLIPPEARBEJDE</u>	
Indholdsfortegnelse	56
22 <u>FREMSTILLING AF STEN- OG GRUSMATERIALER</u>	
Indholdsfortegnelse	94
23 <u>FUNDERINGSARBEJDE</u>	
Indholdsfortegnelse	105
24 <u>BETONARBEJDE</u>	
Indholdsfortegnelse	146

20 GENERELT ARBEJDE

	Side
200 INDLEDNING	49
201 PUMPEARBEJDE	49
201-0 Generelt	49
201-1 Centrifugalpumper	50
201-2 Stempelpumper	52
201-3 Membranpumper	52
201-4 Mammutpumper	53
202 TRYKLUFATARBEJDE	53
202-0 Generelt	53
202-1 Kompressorer	53
202-2 Trykluftdrevne arbejdsmaskiner	55
203 TRANSPORT- OG LØFTEARBEJDE	55

20 GENERELT ARBEJDE200 INDLEDNING

Som indledning til afsnittet om produktionsmetoder - opdelt efter de vigtigste arbejdsarter, såsom jord-, beton- og funderingsarbejde - skal i dette afsnit omtales visse mere generelle arbejder - pumpe- og tryklufatarbejde samt transport- og løftearbejde. Disse arbejder vil ofte indgå som hjælpearbejder såvel i et jord- og funderingsarbejde som i et betonarbejde, men vil sjældent være et mål i sig selv.

Hvor disse hjælpearbejder - eller specielle anvendelser heraf - særligt knytter sig til en af de i de følgende afsnit omtalte produktionsmetoder, er de behandlet herunder. Som eksempler kan nævnes, at såvel vandret og lodret transport som kombineret vandret og lodret transport primært behandles under afsnittet "Betontransport", medens tung vandret transport omtales under jordarbejde o.s.v. Specielle pumpearbejder f.eks. i forbindelse med en grundvandssænkning omtales under funderingsarbejde, pumpning af beton under betontransport o.s.v.

Det er kun hensigten oversigtsmæssigt at beskrive de vigtigste materieltyper og hermed de vigtigste produktionsmetoder. Angående enkeltheder henvises til speciallitteraturen.

201 PUMPEARBEJDE201-0 Generelt.

Specielt pumpning af vand er en ofte forekommende opgave i forbindelse med et bygge- eller anlægsarbejde. Det kan f.eks. være: lønsning af byggegruber og caissoner, pumpning i forbindelse med arbejdspladsens vandforsyning.

Til hvert pumpearbejde vil - alt efter dets størrelse og arten af det oppumpede materiale - en bestemt pumpetype ofte være særlig velegnet. I det følgende skal de vigtigste pumpetyper og disses normale anvendelsesområde kort omtales.

Specielt ved større pumpearbejder er det af økonomiske grunde vigtigt at anvende den pumpetype, der passer for den givne opgave. En pumpes størrelse er karakteriseret ved dens kapacitet (vandmængde pr. tidsenhed) som funktion af pumpens totale løftehøjde. Denne er summen af sugehøjden (højdeforskellen mellem vandspejl og pumpe) og trykhøjden (højdeforskellen mellem pumpe og udpumpningssted) samt rørsystemets tryktab.

Pumpens nødvendige hestekraft bestemmes som:

$$N = \gamma \frac{Q \times H}{\eta \times 75} \quad (\text{hk}), \text{ hvor}$$

γ er vædskens vægtfylde (kg/m^3)

Q er vandmængden (m^3/sek)

H er den totale løftehøjde (m) og

η er pumpens virkningsgrad.

η kan for centrifugalpumper være 0.4-0.8, for stempel- og membranpumper 0.8-0.9 og for mammutpumper 0.1-0.3.

201-1 Centrifugalpumper.

Fig. 2 viser en centrifugalpumpe. Princippet i denne pumpetype er, at vædsken ved hjælp af et skovlhjul sættes i roterende bevægelse. Centrifugalkraften vil presse vædsken ud i det spiralformede kammer, der omgiver hjulet, og videre under tryk ud i trykledningen. Ved atmosfærens tryk ledes stadig nyt vand gennem sugeledningen til pumpen.

Centrifugalpumper kan være selvansugende eller ikke-selvansugende. I sidste tilfælde må pumpen "spædes" - d.v.s. sugeledningen fyldes op, inden pumpearbejdet startes - og sugeledningen må være forsynet med en bundventil, der forhindrer vandet i at løbe tilbage.

Centrifugalpumper udføres normalt med suge- og trykledning og kan i denne udførelse ikke pumpe fra større dybde end 7.0-7.5 m (teoretisk 10 m). Hvis vandspejlet er beliggende i større dybde, må pumpen ned-sænkes i pumpegraven. Ved de såkaldte dykpumper anbringes pumpen direkte i vædsken, d.v.s. at sugeledningen - og ulemper som følge af denne - undgås. Disse pumper er altid selvansugende.

Centrifugalpumpen er kendetegnet ved god driftsøkonomi og -sikkerhed og er derfor også - til bygge- og anlægsarbejder - den pumpetype, der

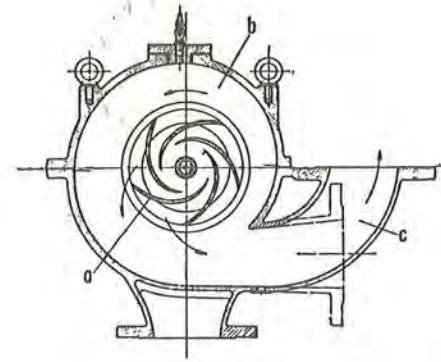


Fig. 2
Snit gennem centrifugalpumpe (32)

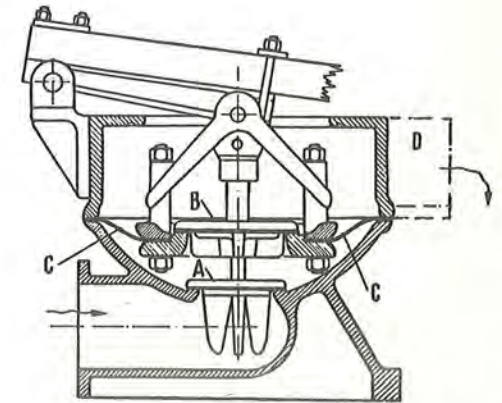


Fig. 3
Snit gennem membranpumpe (32)

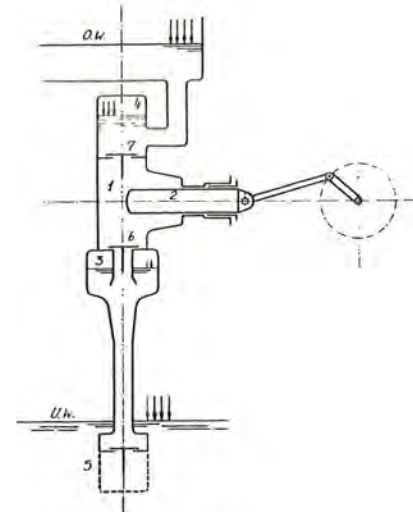


Fig. 4
Stempelpumpens princip (26)

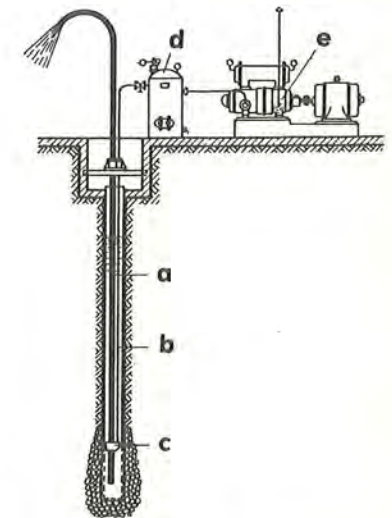


Fig. 5
Mammutpumpe (26)

- a. Stigrør
- b. Trykluftrør
- c. Fodstykke
- d. Vindkedel
- e. Kompressor

anvendes mest. Centrifugalpumpen kan direkte tilkobles en el-, benzin- eller dieselmotor eller eventuelt drives af trykluft. Pumpetyper er specielt egnede ved alle pumpeopgaver, hvor der kræves større kapacitet og trykhøjde. Pumpens anvendelse begrænses dog ved, at den normalt ikke kan anvendes til pumpning af vædske med større forurening. Forureninger kan dels forårsage, at skovlhjulet kiler sig fast og dels betinge en meget kraftig slitage på skovlhjulet. Sugeledningen bør derfor forsynes med egnede filter.

201-2 Stempelpumper.

Princippet i denne pumpetype er vist på fig. 3. Når stemplet trækkes tilbage etableres en luftfortynding i stempelcy lindren. Herved trykkes vædsken ved atmosfærens tryk op gennem sugeledning, sugeventil og fylder cylindren. Ved stemplets fremadgående bevægelse presses vædsken gennem trykventilen ud i trykledningen. For at undgå en for stærkt pulserende vædskebevægelse anbringes normalt en vindkedel på pumpens trykside. Pumpen er selvansugende. Pumpens virkningsgrad er god, men driftsomkostningen og slitagen stor. De største urenheder tilbageholdes derfor normalt af et filter.

Stempelpumper anvendes kun sjældent ved egentligt entreprenørarbejde. Hvor transport af beton foregår gennem rørledninger, og der ikke anvendes trykluft, benyttes stempelpumper.

201-3 Membranpumper.

På fig. 34 er vist et eksempel på en membranpumpe. Princippet er som i stempelpumpen, blot er stemplet erstattet af en gummimembran fastgjort langs pumpehusets sider. Membranen kan ved hjælp af en vægtstangs-anordning bringes i pulserende bevægelse og således - ligesom stemplet - etablere over- og undertryk. Pumpen er selvansugende og kan udføres med suge- og trykledning. Pumperne drives manuelt eller med el- eller forbrændingsmotorer.

En simpel udførelse er den såkaldte grydepumpe. Denne er manuelt betjent og har åbent pumpehus, således at pumpen ikke kan trykke vædsken.

Membranpumpen er driftsikker og slidstærk samt anvendelig til pumpning af forurenede vædske. Pumpens ydeevne, sugehøjde og totale løftehøjde er dog ret beskedne.

201-4 Mammutpumper.

Fig. 5 viser princippet i en mammutpumpe. Denne er i princippet opbygget af et stigrør og et rør til forsyning af trykluft. Rørene samles forneden i et fodstykke. Da den luftblandede vædske har en lavere rumvægt end den omkringliggende vædske, vil blandingen af vædske og luft presses op i stigrøret.

Mammutpumpen er velegnet til meget dybtliggende vædske. Selv ret store sten kan oppumpes. Da virkningsgraden er ringe og driftsudgifterne store, anvendes mammutpumper kun, hvor andre pumpetyper er uanvendelige.

202 TRYKLUF TARBEJDE

202-0 Generelt.

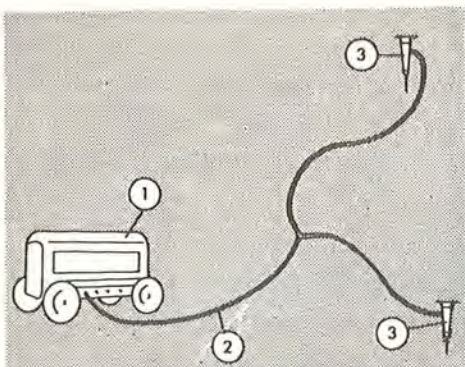
Som omtalt i afsnit 11-1 er trykluft på byggepladser en meget anvendt kraftkilde. Trykluft anvendes til ramning, sandblæsning, sprøjtestøbning m.v. samt til drift af vibratorer, stampere, pumper, taljer og mange arter håndværktøj.

Tryklufften leveres fra et tryklufftanlæg, der kan opbygges som vist på fig. 6. For mindre arbejder anvendes ofte et transportabelt anlæg, som vist på figuren. Tryklufften leveres fra kompressoren (1) gennem gummislanger (2) til arbejdsmaskinerne (3). Ved større arbejder med et væsentligt forbrug af tryklufft etableres ofte et stationært tryklufftanlæg. Tryklufften leveres her fra kompressoren (1) via rørsystem (2) f.eks. af letmetal med vandudskillere (3) og smøreapparater (4) - hvor lufften tilsættes en tilpas mængde smøreolie - til arbejdsmaskinerne (5).

202-1 Kompressorer.

En kompressor består af en motor, en Pumpe, et køleaggregat og en tryklufftbeholder med vandudskillere og trykregulator. Til entreprenørarbejder anvendes normalt transportable kompressorer drevet af en dieselmotor. Pumpen vil som oftest være en stempelpumpe (stempelkompressor) eventuelt en art centrifugalpumpe (rotationskompressor). Nedkølingen foregår med lufft eller vand - små kompressorer er ofte lufftkølede, større vandkølede.

Fig. 6
Trykluftanlæg (44)



Øverst: Mobilt anlæg

1. Kompressor 3. Arbejdsmaskiner
2. Slange

Nederst: Stationært anlæg

1. Kompressor 3. Vandundskillere
2. Ledningsnet 4. Smøreapparater
5. Arbejdsmaskiner

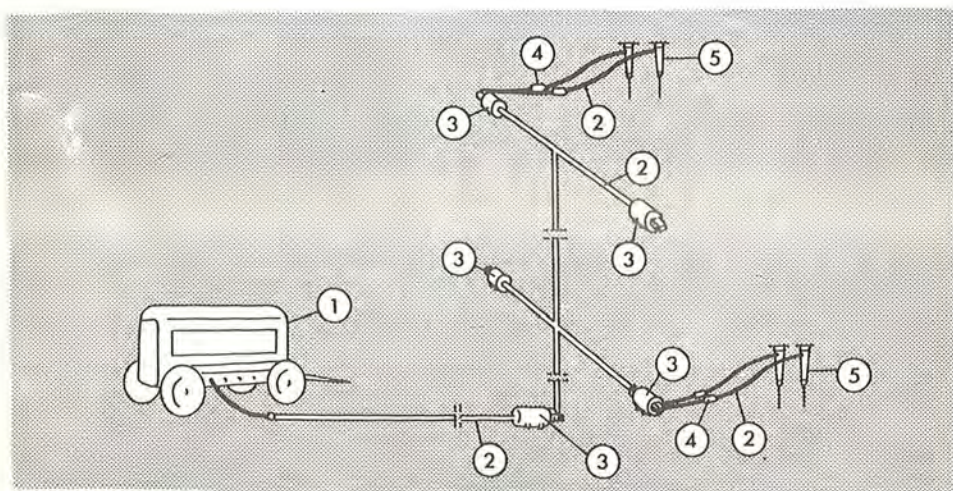


Fig. 7 Forskellige mejselmaskiner (14)



Komprimeringen vil oftest foregå i to trin. I første trin forkomprimeres luften, hvorefter den nedkøles omtrent til ind sugningstemperaturen. Derefter komprimeres luften i 2. trin til det ønskede arbejds tryk - normalt 7-8 ato - og ledes gennem en køler til trykluftbeholderen.

202-2 Trykluftdrevne arbejdsmaskiner.

Som omtalt i afsnit 202-0 er trykluft en ofte anvendt kraftkilde til mange arter af arbejdsmaskiner. Brugen af disse maskiner adskiller sig kun lidt fra brugen af de tilsvarende maskiner drevet af forbrændings- eller el-motorer. I dette afsnit skal derfor kun kort omtales nogle særlige trykluftværktøjer, specielt pneumatiske mejsel- og boremaskiner.

På fig. 7 er vist 4 forskellige mejselmaskiner (betonhammeren, spunrammeren, trykluftspaden og spidsmejselhammeren). Alle disse værktøjer virker ved, at mejselen - eventuelt spaden - gives stødpåvirkninger i aksial retning. I værktøjet er indbygget en cylinder med et stempel. Ved henholdsvis at føre trykluft til den ene og den anden side af stemplet sættes dette i bevægelse. Mejselen er således opsat i arbejdsmaskinen, at stemplet direkte står på mejselenden.

Ved boremaskiner til klippe og beton sættes boret både i en aksial og i en roterende bevægelse. Borekronen er som regel af specialstål og borestangen hul, således at "spuleluften" herigennem kan føres til skæret.

203 TRANSPORT- OG LØFTEARBEJDE

Disse vigtige generelle arbejder skal - som nævnt i afsnit 200 - ikke omtales på dette sted. Arbejderne er behandlet i tilknytning til hver af de følgende produktionsmetoder således, at der her kun skal henvises til afsnittene: 11-1, 21, 224 og 243-2.

21	<u>JORD OG KLIPPEARBEJDER</u>	Side
210	INDLEDNING	57
	210-0 Generelt	57
	210-1 Materialets art	57
	210-2 Arbejdets omfang samt tidsfristen . .	58
	210-3 Lokale forhold	58
	210-4 Valg af udførelsesmetode	60
211	FORBEREDENDE ARBEJDER	63
212	JORDFLYTNING OVER KORTE AFSTANDE	68
	212-1 Planeringsarbejde	68
	212-2 Afremning af jord	69
	212-3 Udførelse af kanaler og diger	69
	212-4 Udgravning af byggegruber	70
213	JORDFLYTNING OVER MIDDELLANGE AFSTANDE . . .	70
	213-1 Scrapers	71
	213-2 Gravemaskiner	71
	213-3 Lastbiler	76
	213-4 Dumpers	79
	213-5 Dump trucks	79
	213-6 Dumpervogne	79
214	JORDFLYTNING OVER LANGE AFSTANDE	83
215	KOMPRIMERING	83
	215-1 Stampning	84
	215-2 Tromling	84
	215-3 Vibrering	87
	215-4 Vanding	87
	215-5 Trafik	87
216	JORDARBEJDER PÅ VAND	87
	216-1 Sandsugere	88
	216-2 Spandkædemaskiner	88
	216-3 Øvrige gravemateriel	90
	216-4 Transportmateriel	90
217	KLIPPEARBEJDE	91
	217-1 Borearbejde	91
	217-2 Sprængning	92
218	SPECIELLE ARBEJDER	93

21 JORD- OG KLIPPEARBEJDER

210 INDLEDNING

210-0 Generelt.

Jordarbejde omfatter løsning, læsning, transport og anbringelse, herunder eventuelt komprimering og planering.

Materialet kan variere fra det blødeste ler til den hårdeste klippe. Som regel benyttes betegnelsen klippe for materialer, der er så kompakte, at de må løsnes ved sprængning.

De specielle forhold, der gælder for udførelse af klippearbejder, er behandlet i afsnit 217.

Udgifter til materiel vil normalt spille en større rolle ved jordarbejde end ved andre anlægsarbejder. Dette skyldes, at jordarbejder generelt er stærkere mekaniseret, og at udgifterne til materialer som regel er relativt ubetydelige.

Ved planlægning af udførelsesmetoden er følgende faktorer af særlig vigtighed: materialets art, arbejdets omfang, tidsfristen for arbejdets udførelse samt forskellige lokale forhold: klimatiske betingelser, transport- og arbejdskraftforhold.

210-1 Materialets art.

Den første forudsætning for at bestemme et jordarbejdes udførelsesmetode er et grundigt kendskab til arten af det materiale, der skal udgraves.

Til bestemmelse af jordarter er der i årenes løb opstillet en række klassifikationssystemer, hvoraf de nyere ofte er meget detaljerede. I fig. 8 er vist et system, der i mange år har været benyttet i Tyskland, og som er særlig velegnet til vurdering af jordarternes egenskaber med henblik på løsning, læsning og transport.

Figuren giver oplysning om

- jordartens sammensætning og rumvægt i normal lejringsstilstand,
- dens midlertidige udvidelse ved løsning og løsning,
- dens blivende udvidelse på anvendelsesstedet, efter at den har været udsat for vejrets indflydelse gennem længere tid.

Den jordmængde, der skal udgraves, angives i almindelighed efter sit rumfang i fastlejret tilstand. Ved bedømmelse af løsse- og transportmateriellets kapacitetsangivelser må der tages hensyn til jordens midlertidige udvidelse, medens der ved tilfyldning må tages hensyn til jordens blivende udvidelse.

For klippearbejder, hvor udvidelsen er meget betydelig, opgives alle mængder ofte i tons. Derved er muligheden for misforståelser med hensyn til mængderne udelukket.

210-2 Arbejdets omfang samt tidsfristen.

Det gælder i almindelighed, at jo større jordmængden er, jo længere den skal flyttes, og jo kortere tid der er til rådighed, desto stærkere mekaniseringsgrad kan der benyttes.

Er jordmængden under en vis grænse, betyder udgifterne til forsendelse og montering af materiellet som regel så meget, at der er grund til at undersøge, om mindre stærkt mekaniserede arbejdsmetoder ikke vil være mere fordelagtige.

I lande med lav arbejds løn kan det undertiden være økonomisk forsvarligt at udføre selv meget store jordarbejder efter primitive metoder. Når man alligevel ofte mekaniserer, skyldes det i reglen, at tidsfristen er for kort til, at man kan opbygge en organisation, der kan operere med de store arbejdsstyrker, der ville være nødvendige for en programmæssig gennemførelse af arbejdet.

Moderne jordmateriel kræver en meget stor investering. Ved store arbejder kan den ligge på 50-100% af anlægssummen. For at udnytte materiellet bedst muligt vil man ofte forsøge at arbejde i flere skift trods ekstraudgifter til belysning m.v.

210-3 Lokale forhold.

Sådanne kan være lige så afgørende som jordmængde og tidsfrist ved planlægning af udførelsesmetode.

Fig. 8. Klassifikation af jordarter.

	Rumvægt t/m ³	Udvidelse	
		midler- tidig	bliv- ende
1 <u>Jordarter uden sammenhæng.</u> sand, muld, grus uden bindemidler	1.5-1.6	10-15%	1-2%
2 <u>Jordarter med ringe sammenhæng.</u> Sandet ler, let ler, fugtigt sand, tørvejord	1.6	15-20%	1-2%
3 <u>Jordarter med stærkere sammenhæng.</u> Stenrigt sand, sandet ler	1.75	20-25%	2-4%
4 <u>Faste jordarter</u> Stenet jord, groft grus, -singels	1.7-1.8	20-25%	4-6%
5 <u>Seje jordarter med stærk sammenhæng.</u> Svært ler, mergel, grov singels	1.8-1.9	25-30%	6-7%
6 <u>Jordarter på overgang til klippe.</u> Blød sandsten, kløftet kalksten, forvitret klippe	2.0	30-45%	8-15%
7 <u>Lagdelt klippe.</u> Skifer, kalksten, kridt	2.2-2.4	40-50%	8-15%
8 <u>Fast klippe.</u> Hård sand- og kalksten	2.5-2.6	40-50%	8-15%
9 <u>Hårde stenarter, svære at sprænge</u> Gneis, granit, kvarts, porfyr, syenit	2.8	45-65%	8-15%

Klimatiske forhold. Her er det navnlig kendskab til temperatur, luftfugtighed, nedbør, frostperioder og regntid, der er af betydning dels for at kunne bestemme, hvor megen spildtid der må regnes med og dels for at kunne bedømme, hvilket materiel der vil være bedst egnet.

Transportforhold. Da transportarbejdet udgør en så omfattende del af jordarbejdet, er det særlig påkrævet ved planlægning af jordarbejdets udførelse at skaffe sig et godt kendskab til ikke blot transportlængde, men også transportvejenes beskaffenhed, herunder stigningsforholdene, overflade og bæredygtighed under forskellige vejrforhold.

Arbejdskraftforhold. Jordarbejde er vel nok den type arbejde, hvor indsatsen af arbejdskraft kan variere mest. Det kan udføres praktisk talt uden brug af materiel og modsætningsvis med gennemført mekanisering og et minimum af arbejdskraft. Valget af mekaniseringsgrad afhænger derfor i høj grad af mulighederne for at fremskaffe arbejdskraft og af dennes kvalitet og aflønning.

210-4 Valg af udførelsesmetode.

Det forekommer meget sjældent, at man umiddelbart kan fastslå, på hvilken måde et jordarbejde skal udføres. Det vil som regel være nødvendigt at sammenligne flere muligheder, f.eks. udførelse med scrapers eller med gravemaskiner og lastbiler, og for hver mulighed at finde frem til fordelagtigste størrelse og antal enheder.

Til en rent foreløbig orientering kan fig. 9 benyttes. I denne er der givet en oversigt over forskellige typer jordmateriel og deres anvendelsesmuligheder under hensyntagen til en del af de i det foregående nævnte faktorer. Der er endvidere på fig. 10 givet en oversigt over forskellige typer jordmateriels økonomiske anvendelsesområder under forudsætning af, at det drejer sig om flytning af almindelig jord af klasse 1-4 (fig. 8).

Skemaer, som de her viste, er naturligvis meget simplificerede og kan - som ovenfor anført - kun anvendes til en foreløbig orientering. Særlig forsigtighed tilrådes ved meget små arbejder eller ved arbejder, hvor arbejdslønnen er meget lav.

Fig. 9 Jordmateriellets anvendelsesområder

Løsning og lasteevne	Jordklasse	Anvendelses- område	Transport- afstand	Bundens bæreevne	Vej- bærens beskaf- ferhed	Til- delig stig- ning					Mindste bredde af planum	Indfly- delse af nedbør	
						25	50	75	100	%			
1	1	Vej	< 3	< 0.5	Meget ujævn								
2	2	Fløvepladser	3-50	0.5-1.0	Meget ujævn								
3	3	Kanaler	50-75	1.0-1.5	Meget ujævn								
4	4	Grøfter	75-500	1.5-3.0	Meget ujævn								
5	5	Dæmninger	500-2000	3.0-5.0	Meget ujævn								
6	6	Stenbrud	> 2000	> 5.0	Meget ujævn								
7	7	Veje											
8	8	Udg. fundam.											
9	9	Udg. fundam.											
10	10	Fløvepladser											
11	11	Kanaler											
12	12	Grøfter											
13	13	Dæmninger											
14	14	Stenbrud											
15	15	Udg. fundam.											
16	16	Fløvepladser											
1	1	Vej	< 3	< 0.5	Meget ujævn								
2	2	Fløvepladser	3-50	0.5-1.0	Meget ujævn								
3	3	Kanaler	50-75	1.0-1.5	Meget ujævn								
4	4	Grøfter	75-500	1.5-3.0	Meget ujævn								
5	5	Dæmninger	500-2000	3.0-5.0	Meget ujævn								
6	6	Stenbrud	> 2000	> 5.0	Meget ujævn								
7	7	Veje											
8	8	Udg. fundam.											
9	9	Udg. fundam.											
10	10	Fløvepladser											
11	11	Kanaler											
12	12	Grøfter											
13	13	Dæmninger											
14	14	Stenbrud											
15	15	Udg. fundam.											
16	16	Fløvepladser											

- 1 Bulldozer m/larvebånd
- 2 Buggescraper+larveb. traktor
- 3 Motorscraper, 3-akslet
- 4 Motorscraper, 2-akslet
- 5 Motorscraper+pusher
- 6 Grader
- 7 Traxcavator
- 8 Elevating grader
- 9 Gravemaskine m/ske
- 10 Gravemaskine m/slæbeskovi
- 11 Rendegraver
- 12 Lastvogn
- 13 Dumper, dump truck
- 14 Dumpervogn+4-hjulet traktor
- 15 Dumpervogn m/2-hjulet traktor
- 16 Jernbanemateriel

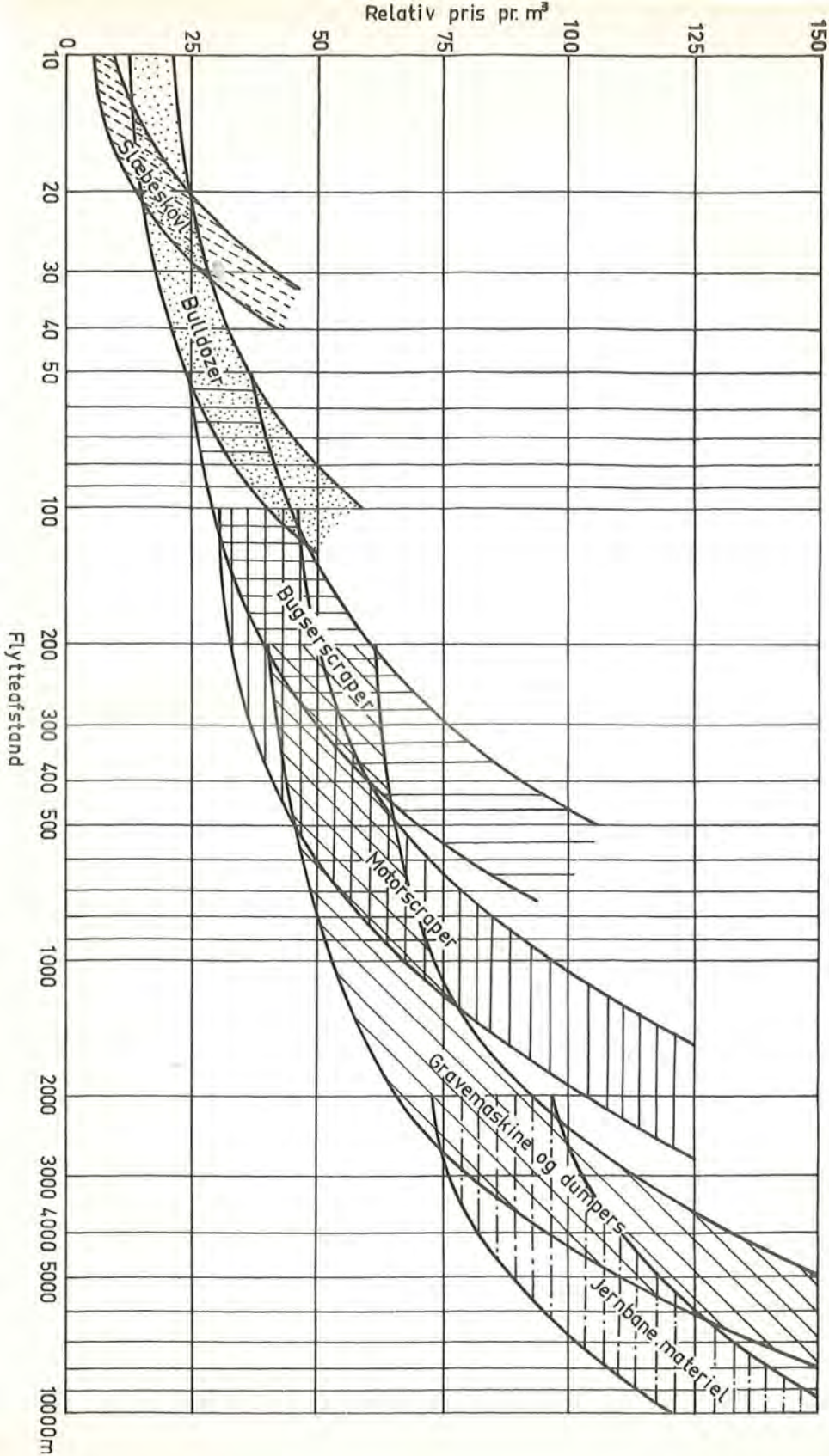


Fig. 10. Oversigt over jordflytningsmateriellets økonomiske anvendelsesområder

211 FORBEREDENDE ARBEJDER

Ved de fleste jordarbejder er det i reglen nødvendigt først at foretage visse forberedende arbejder som f.eks. fjernelse af bevoksning og muldjord, planering af adgangsveje o.s.v.

Tidligere blev disse arbejder udført med håndkraft, men i dag vil man næsten altid benytte bulldozer. Bulldozeren er en kraftig larvebåndstraktor forsynet med et blad, der kan hæves og sænkes samt på visse typer drejes i et vandret plan (fig. 11). Når bulldozeren kører fremad med sænket blad, skrælles et lag jord løst og skubbes foran bladet til anvendelsesstedet, hvor bladet derefter løftes. Hvis bladet er drejeligt, kan jorden skubbes ud til siden. Oplysninger om bulldozerens ydeevne findes på fig. 15.

En variant af bulldozeren er traxcavatoren, hvor bladet er erstattet af et bredt læssetrug, hvori jorden løftes og transporteres eller aflæsses på lastbiler o.s.v. (fig. 12 og 13). Læssetraktorens ydelse fremgår af fig. 16.

Bulldozeren er velegnet til trærydning. Med det sænkede blad fritlægges og overskæres rødderne, og med det løftede blad væltes træet. Træer med en diameter på 10-30 cm kan normalt fjernes på mindre end ca. 10 min., medens det tager 10-30 min. at vælte træer på 30-75 cm i diameter. Buske og træer under 15 cm kan af en kraftig bulldozer - D7 eller D8 - ryddes med en hastighed af 500-800 m² pr. time.

Muldjord skal ofte fjernes separat og oplægges i depot til senere brug ved f.eks. skråningsbeklædning eller lignende. Skal mulden placeres nær udgravningsstedet, benyttes en bulldozer til at skrabe den til side, medens traxcavatoren anvendes, hvor der er tale om lastbil- eller anden transport.

Anlæg og planering af adgangsveje, oprydning ved gravemaskiner o.s.v. hører også til bulldozerens anvendelsesområde, ikke mindst fordi larvebåndene har en stærkt komprimerende virkning. Hvor jordbundsforholdene tillader det, vil bulldozeren derfor kunne fremstille en arbejdsvej, der er farbar for de fleste køretøjer.

Til forberedende arbejde må også regnes den løsning af jorden, der ofte vil være nødvendig, for at jordarbejdsmateriellet kan udnyttes økonomisk. Ved fundamentsgravning og lignende benyttes trykluftspader eller -mejsler, medens man til arbejder af større omfang

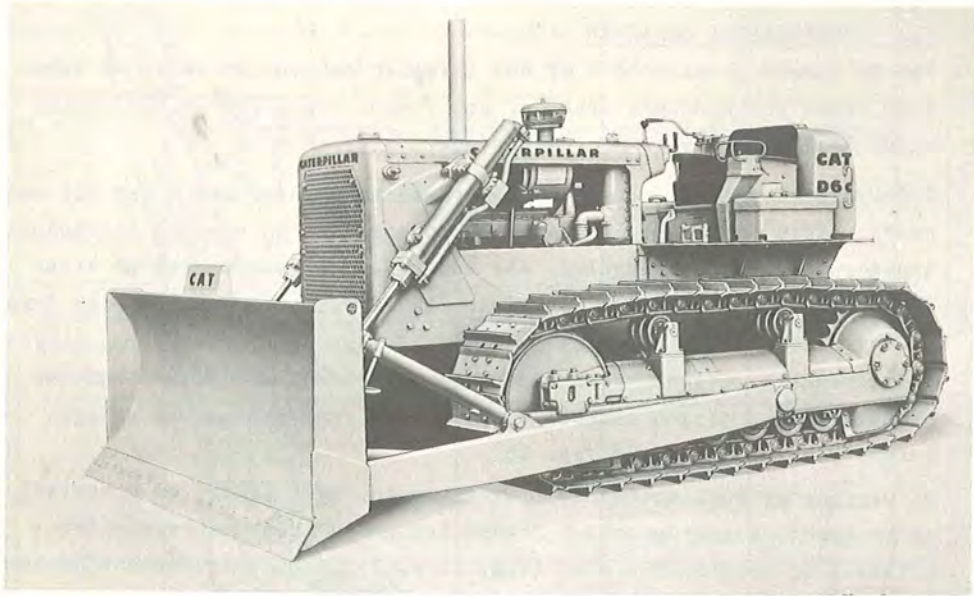


Fig. 11 Bulldozer (66)

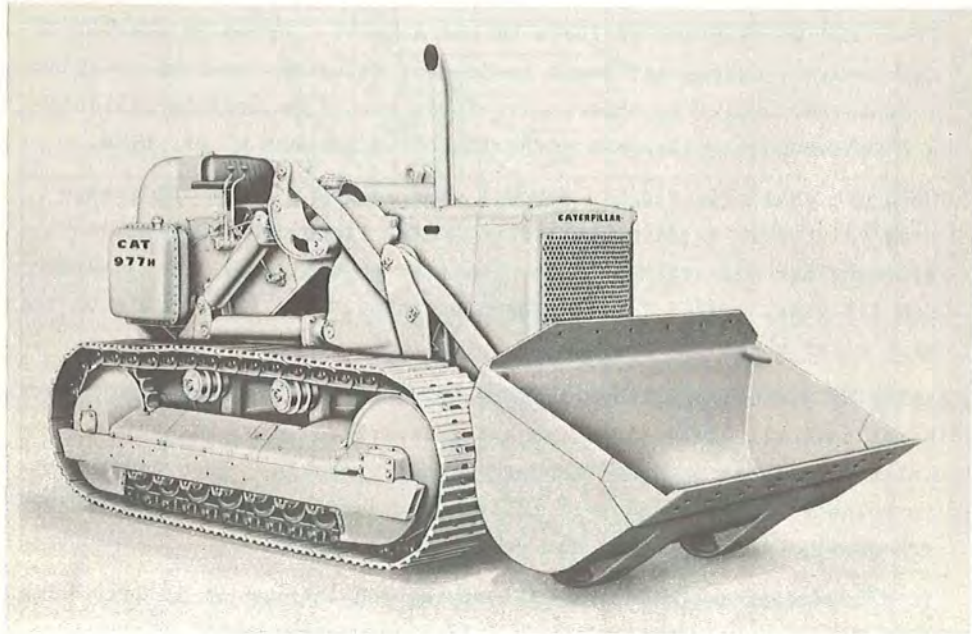


Fig. 12 Læssetraktor på larvebånd (traxcavator) (66)

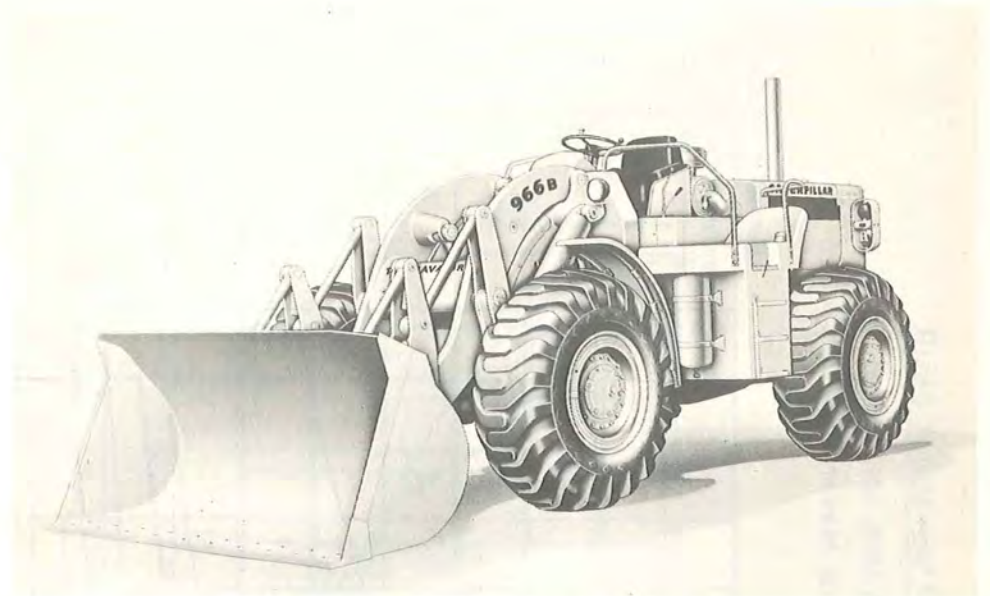


Fig. 13 Læssetraktor på gummi hjul (66)

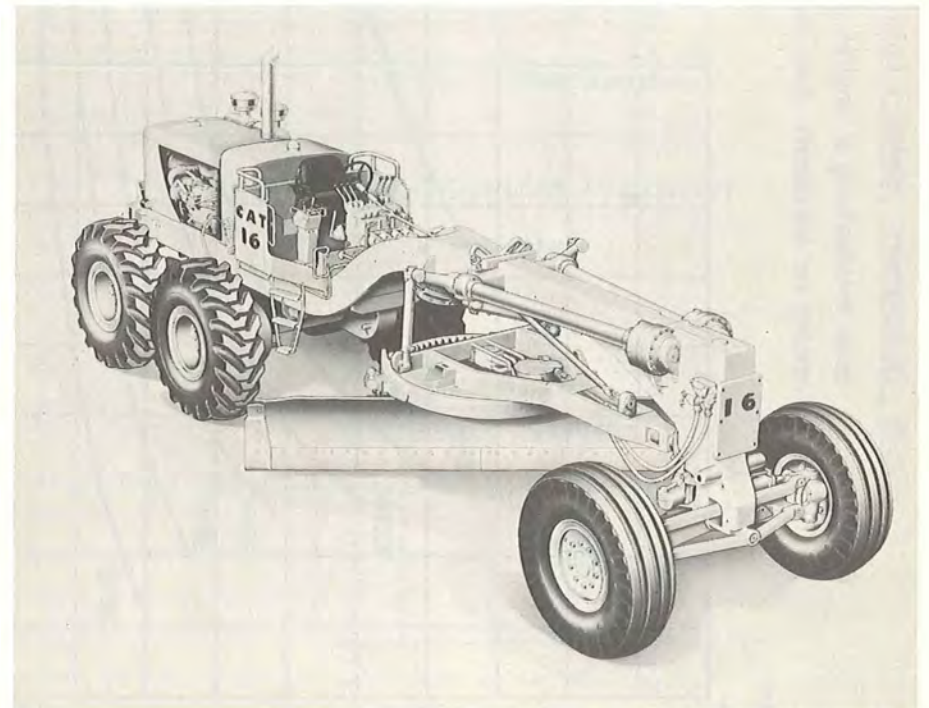


Fig. 14 Motorgrader (66)

Fig.15. Bulldozers ydelse i løst mål (tværstillet blad).

under forudsætning af vandret plan og 100% effektivitet.
Ydelsen for bulldozers med skråtstillet blad er 5-10% lavere.

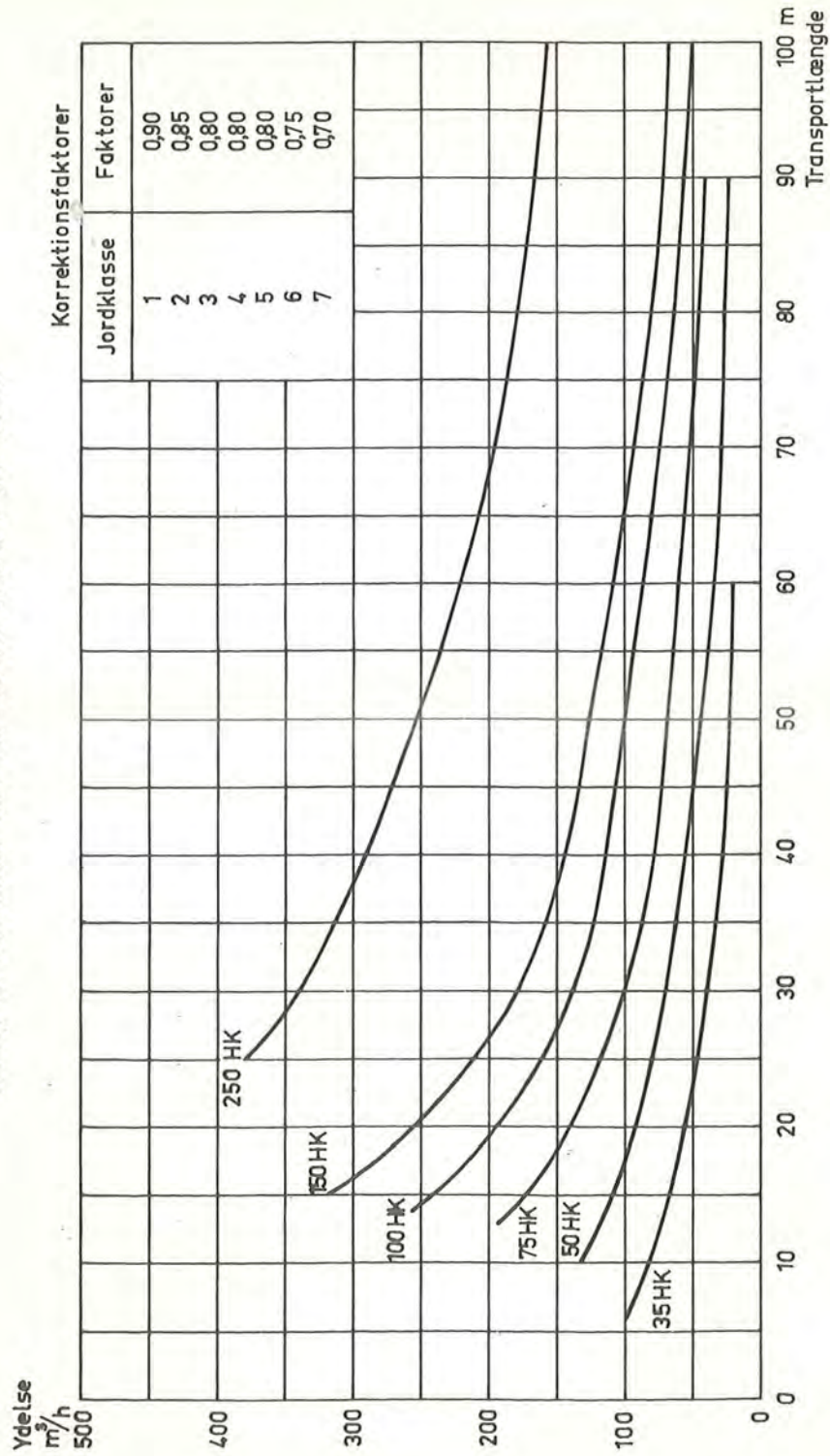
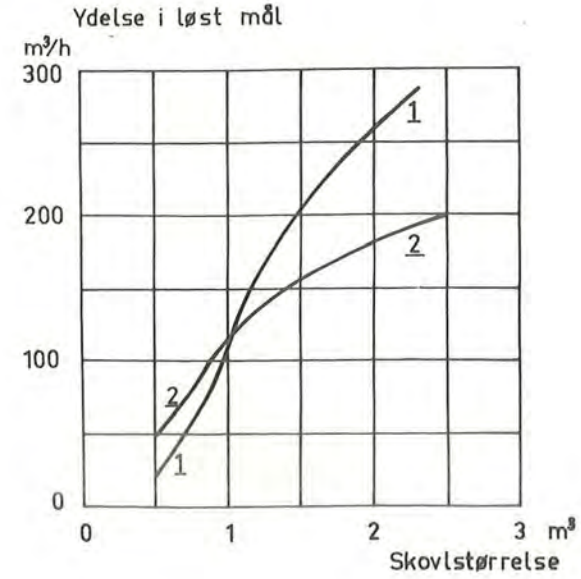


Fig.16. Læssetraktorers ydelse.

Læssetraktoren læsset fra jorddepot i dumper ell. lign.
Ydelserne er beregnet under forudsætning af 100% effektivitet og et tidsforbrug på 1/4 min. pr. cyklus.



1: Læssetraktor på larvebånd (Traxcavator)

2: " " gummihjul

Korrektionsfaktorer

Jordklasse	Faktorer
1	0,90
2	0,85
3	0,82
4	0,80
5	0,78
6	0,75
7	0,70

bruger en ripper, d.v.s. en art tung harve forsynet med meget kraftige tænder og trukket af en bulldozer. Eventuelt kan man klare sig med enkelte tænder, der er monteret på selve bulldozeren.

212 JORDFLYTNING OVER KORTE AFSTANDE

Ved jordflytning over korte afstande forstås arbejde, hvor jorden flyttes maksimalt 50-70 m.

Arbejder af denne art kan stort set opdeles i følgende grupper: planeringsarbejde, udgravning af byggegruber samt udførelse af kanaler og diger, hvor der ikke er tale om længdeflytning.

212-1 Planeringsarbejde.

Hertil regnes planering af aflæsset fyld, afretning af vejkasser, regulering af skrånninger, udlægning af muldjord o.s.v.

Ved arbejder af ringe omfang og med lav arbejdsløn kan planeringsarbejdet ofte med fordel udføres med håndkraft efter de metoder, der var almindelige for en menneskealder siden.

Ifølge Ritter: "Kostenberechnung im Ingenieurbau" regnede man på dette tidspunkt med de nedenfor angivne mandtimeforbrug (mh) for arbejde med trillebør for en transportlængde på 40 m:

Jordklasse ()	Løsning+læsning mh/m ³	Transport+tipning mh/m ³	Regulering o.s.v. mh/m ³	Ialt mh/m ³
Let (1-2)	0.7	0.6	0.2	1.5
Middelsvær (3)	1.2	0.7	0.3	2.2
Svær (4)	2.0	0.8	0.5	3.3
Meget svær (5)	3.0	0.9	0.7	4.6

For hver 10 m ekstra flytteafstand tillægges ca. 0.1 time. I dag må ovennævnte timeforbrug formentlig forøges på grund af arbejdskraftens manglende træning.

Ved større arbejder vil man i dag normalt finde det fordelagtigere at anvende maskinkraft, i første række bulldozer, læssetraktor eller grader. En oversigt over læssetraktorers ydeevne findes på fig. 16.

Hvor jordtransporten sker med scraper, vil denne under aflæsningen foretage en grov planering af jorden. Når transporten sker med lastbiler, må man regne med at skulle benytte en bulldozer til spredning af fylden.

Til den finere planering - specielt for vejarbejder - benyttes en grader, der er forsynet med gummihjul og har et blad på 3-4 m længde, der kan drejes om en lodret akse (fig. 14). Med graderen kan man ikke blot regulere planum, men også planere skrånninger op til ca. 3 m højde. Hvor skrånningerne er højere, anvendes en gravemaskine, der er anbragt på skrånningens top, og er forsynet med slæbeskovl.

Til udlægning af muldjord benyttes efter forholdene bulldozer, traxcavator eller gravemaskine med slæbeskovl.

212-2 Afrensning af jord.

Afrensning af jord for minedrift kan i mange tilfælde medregnes under denne kategori af jordarbejde. Hertil benyttes spandkødemaskine eller gravemaskine med ske eller slæbeskovl. I mange tilfælde foregår jordtransporten ved hjælp af et transportbånd mellem afrenningssted og anvendelsessted. Ofte anvendes der til denne slags arbejder de største maskiner, der overhovedet konstrueres f.eks. gravemaskiner med 30 m³ slæbeskovl og 100 m udligger eller skemaskiner, der kan tage op til 88 m³, og som har en rækkevidde på 140 m. Sidstnævnte maskine opgives at kunne flytte ca. 80.000 m³ jord pr. døgn.

Vedrørende gravemaskiner iøvrigt henvises til afsnit 213-2.

212-3 Udførelse af kanaler og diger.

Det drejer sig her ofte om arbejder af stort omfang, men med kort sidetransport af materialerne. Det mest benyttede materiel ved disse arbejder er bulldozer eller gravemaskine med slæbeskovl. Af disse har bulldozeren den fordel, at den samtidig med at anbringe jorden også komprimerer den. Dette gør bulldozeren særlig egnet til digebygning. Til gengæld kan en gravemaskine med slæbeskovl grave under vand, hvad der ofte vil være brug for ved kanalgravning.

212-4 Udgravning af byggegruber.

Disse arbejder kræver i reglen, at de udgravede materialer løftes og henlægges tæt ved byggegruben til brug for tilfyldning eller læsses på vogn.

Ved mindre arbejder - specielt hvor byggegruben er kraftigt afstivet - vil man i mange tilfælde lade udgravningen udføre manuelt, og således at jorden bringes op fra udgravningen enten på transportbånd eller ved hjælp af hejsebande.

Ved større udgravninger benyttes læssetraktor, gravemaskine med ske eller med slæbeskovl. Hvad man bør vælge afhænger blandt andet af jordarten, af byggegrubens størrelse samt af, om man vil placere gravemaskinen oven for byggegruben eller nede i denne. I sidstnævnte tilfælde må der etableres ramper, således at transportmateriellet kan køre ned i udgravningen for at blive læsset.

Hvor udgravning sker under vand, benyttes mammutpumpe, gravemaskine med grab eller slæbeskovl alt efter materialets art.

En speciel form for byggegruber er render for rørledninger og fundamenter. Her vil man under større forhold benytte en rendegraver, der almindeligvis er udført som en spandkødemaskine monteret på en traktor (fig. 18).

En maskine, der i de sidste år har vundet indpas på mange byggepladser, er en let traktor, der i den ene ende er udstyret med læsseskovl, der gør traktoren anvendelig som en let bulldozer, medens der i den anden ende er monteret en dybdeske til rendegravning.

213 JORDFLYTNING OVER MIDDELLANGE AFSTANDE

Det drejer sig her om afstande mellem ca. 70 m og ca. 1000 m. Disse grænser er dog afhængige af de specielle forhold ved det enkelte arbejde.

Hvor der er tale om jordarter af klasse 1-4 (fig. 8) vil scrapers som oftest være det bedst egnede materiel. Ved fastere jordarter og sprængt klippe vil en gravemaskine til læsning og lastbiler eller de væsentlig kraftigere byggede dumpers til transport være bedre egnede.

Valget af materiel vil ligeledes afhænge af arbejdets art. Scrapers er således bedre egnede end gravemaskiner til afgravning af et for-

holdsvis tyndt lag over et stort areal, medens omvendt gravemaskiner er mere fordelagtige ved dyb udgravning på et koncentreret område.

213-1 Scrapers.

Der skelnes mellem to hovedtyper: bugscraperen (fig. 19), der trækkes af et separat trækaggregat (i reglen en traktor) og motorscraperen (fig. 20 og 21), hvor last- og trækaggregat er sammenbygget til en enhed.

En bugscrapper med larvebåndstraktor benyttes fortrinsvis på de kortere distancer, 70-150 m, idet man dog ved vanskelige terrænforhold - blød bund eller stærke stigninger - ofte med fordel kan anvende dem op til 300 m flytteafstand. Middelhastigheden kan anslås til ca. 6-9 km/h alt efter terrænforholdene.

For længere afstande benyttes en bugscrapper trukket af en gummi-hjulstraktor eller en motorscraper. Middelhastigheden kan skønsmæssigt regnes til ca. 15 km/h. Scrapers med lastevne indtil ca. 10 m³ anvendes normalt indtil ca. 1000 m flytteafstand. Scrapers på indtil 30 m³ rumindhold, der benyttes ved meget store arbejder, kan efter omstændighederne anvendes ved betydelig større afstande.

For motorscrapers er den nødvendige trækraft normalt væsentlig større ved lastningen end under kørslen. Det kan derfor ofte betale sig at konstruere motorscraperen således, at dens styrke er afpasset efter de krav, kørslen stiller, og da anvende en bulldozer (pusher) til at skubbe bag på scraperen under fyldningen. Dette kan betale sig, fordi en bulldozer kan assistere flere scrapers. I aller nyeste tid er der fremkommet scrapertyper, der er forsynet med en "elevator", der reducerer læssemotstanden og derved bevirker, at scraperen skulle kunne læsse uden brug af pusher (altså være selvløsende) (fig. 22).

På fig. 23 og 24 er givet en oversigt over ydeevne for scrapers.

213-2 Gravemaskiner.

Hvor udgravningsarbejdet skal udføres med gravemaskine, kan der - afhængigt af opgavens art - være tale om at benytte højdeske, dybdeske, slæbeskovl eller grab (fig. 25). De fleste gravemaskiner konstrueres nu som "grund"-maskiner, der efter ønske kan udstyres med et af de ovennævnte graveredskaber. Som regel er gravemaskiner forsynet med larvebånd. De udføres dog også - til lettere brug - med gummihjul,

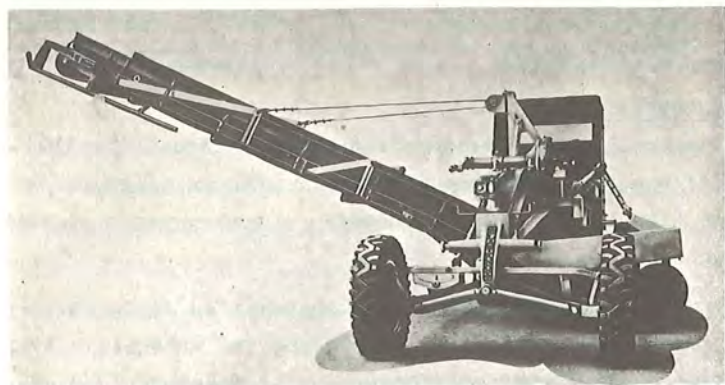


Fig. 17 Elevating grader (35)



Fig. 18 Rende-graver (26)



Fig. 19 Buggerscraper (66)

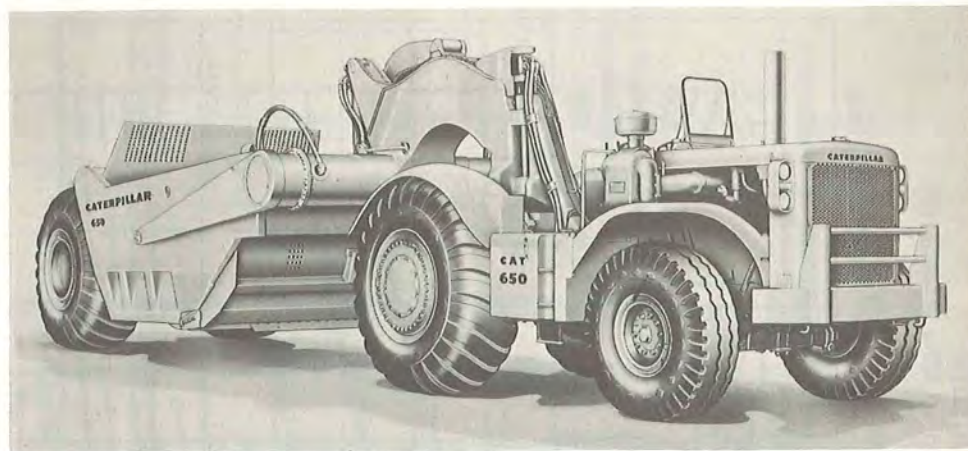


Fig. 20 Motorscraper, 3-akslet (66)

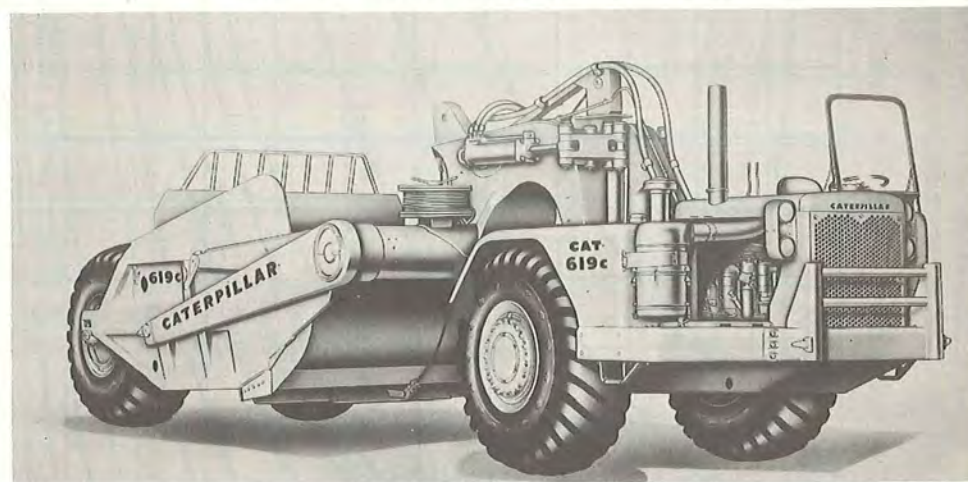


Fig. 21 Motorscraper, 2-akslet (66)

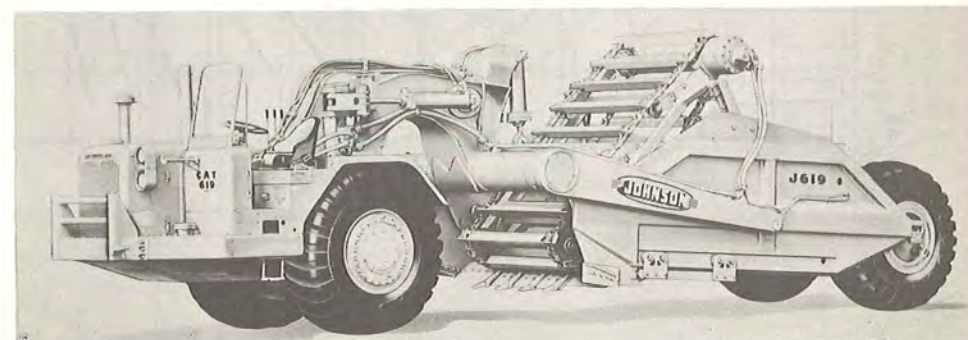


Fig. 22 Selvlæssende scraper (66)

Fig.23. Bugscrapers ydelse i fast mål

under forudsætning af vandret plan og 100% effektivitet.

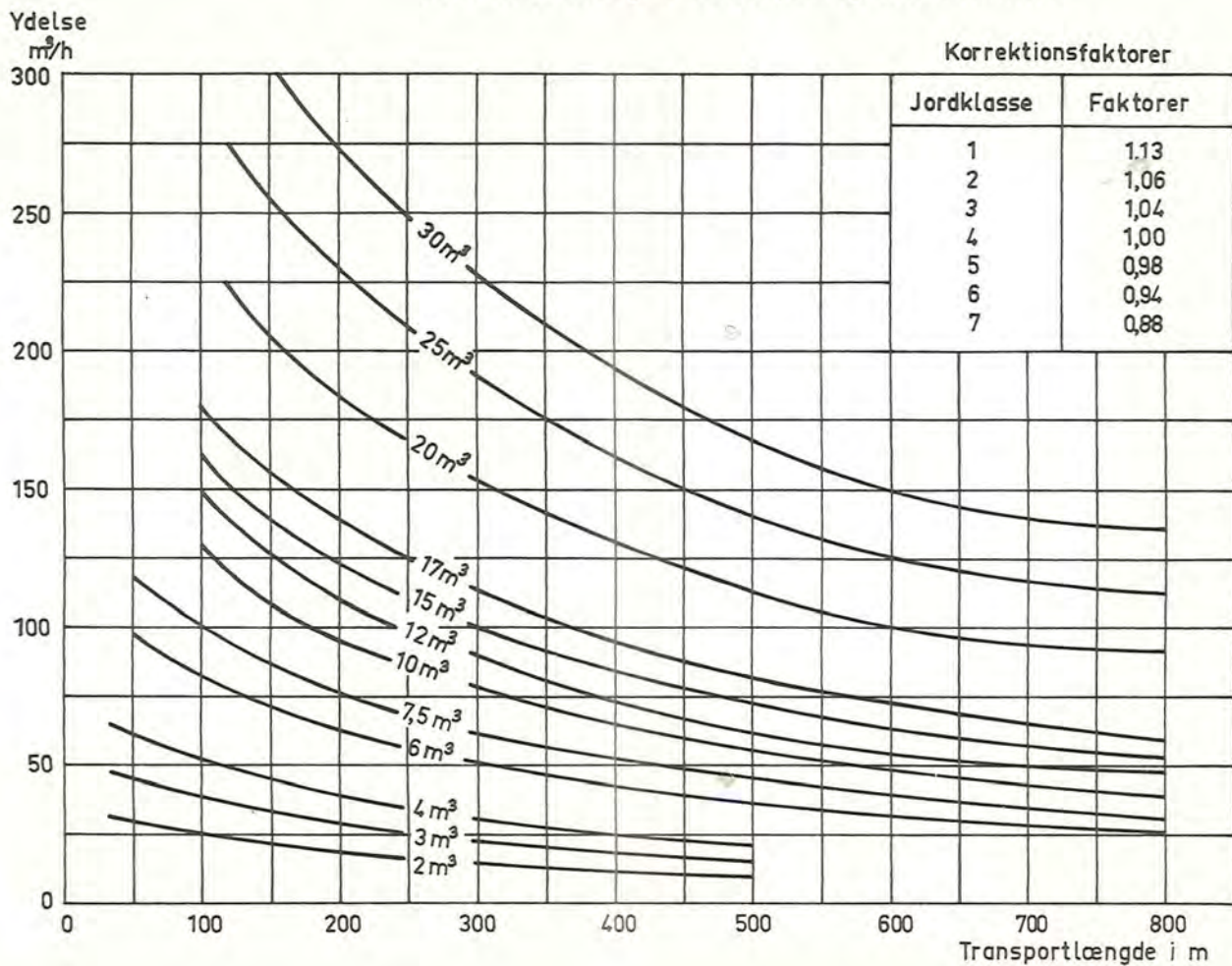
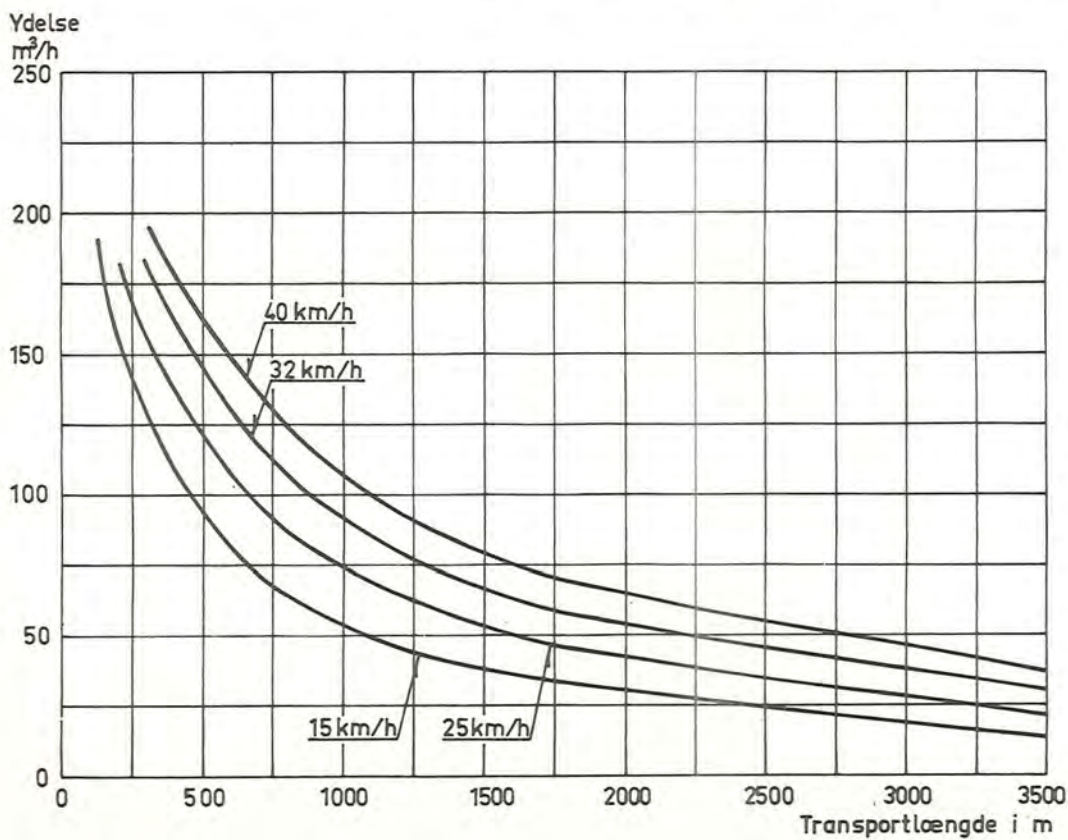


Fig.24. Motorscrapers ydelse i fast mål

under forudsætning af vandret plan og 100% effektivitet



Kurverne er udarbejdet for en scraper på 10m³; for andre scraperstørrelser findes ydelsen, som diagrammets værdi multipliceret med faktoren $\frac{C}{10}$, hvor C er scrapers størrelse i m³.

således at de ved egen kraft kan flyttes fra arbejdssted til arbejdssted. Maskiner på larvebånd må anbringes på blokvoan ved længere flytninger.

Højdeskeen er beregnet til arbejder, hvor der ikke skal graves væsentligt under maskinens niveau. Den er hurtigere i bevægelserne og arbejder mere nøjagtigt end det øvrige udstyr. Den egner sig særlig godt til meget hårdt gravearbejde.

Dybdeskeen er velegnet til fundaments- og røndegravning, da den kan grave et godt stykke under det niveau, maskinen er anbragt på. Den arbejder med samme nøjagtighed som højdeskeen, men ikke så hurtigt, da både fyldning og tømning tager længere tid.

Slæbeskovlen giver gravemaskinen en større rækkevidde end det ovennævnte udstyr. Dog må man erindre, at jo længere bom - og dermed rækkevidde - man vælger, desto mindre skovlstørrelse kan man benytte. Hverken arbejdhastighed eller nøjagtighed er så stor som for højde- og dybdeske.

Grabben anvendes til dybe udgravninger, hvor der ikke er megen plads, f.eks. udgravninger indenfor stærkt afstivede spunsvægge. Grabben kan også benyttes til gravning under vand. Valget af den rigtige type grab har stor betydning for ydelsen. Gravning med grab vil imidlertid altid være langsommere - og ydelsen derfor mindre - end gravning med det øvrige udstyr.

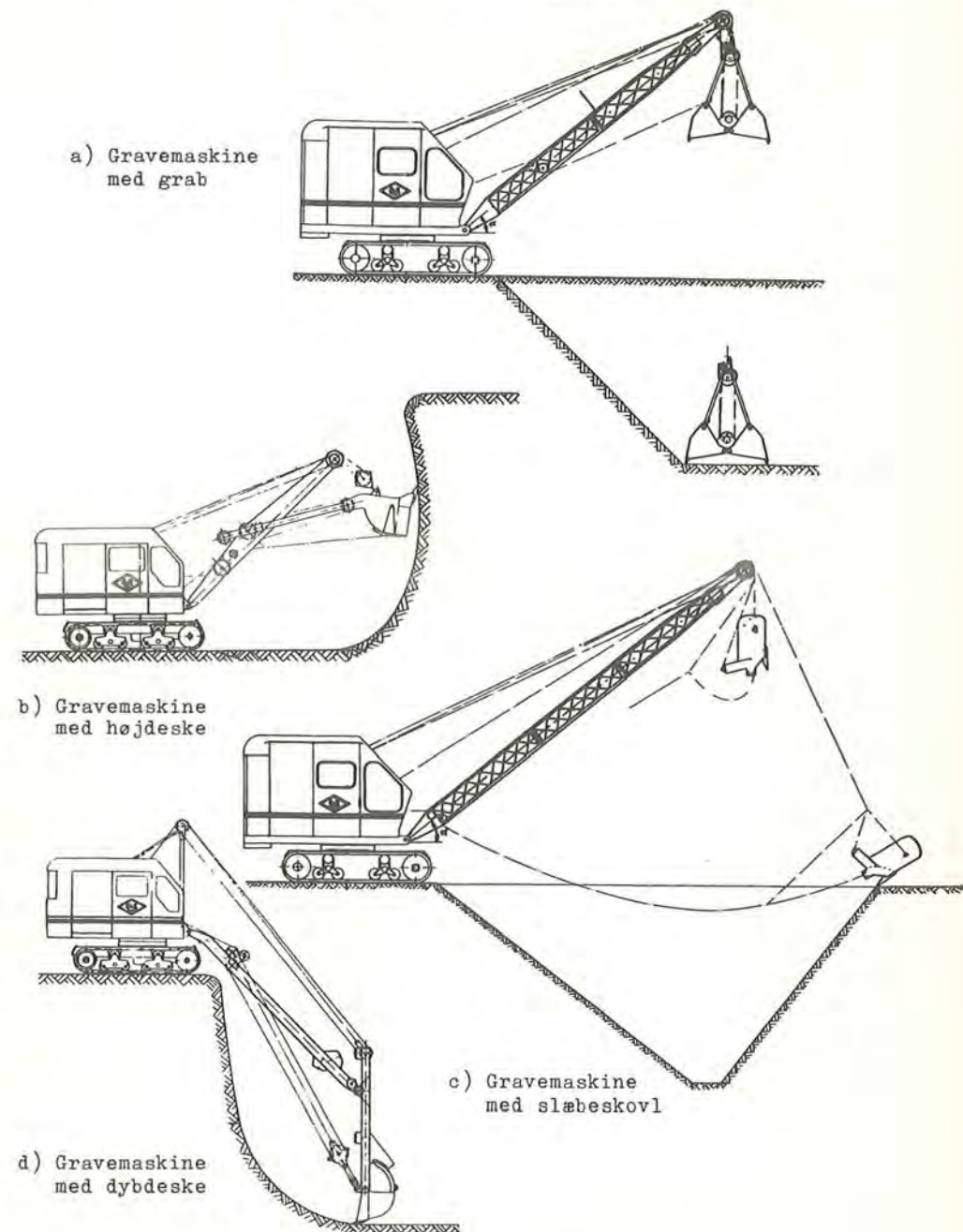
På fig. 26 er givet en oversigt over gravemaskiners ydeevne.

Til transport af den af gravemaskinen opgravede jord over de her nævnte afstande vil man i dag benytte lastbiler med bag- eller sidetippelad eller dumpers af forskellig type: egentlige dumpers, dump trucks eller dumpervogne. Størrelsen vil man som regel vælge således, at vognen kan rumme 4-6 skefulde, da dette erfaringsmæssigt giver den meste økonomiske materielpark.

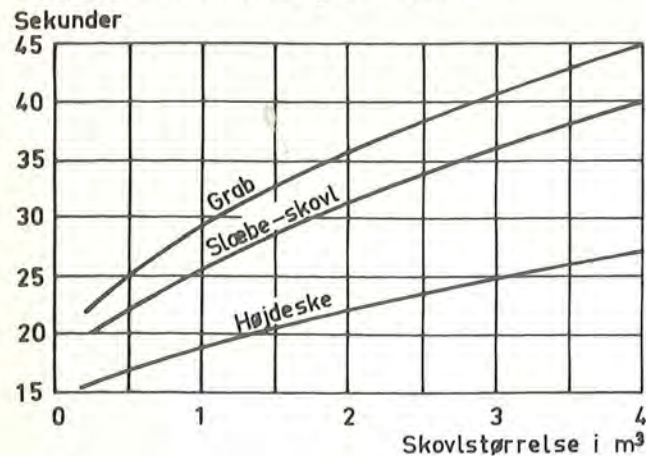
213-3 Lastbiler.

Almindelige lastbiler er billige i forhold til lasteevnen og kører for det meste hurtigere end det specielle jordtransportmateriel. De er dog kun egnede under gode vejforhold og til betjening af mindre gravemaskiner. Hvor disse betingelser ikke er tilstede, vil reparationsudgifterne for de almindelige lastbiler hurtigt blive urimeligt høje.

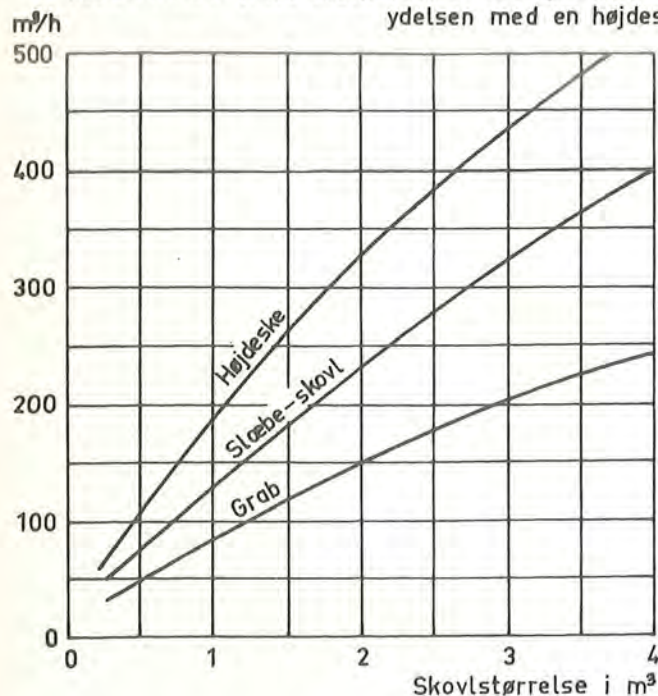
Fig. 25 Gravemaskiner (38)



Operationstid for en gravemaskine



Ydelse i m³/h (fast mål). Ydelse med dybdeske er lidt mindre end ydelsen med en højdeske af samme størrelse.



Jord- klasse	Korrektionsfaktorer		
	Højdeske	Slæbe- skovl	Grab
1	1,0-1,15	1,0-1,15	1,0
2	0,90-1,0	0,90-1,0	0,9
3	0,80-0,90	0,80-0,90	0,8
4	0,75-0,80	0,75-0,80	0,6
5	0,65-0,75	0,50-0,75	0,5
6	0,50-0,65	0,45-0,65	0,4
7	0,50-0,60	0,30-0,45	0,2

Kurverne giver den maksimale ydelse under gunstigste betingelser uden ventetid og med en svingning på 90° samt optimal gravedybde.
 Ved en svingning på 45° skal tilføjes en faktor 1,20-1,25
 " " " " 180° " " " " 0,70-0,80

Man er derfor gået over til at benytte lastbiler af normal størrelse, men væsentlig kraftigere konstrueret og i reglen forsynet med 2 bagaksler. Disse biler er som følge heraf dyrere end de almindelige lastbiler, men de kan køre både på landevej og i ikke for dårligt terræn, og de kan modstå meget svære påvirkninger fra læsning med større gravemaskiner.

213-4 Dumpers.

Disse er selvbevægelige køretøjer (fig. 27) bygget til terrænkørsel og specielt beregnet for jordtransport. De har en lasteevne på op til ca. 10 t og er normalt indrettet således, at de kører lige godt forlæns og baglæns. Ofte har de drejeligt (180°) førersæde. De kan overvinde stærke stigninger samt manøvrere på meget begrænset plads. De er særligt velegnede til jordarbejde med snævre pladsforhold f.eks. byggegruber, tunneller o.s.v.

213-5 Dump trucks.

Herved forstås store speciel kraftigt byggede lastbiler (fig. 28) med lasteevne fra 15 til 65 t. De er udstyret med meget stærke motorer og er beregnet til terrænkørsel og overvindelse af store stigninger. Bortset fra de mindste størrelser er dimensioner og hjultryk så store, at dump trucks ikke kan anvendes til landevejskørsel. De bruges fortrinsvis ved store jordarbejder, transport fra sten- og malmbrud o.s.v.

213-6 Dumpervogne.

Sådanne vogne (fig. 29) med en lasteevne på 10-25 t og trukket af en traktor anvendes ved store jordarbejder, hvor der stilles større krav til vognens terrængående egenskaber, end dump trucks kan opfylde. Vognene udføres som bund-, side- eller bagtipperer. Dette materiel er billigere i anskaffelse og drift end tilsvarende dump trucks, men kørehastigheden er væsentlig lavere.

Transportmateriellets ydeevne afhænger i det væsentlige af følgende faktorer: materialets vægt og udvidelseskoefficient, fyldningstiden, køretiden samt den "faste" tid, der medgår til at bringe vognen i stilling, tømme den, accelerere o.s.v.

Da disse faktorer varierer fra arbejde til arbejde, må man ved den enkelte opgave foretage en analyse for at finde frem til dels den



Fig. 27 Dumper (59)



Fig. 28 Dump truck (66)

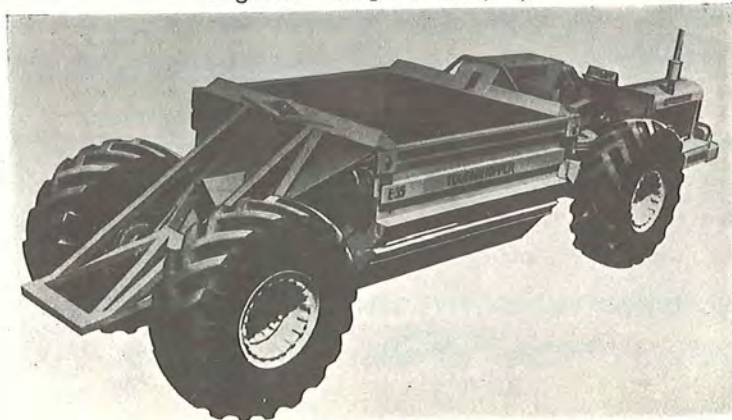


Fig. 29 Dumpervogn (35)

Fig. 31.

Jordarbejde med gravemaskine og dumpers.

Eksempel.

Forudsætninger:

2 m³ skemaskine

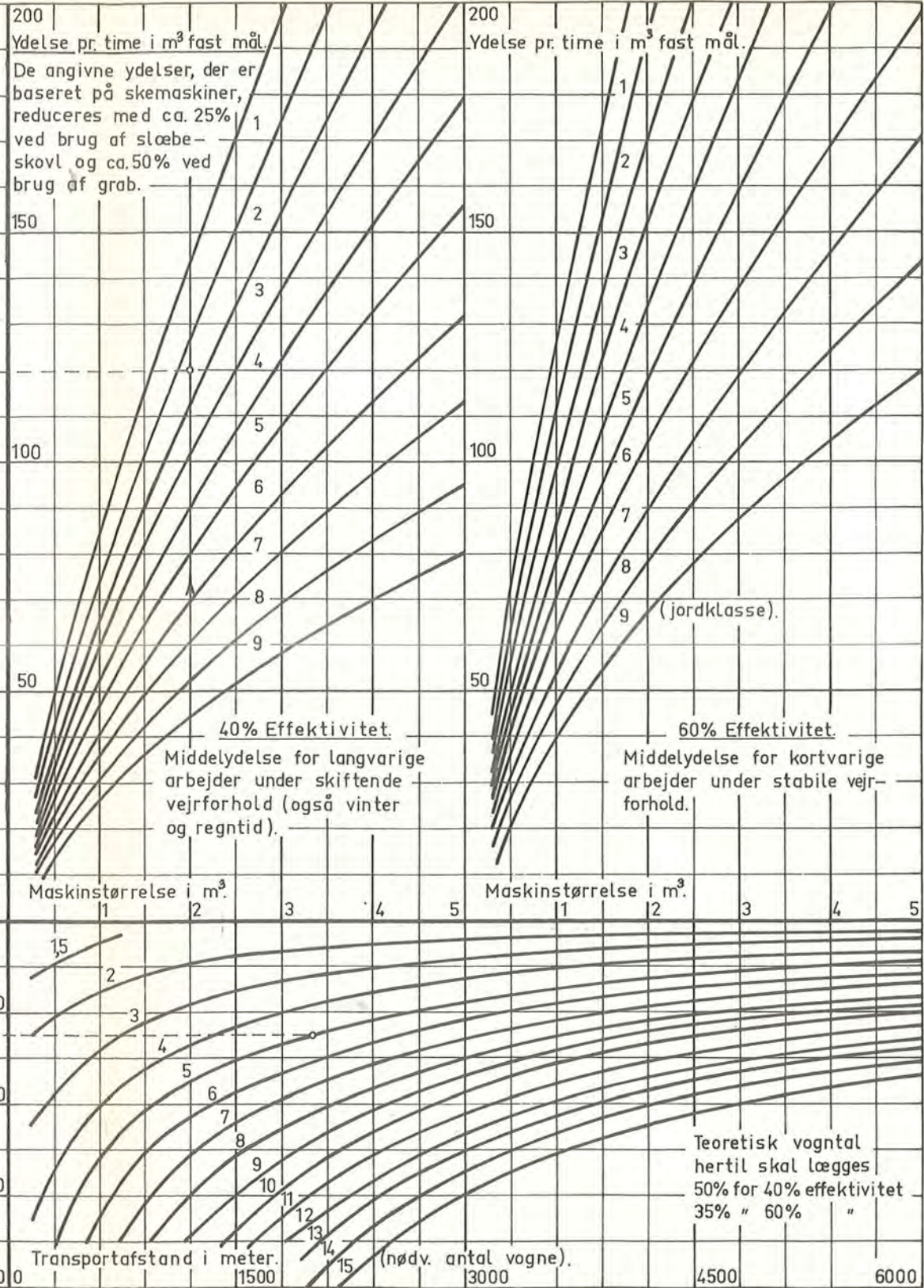
15t dumpers

2000 m transportafstand

jordart: sandet ler

effektivitet: 40%.

Af diagrammerne findes en ydelse/h på 120 m³ svarende til ca. 190 t. Da disse transporteres i 15t dumpers over en afstand af 2000 m findes det teoretiske vognantal til 5. I praksis kræves 5+50% svarende til 8 vogne.



Ydelse pr. time i tons.

400 300 200 100

20t 15t 10t 7,5t 5t (vognstørrelse)

20t 15t 10t 7,5t 5t

10 20 30 40

1500 3000 4500 6000

1500 3000 4500 6000

1500 3000 4500 6000

1500 3000 4500 6000

1500 3000 4500 6000

1500 3000 4500 6000

1500 3000 4500 6000

1500 3000 4500 6000

1500 3000 4500 6000

1500 3000 4500 6000

1500 3000 4500 6000

Fig. 30 Jordtransport

Jordtransport fra _____ til _____ m^3/h
 Materiale _____ Rumvægt fast _____ t/m^3 Udvidelse _____ % Rumvægt løst _____ t/m^3
 Materiel (mærke, type) _____ Lasteevne _____ m^3 _____ t
 Transportkapacitet: Fast mål _____ m^3 Løst mål _____ m^3 Vægt _____ t
 Gravemaskine _____ Skestørrelse _____ Antal skeer pr. læs _____
 Læsseforhold _____ Produktion _____ m^3/h fast mål

A. Læssetid _____ min
 B. Udkørsel _____ min
 C. Returkørsel _____ min
 D. Fast tid (manøvrering ved læsse- og aflæsningssted,
 acceleration o.s.v.) _____ min

Teoretisk omløbstid (A+B+C+D). _____ min
 Usikkerhedstillæg % + _____ min
 Praktisk omløbstid _____ min

Antal ture pr. time $\frac{60}{\text{omløbstid}}$ Produktion pr. time pr. vogn _____ m^3
 fast mål
 Teoretisk antal køretøjer = _____ + reserve _____ % = nødvendigt antal _____

Skema til beregning af udkørselstid og returkørsel (pkt. B og C):

Vej- stykke	Længde	Frik- tion	Stign. Fald	Gear	Max. fart	Reduk- tion	Prakt. fart	Køretid
nr	m	%	%	nr	km/h	%	km/h	min
1								
2								
3								
4								
5								
Ialt								min

mest fordelagtige størrelse af transportmateriellet og dels til antallet af nødvendige enheder. Analysen kan foretages som vist på fig. 30 og 31, idet det bør erindres, at gravemaskinen normalt er et jordarbejdes kostbareste enhed og derfor ikke må stå stille af mangel på vogne.

214 JORDFLYTNING OVER LANGE AFSTANDE

Når flytteafstanden overskrider 1-1.5 km, vil det som regel ikke være økonomisk at benytte scrapers. Da arbejder med disse flytteafstande som oftest samtidig er store jordarbejder, vil det normalt være fordelagtigst at benytte gravemaskiner til læsning og enten lastbiler eller dump trucks til transport indtil ca. 3 km afstand eller sportransport over længere distancer. Det må dog bemærkes, at udviklingen tenderer mod stadig større og større flytteafstande, før sportransport bliver konkurrencedygtig.

De i det foregående afsnit givne oplysninger vedrørende gravemaskiner med tilhørende transportmateriel gælder også for længere transportafstand. Man må dog her lægge endnu større vægt på en omhyggelig analyse af transportudgifterne, idet de under disse forhold spiller en helt afgørende rolle for den samlede økonomi. Hvor transportafstanden er større end 2-3 km, bør mulighederne for sportransport dog altid undersøges. Iøvrigt kan der om sportransport henvises til Garbotz: "Baumaschinen und Baubetrieb", bind 1.

Hvor det drejer sig om afgravning over store arealer af jord i klasserne 1-4 (fig. 8), kan man under specielle forhold ofte med fordel anvende en elevating grader. Herved forstås en traktortrukket plov eller scraper forsynet med et transportbånd, der fylder den udgravede jord i lastbiler, som kører ved siden af graderen (fig. 17). Sådanne maskiner kan fås med læsekapacitet op til ca. 700 m^3/h . For at kunne arbejde effektivt er det imidlertid nødvendigt, at de kan arbejde på en flere hundrede meter lang strækning uden at skulle vende.

215 KOMPRIMERING

Når den udgravede jord er aflæsset på anvendelsesstedet, skal den i reglen underkastes en komprimering. Kravene til denne er stadigt voksende.

Komprimering kan udføres ved stampning, tromling, vibrering, vanding og trafik alt afhængig af jordarten. Fælles for de nævnte metoder er, at man opnår den mest effektive komprimering ved at udlægge jorden i tynde vandrette lag. Stampning og tromling har størst effekt over jord med stor kohæsion, medens vibrering og vanding fortrinsvis benyttes over for jord med ringe kohæsion.

215-1 Stampning.

Især på steder med begrænsede pladsforhold f.eks. ved rendegravninger og langs fundamenter anvendes stampning. I dag forekommer håndstampning kun ved meget små opgaver, idet komprimeringen ved alle større arbejder kan udføres mere økonomisk med mekaniske stampere. Disse fremstilles i mange forskellige størrelser. Drivkraften kan være trykluft, eksplosions- eller el-motor.

215-2 Tromling.

Tromling egner sig bedst for lerholdig jord. Da det er meget vigtigt, at tromlens tryk er afpasset efter den belastning, jorden kan bære, findes der i dag en række tromletyper til forskellige jordarter og formål.

Glatvalsedede tromler (fig. 32) benyttes fortrinsvis til vejarbejder. Deres dybdevirkning er ca. 20 cm, og med en 5 t tromle kan man - efter jordens beskaffenhed - behandle fra 10-30 m³/h.

Gummihjulstromler (fig. 33) består af et antal svære gummihjul, monteret på et chassis med lad, der er beregnet til ballast. For tromler med mange hjul kan dybdevirkningen under særlig gunstige forhold blive indtil 1 m.

Fårefodstromler (fig. 34) anvendes, hvor jorden er lerholdig, men dog indeholder grovkornet materiale. Virkningen består i en samtidig stampning og tromling. Dybdevirkningen er maksimalt ca. 25 cm.

Gittertromler bruges ved arbejder, hvor man ønsker den kraftigste virkning. Valsen er udformet som gittervæv af svære stålstænger. De virker på tilsvarende måde som fårefodstromlerne, men dybdevirkningen kan være op til ca. 40 cm.

Medens de glatvalsedede tromler næsten altid er selvbevægelige, er dette sjældent tilfældet for de øvrige typer. I reglen trækkes disse af en larvebåndstraktor.



Fig. 32 Glatvalset tromle (39)



Fig. 33 Gummihjulstromle (39)



Fig. 34 Fårefodstromle (35)



Fig. 35 Vibrationstromle (59)

215-3 Vibrering.

Vibrering bruges til komprimering af sandet jord.

Vibrationsplader af forskellig størrelse kan have en dybdevirkning på 50-60 cm. De benyttes, hvor man tidligere ville have anvendt stampning. De er selvbevægelige, idet vibrationerne giver dem bevægelse i fremadgående retning. De betjenes af en mand (til styring).

Vibrationstromler anvendes til mere udstrakte arbejder, De er bygget omtrent som glatvalsetromler og udføres både med og uden egen trækraft (fig. 35). Dybdevirkningen kan være indtil 1 m.

Stavvibratorer benyttes til komprimering af sandet jord til stor dybde f.eks. under bygningsfundamenter. Stavvibratoren har en diameter på 40-50 cm og er forsynet med skyllerør foroven og forneden. Vibratoren, der ophænges i en kran, skylles ned under samtidig vibrering. Den tragt, der dannes ved overfladen, fyldes med sand. Når den ønskede dybde er nået, vendes skyllestømmen, hvorefter vibratoren trækkes op. Diameteren af den komprimerede søjle kan nå op til ca. 2.5 m. Metoden er anvendt i indtil 35 m dybde.

215-4 Vanding.

Ved komprimering af friktionsmaterialer spiller vanding en stor rolle dels som hjælp til fyldning af større hulrum med fint materiale og dels som "smøremiddel" til fremskynding af komprimeringsmateriellets arbejde.

215-5 Trafik.

Moderne jordmateriel med store gummi hjul giver en meget effektiv komprimering, såfremt materialerne tilføres i tynde, ensartede lag, og såfremt maskinerne stadig skifter spor. Den relativt langsomme kørsel med last virker som tromling og den hurtige returkørsel som vibrering. Tilsammen giver dette en æltning, der er virkningsfuld overfor de fleste materialer.

216 JORDARBEJDER PÅ VAND

Ved jordarbejder på vand forstås arbejder, hvor udgravningen sker med flydende materiel. Ved store arbejder vil dette normalt være enten sandsugere eller spandkædemaskiner. Ved mindre arbejder kan benyttes gravemaskiner af forskellig type.

216-1 Sandsugere.

Sandsugere (fig. 36) er fartøjer forsynet med kraftige pumper og en sugeledning, der kan sænkes ned på bunden. Gennem sugeledningen kan sand, grus, ral m.m. suges op og gennem en trykledning, pumpes ind på land eller i sandsugerens eget lastrum, hvorfra det senere kan pumpes til anvendelsesstedet.

Hvor der er stærkere sammenhæng i det materiale, der skal udgraves (klæg, ler o.s.v.), anbringes foran sugerøret en "cutter" d.v.s. et sæt roterende knive, der løsner og findeler materialet, inden det suges op.

Sandsugere fremstilles i mange størrelser med trykledninger fra 15 cm til ca. 1 m i diameter med maximale gravedybder på indtil 25 m og pumper, der kan pumpe materialet gennem trykledninger af 2-3000 m længde.

De større sandsugere er i reglen selvbevægelige og forsynet med store lastrum. Hvor bevægeligheden ikke spiller så stor en rolle, nøjes man ofte med at installere det nødvendige materiel på en pram eller en ponton.

Sandsugere er bedst egnede til materialer af klasse 1-5 (fig. 8), idet det er en forudsætning, at materialerne ikke indeholder mange store sten.

Da materiale og arbejdsforhold er stærkt varierende, er det vanskeligt at give generelle oplysninger om sandsugernes ydeevne. Som indikation kan man gå ud fra, at den indpumpede blanding indeholder følgende mængder af fast materiale: for jordklasse 1-2 ca. 20%, for klasse 3-4 ca. 10% og for klasse 5 ca. 4%.

216-2 Spandkædemaskiner.

Spandkædemaskiner (fig. 37) benyttes, hvor jordarten er for hård for sandsugerne. Spandkædemaskinen er forsynet med en udligger (stige), der bærer en endeløs kæde med en række spande. Disse graver materialet løs og løfter det op til en slidske. Denne leder det videre til en pram, der ligger langs siden af spandkædemaskinen.

Spandkædemaskinerne er næsten aldrig selvbevægelige, og det opgravede materiale må derfor transporteres bort i pramme.

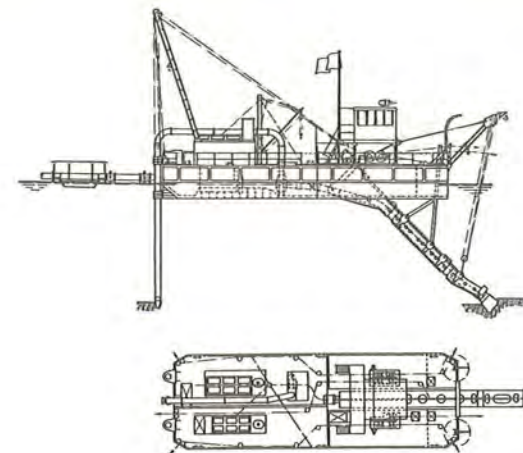


Fig. 36 Sandsuger (26)

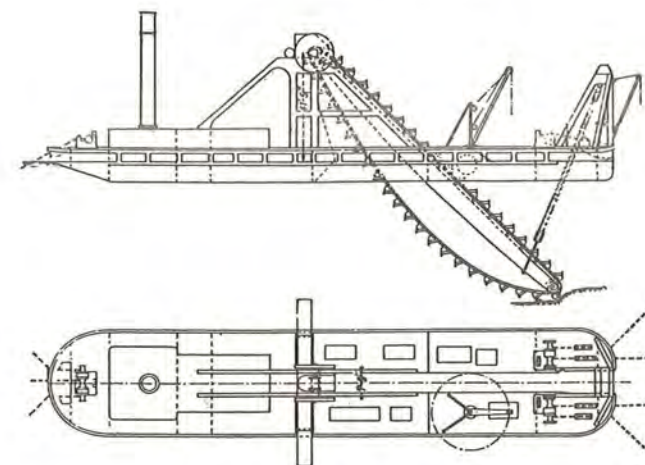


Fig. 37 Spandkædemaskine (36)



Fig. 38 Dipper-Dredger (31)

Vedrørende en spandkødemaskines ydeevne kan man ganske groft regne med, at den med en spandstørrelse på A liter kan præstere mellem 0.3 A og 0.6 A m³/h afhængigt af materialets art.

216-3 Øvrige gravemateriel.

Ud over sandsugere og spandkødemaskiner skal nævnes enkelte andre slags materiel til jordarbejde under vand.

Gravemaskiner forsynet med grab og monteret på en pram eller ponton anvendes til mindre uddybningsarbejder f.eks. udgravninger for placering af sækkekasser. Man kan skønne at gravemaskinens ydeevne ved sådant arbejde ligger på ca. 60% af det tilsvarende arbejde på land.

Gravemaskiner forsynet med grab eller stentang benyttes også ved fiskning af store sten til brug ved vandbygningsarbejder.

Dipper Dredger (fig. 38) er en specielt konstrueret gravemaskine udstyret med ske og med en udligger, der er så lang, at maskinen kan grave på indtil 15 m dybde. Maskinen monteres i reglen på en ponton, der er forsynet med støtteben til fast forankring. Dipper Dredger'en har i reglen et skevolumen på 3-10 m³. Den anvendes fortrinsvis til uddybning i klippe, der i forvejen er løsnet ved sprængning eller ved hjælp af faldmejsel. Materialer af klasse 6 og 7 vil dog jævnligt kunne graves uden forudgående løsning.

216-4 Transportmateriel.

Bortset fra materiale, der graves med sandsuger, foregår transporten af det udgravede materiale i pramme, der normalt er konstrueret specielt til dette formål. Da det tager tid at skifte pramme ved gravemaskinen, anvendes så store pramme som muligt og helst sådanne, der kan laste mindst en times produktion.

Klappramme benyttes, hvor det udgravede materiale skal anbringes under vand. De er i bunden forsynet med klapper, der alle kan åbnes samtidigt. Prammene kan som regel rumme 200-500 m³.

Tippramme. Hvor materialet indeholder store sten, er klappramme uegnede. Man bruger i stedet dækspramme forsynet med store ballasttanke. Ved hjælp af disse kan prammene bringes til at krænge tilstrækkeligt til, at stenene kan rutsche af.

Elevatorpramme anvendes, når de opgravede materialer skal bruges på land. Elevatorprammens lastrum har trapezformet tværsnit. Prammene bugseres fra gravemaskinen til land, hvor de tømmes med grab eller kopelevator - eventuelt med sandsuger, hvis materialet er egnet hertil.

217 KLIPPEARBEJDE

Klippearbejde kendetegnes ved, at materialet må løsnes ved sprængning, inden det kan læses og borttransporteres. Sprængningsarbejdet består af tre hovedoperationer: 1) boring af huller, 2) anbringelse af sprængstof, 3) selve sprængningen, hvorved materialet brækkes løs i større eller mindre stykker.

Borearbejde og sprængstofforbrug varierer stærkt efter klippens hårdhed og struktur samt efter arten af arbejdet f.eks. et stenbrud eller en snæver mineskakt. Som mål angiver man det antal lb.m. borehul og den mængde sprængstof, der kræves for at sprænge 1 m³ klippe.

En ide om størrelsesordenen af borelængde og sprængstofmængde fremgår af følgende tabel. Det skal dog understreges, at der kan forekomme meget store afvigelser fra de her anførte talværdier.

Arbejdets art	Klasse 7	Klasse 8	Klasse 9
<u>Borehul, lb.m. pr. m³ fast klippe</u>			
Stenbrud	0.25	0.4	0.5
Store byggegruber, tunneludvidelser	0.7	1.0	1.5
Mindre byggegruber, render	1.0	1.5	2.0
Stoller o.s.v.	2.0	3.5	5.0
Løse klippeblokke		0.4	0.5
<u>Sprængstofforbrug, kg pr. m³ fast klippe</u>			
Stenbrud	0.15	0.2	0.3
Større byggegruber, tunneludvidelser	0.3	0.45	0.6
Mindre byggegruber, render	0.8	1.3	2.5
Stoller o.s.v.	1.2	2.3	3.7
Løse klippeblokke		0.2	0.4

217-1 Borearbejde.

Dette udføres som regel med trykløftværktøj, hvis bor har en diameter, der varierer mellem 20 og 50 mm. Man kan hermed bore huller på op

til ca. 10 m dybde, idet man i almindelighed reducerer borediameteren med 1 mm pr. 80 cm.

Moderne borekroner er næsten altid udført af hårdmetal, og man kan herved nå op på en maximal borehastighed i granit på ca. 40 cm/min. På grund af den nødvendige udskiftning af bor m.m. bør den gennemsnitlige ydelse i praksis næppe sættes højere end ca. 15 cm/min.

Ved mindre arbejder holdes boremaskinen i hånden, medens man til større arbejder anvender forskellige støtteanordninger. Ved tunnelarbejder, hvor der skal bores et stort antal huller, monteres boremaskinen normalt på en borevogn (fig. 150, afsnit 314).

I stenbrud, hvor der arbejdes over bred front, og hvor man ofte ønsker store blokke, foretrækker man hyppigt at bore færre huller med væsentlig større diameter (fra 100 til 250 mm) end ved tunnelarbejder. Man benytter her rotationsbor, der dog arbejder betydeligt langsommere end trykluftboremaskiner.

217-2 Sprængning.

De sprængstoffer, der anvendes, er dynamitter eller sikkerhedssprængstoffer. Begge kategorier fremstilles under mange forskellige handelsbetegnelser.

Dynamitterne er de kraftigste, men også de farligste at håndtere. De anvendes derfor kun til specielle formål bl.a. til sprængninger under vand.

Sikkerhedssprængstofferne, der er ufølsomme over for stød, opvarmning, kulde o.s.v., er de mest benyttede sprængstoffer ved anlægsarbejder. De leveres i cellophanpakninger i sådanne størrelser, at de direkte kan anbringes i borehullerne. Til eksplosionen benyttes en tændpatron med lille ladning af letantændeligt sprængstof. Tændpatronen anbringes i ladningen og affyres enten ved langsomt brændende lunte - 0.5 m/min. - eller med el-strøm gennem en glødetråd. Ved sidstnævnte fremgangsmåde kan man sprænge et større antal ladninger samtidigt eller med minimale tidsforskelle (tusindedele af et sekund), hvilket under særlige forhold kan give stærkt forøget virkning.

Sprængningsarbejde - og det gælder både boring og valg af sprængstof - er i høj grad specialistarbejde. De førende virksomheder indenfor

såvel boremateriel- som sprængstoffremstillingen udfører et stort forskningsarbejde, og til løsning af en konkret opgave kan man altid hos disse virksomheder få oplysninger om de bedst egnede metoder og det bedst egnede materiel.

218 SPECIELLE ARBEJDER

I den foregående gennemgang af udførelsesmetoder for jord- og klippearbejder har det kun været muligt at behandle de metoder, der må anses for de i dag almindeligt benyttede.

Herudover anvendes naturligvis under specielle forhold mange andre metoder og andet materiel som f.eks. udgravning med kabelkran, løsning af jord med vandkanon, transport af store mængder over lange afstande ved hjælp af transportbånd, boring af huller med 1.5-2.0 m diameter for mindre fundamenter. Om disse metoder henvises til speciallitteraturen.

22 FREMSTILLING AF STEN- OG GRUSMATERIALER

	Side	
220	GENERELT	95
221	KNUSNING	96
	221-1 Kæbeknuserne med enkeltbevægelse . . .	96
	221-2 Rundknuserne	100
	221-3 Kæbeknuserne med dobbeltbevægelse . .	100
	221-4 Hammerknuserne	100
	221-5 Valsemøller	100
	221-6 Kuglemøller	101
222	SORTERING	101
	222-1 Sortertrømler	101
	222-2 Vibrationssigter	101
	222-3 Våd separation	102
223	VASKNING	102
224	TRANSPORT	102
225	OPLAGRING	104

22 FREMSTILLING AF STEN- OG GRUSMATERIALER220 GENERELT

Sorterede sten- og grusmaterialer anvendes i stort omfang ved alle arter af bygge- og anlægsarbejde i første række vejbygning (paklag og vejbelægning), betonarbejder (støbematerialer) og vandbygning (stenkastninger og fyld).

Da de krav, der stilles til materialernes kvalitet og gradering, varierer stærkt efter anvendelsesområde, kan de i naturen forekommende materialer meget sjældent benyttes direkte. De må næsten altid undergå en bearbejdelse, der kan bestå af en eller flere af følgende processer: knusning, sortering, vaskning, tørring samt oplagring af de færdige materialer.

Materialerne udvindes i stenbrud, af moræneforekomster samt af flod- og havaflejringer efter de metoder, der er omtalt i afsnit 21.

Materialer, der udvindes i stenbrud, udmærker sig ved at være af ensartet kvalitet, hvis egenskaber kan bestemmes, forinden en produktion sættes i gang. Der må her regnes med sprængning og knusning af alt materiale inden videre behandling.

Morænematerialer består af en blanding af mange stenarter i varierende størrelser lige fra store blokke til fint ler. Hvis der forekommer større sten af uønsket materiale - f.eks. kalkholdigt flint - må disse sorteres fra med håndkraft, og hvor der findes ler eller humus i materialerne må disse stoffer fjernes gennem en grundig vaskning.

De vandaflejrede materialer findes som regel delvis sorteret, og de blødere stenarter vil i det væsentlige være fjernet ved slid og udvaskning. Flodaflejringer vil hyppigt indeholde både ler og humusholdige stoffer, der må fjernes ved vaskning. Materialer, der udvindes af havet, er derimod normalt fri for andre urenheder end havsalt, som det kun sjældent er nødvendigt at fjerne.

Ved mindre arbejder vil man som oftest forsøge at fremskaffe sten- og grusmaterialer fra lokale leverandører, selv i de tilfælde hvor dette kan medføre ret betydelige transportudgifter. Ved store arbejder vil det næsten altid være mest økonomisk at basere sig på egen produktion.

De dertil nødvendige anlæg afhænger af de råmaterialer, der er til rådighed, og af de krav der stilles til det færdige produkt med hensyn til gradering og mængde af de forskellige størrelser. Knuse-, sorter- og vaskeanlæg må i hvert enkelt tilfælde afpasses herefter.

På fig. 39 er der givet en oversigt over anvendelsesområderne for de forskellige typer af materiel, der benyttes ved fremstilling af sten- og grusmaterialer.

Anvendelsesområdet for knusere er defineret således: dets øvre grænse er bestemt af den største stenstørrelse, hvortil knusere af de forskellige typer bygges, medens nedre grænse angiver den mindste størrelse, hvortil afgangsåbningen kan indstilles. Det må erindres, at findelingsgraden sætter en grænse for, hvilken minimumstørrelse, der kan opnås med en given maksimumstørrelse og omvendt.

På fig. 40 er arbejdsgangen i et mindre knuse- og sorteranlæg vist skematisk. På fig. 41 er gengivet et større fremstillingsanlæg.

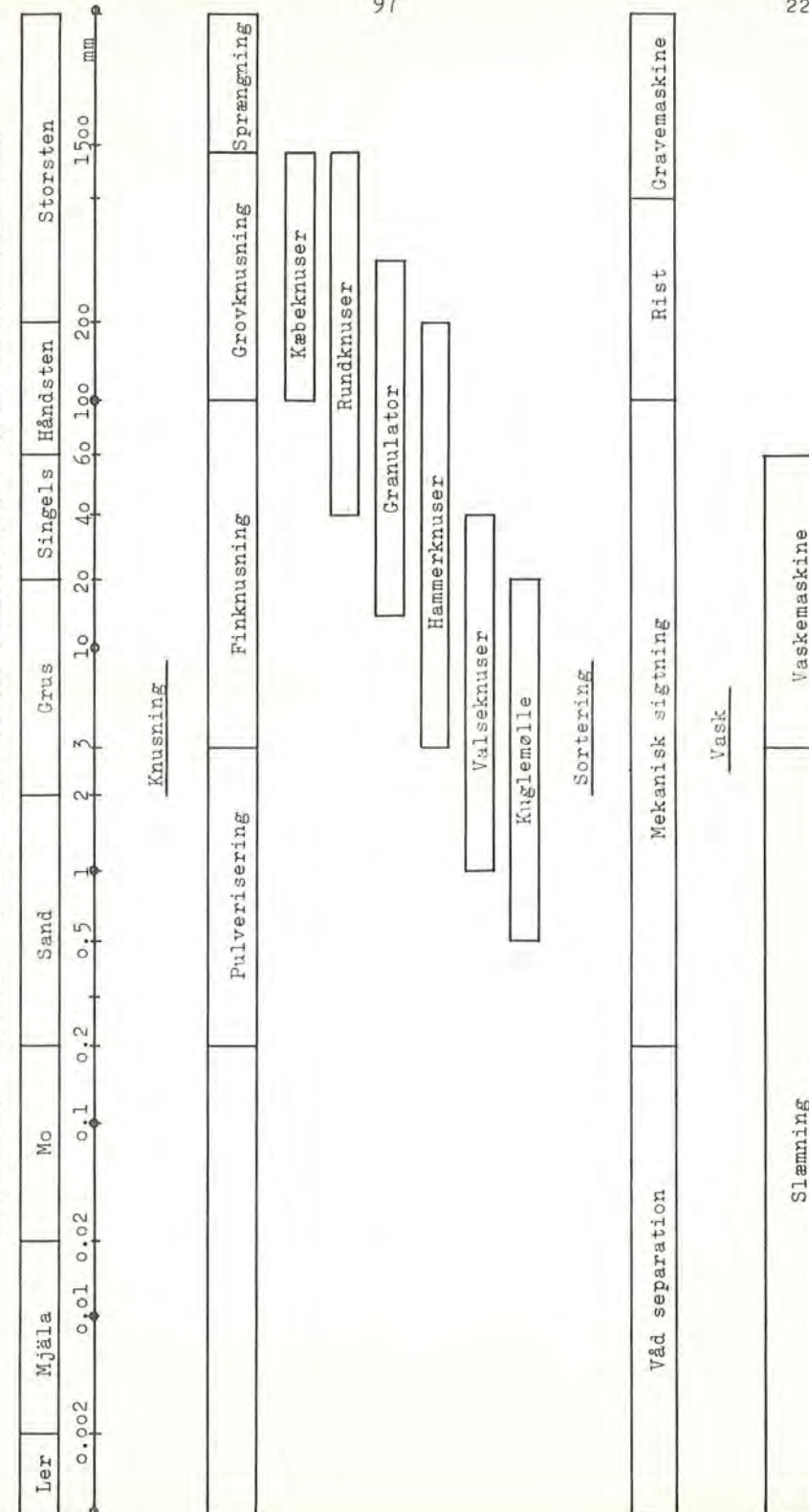
221 KNUSNING

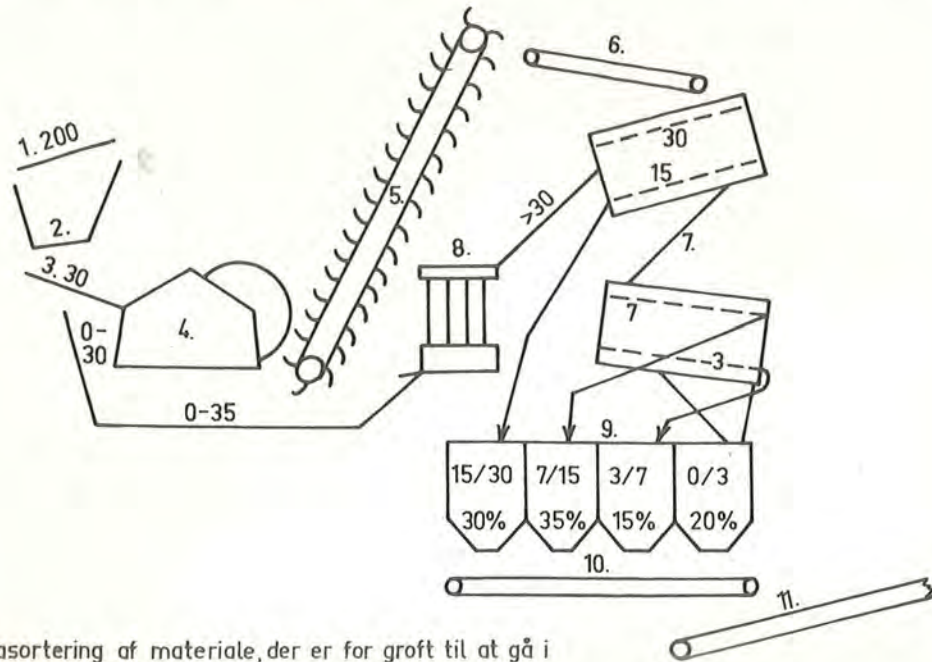
Sten- og grusmaterialer kan sjældent knuses tilstrækkelig fint i en operation. Som regel må der først foretages en grovknusning i kæbe- eller rundknuser og derefter en finknusning i granulator eller hammerknuser. Hvor også sand skal fremstilles af knust materiale, må de mindste skærver yderligere findeles i en valsemølle eller ved vådmaling i kuglemølle.

221-1 Kæbeknuser med enkeltbevægelse.

Disse er de mest brugte grovknusere specielt til meget store sten (fig. 42). De er udstyret med en fast og en bevægelig kæbe af hårdt manganstål. Stenene fyldes ned i gabet mellem kæberne, og idet den bevægelige kæbe udfører en tyggende bevægelse, sønderdeles materialet således, at det kan falde ud gennem spalten forned. Formindskelsesgraden kan regnes fra 5:1 til 7:1, d.v.s. såfremt knuseren er indstillet til at producere sten med diameter d , kan den ikke fodres med sten, der har større diameter end 5-7 d .

Fig. 39 Anvendelsesområder for materiel til fremstilling af grus- og stenmaterialer.





1. Frasortering af materiale, der er for groft til at gå i kæbeknuseren (200 mm).
2. Silo.
3. Forsigte, der fjerner materiale mindre end knuserens kæbeindstilling (30 mm).
4. Kæbeknuser ca. 400x250 (35 mm spaltevidde).
5. Kopelevator.
6. Transportbånd.
7. Vibrosigter i fire lag.
8. Pendulknuser til materiale >30 mm.
9. Siloer.
10. Transportbånd til tømning af siloer.
11. Transportbånd til lager eller blandaanlæg.

Fig.41. Større knuse- og sortereanlæg.

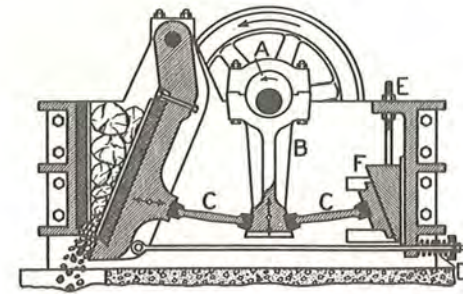


Fig. 42
Kæbeknuser med enkeltbevægelse (9)

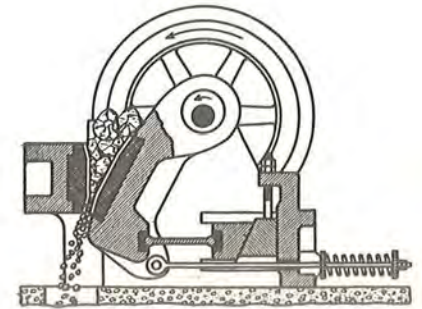


Fig. 43
Kæbeknuser med dobbeltbevægelse (9)



Fig. 44
Rundknuser (9)

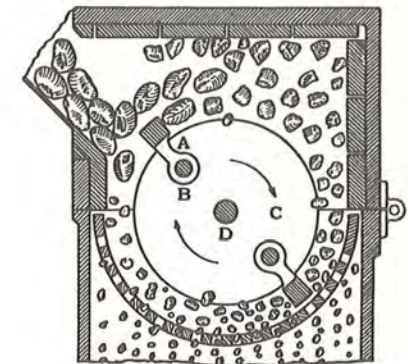


Fig. 45
Hammerknuser (9)

221-2 Rundknusere.

Denne type benyttes både som grov- og mellemknuser (fig. 44). Den består af en ringformet fast kæbe A og en kegleformet kæbe C ophængt i kugleskålen B. Kegleens nederste ende føres rundt i kreds ved hjælp af det koniske tandhjul E, der har en eksentrisk anbragt bøsning, der styrer keglen. Skærverne glider ad skråplanet D ud i knuseren. Rundknuseren leverer normalt et mere kubisk produkt end købeknuseren, og dens ydelse er større som følge af det kontinuerlige arbejde i modsætning til købeknuserens afbrudte; men den store konstruktionshøjde - $2\frac{1}{2}$ - 3 gange købeknuserens - fordyrer ofte anlægget. Formindskelesgraden for grovknusere regnes fra 12:1 til 20:1 og for finknusere fra 6:1 til 10:1.

221-3 Købeknuser med dobbeltbevægelse.

Disse knusere (de såkaldte granulatorer) anvendes fortrinsvis til finknusning (fig. 43). Medens den bevægelige kæbe i knusere med enkeltbevægelse er fast ophængt og kun udfører en pendulbevægelse, er køben her ophængt på den excentriske aksel og udfører en elliptisk bevægelse. Der opnås herved både en trykkende og gnidende påvirkning, hvorved mængden af fint materiale forøges væsentligt. Formindskelesgraden kan regnes fra 3:1 til 4:1.

221-4 Hammerknusere.

Denne type (fig. 45) benyttes til finknusning. Sådanne knusere består af et kammer, hvori der er anbragt en hurtigt roterende aksel med bevægelige hamre, der slynger stenene ud mod hårde stålplader, hvormed kammeret er beklædt. Stenene nedbrydes derved så meget, at de kan passere det risteværk, der findes i kammerets bund. Kornformen bliver meget nær kubisk. Formindskelesgraden er indtil 30:1.

221-5 Valsemøller.

Valsemøller benyttes til fremstilling af materiale med kornstørrelse 0.2 til 3 mm. De består af to glatte valser, der roterer i indbyrdes modsat retning. De fodres med små skærver eller sten indtil valnøddestørrelse.

221-6 Kuglemøller.

Kuglemøller bruges til fremstilling af stensmel. De består af et cylindrisk roterende kammer, der er delvis fyldt med stålkugler, der ved fald og gnidning reducerer kornstørrelsen af det stenmateriale, der fyldes i møllen.

222 SORTERING

Sortering foretages dels inden knusningen, hvor det tilstrækkeligt findelte materiale sorteres fra, og dels efter knusningen til endelig opdeling i et større eller mindre antal graderinger.

Til mindre betonarbejder kan det undertiden være tilstrækkeligt med 2 graderinger. Ved store betonarbejder f.eks. dæmninger kræves ofte 4 graderinger af sten og 2 af sand.

Materialer større end ca. 3 mm kan sorteres ved sigtning, medens man, hvor opdeling af de finere materialer er nødvendig, må anvende slæmning.

222-1 Sortertromler.

Disse (fig. 46) anvendes i dag i reglen kun ved mindre produktioner, og hvor der ikke kræves gradering mindre end 1 cm.

Sortertromlen er udformet som en hældende cylindrisk sigte af varierende diameter og længde. Sigten består af 3-4 afsnit med forskellig hulstørrelse, der vokser nedefter. På den strækning, hvor maskevidden er større end 15 mm, fremstilles sigten af stålplader med cirkulære huller. Til den øvrige del af sigten anvendes trådvæv med kvadratiske masker.

Uden om det første afsnit anbringes ofte en ekstra sigte med mindre maskevidde, idet man herved opnår en yderligere sortering samtidig med, at man undgår at lade alt materialet passere og slide på det forholdsvis fine trådvæv.

222-2 Vibrationssigter.

Disse sigter (fig. 47) benyttes ved større produktioner, og hvor finere sortering er påkrævet. De arbejder hurtigere og kræver væsentlig mindre plads end sortertromlerne.

Som det fremgår af figuren, er vibrationssigterne udformet som flade svagt hældende bakker anbragt i indtil 4 lag over hinanden. Bakkerne bringes i svingninger (1000-1500 pr. minut) på en sådan måde, at materialet slynges fremover i små ryk.

I modsætning til sortertromlen begynder materialet i vibrationstromlen på den groveste si og ender på den fineste. Dette gør sorteringen mere effektiv og muliggør, at man kan gå ned til en mindste maskevidde på 3 mm.

Er det fine materiale fugtigt, vil det være tilbøjeligt til at sætte sig fast i sigten. I sådanne tilfælde kan man benytte våd sigtning, d.v.s. en oversprøjtning af sigterne med en vandstrøm af passende styrke. Herved undgås tilstopning af hullerne, og der opnås en betydelig produktion, men samtidig er der risiko for, at for meget af det fineste materiale går tabt med vandstrømmen.

222-3 Våd separation.

Sortering af materiale med kornstørrelse mindre end ca. 3 mm kan i praksis ikke foretages med sigtning. Man benytter derfor en separator, hvori materialet først opslemmes i vand og derefter separeres efter de ønskede kornstørrelser.

Angående de forskellige metoder og apparater, der anvendes hertil, henvises til speciallitteraturen.

223 VASKNING

Vaskning foretages, hvor materialerne indeholder større mængder af urenheder f.eks. ler eller humus. De almindeligt benyttede vaskemaskiner består af en liggende cylinder, der er forsynet med en snegl eller et system af skovle, der fører materialerne frem gennem en modsat rettet vandstrøm (fig. 48).

Hvor mængden af urenheder kun er ringe, vil våd sigtning ofte rense materialet tilstrækkeligt.

224 TRANSPORT

Overalt hvor det er muligt, vil man udnytte tyngdekraften til intern transport. Herudover vil det dog normalt være nødvendigt at gøre udstrakt brug af transportbånd og kopelevatorer til vertikal transport.



Fig. 46 Sortertromle (36)

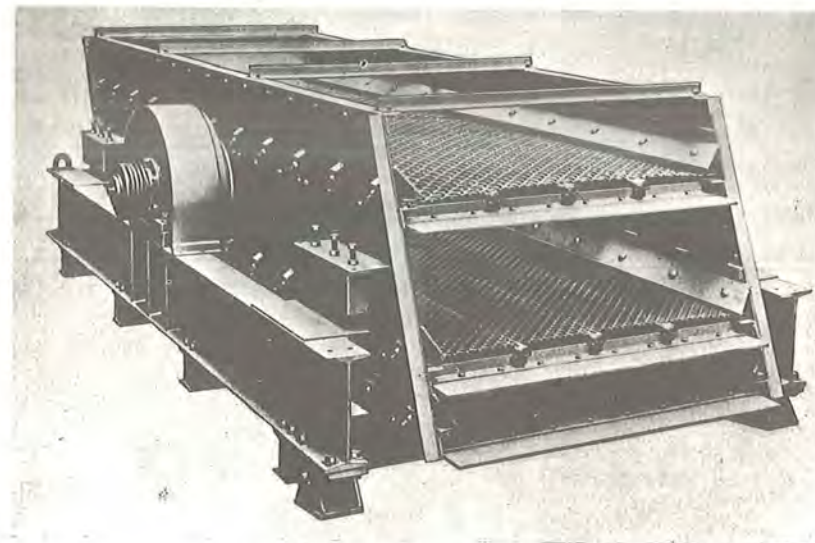


Fig. 47 Vibrationssigte (36)

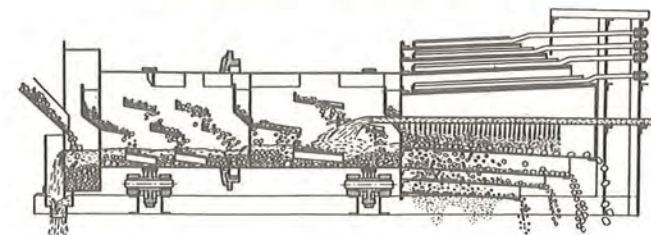


Fig. 48 Vaskeapparat (24)

På steder, hvor der kan forekomme uregelmæssig tilstrømning af materialer, indskydes siloer, der skal sikre jævn tilgang til transportbåndene.

For et transportbånd kan den gennemsnitlige ydelse højst sættes til $\frac{2}{3}$ af båndets teoretiske transportevne. Transportbåndets maximale stigning kan variere fra ca. 15° for tørt sand og sorteret ral til ca. 20° for fugtigt sand og usorterede materialer.

225 OPLAGRING

Man kan kun yderst sjældent regne med en kontinuerlig anvendelse af de producerede materialer, og der må derfor etableres en passende opbevaringsmulighed for at sikre en kontinuerlig produktion. Hvor det drejer sig om en lille produktion, kan opbevaringen foregå i siloer, men er der tale om store mængder, må materialerne oplagres i bunker i fri luft.

Anbringelsen af materialerne i bunkerne må foretages således, at der ikke kan ske en uønsket sortering, og således at vinden ikke kan blæse det fine materiale bort.

Fra bunkerne transporteres materialerne ofte ved hjælp af et transportbånd anbragt i en tunnel under bunkerne. Båndet kan enten føre direkte til et blandeanlæg eller til passende læsaneanordninger for lastbiler eller jernbanevogne.

23 FUNDERINGSARBEJDE

	Side	
230	GENERELT	107
231	DIREKTE FUNDERING	107
232	GRUNDFORSTÆRKNING	107
	232-1 Dræning	107
	232-11 Overfladedræning	108
	232-12 Dybdebræning	108
	232-2 Komprimering	108
	232-3 Jordstabilisering	108
	232-31 Overfladestabilisering	108
	232-32 Dybdestabilisering	109
233	PÆLEFUNDERING	109
	233-0 Generelt	109
	233-1 Pæletyper	110
	233-11 Præfabrikerede pæle	110
	233-12 In situ pæle	112
	233-2 Fremstilling og transport	115
	233-3 Rammemateriel	117
	233-30 Generelt	117
	233-31 Hamre	117
	233-32 Rambukke	121
	233-33 Hjelpeudstyr	123
	233-4 Udførelse af pæleramning	128
	233-41 Valg af rammemateriel	128
	233-42 Ramning fra stillads contra "flydende" ramning	129
	233-43 Ophejsning og plantning af pæle	129
	233-44 Rammearbejdet	130
	233-45 Rammenøjagtighed	131
	233-46 Ydelser	131

	Side
233-5 Optrækning, afskæring	131
233-51 Optrækning	131
233-52 Afskæring af pæle	132
234 CAISSONFUNDERING	132
234-0 Generelt	132
234-1 Sænkekasser	133
234-2 Sænkebrønde	137
234-3 Trykluffundering	139
235 GRUNDVANDSSÆNKNING	141
235-0 Generelt	141
235-1 Filterbrønde	141
235-2 Wellpoints	144
235-3 Vacuum	145

23 FUNDERINGSARBEJDE

230 GENERELT

Ved fundering forstås etablering af forbindelsen mellem bygværket og de bærende jordlag.

Hvor der i passende dybde findes jordlag med tilstrækkelig bæreevne, kan fundamenterne anbringes direkte på disse (direkte fundering). Undertiden kan det være nødvendigt at forstærke jorden, forinden der kan funderes på den (grundforstærkning).

Hvor bæreevnen derimod er utilstrækkelig i normal funderingsdybde, og ikke på økonomisk måde kan forbedres, anvendes pæle eller caissoner til at føre belastningen ned til bæredygtige lag.

231 DIREKTE FUNDERING

Direkte fundering kan foretages såvel over som under grundvandsspejlet. I sidstnævnte tilfælde må der enten foretages en tørlægning af byggegruben eller - hvis dette er vanskeligt - udgraves under vand, hvorefter fundamentsbetonen udstøbes med undervandsbeton.

Såfremt det ikke drejer sig om meget små fundamenter, benyttes i dag næsten altid maskiner til udgravningsarbejdet, som omtalt i afsnit 212. Meget ofte forlanges det dog, at de nederste 20-30 cm af fundamentet udgraves med håndkraft, og at der umiddelbart efter udgravningen udstøbes et afretningslag af mager beton. Inden dette sker, er det vigtigt, at byggegruben kontrolleres for at fastslå, om funderingsforholdene svarer til de forudsatte.

232 GRUNDFORSTÆRKNING

232-1 Dræning.

Hvor jordlagene, hvorpå et bygværk skal funderes, har et vandindhold, der reducerer grundens bæreevne, kan denne i mange tilfælde forøges væsentligt ved enten overflade- eller dybde-dræning.

232-11 Overfladedræning, der fjerner vandet i de øverste jordlag, udføres ved i passende dybde under overfladen at lægge et net af drænrør eller eventuelt stenfaskiner. Såfremt det drejer sig om arbejder af nogenlunde størrelse benyttes en rende-graver til gravearbejdet og en bulldozer til tilfyldningsarbejdet. En rende-graver kan i let jord pr. time grave 40-60 m rende af 40-60 cm bredde og indtil 2.5 m dybde. I middelhård jord kan man regne med 25-40 m og i hård jord 15-25 m.

232-12 Dybde-dræning udføres, hvor et mere eller mindre vandmættet ler- eller siltlag hviler på et jordlag, der kan bortlede vandet. Dræningen udføres ved at lodrette dræn rammes, skylles eller vibreres ned til det vandførende lag.

232-2 Komprimering.

En forøget bæreevne kan også opnås gennem en komprimering af jorden, således som det er omtalt i afsnit 215.

232-3 Jordstabilisering.

En indgående behandling af emnet jordstabilisering, hvorved forstås en forbedring af grundens bæreevne ved tilsætning af stoffer, hvis virkning kan være af mekanisk eller kemisk art, skal ikke gives her. I det følgende er kun medtaget en kort oversigt over nogle af de vigtigste stabiliseringsmetoder og deres udførelse.

Jordstabilisering kan deles i de to hovedformer: overfladestabilisering og dybdestabilisering.

232-31 Overfladestabilisering omfatter såvel mekanisk stabilisering som cement- og kalkstabilisering.

Mekanisk stabilisering går ud på at løse jorden til en passende dybde, blande den løsnede jord med egnet tilslagsmateriale - f.eks. grus til leret jord og omvendt - og derefter komprimere blandingen på hensigtsmæssig måde.

Når man ser bort fra meget små arbejder, udføres stabiliseringen i dag mest rationelt ved hjælp af moderne jordmateriel: bulldozers, scrapers, rippers o.s.v.

Cement- og kalkstabilisering udføres ved at blande den løsnede jord - eventuelt efter tilsætning af tilslagsmaterialer - med cement eller

eller kalk i mængder, der normalt varierer fra 6 til 12 vægtprocent af blandingen. Derefter foretages en planering og komprimering. I de seneste år er der udviklet specielt stabiliseringsudstyr indeholdende et selvbevægeligt blandeanlæg. De løsnede - og eventuelt forbedrede - jordmaterialer anbringes i fortløbende bunker midt på vejen hvorefter blandemaskinen i en kontinuerlig proces opsamler materialerne, tilsætter cement, blander materialerne og udlægger blandingen klar til komprimering. Denne kan udføres enten ved vibrering eller ved mekanisk stampning og tromling.

Bituminøs stabilisering med tjære eller asfalt i stedet for cement udføres i princippet på samme måde som cementstabilisering.

232-32 Dybdestabilisering udføres for at forbedre grundens bæreevne og stabilitet enten permanent (f.eks. under eksisterende fundamenter) eller midlertidigt (f.eks. som erstatning for afstivning). Endvidere kan jordstabilisering anvendes til forhindring af vandgennemtrængning

Der findes en lang række metoder til løsning af sådanne opgaver:

- Injektion med silikat, cement eller bitumen
- Frysning
- Opvarmning
- Vacuum
- Elektroosmose
- Elektrokemisk stabilisering
- Anvendelse af Bentonit-boreslam.

Både metoder og opgaver er imidlertid så specielle, at nærmere omtale af dem falder uden for dette binds rammer. En god oversigt findes i "Fundering, foredrag fra Dansk Ingeniørforenings kursus i april og maj 1960" (Teknisk Forlag).

233 PÆLEFUNDERING

233-0 Generelt.

Der findes to hovedgrupper af pæle: bærepæle, der er beregnet til at optage kræfter - træk eller tryk - i pælens længderetning, og spuns-pæle, der er udformet således, at de danner en tæt væg, der med passende afstivninger kan optage vandrette kræfter.

Begge grupper kan udføres efter to principielt forskellige metoder, enten som præfabrikerede pæle eller som in situ pæle.

Præfabrikerede pæle af træ, stål eller jernbeton bringes på plads ved ramning, presning eller boring. Eventuelt kan pælene være sammensat af flere materialer (afsnit 233-11).

In situ pæle er altid udført af beton. Ved denne metode fremstilles et hul i jorden af den valgte dimension og til den ønskede dybde. En eventuel armering anbringes, og hullet udstøbes med beton.

Præfabrikerede pæle foretrækkes i almindelighed til vandbygningsarbejder og almindelige bygningsarbejder, medens in situ pæle i de senere år har opnået en stigende anvendelse ved specielle arbejder på land, især under forhold hvor store belastninger skal overføres.

Både inden for præfabrikerede pæle og in situ pæle findes et meget stort - og stadig voksende - antal typer, hvoraf de fleste er baseret på patenterede konstruktions- og udførelsesmetoder, og som regel kun udføres af specialfirmaer. Det er derfor ikke muligt at opstille en generel - teknisk og økonomisk - oversigt over fordele og ulemper ved de forskellige konstruktioner, der kan anvendes under varierende forhold. De forhåndenværende muligheder må studeres, og der må udarbejdes overslag og indhentes tilbud for at finde frem til den mest fordelagtige løsning af en konkret opgave.

233-1 Pæletyper.

233-11 Præfabrikerede pæle fremstilles både som bærepæle og som spunspæle.

Bærepæle. Træpæle har været benyttet gennem flere tusinde år til fundering af bygninger, broer, anlægsbroer, veje over moser o.s.v. Træpæle er lette at transportere, ramme og tildanne. Til gengæld er de kun bestandige, når hele pælen er under grundvandsspejlet. I saltvand angribes de endvidere af pæleorm, og disse angreb kan under visse forhold være så stærke, at pælens levetid kun bliver ganske kort.

Træpæle er stadig de mest anvendte til midlertidige konstruktioner f.eks. stilladser og arbejdsbroer. Til permanente konstruktioner er de i stor udstrækning blevet afløst af stål- og betonpæle. Dette skyldes - foruden ovennævnte årsager - at der de fleste steder i ver-

den er mangel på træ, samt at kravene til pælelængde og belastning er blevet så store, at træpæle ikke kan opfylde disse krav.

Stålpæle - i reglen udformet som rør eller med H-formet profil - anvendes især, hvor lange pæle skal rammes i meget fast grund, eller hvor der kræves stor bøjningsstyrke f.eks. til fenderpæle eller duc d'alber. Stålpæle er meget robuste og kan forholdsvis let forlænges ved svejsning. I saltvand er de udsat for tøring, navnlig under tropiske forhold, hvor vandets temperatur er 25° - 30° .

Betonpæle er som bærepæle den i dag mest benyttede pæletype. De fremstilles - delvis fabrikmæssigt - i alle dimensioner og længder, massive eller hule og udført i almindelig jernbeton eller spændbeton. Hule spændbetonpæle med op til 1 m i diameter og 50-60 m længde anvendes nu ved havne- og brobygning.

Til pæle, der skal rammes på land, og som er så lange, at det er vanskeligt at skaffe en tilstrækkelig høj rambuk, benyttes i de senere år undertiden elementpæle. Elementerne kan være af forskellig længde, ligesom udformningen af stødene varierer stærkt. Angående disse pæle henvises til speciallitteraturen.

Langt de fleste præfabrikerede pæle rammes. Til visse specielle formål benyttes dog også pæle, der bringes ned ved presning, skylning, boring eller skruning. Her henvises ligeledes til speciallitteraturen.

Pæle kan være sammensat af forskellige materialer. S sammensætningen foretages f.eks. for at muliggøre nedramning i meget hård jord, hvor betonpæle ofte med fordel kan forlænges med stålpæle, eller for at undgå, at træpæle udsættes for forrådnelse eller for angreb af pæleorm. I sådanne tilfælde afskæres træpælene under grundvandstanden og forlænges med en betonpæl.

Spunspæle. Træspunspæle anvendes i dag navnlig til indfatning for mindre byggegruber, rendegravninger og lignende. Tætheden skabes ved at forsyne de enkelte spunspæle eller -planker med fjer og not eller tilsvarende.

Stål er det mest benyttede materiale til spunsvægge både til permanente konstruktioner - f.eks. kajmure - og til midlertidigt brug - f.eks. fangedæmninger og indfatninger for store byggegruber.

Spunsvægge udføres af profiljern, der er udvalset specielt til dette formål og udformet således, at der opnås det størst mulige modstandsmoment med det mindst mulige materialeforbrug. Jernene er forsynet med specielt formet fals, der styrer spunsjernene under ramning og holder dem sammenlåset, således at spunsvæggen kan virke som en enhed og sikre væggen tæthed.

Til særlige anvendelsesområder f.eks. cirkulære fangedæmninger anvendes meget flade spunsjern.

Der findes en lang række spunsjernstyper af varierende dimensioner fremstillet af de forskellige stålvarer.

Beton har tidligere været meget brugt til spunsvægge ved kajer. Især ved store dybder bliver disse spunspæle imidlertid meget tunge, og det kan ofte være vanskeligt at skabe den fornødne tæthed. Anvendelse af betonspunspæle er derfor gradvis trængt tilbage til fordel for jernspunspæle.

233-12 In situ pæle fremstilles altid af beton, der udstøbes i et hul i jorden frembragt ved ramning eller boring. Hullet kan udføres uden eller med foringsrør. I sidstnævnte tilfælde kan det ved visse metoder betale sig at genvinde rørene.

Indenfor hver af ovennævnte typer findes en række forskellige konstruktioner, hvoraf enkelte skal nævnes i det følgende.

Pæle uden foringsrør er i de seneste år i stigende omfang anvendt, hvor hullet har kunnet fremstilles ved boring. Undertiden kan det være nødvendigt at bruge thixotrop boreslam af stor vægtfylde for at forhindre sammenskrivning. Boreslammet (Bentonit), der er ret kostbart, pumpes ind forneden i boringen. Derved løftes den udgravede jord op, hvorefter den sorteres fra boreslammet ved hjælp af en vibrationssigte. Når boringen er fuldført, anbringes armeringen, og hullet udstøbes eventuelt med undervandsbeton. Metoden anvendes til pæle med indtil 1 m diameter (fig. 49).

En tilsvarende metode benyttes til fremstilling af permanente spunsvægge f.eks. ved bygning af tunnelbaner. Med en speciel rendegraver graves en smal rende, der fyldes med boreslam, der efterhånden erstattes med undervandsbeton.

Pæle med foringsrør, der genvindes, omfatter forskellige typer. Foringsrøret kan være bragt ned enten ved ramning eller ved boring.

Som eksempel på en rammet pæl af denne type kan nævnes Franki-pælen. Til denne benyttes et foringsrør uden bund. Ca. 1 m beton fyldes i røret, hvorefter ramningen påbegyndes med et ramslag, der arbejder indvendigt i røret. Betonen komprimeres og danner en tætsluttende prop, der gør det muligt at ramme røret ned i den ønskede dybde. Når denne er nået, fastholdes røret, medens ramningen fortsættes, indtil betonproppen er slået ud. Der fyldes derefter beton i røret under fortsat ramning, samtidig med at røret efterhånden trækkes op. Gennem ramningen komprimeres betonen. Herved presses denne også sideværts ud mod jorden, hvilket giver dels en ret ujævn pæleoverflade (fig. 50) og dels en intim forbindelse mellem jord og pæl. Begge dele bidrager til at forøge pælens bæreevne.

Af pæle, hvor foringsrøret bores ned, kan nævnes Hochstrasser-pælen, der udføres med en diameter på indtil 150 cm. På foringsrøret er foroven fastspændt et svinghoved, der består af en krave med to arme forsynet med svære vægte. Røret bringes ned ved at vride armene 45° frem og tilbage ved hjælp af trykluft. Med en kraftig specialbygget grab udgraves jorden samtidig inde i røret. Når dette er ført ned, fyldes det med beton, hvorefter et tæt dæksel anbringes foroven. Mellem dækslet og betonen indblæses trykluft. Ved samtidig dels at vride røret frem og tilbage ved hjælp af svinghovedet og dels at lade en kran trække i røret, kan dette bringes op. Under denne optrækningsproces sker der endvidere en komprimering af betonen.

Pæle med foringsrør, der ikke genvindes, kræver mindre manuelt arbejde end de ovenfor omtalte typer, men udgiften til det tabte foringsrør er betydelig. Metoden anvendes derfor fortrinsvis på steder, hvor arbejds lønnen er meget høj.

Som eksempel kan nævnes den i USA almindeligt benyttede Raymond-pæl. Foringsrøret er tyndvægget, tværkorrugeret og konisk. Det rammes ved hjælp af en kraftig stålkerne, der er udformet således, at den nøje svarer til foringsrøret. Det tyndvægede foringsrør påvirkes derved kun lidt af ramningen, og risikoen for sprængning af rørene er således ringe (fig. 51).

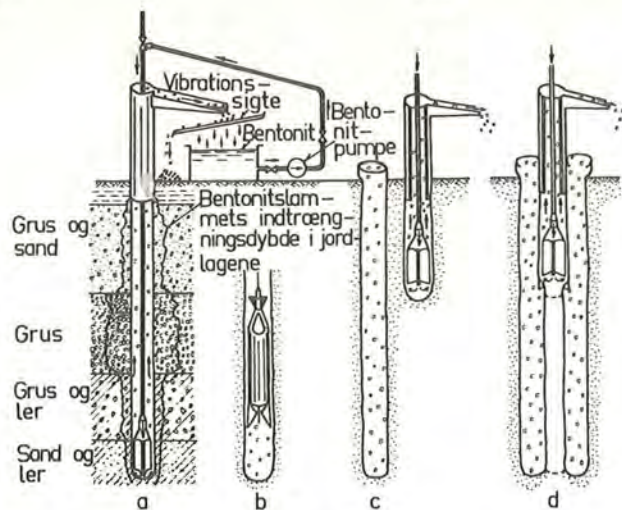


Fig. 49
Udførelse af pæle
uden foringsrør (33)

Fig. 50
Frankipæle (33)

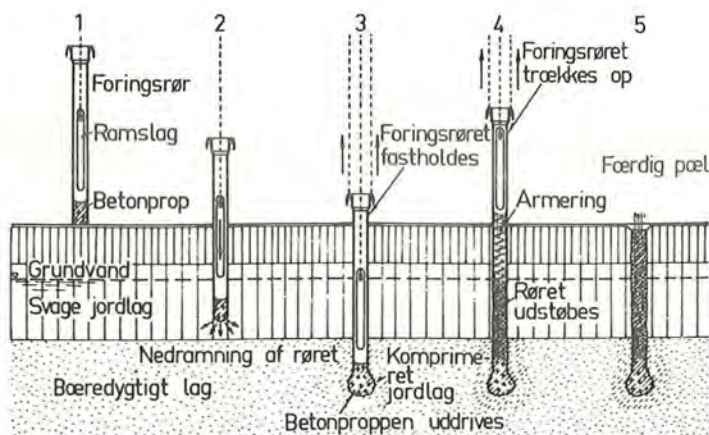
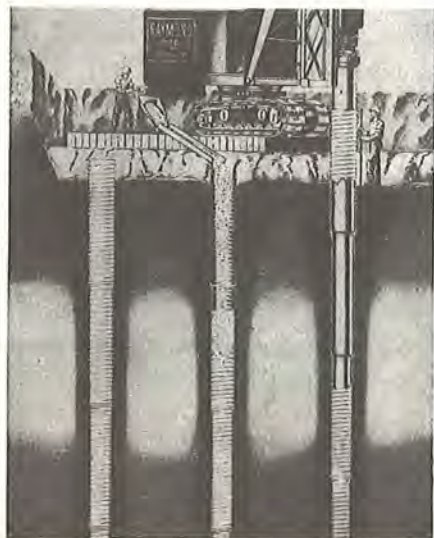


Fig. 51
Raymond-pæle (25)



Disse pæle udføres jævnligt som sammensatte pæle (træpæl forneden og Raymond-pæl foroven).

233-2 Fremstilling og transport.

Stålpæle leveres fra stålværkerne færdig til brug. Tjæring eller asfaltering af spunspæle foregår dog som regel på arbejdspladsen.

Træpæle leveres færdigimprægneret, hvor dette er påkrævet, og fremstillingsarbejdet består kun i den nødvendige tildannelse af pæletop og -spids. Tildannelse af pælespids er dog ikke altid påkrævet.

Betonpæle - især i kortere længder - fremstilles fabriksmæssigt som almindelig handelsvare. Hvor det drejer sig om et stort antal kortere pæle, vil det dog ofte være fordelagtigt at basere sig på egen produktion.

Lange betonpæle må næsten altid fremstilles på eller nærved anvendelsesstedet.

Til fabrikation af betonpæle kræves en pæleplads af en sådan dimension, at den med sikkerhed kan tage den produktion, der er nødvendig, under hensyn til pælernes oplagring forinden deres anvendelse. Pladsen planeres omhyggeligt - undertiden kan et betonunderlag være påkrævet.

Hvor det drejer sig om større pælearbejder, bør pladsen være forsynet med mobilkraner til flytning af forme, anbringelse af færdigbundet armering samt til placering af betonen. Endvidere må der være portalkraner, der dækker både støbeplads, lagerplads og transportveje, idet det sjældent er muligt at tilrettelægge en pælefremstilling på en sådan måde, at der ikke skal foretages en eller flere flytninger af pælene. Portalkranerne kan efter arbejdets størrelse udføres mere eller mindre mekaniseret, men da kranarbejdet på pælepladsen altid er betydeligt, betaler det sig ikke at vælge en for ringe mekaniseringsgrad.

Hvor der er tale om firkantede pæle, kan man i almindelighed indrette pladsen således, at pælene kan støbes i flere lag og forblive på støbestedet, indtil de skal anvendes. Runde pæle må man derimod som oftest - for at frigøre formene så hurtigt som muligt - flytte fra støbestedet til en separat lagerplads.

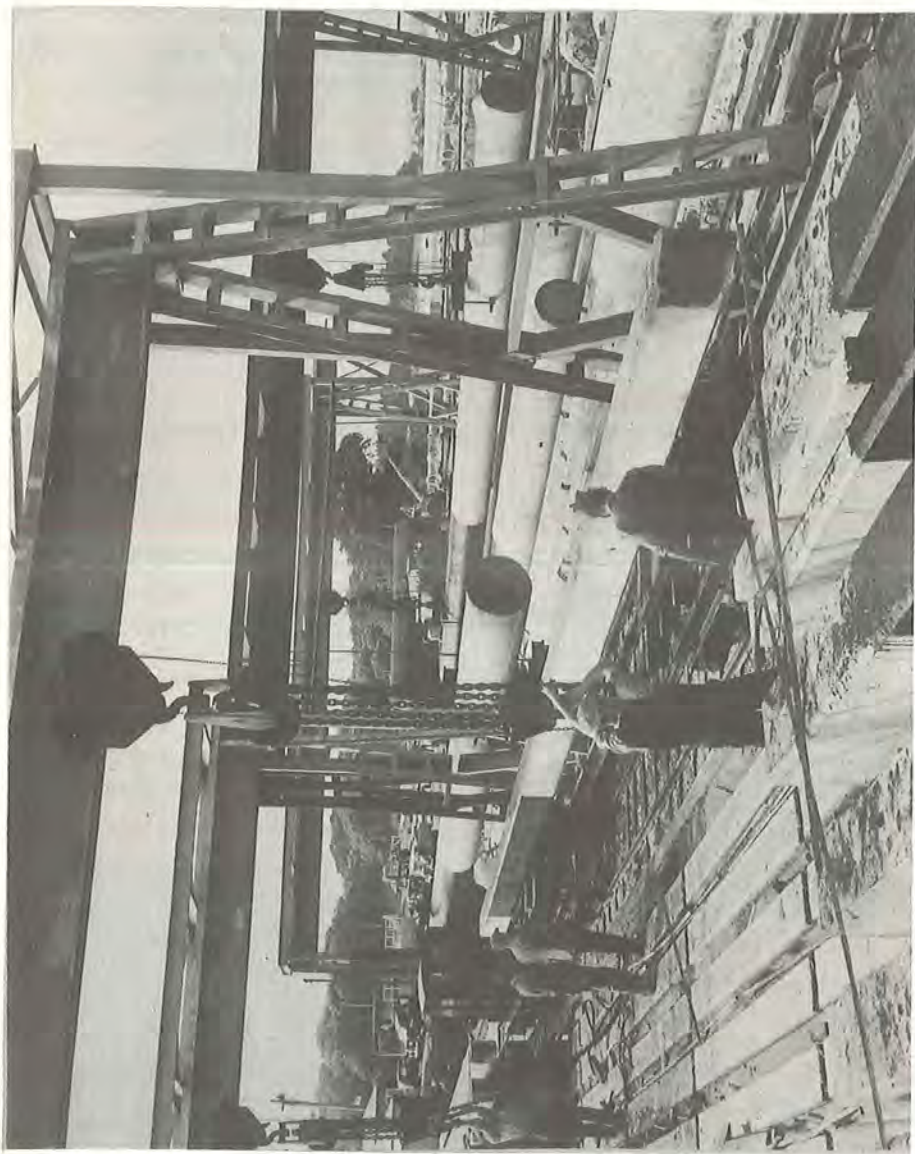


Fig. 52 Pæleplads (57)

På fig. 52 er vist en større pæleplads til fremstilling såvel af fir-kantede som af runde pæle.

Betonpæle - og specielt massive pæle - tåler ikke hårdhændet eller forkert behandling ved håndtering og transport. Ved projektering af pælene fastlægges derfor deres behandling, og under fremstillingen indstøbes i pælen rør eller bøjler på de steder, hvor løftning skal foregå. Korte pæle kan man ved ophejsning i rambukken løfte i trediedelspunktet, længere pæle må løftes i to femtedelspunkter. Lange pæle må løftes i 3 eller 4 punkter. Ved brug af en eller to "hammeler" kan man med to wirer løfte pælen i tre eller fire punkter (fig. 54). Under vandret transport må pælene understøttes tilsvarende som under løftning.

Korte pæle transporteres på lastbiler eller blokvogne, medens der til længere pæle kræves specialvogne. Da vejene på en arbejdsplads sjældent er af en sådan beskaffenhed, at rystelser kan undgås, foretrækker man som regel sportransport. Der benyttes da tipvognsstel med påmonteret drejeskive, således at vridninger i kurver undgås (fig. 53). Hvor pælen skal understøttes i mere end to punkter, anbringes bjælker - svarende til "hammelerne" - ovenpå drejeskiverne.

233-3 Rammemateriel.

233-30 Generelt. Et rammeudstyr består i første række af et ramslag, hvis faldenergi overføres til pælen. Desuden af en rambuk, der bærer ramslaget samt eventuelt støtter og styrer pælen under ramningen. Herudover anvendes under visse forhold forskelligt hjælpeudstyr. Endeligt må det nævnes, at in situ pæle ofte kræver materiel, der er specielt udformet for de forskellige pæletyper.

233-31 Hamre. Faldhamre består af en svær stålklovs, der kan variere i vægt fra 50 kg op til flere tons. Den løftes af et spil, der er anbragt på rambukken. Når hammeren har nået den ønskede højde, frigøres koblingen på spillet, således at hammeren falder. Under faldet er den styret af en føring - en såkaldt mægler - der er anbragt på rambukken (fig. 58). Slaghastigheden kan være 10-20 slag pr. minut. Faldhamre anvendes fortrinsvis til ramning af ikke for store pæle i mindre antal - især såfremt tidsfaktoren ikke spiller en afgørende rolle.

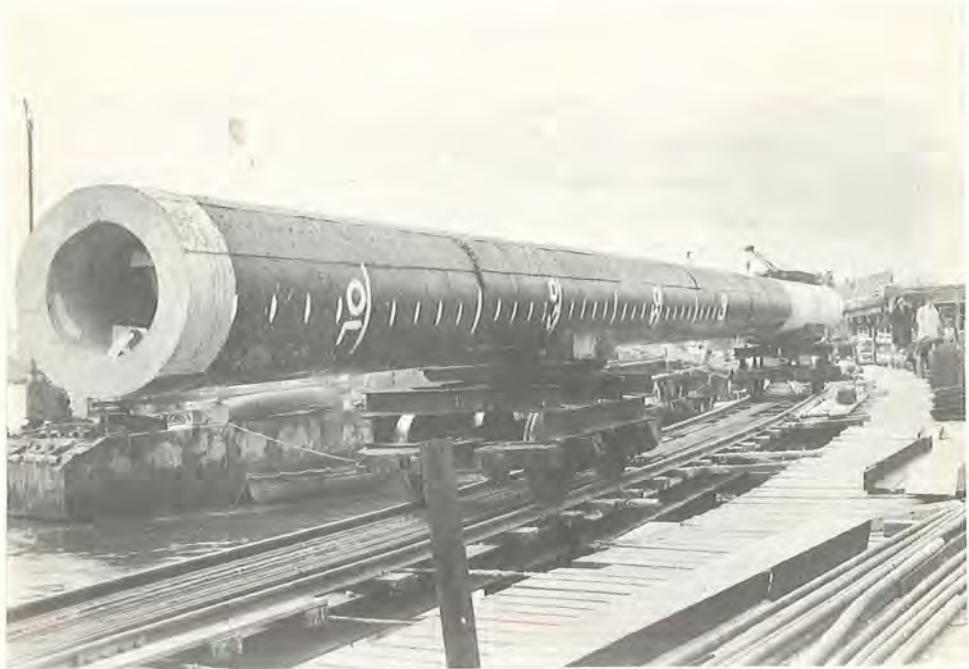


Fig. 53 Transport af jernbetonpæl på spor (57)



Fig. 54 Ophejsning af pæl (45)

Enkeltvirkende hamre, drevet af damp eller trykluft, består af en hul, cylindrisk blok med indvendigt stempel. Stempelstangen er ført ud gennem begge cylinderender. Den nederste ende af stangen støtter på pælen, medens den øverste ende er hul og tjener som tilledningsrør for damp eller trykluft (fig. 55). Under ramningen er stemplet således faststående, medens cylinderen virker som ramslag. Ventilsystemet betjenes manuelt ved træk i en eller to liner. Maximumfaldhøjden - ca. 1.25 m - er lidt mindre end cylinderhøjden, men iøvrigt kan faldhøjden reguleres ved den manuelle betjening. Enkeltvirkende hamre, der fremstilles i størrelser op til 20 t, kan slå 30-50 slag i minuttet. Enkeltvirkende hamre anvendes især til ramning af lange, svære betonpæle og stålpæle.

Hammeren er i lighed med den almindelige faldhammer styret af en mægler på rambukken.

Dobbeltvirkende hamre har en forholdsvis spinkel cylinder stående fast på pælen og et svært stempel, der løftes op og trykkes ned ved hjælp af damp eller trykluft (fig. 56). Ventilstyringen er mekanisk, og slagastigheden kan derved bringes op på 100-300 slag pr. minut. Faldhøjden er til gengæld lille, 20-60 cm. Dobbeltvirkende hamre behøver ikke styring under ramningen, men kan af en kran anbringes på den plantede pæl. De kan desuden benyttes til ramning under vand samt - når de vendes om - som pæleoptrækkere. Anvendelsesområdet er primært ramning og trækning af spunsjern samt ramning af lettere stålpæle.

Dieselhamre er - for de mest anvendte typers vedkommende - konstrueret med en faststående cylinder og med et svært, bevægeligt stempel. Bunden af cylinderen er udformet som et rammehoved med en skål, hvori der sprøjtes dieselolie, som bringes til eksplosion ved stemplets fald (fig. 57). Dieselhamre fremstilles med en totalvægt op til ca. 4 t, med en faldhøjde op til 2.5 m og med en slagastighed på 40-60 slag pr. minut. Dieselhamre er økonomiske, idet de dels selv indeholder kraftkilden og dels er lette at transportere og installere. Derimod er det vanskeligt at regulere slagkraften, og for at starte hammeren må stemplet løftes, således at der ved det efterfølgende fald kan skabes den nødvendige kompression. Dieselhammeren anvendes i stigende grad til de fleste kategorier af ramning, dog ikke til ramning af meget svære pæle.

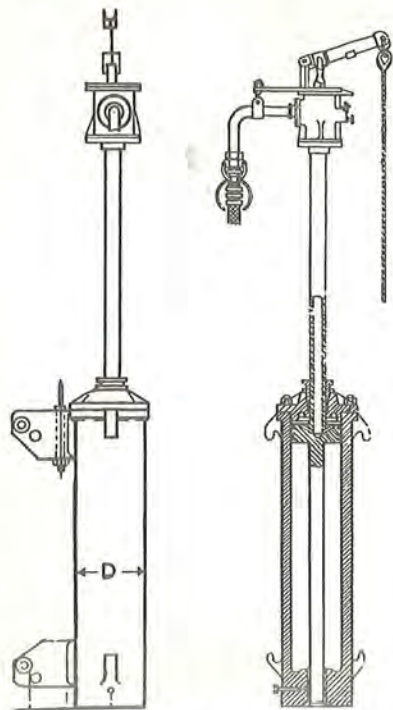


Fig. 55
Enkeltvirkende hammer (35)

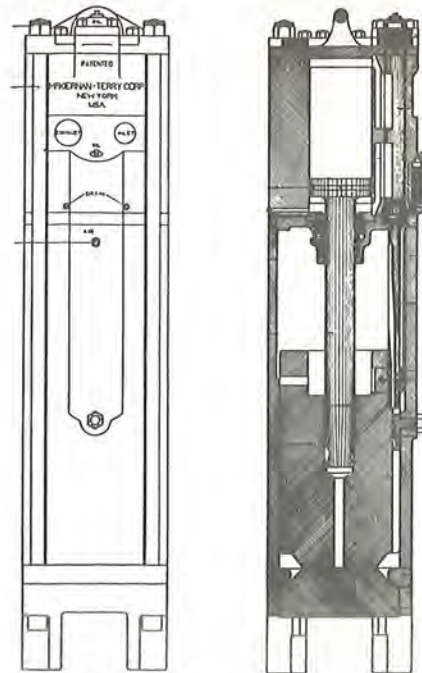


Fig. 56
Dobbeltvirkende hammer (25)

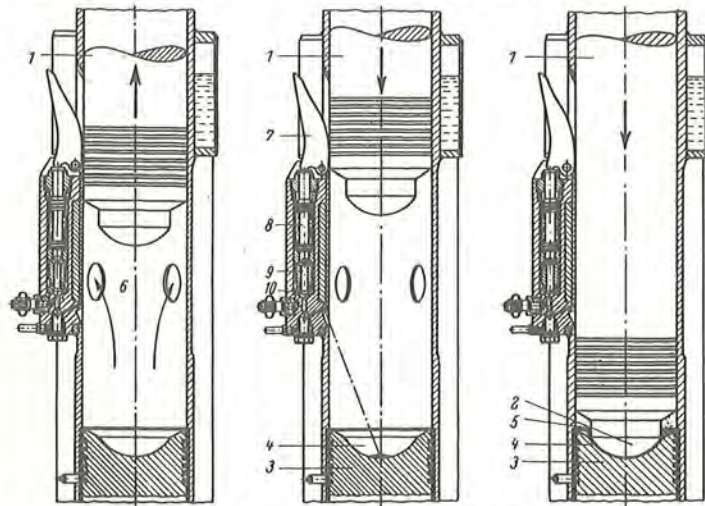


Fig. 57 Dieselhammer (26)

- | | |
|--------------------------------|-----------------------|
| 1. Stempel | 4. Skål i ramnehoved |
| 2. Stemplets kugleformede bund | 5. Forbrændingskammer |
| 3. Ramnehoved | 6. Udstødningshuller |

Vibrationshamre er den nyeste type ramslag. En kraftig vibrator med op- og nedgående bevægelse spændes på pælen. Ved vibrationerne reduceres friktionen mellem pæl og jord, hvorved pælen bringes til at synke under den kombinerede vægt af pæl og hammer.

Vibratorhamre benyttes normalt kun til ramning af spunsjern og lette stål-pæle i fugtig sandet jord. De har den store fordel, at ramningen hverken forårsager støj eller rystelser.

233-32 Rambukke. Mindre rambukke består af en platform på hjul. På platformen er monteret dels et to-tromlet spil, der drives af en el- eller dieselmotor, dels et rambukstativ, der i træ kan udføres med indtil ca. 10 m højde og i stål indtil 15-20 m. Ved hjælp af spindler i stativets støtteben kan rambukken blive i stand til foruden lodpæle også at ramme skråpæle med en hældning af ca. 1:10 fremover og 1:3 bagud. På forsiden af rambukken er anbragt en mægler bestående af et eller to profiljern til styring af faldhammeren (fig. 58).

Universalrambukke har platformen anbragt på en drejeskive monteret på en undervogn med hjul. På platformen er anbragt et tre-tromlet spil samt - hvis spil og hammer drives med damp - en dampkedel. Mægleren er anbragt således, at den kan sænkes, såfremt ramningen skal fortsætte under platformens niveau. Den er endvidere ophængt således, at den foroven kan forskydes lidt i alle retninger og fornedden kan tilpasses nøjagtigt til pælens stilling.

Ved hjælp af spindler er rambukken i stand til at ramme skråpæle med maximal hældning 1:4 forover og 1:2½ bagover. Alle bevægelser kan udføres mekanisk. Rambukken er i almindelighed også udstyret med nødvendigt materiel til nedskyling af pæle. Universalrambukke udføres med en fri højde under ramslaget på indtil ca. 30 m og beregnet for en totalvægt af pæl og ramslag på indtil ca. 25 t (fig. 59).

Cantileverrambukke er beregnet til ramning i en vis afstand foran understøtningspunktet. Til ramning af lette stilladser kan en cantileverrambuk bestå af et kørestillads, på hvis forende der er monteret 2 eller 3 rambukmæglere - en for hver pælerække. Ofte benyttes kun eet ramslag, der da flyttes fra mægler til mægler.

Til sværere rammearbejde benyttes rambukke med undervogn og drejeskive som ved en universalrambuk, men hvor der på drejeskiven er anbragt

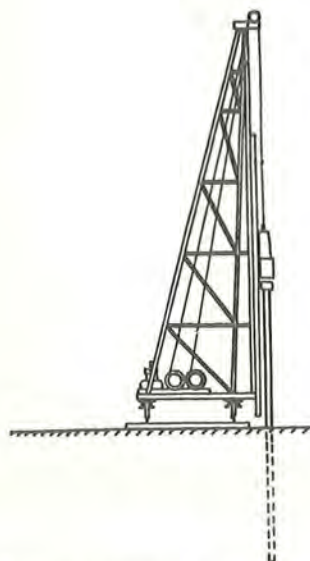


Fig. 58 Mindre rambuk (30)

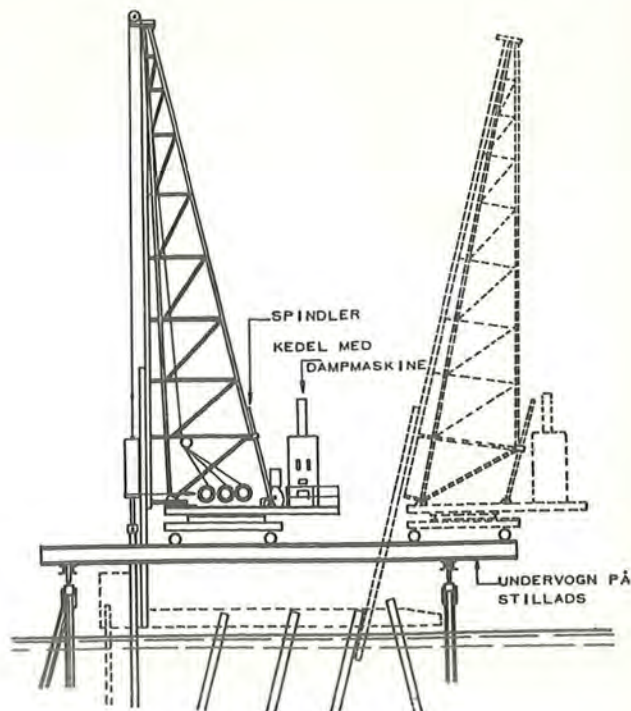
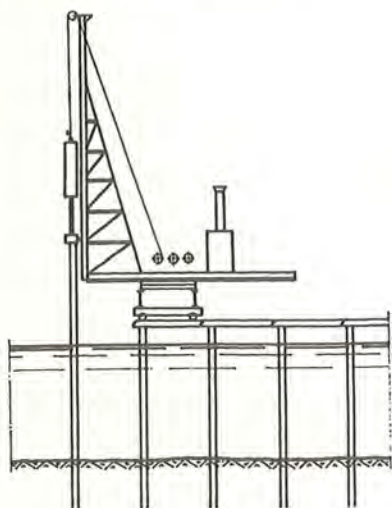
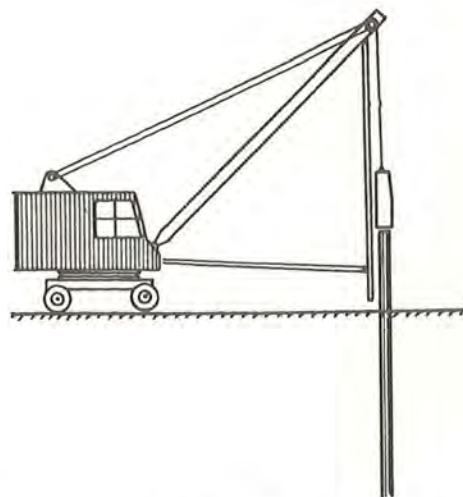


Fig. 59 Universalrambuk (30)

Fig. 60
Cantileverrambuk (30)Fig. 61
Kran med ophængt mægler (30)

svære jernbjælker, på hvis ene udragende ende selve rambuk-"stativet" er placeret, medens spil og en eventuel dampkedel står på den modsatte ende og virker som kontravægt. Med en sådan udformning bliver rambukken i stand til - når undervognen står på et stillads opbygget på de allerede rammede pæle - at ramme nye pæle i en vis afstand (op til 5-6 m) foran undervognen.

Cantileverrambukken kan således med fordel benyttes til ramning af stilladser, adgangsbroer o.lign., hvor ramningen påbegyndes på så lavt vand, at flydende materiel ikke kan anvendes. Metoden egner sig dog kun til ramning af træ- og stål-pæle, idet disses top - i modsætning til betonpælens - ret let kan tildannes, således at stilladsetømmer kan monteres på pælene (fig. 60 og 62).

Kran med mægler. "Grund"-maskinen til gravemaskiner er i mange tilfælde indrettet således, at en mægler kan fastgøres til toppen af udliggeren og forinden fastholdes til maskinen ved hjælp af en afstivning (fig. 61). Undertiden støtter mægleren på jorden. Derved forøges løfteevnen betydeligt. Alle hammertyper kan anvendes. Ved brug af damp eller trykluft må der sørges for de nødvendige installationer. Disse kan eventuelt monteres som kontravægt på gravemaskinen.

Kran med ophængt mægler bruges især, hvor der i farbart terræn skal rammes spredtstående mindre grupper af lettere pæle f.eks. til fundamenter for master, tanke o.s.v.

Kran med ophængt hammer. Ramning af spunsjern ved hjælp af dobbeltvirkende hammer eller dieselhammer kan udføres uden anvendelse af mægler. Man kan her med fordel anvende en kran til plantning af spunsjernene og anbringelse af hammeren. Denne må være forsynet med passende styring, således at den kan sættes fast på spunsjernene.

233-33 Hjælpeudstyr.

Rammehatte benyttes til beskyttelse af pæletoppen. Dog kan træpæle rammes uden rammehat (i stedet benyttes en rammering). Rammehaten er en stålkonstruktion, der er nøjagtigt tilpasset pælehovedet.

For stål-pæles og spunsjerns vedkommende leveres rammehaten i reglen af pæleleverandøren. Hatten har foroven en skålformet fordybning, der fyldes med en foring af klodser af hårde træsorter.



Fig. 62 Cantileverrambuk (57)

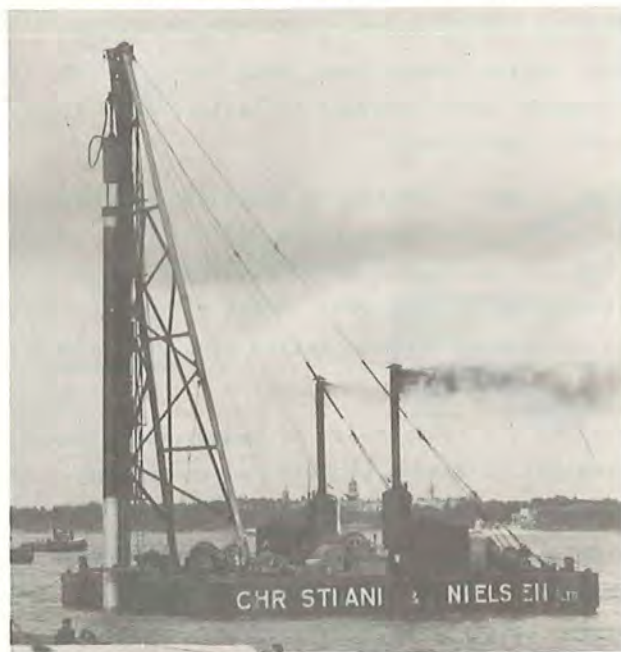


Fig. 63 Flydende rambuk (57)

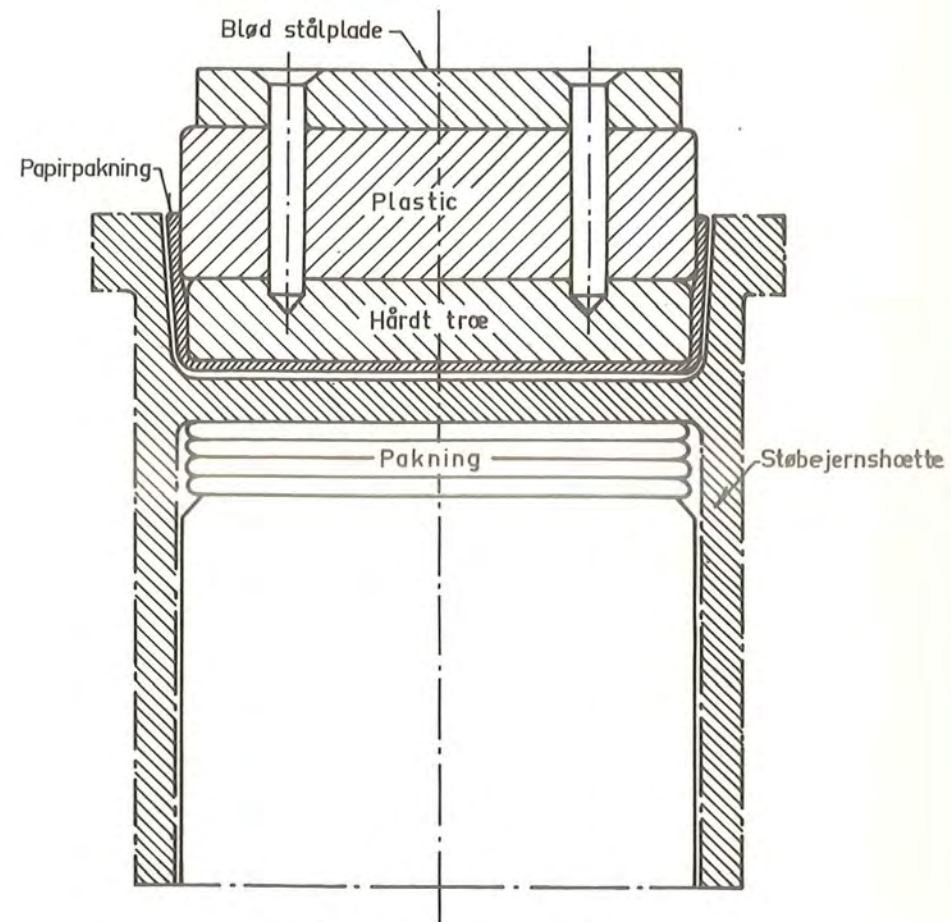


Fig.64. Rammehat

Til svære betonpæle benyttes normalt rammehatte, der forneden har et hulrum foret med blødt træ og foroven et hulrum, der er pakket med et materiale, der kan tilpasse sig slagfladerne. Oven på denne pakning anbringes en slagplade af støbestål (fig. 64). Rammehatten styres som oftest i mæglere.

Til lette betonpæle benyttes ofte rammehatte af simplere udførelse, men efter samme princip som ovenfor anført.

Påsætter anvendes, hvor pæle skal rammes dybere, end ramslaget kan nå. Den består af en pæleforlængelse - i reglen af tilsvarende profil som pælen. Påsætteren er forneden forsynet med et rør, der griber ned over pælen og skaber stabil forbindelse mellem pæl og påsætter.

Undervogne for rambukke har til formål at gøre rambukken mere mobil og derved muliggøre et mere effektivt rammearbejde.

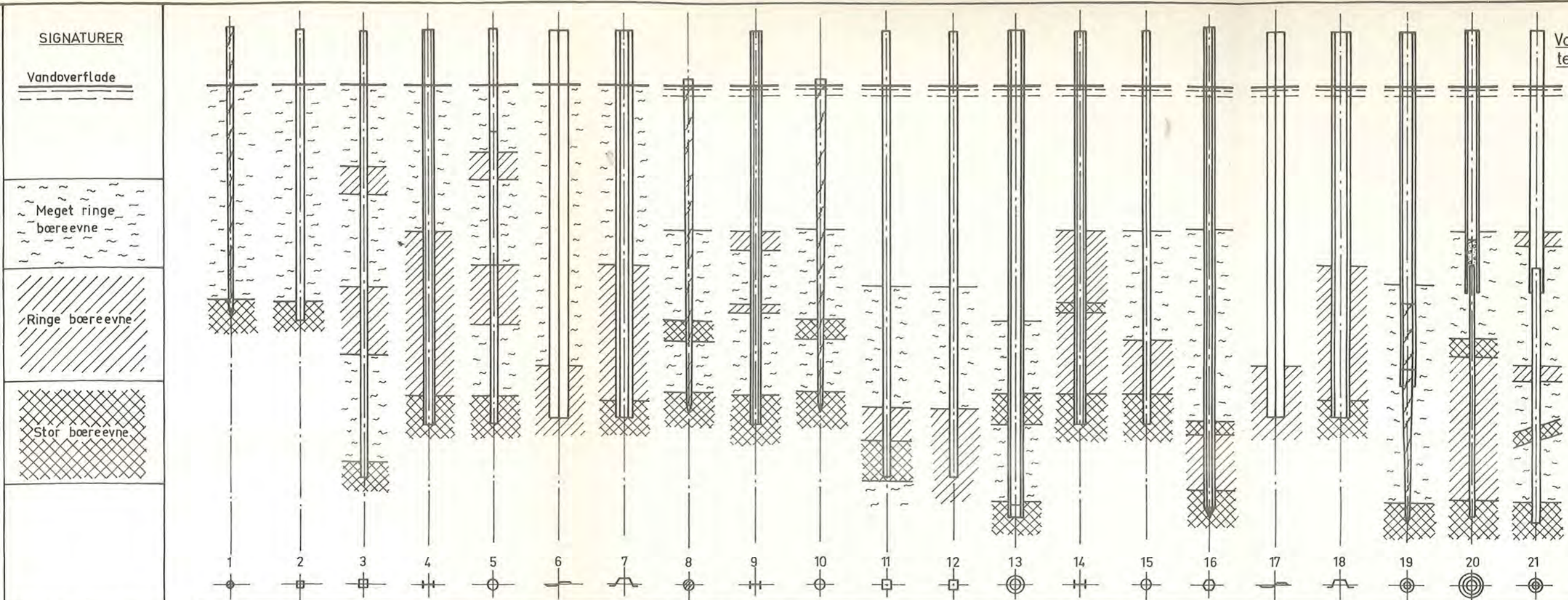
Undervognen er forsynet med hjul til kørsel på skinner, der udlægges på jord eller stillads. Undervognen består iøvrigt af profiljernsdragere, hvorpå er monteret skinner, på hvilke selve rambukken kan køre på tværs af undervognens køreretning.

Pontoner anvendes til ramning på vand, hvor rammestillads ikke er hensigtsmæssigt. Pontonerne skal være meget stabile og udformes derfor normalt næsten kvadratiske. For at kunne ligge fast under ramningen må de forsynes med 6 fortøjninger (2 i længde- og 4 i tværretningen). De betjenes af spil anbragt på prammen (fig. 63).

Skylleudstyr benyttes i forbindelse med ramning i fastlejlrede sandholdige materialer. Det består af et eller to skyllerør ophængt i rambukken samt en pumpe til levering af den nødvendige vandmængde. Skyllerøret nedsænkes langs siden af pælen med spidsen nærved pælespidsen. For at opnå den bedste skyllevirkning er det ofte nødvendigt at bevæge røret lidt op og ned. Som tommelfingerregel kan man regne med, at arealet af skyllerørene skal være af størrelsesordenen $1/16$ af pæletværsnittet, og at der kræves et vandtryk på omkring 7 kg pr. cm^2 med et tillæg på 0.2 kg pr. cm^2 pr. m rammedybde.

Fig.65.

Valg af rammemateriel.



Anvendelsesområde	PERMANENTE PÆLEKONSTRUKTIONER PÅ LAND							MIDLERTIDIGE PÆLEKONSTR.		PERMANENTE PÆLEKONSTRUKTIONER PÅ VAND												
	Træ	Beton	Beton	Stål	Stål	Stål	Stål	Træ	Stål	Træ	Beton	Beton	Beton	Stål	Stål	Stål	Stål	Stål	SAMMENSATTE PÆLE			
		Armeret præfab. Let	Armeret præfab. Tung	Profiljern	Foringsrør udstøbt in situ	Spunsjern Let	Spunsjern Tung	Let	Profiljern	Tung	Armeret præfab.	Armeret præfab. Friktionspæl	Armeret præfab. hul cylinder	Profiljern	Åbent rør	Lukket rør	Spunsjern Let	Spunsjern Tung	Jernbeton + Træ	Jernbeton-rør + Stål	Stålrør + Betonpæl	
Egnet	I	M.K.	M.K.	U.R.	U.R.	M.K.	M.K.	U.R.	F.R.	M.K.	F.R.	M.K.	U.R.	U.R.	M.K.	M.K.	M.K.	M.K.	M.K.	U.R.	F.R.	F.R.
rambuk-udstyr	II	S.R.	U.R.	M.K.	M.K.	U.R.	S.R.	M.K.	M.K.	S.R.	M.K.	S.R.	F.R.	F.R.	F.R.	F.R.	S.R.	S.R.	F.R.	F.R.	M.K.	M.K.
Egnede hammertyper	I	U.R.	S.R.	S.R.	S.R.	S.R.	U.R.	S.R.	S.R.	S.R.	F.R.	M.K.		U.R.	U.R.	U.R.	F.R.	F.R.	M.K.	U.R.	U.R.	
	II	D.H.	D.H.	E.V.	D.V.	E.V.	D.V.	D.H.	F.H.	D.V.	D.H.	E.V.	E.V.	E.V.	E.V.	E.V.	D.V.	D.H.	D.H.	E.V.	F.H.	F.H.
	III	F.H.	F.H.	D.H.	D.H.	D.V.	D.H.	D.V.	D.V.	F.H.	F.H.	D.H.	F.H.		D.H.	D.H.	F.H.	D.H.	E.V.		E.V.	E.V.
		D.V.	E.V.	F.H.	F.H.	V.H.	F.H.	F.H.	D.H.	D.H.	E.V.	F.H.		D.V.	D.V.	D.H.	V.H.	D.V.				

Rambukke: S.R. [♂] Simpel rambuk
 U.R. Universal rambuk
 F.R. Flydende rambuk
 M.K. Møgler ophængt i en kran

Hamre: S.R. [♂] Faldhammer
 U.R. Enkeltvirkende damphammer
 F.R. Dobbeltvirkende damphammer
 M.K. [♂] Dieselhammer
 Vibrationshammer

F.H. F.H.
 E.V. E.V.
 D.V. D.V.
 D.H. D.H.
 V.H. V.H.

[♂]Ved vandbygningsarbejder arbejdes fra stillads

233-4 Udførelse af pæleramning.

233-41 Valg af rammemateriel. Der er i afsnit 233-3 givet nogle almindelige oplysninger om de forskellige rammematerieltypers anvendelsesområder. Det endelige valg af materiel til en konkret opgave må foretages under hensyntagen til sådanne faktorer som pæleantal, tidsfrist, bundforhold og ikke mindst, hvilket materiel der i praksis kan fremskaffes.

Som almindelig regel gælder, at rammemateriel hellere må være overend underdimensioneret.

Som støtte for valg af rammemateriel er der i fig. 65 vist en del forskellige pæletyper samt de ramslag og rambukke, der i første, anden og tredje række må anses for egnede.

Ved valg og sammensætning af rammemateriel skal man tilstræbe, at ramslaget afgiver den størst mulige energi til pælen, uden at denne eller materialet tager skade. Teoretisk kan man anvende enten en tung hammer og lille faldhøjde eller en lille hammer og stor faldhøjde. Sidstnævnte hammer er naturligvis den billigste, men til gengæld er påvirkningen på pælen mere voldsom. Erfaringsmæssigt opnås den mest effektive ramning med tung hammer og lille faldhøjde.

Der kan ikke gives eksakte regler for, hvilket vægtforhold mellem hammer og pæl - ej heller hvilken faldhøjde - der giver den optimale ramning. De følgende oplysninger må derfor kun betragtes som rent orienterende.

Træpæle er de mindst ømfindtlige pæle, og til dem bruges i almindelighed ramslag, der vejer det dobbelte af pælen. Når pælen er anbragt og står tilstrækkelig fast, kan der benyttes en faldhøjde på indtil 3 m.

Betonpæle må behandles med større varsomhed. Vægten af enkeltvirkende hamre bør for spinkle pæle være nogenlunde lig med pælevægten, medens den for svære pæle kan gå ned til mellem halvdelen og en trediedel af pælens vægt. Maximumfaldhøjden ligger som regel fra 0.75-1.25 m.

Stålpæle er normalt robuste, og de rammes ved hjælp af hamre med en vægt indtil det dobbelte af pælens vægt. Faldhøjden er nogenlunde som for betonpæle.

Spunsjern skal rammes med forsigtighed. Hvor faldhammer benyttes, bør vægten være den samme som spunsjernets vægt. Ved brug af dobbeltvirkende hammer, hvor slagkraften ikke udelukkende afhænger af vægten, bør man rådføre sig med fabrikanterne om, hvilken størrelse man bør anvende i det konkrete tilfælde.

Ved valg af rambuk må der bl.a. tages hensyn til, hvilken type af ramslag, der skal anvendes, samt pæleantal, idet transport og montering at en stor universalrambuk kan være kostbar. Desuden må man tage pælens indbyrdes placering i betragtning. Til ramning på land af pæle med stor indbyrdes afstand vil man måske foretrække en kran, der let kan bevæge sig over terrænet, selv om en rambuk af en anden type var fordelagtigere af andre årsager. I alle tilfælde gælder, at rambukken skal have rigelig højde og kraft, således at man uden besvær kan manøvrere med de største pæle, der kræves.

233-42 Ramning fra stillads contra "flydende" ramning. Ved vandbygningsarbejde står man ikke sjældent over for spørgsmålet om, hvorvidt der skal rammes fra stillads eller anvendes flydende rambuk. Til ramning af massive jernbetonpæle bør man så vidt muligt vælge rammestillads, da en flydende rambuk ligger så uroligt på vandet, at man kan risikere, at pælene knækker under ramningen. Hule betonpæle, stålpæle og træpæle kan derimod rammes med flydende rambuk. Også for disse vil man dog, hvor det er muligt, foretrække ramning fra stillads, idet denne metode som regel giver færre spild dage, kortere effektiv rammetid samt nøjagtigere ramning.

233-43 Ophejsning og plantning af pæle. Træpæle er så robuste, at ophejsning og plantning af dem ikke giver anledning til problemer. Stålpæle og betonpæle må derimod behandles med stor forsigtighed og løftes på den i projektet foreskrevne måde for at undgå, at pælene får for store spændinger eller udsættes for stød - det sidste gælder især for betonpæle.

Ophejsning og plantning af pælene forårsager de største påvirkninger, som en rambuk normalt bliver udsat for. Ved svære pæle anvendes derfor undertiden en kraftig kran til at løfte og placere pælene. Derved kan man nøjes med en væsentlig lettere rambuk til selve ramningen.

233-44 Rammearbejdet. Når pælen er rejst og fastholdt til mægleren i rigtig stilling, anbringes rammehatten, og ramslaget sænkes. Der ved trykkes pælen et større eller mindre stykke ned. Efter nogle få lette slag går man gradvis over til den egentlige ramning.

Ved ramning - specielt af betonpæle - må det påses, at pæl og mægler hele tiden flugter. Da pælen ikke kan tvinges, må mæglerens stilling ændres efter pælens bevægelser, såfremt det bliver nødvendigt.

Ramningen fortsættes, indtil pælen opfylder de foreskrevne krav.

Hvis ramningen bliver unormal hård, kan dette være tegn på, at pælen har ramt en forhindring. Fortsætter man ramningen, kan man derved beskadige både pæl og rammegrej. Man risikerer at slå træpæles spidser i stykker, betonpæle kan revne eller knække, og spunsjern blive bøjet eller krølle sammen.

Da jorden omkring pælen i almindelighed bliver komprimeret, bør man ved ramning af tætstående pæle, f.eks. under et tankfundament, begynde med de inderste pæle og efterhånden arbejde sig udefter. Ved udførelse af kajmure med spunsvæg bør spunsvæggen ikke rammes, før de bagved stående pæle er rammet; ellers kan ramningen af disse bewirke, at spunsvæggen presses ud af flugt, og at låsene eventuelt sprænges.

Ved ramning af spunsvægge vil man normalt begynde med at plante et passende antal spunsjern 1-2 m ned i jorden, forinden den egentlige ramning påbegyndes. På denne måde er det lettere dels at holde flugten og dels at undgå, at spunsjernene "kryber" d.v.s., at deres nederste ende arbejder sig lidt sideværts bort fra det forrige jern. Ved en sådan krybning kommer jernene efterhånden til at stå mere og mere skråt, således at det på et vist tidspunkt kan blive nødvendigt at ramme et specielt kileformet passtykke for at få de efterfølgende jern i lod.

Både for kajmure og byggegruber er det vigtigt, at de foreskrevne flugter overholdes. Forinden plantningen af spunsjernene påbegyndes, anbringes derfor i flugten to ledere, hvorimellem spunsjernene plantes. Lederne kan være anbragt på jorden, på rammestilladset, på allerede rammede spunsjern eller på pæle, der i forvejen er rammet til dette specielle formål, og som derfor må fjernes igen.

233-45 Rammenejagtighed. Specielt ved ramning af lange pæle må der regnes med en vis usikkerhed i pælehovedets placering. Denne usikkerhed varierer med bundforholdene, pæletypen og rammemetoden. Usikkerheden er mindst ved betonpæle, der med universalrambuk rammes i blød bund fra stillads. Der kan her regnes med en usikkerhed på ca. 5-10 cm. For pæle, der rammes i stenet jord, kan der - selvom der udvises omhu - blive tale om betydelige afvigelser. Ramning med flydende rambuk er væsentlig vanskeligere end ramning fra stillads, og for lange betonpæle kan det undertiden være svært selv under gunstige forhold at opnå større nøjagtighed end 15-20 cm.

Medens rammenejagtigheden i reglen er af mindre betydning, hvor overbygningen er af in situ beton, kan den være meget afgørende, hvor det er præfabrikerede elementer, der skal anbringes på pælene. Ved udformningen af elementerne må der derfor tages hensyn til eventuelle unøjagtigheder i pælernes placering.

233-46 Ydelser. Det er meget svært at fastsætte, hvor mange pæle en rambuk kan ramme pr. dag, idet en lang række faktorer spiller ind: bundforhold, pælelængde, rammedybde, pælemateriale, afstand mellem pælene o.s.v. Ved flydende ramning kommer hertil vind- og strømforhold.

Som orientering vedrørende rammehastigheden kan nævnes følgende værdier fra tyske kilder for ramning med damphammer på land under gunstige forhold og uden forsinkelser:

Jordklasse:	Let 1-2	Middel 3-4	Svær 5-6
Jernspunsvæg	4-7 m ² /h	3-4 m ² /h	1.5-3 m ² /h
Pæle	5-8 m/h	3-5 m/h	1.5-3 m/h

233-5 Optrækning, afskæring.

233-51 Optrækning. Stilladspæle og spuns pæle, der ikke indgår i den færdige konstruktion, skal normalt fjernes efter brugen.

Ved store arbejder - og specielt altid, hvor det drejer sig om jernspunsvæg - benyttes en pæleoptrækker, d.v.s. en dobbeltvirkende damphammer, der vendes og "rammer opad". Hammeren ophænges i en rambuk

eller kran, og samtidig med at optrækkeren "rammer", udøves der et svagt træk i pælen ved hjælp af en wire, der fra kran eller rambuk er fastgjort til pælen. Når pælen er kommet løs, standses hammeren, og pælen trækkes op.

Ved mindre arbejder, f.eks. optrækning af træspunsvægge eller enkelte træpæle, anvendes løftestang eller donkraft til løsning af pælen, som derefter kan trækkes op med f.eks. en talje anbragt i et treben.

Ved optrækning på vand benyttes en flydekran eller rambuk med pæleoptrækker på tilsvarende måde som på land. Hvor det drejer sig om enkelte pæle, kan man ofte med fordel benytte en pram, i hvis forende der er anbragt en kraftig buk forsynet med talje og trækkæde, og i hvis agterende findes et spil. Såfremt pælen sidder meget fast, kan der eventuelt anvendes skylning under optrækningen.

233-52 Afskæring af pæle. Jernbetonpæle skal så godt som altid kappes, således at man fjerner betonen til en vis dybde, medens længdearmeringen bibeholdes for at skaffe forbindelse mellem pælen og den beton, der skal støbes ovenpå. Kapningen foretages i almindelighed med trykluftmejsler. Ved svære pæle kan det undertiden være fordelagtigt først at benytte dynamit til at ryste betonen i stykker og derved løsne den fra jernene, forinden den egentlige kapning udføres med trykluft.

Medens det er ret sjældent at skulle kappe jernbetonpæle under vand, er dette meget almindeligt for træ- eller stål-pæle. Arbejdet foretages ved hjælp af dykker, der til træpæle anvender en trykluftsav og til stål-pæle og spunsjern en speciel undervandsskæreblander. Hvor forholdene ikke er for vanskelige, og vanddybden ikke over 15-20 m, kan en dykker afskære ca. 4 lb.m. svær spunsvæg pr. dag, heri medregnet den tid, der benyttes til optagningen.

234 CAISSONFUNDERING

234-0 Generelt.

Caissoner kan benyttes til fundering under sådanne forhold, at en åben byggegrube ikke kan etableres.

Der skelnes mellem to typer af caissoner:

Sænkekasser der er forsynet med bund, således at de kan flyde under transporten til anbringelsesstedet, hvor de sænkes ned på den i forvejen afrettede bund.

Sænkebrønde der fremstilles uden bund og loft. De anbringes på det eksisterende terræn eller på den eksisterende hav- eller flodbund. Ved den efterfølgende udgravning inde i kassen, bringes denne til at synke enten ved sin egen vægt alene eller ved at belaste kassen. Hvor det ved placering af sænkekasser kræves, at bunden tørlægges, og dette ikke kan ske ved pumpning, benyttes trykluftfundering.

Caissoner funderes normalt på fast bund, men specielt ved fundering af bro piller anvendes ikke sjældent caissoner anbragt på pæle.

234-1 Sænkekasser.

Sænkekasser udføres af træ, stål eller beton.

Tømmerkister med stenfyld har lige fra oldtiden været benyttet som sænkekasser ved udførelse af havnemoler, brofundamenter og lignende.

I dag anvendes de væsentligst til midlertidige konstruktioner, ikke mindst som led i fangedæmninger. Til permanente konstruktioner er de stort set blevet fortrængt af betonsænkekasser - dog bruges de endnu enkelte steder bl.a., hvor vandet er for kolat for pæleorm.

Tømmerkisternes åbne konstruktion gør, at de er lette at manøvrere selv i kraftig strøm. Fig. 66 viser anbringelse af tømmerkister ved Owen Falls i Uganda.

Stålsænkekasser har tidligere været en del benyttet ved udførelse af fyrtårne på åbent vand. I de senere år er de blevet brugt til fundering på stor dybde i forbindelse med bygning af nogle store amerikanske hængebrotårne. Kasserne anvendtes her som sænkebrønde med såvel åbne som lukkede celler. De lukkede celler virkede som pontoner, der holdt kassen flydende under udflydningen. På anbringelsesstedet blev de fyldt med vand; derved sank kasserne ned gennem de bløde lag, som derefter blev bortgravet gennem de åbne celler.

Jernbetonsænkekasser anvendes i dag i stort omfang til moler, kajindfatninger, bro piller o.s.v. ikke mindst på udsatte steder, hvor

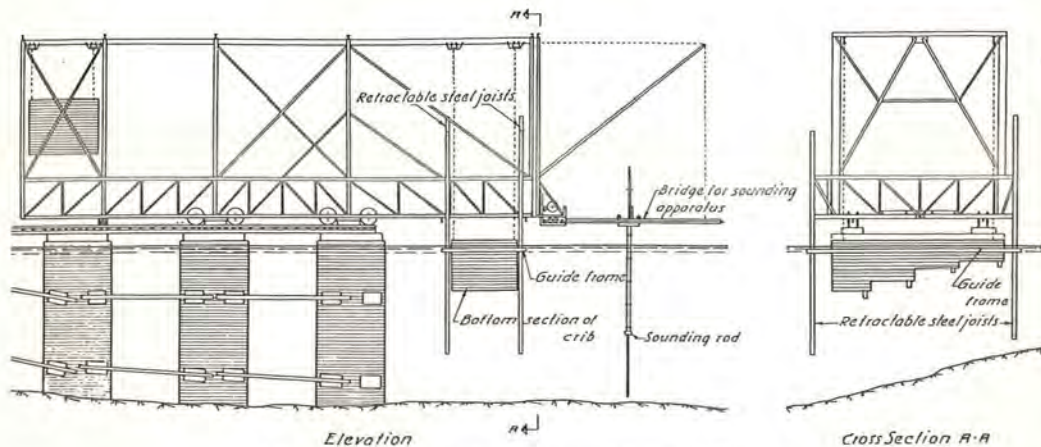
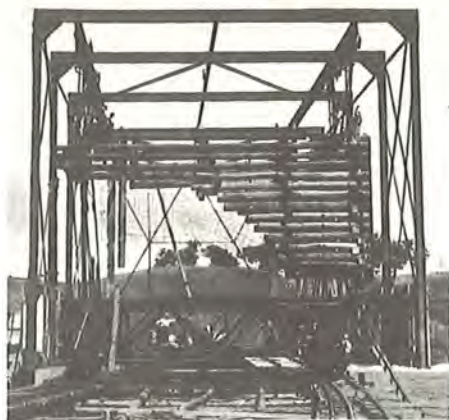


Fig. 66 Sænkning af tømmerkister (18)

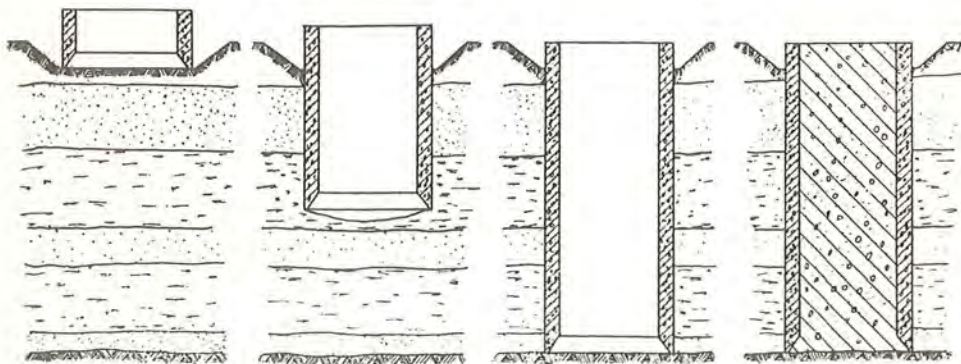


Fig. 67 Sænkning af sænkebrønd (11)

det på grund af vejr- og bølgeforhold er vanskeligt at udføre mindre massive konstruktioner. De har den fordel, at de kan bygges på et beskyttet sted, således at gunstige vejrforhold kun er påkrævet, medens kasserne anbringes på den i forvejen afrettede bund. Da kasserne ofte har store dimensioner (ved Kitimat i Canada f.eks. 75 m længde, 14 m bredde og 18 m højde og med en vægt på ca. 4400 t) er det dog altid forbundet med visse problemer at fremstille og søsætte dem.

Mindre kasser vil normalt blive bygget på bedding og søsat på beddingsvogn eller ved stabelafløbning. For ikke at få beddingen unødigt lang, bygges kassen i de fleste tilfælde kun op til en sådan højde, at den er i stand til at flyde med passende fribord. Efter søsætningen støbes den færdig enten svømmende eller anbragt på en banket. Fig. 68 viser en støbeplads for sænkekasser i Aarhus havn.

Store kasser kræver så store beddingsanlæg, at det ofte vil være mere fordelagtigt at bygge dem i tørdok eller tørlagt byggegrube omgivet af en fangedæmning. Også her gælder det, at man i reglen ønsker, at kasserne har lille dybgående. De støbes derfor kun delvis op i byggegruben, bugseres ud og færdiggøres på et sted med tilstrækkelig vanddybde. Undertiden støbes kasserne liggende og forsynes med nødvendige skot. Derefter bugseres de i vandret stilling til anbringelsesstedet, hvor de tipes 90°.

Som et eksempel på anvendelse af meget store kasser til fundering af bropiller skal nævnes udførelsen af underbygningen til den første Lillebæltsbro. Dette arbejde er indgående behandlet i speciallitteraturen.

Som et eksempel på anvendelse af sænkekasser til molebygning skal nævnes Højgård & Schultz metode fra Gdynia. Kasserne blev her støbt liggende på en sandstrand. En sandsuger fjernede herefter sandet, hvorved kasserne efterhånden gled ud i vandet. Det udgravede sand anvendtes til fyld i og bag kasserne (fig. 69).

Dersom sænkekasserne ikke skal anbringes på i forvejen rammede pæle, udgraves bunden i reglen ca. 0.5 m dybere end det niveau, hvorpå kassen skal stå. Herefter fyldes op med ral, der afrettes omhyggeligt. Dette gøres normalt ved at man - inden rallen udlægges - anbringer skinner på begge sider af fundamentet og nivellerer disse ind



Fig. 68 Støbning af sænkekasser på bedding (57)

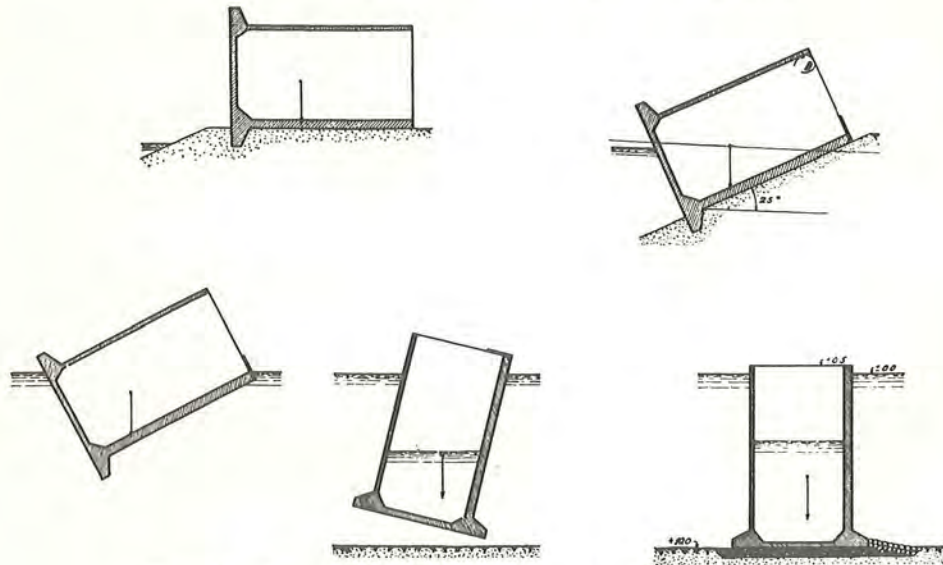


Fig. 69 Søsætning af sænkekasser i Gdynia (30)

i rigtig højde. Rallen tilføres gennem et rør, der dirigeres af en dykker og afrettes ved hjælp af en skinne, der anbringes på tværs af de førnævnte skinner og manøvreres ovenfra.

Når sænkekassen er bugseret til anbringelsesstedet, fastgøres den i 6 forløjninger, hvorved beliggenheden kan finjusteres. Ventilene åbnes, hvorved kassen efterhånden fyldes med vand. Det skal herunder nøje kontrolleres, at kassens bund er vandret under sænkningen. I modsat fald vil den ramme bunden med en kant og derved måske komme til at stå skævt.

234-2 Sænkebrønde.

Sænkebrønde benyttes i dag i mindre udstrækning end tidligere. Dette skyldes især den stærke udvikling af andre funderingsmetoder: anvendelse af in situ pæle med diametre op imod 2 m, grundvandssænkning, uddybning til betydeligt større dybder end før o.s.v.

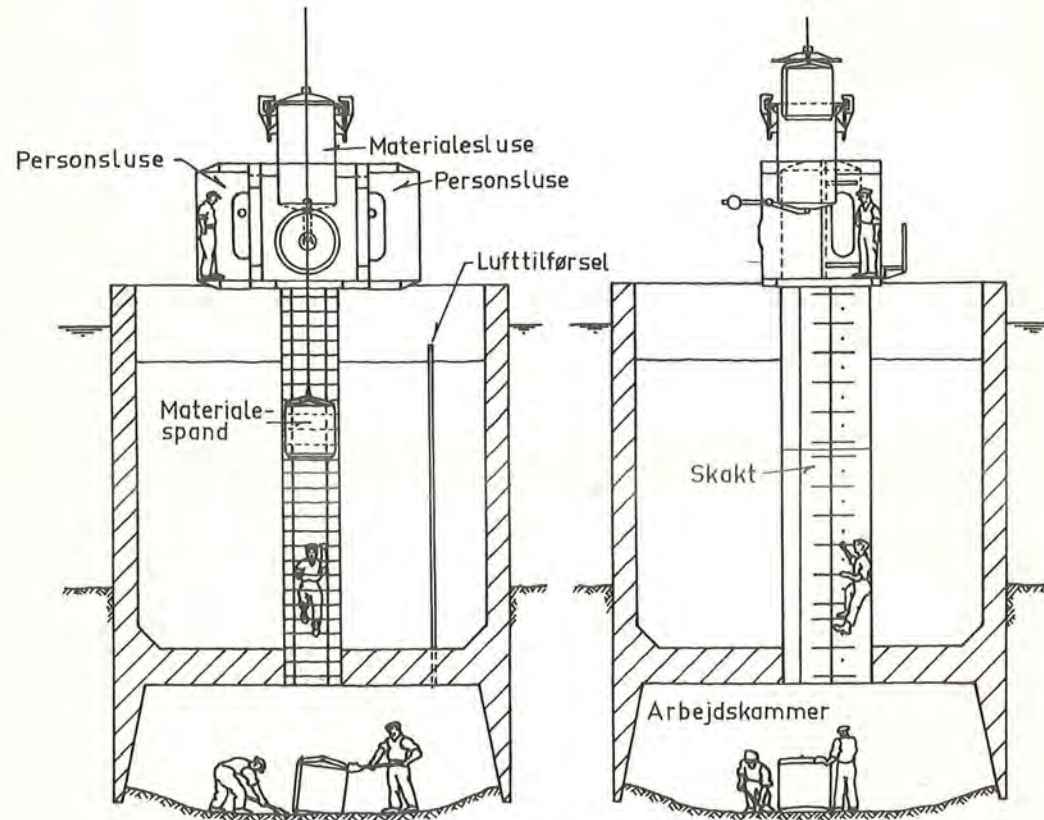
Dog bruges sænkebrønde stadig til udførelse af bropiller o. lign., som skal funderes på fast bund med overliggende bløde lag. Sænkebrønde kan fremstilles af træ eller stål, men beton er det mest benyttede materiale. Betonbrøndene forsynes i reglen med stålskær langs hele den nederste omkreds.

Skal en brønd sænkes på land, fremstilles den normalt på det sted, hvor den skal sænkes, hvorved vandret transport undgås. Udgravningen inde i brønden foretages med grab eller - hvor jorden består af sand eller dynd - ved hjælp af en mammutpumpe. Dersom sænkebrønden ikke i første omgang har kunnet fremstilles i fuld højde, udføres forhøjelsen samtidig med sænkningen (fig. 67).

Større brønde er som regel ved tværvægge delt i celler, hvori der graves skiftevis. Ved at forcere udgravningen i enkelte celler har man et middel til at foretage en opretning af brønden, hvis den - hvad der ofte er tilfældet - går skævt ned. Midlet må dog benyttes med varsomhed, da brønden ellers under opretningen kan få slagside den modsatte vej.

Når brønden er bragt ned til endelig dybde, skal den eventuelt tørlægges. I så tilfælde udstøbes en prop af undervandsbeton i en sådan tykkelse, at brønden ikke løftes af vandtrykket, når den løsnes.

Fig. 70.

Trykluffundering - Sænkning af caisson.

Såfremt brønden skal sænkes på vand, kan den bygges enten på et stillads over anbringelsesstedet eller på en kaj eller bro ved land, hvorfra den transporteres til anbringelsesstedet ved hjælp af en flydekran. Større brønde udføres normalt på samme måde som sænkekasser, idet brøndene forsynes med midlertidig bund af tømmer. De kan derefter bugseres på plads og sænkes. Bunden fjernes, og udgravningen påbegyndes.

Da udgravningen af sænkebrønde er vanskelig og kostbar, vil man - hvad enten de skal sænkes på land eller i vand - søge at reducere udgravningsarbejdet mest muligt. Dette kan på land gøres ved at grave jorden bort til grundvandslinien, forinden brønden støbes, og på vand ved at uddybe mest muligt inden anbringelsen.

234-3 Trykluffundering.

Når man ønsker et funderingsarbejde tørt, og det på grund af vanddybde, bundforhold eller vandtilstrømning er umuligt at fremstille en åben byggegrube, anvendes sænkekasser, hvis bund langs omkredsen er forsynet med et 2.5-3 m højt skær. Skæret danner væggene i et arbejdskammer, medens kassens plane bund udgør loftet i kammeret. Når sænkekassen er anbragt på den eksisterende bund, presses vandet ud af arbejdskammeret ved hjælp af trykluft, hvorefter udgravning og betonarbejde kan udføres tørt.

Fig. 70 viser skematisk, hvorledes arbejdet udføres. På toppen af arbejdskammeret er anbragt en skakt, der fører op til mandskabs- og materialesluserne foroven. Sluserne er forsynet med svære jærndøre, der åbnes indad. Når arbejderne skal ned i arbejdskammeret, går de ind i slusen, medens døren til skakten er lukket. Yærdøren lukkes, og lufttrykket forøges gradvis. Når der er samme tryk i sluse og skakt, kan adgangsdøren til skakten åbnes.

Fremstilling og anbringelse af caissoner foregår på samme måde, som allerede omtalt i afsnit 234-0. Når caissonen er bragt på plads, installeres skakt, sluser o.s.v., og der anbringes eventuelt nødvendig ballast til modvirkning af opdrift. Derefter sættes trykluft på, indtil vandet er presset ud af arbejdskammeret.

Medens jorden tidligere blev udgravet med håndkraft og hejset op i spande, er man i de senere år - hvor bundforholdene tillader det -

gået over til at spule jorden løs og derefter pumpe den bort - som regel med mammutpumpe.

Når caissonen er sænket til den ønskede dybde, udstøbes arbejdskammeret med beton. Normalt bringes betonen til arbejdskammeret ved hjælp af spande. Selve udstøbningen påbegyndes langs skæret. I de senere år foretages transport og udstøbning af betonen undertiden ved hjælp af en betonpumpe, hvorved mandtimeforbruget i arbejdskammeret nedsættes betydeligt.

Arbejde i arbejdskammer har den fordel, at man hele tiden har føling med, hvad der foregår og derfor let kan gribe ind, såfremt der viser sig vanskeligheder f.eks. store sten under skæret. Til gengæld er det kostbart, tidskrævende og ubehageligt.

Så længe overtrykket er mindre end 1.5 ato, er tryklufatarbejde forholdsvis let, men ved større overtryk vokser vanskelighederne hurtigt dels som følge af den tid, der medgår til ind- og udslusning, dels fordi såvel den tilladelige arbejdstid som arbejdsvevnen er stærkt reduceret.

Efter tyske regulativer gælder følgende bestemmelser for tryklufatarbejde.

Overtryk ato	Indslusning min	Udslusning min	Tilladelig arbejdstid incl. slusning h
0.5	5	5	8
1.0	10	10	8
1.5	15	25	8
2.0	20	35	6
2.5	25	50	4.8
3.0	30	70	4

Almindeligt dykkerarbejde må medregnes til tryklufatarbejde, idet dykkerhjelmen kan betragtes som en art kombination af arbejdskammer og sluse.

Intil 12 m dybde kræves ingen særlige forholdsregler vedrørende arbejds- og opstigningstid. Ved større dybder bør dykningen foretages i overensstemmelse med de af den engelske professor J.S. Haldane udarbejdede dekompressionstabeller, der f.eks. findes i Søværnets lærebog i dykning.

Dykkerarbejde er kostbart, da dykkeren til assistance skal have 2-3 mand til betjening af pumper og kommunikationsmiddel. Det gælder derfor om at gøre dykkerens arbejdsindsats så effektiv som mulig. Dette kan primært gøres ved at udstyre ham med hensigtsmæssigt værktøj: pneumatisk drevne save, skrueøgler o.lign. samt specielle undervands-skæreapparater.

Til dykning på mindre vanddybder - indtil ca. 10 m - anvender man i dag i udstrakt grad fremandsudstyr. Lettere dykkerarbejde kan på denne måde udføres betydeligt mere økonomisk end ved anvendelse af traditionelt dykkerudstyr.

235 GRUNDVANDSSÆNKNING

235-0 Generelt.

Hvis et bygværk skal funderes under grundvandsspejlet i sand- eller siltlag, og vandtilstrømningen er så stærk, at byggegruben ikke kan tørlægges ved direkte pumpning, kan opgaven ofte med fordel løses ved grundvandssenkning.

Denne senkning udføres ved at omgive byggegruben med en ring af brønde, hvorfra der pumpes med en sådan kraft, at vandspejlet sænkes under den kote, bygværket skal funderes på. Herved opnås, at bygværket kan funderes tørt uden fare for, at bunden beskadiges af opstigende vandstrømme.

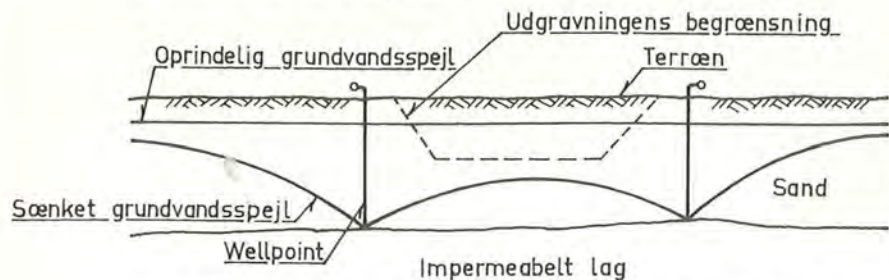
I praksis udføres brøndene efter to forskellige systemer, enten som borede filterbrønde med forholdsvis stor diameter anbragt med forholdsvis store mellemrum eller de såkaldte "wellpoints" d.v.s. tynde sugerør, der skylles ned og anbringes væsentlig tættere end filterbrøndene. Fig. 71 viser skematisk flere anvendelsesmuligheder.

235-1 Filterbrønde

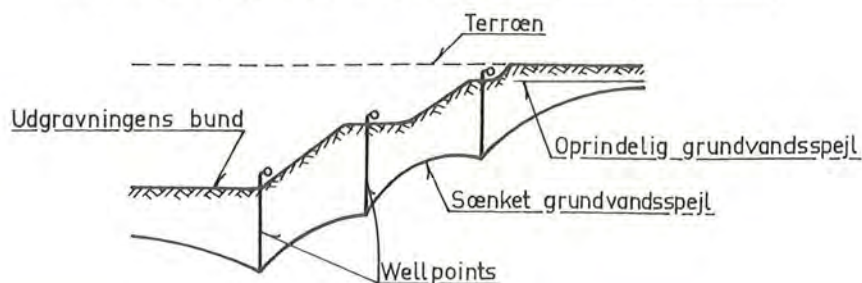
Brøndene udføres ved at nedsænke et foringsrør med en diameter på 30-60 cm. I foringsrøret anbringes et 15-30 cm filterrør, hvis vægge

Fig.71. Udførelse af grundvandssænkning.

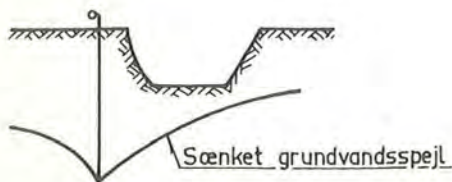
a. Anvendelse af wellpoints omkring en udgravning.



b. Etapevis opbygning af wellpoint-anlæg for dyb udgravning.



c. Grøftegravning



d. Dræning af vandførende lag

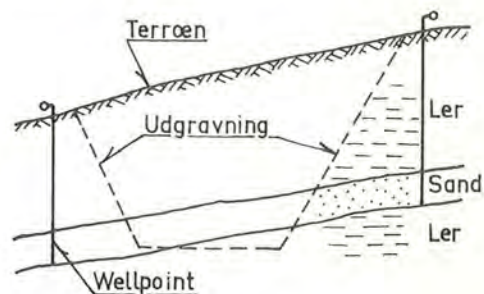


Fig.72. Wellpoint (sugespids).

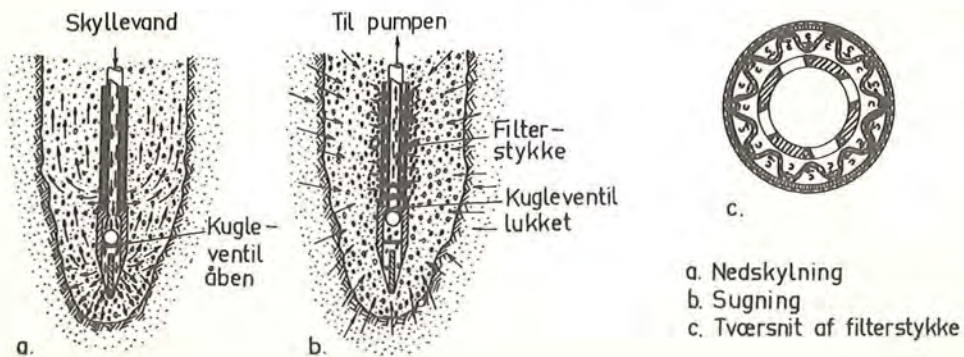
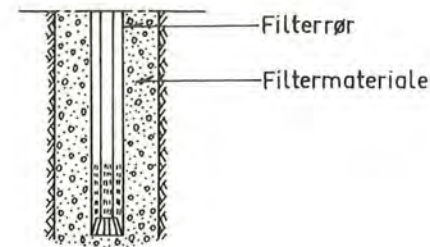
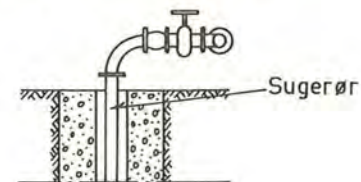
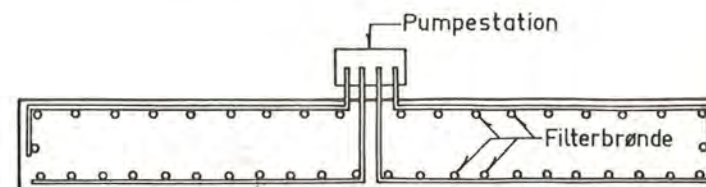


Fig.73. Filterbrønde.

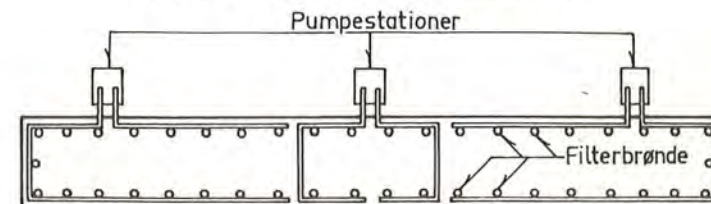
Snit gennem filterbrønd



Plan af anlæg med 1 pumpestation



Plan af anlæg med 3 pumpestationer



er perforeret og eventuelt omgivet af et trådnæt. Mellem foringsrør og filterrør anbringes filtergrus, hvorefter foringsrøret trækkes op. Et pumperør anbringes i filterrøret og forbindes med en pumpe, der er fælles for et større antal brønde. Fig. 73 viser et snit gennem en filterbrønd og en skematisk plan af arrangementet for en større byggegrube.

Man kan regne med, at sugepumpen kan sænke vandspejlet maksimalt 3,5-4 m. Såfremt man ønsker en større sænkning, må man - som vist på fig. 71b - foretage denne i flere trin. Først sænkes vandspejlet ved hjælp af den øverste række af brønde. Når der derefter er udgravet mest muligt, installeres næste række brønde o.s.v.

For at undgå denne trinvis sænkning anvendes undertiden dybe filterbrønde med et pumperør, der er så stort, at det muliggør nedsænkning af en højtrykspumpe, der kan arbejde under vand f.eks. en dykpumpe. Herved opnås, at sænkningen kan ske i eet trin, og at installationerne bliver simplere, men til gengæld skal der anbringes en kostbar pumpe i hver brønd. Med denne metode er der foretaget sænkninger på 30-35 m i eet trin.

235-2 Wellpoints.

Wellpoints består af et rør med en diameter på 5-6 cm, udstyret med et ca. 1 m langt filter forneden og afsluttet med en kugleventil. Røret skylles ned. Under skylningen suges det fineste materiale bort, således at røret bliver omgivet af filtermaterialer. Fig. 72 giver et billede dels af virkningen af et "griffin" wellpoint og dels af, hvordan filterstykket kan være konstrueret.

Wellpoint systemet er bedst egnet til mindre vandmængder og ensartede bundforhold, hvor der ikke kan anvendes skylleboring. Det bruges fortrinsvis i materiale, som ikke er altfor fint. I modsat fald kan der være risiko for at pumpe for meget af det fine materiale op, idet der ikke her er de samme muligheder for at opbygge et ydre filter som ved filterbrønde.

Wellpoints er lette at installere og fjerne, men de må anbringes i kun 1-2 m indbyrdes afstand - altså væsentlig tættere end filterbrønde. De kan suge fra maksimalt ca. 4,5 m dybde, hvilket er noget mere end ved filterbrønde. Der kan dog ikke benyttes trykpumpe, og for større vandspejlsænkninger må den trinvis metode benyttes.

Wellpoints er på grund af deres flytbarhed særlig velegnet til grundvandssænkning for rendegravning (fig. 130, afsnit 301).

Ved installation af et wellpoint system er den vandrette sugeledning (normalt 15 cm i diameter) forsynet med de nødvendige stutse til forbindelse med wellpoint-røret. Forbindelsen er udstyret med stopventil, således at ethvert stigrør kan installeres eller fjernes uden at afbryde hele pumpearbejdet.

235-3 Vacuum.

I meget fintkornet materiale kan vandets strømningshastighed være så ringe, at en grundvandssænkning vanskeligt kan gennemføres indenfor en rimelig tid, men dog være så stor, at almindelig pumpning ikke er tilstrækkelig til tørholdelse af byggegruben. Under sådanne forhold kan man med fordel benytte vacuummetoden. Den går ud på at skabe et vacuum i jordens porer omkring filtret. Herved lettes vandets bevægelse mod brønden. Ved vacuummetoden benyttes normalt wellpoints (og kun i enkelte tilfælde filterbrønde). Omkring de øverste ca. 50 cm af stigrøret må der anbringes en lerpakning, der forhindrer luften i at trænge ned, idet det naturligvis er nødvendigt at skabe fuldstændig lufttæthed i hele pumpe-systemet og omkring pumperørene.

En meget vigtig egenskab ved vacuummetoden er, at atmosfærens tryk på skråningerne er større end poretrykket i grunden, hvilket bevirker en væsentlig stabilisering af skråningernes overflade.

For alt arbejde med grundvandssænkning gælder, at pumpe-systemets driftsikkerhed er af afgørende betydning. Der må altid være disponible reservepumper. Rørledninger og forbindelser må dimensioneres og anbringes således, at risikoen for beskadigelser er minimal, og der må være let adgang til at sætte de enkelte brønde ud af funktion.

Når det yderligere tages i betragtning, at et nøje kendskab til de tektoniske og hydrologiske forhold er nødvendigt for at kunne fastlægge brøndenes placering, filtrenes opbygning, pumpe-systemets funktion o.s.v., vil det forstås, at der kræves en meget omhyggelig planlægning, forinden en grundvandssænkning kan etableres. Til gengæld kan en grundvandssænkning ofte muliggøre en elegant og samtidig økonomisk løsning af meget vanskelige funderingsproblemer.

	Side
24 <u>BETONARBEJDE</u>	
240 GENERELT	148
241 FORMARBEJDE	149
241-0 Generelt	149
241-1 Træforme udført in situ	150
241-2 Formflager	150
241-3 Trækassetter	153
241-4 Stålfarme	154
241-5 Kørefarme	154
241-6 Glideforme	157
241-7 Stilladser	159
242 ARMERINGSARBEJDE	159
242-0 Generelt	159
242-1 Oplagring	161
242-2 Tildannelse	161
242-3 Transport	162
242-4 Anbringelse	162
242-5 Arbejdsydelser	163
243 STØBEARBEJDE	164
243-0 Generelt	164
243-1 Fremstilling	164
243-11 Afmåling	164
243-12 Blanding	167
243-2 Transport	170
243-20 Generelt	170
243-21 Vandret transport	173
243-22 Lodret transport	175
243-23 Kombineret vandret og lodret transport	175

	Side
243-3 Anbringelse	182
243-30 Generelt	182
243-31 Udlægning	182
243-32 Komprimering	182
243-33 Overfladebehandling	185
243-34 Afdækning	185
243-35 Støbeskel	186
243-4 Støbning under ekstreme temperatur- forhold	187
243-41 Støbning i frostvejr	187
243-42 Støbning i tropeklime	188
243-5 Arbejdsydelser ved støbning	188
244 BETONELEMENTER	190
244-0 Generelt	190
244-1 Elementfremstilling	190
244-2 Elementtransport	191
244-3 Elementmontage	193
244-31 Anbringelse	193
244-32 Samling	197
245 SPÆNDBETON	197
245-0 Generelt	197
245-1 Anvendelse af spændbeton	199
245-11 For-opspændt beton	199
245-12 Efterspændt beton	201
245-2 Udførelse af opspænding	203
245-20 Generelt	203
245-21 For-opspænding (strengbeton).	203
245-22 Efterspænding	205
245-3 Økonomi	210
245-4 Arbejdsydelser ved opspænding	210
246 UNDERVANDSBETON	211
246-0 Generelt	211
246-1 Støbning med klappkasse	212
246-2 Støbning gennem rør (Contractor- metoden)	212
246-3 Støbning ved injektion	214
246-4 Arbejdsydelser ved undervandsstøbning	215

24 BETONARBEJDE

240 GENERELT

Beton udføres dels som grovbeton f.eks. i fundamenter, støttemure og dæmninger og dels som armeret beton f.eks. i søjler, bjælker og plader.

Betonen kan enten udstøbes på stedet (in situ) eller præfabrikeres som elementer, der efter hældning anbringes i bygværket og normalt faststøbes eller sammenspændes for at opnå en monolitisk karakter af bygværket.

Armeret beton kan udføres som almindelig jernbeton eller som spændbeton, hvor armeringen består enten af tråde af specialstål, der spændes, forinden betonstøbningen finder sted, eller af kabler eller stænger, der anbringes på en sådan måde, at de kan spændes efter, at betonen er støbt.

Ved næsten alt betonarbejde er det nødvendigt at udføre en tæt form, i hvilken betonen udstøbes, og formarbejdet vil derfor normalt udgøre en væsentlig del af det samlede arbejde.

En orientering om, hvorledes de direkte udgifter ved et almindeligt in situ betonarbejde (bygninger, kajmure, broer o.s.v.) fordeler sig over formarbejde, armeringsarbejde og støbearbejde, er givet i nedenstående skema. Det skal bemærkes, at fordelingen ved det enkelte arbejde naturligvis kan variere stærkt fra nedenstående alt efter arbejdets art, størrelse, mekaniseringsgrad og de lokale forhold.

Udgiftsfordeling for fremstilling af jernbeton
i % af totale direkte udgifter

	Arbejds løn	Materialer	Materiel	Ialt
Forme	15%	10%	2%	27%
Armering	5%	20%	1%	26%
Støbning	10%	25%	12%	47%
Ialt	30%	55%	15%	100%

En tilsvarende oversigt for spændbeton lader sig endnu ikke opstille, dels er anvendelsesmulighederne meget varierende, og dels er dette område i så stærk udvikling, at det ikke har fundet sin endelige form.

Udgifterne til armering og til støbematerialer ligger nogenlunde fast for et konkret arbejde, hvorimod udgifterne til formarbejde og udførelse af støbearbejde kan variere betydeligt efter udførelsesmåden. Det er således her, man i første række må sætte ind ved planlægningen.

241 FORMARBEJDE

241-0 Generelt.

Som det fremgår af oversigten i afsnit 240, udgør de direkte udgifter til formarbejdet ca. 1/3 af totaludgifterne for et jernbetonarbejde. Hertil kommer, at den tid, der medgår til formarbejdet, praktisk talt altid er væsentlig længere end den, der kræves til armering og støbning tilsammen. Formarbejdet har således den største indflydelse på den samlede udførelsestid og bør derfor være godt forberedt.

Ved arbejder af blot nogenlunde størrelse bør formarbejdet planlægges i god tid, inden arbejdets påbegyndelse, således at formsystemet afstemmes efter tidsplanen og det materiel, der er til rådighed for opstilling og nedtagning. Samtidig bør der inden for arbejdspladsens rammer tilstræbes den størst mulige genanvendelse af materialer og det mindst mulige arbejdskraftforbrug ved opstilling og nedtagning.

At planlægge et formarbejde kan ofte være et meget tidskrævende puslespil. Det bør derfor normalt ikke overlades til arbejdspladsen. Det er naturligvis nødvendigt, at den der skal projektere formen, har et godt kendskab både til formarbejde i almindelighed og til de problemer, den foreliggende opgave frembyder.

Foruden de traditionelle forme, der fremstilles af træ på stedet, findes i dag en række andre formsystemer. I reglen vil disse være dyrere i anskaffelse, men de kan til gengæld tåle et betydeligt større antal genanvendelser og kræver væsentlig mindre tidsforbrug til opstilling og nedtagning end de traditionelle forme, i særdeleshed når formsystemet anvendes i forbindelse med kraner, der tillader arbejde med store enheder.

241-1 Træforme udført in situ.

Herved forstås formarbejde udført af brædder, der for vandrette fladers vedkommende normalt understøttes af strøer og rideplanker, der atter bæres af stolper, som afstives i fornødent omfang. Ved vægforme afstives brædderne med ledere sammenholdt med bindinger, bolte eller rundjern med formclamps (fig. 74). Bolte og rundjern fjernes kort efter støbningen eller bortmejsles eventuelt et passende stykke under overfladen.

Traditionelt formarbejde benyttes i dag fortrinsvis under forhold, der kun giver ringe mulighed for genanvendelser f.eks. ved mindre bygværker og ved specielle konstruktioner i større bygværker.

Angående detaljer ved udførelsen af traditionelt formarbejde henvises til speciallitteraturen f.eks. Axel Efsen: "Elementær jernbeton".

Den tid, der kræves til formens fremstilling, opstilling, nedtagning og rensning, afhænger naturligvis i høj grad af arbejdets art og kan variere fra ca. 0,75 mh/m² (mandtimeforbrug pr. m²) for meget enkle forme f.eks. pæle til ca. 4 mh/m² for mere komplicerede forme til trapper, buede konstruktioner m.v.

For almindeligt bygningsarbejde kan der (alt inklusive) medgå 2,5 mh/m², når arbejdet udføres i timeløn. (Ved akkordarbejde reduceres tidsforbruget i reglen nogenlunde svarende til den stigende timefortjeneste).

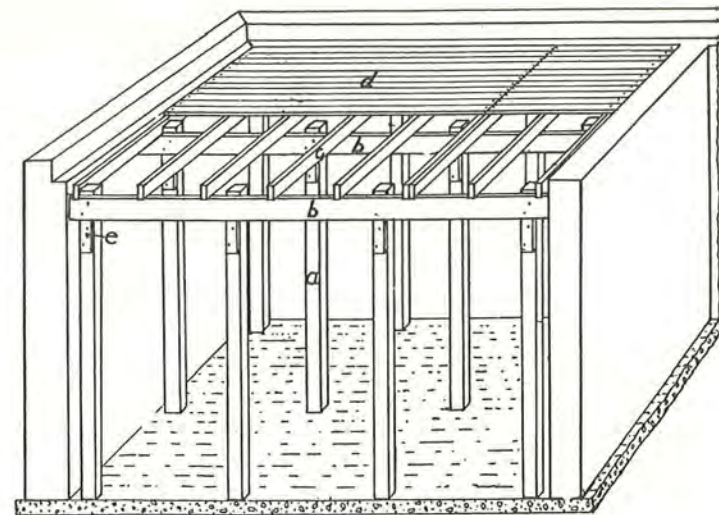
Materialeforbruget varierer mellem 1,5 cbf/m² for enkle forme til ca. 2,5 cbf/m² for komplicerede. Gennemsnitlig kan man regne med at genanvende materialet 3-4 gange for enkle forme og ca. 2-2,5 gange for komplicerede. Udgiften til søm, bolte, underlagsplader o.s.v. vil være ca. 10-15% af udgiften til træ.

Ved formarbejder af nogenlunde stort omfang betaler det sig at benytte mekaniske hjælpemidler, dels håndværktøj (rundsav og fræsere), dels værkstedsmaskiner (rund- og båndsave, tykkelseshøvle eller fræsere til fremstilling af fjer og not).

241-2 Formflager.

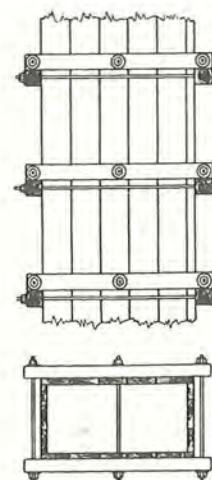
Fremstilling af de flager, hvorimod betonen støbes, udgør en væsentlig del af formarbejdet, og man er derfor i de senere år begyndt at benytte

Fig. 74 Traditionelt formarbejde

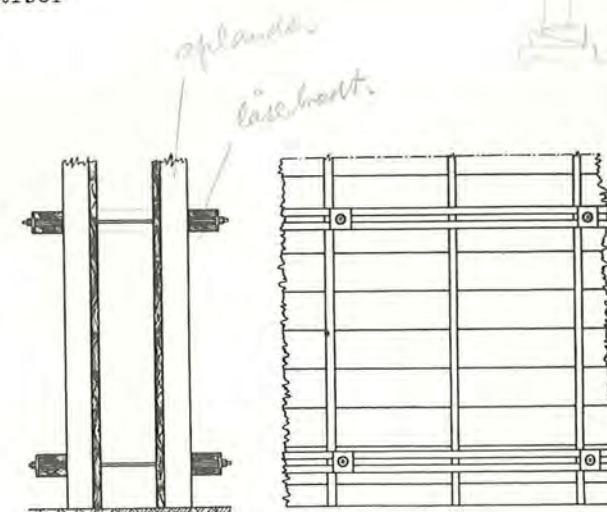


a) Form til etageadskillelse (16)

- | | |
|----------------|----------------|
| a. Stolper | d. Formbrædder |
| b. Rideplanker | e. Klamper |
| c. Strøer | |



b) Søjleform (13)



c) Vægform (13)

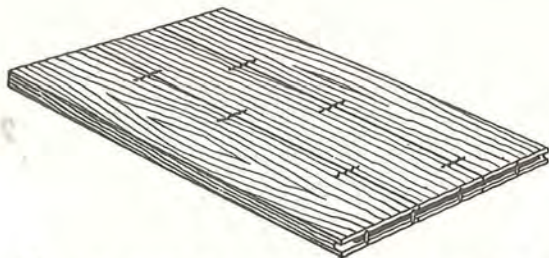


Fig. 75 Formflage sammenholdt med ståltråd (13)

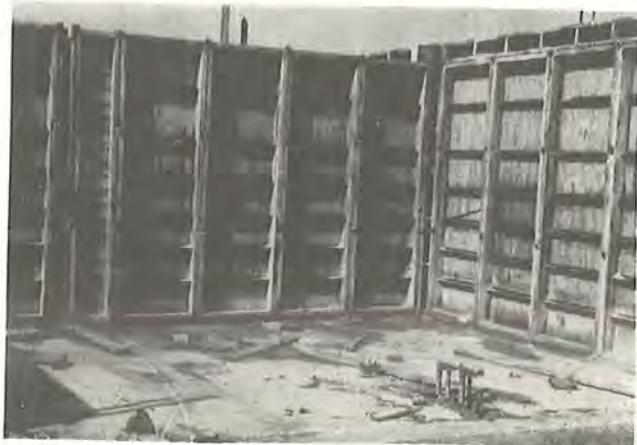


Fig. 76 Forme opbygget af trækassetter (22)

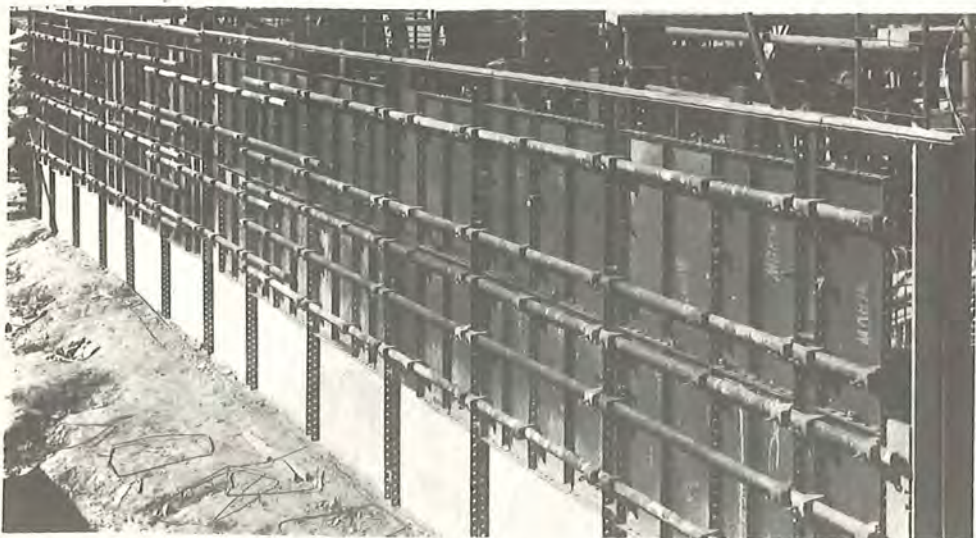


Fig. 77 Stålform anvendt som vægform (62)

præfabrikerede flager (fig. 75). Disse udføres af brædder, der kan være sammenlåset på forskellig måde, af fiberplader af forskellig art eller af krydsfiner. Sådanne flager er hurtigere at arbejde med end almindelige brædder. Såfremt flagerne er udført med hård, glat overflade, er det ofte unødvendigt at efterbehandle betonoverfladerne.

Formflager er væsentlig dyrere i anskaffelse end brædder. Selvom de til gengæld kan anvendes mange flere gange - med omhu ca. 10 gange - vil den samlede materialepris alligevel normalt vise sig at være højere end for traditionelle forme. Merudgiften modsvares imidlertid af en - ofte større - besparelse i arbejdstid og med de stærkt stigende arbejds lønninger vil dette forhold komme til at betyde mere og mere. Stort set kan der i dag regnes med, at forarbejdet med formflager koster det samme som traditionelt forarbejde.

241-3 Trækassetter.

Ved store arbejder, hvor der er mulighed for at genanvende formene mange gange, benyttes ofte kassetter til opbygning af formene (fig. 76).

Kassetterne udføres af formflager - i reglen fremstillet af svar vandfast krydsfiner - der sammenbygges med afstivningen. Denne kan være af træ eller stål. Kassetterne kan enten fabrikeres i standardstørrelse (f.eks. 1 m^2) og udstyres således, at de kan sammenkobles til enheder i en størrelse svarende til løftegrejernes kapacitet, eller de kan - som det jævnligt er tilfældet med vægforme - udføres etage høje og med en bredde, der svarer til modulet i bygværket.

Kassetterne er kostbare at fremstille, da dimensionerne nøje skal overholdes, og da de skal forstærkes på alle udsatte steder. De kan til gengæld benyttes et stort antal gange. Anskaffelsesprisen ligger i dag her i landet på 75-100 kr pr. m^2 afhængigt af, hvor kraftigt de er udført, men med fornøden omhu og passende vedligeholdelse kan de anvendes 20-30 gange.

Til opstilling, nedtagning, rensning o.s.v. kan der medgå (alt inklusive) op til 1.5 mh/m^2 alt efter opgavens art og de mekaniske hjælpemidler, der er til rådighed ved flytning og lignende.

Hvor kassetterne kan udnyttes tilstrækkelig mange gange, vil denne metode blive væsentlig billigere end den traditionelle. Hertil

kommer, at der kan opnås en væsentlig tidsbesparelse for formarbejdet, hvilket yderligere betyder en forbedring af økonomien som helhed.

241-4 Stålforme.

Ved arbejder, hvor der kan påregnes et meget stort antal genanvendelser af formene f.eks. ved fremstilling af rør, pæle, elementer til ensartede bygningskomplekser o.s.v. eller ved meget store anlægsarbejder, f.eks. spærredæmninger, bro- og kajanlæg, anvendes hyppigt stålforme udført af 3-5 mm stålplade afstivet med vinkeljern.

Formene udføres i reglen som kassetter. Ved bygningsarbejder fremstilles kassetterne til vægge ofte i etagehøjde (fig. 77). Ved anlægsarbejder med stor væghøjde benyttes kassetterne som flytteforme ("klatreforme"), idet man har 2-3 sæt formbælter af 1-2 m højde, der efterhånden flyttes op efter.

For at gøre stålforme økonomiske, må de være konstrueret således, at der til deres opstilling og fjernelse medgår minimum af arbejdskraft. Endvidere må de kunne frigøres hurtigt efter støbningen. Derfor benyttes ofte specialcement til betonen samt - på stationære elementfabrikker - damphærdning af det støbte element.

Stålforme vejer normalt fra 60 til 120 kg/m² afhængigt af belastning og konstruktion, og anskaffessummen ligger fra 200 til 400 kr/m². De kræver ikke megen vedligeholdelse, og hvis de anvendes med tilstrækkelig forsigtighed, kan de benyttes mange hundrede gange. Arbejdstiden til opstilling, nedtagning og rensning ligger mellem 0.5 og 1.5 mh/m² efter opgavens art. I disse mandtimeforbrug er inkluderet det traditionelle formarbejde, der kan være påkrævet ved hjørner, ved overgang fra et profil til et andet o.s.v.

241-5 Køreforme.

Ved specielle opgaver som f.eks. udførelse af tunnelforinger, store kloakker, brodæk eller lange haller med stor spændvidde kan det undertiden være fordelagtigt at benytte en form, der monteres på et mobilt stillads. Ved afformningen sænkes eller sammenklappes formen således, at den slipper betonen, hvorefter stilladset inklusive form køres frem til næste anvendelsessted (fig. 78).



Fig. 78 Køreform til tunnelforing (31)

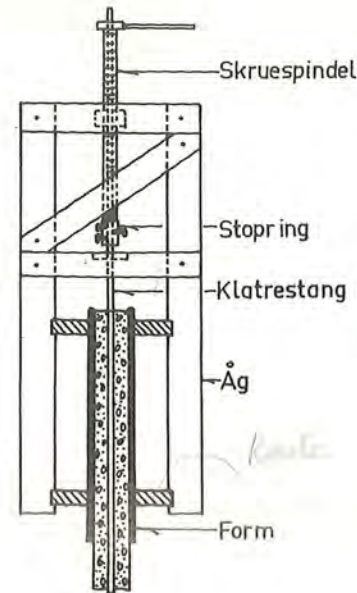
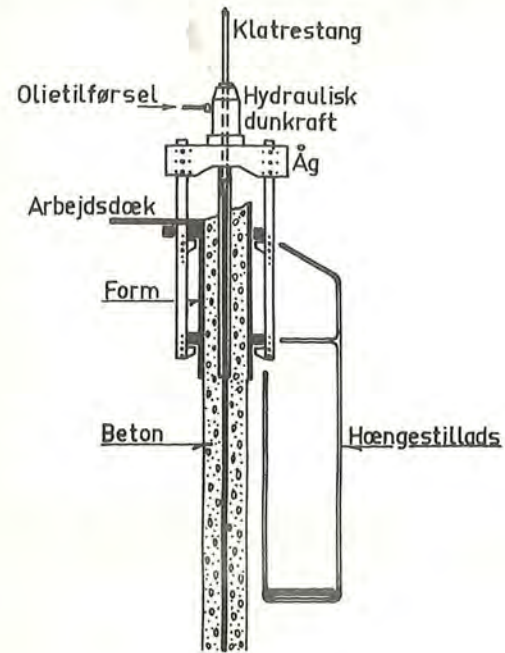


Fig. 79
Formbord til etageadskillelser (52)

Fig. 80. Glideforme

Glideform med hydraulisk løfteanordning.

Glideform med mekanisk løfteanordning.



Anvendelse af glideform til silobyggeri.



Da fremstilling af en køreform er ret kostbar, medens flytteudgiften normalt er relativt lille, er forudsætningen for metodens anvendelse, at der er mulighed for - både konstruktivt og tidsmæssigt - et passende antal genanvendelser. Det vil som regel være en fordel at benytte hurtigt hærdende cement, idet man derved kan reducere tidsintervallet mellem flytningerne væsentligt.

De såkaldte formborde, d.v.s. rumstore elementer (fig. 79), hvor formplader og understøtning er sammenbygget til en stiv enhed, er nær beslægtet med køreformerne. Dog må transporten af formbordene foregå ved hjælp af kran. Når bordet er stillet på plads, kiles det op til rigtig højde. Afformningen sker ved fjernelse af kilerne, hvorved formbordet sænkes så meget, at kranen kan trække det ud. Anvendelse af formborde forudsætter, at facaden kan udføres på et senere tidspunkt.

241-6 Glideforme.

Ved silovægge og lignende konstruktioner af større højde (over 10-15 m) og med tilnærmelsesvis samme vandrette tværsnit i hele højden kan man med fordel anvende glideforme (fig 80).

Princippet i et sådant formarbejde er, at der tildannes og opstilles et 1,0-1,5 m højt bælte af forme til bygværkets vægge. Formsiderne er for hver 1,5-2,5 m forbundet med åg. Hvert åg er fastgjort til en donkraft, der kan klatre op ad et såkaldt "klatrejern" - d.v.s. et ca. 25 mm rundjern af hårdt stål. Umiddelbart efter støbningens start påbegyndes løftning af formen som en helhed. Tidligere benyttedes skruespindler til løftningen, men i dag anvendes normalt donkrafte.

I forbindelse med formen er bygget dels et arbejdsdæk, hvorfra armering, støbning m.v. foretages og dels de fornødne hængestilladser til færdiggørelsesarbejder og eventuelle efterreparationer.

Når støbningen er påbegyndt, skal den fortsætte kontinuerligt til den fulde højde er nået, idet en længere afbrydelse vil medføre, at formen hæfter så fast til betonen, at det vil være meget vanskeligt at få glidningen i gang igen. Løfthastigheden må afpasses således, at betonen er tilstrækkelig afbundet, inden formen har passeret den. Hastigheden vil i reglen ligge på ca. 15-20 cm/h afhængig af cementens kvalitet og temperaturforholdene.

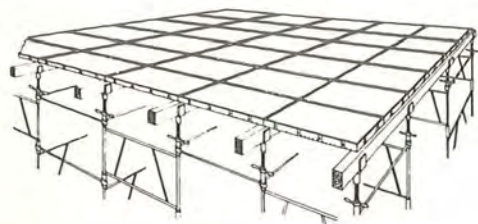


Fig. 82 Teleskopstøtter (52)

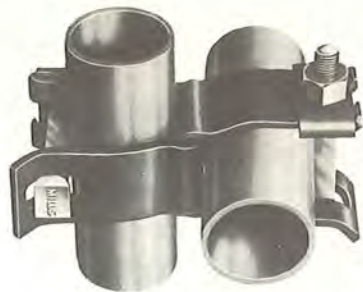


Fig. 81 Fitting til stålørersstillads (65)



Fig. 83 Stålgitterdragere med regulerbar længde (64)

Oplysninger vedrørende arbejdsydelser o.s.v. for glideforme vil blive givet i afsnit 243-5.

241-7 Stilladser.

Ved udstøbning af beton i dæk, trapper og andre ikke-lodrette konstruktioner må selve formen være effektivt understøttet af stilladser, stolper eller dragere. Hertil benyttedes tidligere tømmer, hvilket imidlertid medførte et betydeligt spild for hver anvendelse. I de senere år er man i stor udstrækning gået over til at bruge stål til disse formål, idet man betjener sig af patenterede konstruktioner, der kan genanvendes mange gange.

Til stilladser anvendes stålør, der sammenspændes med specielle forbindelsesstykker (fig. 81). I stedet for 4x4" stolper bruges teleskopiske stålør (fig. 82), og som erstatning for træbjælker eller profiljern benyttes stålgitterdragere af regulerbar længde (fig. 83).

Entreprenørerne anskaffer normalt ikke disse konstruktionselementer, men lejer dem hos leverandører eller specialfirmaer.

I reglen vil man ikke finde større forskel imellem totaludgifterne til de traditionelle og de moderne stilladstyper. Ved de sidstnævnte er materialerne dyrere, men arbejdslønnen tilsvarende billigere. Fordelen ved de moderne metoder ligger i den tid, hvormed arbejdets udførelse kan forkortes.

242 ARMERINGSARBEJDE

242-0 Generelt.

Armeringsarbejde omfatter oplagring, tildannelse, transport og anbringelse af et stort antal enkelte jern.

Næsten ethvert armeringsarbejde omfatter jern af forskellige diametre og varierende længder, bukning af mange forskellige profiler - ofte kun enkelte eksemplarer af hvert profil - samt anbringelse af de tildannede jern i konstruktionen, alt med meget små tolerancer.

For at udføre dette arbejde på en effektiv måde kræves en omhyggelig planlægning med let forståelige tegninger, klippe- og bukelister og et velgennemtænkt system til mærkning og oplagring af jernene under hele arbejdsprocessen.



Fig. 84 Bukkemaskine (65)

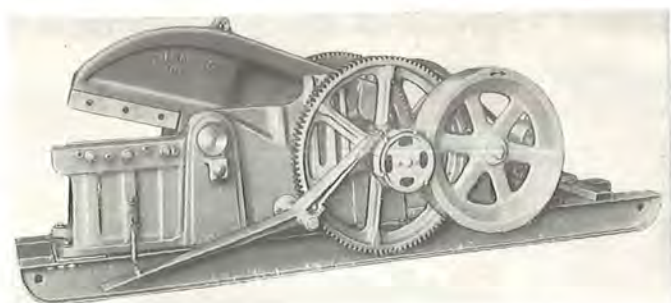


Fig. 85 Klippemaskine (29)



Fig. 86 Anbringelse af armering (29)

I udlandet er det meget almindeligt, at jernene leveres på arbejdspladsen færdigtildannet af stålværker eller andre leverandører, og det forekommer ofte, at sidstnævnte optræder som underentreprenører ved ilægningen. Endnu har dette system ikke vundet større indpas her i landet, hvor det normalt er entreprenøren, der selv udfører hele armeringsarbejdet på arbejdspladsen. Den udenlandske metode er uden tvivl den mest effektive, og den vil formentlig også efterhånden vinde indpas her i landet.

242-1 Oplagring.

På enhver arbejdsplads skal der - som allerede nævnt - normalt bruges jern af mange forskellige diametre og længder samt ofte af varierende kvaliteter. Det er derfor nødvendigt at etablere et let tilgængeligt jernlager opdelt efter kvaliteter, diametre og længder således, at det til enhver tid er muligt at holde kontrol med lagerbeholdningen.

Jernene må aldrig anbringes direkte på jorden, men skal klodses op på strøer. For et større arbejde anslås det nødvendige areal til ca. 1 m^2 pr. t anvendt jern pr. år. Mindre arbejder vil normalt kræve et forholdsvis større areal.

242-2 Tildannelse.

Fra lageret udtages jernene efter bukkelister og klippes om nødvendigt til den ønskede længde. Affaldsjernet kan på større arbejdspladser med fordel benyttes til bolte m.m.

De klippede jern bukkes, forsynes med mærkesedler, der tydeligt angiver, hvor jernene skal anvendes, og henlægges sorteret efter anvendelsessted.

På steder med høj arbejds løn kan tildannelsesarbejdet med fordel udføres ved hjælp af elektriske bukke- og klippemaskiner (fig. 84 og 85) - selv i tilfælde hvor jernmængden ikke er særlig stor. Vedrørende arbejdsydelse henvises iøvrigt til afsnit 242-5.

Jernene til forskellige konstruktionsdele som f.eks. pæle, bjælker og søjler sammenbindes ofte allerede på bukkepladsen og henlægges således, at de som færdige armeringsenheder kan transporteres til anvendelsesstedet.

242-3 Transport.

Det samlede transportarbejde omfatter transport fra den vogn, hvorpå armeringsjernene bliver leveret på arbejdspladsen, til lagerplads, fra lagerplads til tildannelsesplads, videre til færdiglageret og derfra (vandret og lodret) til anvendelsesstedet.

Tidligere blev disse transporter væsentligt foretaget ved bæring, hvilket var et tidskrævende og besværligt arbejde med de tunge, uhandterlige jern. Arbejdspladsens mekanisering på dette område træder derfor tydeligt frem.

En mobilkran på gummihjul kan benyttes til aflæsning, sortering, transport til tildannelsesplads, anbringelse af færdigbundne pæle- og bjælkearmeringer på færdiglageret samt læsning af det jern, der på lastbiler eller traktorvogne skal transporteres til anvendelsesstedet. Her kan kraner derefter placere jernene enten på det sted, hvor de skal bindes, eller - såfremt de allerede er bundet - direkte i formen.

242-4 Anbringelse.

Anbringelse og sammenbinding af jernene må normalt stadig foretages med håndkraft, et arbejde der kræver meget stor rutine for, at resultatet skal blive tilfredsstillende.

Udlægningen af jernene kan være et indviklet puslespil. Efter udlægningen sammenbindes de udlagte jern til et fast skelet, der uden at ændre form kan modstå de svære påvirkninger, det udsættes for under støbearbejdet.

Placeringen sker på basis af armeringstegninger, og det er derfor nødvendigt, at disse er så klare og overskuelige som muligt. Mangelfulde tegninger kan gøre det nødvendigt for arbejdspladsen at udføre supplerende tegninger f.eks. for komplicerede forbindelser, hvilket næsten altid medfører forsinkelser.

Sammenbinding sker med 1-2 mm udglødet bindetråd. Ved relativ åben armering bindes i alle krydsningspunkter, medens man ved tæt armering i reglen kun behøver at binde i hverandet, dog er det her en forudsætning, at det færdige net bliver stift nok til at modstå påvirkninger fra færdsel, udstøbning og vibrering (fig. 86).

Den færdigbundne armering anbringes i rigtig stilling ved hjælp af "stole" og afstandsklodser eller -ringe. "Stolene" skal sikre den

indbyrdes afstand mellem to jernnet. "Stolene" udføres af et kort stykke rundjern, der er således bukket, at de dels understøtter det ene jernnet, dels hviler på det andet. Afstandsklodserne og -ringene skal sikre armeringens korrekte anbringelse i forhold til formen. Betonklodser kan være forsynet med indstøbt bindetråd, hvormed de fastgøres til armeringen. I stedet for betonklodser anvendes ofte betonringe, der skydes ind på jernene, eller plastikringe, forsynet med slids, således at de kan anbringes efter sammenbindingen. I de seneste år er der iøvrigt fremkommet flere nye forme for afstandsholdere af forskellige materialer.

For alle vigtige jern bør stødenes beliggenhed være fastlagt ikke blot ud fra rent statiske hensyn, men også under hensyn til, at en sammenhobning af jern ikke må umuliggøre et tilfredsstillende støbearbejde. Stødene udføres normalt ved at lade jernene overlape hinanden, men det kræves dog undertiden i dag, at hovedjernene skal stødes ved svejsning - et arbejde, der naturligvis kun må udføres af kompetente specialarbejdere.

Hvor det ikke drejer sig om tentorstål, erstattes bindingen undertiden af svejsning.

242-5 Arbejdsydelser.

Ved udførelse med håndkraft må der regnes med 2,5-3,0 mh/t til modtagelse og sortering. Til tildannelse, transport og placering, alt med håndkraft, medgår ved simple arbejder som armering af pæle, brodæk o.s.v. 30-50 mh/t, for mere komplicerede bygningsarbejder, caissoner o.s.v. 40-60 mh/t og for meget kompliceret arbejde som f.eks. turbinefundamenter 80-120 mh/t. Det anslås i almindelighed, at 1/3 af tiden medgår til klipning og bukning og 2/3 til transport og anbringelse - disse tal er dog i høj grad afhængige af de lokale forhold.

Der findes endnu ingen pålidelige erfaringstal for tidsbesparelser som følge af mekanisering af arbejdet, men som holdepunkt kan der måske regnes med ca. 50% besparelse for modtagelse, klipning og bukning og ca. 25% ved transport, placering og binding.

En elektrisk klippemaskine koster i dag ca. 5.000 kr. og en bukkemaskine ca. 8.000 kr. (den kan bukke ca. 0,5 t/h). Afskrivning og drift

vil for hver af disse maskiner beløbe sig til henholdsvis ca. 20 og 30 kr. pr. dag for arbejder af nogen varighed. Anvendelse af disse maskiner betyder en besparelse på 4-6 mh/t, hvilket med de nuværende lønninger svarer til 30-45 kr/t. Det skulle således kunne betale sig at benytte disse maskiner ved en produktion på kun 1 t pr. dag, (men denne grænse passer ikke herhjemme på grund af vort lønsystem).

243 STØBEARBEJDE

243-0 Generelt.

Udførelsen af støbearbejdet omfatter materialernes afmåling, betonens blanding, transport i vandret og lodret retning, anbringelse i form samt efterbehandling under afbindingen.

Set fra et økonomisk synspunkt er det meget vigtigt, at støbearbejdet planlægges på en sådan måde, at produktionen er så jævnt fordelt som muligt over udførelsestiden. Hvis blande- og transportmateriellet må indrettes efter en maximalproduktion, der ligger langt over gennemsnittet, vil udgifterne såvel til anskaffelse og drift af materiel som til arbejds løn derved forøges.

Ved et større dæmningsarbejde har man fundet følgende sammenhæng mellem kapacitetsudnyttelse og arbejds løn til fremstilling, transport og udstøbning af beton:

<u>Kapacitetsudnyttelse</u>	<u>Arbejds løn, relativ, ca.</u>
100%	100 pr. m ³
75%	125 - -
50%	200 - -
25%	300 - -

243-1 Fremstilling.

Denne omfatter afmåling af materialerne, selve blandingen samt - under specielle forhold - foranstaltninger til regulering af den fremstillede betons temperatur.

243-11 Afmåling skete tidligere altid efter rumfang. Materialerne blev skovlet i kalibrerede målekasser, hvis indhold blev fyldt i blandemaskinen eller dennes ophejses pand. Målekassernes størrelse var

i reglen afpasset således, at der krævedes et helt antal cementposer til blandingen. Vandet blev tilsat lige før eller samtidig med materialerne - oprindeligt på slump senere ved afmåling - fra en vandtank monteret på blandemaskinen.

Denne fremgangsmåde anvendes stadig i stor udstrækning ved mindre arbejder, men tendensen er gået i retning af en afmåling af materialerne ved vejning. I forbindelse hermed benyttes i reglen siloer, hvorfra materialerne ved tyngdekraft går til vejeapparatet og derfra videre til blandemaskinen.

Ved mindre betonarbejder anvendes ofte transportable siloer, der i fire rum har plads til ca. 15 m³ materialer. Siloen holdes fyldt ved hjælp af en læssetraktor. Under siloen findes en vejeanordning, således at man kan opnå den ønskede vægtmængde pr. blanding af de enkelte tilslagsmaterialer.

Til større betonarbejder benytter man siloer med større kapacitet. De kan enten fyldes ved hjælp af en grab eller en silovogn, der kan rumme 4-5 m³ svarende til en lastbils indhold. Silovognen bevæger sig på skråt stillede skinner, der normalt føres ned i en grube, således at silovognen læsses direkte fra lastbilen (fig. 87).

Cementen tilsættes i hele poser eller ved en cementsilo således, at man kan anvende løs cement, der fra en tankvogn pumpes op i siloen.

Fra siloerne føres de enkelte materialer gennem vægtbeholdere til en kasse, hvori de samlet går til blanderens elevators pand enten direkte eller, hvis der er flere blandere, ved hjælp af silovogne.

Ved meget store blandeanlæg foregår transport af materialer til siloer med transportbånd, og alle udtømnings- og vejeprocesser er programstyret. Endvidere registreres antal blandinger, tidsforbrug og blandingerens sammensætning.

I stedet for siloanlæg til tilslagsmaterialerne benyttes ofte skrabe-spilanlæg.

Princippet for disse er, at en skrabskovl skraber materialet fra materialelageret til en vejesilo. Skrabskovlen trækkes i tom tilstand fra siloen med håndkraft, medens den under skrabningen trækkes af et elektrisk spil, således at kun styringen er manuel (fig. 88).

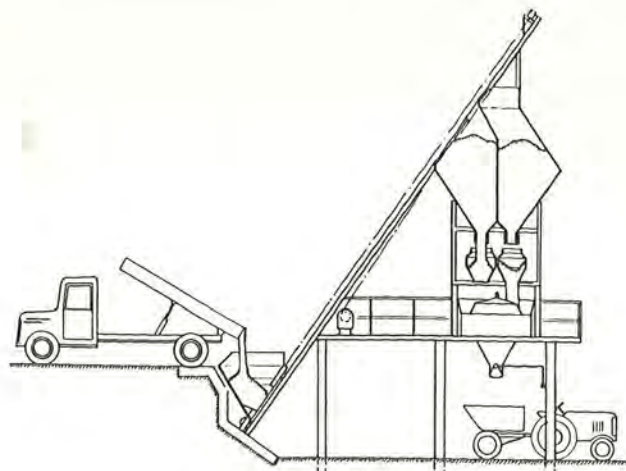


Fig. 87 Siloanlæg med silovogn (27)

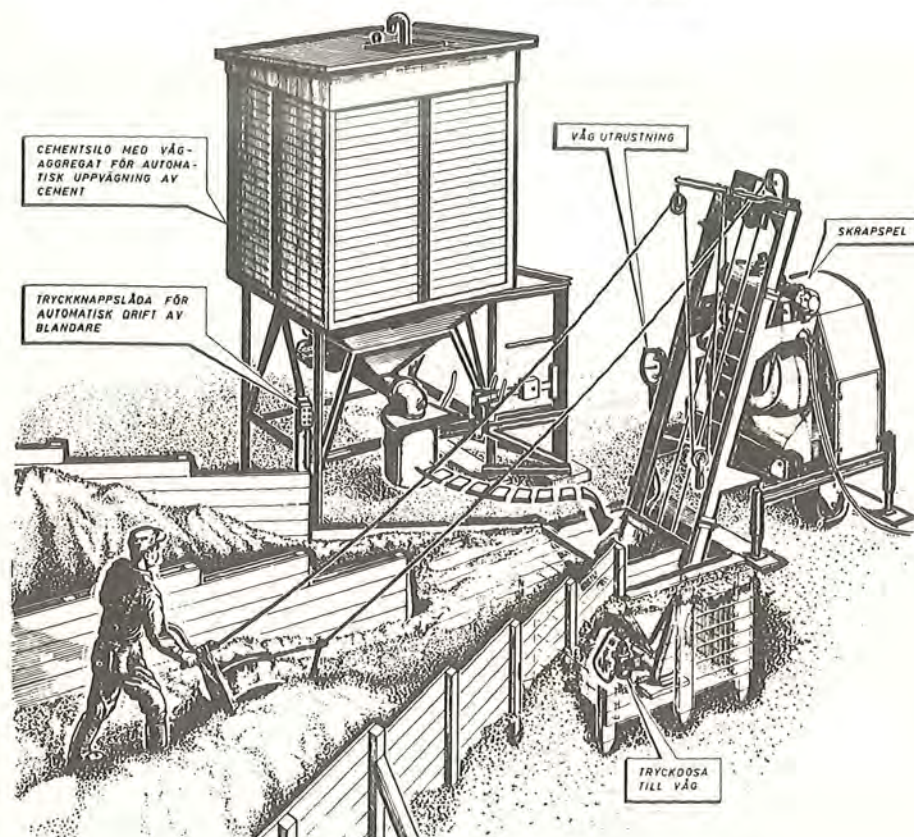


Fig. 88 Blandeanlæg med skrabespil og cementsilo (67)

Hvilket system, der er fordelagtigst at benytte, afhænger bl.a. af arbejdets omfang og de lokale forhold. En undersøgelse må derfor foretages i hvert enkelt tilfælde.

I den seneste tid er rumfangsmåling igen blevet aktuel, idet der er kommet afmålingsanordninger på markedet, der giver tilstrækkelig nøjagtig rumfangsafmåling selv til kvalitetsbeton.

243-12 Blanding foretoges oprindeligt med håndkraft. Materialerne anbragtes i en aflang bunke på en bræddeflage, hvorefter de blev "vendt med skovl" et vist antal gange under tilsætning af vand.

Håndblanding anvendes praktisk talt ikke mere, idet det selv ved meget små mængder betaler sig at benytte blandemaskiner. Disse fremstilles i størrelser, der kan tage fra 75 l til 4 m³ løse materialer.

Den almindeligste blandertype er fritfaldsblander (fig. 89) - en beholder, der roterer om en vandret akse og indvendig er forsynet med fastsiddende skovle ved hjælp af hvilke, der opnås en effektiv blanding. De mindre blandere er ofte opbygget således, at tømningen sker ved tipning af tromlen. Ved større blandere foregår tømningen enten ved anvendelse af en slidske, som skydes ind i maskinen og dér opfanger den beton, der løftes af skovlene, eller ved at skifte omdrejningsretning for blanderen, hvorved dens skovle dirigerer betonen ud af blanderens udtømningsåbning. Den normale tid for en blanding ligger fra 2 til 3 min., hvoraf ca. 1 min. benyttes til fyldning og tømning.

I de senere år anvendes tvangsblendere (fig. 90) i stedse stigende omfang. Disse består af et cirkulært kar, der kan rotere langsomt om sin egen akse. Blandingen udføres af et eller flere sæt skovle, der er fastgjort til en eller to ekcentrisk anbragte aksler, og hvis rotationsretning er modsat karrets. Herved kan opnås en meget effektiv blanding. Materialerne fyldes fra oven i beholderen. Betonen udtømmes gennem en luge i bunden. Tvangsblendere er ca. 10% dyrere end fritfaldsblandere, og vedligeholdelsesudgifterne er større. Den samlede tid for en blanding er imidlertid normalt $\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{4}$ min. kortere end fritfaldsblanderens, hvilket kan betyde en produktionsforøgelse på ca. 25%.

Hvor der er konstant forbrug af beton af ensartet kvalitet som f.eks. i betonfabrikker, ved støbning af store dæmninger, eller hvor beton-



Fig. 89 Fritfaldsblander (65)

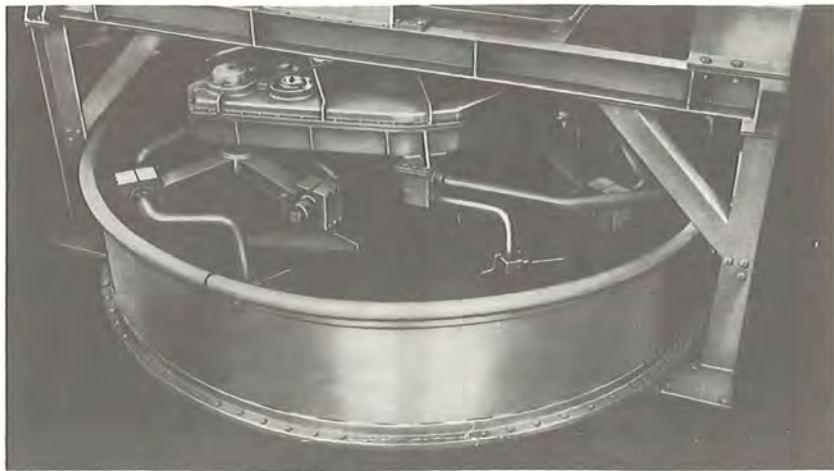


Fig. 90 Tvangsblander (63)

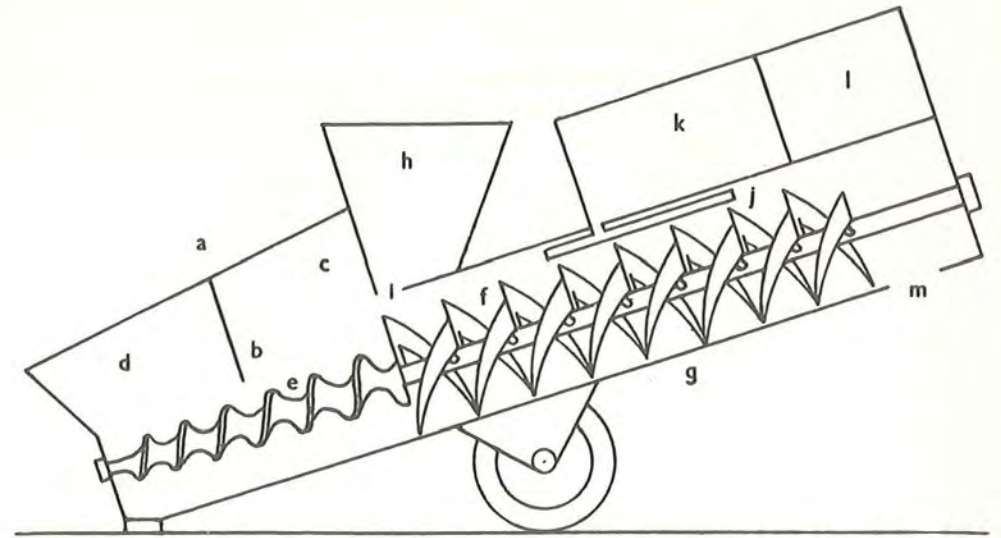


Fig. 91 Snit gennem kontinuerlig blander (47)

- | | |
|--------------------------|-----------------------------|
| a. Tilslagstragt | h. Cementtragt |
| b. Forskydelig skillevæg | i. Cementdoseringsanordning |
| c. Øverste rum | j. Strålerør |
| d. Nederste rum | k. Vandtank |
| e. Tilbringersnegl | l. Motor |
| f. Blandesnegl | m. Udtømningsåbning |
| g. Blandecylinder | |

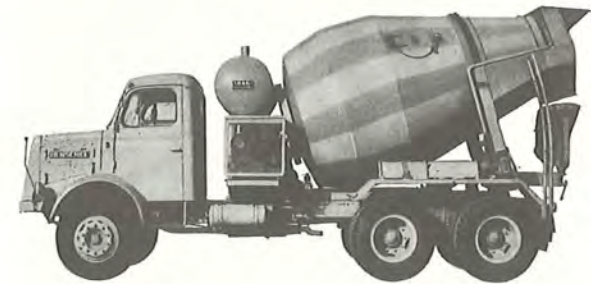


Fig. 92 Truck mixer (49)

pumper anvendes til betontransporten, kan man undertiden med fordel benytte kontinuerlige blandere. Materialerne blandes, inden vandet tilsættes, og færdigblandingen sker i en rotertromle af passende længde i løbet af ca. 10 sek. Disse blandere udføres med en kapacitet fra 3 m³/h til 100 m³/h, og princippet fremgår af fig. 91.

Til brug ved levering af beton over store afstande ("færdigblandet" beton) anvendes "truck mixers" - d.v.s. fritfaldsblandere monteret på et bilchassis (fig. 92). Materialerne afmåles og fyldes i blanderen på fabrikken, og selve blandingen sker under kørslen, idet vandet dog først tilsættes kort før ankomst til anvendelsesstedet. I de her i landet anvendte rotertromler til transport af beton er denne dog færdigblandet fra fabrikken.

243-2 Transport.

243-20 Generelt. Transport af den blandede beton skal ske på en sådan måde, at der er mindst mulig risiko for afblanding. Derfor bør man tilstræbe en transport uden stærke rystelser. Endvidere bør omladning så vidt muligt undgås.

Alle led i transportapparatet bør være dimensioneret således, at blande- og transportkapaciteten kan udnyttes helt. Derved vil man være i stand til at klare en topbelastning og endvidere have en passende reserve, når der støbes med mindre belastning.

Der vil i reglen være tale om både vandret og lodret transport med anvendelse af et eller flere af nedennævnte transportmidler.

Vandret transport : Betonkærre, sportransport (herunder monorail), dumper- eller lastbiltransport, rotertromler, transportbånd.

Lodret transport : Byggehejs, elevatorer.

Kombineret vandret og lodret transport : Tårndrejkræner, mobilkræner, kabelkræner, portalkræner, støberender, betonpumper.

Hvilket materiel, der skal benyttes, afhænger af lokale forhold, vandret transportafstand, maximal løftehøjde, den betonmængde, der skal udstøbes (såvel ialt som pr. time), o.s.v. En i dag ofte



Fig. 93 Motordreven betonkærre

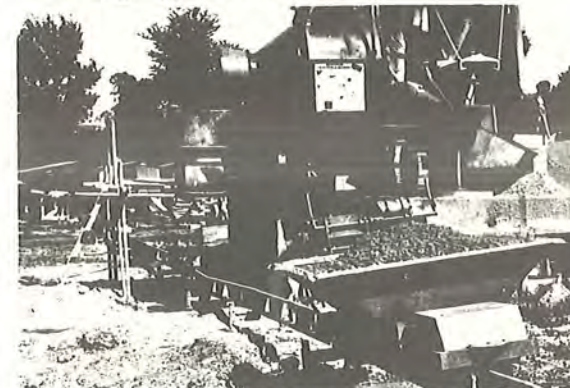


Fig. 94 Monorail-motorvogn (65)

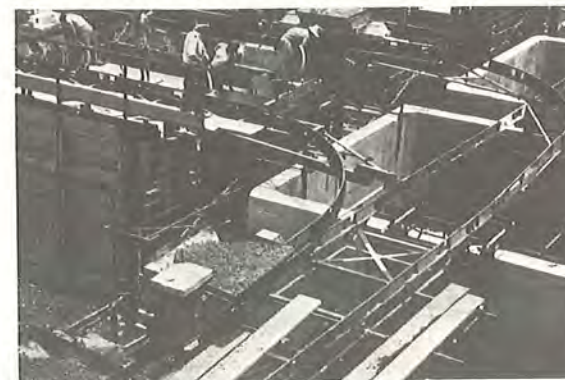


Fig. 95 Monorail-skinnearrangement (65)

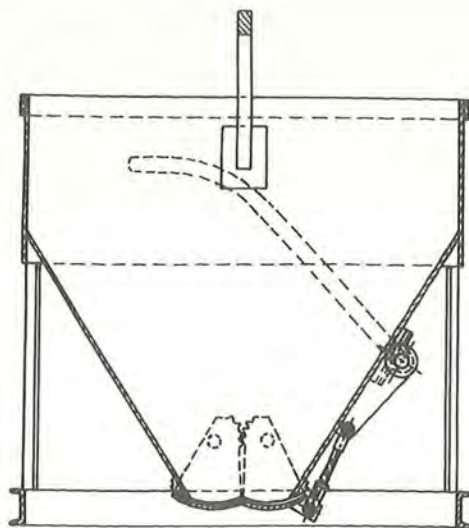


Fig. 96. Betonspand.

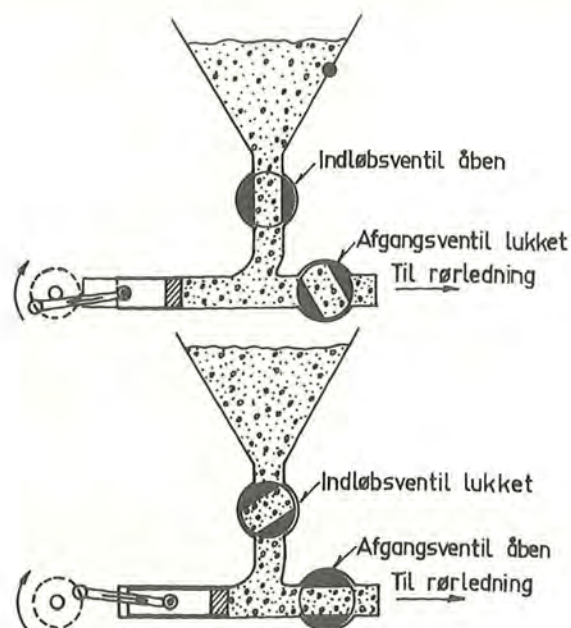


Fig. 97. Betonpumpe.

foretrukken metode er transport i betonspande. Disse fyldes direkte fra blandedanlægget og bringes derefter ved hjælp af en kran til støbestedet - eventuelt indskydes en vandret transport fra blander til kran. Kranen byder den ekstra fordel, at den også kan benyttes til transport af andre materialer.

243-21 Vandret transport. Ved korte afstande - indtil ca. 30 m - og mindre mængder benyttes trillebøre eller håndtrukne tohjulede kærre. Ved noget større afstande og mængder vil det som regel være mere økonomisk at benytte motordrevne kærre (fig. 93). På grund af deres ret store egenvægt, egner de sig bedst til kørsel på terræn. Kørsel på forme m.v. kræver normalt kraftige kørebroer.

Ved større bygværker benyttes undertiden "monorail", en motordreven førerløs vogn, der kører på et enstregenget spor (fig. 94 og 95). Monorail kan klare stigninger op til 1:3. Vognen er forsynet med en beholder, der kan rumme 250-375 l beton. Beholderen kan tømmes enten ved tipping eller ved åbning af et bundlukke. Sporet hviler på lette tværbukke og er ret let at montere og omlægge. Materiellet kræver en temmelig stor investering, og sporet kan ofte være til gene for det øvrige arbejde; metoden er derfor kun økonomisk under specielle forhold.

Til transport af større betonmængder vil man i dag som regel benytte betondumpers eller lastbiler. For kortere afstande anvendes almindeligvis lastbiler, hvorpå der anbringes en eller flere betonspande (fig. 96), der hver kan rumme en blanding. Spandene udføres i alle størrelser fra 0.25 til 4.0 m³; de er forsynet med bundlukke, som kan åbnes manuelt, hydraulisk eller med trykluft.

Ved arbejder med udpræget længderetning som f.eks. spærredæmninger bruges undertiden almindelig sportransport. Spandene anbringes på fladvogne trukket af et lokomotiv.

Til meget lange transportafstande, f.eks. ved levering fra betonfabrik, anvendes lastbiler forsynet med en langsomt roterende tromle, hvorved afblanding forhindres.

Transportbånd anvendes en del til transport over kortere afstande både som stationære anlæg (blandeanlæg til støbeplads) eller som transportable til fordeling af betonen. For at metoden skal virke tilfreds-

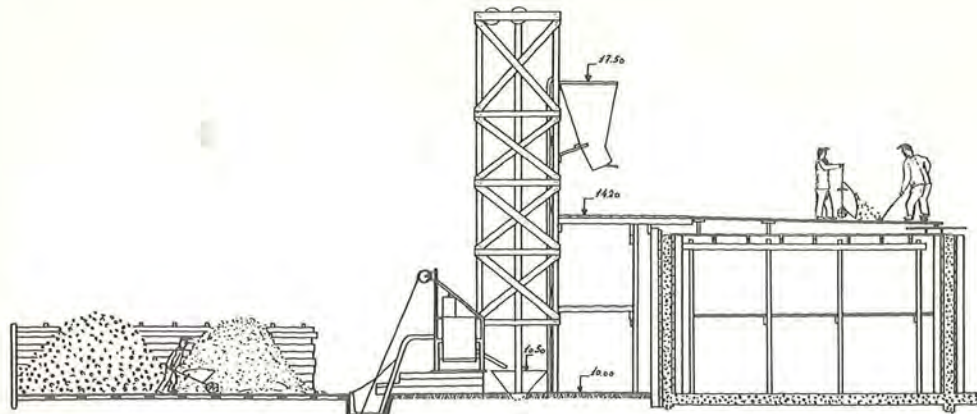


Fig. 98 Hejsetårn

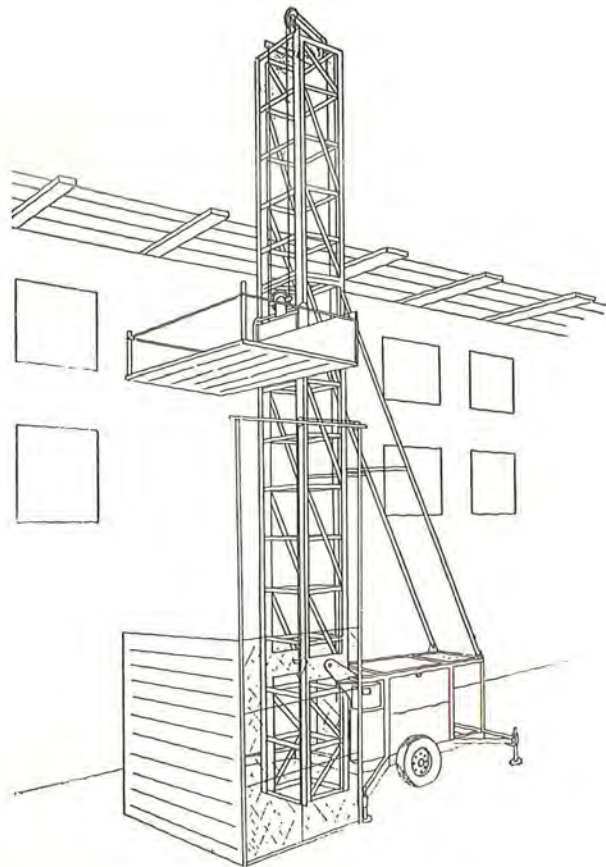


Fig. 99 Elevatortårn (51)

stillende, må betonen tilføres kontinuerligt, beskyttes effektivt mod regn eller udtørring og sikres mod afblanding, når den forlader båndet, ligesom dette straks må renses for alle betonrester. Disse krav er vanskelige at opfylde, og hvor der stilles strenge krav til arbejdets kvalitet, anvendes denne transportmetode nu til dags kun sjældent.

243-22 Lodret transport. Ren lodret transport benyttes hovedsageligt ved byggearbejder og foretages da som regel med hejsetårne udført i træ eller stål. Blandemaskinen opstilles ved foden af tårnet, således at betonen fra blanderen kan fyldes direkte i hejsespanden. Denne, der bevæger sig indvendigt i tårnet, tømmer betonen i en silo anbragt i den højde, hvori der støbes (fig. 98).

Metoden kræver ringe investering, men indebærer en vis risiko for afblanding.

Hvor kravene til betonens kvalitet er større, kan man benytte elevator-tårne, hvori den fyldte betonkørre løftes op (fig. 99). Elevator-tårnet er væsentlig dyrere end hejsetårnet, men kan til gengæld også transportere andre materialer end beton. Nogle typer er kombinerede person- og materialelevatorer, hvilket indebærer store fordele ved højt byggeri.

243-23 Kombineret vandret og lodret transport. Hertil anvendes i første række kraner af forskellige størrelser og typer.

Skinnekørende tårndrejekaner bruges ved både bygge- og anlægsarbejder. For f.eks. at kunne betjene en almindelig 6-etagers bygning med stilladser på begge sider, bør kranudlægget være ca. 18 m, løfteevnen ved største udlæg ca. 1 t, svarende til en spand med 400 l beton, og løftehøjden mindst ca. 20 m. Ved større bygværker vil der ofte blive benyttet kraner med 25-30 m udlæg, 1.5 t løfteevne og højde på ca. 30-40 m.

Skinnekørende tårndrejekaner udføres i tre typer:

1. med vandret udligger forsynet med løbekat (fig. 100)
2. med vippearms uden løbekat (fig. 101)
3. med vippearms og løbekat (fig. 102). Løbekatten kan anvendes, når vippearmsen er vandret, men låses fast, når armen er i skrå stilling.

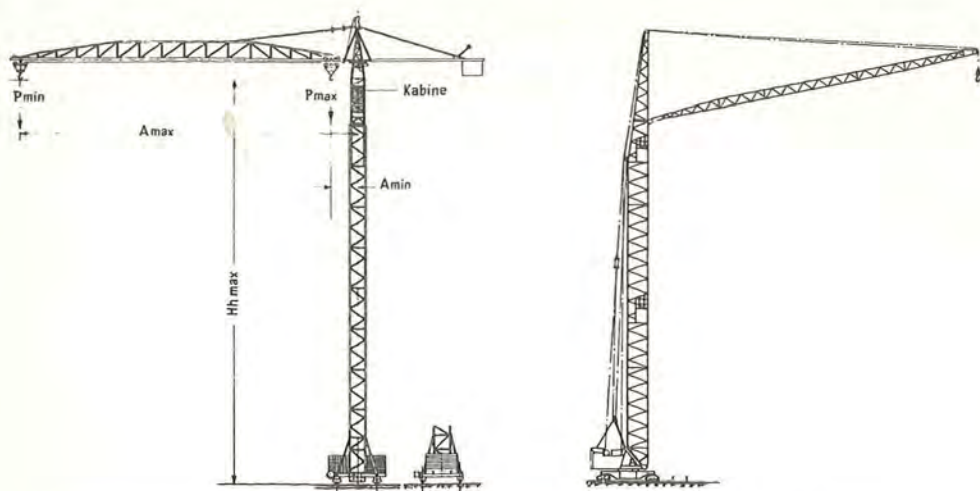


Fig. 100
Tårndrejekran med løbekat (46)

Fig. 101
Tårndrejekran med
vippeudligger (27)

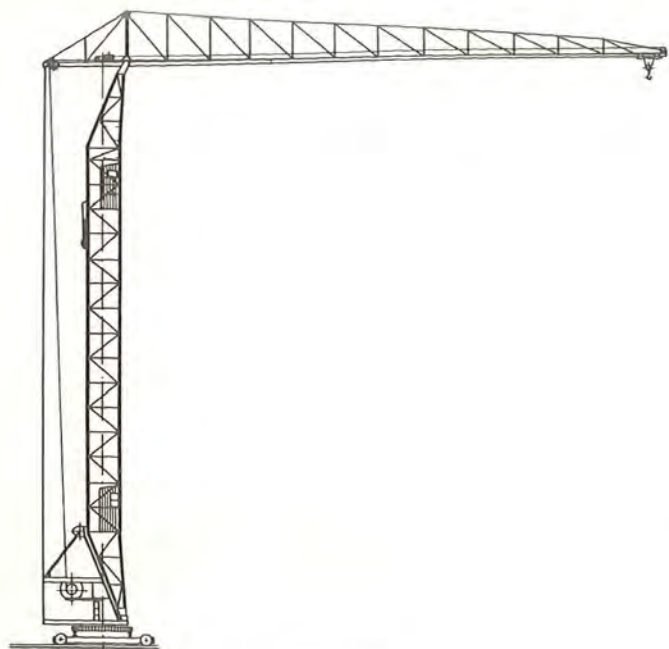
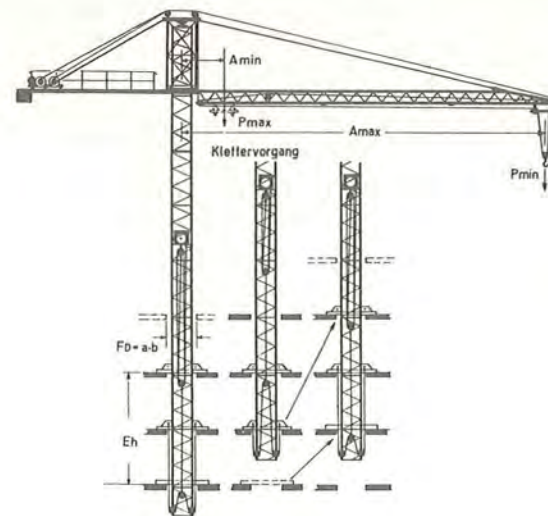
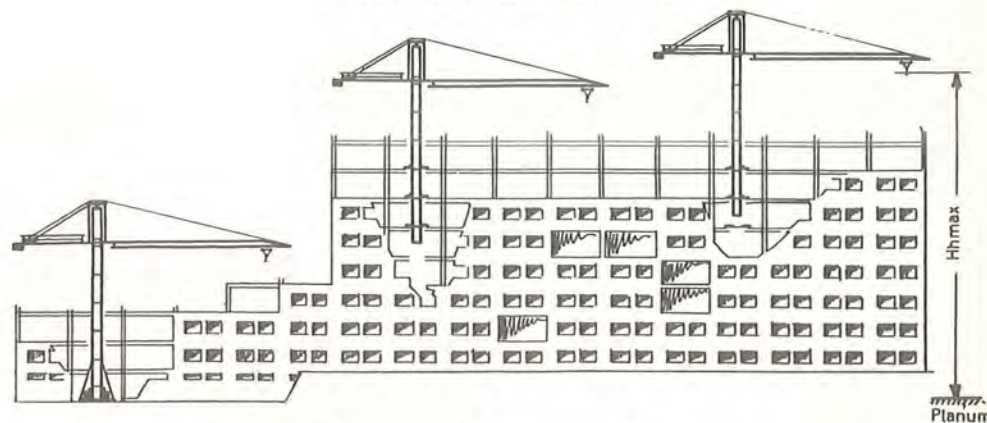


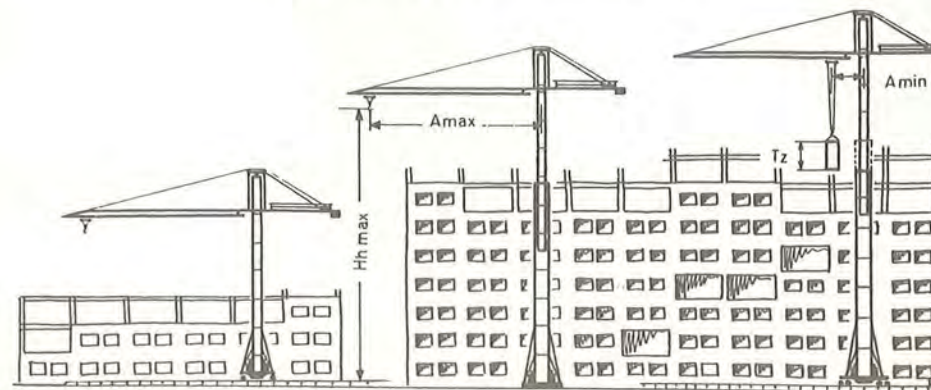
Fig. 102
Tårndrejekran med vippeudligger og løbekat (21)



a) Klatrekranens virkemåde



b) Klatring på etageadskillelser



c) Klatring i klatretårn

Hvilken type, man vil bruge, må naturligvis afgøres i hvert enkelt tilfælde afhængigt af de lokale forhold, men tendensen synes at gå i retning af at foretrække type 3, idet denne kombinerer løbekatkranens hurtighed med vippekranens evne til at løfte højt.

For alle typer gælder, at sporet kræver et solidt underlag uden mulighed for sætninger. Skinnerne monteres enten på tværgående træ- eller betonsveller eller - navnlig for meget høje og svære kraner - på langsgående betonfundamenter.

Princippet i brugen af kraner er, at kranen tager betonspanden direkte fra blandemaskinen, hvorefter den løfter og drejer samtidig med, at den eventuelt kører. Betonen afleveres således direkte på støbestedet. Ved større bygninger kan køretiden gøre det umuligt for kranen at følge blandemaskinen. Hvor dette er tilfældet, bør man overveje at transportere betonspanden til kranen, f.eks. med lastbil, fremfor at forøge blandemaskinens cyclustid og derved formindske betonproduktionen.

Klatrekraner er særlig anvendelige ved højhusbyggeri. De placeres inde i bygningen således, at en eller flere kraner kan dække hele byggearealet. De er næsten altid udformet med vandret udligger og løbekat (fig. 103).

Klatrekraner understøttes lodret og vandret af det udførte bygværk eller af det såkaldte klatretårn. De løftes i takt med arbejdets fremadskriden, som regel for hveranden etage. Løftningen, der foretages med et klatrespil, er hurtig og simpel at udføre.

Mobilkraner er selvkørende kraner monteret med svære gummi hjul eller for de større typer med larvebånd (fig. 104 og 105). De anvendes, hvor støbearbejdet er spredt over så stort et areal, at det ikke kan dækkes af tårndrejkekraner, f.eks. udførelse af fundamenter for store fabrikskomplekser eller på store pælestøbningspladser. Betonen tilføres efter omstændighederne i spande eller rotertromler.

Portalkraner kører på skinner og anvendes bl.a. ved støbning af store betonmængder i forholdsvis smalle bygværker med udpræget længderetning f.eks. sluser og dokker. Kranerne vil som regel være beregnet til spande på 2-3 m³.

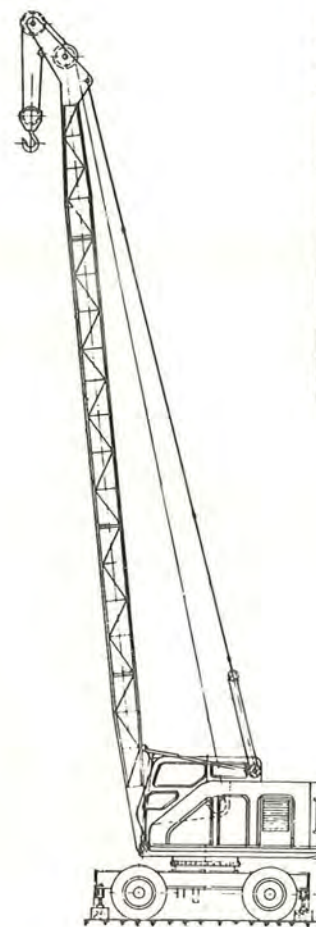


Fig. 105 Større mobilkran (38)



Fig. 104 Mindre mobilkran (69)

Kabelkraner kan benyttes på tilsvarende måde som portalkraner, men ved bredere bygværker. Deres vigtigste anvendelsesområde er dog ved udstøbning af høje spærredæmninger af indtil 800 m længde. Der anvendes her b. tonspande på indtil 6 m^3 indhold. Kablerne bæres af tårne opstillet i hver ende af dæmningen. Det ene tårn - undertiden begge - er flytbare, således at kranen kan bestryge hele dæmningsarealet (fig. 106). Anlæg af denne type er naturligvis meget kostbare, og betonmængden skal normalt andrage mellem 250.000 og 500.000 m^3 , før de vil være økonomisk forsvarlige.

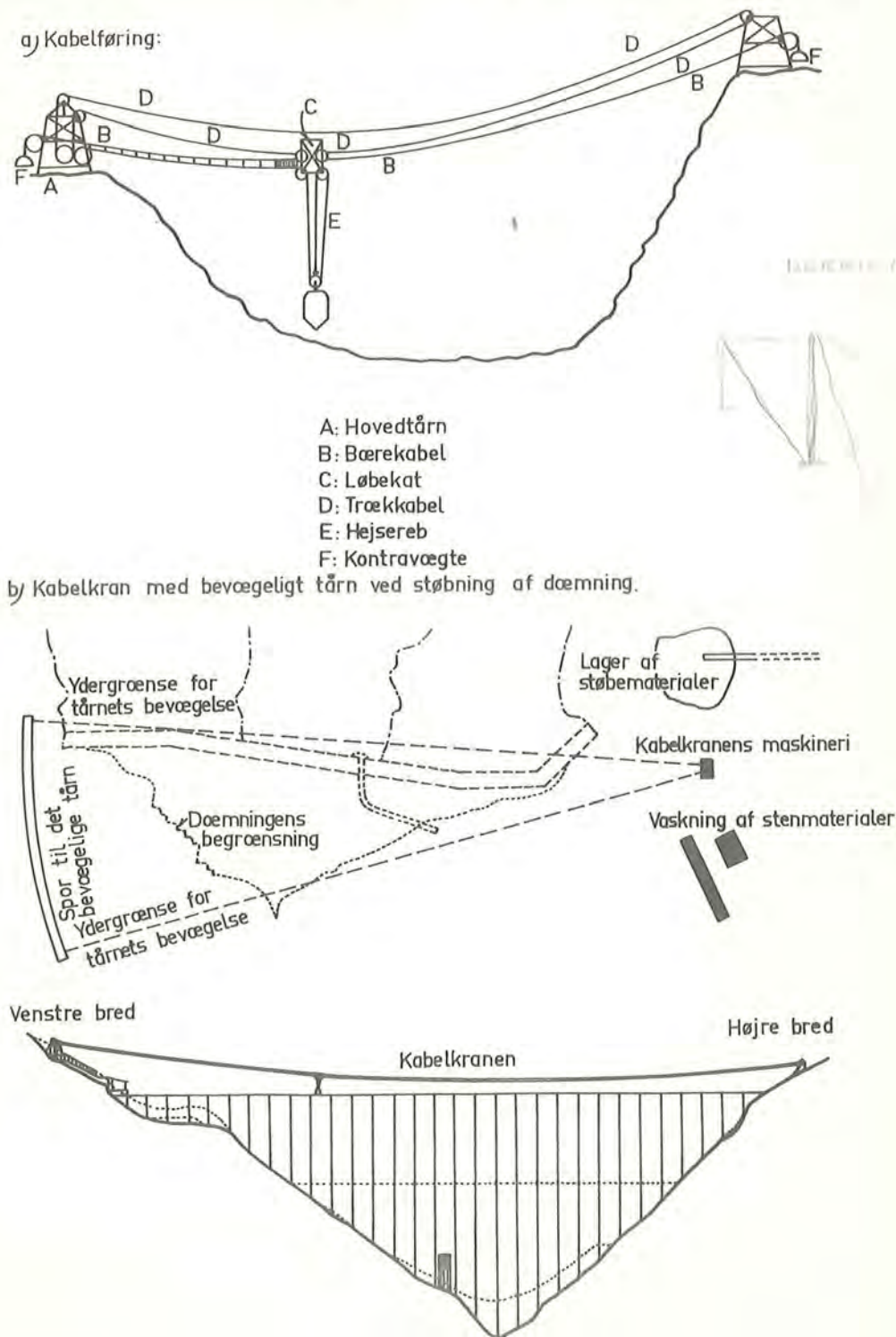
Støberender var tidligere meget anvendt ved større støbninger. Der benyttedes et højt hejsetårn, i hvis top der var ophængt drejelige støberender med et fald på ca. 1:2.5. Ved at gøre renderne kortere eller længere kunne de dække et meget stort areal. Metoden var økonomisk, men krævede en tyndtflydende beton, og det var vanskeligt at undgå afblanding. Støberender benyttes derfor praktisk talt ikke mere.

Betonpumper har i de senere år fundet ret udbredt anvendelse både til almindelige bygninger og til visse mere specielle bygværker som f.eks. støbning af siloer og tunnelforinger. Der benyttes to forskellige metoder dels betonpumper (stempelpumper) og dels betonkanoner, hvor betonen drives frem med trykluft. Betonpumpens princip fremgår af fig. 97. Pumpekammeret fyldes fra en silo, hvorefter tilløbsventilen lukkes, medens afløbsventilen åbnes, og et stempel skubber betonen ud i ledningen, der har en diameter på 6"-7". Betonen kan transporteres vandret eller løftes, idet man kan regne med, at 1 m løft i tryktab svarer til ca. 7 m vandret transport. Den maximale vandrette transportlængde er ca. 350 m. Ved at benytte to-cylindrede pumper kan der etableres en kontinuerlig betonstrøm. Betonpumper udføres med ydelser fra 6 til 25 m^3/h .

På betonkanonen er pumpen erstattet af en beholder, der fyldes med beton, som drives gennem ledningen ved hjælp af trykluft.

Ved anvendelse af pumpebeton kræves en omhyggelig gradering af støbematerialerne, idet det er af afgørende betydning, at der er tilstrækkeligt fint materiale. Med rigtig sammensætning kan selv jordfugt beton pumpes uden risiko for afblanding.

Fig. 106. Kabelkran.



243-3 Anbringelse.

243-30 Generelt. Arbejdet omfatter udlægning, komprimering, overfladebehandling og afdækning af betonen samt udførelse af eventuelle støbeskel.

Medens der ved fremstilling og transport af betonen kan føres en direkte kontrol, der sikrer, at betonen når frem til støbestedet i den ønskede kvalitet, er dette ikke muligt ved udstøbningen. Man kan ikke se eller måle, hvorvidt betonen udfylder formen helt og omhyller al armering, eller om der findes stenreder o.s.v.

Et utilfredsstillende resultat skyldes langt oftere mangler ved udstøbningen end fejl i betonkvaliteten. Det er derfor vigtigt, at arbejdet forestås af arbejdsledere, som har den rette praktiske forståelse af udførelsen.

243-31 Udlægning. Inden støbningen påbegyndes, skal forme og armering være rensede omhyggeligt, løse træstumper fjernet, armeringens placering kontrolleret, eventuelle trillebroer anbragt, og formen vandet, således at den ikke suger fugtighed fra betonen.

Udlægningen skal ske på en sådan måde, at man opnår en tæt ensartet beton, der udfylder formen helt og omhyller alle armeringsjern. Det skal herunder nævnes, at betonen - for at undgå afblanding - skal anbringes således, at der kræves et minimum af flytning af den, efter at den er anbragt i formen. Ved mindre arbejder, hvor transporten foregår med trillebøre, er der særlig fare for afblanding, og det forskrives derfor ofte, at betonen skal tømmes på en bakke, hvor den om fornødent kan skovles igennem, inden den placeres i formen. Ved større arbejder vil man derimod altid forsøge at tilrettelægge støbeprocessen således, at betonen kan placeres på anvendelsesstedet direkte fra transportaggregatet.

243-32 Komprimering. er uden tvivl en faktor, der har en meget afgørende indflydelse på betonens tæthed.

Tidligere udførtes arbejdet med håndkraft - man bankede på formen med en let mukkert samtidig med, at man "pumpede" i den udstøbte beton med en lægte eller jernstang. Denne metode, der kun kunne benyttes, når betonens konsistens var plastisk, er i dag ved alle

arbejder af nogen betydning afløst af vibrering med frekvens af størrelsesordenen 3000-15000 pr. minut.

Ved vibrering vil beton med selv meget lille vandindhold blive flydende, så længe den er udsat for vibration. Derved kan man sikre, at betonen udfylder formen og omhyller jernene.

Vibratorer findes i en række størrelser og udførelser beregnet til forskellige formål. De drives med el-kraft, benzin eller trykluft. De mest almindelige er:

Stavvibratoren (fig. 107) hvis bevægelige dele er indbygget i en stav med diametre mellem 25 og 150 mm og længder mellem 30 og 80 cm, er den almindeligst anvendte vibrator.

Stavvibratoren stikkes ned i betonen med en afstand mellem nedstikkene på 50 til 100 cm. Med de mindre vibratorstørrelser kan der vibreres 4-8 m³/h, medens de største, som kræver to mands betjening, kan behandle 20-30 m³/h. Man bør så vidt muligt undgå, at vibratoren rører armering eller forskalling, da rystelserne i så fald kan forplante sig til beton, der allerede er begyndt at binde af.

Betonen skal vibreres, indtil overfladen er plan og flydende, hvorefter vibratoren langsomt trækkes op. Det må påses, at betonen ikke overvibreres, da der derved kan ske afblanding.

Stavvibratorer er dårligt egnede til plader med tykkelser under ca. 25 cm.

Overfladevibratorer (fig. 108) består af en vibrerende stålplade af passende størrelse og form. De anvendes under forhold, hvor stavvibratorer ikke kan bruges, som f.eks. tynde dæk, betonbelægninger på veje o.s.v.

Formvibratorer (fig. 109) fastspændes direkte på formen. De benyttes dels ved spinkle jernbetonkonstruktioner, der er så stærkt armeret, at stavvibratorer vanskeligt kan anvendes, og dels ved elementstøbning i forme beregnet til mange genanvendelser. Vibratorerne må først startes, når der er fyldt beton i formen.

Rysteborde (fig. 110) bruges i stedet for formvibratorer ved fabrication af mindre betonelementer. Udstøbningen foretages i en form, der står på et vibrerende underlag - rystebord.



Fig. 107 Stavvibrator (70)



Fig. 108 Overfladevibrator (70)

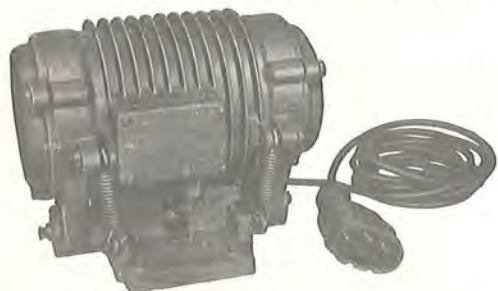


Fig. 109 Formvibrator (27)



Fig. 110 Rystebord (26)

Centrifugalstøbning benyttes til støbning af tyndvæggede armerede rør og lignende. Der anvendes kun en yderform, hvori armeringen anbringes. Formen bringes i hurtig rotation, hvorved betonen, der tilføres indefra, slynges ud mod formen.

Stampning af betonen ved hjælp af passende stampeapparater har tidligere været meget anvendt både til vejarbejde og til fabriksfremstillede betonvarer. I de senere år er den dog i det væsentlige afløst af vibrering. Stampning anvendes dog stadig til komprimering af beton udstøbt på skrånninger, hvor vibrering ville få betonen til at flyde ned.

243-33 Overfladebehandling. Selv ved veludført forarbejde vil det ofte være nødvendigt at underkaste overfladen en efterbehandling for at fjerne grater, udstøbe boltehuller, fjerne bindinger o.s.v.

Da enhver behandling af denne art fordrer tidskrævende håndarbejde og i visse tilfælde stilladser m.v. samt altid efterlader synlige spor, er det god økonomi at udføre form- og støbearbejdet på en sådan måde, at efterbehandlingen indskrænkes til et minimum.

Gulvarealer kræver ofte en særlig overfladebehandling.

En sådan kan i mange tilfælde udføres på følgende måde: betonen afrettes så nøje som muligt ved støbningen, og når overfladen har nået en passende hårdhed, behandles den med glittemaskine. Undertiden kan det være nødvendigt at udlægge et tyndt mørtellag (ikke et egentligt pudslag) inden afretning og glitning.

I andre tilfælde kan der, når betonen er afbundet udføres et pudslag. Man udlægger i så fald lister, hvorved der kan opnås en nøjagtig afretning. Vedhængningen af pudslaget er ofte dårlig, hvorfor den stærkeste overfladebehandling normalt opnås, når denne udføres i direkte tilknytning til støbearbejdet.

243-34 Afdækning. Så snart betonen er udstøbt, må den beskyttes mod mekaniske påvirkninger - i første række færdsel - indtil den har nået en rimelig styrke.

Den må ligeledes beskyttes mod såvel regnskyl for at undgå udvaskning af mørtelen i overfladen som mod solskin og stærk vind for at undgå udtørring og revnedannelse. Især modvirkning af udtørring er vigtig

af hensyn til betonens styrkeudvikling, og overfladen må derfor i den første tid holdes fugtig. Til beskyttelse benyttes halmmåtter, gamle sække eller sand - presenninger er derimod ikke velegnede, da de er vanskelige at anbringe og må fjernes, hver gang betonen skal vandes.

243-35 Støbeskel. Ved de aller fleste støbearbejder vil det være nødvendigt at foretage afbrydelser i støbningen. Årsagen hertil kan f.eks. være, at formen kun er opstillet til en del af konstruktionen, at arbejdsforholdene ikke tillader døgndrift, eller at der er indtruffet stop i betonproduktionen.

Såfremt støbningen afbrydes så længe, at betonen ikke mere kan gøres "levende", må der træffes foranstaltninger til at afbøde virkningen af det støbeskel, som fremkommer.

Hvor afbrydelserne er planlagt, vil man naturligt lægge støbeskellene på de konstruktionsmæssigt gunstigste steder. Er støbeskellet vandret, gøres overfladen så ru som muligt f.eks. ved brug af en stiv kost. Inden næste støbning renses overfladen - og eventuelt armeringen - grundigt (om muligt ved sandblæsning), og den dækkes med $\frac{1}{2}$ " tykt lag mørtel svarende til den, som findes i betonen. Hvor støbeskellet er hældende eller lodret, må der anvendes en form. Ved påsømmede lister udformes noter til forstærkning af forbindelsen i støbeskellet. I den senere tid er det blevet meget almindeligt af anvende strækmetal til støbebegrænsninger.

Når støbearbejdet må afbrydes på grund af et teknisk uheld, og der er fare for, at betonen vil binde af, inden støbningen kan fortsættes, må man forsøge at improvisere et støbeskel med lodrette og vandrette flader. Hvis skellet falder på et konstruktivt uheldigt sted, anbringes ekstra armering for at afbøde støbeskellets uheldige virkninger.

Det skrå skel, der fremkommer, hvis støbeskellet udføres uden form, skal og må undgås, hvor vanskeligt det end kan være. Et sådant skel vil altid være et svagt punkt i konstruktionen, hvortil kommer, at det måske vil være synligt og derved tydeligt markere "dårligt udført arbejde".

243-4 Støbning under ekstreme temperaturforhold.

For at sikre betonens kvalitet, hvor denne skal udstøbes under ekstreme temperaturforhold, er det nødvendigt at træffe særlige foranstaltninger.

243-41 Støbning i frostvejr. For at opnå en tilfredsstillende afbinding må betonens temperatur ikke synke under ca. 5° inden for de første 3-4 døgn efter støbningen. Dette opnås dels ved at sørge for, at betonen har en passende temperatur, når den udstøbes, og dels ved at beskytte den på egnet måde efter udstøbningen.

Opvarmning af beton kan ved temperatur i nærheden af frysepunktet ske ved opvarmning af vandet til ca. 70° - i stærk frost er det nødvendigt tillige at opvarme støbematerialerne - således at betonens begyndelsestemperatur ligger på $15-20^{\circ}$. Ved brug af rapidcement kræves mindre opvarmning end for normal Portland-cement, idet rapidcementen giver en større varmeudvikling.

Støbematerialerne opvarmes bedst med damp, der tilføres fra perforerede rør indbygget i materialesiloerne eller anbragt i bunden af materialebunkerne. Under mindre forhold benyttes en dampslange forsynet med et perforeret "spyd", der flyttes fra sted til sted i materialedyngerne. Dampen leveres normalt fra særlige vinterkedler med fuldautomatisk oliefyld og hedeplade på $3.5-12 \text{ m}^2$.

Forberedelse til støbning. Inden støbningen påbegyndes, fjernes sne og is omhyggeligt fra form og armering, hvilket i reglen sker med damp fra vinterkedlen. I meget stærk kulde nøjes man ikke med rensning, men tilfører så megen damp, at form og armering er passende opvarmet, når støbningen påbegyndes.

Beskyttelse af den udstøbte beton skal ske hurtigst muligt efter udstøbningen for at undgå for stærk afkøling, inden betonens egen varmeudvikling kommer i gang.

Det normale her i landet er at dække betonen med måtter eller presenninger, der "klodses" op på brædder eller planker. Undertiden opvarmer man også undersiden af tynde plader og indersiden af vægge ved hjælp af koksgrøder, el-varmeovne el. lign.

Hvor der kan forudses meget lave temperaturer kan det være nødvendigt at omgive hele bygværket med et stillads beklædt med måtter, presen-

ninger, plasticfolie el. lign. samt at holde rummet opvarmet f.eks. med damp, der ledes gennem et system af stålrør.

Udgifterne til vinterforanstaltninger er vanskelige at kalkulere, idet de varierer stærkt med arbejdets art og vejrforholdene det pågældende år. Vinterforanstaltninger betales derfor ofte af bygherren efter regning. Udgifterne til vinterforanstaltninger vil normalt andrage en meget beskedent procent eller promille af totaludgifterne. Ved en vurdering bør der tages hensyn til, at arbejdsydelsen generelt er lavere og spildtiden større i vintermånederne, men med fornuftige vinterforanstaltninger er det ofte muligt at reducere de direkte og indirekte tab fra disse årsager væsentligt. Selvsagt er det mest økonomisk at udføre et arbejde i den gode årstid, men er dette umuligt, vil det i reglen betale sig at tage effektive forholdsregler til at holde arbejdet i gang på bedst mulig måde fremfor at standse - og dermed forsinke - arbejdet.

243-42 Støbning i tropeklima. Hvor temperaturen (i skyggen) i længere perioder er over $30-35^{\circ}$, vil det ofte være nødvendigt at afkøle den friske beton til sikring mod for tidlig udtørring.

Det forlanges ofte, at betonens temperatur ved støbningen ikke må overstige 15° og for at opnå dette, kan man anvende så mange af de nedenævnte forholdsregler, der skønnes nødvendige:

- anbringe sprinklere over materialedyngerne således, at der sker afkøling ved fordampning,
- sprøjte stenmaterialerne over med koldt vand umiddelbart inden blandingen,
- benytte koldt vand eventuelt tilsat knust is som støbevand,
- oversprøjte form og armering med koldt vand umiddelbart inden støbningen,
- undlade at støbe i døgnets varmeste timer (kl. 1200-1600).

243-5 Arbejdsydelser ved støbning.

Ved udførelse af støbearbejder vil arbejdstiden være nogenlunde lige-
ligt fordelt mellem fremstilling, transport, anbringelse og øvrige arbejder herunder tilrigning, oprydning o.s.v.

Mandtimeforbruget pr. m^3 beton afhænger af arbejdets art, størrelse og mekaniseringsgrad, arbejdskraftens kvalitet m.v. Spinkle konstruktioner, små betonmængder pr. støbning og store transportafstande forøger således mandtimeforbruget.

De følgende oplysninger skal kun tjene til at angive størrelsesordenen af mandtimeforbruget ved forskellige kategorier af betonarbejde. Tallene er baseret på timelønsarbejde (akkordarbejde medfører lavere mandtimeforbrug men større timefortjeneste) og håndkraft (bortset fra selve blandingen og den lodrette transport).

De anførte mandtimeforbrug omfatter - foruden tilførsel af materialer, betjening af blander, transport, udlægning og komprimering af betonen - yderligere alle de for støbearbejdet nødvendige biarbejder f.eks. udlægning, flytning og fjernelse af trillebroer og støbebakker, pasning af blander og hejs (rensning, smøring, påfyldning af brændstof og kølevand) og diverse oprensninger under og efter støbningen.

Mandtimeforbrug ved betonstøbning.

Bygningsarbejde:

i almindelighed	4-7 mh/ m^3
fundamenter	2-4 -
søjler, bjælker, dæk	4-9 -
trapper, spinkle konstruktioner	10-14 -

Pælestøbning

4-6 -

Broer:

fundamenter	3-5 -
overbygning	6-10 -

Grovbeton:

overbygning, kajmure	3-5 -
støttemure, dæmningsarbejder	1-3 -

Ved meget store og gennemmekaniserede dæmningsarbejder med betonmængde på flere millioner kubikmeter, kan arbejdstiden gå ned til $0.5-0.75$ mh/ m^3 . For siloer, der udføres med glideform, er det - som tidligere nævnt - vanskeligt at skelne mellem form- og støbearbejde. Der kan regnes med, at fremstilling af forme kræver ca. 0.5 mh/ m^2 af silovæggens totale kontaktareal, og at støbning inklusive løftning af form andrager $8-10$ mh/ m^3 .

244 BETONELEMENTER244-0 Generelt.

Indtil 1950 blev praktisk talt al beton - bortset fra pæle og rør - støbt in situ. Dog blev der mange steder benyttet færdigblandet beton fra en betonfabrik.

Efter krigen begyndte man at undersøge mulighederne for at forkorte byggetiden og reducere behovet for kvalificeret arbejdskraft ved at fremstille visse bygningselementer på fabrik, således at betonarbejdet på byggepladsen kunne indskrænkes til i det væsentlige at omfatte montagearbejde.

En af forudsætningerne for, at en sådan ændring af arbejdsprocesserne kunne foretages, var udviklingen af spændbeton, der muliggør en nedsettelse af dimensionerne - og dermed vægten - af konstruktionsdelene. Endvidere skal nævnes udviklingen af byggekraner, velegnede til montagearbejdet, som samtidig fandt sted.

En anden forudsætning for denne udvikling har været en voksende forståelse for betydningen af faste moduler, således at dimensionerne på de vigtigste bygningselementer i en vis udstrækning kan standardiseres, hvilket muliggør en industrialiseret produktion med store serier.

I dag anvendes præfabrikation i stedse stigende omfang til bolig- og industribyggeri, brooverbygninger m.v. Produktionen omfatter de fleste komponenter, der indgår i betonbyggeri, lige fra trappeløb til spærfag med 30 m spændvidde. Der er dog ingen tvivl om, at man i dag kun står ved begyndelsen af denne udvikling.

For effektivt at udnytte fordelene ved præfabrikation er det nødvendigt, at man ved projekteringen lægger vægt på at benytte så få forskellige elementer som muligt samt ved fastlæggelsen af elementstørrelsen tager hensyn til, at montagearbejdet kan udføres med hensigtsmæssigt materiel.

244-1 Elementfremstilling.

Denne sker normalt i en permanent fabrik. Ved meget store arbejder kan man dog undertiden med fordel benytte temporære anlæg. Elementer

til broarbejder udføres således oftest på arbejdspladsen, idet disse elementer normalt er så store, at transportafstanden må reduceres mest muligt.

Elementerne fremstilles dels af almindelig jernbeton, som beskrevet i afsnit 243, og dels af spændbeton (afsnit 245).

I betragtning af elementfabrikernes permanente karakter kan der ofres meget på at udføre dem så hensigtsmæssigt som muligt med automatiske blande anlæg, stærkt mekaniseret betontransport, komprimering ved hjælp af vibratorer eller rysteborde, damphærdningsanlæg, rullebaner til transport af mindre elementer og løbekatkraner til større.

Karakteristisk for elementfabrikkerne er, at man som regel udfører arbejdet i overdækkede haller og derfor er uafhængig af vejrforholdene. Der kræves stor lagerplads med god kranbetjening og permanente køreveje (fig. 111).

At lagerpladsen skal være stor, skyldes dels at elementerne inden bortkørslen normalt lagres i 14 dage og dels, at man må bestræbe sig på at holde en jævn produktion svarende til anlæggets kapacitet, og derfor undertiden må producere kurante elementer til lager. Hertil kommer, at man ikke kan være sikker på, at arbejdspladserne til enhver tid er i stand til at aftage elementerne i nøje takt med produktionen, hvorfor der kræves en vis lagerplads til sikring mod forsinkelser i montagearbejdet.

Formarbejdet spiller en stor rolle for økonomien. Efter elementernes art og antal i serierne benyttes forme af henholdsvis træ, plastic, beton eller stål.

Angående enkeltheder vedrørende de specielle udførelsesmetoder og det dertil hørende udstyr henvises til speciallitteraturen.

244-2 Elementtransport.

Transport af elementer af indtil ca. 15 t vægt og 15 m længde kan ske som normal landevejstransport. For større vægt og længde må man i visse lande indhente myndighedernes tilladelse. Det er dog som regel muligt at transportere enheder af indtil 30 t vægt og 30 m længde uden for store vanskeligheder.



Fig. 111

Betonelementfabrik, lagerplads for elementer (60)

Ved transporten må man sikre sig, at elementerne understøttes på en sådan måde, at der ikke optræder spændinger, for hvilke de ikke er beregnet. Facadeelementer vil således ofte blive transporteret stående i reolvogne (fig. 112).

Transportudgifterne varierer naturligvis med afstand og lokale forhold, men da præfabrikerede elementer er et forholdsvis kostbart produkt, er det som regel økonomisk forsvarligt at transportere dem over ret lange afstande. Under forudsætning af at den enkelte elementleverance omfatter både dæk-, skillerums- og facadeelementer, vil transportudgiften i procent af elementets af fabrikspris for 5 km transportafstand være af størrelsesordenen 5% og for 100 km 15%.

Det er af stor betydning, at levering og transport til større elementbyggerier planlægges med et minimum af spildtid for transport- og montageapparatets vedkommende, og således at aflæsning og oplagring på arbejdspladsen undgås. Ved små elementer, hvor en vognladning kræver mange "løft", kan det undertiden betale sig at benytte "sættevogne", der kan efterlades på byggepladsen.

Elementer af stor vægt og længde som f.eks. brodragere eller lange betonpæle vil næsten altid blive fremstillet på arbejdspladsen. For at undgå rystelser vil man for sådanne elementer i reglen foretrække sportransport (fig. 53, afsnit 233) og - hvis det drejer sig om vandbygningsarbejde - flydende transport.

244-3 Elementmontage.

Montagearbejdet omfatter to processer: anbringelse og samling.

244-31 Anbringelse sker praktisk talt altid med kraner, som beskrevet i afsnit 243-2.

Hvor det ved husbygning drejer sig om et stort antal elementer med maximalvægt på 2 t, vil det i reglen være fordelagtigt at benytte en passende tårndrejekran (fig. 113).

Udføres bygningen derimod af større præfabrikerede elementer med vægt op til 10 t anvendes undertiden portalkraner, der spænder over hele bygværket og bevæger sig på spor udenfor bygningen (fig. 114).

Ved industribygninger drejer det sig som regel om at dække et stort areal med elementer af forholdsvis stor vægt, men relativt lille

Fig. 112
Transport af betonelementer på
reolvojn (21)



Fig. 113
Elementmontage med
tårndrejekran (60)



Fig. 114
Elementmontage med
portalkran (49)

løftehøjde. Kraftige mobilkraner, der arbejder enkeltvis eller parvis, vil normalt være fordelagtigst under disse forhold (fig. 115).

Da det element, der kræver den største kapacitet, bestemmer kranens størrelse, og da en forøgelse af krankapacitet er kostbar, vil den ideelle montage være den, hvor der til anbringelse af alle elementerne i et bygværk kræves samme krankapacitet - d.v.s. at produktet af vægt og udlæg skal være nogenlunde konstant.

Hvis et begrænset antal af elementerne - f.eks. 10% - har væsentlig større vægt - f.eks. op til 50% - end de øvrige, bør det overvejes, om der skal bruges en kran, som er i stand til at anbringe alle elementerne på deres plads, eller om det vil være mere økonomisk at benytte en mindre kran, der kan løfte alle elementerne, men på grund af det til vægten svarende udlæg kun kan placere de 90% i deres endelige stilling. De resterende 10% må da bringes på plads på anden måde (rulning, donkrafte, hejsebomme).

Hvor antallet af elementer er stort, er det vigtigt, at kranarbejdet kan ske så hurtigt som muligt. Der må derfor allerede under projekteringen tages hensyn til de anordninger, som er nødvendige for anbrugning af elementet (rundjernsbøjler, bolte gennem bjælkekroppen o.s.v.). Det er desuden af stor betydning, at elementet let kan anbringes i sin endelige stilling, og at kranen hurtigt kan frigøres til næste løft. Finjustering, sammenstøbning o.s.v. bør derfor kunne udføres uden brug af montagekranen (fig. 116).

Al transport af elementer skal ske med behørig sikring mod, at de udsættes for påvirkninger, de ikke er beregnet for. De må derfor kun løftes i de foreskrevne punkter, og hvor der anvendes wirestropper, må disse være anbragt således, at de ikke kan beskadige elementkanterne.

Anbringelsen af meget tunge elementer f.eks. brobanebjælker med vægt på 200 t eller derover, må i hvert enkelt tilfælde tilrettelægges under hensyn til de lokale forhold. Hvor det er muligt, vil man ofte forsøge at undgå løftning ved f.eks. at køre bjælkerne ud på stilladser eller skydebroer (fig. 117) eller eventuelt flyde dem på plads anbragt på et par pramme. Såfremt løftning er nødvendig, benyttes donkrafte eller forholdsvis primitivt indrettede kraner, idet antallet



Fig. 115 Elementmontage med 2 mobilkraner (52)



Fig. 116
Samling af betonelementer med bolte (21)

af elementer i sådanne tilfælde som oftest er ret begrænset og den hastighed, hvormed anbringelsen sker derfor sjældent har afgørende betydning.

244-32 Samling. Den simpleste samling af elementer er den, hvor de kan stables ovenpå hinanden efter byggeklodsprincippet og sammenlåses med fjer og not, eventuelt med brug af dorne eller bolte. Denne fremgangsmåde anvendes i stor udstrækning ved lave industribygninger, hvor man kan opnå fornøden stabilitet ved at indspænde søjlerne i fundamentterne.

Bliver bygningerne højere, kan deres stabilitet undertiden sikres ved at udforme etageadskillelserne som skiver, der fører de vandrette kræfter til faste kerner f.eks. trappehuse eller elevatortårne.

Det er dog ofte ønskeligt, at elementbyggeriet udføres med bevarelse af det normale jernbetonbygværks monolitiske karakter, og i så fald må de enkelte elementer forbindes ved sammenstøbning. Hvor dette er tilfældet, vil man i reglen forsøge at udforme elementerne på en sådan måde, at de selv danner form for samlingen, således at udførelsen af samlingen alene består i at forbinde armeringen og udstøbe betonen (fig. 118).

Ved anvendelse af strengbetonelementer kan man ikke ved sammenstøbningen på stedet opnå samme styrke i samlingen, som elementet har, men man kan her sammenspænde elementerne med kabler trukket gennem kanaler, der er udsparet i elementerne (fig. 119). (Se også afsnit 245).

245 SPENDBETON

245-0 Generelt.

Grundprincippet i spændbeton er, at man påfører betonen trykspændinger i de snit, hvor belastningerne vil fremkalde trækspændinger og således forebygger eller reducerer revnedannelse.

Dette gøres ved at forsyne betonen med en armering, der ved opspænding gives en passende forlængelse, inden den fæfankres i betonen. Princippet har været kendt i mange år, men det er først under og efter 2. verdenskrig, at det har fået praktisk betydning.

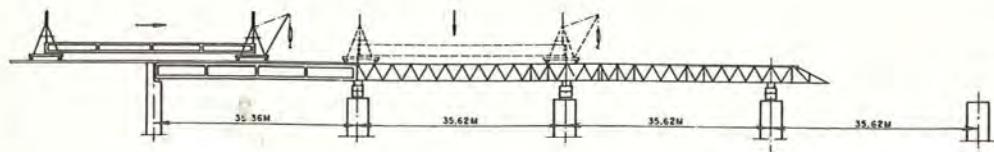


Fig. 117. Bjælkemontage ved hjælp af skydebro (45)



Fig. 118
Elementmontage. Samlingen danner selv
form for udstøbningen (21)

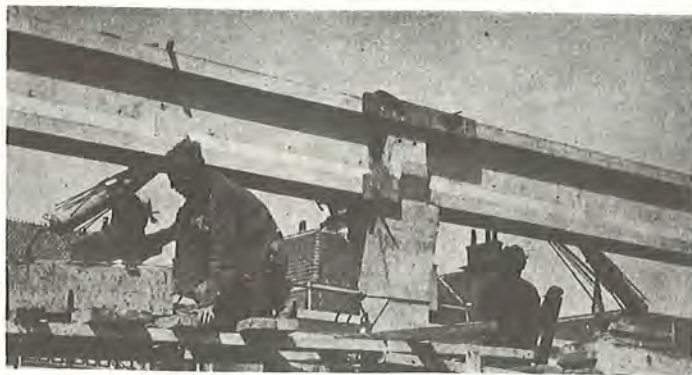


Fig. 119 Samling af elementer med kabler (21)

I praksis udføres forspændingen væsentlig efter to principielt forskellige metoder:

For-opspændt beton (strengbeton) hvor armeringen opspændes og forankres i begge ender, og betonen derefter udstøbes om den opspændte armering. Når betonen har opnået den nødvendige styrke, frigøres spændarmeringen, og dennes tendens til at forkorte sig medfører trykspænding i betonen.

Efterspændt beton (kabelbeton). Her støbes betonen før opspændingen foretages, idet der udspares kanaler for spændarmeringen. Når betonen er hærdnet tilstrækkeligt, opspændes armeringen og forankres ved begge ender i betonen, hvorefter der injiceres cementmørtel i kanalerne.

Der arbejdes stadig med de muligheder, som materialet frembyder for nye løsninger af konstruktive problemer på forskellige områder, og denne udvikling vil uden tvivl fortsætte i de kommende år. Der kan derfor være grund til at gøre rede for de felter, hvor spændbeton i dag finder anvendelse i større omfang, forinden spørgsmålet om den praktiske udførelse behandles.

245-1 Anvendelse af spændbeton.

245-11 For-opspændt beton benyttes som nævnt i afsnit 243 fortrinsvis til fremstilling af præfabrikerede elementer og i første række sådanne, der egner sig til fabrikmæssig produktion.

Der kan være tale dels om standardprodukter som f.eks. pæle, bjælker, rør og jernbanesveller og dels om elementer til industri- og forretningsbyggeri, broer o.s.v., hvor de vel fremstilles i større serier, men hvor de dog er "skræddersyet" til det enkelte projekt.

At det drejer sig om en betydelig produktion fremgår af, at der i dag i Danmark regnes med, at der ved ca. 50% af industribyggeriet anvendes elementer, og at ca. 10% af boligbyggeriet udføres som elementbyggeri.

Ved meget store anlægsarbejder foregår elementfabrikationen i såkaldte feltfabrikker placeret på eller nær arbejdspladsen. Vedrørende transport af elementer henvises til afsnit 244-2.

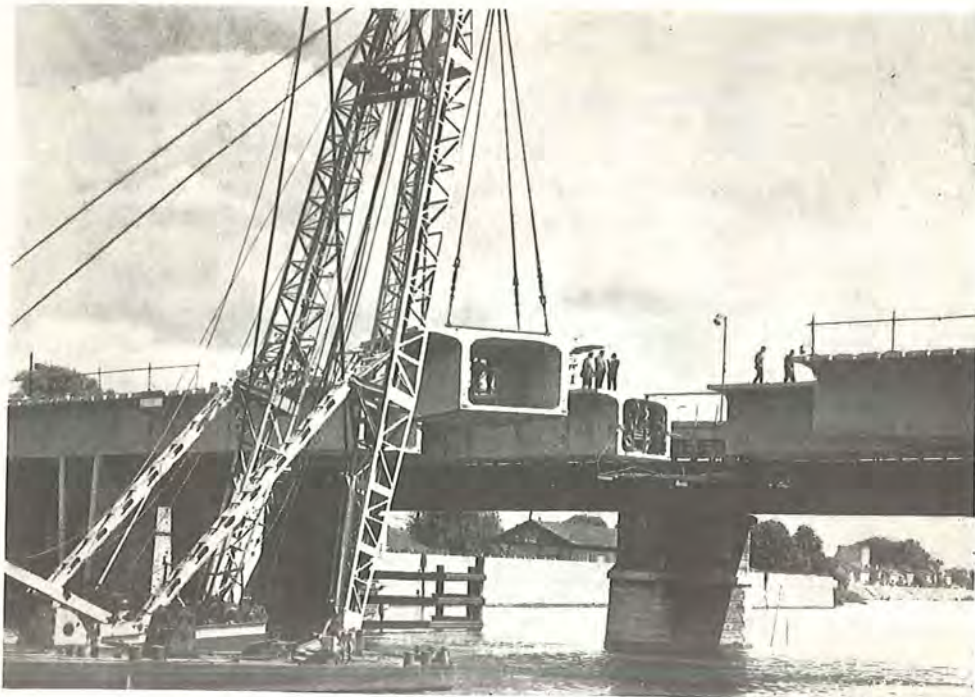


Fig. 120 "Fri frembygning" med elementer (55)



Fig. 121 Skalkonstruktion i efterspændt beton (58)

245-12 Efterspændt beton anvendes i første række til konstruktioner, der udføres in situ samt til elementer af en sådan størrelse, at det ikke er praktisk at transportere dem over længere afstande.

Blandt de områder, hvor den efterspændte beton har vist sig særlig anvendelig, kan i første række nævnes brooverbygninger, beholdere, skalkonstruktioner, sammenspænding af mindre elementer, forstærkninger af eksisterende konstruktioner og forankring af dæmninger.

Brooverbygninger er vel nok det område, hvor spændbeton har fundet størst anvendelse, idet den benyttes til en overvejende del af alle større jernbetonvejbros, der udføres i dag.

Indtil spændvidder på 40-50 m anvendes fortrinsvis simpelt understøttede bjælker, der enten støbes på stedet eller præfabrikeres og rulles på plads (fig. 117).

Ved større spændvidder anvendes kontinuerlige bjælker støbt på stedet eller udført af præfabrikerede bjælker, der spænder over de enkelte fag, og som efter oplægningen sammenspændes på en sådan måde, at der skabes kontinuitet.

Ved broer over ca. 75 m spændvidde udføres dragerne ofte med varierende højde og som kassedragere. Disse udføres normalt in situ enten på stillads eller efter princippet "fri frembygning", hvor dragerne støbes udkraget sektion for sektion. I stedet for at støbe sektionerne in situ kan man benytte præfabrikerede sektioner, der efter anbringelsen sammenspændes (fig. 120).

Man har i dag bygget broer i "fri frembygning", hvor sektionerne støbes in situ med spændvidder op til 208 m (Bendorf-broen). Man skal dog sikkert anvende væsentlig større spændvidder, før den økonomiske grænse er nået.

Beholdere. For vand- og oliebeholdere, siloer o.s.v. er det af største betydning, at der ikke opstår revner i betonen. I betragtning af, at vædske- og silotryk i almindelighed fremkalder ringtrækkræfter i væggen, er det naturligt, at man nu i stor udstrækning udfører dem af spændbeton.

Spændarmeringen udføres i det væsentligste på to principielt forskellige måder: den ældste går ud på at bevikle beholderen udvendig med spændarmering. Der er udviklet maskiner, der kører rundt om beholderen og

vikler med en fart af ca. 15 km/h, samtidig med at den spænder tråden med den ønskede kraft. Efter et passende antal omgange bliver tråden fastgjort til beholdervæggen. Efter at hele beholderen er beviklet, beskyttes armeringen med sprøjtepuks.

Under hensyn til usikkerheden ved sprøjtepuksens rustbeskyttende virkning er man i de senere år også gået over til at benytte efterspændt armering, der anbringes inde i væggen. Der anvendes i reglen kabler af en længde svarende til f.eks. den halve omkreds. For at forsætte stødene udføres 4 - og ikke blot 2 - fremspring, imod hvilke armering kan spændes og forankres.

Skaller. Ved benyttelse af efterspændt beton kan man i dag udføre skaller under forhold, hvor almindelig jernbeton ikke ville være anvendelig på grund af trækspændinger (fig. 121). Ved brug af forspænding er man i stand til at påvirke spændingsfordelingen i en gunstig retning. Dette skaber forøget mulighed for anvendelse af skaller.

Anvendelsesmulighederne og udførelsesmåderne er så mangeartede, at der må henvises til speciallitteraturen.

Forstærkning af eksisterende konstruktioner. Ved forspænding har man mulighed for at regulere både spændingerne og deformationerne, hvilket med fordel kan udnyttes til forstærkning af eksisterende bygværker. Undertiden sker forstærkningen ved, at der støbes en bjælke med de ønskede egenskaber under den eksisterende, og undertiden anbringes der på siden af den eksisterende bjælke en armering, der opspændes og fastgøres på en sådan måde, at bjælken får den nødvendige aflastning på de rette steder.

Sammenspænding anvendes i dag i stort omfang til at samle mindre elementer til større. Dette kan inden for brobygning benyttes dels ved "fri frembygning" og dels ved en sammenspænding på tværs af broen af alle bjælkerne i en brobane for at få denne til at virke som en monolitisk enhed.

Forankring i klippe. Hvor spærredæmninger af beton funderes på klippe, kan man forankre dæmningen ved hjælp af forspændt armering i opstrøms-siden og derved forbedre stabiliteten. Metoden er anvendt både ved nyanlæg og ved forstærkning af eksisterende dæmninger.

245-2 Udførelse af opspænding.

245-0 Generelt. Spændebeton er et kvalitetsprodukt, og der må derfor ved udførelsen lægges den største vægt på, både at materialer (forme, armering og beton) fuldt ud svarer til de opstillede krav, og at arbejdet udføres med den nødvendige omhu og under tilstrækkeligt tilsyn. Dette gælder ikke alene selve opspændingen af armeringen, men også støbning, komprimering, injicering o.s.v.

Der er i årenes løb udviklet et antal forskellige systemer til udførelse af opspænding. Der skal i det følgende kun redegøres for 2 af disse:

For-opspænding (strengbeton)
Efterspænding (kabelbeton)
Freyssinet-systemet
Dywidag-systemet,

idet de fleste af de øvrige metoder stort set kan betragtes som varianter af disse.

245-21 For-opspænding (strengbeton). Til udførelse af for-opspændte elementer kræves en spændebank med en forankring i hver ende, mellem hvilke trådene kan holdes spændt, indtil betonen er hærdnet.

Da arbejdet med at trække og spænde trådene ikke i særlig grad er afhængigt af trådenes længde, anvendes i reglen lange banker - f.eks. 80-120 m - hvor der samtidig fremstilles flere ens eller ensartede elementer på een gang.

Spændebankens bredde afhænger af produktionens art - 2 m brede banker er i reglen passende til bjælker (fig. 122), medens man til fremstilling af plader benytter banker svarende til pladebredden.

Normalt føres armeringen retlinet gennem elementerne. Blandt andet ved brobanebjælker anvendes det undertiden at give en del af trådene en vis bøjning, med mindre det foretrækkes at benytte efterspændte kabler til denne del af armeringen. I så fald bliver bjælkerne både for-opspændt og efterspændt.

Der benyttes i almindelighed \varnothing 4 mm tråd med en brudstyrke på ca. $150-250 \text{ kg/mm}^2$ (imod ca. 60 kg/mm^2 for moderne typer armeringsjern).

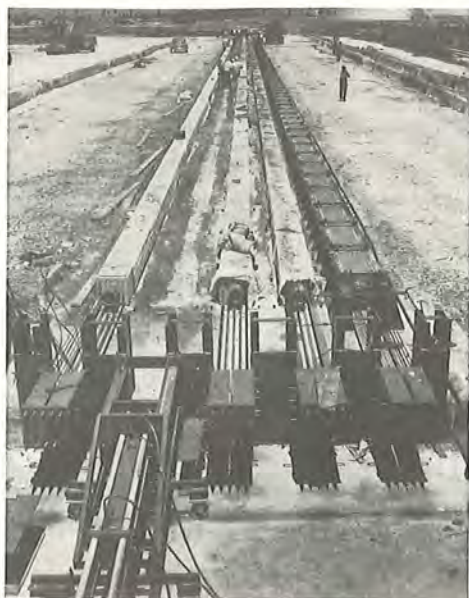


Fig. 122 Opspændingsbænk til præfabrikerede bjælker (29)

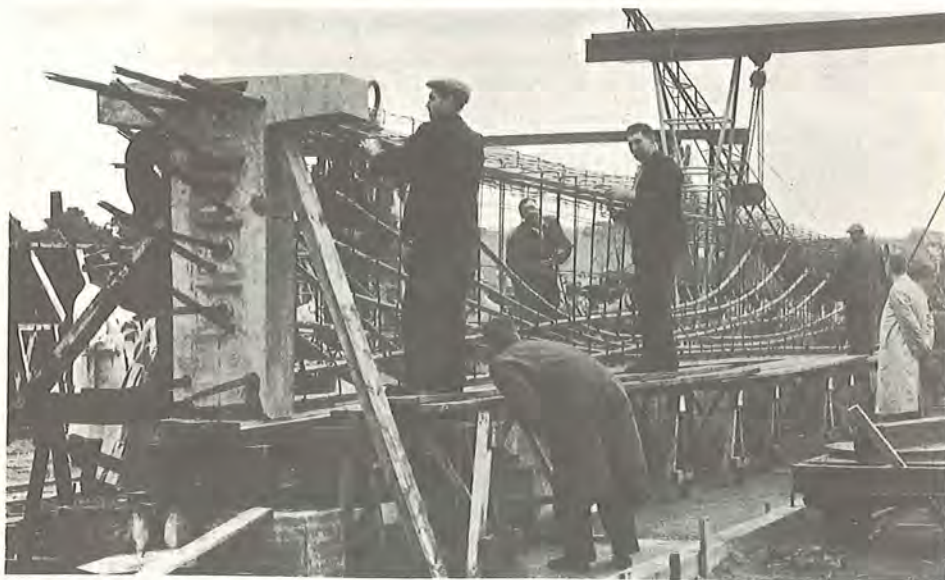


Fig. 123 Anbringelse af Freyssinet-kabler i brobanebjælke (18)

Trådene spændes normalt svarende til en effektiv forspændingskraft på 0.4-3.5 t pr. tråd. Da en almindelig 20 m lang bjælke ofte er armeret med 100 tråde, er det således store kræfter, der først skal optages af spændebankens forankringer og senere overføres til betonen.

Efter at trådene er spændt og fastgjort til forankringerne, fastgøres bøjler o.s.v., formene anbringes, og betonen udstøbes. Dennes terningsstyrke er normalt ca. 600 kg/cm^2 (imod ca. 300 kg/cm^2 for almindelig in situ beton). Til vibrering anvendes fortrinsvis formvibratoerer.

Når betonen har nået tilstrækkelig styrke, frigøres trådene fra forankringerne på en sådan måde, at betonen gradvis belastes med forspændingskræfterne.

245-22 Efterspænding.

Freyssinet-systemets hovedbestanddele er kablerne og forankringerne.

Kablerne består af et knippe parallelle tråde - i almindelighed 12 - placeret omkring en ståls spiral (med stor stigning), der skaber en kanal gennem kablet. Trådene har en diameter på 5-8 mm eller $\frac{1}{2}$ " , og der benyttes stål med en brudstyrke på ca. 170 kg/mm^2 .

Kablerne anbringes i reglen i korrugerede blikrør, der placeres i formen inden støbningen (fig. 123). Kablerne kan dog også - uden anvendelse af rør - trækkes igennem udsparede kanaler, efter at betonen er støbt. Det er ikke påkrævet, at kablerne har nøjagtig længde. Både kabler og blikrør kan fås færdige, eller de kan fremstilles på arbejdspladsen, hvad der på steder med vanskelige transportforhold ofte kan være en fordel.

Forankringen består af to dele, en forankringscylinder af kraftigt armeret cementmørtel med et konisk aksialt hul til kablet samt en låsekegle af cementmørtel med tolv riller for trådene. Låsekeglen har et centralt hul, der benyttes ved injiceringen (fig. 124). Forankringscylindren indstøbes normalt i betonen.

Opspændingen foretages med en speciel dobbeltvirkende donkraft, der spænder et kabel ad gangen. Donkraften anbringes således, at den støtter på forankringscylindren, medens trådene kiles fast på donkraftens cylinder. Når trådene er spændt, presser et mindre stempel

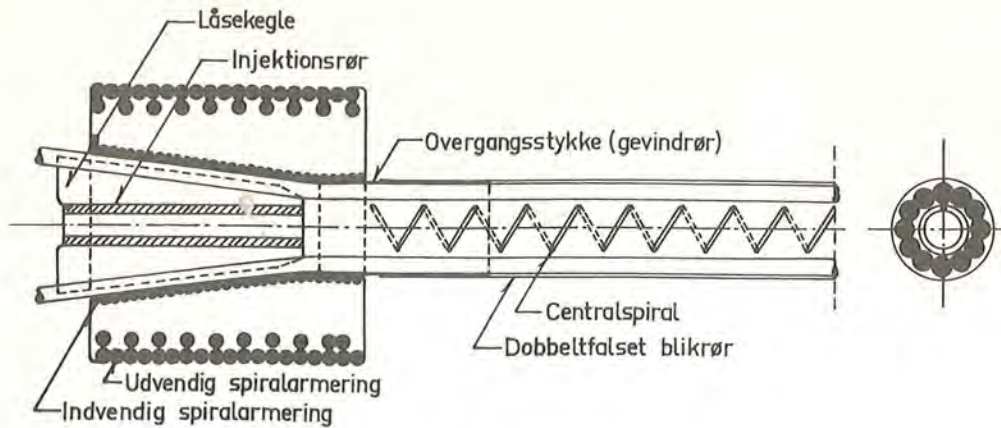
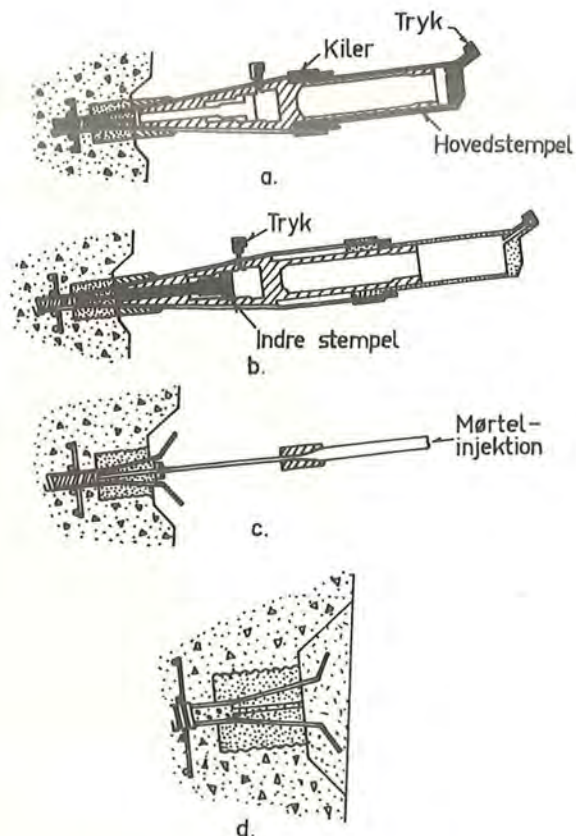


Fig.124. Forankring af Freyssinet-kabler.



- a. Opspænding
- b. Låsning
- c. Mørtelinjektion
- d. Færdig forankring

Fig.125. Opspænding af Freyssinet-kabler.

låsekeglen ind, således at forspændingskraften kan overføres til forankringscylindren, når trykket tages af donkraften (fig. 125).

Under opspændingen måles både kablets forlængelse og trykket i donkraften.

Så længe trådene ikke er kappet, kan forspændingskraften reguleres. Låsekeglen må dog udskiftes. Ønsker man at foretage opspændingen i flere omgange, anvendes en låsekegle af stål.

Efter at donkraften er fjernet og trådene kappet, skylles kabelrøret rent, hvorefter der injiceres cementmørtel bestående af cement og vand med et passende tilsætningsstof således, at vandcementtallet kan holdes nede på 0.35-0.40. Mørtelen blandes maskinelt og pumpes ind med en injiceringspumpe, indtil røret er fyldt, og ufortyndet mørtel løber ud ved den anden ende.

I forankringszonen ved kabelenderne forekommer meget høje betonspændinger, her må derfor ofte indlægges ekstra armering, der imidlertid vanskeliggør udstøbningen og komprimeringen af betonen. Ved større bjælker vil det ofte være praktisk og økonomisk at præfabrikere bjælkerens endestykker i en specialform, indeholdende alle forankringscylindre og den ekstraarmering, der kræves for at fordele forankringskræfterne (fig. 123).

Dywidag-systemet benytter som armering enkelte stålstænger - i almindelighed med en diameter på 26 mm og en brudstyrke på 105 kg/mm^2 . Armeringsstængerne, der normalt leveres i længder på indtil 18 m, er forsynet med specialgevind i begge ender, der dels benyttes under opspænding og forankring og dels muliggør, at man ved hjælp af muffer kan støde armeringsstængerne til en hvilken som helst længde.

Ligesom ved Freyssinet-systemet anbringes armeringsstængerne (inden placeringen i formen) inden i tynde blikrør, hvis diameter er en ca. 3-4 mm større end armeringsstængerens.

Inden udstøbningen placeres forankringsplader eller -klokker, der er således dimensioneret, at forankringszonen ikke behøver at forstærkes med ekstra armering. På kabelstængerne skrues møtrikker.

Når betonen har opnået tilstrækkelig styrke, forlænges kabelstængens aktive ende - d.v.s. den hvorfra opspændingen skal foretages - med en

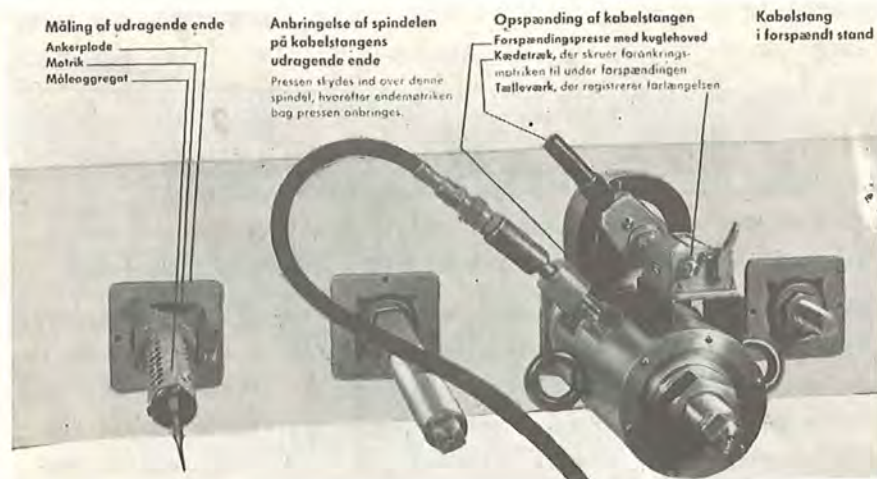


Fig. 126
Materiel til opspænding af Dywidag-stænger (58)



Fig. 127
"Fri frembygning" med sektioner udstøbt in situ og med hjælpestillads (57)

spindel, og en donkraft føres ned over denne. Spindelen forankres mod stemplet, og dets cylinder bringes til at støtte på forankringspladen (fig. 126).

Under opspændingen skrues selve forankringsmøtrikken efterhånden til. Dette gøres ved hjælp af et kædetræk og et håndtag, der sidder på donkraften. Kædetrækket er forbundet med et tælleværk, hvorpå møtrikkens vandring kan aflæses, medens stålets spænding kan kontrolleres gennem aflæsning på et manometer. Stålet er således til enhver tid praktisk talt forankret, og man har fuld kontrol over forlængelser og spændinger.

Kabelstængerne leveres normalt fra værket med gevind, således at man ved bestillingen må opgive den nøjagtige længde, hvad der kan skabe vanskeligheder, f.eks. når leveringstiden er lang, eller transportforholdene er besværlige. Det er ligeledes en ulempe ved systemet, at brudspændingen for stålet er væsentlig lavere end for de tråde, der normalt anvendes til trådkabler. Til gengæld undgås det spændings-tab, der må påregnes ved låsningen af kileforankrede trådkabler, og systemet er derfor bedre egnet til opspænding af korte jern. Dette kan f.eks. have betydning ved tværsammenspænding af flere ved siden af hinanden liggende bjælker.

Systemet har ligeledes vist sig velegnet til udførelse af broer ved "fri frembygning" (fig. 127). Brofaget inddeles i sektioner af ca. 3 m længde, og formen til en sektion udkrages fra den foregående sektion. Når betonen har opnået tilstrækkelig styrke, spændes en del af stængerne, således at den sidste sektion bliver spændt sammen med den foregående. Foruden disse stænger er andre ført gennem de foregående sektioner uden at blive spændt. Disse forlænges for hvert andet afsnit med 6 m ved hjælp af skruemuffer og spændes over en større længde ad gangen.

Ved at anvende hurtighærdnende cement kan stængerne spændes efter ca. tre dages forløb. Når det samme arbejds hold arbejder skiftevis på den ene og den anden ende af faget, kan der således færdiggøres en sektion hver 3. dag.

245-3 Økonomi.

Ved anvendelse af spændbeton i stedet for almindelig jernbeton kan man udføre konstruktionerne med mindre konstruktionshøjde og mindre egenvægt. Selvfølgelig om udgifterne til materialer og arbejds løn pr. materialeenhed er højere for spændbeton, kan en totalbesparelse dog fremkomme. Konstruktionen er lettere, hvilket medfører en mindre kraftig underbygning, man kan reducere eller eliminere udgifterne til stilladser, ved bygningsarbejder kan man klare sig med mindre kraner, ved pælearbejder behøver man ikke så kraftige rambukke o.s.v.

Erfaringerne synes at vise,

at bjælkebroer med en spændvidde på mere end ca. 25 m udføres fordelagtigst med efterspændte bjælker,

at det for broer mellem 75 og 250 m spændvidde bør overvejes at benytte fri frembygning,

at industribygninger med forholdsvis lille højde og stor spændvidde kan udføres økonomisk i spændbeton,

at det er fordelagtigt at anvende for-opspændt beton til pæle over ca. 15 m længde, og

at udførelsen af beholdere er et felt, hvor anvendelse af spændbeton i høj grad kan være aktuel.

Da spændbeton er så forholdsvis ny, er det meget begrænset, hvad der findes af erfaringsmateriale med hensyn til økonomi. De ovenfor nævnte opgivelser må derfor benyttes med forsigtighed, men de skulle dog kunne antyde, i hvilken retning udviklingen går.

245-4 Arbejdsydelser ved opspænding.

Som grundlag for vurdering af arbejdsydelserne ved de for spændbeton specielle arbejdsprocesser kan benyttes de nedenfor angivne oplysninger om mandtimeforbrug. Det skal bemærkes, at disse i alt væsentligt er indhentet fra leverandører af opspændingsmaterialer og -materiel.

For-opspændt beton:

For-opspænding af armering samt fremstilling og anbringelse af de nødvendige afstandsholdere, ialt ca. 120 mh/t.

Efterspændt beton.

Freyssinet-systemet: tildannelse og anbringelse af kabler og kabelrør, udførelse af opspænding og injicering

Kabellængde	12/5 kabler		12/7 kabler	
	360 mh/t	7 mh/stk	240 mh/t	9 mh/stk
10 m	230 -	9 -	155 -	11 -
20 -	180 -	10 -	125 -	13 -

Disse mandtimeforbrug kan regnes at fordele sig med 40% til anbringelse af kabler og kabelrør samt 60% til opspænding og injicering.

Dywidag-systemet: anbringelse af kabler og kabelrør, udførelse af opspænding og injicering, ialt ca. 140 mh/t, som fordeles sig som anført under Freyssinet-systemet.

Det skal bemærkes, at der i ovenstående afsnit om spændbeton er fulgt den af professor dr. techn. Troels Brøndum-Nielsen i "Spændbeton" anvendte terminologi.

246 UNDERVANDBETON246-0 Generelt.

Undervandsbeton anvendes i stort omfang til udstøbning af bundlag inden for fangedæmninger, således at disse kan tørlægges.

Dette bundlag indgår ofte som en del af den permanente konstruktion f.eks. som bund i tørdokke og pille-fundamenter eller til fordeling af lasten over et pælefundament.

Da betonen efter byggegrubens lænsning i reglen skal kunne modstå et opadvirkende vandtryk, vil der undertiden være tale om lag af adskillige meters tykkelse. Hvis byggegruben er stor, kan det derfor dreje sig om meget store betonmængder.

Den vigtigste betingelse for et godt resultat af en undervandsstøbning er, at cementen ikke udvaskes under støbningen. Det er derfor nødvendigt, at fangedæmningen er så tæt, at der ikke er strømninger i vandet.

Ved enhver undervandsstøbning vil der samle sig et lag cementslam på overfladen af betonen, og man bør derfor altid forsøge at tilrettelægge støbearbejdet således, at det kan gennemføres uden afbrydelser.

Hvis det har været nødvendigt at standse støbningen så længe, at betonen er begyndt at binde af, må slamlaget fjernes, inden støbningen kan fortsættes. Dette kræver dykkerarbejde, der både koster tid og penge, og som derfor bør undgås.

Undervandsstøbning udføres i praksis på tre måder: med klappkasse, med rør eller ved injektion.

246-1 Støbning med klappkasse.

Denne metode har tidligere været den almindeligst anvendte, men træder mere og mere i baggrunden til fordel for de andre.

Klappassen må kunne lukke vandtæt forneden og være forsynet med dække foroven - ofte et stykke sejldug, der holdes på plads af jernstænger. Kassen sænkes forsigtigt ned på bunden, og bundklapperne åbnes langsomt, således at betonen kan flyde jævnt ud. Støbningen påbegyndes i fangedæmningsens ene ende med udstøbning af en strimmel i hele bredden; derefter fortsætter man med næste strimmel på en sådan måde, at cementslammet stadig skubbes fremad. Samtidig kan man forsøge med en mammutpumpe at fjerne slammet fra foden af skråningen.

Under normale forhold kan man regne med, at det vil tage 2-4 timer, før betonen begynder at afbinde, og støbningen af en strimmel må derfor kunne udføres indenfor denne tid.

Da det ved støbning med klappasser er vanskeligt at kontrollere udstøbningen, og man derfor ikke kan være sikker på betonens kvalitet, er man for større og vigtigere arbejder gået over til at benytte støbning gennem rør eller ved injektion.

246-2 Støbning gennem rør (Contractor-metoden).

Ved denne metode anvendes rør med en diameter på 20-30 cm ophængt således, at de kan løftes og sænkes med håndspil. Røret sænkes ned til bunden. Efter at det er blevet fyldt med beton, løftes det nogle få centimeter. Derved presses den ved fyldningen anvendte prop ud, og betonen løber ud over bunden (fig. 128). Når støbningen er påbegyndt, må rørenden hele tiden holdes neddykket i betonen. Ved at løfte eller sænke røret lidt, kan man regulere den fart, hvormed betonen strømmer ud og således sikre sig, at røret ikke tømmes for beton. Man støber således stadig et stykke under betonens overflade, og den først støbte beton bliver løftet op som et låg, der beskytter den

Fig. 128. Contractor-metoden.

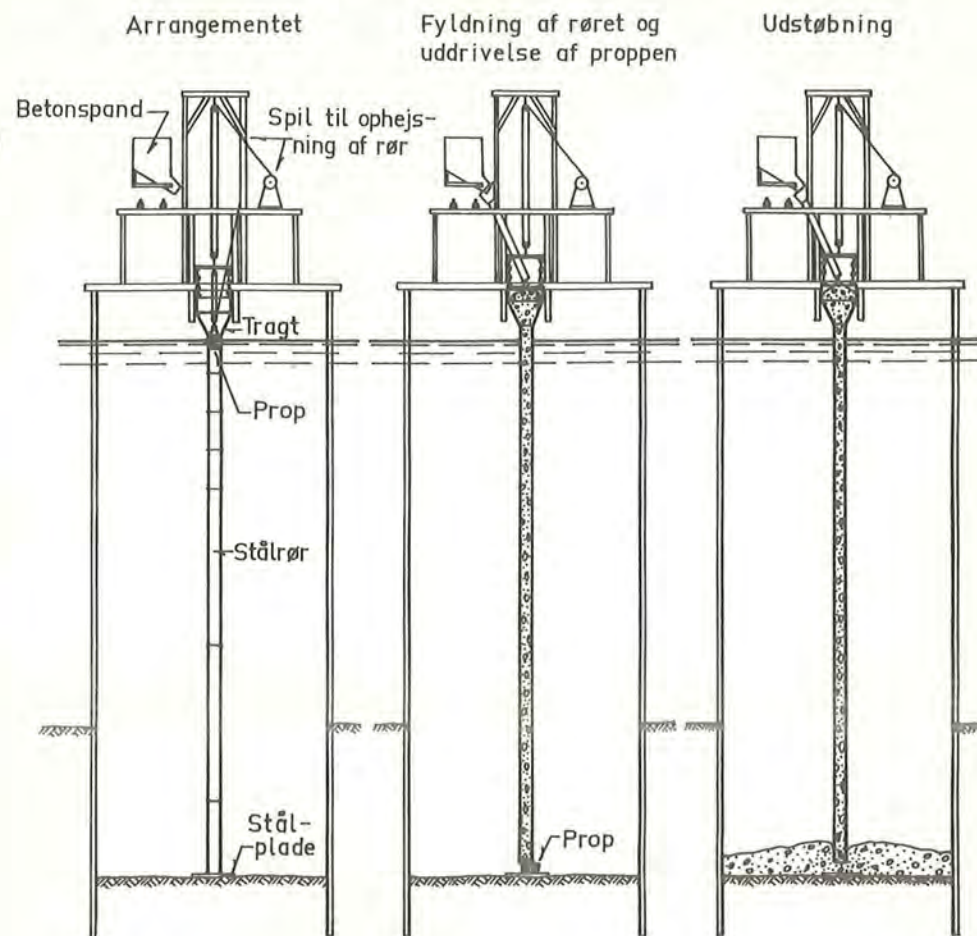
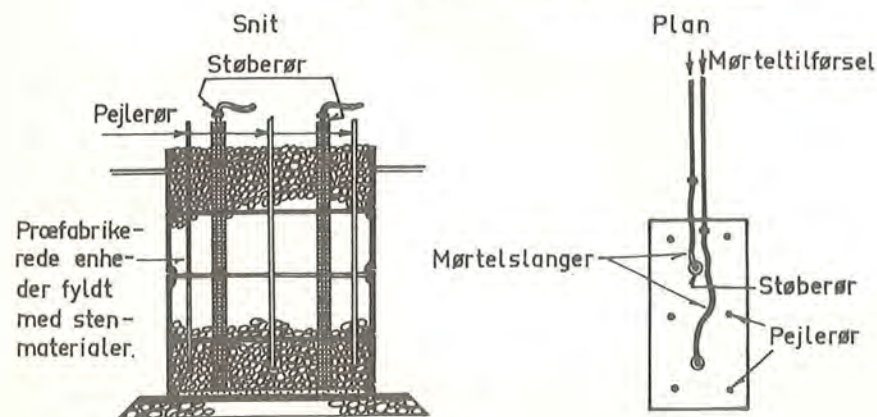


Fig. 129. Prepac-metoden.



senere støbte mod udvaskning. Dette øverste lag vil stille sig med en hældning bort fra røret på ca. 1:6-1:10 svarende til betonens konsistens.

Støbningen kan udføres på to måder:

1. Fundamentet inddeles i sektioner på 25-35 m² ved hjælp af forme, der anbringes af dykker. Hver sektion støbes gennem eet rør.
2. Der anbringes rør med en afstand af 4-6 m, og støbningen foregår gennem alle rør samtidig.

Ved den første metode opnås den bedste kvalitet af betonen, idet cementslammet løftes som et låg uden risiko for iblanding af slam fra andre rør. Metoden kræver forholdsvis beskedne støbeinstallationer - til gengæld er forarbejdet væsentligt dyrere end almindeligt formarbejde, idet det helt eller delvis må udføres som dykkerarbejde.

Den anden metode fordrer indsats af materiel og arbejdskraft proportionalt med byggegrubens areal, og man risikerer forurening af betonen med cementslam. Man undgår imidlertid forarbejdet, og støbearbejdet kan foregå hurtigere.

Hvilken metode, der skal benyttes, må afgøres på grundlag af de krav, der stilles til betonen, den støbekapacitet der disponeres over, tidsplanen o.s.v.

Efter støbningen tørlægges byggegruben, og det øverste lag fjernes, idet dette væsentligst består af cementslam - i reglen i en tykkelse mellem 10 og 20 cm. Hvis støbningen er vel udført, kan man under dette lag forvente en beton af lige så god kvalitet som en beton støbt på land.

Under hensyn til overfladehældningen, der aldrig kan forudberegnes nøjagtigt, og slamlaget, hvis tykkelse er usikker, bør undervandsstøbning ikke udføres i tynde lag; man kan regne med, at tykkelsen i almindelighed ikke bør være mindre end ca. 1.5-2.0 m.

246-3 Støbning ved injektion.

Efter denne udstøbningsmetode udlægges først stenmaterialerne, og derefter pumpes der mørtel ind imellem stenene. Herved opnås, at kun 40% af materialerne skal blandes, medens de resterende 60% fyldes direkte i formen.

Mørtelen består af en kolloidopløsning med stor vægtfylde, således at sandskornene holdes svævende, indtil mørtelen binder af.

Mørtelen blandes på specielle blandemaskiner kombineret med pumper, der bringer mørtelen på plads.

Fremgangsmåden er følgende (fig. 129): først anbringes det nødvendige antal støberør samt et større antal pejlerør til bestemmelse af mørteloverfladen. Stenene fyldes derefter i formen, støberørene forbindes med pumperne, hvorefter mørtelen pumpes ned.

Metoden har i de senere år fundet stor anvendelse både til undervandsstøbning i fundamenter og in situ pæle samt til fremstilling af beton, der er så kraftigt armeret, at normal udstøbning er vanskelig.

Endnu udføres støbning ved injektion i almindelighed af specialfirmaer under deres metodebetegnelse f.eks. "Prepact" og "Colcrete", men metoden har vist sig så anvendelig, at den sikkert i løbet af nogle år vil overgå til almindelig brug. Det kan nævnes, at metoden er benyttet ved funderingen for Machinac-Broen, et af de største funderingsarbejder i U.S.A. Der er her udført 270.000 m³ undervandsbeton efter Prepact-metoden - i de største piller blev der udstøbt 55.000 m³ med en ugentlig ydelse på 16.000 m³.

246-4 Arbejdsydelser ved undervandsstøbning.

Som udgangspunkt for en vurdering af arbejdsydelserne ved undervandsstøbning kan mandtimeforbruget ved støbning gennem rør (Contractor-metoden) sættes til 2-4 mh/m³. Heri er ikke medregnet eventuelt formarbejde, der som tidligere nævnt er væsentligt dyrere end almindeligt formarbejde.

3 A N V E N D E L S E S O M R Å D E R

	Side
30 <u>HJÆLPEKONSTRUKTIONER</u>	
Indholdsfortegnelse	218
31 <u>ANLÆG FOR LANDTRAFIK</u>	
Indholdsfortegnelse	235
32 <u>VANDBYGNING</u>	
Indholdsfortegnelse	254
33 <u>DÆMNINGER OG VANDKRAFTANLÆG</u>	
Indholdsfortegnelse	277
34 <u>LEDNINGSARBEJDE</u>	284
35 <u>BYGNINGSARBEJDE</u>	
Indholdsfortegnelse	285

I de foregående afsnit er der givet en oversigt over det materiel, der benyttes til anlægsarbejde, og over de metoder, der anvendes ved udførelsen af de forskellige kategorier af arbejde - jordarbejde, betonarbejde o.s.v.

I dette afsnit er det hensigten at give en kort oversigt over de vigtigste typer af anlægsarbejde: veje, broer, havne o.s.v.

Som et særligt afsnit er medtaget en redegørelse for udførelsen af de hjælpekonstruktioner - byggegruber, stilladser o.s.v. - der hyppigst benyttes ved anlægsarbejde, og som i sig selv omfatter flere kategorier af arbejde.

Oversigten er ikke detailleret og må nærmest opfattes som en samling "stikord" med henvisninger til indholdet af afsnittene om materiel og udførelsesmetoder og til de i litteraturfortegnelsen nævnte publikationer.

30 HJÆLPEKONSTRUKTIONER

	Side
301 BYGGEGRUBER	219
301-0 Generelt	219
301-1 Byggegruber på land	219
301-11 Byggegruber med fri skråning	219
301-12 Byggegruber med indfatning .	219
301-2 Byggegruber på vand	223
301-21 Mindre byggegruber	223
301-22 Større byggegruber	227
302 STILLADSER	229
302-1 Facadestilladser	229
302-2 Rammestilladser og transportbroer .	230
302-3 Buestilladser	231
303 MIDLERTIDIGE DOKKER OG BEDDINGER	231

30 HJÆLPEKONSTRUKTIONER301 BYGGEGRUBER301-0 Generelt.

Hvor et bygværk skal føres ned under terræn, må der udføres en byggegrube. Dennes begrænsning kan enten være en fri skråning eller en indfatning med tilhørende afstivning. I mange tilfælde må byggegruben kunne lænses for vand.

Da der er afgørende forskel på, hvorledes byggegruber udføres på land og på vand, vil de i det følgende blive behandlet hver for sig.

301-1 Byggegruber på land.

301-11 Byggegruber med fri skråning. Under forudsætning af at der findes den nødvendige plads, og at der ikke foregår vandtilstrømning gennem skråningerne, kan byggegruben begrænses af en skråning med en sådan hældning, at farlige jordskred ikke kan indtræffe.

Ved større dybder må der ofte træffes foranstaltninger mod udskridning som følge af belastninger nær ved kanten, rystelser, udtørring eller regn. Efter jordens art og de lokale forhold kan man udføre skråningen med banketter, beklæde den med græstørv eller asfalt, indlægge stendræn eller udføre overvandsgrøfter eller lignende.

Også hvis byggegrubens bund ligger under grundvandsspejlet, kan man ofte undgå indfatninger ved udførelse af en grundvandssenkning (fig. 130), (afsnit 235).

301-12 Byggegruber med indfatning.

Rendegravning. Ved rendegravning uden indfatning vil den jordmængde, der skal udgraves og tilbagefyldes, være uforholdsmæssig stor. Hvis dybden er mere end ca. 1.25 m, vil man derfor i almindelighed benytte en indfatning (afstivning).

Den simpleste - men også svageste - form for afstivning er klemmer d.v.s. to lodrette planker (spændplanker), der anbringes overfor



Fig. 130

Grundvandssenkning med wellpointanlæg ved byggegrube uden indfatning (68)

Den punkterede linie i venstre side af udgravningen viser det oprindelige grundvandspejls højde

hinanden og holdes i spænd med en eller to spændbomme. Afstanden mellem klemmerne afhænger af jordens art, men bør dog aldrig være mere end ca. 1.5 m. Metoden bør ikke anvendes ved større dybder end ca. 2 m.

Den normale afstivning ved rendegravning består af to planker (stræk) anbragt vandret i graven overfor hinanden og holdt i spænd af tværgående spændbomme. Bag strækplankerne er der ud for hver spændbom anbragt en lodret spændplanke. Hvor jordens karakter kræver det, anbringes yderligere lodrette afstivningsplanker bag strækkene. Disse planker kan være anbragt spredt eller tæt afhængigt af udskridningsfaren og vandtilstrømningen (fig. 131).

Større byggegruber. Ved større byggegruber og herunder især sådanne, der skal føres ned til større dybder, vil man i reglen af pladshensyn være nødt til at anvende indfatninger. Da der i de fleste tilfælde vil være vandtilstrømning, vil man i almindelighed benytte spunsjern.

Ved spunsjernsindfatninger er fremgangsmåden den, at spunsjernene rammes til fuld dybde, forinden udgravningen påbegyndes. Inden udgravningen er ført ned til en sådan dybde, at spunsjernene har nået deres maximale tilladelige belastning, anbringes den øverste afstivning bestående af stræk og spændbomme samt kiler mellem stræk og spunsjern. Derefter kan udgravningen fortsætte. Efterhånden som udgravningen bliver dybere anbringes supplerende afstivningsrammer i det omfang, som belastningen på spunsvæggen gør det nødvendigt.

Afstivningerne udføres af tømmer eller stål. Tømmer er det nemmeste materiale at arbejde med, men ved store og dybe gruber vil træafstivninger optage så megen plads, at arbejdet i høj grad vanskeliggøres (fig. 132). I sådanne tilfælde vil man foretrække at anvende stål, selv om den direkte udgift hertil muligvis kan blive større. Merudgiften modsvares af de bedre arbejdsforhold ved udgravningsarbejdet (fig. 133).

Udgravningen udføres i reglen med grøfter langs spunsvæggene. Grøfterne leder det indsvivende vand til en pumpeump, hvorfra det pumpes op.

Når byggegruben er færdig, kan udførelsen af det egentlige bygværk påbegyndes. Efterhånden som dette arbejde skrider frem nede i

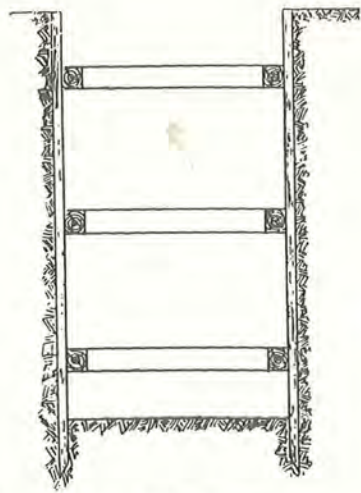


Fig. 131 Afstivning for rendegravning med stræk og spændbomme (11)

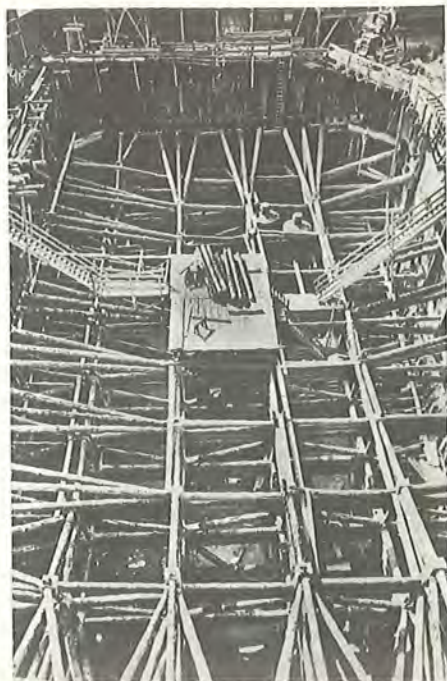


Fig. 132 Byggegrube med tømmerafstivning (30)



Fig. 133 Byggegrube med stålafstivning (45)

byggegruben, kan det ofte være nødvendigt at fjerne de nederste spændbomme. Dette må dog første ske efter, at de tilsvarende stræk er blevet afstivet mod den færdige konstruktion eller tilsvarende foranstaltninger er foretaget.

Alt arbejde med afstivning af en byggegrube må udføres med den største omhu og forsigtighed. Da jordens beskaffenhed kan være stærkt varierende, og en vurdering af belastningen på spunsvæggen derfor forbundet med en vis usikkerhed, bør dimensionering af afstivninger altid ske med en rigelig sikkerhedsmargin.

Meget store byggegruber. Når bredden af byggegruben overstiger ca. 30 m, vil det i reglen være uøkonomisk at udføre tværafstivningerne, som beskrevet ovenfor.

Der kan i så fald være tale om at forankre spunsvæggene bagud på tilsvarende måde som ved kajer, eller der kan benyttes skråstivere til at overføre trykket fra strækkene til bunden af byggegruben (fig. 134).

Undertiden kan man med fordel udføre et bygværks ydervægge i render, der udgraves før selve byggegruben. Ydervæggene kan da virke som støttemure indenfor hvilke, det resterende udgravningsarbejde kan foretages.

En lignende fremgangsmåde er benyttet ved udførelse af tunnelbaner (f.eks. i Milano) og gadeudfletninger (f.eks. Hyde Park Corner i London). Væggene blev her udført ved benyttelse af thixotrop bore-slam, som beskrevet i afsnit 233-12. Da byggegruberne ikke var bredere, end at der kunne anbringes tværafstivninger (ståldragere), var væggene dog ikke dimensioneret som fritstående støttemure (fig. 135).

301-2 Byggegruber på vand.

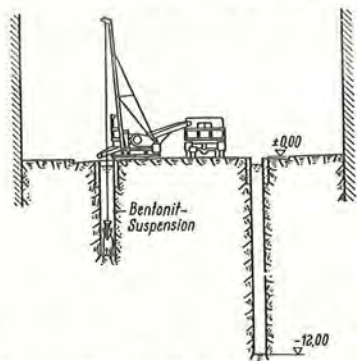
301-21 Mindre byggegruber f.eks. for bro piller og lignende udføres i almindelighed med spunsvægge, der afstives med afstivningsrammer. Disse er i princippet udformet på tilsvarende måde som for byggegruber på land; men medens man her rammer spunsvæggen og derefter anbringer afstivningerne, begynder man ved arbejder på vand med at anbringe afstivningerne. Disse benyttes derefter til støtte for og fastgørelse af spunsjernene, indtil det sidste jern er rammet og spunsvæggen lukket.



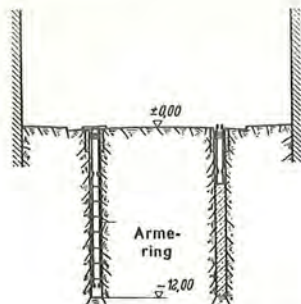
Fig. 134 Afstivning af spunsjernsindfatning (31)

Fig. 135

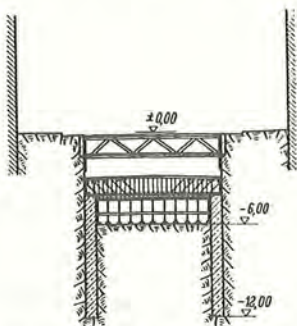
Udnyttelse af sidevæggene som støttemure for den resterende udgravning (30)



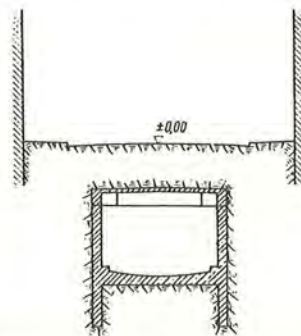
a. Udgravning af render til væggene



b. Udstøbning af væggene efter Constructor-metoden



c. Udgravning i fuld bredde til kote-6. Støbning af tunnelloft



d. Udgravning under tunnelloft. Støbning af tunnelbund

Afstivninger kan anbringes fra et stillads. På dette samler man først den nederste afstivning, sænker den til rigtig dybde og fastgør den til stilladset. Derefter fortsættes opefter med de øvrige afstivninger. Når alle afstivningsrammer er anbragt, plantes spunsjernene hele vejen rundt. Eventuelt må man benytte et specielt fremstillet passtykke for at få ringen lukket. Samtidig med plantningen rammes jernene et lille stykke ned i bunden, hvorefter de fastgøres til stilladset eller til den øverste afstivningsramme (fig. 136).

Når alle jern er plantet, rammes de til endelig dybde. Lønsning af byggegruben kan derefter påbegyndes. I starten må der anvendes stor pumpekapacitet, idet spunsvæggen da er utæt. Når vandstanden er sunket ca. 10 cm, er trykforskellen blevet så stor, og væggen derved så tæt, at pumpearbejdet bliver lettere. Mindre utætheder kan ofte tætnes ved at kaste en blanding af træ- og kokssmuld i vandet lige uden for spunsvæggen. Smuldet suges med vandet ind i utætheden, hvorved denne lukkes i tilstrækkelig grad.

Hvis et spunsjern under ramningen støder på en sten, må man ikke forcere ramningen, da man i så fald kan risikere at ødelægge jernet. Man må i reglen med dykkerassistance forsøge at grave stenen fri og derefter fjerne den. Er dette umuligt, kan man eventuelt ramme nogle spunsjern i en bue uden om stenen og fylde ler eller beton i hulrummet mellem spunsvæggen og de ekstra jern.

I stedet for at montere afstivningerne fra et stillads, kan de undertiden udføres på land som et stativ, som spunsjernene hægtes på. Stativet med spunsjernene bringes da på plads med en flydekran (fig. 137). Såfremt flydekranen ikke har tilstrækkelig løftekapacitet forsynes stativet med pontoner og flydes på plads.

Hvor udgravningen er så dyb, at der kræves en afstivningsramme anbragt under den oprindelige bund, vil man i reglen forsøge at uddybe mest muligt, inden stilladser og afstivninger anbringes, idet det er meget vanskeligt at anbringe en ekstra afstivningsramme, efter at de overliggende rammer er anbragt. Kan en sådan uddybning af en eller anden årsag ikke foretages, må man overveje at benytte sænkebrønde (afsnit 234-2).

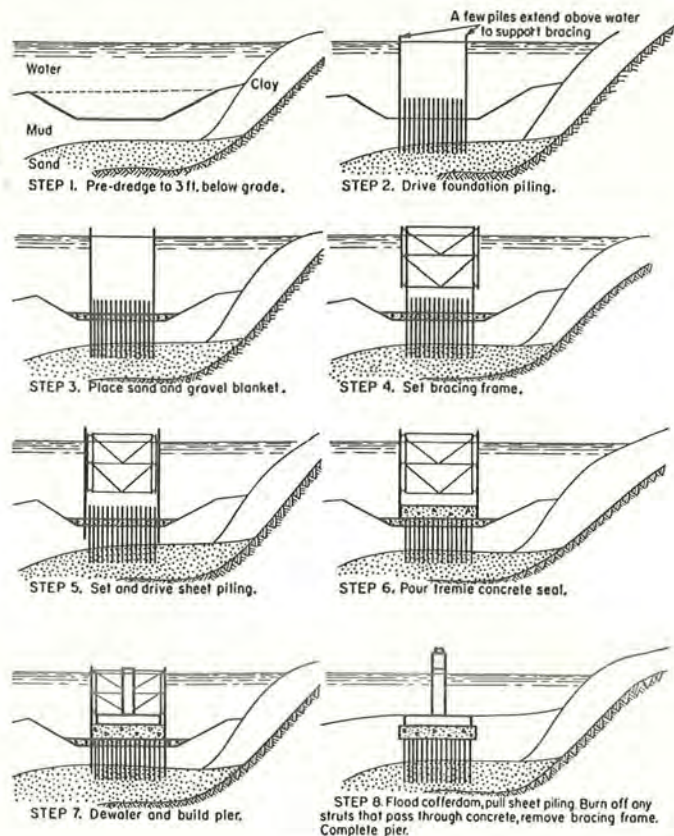


Fig. 136 Udførelse af pille inden for fangedæmning (29)



Fig. 137 Anbringelse af afstivningsramme for cirkulær spunsvæg (45)

301-22 Større byggegruber forekommer f.eks. ved udførelsen af havnebassiner, i tørlagte byggegruber eller ved bygning af dæmninger over floder.

På grund af byggegrubernes størrelse kan tværafstivninger ikke anvendes, og indfatningsvæggene må derfor udføres på en sådan måde, at de er stabile i sig selv.

Der findes en række forskellige metoder til løsning af denne opgave, og de almindeligst benyttede af disse vil blive omtalt i det følgende.

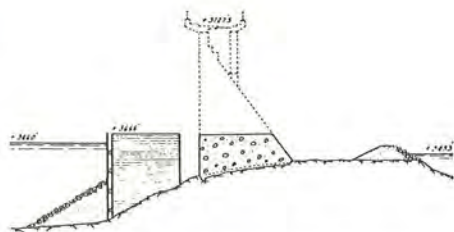
Jorddæmninger kan anvendes, hvor de hverken under eller efter udførelsen bliver udsat for stærk strøm- eller bølgepåvirkning. Dæmningen bygges ud fra land, og jordopfyldningen foregår i almindelighed ved endetipning. Dæmningen må derfor have en kronebredde, der svarer til det anvendte transportmateriel. Hvor det kan forventes, at vandet vil angribe skråningerne, beskyttes disse med en stenkantning. Såfremt fyldmaterialet er meget groft, lægges der ofte et lag ler eller asfalt på ydersiden af skråningerne for at formindske vandgennemstrømningen.

Stendæmninger anvendes, hvor strøm og bølger er for kraftige til at jorddæmninger kan modstå dem. De udføres på samme måde som jorddæmninger. For at forhindre vandgennemstrømning anbringes et filter af sortererede materialer med en passende gradering. Hvor det er muligt, placeres filtret på ydersiden af dæmningen, men der kan forekomme tilfælde, hvor det er nødvendigt at anbringe det på indersiden.

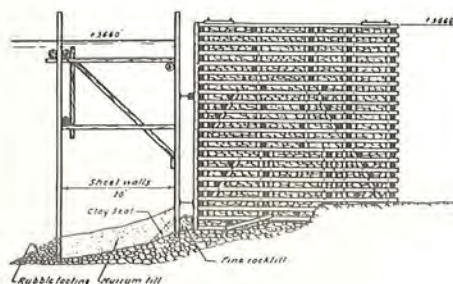
Tømmerkister. Hvor strømmen er meget kraftig og bunden hård, benyttes stenfyldte tømmerkister, der enten er plankebeklædte på ydersiden eller tjener som afstivning for en jernspunsvæg, således at vandgennemstrømning kan forhindres. Fig. 138a viser et profil af fangedæmninger i Nilen ved Owen Falls. På nedstrømsiden findes en stenkledt jorddæmning og på opstrømsiden de tømmerkister med spunsvæg, der er vist på fig. 138b og 138c. Fig. 139 viser den lænsede byggegrube. Tømmerkister er særlig egnet, hvor der er risiko for, at vandet vil stige op over fangedæmningsens top, idet tømmerkisterne tåler dette væsentlig bedre, end stendæmninger gør.

Det kan ofte være meget vanskeligt at skaffe tilstrækkelig tæthed mellem fangedæmningen og bunden, navnlig hvis denne består af groft

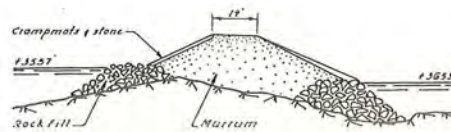
Fig. 138 Fangedæmninger ved Owen Falls (18)



a. Profil af fangedæmningerne



b. Spunsvæg støttet af tømmerkister



c. Stenklædt jorddæmning



Fig. 139 Tørslagt byggegrube ved Owen Falls (18)

materiale. Undertiden udlægges man derfor et tæppe af ler ved fangedæmningens fod. I andre tilfælde graves der bag denne en afskærende grøft, hvorfra man forsøger at skaffe vandet bort ved pumpning. Under ekstreme forhold kan det blive nødvendigt at opføre en ekstra fangedæmning indenfor den første eller at anvende en af de i afsnit 232-32 omtalte metoder til dybdestabilisering.

Spunsjernfangedæmninger benyttes, hvor bunden er egnet til ramning.

På små vanddybder anvendes en enkelt række spunsjern. Disse afstives f.eks. ved hjælp af pælebukke, der rammes med passende afstand og forbindes med stræk, imod hvilke spunsjernene støtter.

På noget større vanddybder anvendes to rækker spunsjern, der forbindes med ankre. Mellemlummet udfyldes med jord, fortrinsvis sand eller grus, der ikke vaskes ud gennem væggen. Spunsjernene rammes i reglen fra et stillads, der samtidig virker som rammelære, og hvortil jernene midlertidigt kan fastgøres. Stilladset anvendes også til transport af fylden.

Ved store vanddybder og kraftig strøm eller bølgepåvirkning udføres en cellefangedæmning af spunsjern. Fangedæmningen fremstilles ofte ved, at en kran, der står på den sidst udførte celle, først placerer en forud fabrikeret rammelære (fig. 136), som fastgøres til pæle, der enten er rammet i forvejen eller rammes samtidig med anbringelsen af rammelæren. Derefter plantes spunsjernene, begyndende på opstrøms-siden, og når ringen er sluttet, rammes jernene til den ønskede dybde. Endelig fyldes cellen med passende materiale samtidig med, at rammelæren fjernes.

302 STILLADSER

Ordet stillads dækker over et stort antal hjælpekonstruktioner som f.eks. facadestilladser, rammestilladser, stilladsbroer og montagestilladser for stål-, sten- og betonkonstruktioner.

302-1 Facadestilladser.

Facadestilladser udføres af træ eller stålror.

Træstilladser fremstilles med en eller to stolperækker, rideplanker, strøer samt de nødvendige afsværtninger og afdækninger. Stilladset

indeholder normalt 1-1.5 cbf træ pr. m^2 facade og kan under almindelige omstændigheder anvendes 6-7 gange. Til opstilling, nedtagning og rensning medgår ca. 0.5 mh pr. m^2 facade.

Stålrørstilladser anvendes i udlandet i meget stor udstrækning til facadestilladser - helt op til 100 m højde. Her i landet har de derimod haft vanskeligt ved at vinde indpas.

Stålrørene, der har en diameter på $1\frac{1}{2}$ "-2" sammenspændes med specielle fittings. Materialerne lejes i reglen hos specialfirmaer. Størrelsesordenen af den månedlige leje er her i landet ca. 2 kr. pr. m^2 facade, og arbejdskraftforbruget til opstilling og nedtagning kan skønsmæssigt ansættes til 0.3-0.4 mh pr. m^2 facade.

302-2 Rammestilladser og transportbroer.

Disse benyttes dels ved arbejder på vand og dels ved udførelsen af viadukter og dæmninger over dybe dale.

De må i hvert enkelt tilfælde afpasses efter de lokale forhold og belastninger. Hvor det ikke drejer sig om meget store belastninger, forsøger man i reglen at udføre stilladserne som tømmerkonstruktioner, der muliggør en let og hurtig montage. Transportbroer til f.eks. større dæmningsanlæg, hvor der skal transporteres betonspande af op til 15 t vægt og de dertil svarende kraner, må derimod udføres som stålkonstruktioner.

Rammestilladser, der udføres på vand, er i almindelighed pølekonstruktioner. Ramningen foretages enten med en cantileverrambuk eller en flydende rambuk. Overbygning og afstivning fremstilles også af træ. Materialeforbruget hertil kan være 3-5 cbf. træ og 5-15 kg bolte pr. m^2 vandret, dækket areal. Arbejdskraftforbruget vil være af størrelsesordenen 1-2 mh pr. cbf. træ.

Transportbroer samt montagestilladser for stålbroer udføres i reglen som trækonstruktioner. Træforbruget pr. m^3 ombygget rum kan anslås til 0.5-1 cbf. for lette og 1-1.5 cbf. for svære stilladser. Forbrug af bolte m.v. 15-30 kg. Arbejdskraftforbruget kan for lette stilladser ansættes til 1.5-2 mh pr. cbf. træ og for svære til 1-1.5 mh pr. cbf. træ.

Såfremt stilladset er understøttet på pøle, gælder ovennævnte materiale- og arbejdskraftforbrug eksklusive pølene, og det ombyggede rum regnes fra toppen af pølene.

302-3 Buestilladser.

For udførelse af sten- eller betonbroer fremstilledes stilladserne tidligere næsten altid af tømmer - nogle af de største og dristigste tømmerkonstruktioner, der har været udført. Fig. 140, der viser udførelsen af stilladset til en svensk bro med 4x80 m spændvidde, giver en god forestilling om det arbejde, som er forbundet med opførelsen af et sådant stillads.

Fig. 141 viser en anden udformning anvendt ved en bro med 96 m spændvidde på New Zealand.

Materialeforbruget til buestilladser kan anslås til 1-2 cbf. pr. m^3 ombygget rum, idet dette regnes fra vederlagshøjde uden hensyn til, hvorledes konstruktionen er udformet. Arbejdskraftforbruget kan anslås til 1 mh pr. m^3 ombygget rum.

Vanskeligheden ved at skaffe tilstrækkelige mængder af såvel tømmer som arbejdskraft har bevirket, at man i de senere år er gået over til at benytte stål til disse stilladskonstruktioner. Prisen på de to stilladstyper er nogenlunde ens.

Fjernelsen af et buestillads frembyder altid problemer, idet den måske på en sådan måde, at uforudsete spændinger i det færdige bygværk undgås. Stilladset må derfor understøttes på et passende antal donkrafte eller sandbøsser, og disse betjenes på en sådan måde, at bygværkets egenvægt overføres fra stillads til bue efter en forud beregnet plan. På fig. 141 ses, hvorledes et system af donkrafte er indskudt i stilladset i vederlagshøjde.

303 MIDLERTIDIGE DOKKER OG BEDDINGER

Ved udførelsen af sænkekasser, tunnelelementer o.s.v. er det ofte nødvendigt at anvende dokker eller beddinger.

Undertiden er det muligt at disponere over eksisterende anlæg, men i reglen vil det være påkrævet at udføre midlertidige installationer egnet til formålet.



Fig. 140 Buestillads til bro over Ångermanälven ved Hammar (57)

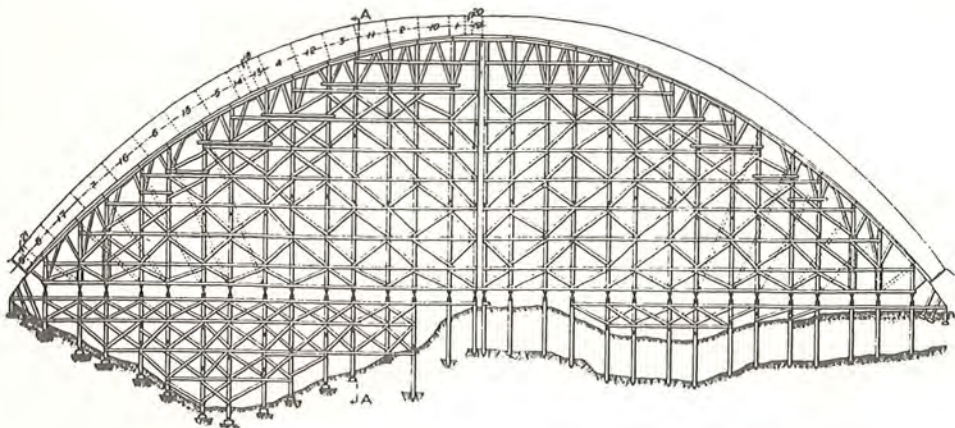


Fig. 141 Buestillads til bro i New Zealand (1)

Sænkekasser støbes i reglen på bedding til en sådan højde, at de kan svømme, hvorefter de søsættes og bygges færdige, medens de flyder. Beddingen kan være enten en byggebedding, hvor søsætningen sker ved stabelafløbning eller en ophalerbedding, hvor kassen bygges på en beddingsvogn (afsnit 324-3), (fig. 68, afsnit 234).

I stedet for bedding benyttes for mindre kasser undertiden en platform ophængt i et stillads opført på passende vanddybde. Når kassen skal søsættes, sænkes platformen med donkrafte eller skruespindler så langt ned, at kassen flyder bort (fig. 142).

Hvor forholdene tillader det, kan man anvende den på fig. 69, afsnit 234 viste fremgangsmåde, hvor kassen støbes liggende på jorden, hvorefter jorden graves eller skylles bort under kassen.

Meget store kasser og tunnelelementer støbes i almindelighed i en tørdok. En sådan kan udføres ved, at et gravet bassin - eventuelt et fremtidigt havnebassin (fig. 152, afsnit 314) - eller en havarm afspærres med en fangedæmning og tørlægges ved grundvandssænkning eller ved direkte pumpning. Når kasserne eller elementerne er færdige - eventuelt kun til en sådan højde, at de kan flyde - ledes vandet ind i byggegruben, og fangedæmningen fjernes.

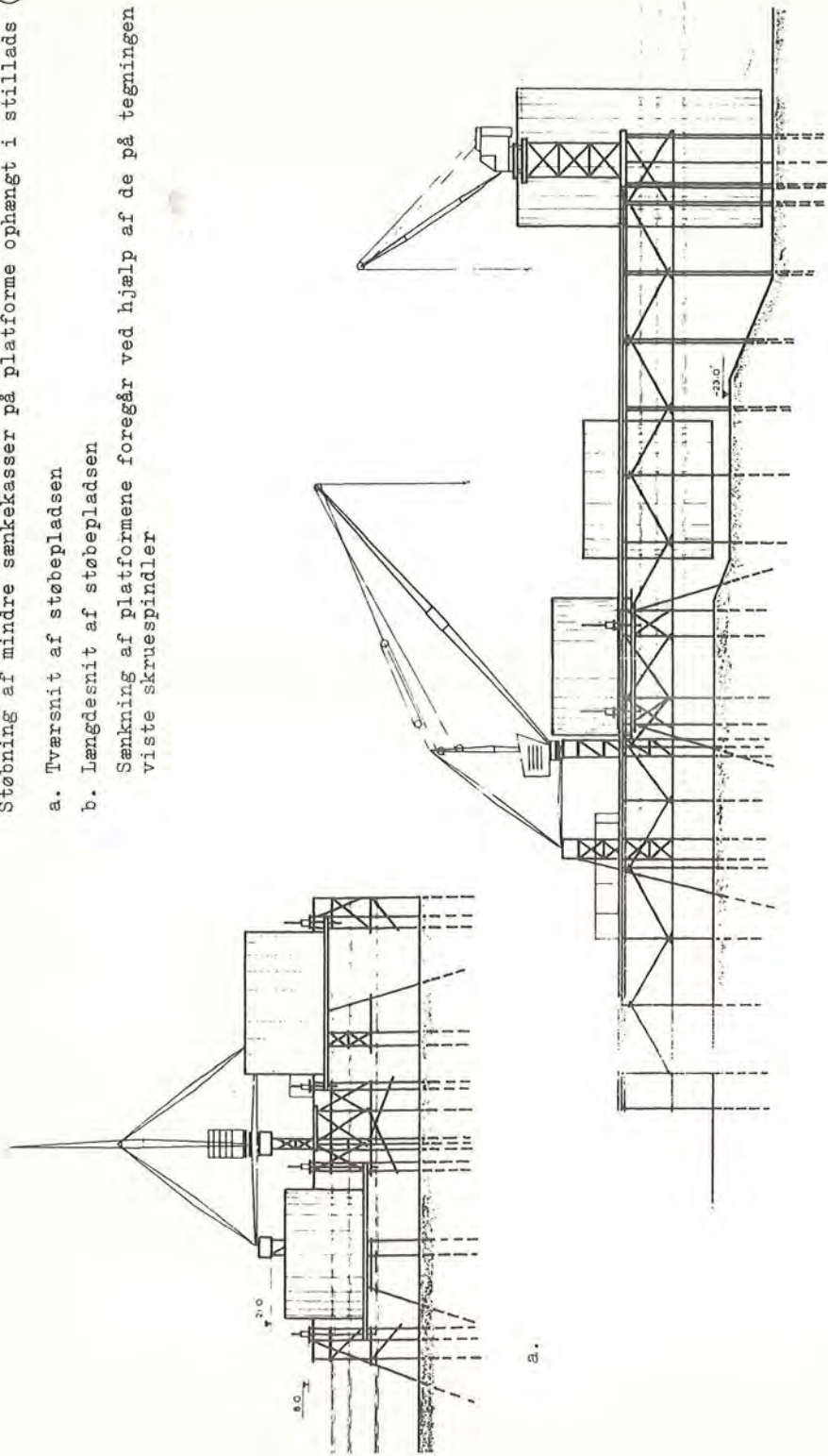
Fig. 142

Støbning af mindre sænkesser på platforme ophængt i stillads (57)

a. Tværsnit af støbepladsen

b. Længdesnit af støbepladsen

Sænkning af platformene foregår ved hjælp af de på tegningen viste skruespindler



b.

31 ANLÆG FOR LANDTRAFIK

	Side
311 VEJ- OG JERNBANEANLÆG	236
312 FLYVEPLADSER	237
313 BROER	238
313-0 Generelt	238
313-1 Underbygning	238
313-11 Direkte fundering	239
313-12 Pælefundering	239
313-13 Caissoner	241
313-14 Pilleskafter	241
313-2 Overbygning	241
313-20 Generelt	241
313-21 Overbygning udført in situ	242
313-22 Overbygning udført af elementer	243
313-23 "Fri frembygning"	245
314 FÆRDSELSTUNNELER	247
314-0 Generelt	247
314-1 Tunneler boret i klippe	247
314-2 Gravede tunneler i jord	249
314-3 Sænkning af tunnelelementer fra overfladen	249
314-4 "Cut and cover"-metoden	253

31 ANLÆG FOR LANDTRAFIK

311 VEJ- OG JERNBANEANLÆG

Det drejer sig her om arbejder med udpræget længderetning og store mængder groft jordarbejde - fordelt på en række arbejdssteder med varierende mængder og transportafstande - samt det dertil hørende komprimerings- og reguleringsarbejde.

Der vil endvidere være tale om bygning af gennemløb, mindre broer og støttemure samt udførelse af vejbelægninger eller sporlægningsarbejde.

Transportafstandene vil i reglen være relativt korte, men med ret stærke stigninger og fald. Såfremt jorden er egnet dertil, vil bulldozers og scrapers i passende størrelser være det foretrukne materiel, medens man ved hård og stenrig jord vil foretrække gravemaskiner til udgravningsarbejdet og dumpers til transporten (afsnit 213).

Undertiden vil jordmateriellets kørsel på tippen give tilstrækkelig komprimering, men er dette ikke tilfældet, må der anvendes tromling med en til jorden egnet tromletype (afsnit 215).

Antallet af gennemløb, broer og støttemure kan være betydeligt, men det enkelte objekt er som regel af mindre omfang, og til udførelsen kræves i første række transportable blandeanlæg af hensigtsmæssig størrelse samt kraner med den fornødne løfteevne og udstyret med enten larvebånd eller gummihjul efter terrænets art. Selvom de mængder, der skal transporteres, ikke er særlig store, vil der dog i almindelighed være livlig trafik til og fra det enkelte byggested, og det betaler sig derfor at sørge for gode adgangsforhold.

Til vejbelægningen eller ballasten under sporet kræves store mængder af sten og grus. Såfremt entreprenøren selv skal fremstille materialerne, må han etablere grusgrave eller stenbrud med tilhørende knuse- og sorteranlæg (afsnit 22). Endvidere må det nødvendige transportanlæg organiseres. For arbejder af nogenlunde størrelse kan det ved vejarbejde være tipvognstransport, ved jernbanearbejde almindelig jernbanetransport (afsnit 214).

Reguleringsarbejde for planum udføres med bulldozer eller grader. Sidstnævnte kan også benyttes til udførelse af grøfter. Regulering af skrånninger og beklædning af disse med muldjord udføres i de fleste tilfælde med håndkraft (afsnit 212-1).

Til vejbaner anvendes i dag i overvejende grad bituminøse belægninger på et veldrænet underlag af macadam, bundsten og frostsikker fyld. Den nærmere udformning er naturligvis blandt andet afhængig af trafikens art og undergrundens beskaffenhed, men herom henvises til speciallitteraturen.

312 FLYVEPLADSER

Opgaven er her at planere store arealer - dog som regel med små afgravnings- og påfyldningsarbejder - at sikre dræning og vandafledning, at udføre komprimering, ballastering og belægning på startbaner, parkeringsarealer m.v. samt at udføre omfattende arbejder med nedlægning af kabler (for belysning, radar og kommunikationer).

Jordarbejdet vil i almindelighed være af en sådan karakter, at det fordelagtigst kan udføres med scrapers med den nødvendige bulldozerassistance. Hvor jorden er hård, benyttes en ripper til løsning (afsnit 211).

Da der stilles store krav til komprimeringsarbejdet, vil det som regel være nødvendigt at benytte specialudstyr hertil, f.eks. fårefodstromler til lerholdig jord og vibrationstromler til sandet materiale (afsnit 215). Til planeringen benyttes graders.

Gravning af render for dræn, ledninger og kabler er af så stort omfang, at det er fordelagtigt at benytte en rendegraver (afsnit 212-4). Til den efterfølgende komprimering anvendes mekaniske stampere.

Da der stilles strenge krav til kvaliteten af de materialer, der anvendes til startbanernes belægning, og da det drejer sig om meget store mængder, må entreprenøren beherske både fremstilling, sortering og distribution af de nødvendige sten og grusmaterialer (afsnit 22). Til distributionen benyttes almindeligvis dumpers eller lastbiler.

Belægning på større flyvepladser udføres af beton eller asfalt med anvendelse af tilsvarende materiel som for vejarbejder.

På sekundære flyvepladser anvendes ofte jordstabilisering (afsnit 232-3). Uanset hvilken fremgangsmåde, der anvendes, vil der kræves en omfattende indsats af materiel både til tilførsel af materialerne og til selve belægningsarbejdet.

313 BROER

313-0 Generelt.

Selv om broer kan være af meget forskellig størrelse og karakter, gælder for dem alle, at arbejdet kan deles i to afsnit: udførelse af underbygningen (fundamenter og piller) og udførelse af overbygningen (dragere og brobane). I almindelighed fordeler udgifterne sig nogenlunde ligeligt mellem de to afsnit.

Medens f.eks. jordarbejder er udprægede massearbejder, hvor valget af de principielle arbejdsmetoder sjældent frembyder de store problemer, stiller sagen sig anderledes for broarbejders vedkommende.

Her drejer det sig som regel om arbejder, hvor mængderne er forholdsvis små i forhold til byggesummen, men hvor udførelsen kræver omfattende hjælpekonstruktioner - fangedæmninger, stilladser, løfteanordninger o.s.v. Disse hjælpekonstruktioner, eller rettere deres kombination, kan ofte udformes på meget forskellige måder, og det rette valg vil være afgørende for arbejdets økonomi og udførelsestid. Som eksempel kan nævnes spørgsmålet om, hvorvidt et brofag skal udføres in situ på stillads, om det skal bygges med "fri frembygning", eller om det skal præfabrikeres og transporteres på plads.

Udførelsesmetoderne ved broanlæg spiller derfor en større rolle end ved de fleste andre anlægsarbejder, og de forskellige muligheder må under planlægningen underkastes en detaljeret undersøgelse.

313-1 Underbygning.

En brounderbygning frembyder ofte meget komplicerede funderingsproblemer, idet opgaven her er at overføre betydelige lodrette og vandrette belastninger til grunden - i mange tilfælde på steder, hvor funderingsforholdene i sig selv er vanskelige f.eks. store vanddybder, blød bund o.s.v. Hertil kommer, at de enkelte bropiller som regel udføres på et så koncentreret område, at det er begrænset, hvor svært materiel der kan indsættes.

Arbejdet udføres efter de i afsnit 23 omtalte principper: direkte fundering, pælefundering eller caissonfundering.

313-11 Direkte fundering kan udføres i åbne byggegruber, d.v.s. uden anvendelse af trykluft, der udføres efter de i afsnit 301 omtalte metoder.

313-12 Pælefundering foretages enten med lavt pæleværk, hvor pælene afskæres tæt over bunden, eller med højt pæleværk, hvor pælene afskæres i større højde over bunden.

Ved pæleramning på vand foretrækker man normalt ramning fra stillads fremfor ramning fra flydende rambuk. Dette skyldes ikke blot, at pælene kan rammes med større nøjagtighed fra stillads, men især at det i reglen vil dreje sig om koncentrerede pælegrupper med skråpæle, der hælder i forskellige retninger, således at det vil være vanskeligt at finde en egnet flydende rambuk.

Såfremt en pille skal udføres inden for en fangedæmning af spunsjern, bør bærepælene rammes før spunsjernene. I modsat fald kan ramningen af bærepælene - og den deraf følgende komprimering af jorden (afsnit 233-44) - medføre, at spunsvæggen beskadiges og derved bliver utæt.

Lavt pæleværk. Hvor piller med lavt pæleværk udføres på vand, vil det i reglen ske inden for en spunsvæg, således at bundplade og pille kan bygges i åben byggegrube. Hvor bunden er af en sådan karakter, at det ikke er muligt at tørlægge byggegruben, indstøbes pælehovederne i en bundprop af undervandsbeton (afsnit 246) i en sådan tykkelse, at den kan modstå det opadrettede vandtryk. Fig. 136, afsnit 301 viser udførelse af en pille på lavt pæleværk.

Højt pæleværk. Ved større bropiller indstøbes pælene i en fundamentsplade, hvis underside ligger lige under lavvandslinien (fig. 143). Pælene fastgøres indbyrdes med et system af tvinger, der udføres således, at de kan understøtte formen. Denne er normalt helt eller delvis præfabrikeret. Det vil altid være et problem at udføre formarbejdet så tæt, at der ikke under udstøbningen sker en udvaskning af cementen. Fordelen ved metoden er, at man undgår etablering af spunsvægge med det dertil hørende afstivningsarbejde.

Ved mindre bropiller indstøbes pæleenderne ofte direkte i de tværbjælker, der bærer overbygningen. Hvor denne består af præfabrikerede

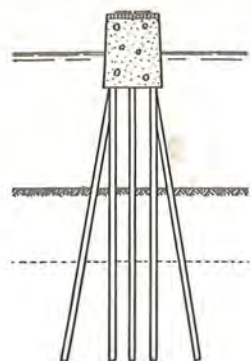


Fig. 143 Pille på højt pæleværk (12)



Fig. 144 Præfabrikeret bro på pæleåg (29)

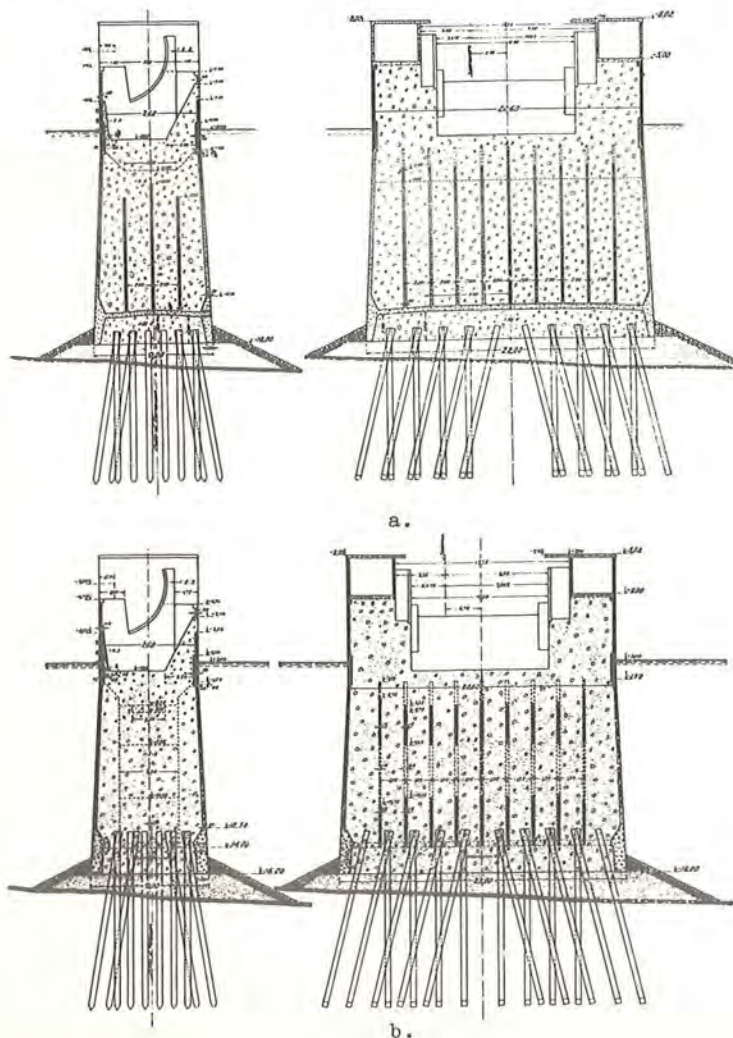


Fig. 145
Caissonfundering (3)

- a. Udførelsesmetode 1.
b. Udførelsesmetode 2.

dele, har man en konstruktion, der muliggør en meget hurtig udførelse. Ved broen over Lake Pontchartrin i U.S.A. blev de 17 m lange brofag præfabrikeret som en enhed, der blev bragt på plads ved hjælp af en flydekran (fig. 144). Ved denne metode var det muligt at gennemføre arbejdet i et tempo svarende til 500 m bro pr. uge.

313-13 Caissoner, navnlig i form af sænkebrønde, anvendes stadig ved brofunderinger under vanskelige bundforhold, selvom brugen af dem er trængt noget i baggrunden til fordel for andre funderingsmetoder (afsnit 234).

En speciel anvendelse af caissoner er som pillekrop for piller funderet på lavt pæleværk. Dette kan ske på følgende måder:

1. Der udlægges en grusbanket, hvorigennem pælene rammes således, at de rager et stykke op over banketten. En sænkekasse forsynet med arbejdskammer sænkes ned over pælene og anbringes på banketten eller på nøjagtigt afskårne træpæle. Arbejdskammeret tørlægges ved hjælp af trykluft og udstøbes med beton. Sænkekassen fyldes derefter med sand eller beton (fig. 145a).
2. Der udlægges en grusbanket, hvorpå der anbringes en sænkebrønd, der - forsynet med en træbund, som fjernes efter brøndens anbringelse - kan flydes ud. Pælene rammes enten før anbringelsen eller gennem den vandfyldte kasse. Derefter udstøbes et bundlag af undervandsbeton, og det videre arbejde foretages da i åben byggegrube (fig. 145b).

313-14 Pilleskafter. Hvor en brooverbygning understøttes på høje piller, udføres disse - især hvor det drejer sig om et større antal - enten ved hjælp af flytteforme af træ eller stål (afsnit 241-3 og 241-4) eller, specielt ved cirkulære piller, ved hjælp af glideforme (afsnit 241-6).

313-2 Overbygning.

313-20 Generelt. Indtil omkring 1950 blev næsten alle betonbroer udført på fast stillads. Stålbroer udførtes undertiden på stillads, men oftere ved "fri frembygning" eller ved, at præfabrikerede brofag eller dragere blev bragt på plads ved udkørsel eller indsvømning eventuelt kombineret med løftning.

Efter 1950, da spændbeton begyndte at vinde indpas, er det blevet muligt at udføre betonbroer på tilsvarende måde som stålbroer.

I dag udføres en del mindre broer stadig på fast stillads og i almindelig jernbeton. Mindre broer udført af elementer (undertiden af spændbeton) bliver dog mere og mere almindelige. De fleste større broer udføres nu af spændbeton - og kun med anvendelse af fast stillads under specielle forhold.

Medens de fleste større betónbroer tidligere blev udført som buebroer, synes dette ikke at være tilfældet nu.

For stålbroerne er der også sket en stærk udvikling. Gitterkonstruktionerne er i det væsentlige afløst af pladedragerkonstruktioner, og svejsning og friktionsbolte har næsten afløst nitning.

Ved mindre spændvidder udføres stålbroer normalt som bjælkebroer, ved større spændvidder som skråstagsbroer, broer med langerdragere eller buer med trækband og ved de største spændvidder som hængebroer.

Da udførelsen af stålbroer falder uden for denne fremstillings rammer, vil kun betonbroer blive behandlet i det følgende.

313-21 Overbygning udført in situ. Udførelse in situ på fast stillads anvendes i dag navnlig i følgende tilfælde:

Mindre broer (med spændvidde indtil 12-15 m udført i almindelig jernbeton).

Større broer med eet fag udført i spændbeton, hvor et fast stillads kan bygges uden vanskeligheder, og hvor der ikke er økonomisk basis for anvendelse af elementer.

Broer med spændvidder større end ca. 100 m udført som buebroer med buerne over eller under brobanen.

Broer af meget uregelmæssig konstruktion som f.eks. broer i skarpe kurver eller vejudfletningsanlæg med stærkt varierende tværsnit.

Stilladserne udføres som regel for de mindre broers vedkommende af træ. Til de større broer anvendes i stigende omfang stålstilladser.

Det skal stærkt understreges, at der ved valg af konstruktionsmåde ofte må afviges fra det ovenfor anførte, og at det samme gælder for

de i de følgende afsnit omtalte metoder. Dette skyldes, at det rette valg af konstruktionsmetode ikke blot afhænger af spændvidde og de øvrige i oversigten nævnte forhold. Mange andre hensyn spiller ind. Her skal således nævnes: afstand til elementfabrik, passage under broen i byggeperioden, arbejds løn i forhold til materialepriser o.s.v.

Betonarbejdet udføres efter de i afsnit 24 omtalte metoder.

313-22 Overbygning udført af elementer. Her vil i første række være tale om forspændte bjælkebroer med flere fag og med maximale spændvidder af størrelsesordenen 50 m (se desuden afsnit 313-23). Bjælkerne kan være simpelt understøttet. Ved sammenspænding på langs og tværs kan man dog opnå en kontinuerlig og monolitisk konstruktion.

Da de nødvendige installationer til fremstilling, transport og montage (afsnit 244) er kostbare, er det af betydning for metodens anvendelse, om der skal bruges et væsentligt antal ensartede elementer. Hvor stort antallet mindst bør være, må naturligvis afhænge af elementernes dimensioner, montageforhold m.v., men størrelsesordenen 50 vil sikkert i de fleste tilfælde vise sig at være den nedre grænse for en økonomisk fremstilling. Ligger antallet derunder, vil det som oftest være mere fordelagtigt at udføre broen in situ. Det må dog erindres, at det ikke altid er nødvendigt, at alle elementer, der fremstilles på en støbeplads eller en elementfabrik indgår i samme bygværk. Hvis der således skal udføres flere ensartede broer inden for en rimelig afstand, kan der undertiden etableres en fælles elementstøbeplads, og kun det nødvendige montagemateriel skal da flyttes fra bro til bro. I U.S.A. har man standardiseret fremstillingen af forspændte broer med spændvidde fra ca. 10 til ca. 30 m, således at bjælkerne kan fremstilles i masseproduktion.

Montagemetoden må naturligvis - ligesom alle andre arbejdsmetoder - afpasses efter de lokale forhold. Af de almindeligt anvendte metoder skal nævnes:

1. Ved broer på land transporteres bjælkerne på lastvogne til anvendelsesstedet. Her løftes de på plads ved hjælp af enten portalkraner, der spænder over hele broen, eller mobilkraner.
2. Ved broer på vand anbringes bjælkerne på pramme, der bugseres til anvendelsesstedet. Hvis det drejer sig om en lav bro,



Fig. 146 Montage af præfabrikerede brobanebjælker (58)

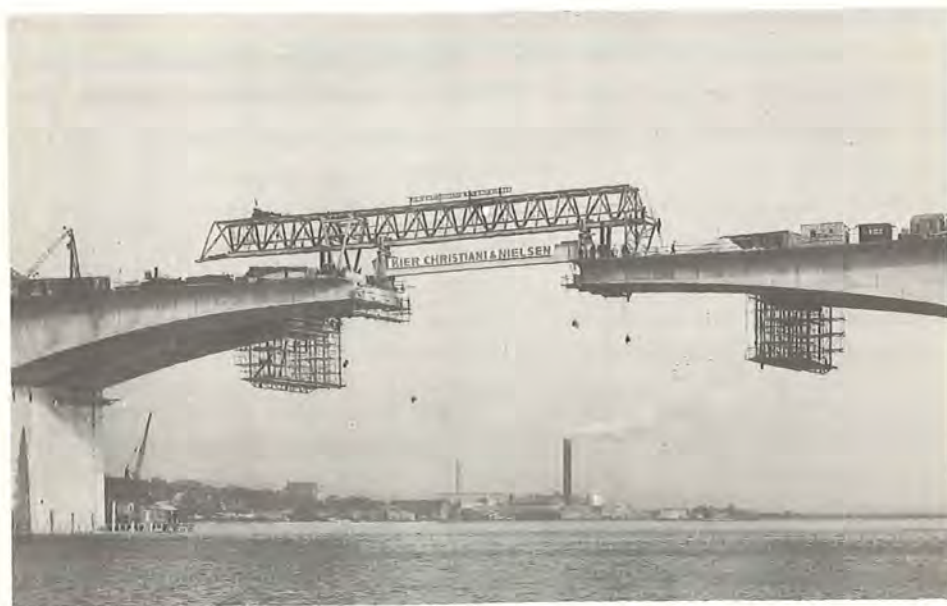


Fig. 147 Montage af præfabrikerede brobanebjælker ved hjælp af skydebro (57)

kan prammen ofte bugseres ind mellem pillerne, således at bjælkerne kan lægges på plads direkte fra prammen. Ved højere broer anvendes passende løftmateriel (kraner, hejsetårne el.lign.) til anbringelsen af bjælkerne (fig. 146).

3. Hvis terrænforholdene egner sig dertil, kan man såvel på land som over vand bygge en transportbro, på hvilken bjælkerne køres til anvendelsesstedet; her bringes de på plads ved en sidevårts forskydning.
4. Ved høje broer både på land og over vand kan man benytte cantilevermetoden, hvor en skydebro flyttes fremad og benyttes som transportbro. Princippet i denne montage metode fremgår af fig. 147 og fig. 117, afsnit 244.

313-23 "Fri frembygning". Denne metode anvendes først og fremmest til kontinuerlige bjælkebroer over flere fag. Den maximale faglængde ved de broer, der indtil dato er udført ved "fri frembygning" er omkring 200 m.

Hvor brodragerne er indspændt i pillerne, kan der direkte krages ud til begge sider fra pillen (fig. 148). Hvis der derimod er charnier mellem pille og dragere, må der etableres en passende midlertidig understøtning eller indspænding ved pillen (fig. 127, afsnit 245).

Broer af denne type støbes - som omtalt i afsnittene 245-12 og 245-22 - in situ udkraget og i sektioner af ca. 3 m længde. Der kan dog også anvendes præfabrikerede sektioner, der hejses op og fastspændes til den allerede udførte del af broen (fig. 120, afsnit 245).

Hvor hovedfaget er særlig stort, anbringes her undertiden en svævebjælke, især når der i tilslutning til broen er udført viadukt fag af elementer, og man derfor disponerer over egnet materiel til montagen.

Såfremt broer med kun et fag skal udføres ved "fri frembygning", krages der ud fra endepillerne. Hvis det ikke er muligt at fortsætte udkragningen, indtil de to brodele mødes, må der på passende steder udføres midlertidige stilladser til understøtning af dragerne under den videre frembygning.

Angående enkeltheder ved "fri frembygning" henvises til speciallitteraturen - f.eks. P.E. Mondorfs artikel i "Ingeniøren" nr. 12 af 15. juni 1964 og diverse publikationer fra det tyske entreprenørfirma Dyckerhoff & Widman, KG.

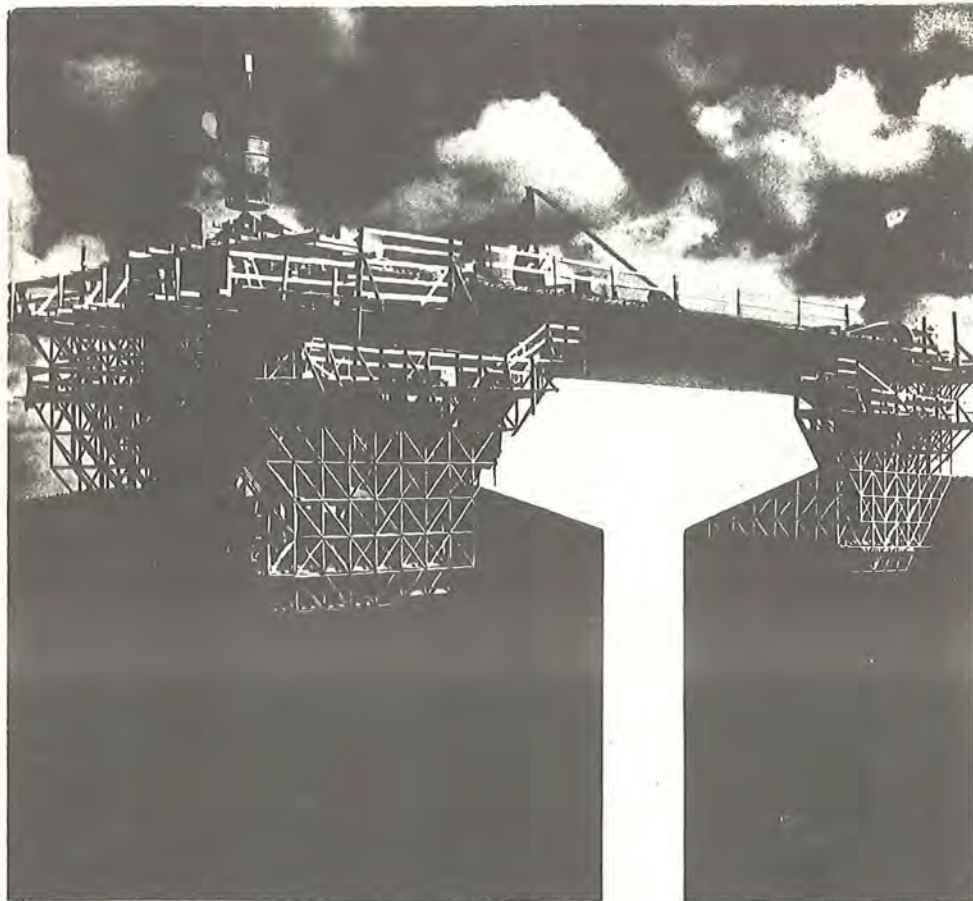


Fig. 148

"Fri frembygning" uden hjælpestillads (58)

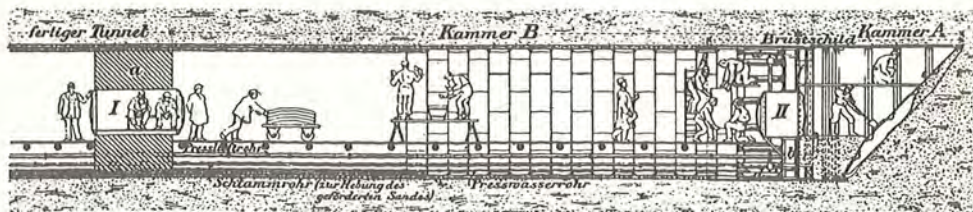


Fig. 149

Udførelse af gravet tunnel ved hjælp af trykluft og udgravning gennem skjold (4)

314 FÆRDELSTUNNELER

314-0 Generelt.

Tunneler for jernbane- og vejtrafik udføres efter fire forskellige metoder:

1. ved boring,
2. ved gravning,
3. ved sænkning af elementer fra overfladen (sænketunneler),
4. ved udførelse i overdækket byggegrube ("cut and cover"-metoden).

314-1 Tunneler boret i klippe.

Arbejdet omfatter boring, sprængning, fjernelse af den sprængte klippe samt eventuel afstivning og udforing.

Er klippen sund, vil man i reglen udføre hele profilet i een operation. Der benyttes da et kørende borestillads, hvorpå der er monteret en eller flere boremaskiner (fig. 150). Med disse bores det nødvendige antal huller - normalt 2-3 pr. m² - til en dybde, der svarer til den ønskede fremdrift - i reglen 2.5-3.5 m pr. salve. Trykluftbor er enerådende til denne type arbejde.

Efter boringen lades hullerne med et efter klippearten afpasset sprængstof, og alle ladninger sprænges samtidigt eller omtrent samtidigt (afsnit 217).

Når sprængningen har fundet sted, læsses det sprængte materiale ved hjælp af læsemateriel, der må være tilpasset tunnelprofilets størrelse: gravemaskiner eller læsetraktorer i store tunneler og specielle læsemaskiner drevet med trykluft i mindre tunneler.

I tunneler med mere end ca. 6 m bredde sker transporten med kraftige dumpers, medens man i smallere tunneler benytter sportransport. Lokomotiverne drives enten af dieselmotorer eller - i små tunneler - af elektriske batterier.

Effektiv ventilation er en nødvendighed ved alt tunnelarbejde både af hensyn til arbejdernes sundhed og fordi, der ved hver sprængning produceres så store mængder af røg og støv, at arbejdet ikke kan genoptages, før dette er fjernet.

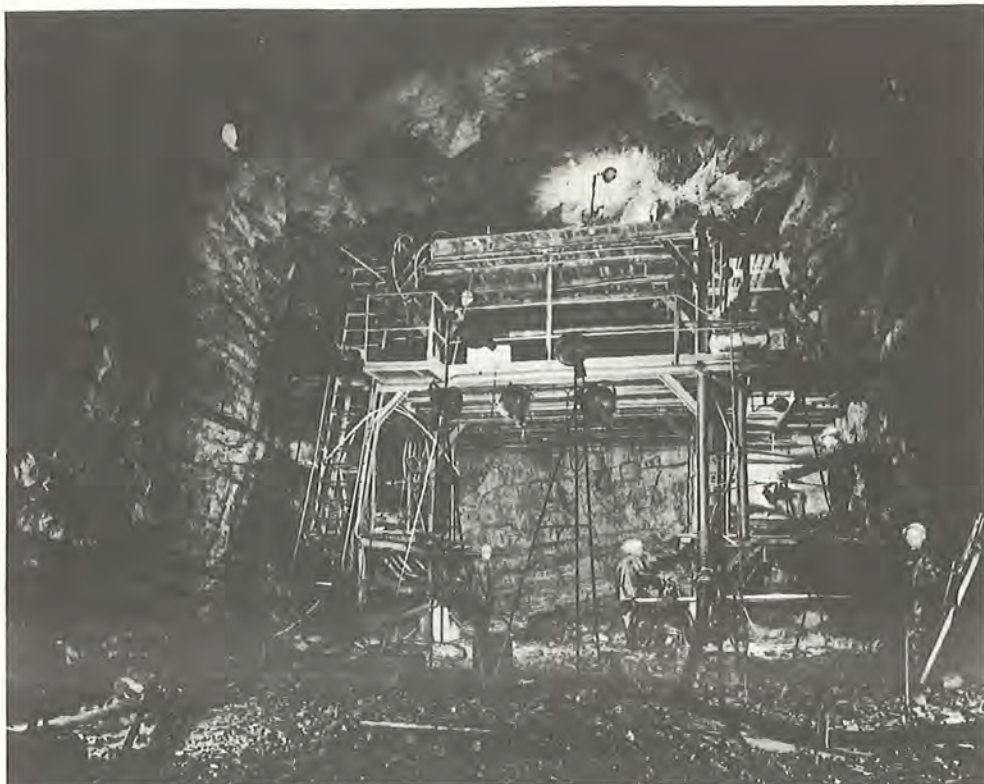


Fig. 150 Udførelse af boret tunnel (43)

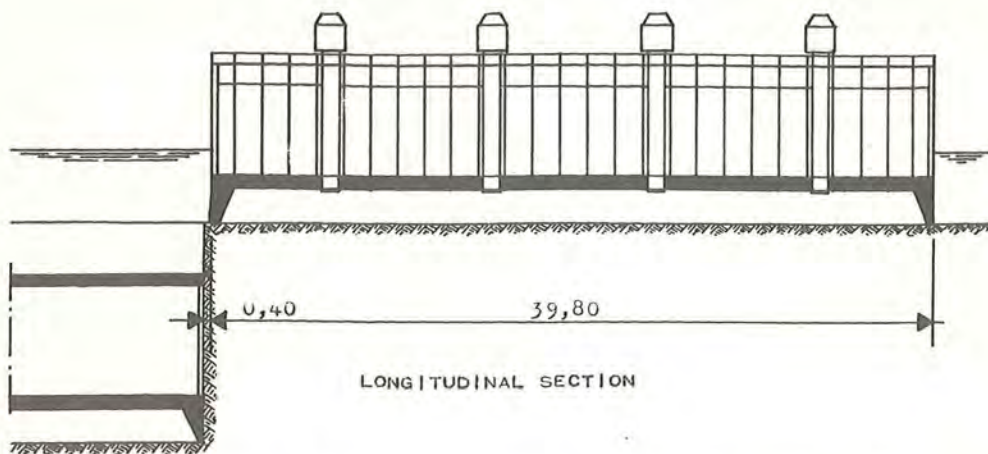


Fig. 151 Sænkning af tunnelsektion ved udgravning i trykluft (57)

Hvor klippen er usund, er det nødvendigt at udføre afstivningsarbejder i større eller mindre omfang. Det kan også være påkrævet at udføre sprængningsarbejdet i mindre sektioner, der efterhånden forenes.

Når tunnelen skal fores med beton, anvendes i almindelighed køreforme (afsnit 241-5), og til transport og udstøbning bruges ofte betonpumper (afsnit 243-23).

314-2 Gravede tunneler i jord.

Hvor tunneler skal drives gennem løse jordlag under grundvandsstanden, sker udførelsen i reglen i trykluft dækket af et skjold. Man begynder med at fremstille en kort tunnelsektion eventuelt ved sænkning af en trykluftcaisson, hvori et cirkulært skjold danner den ene endevæg.

Udgravningen sker gennem lemme i skjoldet, der samtidigt presses frem med donkrafte (fig. 149). I umiddelbar forbindelse med fremdriften udføres tunnelen. Foring udføres i reglen med segmenter af støbejern eller beton.

Hvor tunnelen udføres under f.eks. en flod, må der være tilstrækkelig jorddækning over tunnelloftet til at forhindre, at overtrykket i tunnelen blæser jorddækningen bort ("blow-out"), hvorved der ville skabes fri forbindelse til vandet. Under meget vanskelige forhold har man undertiden anvendt dybdestabilisering (afsnit 232-32).

Metoden er langsom og kostbar, og den frembyder betydelig risiko; men den var i mange år den eneste mulige fremgangsmåde, og den benyttes stadig under specielle forhold.

314-3 Sænkning af tunnelelementer fra overfladen.

I de senere år er man i overvejende grad gået over til at anvende sænkemetoden til udførelse af tunneler under vand.

I en tørdok fremstilles tunnelelementer af passende længde. Disse flydes derefter på plads, sænkes til rigtig dybde og forbindes med det foregående element.

Metoden har mange fordele. Der er ikke fare for "blow-out" med den dertil hørende risiko, i blød bund kan funderingsforholdene forbedres med pæle, sandpuder o.s.v., og tunnelelementerne behøver ikke at være cirkulære som ved anvendelse af skjold, men kan fremstilles med ethvert profil. Hovedanken mod metoden er, at sejladsen generes i større eller



Fig. 152 Tørdok til bygning af tunnelelementer (43)



Fig. 153 Bygning af tunnelelementer (43)

mindre grad, medens elementerne bringes på plads. Dette er ikke tilfældet ved skjoldmetoden.

Ved de første tunneler udført efter sänkemetoden, blev elementerne fremstillet med et arbejdskammer på undersiden, og udgravningen skete i trykluft (afsnit 234-3), (fig. 151).

Efter udviklingen af gravemaskiner, der kan grave under vand til væsentlig større dybder end tidligere, er man gået over til at grave en rende til fuld dybde, således at elementerne direkte kan bringes på plads. Fremgangsmåden er følgende:

Elementerne udføres i en tørdok på tilsvarende måde som sænkekasser (afsnit 234-1), (fig. 152 og fig. 153). Elementet lukkes i begge ender med midlertidige skot af tømmer eller jernbeton. Der fyldes vand i dokken, og elementet bugseres til anbringelsesstedet (eventuelt fastgjort til pontoner). Inden bugseringen forsynes elementet med et kontrolltårn, hvorfra det er muligt at kontrollere alle operationer i forbindelse med sækningen - dybgående, træk i fortøjninger o.s.v. På sækningsstedet fastgøres elementet i seks fortøjninger, og dets fire hjørner fastgøres til hejseanordninger, der kan bestå af flydekraner eller taljer fastgjort til pontoner eller eventuelt til arbejdsstilladser (fig. 154).

Bunden skal i forvejen være planeret og fundamentsklodser eller pøle anbragt i rigtig højde. Der pumpes nu vand i elementets ballasttanke. Under sækningen har man ved hjælp af de fire hejseanordninger og de seks fortøjninger fuld kontrol over elementet.

Efter sækningen forbindes elementerne på en af følgende måder:

Enten sænkes en dykkerklokke ned over fugen, hvorefter der sammenstøbes under trykluft; eller elementernes sammenstødende kanter forsynes med gummipakninger, og elementerne trækkes sammen på en sådan måde, at forbindelsen bliver vandtæt; skottene fjernes, og elementerne sammenstøbes indefra.

Når elementerne er samlet, underskylles tunnelen med sand, således at der opnås en tæt lejring under hele bunden. Til sidst tilfyldes den udgravede rende, og tunneltaget beskyttes på hensigtsmæssig måde (f.eks. med en stenkastning) mod beskadigelse fra ankere, sunkne fartøjer o.s.v.

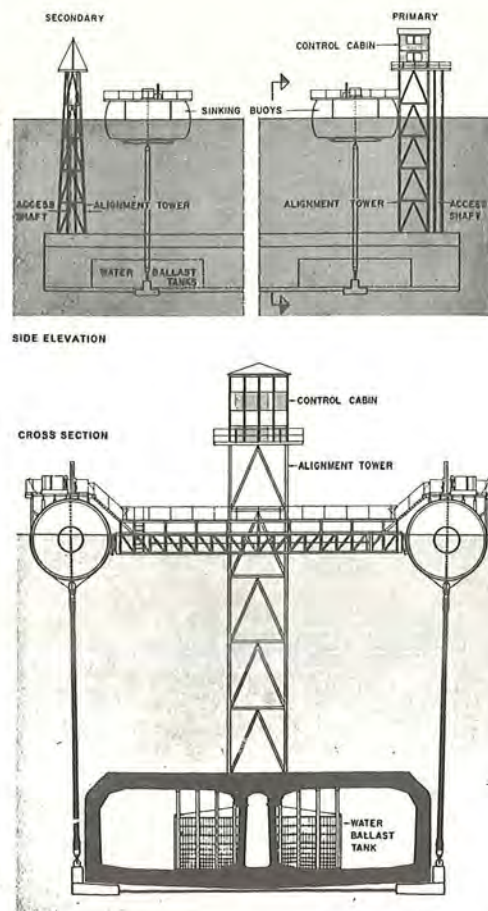


Fig. 154 Sænkning af tunnelelement (43)

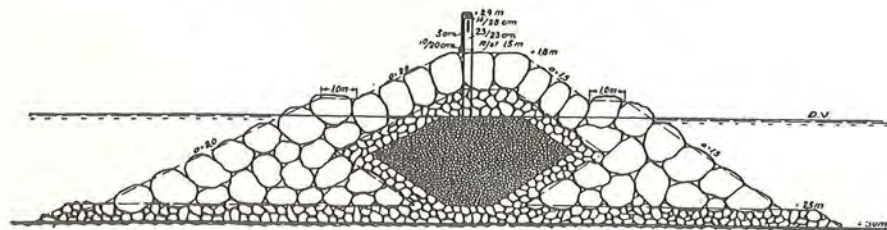


Fig. 155 Stenkastning på 3 m dybde (5)

314-4 "Cut and cover"-metoden.

Færdselstunneler på land (f.eks. undergrundsbaner) forholdsvis nær ved overfladen udføres ofte således, at der først rammes spunsvægge langs udgravningens sider. Derefter anbringes den øverste afstivning på en sådan måde, at den kan bære et kraftigt dæk, der straks udføres.

Dækket åbnes for gadefærdsel, hvorefter udgravningen og udførelsen af tunnelen sker under dækket. Med passende mellemrum etableres ramper eller skakter, hvorigennem fra- og tilkørsler af materialer kan finde sted (afsnit 301-12, fig. 135).

Metoden er naturligvis mere kostbar, end udførelse i åben byggegrube; men det er muligt at holde færdslen i gang under hele byggeperioden, hvad der kan være nødvendigt, hvis arbejdet f.eks. udføres under vigtige trafikårer.

	Side
<u>32 VANDBYGNING</u>	
320 GENERELT	255
321 BØLGEBRYDERE	255
321-1 Stenkastninger	257
321-2 Bølgebrydere udført af betonblokke	257
321-3 Caissoner	259
321-4 Spunsvægge	259
322 KAJER	259
322-1 Massive kajindfatninger (direkte funderet)	261
322-2 Massive kajindfatninger på piller	261
322-3 Kajer udført af sænkekasser	262
322-4 Kajindfatninger udført af spunsvæg med ankre	262
322-5 Kajindfatninger udført af spunsvæg og aflastningsplade	263
322-6 Pælekajer uden indfatningsvæg	263
323 PIERER	265
323-1 Massive pierer	265
323-2 Åbne pierer	265
323-3 Oliepierer	267
324 TØRDOKKER, SLUSER OG BEDDINGER	267
324-1 Tørdokker	267
324-2 Sluser	270
324-3 Beddinger	270
325 KYSTBESKYTTELSE	271
325-1 Skråningsbeklædninger	271
325-2 Høfder	273
326 KANALER, FLODREGULERINGER OG DIGER	273
326-1 Kanaler	273
326-2 Flodreguleringer	274
326-3 Diger	275
327 UDDYBNING OG OPFYLDNING	275

32 VANDBYGNING320 GENERELT

Ved vandbygningsarbejder er man i væsentlig højere grad end ved andre arbejder afhængig af naturkræfterne (vind, strøm, tidevand, bølger, dønning o.s.v.), og ved planlægningen af udførelsen må der tages hensyn til disse.

På udsatte steder kan sådanne faktorer medføre, at den effektive arbejdstid kun udgør en brøkdel af den totale. Der må under disse forhold - både ved udformningen af konstruktionerne og ved valget af udførelsesmetoderne - lægges vægt på, at arbejdet så vidt muligt kan udføres uafhængigt af vejrforholdene.

Selv om det sjældent er muligt at udføre vandbygningsarbejder i tør-lagt byggegrube, bør denne mulighed dog altid undersøges. Bygning af fangedæmninger, anvendelse af stilladser eller udnyttelse af den permanente konstruktion kan ofte muliggøre udførelsesmetoder, der er mere økonomiske end anvendelse af flydende materiel, der både er kostbart i anskaffelse og drift og samtidigt følsomt overfor naturkræfterne.

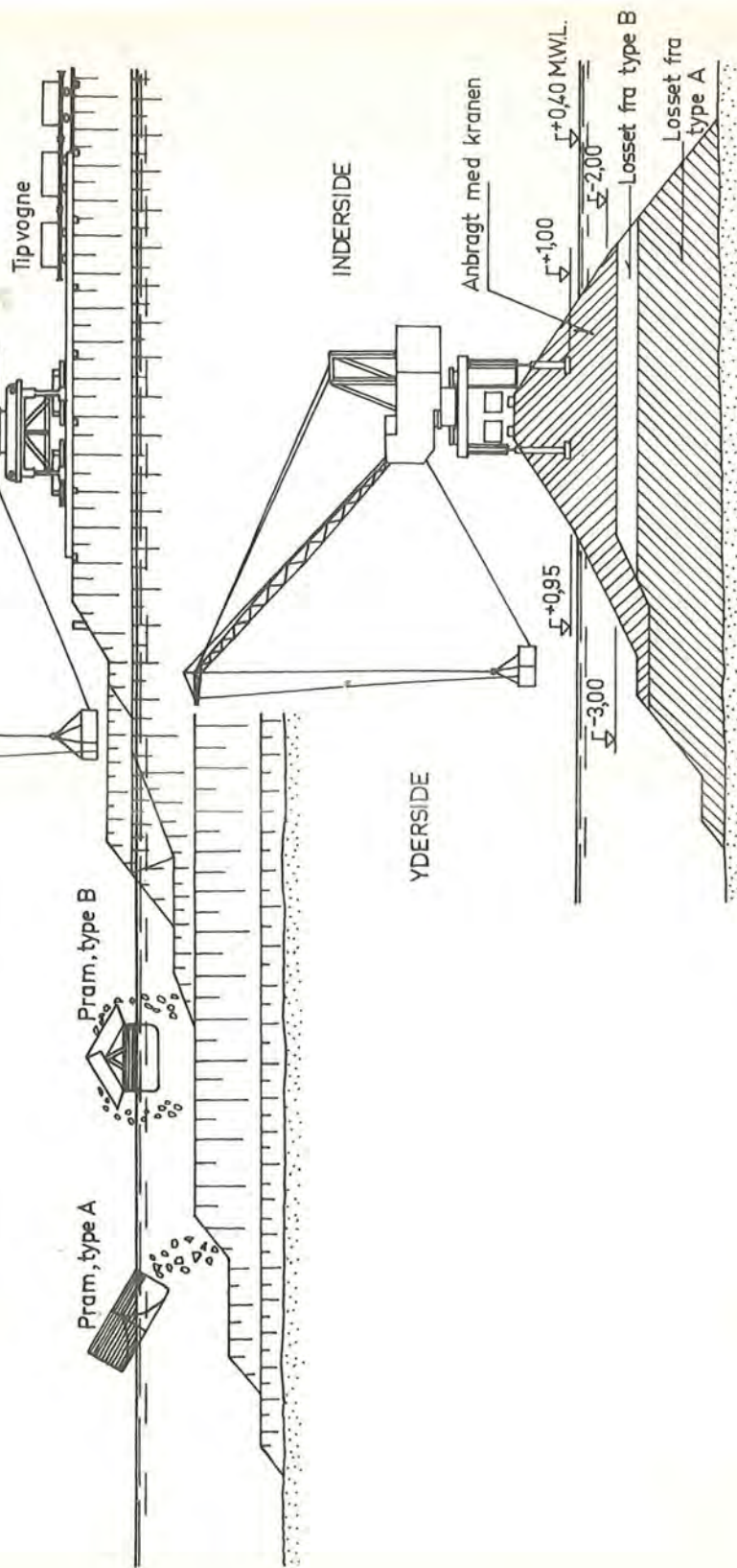
Som eksempler på ekstreme tilfælde kan nævnes dels færgehavnen ved Rødby, der opførtes inden for en fangedæmning, der først fjernedes, da havnen var færdig til at tage i brug, og dels et fyrtårn på Armen - et skær ud for Bretagnes kyst - hvor det kun lykkedes at udføre 8 timers arbejde det første år og 18 timer det næste - det tog ialt 14 år at få arbejdet færdigt.

321 BØLGEBRYDERE

Bølgebrydere kan efter omstændighederne opføres med skrånende sider (stenkastninger), med lodrette sider (blokmure, caissoner, spunsvægge) eller som en kombination, hvor en lodret mur anbringes på et fundament af stenkastning.

Fig. 156.
Stenkastning på dybt vand.

Laengdesnit og tværsnit gennem molen



321-1 Stenkastninger.

Opgaven er her at fremskaffe de nødvendige stenmaterialer i den ønskede sortering og at anbringe disse i bygværket.

Til mindre bygværker på steder, hvor morænematerialer forefindes, kan de nødvendige materialer skaffes af stenfiskere. De største sten tages med stentang, de mindre med grab og det fineste materiale med sandpumper. Materialerne anbringes i reglen direkte fra fartøjerne i bygværket (afsnit 216). Konstruktionen fremgår af fig. 155, der viser en bølgebryder på 3 m dybde.

Hvor morænematerialer ikke forefindes og ved større bygværker, må materialerne fremskaffes fra stenbrud, hvor de sprænges og sorteres (afsnit 217 og 22) for derefter at transporteres til anvendelsesstedet.

I reglen anbringes alt stenmateriale indtil ca. 5 m under overfladen fra pramme - i første række tippramme. Over denne dybde er stenene af en sådan størrelse, at man i reglen vil foretrække at anbringe dem med kran. På fig. 156 er der skematisk vist udførelsesmetoder for en bølgebryder af denne art.

Det kan ofte være umuligt at skaffe stenblokke af en sådan størrelse, at de kan modstå bølgepåvirkningerne. Man benytter da betonblokke enten kubiske eller udformet på en sådan måde, at de til en vis grad sammenlås efter udlægningen (tetrapoder) fig. 157.

321-2 Bølgebrydere udført af betonblokke.

Til bølgebrydere med lodrette sider anvendes ofte betonblokke. Disses størrelse kan gå op til 4-500 t afhængig af de lokale forhold.

Bølgebryderne opføres i nogle tilfælde af lodrette stabler af blokke, der er udformet med hulrum, som efter blokkenes anbringelse fyldes med sten eller udstøbes med beton, således at stablen får monolitisk karakter (fig. 158). I andre tilfælde benyttes massive blokke, der anbringes med hældende fuger for at reducere virkningen af sætninger (fig. 159).

Meget store blokke anbringes som regel med flydekran eller fra pramme, imellem hvilke blokkene er ophængt. Ved mindre blokke foretages udlægningen i reglen med kraner, der kører på den allerede udførte del af bygværket.



Fig. 157 Stenkastning af tetrapoder (36)

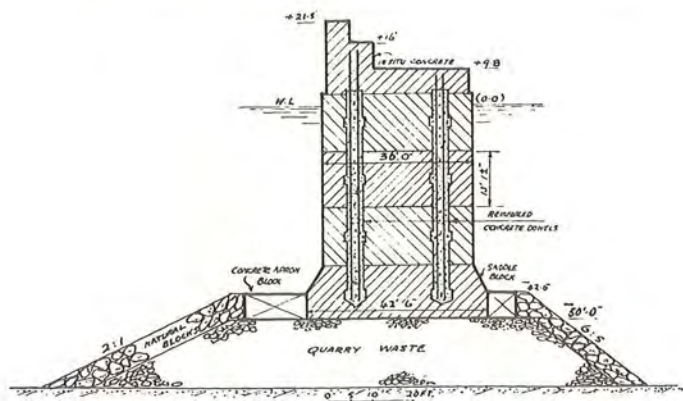


Fig. 158 Bølgebryder opbygget af blokke med vandrette fuger (36)

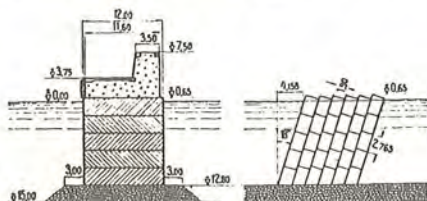


Fig. 159

Bølgebryder opbygget af blokke med hældende fuger (15)

Fremstillingen af blokke kræver stor og velindrettet støbeplads, der beherskes af portalkraner med den nødvendige løfteevne. Blokkene støbes næsten altid i stålforme, der udføres således, at de let kan demonteres og flyttes.

De installationer, der kræves til udførelse af blokmure er altid meget store og kostbare. Konstruktionen benyttes derfor fortrinsvis, hvor der er tale om meget udstrakte bygværker.

321-3 Caissoner.

Til bølgebrydere er det næsten udelukkende sænkekasser, der anvendes. De benyttes både på beskyttede steder og under forhold, hvor vejrbetingelserne kun giver begrænsede arbejdsmuligheder.

Udførelse og anbringelse af sænkekasser er omtalt i afsnit 234.

Udgifterne til installationer o.s.v. vil - hvor det drejer sig om mindre sænkekasser - i reglen ikke være så store som ved tilsvarende arbejder, hvor der anvendes blokke. Ved arbejder af mindre omfang vil sænkekasser derfor i almindelighed være den mest økonomiske løsning for udførelsen af bølgebrydere med lodrette vægge.

321-4 Spunsvægge.

På beskyttede steder, og hvor vanddybden ikke er for stor, kan bølgebrydere udføres af to spunsvægge af træ, jern eller beton, hvori-mellem der fyldes sand, ral eller sten passende beskyttet mod udvaskning.

Rammearbejdet udføres i reglen fra et stillads anbragt mellem spunsvæggene. Rammestilladset benyttes desuden til afstivning af spunsvæggen inden tilfyldningen og som transportbro for udkørsel af fyld.

322 KAJER

Kajer kan udføres på mange måder alt efter vanddybden og grundens beskaffenhed og selv ved løsningen af en konkret opgave, vil der ofte være adskillige muligheder, der må tages i betragtning og undersøges nærmere.

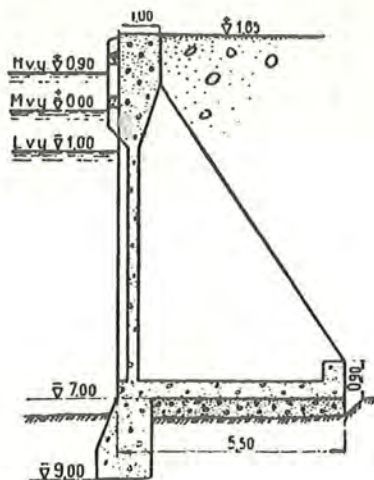


Fig. 160 Massiv kajindfatning udført som vinkelformet støttemur (15)

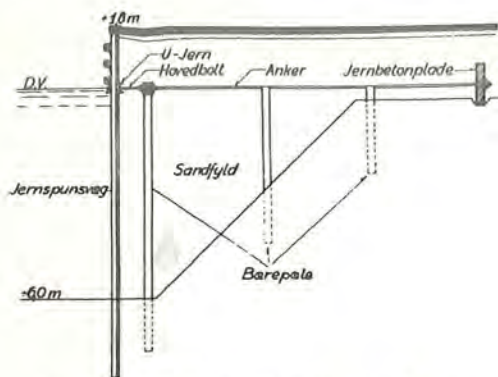


Fig. 162 Kajindfatning udført af spunsvæg med ankre (15)

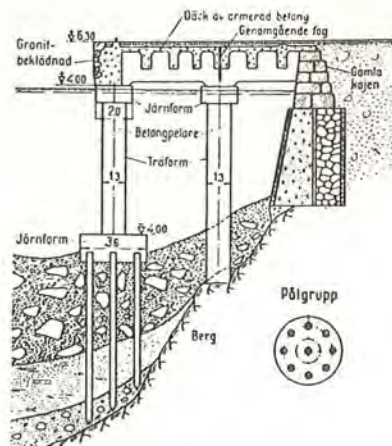


Fig. 161 Massiv kajindfatning på piller (15)

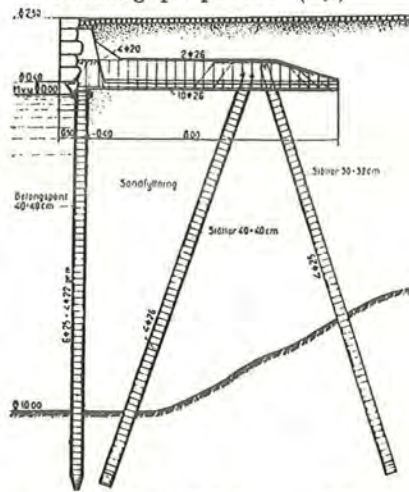


Fig. 163 Kajindfatning udført af spunsvæg og aflastningsplade (15)

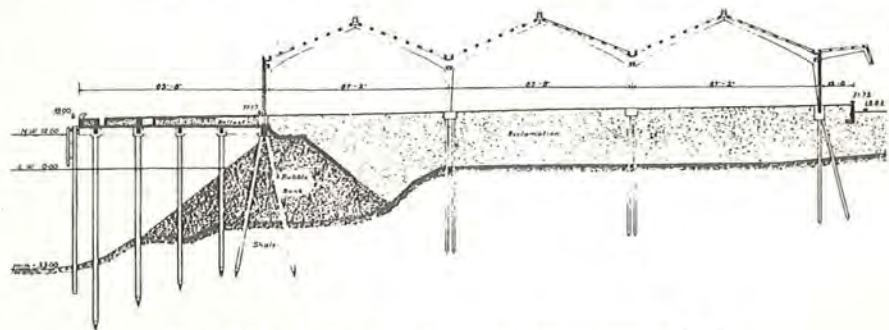


Fig. 164 Pælekaj uden indfatningsvæg (45)

Næsten alle kajer udføres efter et af følgende principper:

- Massive kajindfatninger (direkte funderet).
- Massive kajindfatninger på piller.
- Sænkekasser.
- Kajindfatninger udført af spunsvæg med ankre.
- Pælekajer med spunsvæg og aflastningsplade.
- Pælekajer uden indfatningsvæg.

322-1 Massive kajindfatninger (direkte funderet).

Hvor kajen kan bygges i tørlagt byggegrube, kan kajindfatningen udføres som en støttemur fremstillet af grovbeton eventuelt med udspæringer eller som en vinkelformet jernbetonplade med de nødvendige afstivningsribber (fig. 160). Hvor bundens bæreevne ikke er tilstrækkelig, funderes muren på lavt pæleværk.

Til kajer, der bygges i vand, kan der anvendes betonblokke på tilsvarende måde som ved bølgebrydere. Som regel udgraves der en rende noget dybere end bunden af bassinet. Renden fyldes med sten og ral, der afrettes under dykkerkontrol, og på dette stenlag placeres blokkene. Da kajmurens krone som regel er væsentlig smallere end kronen på en bølgebryder, er det sjældent muligt at benytte kørekran til udlægning af blokkene. Udlægningen må foretages med flydekran.

Den del af kajmuren, der er over vandlinien, udstøbes oftest in situ, hvorved det er muligt at udjævne eventuelle uregelmæssigheder ved blokmurens udførelse. For at reducere jordtrykket på muren vil man, hvor det er muligt, bagfylde med sten.

Anvendelse af blokke har været benyttet i Middelhavet lige fra oldtiden og anvendes stadig i stor udstrækning til kajer på vanddybder op til 12-15 m.

Massive kajindfatninger kan også udføres på tilsvarende måde som celleformede spunsjernsfangedæmninger (afsnit 301-22). Cellerne føres i reglen op til normal vandstand, fyldes med sand og forsynes med en betonoverbygning.

322-2 Massive kajindfatninger på piller.

Hvor kajer skal udføres på stærkt skrånende bund af en sådan karakter, at pæleramning ikke er mulig, f.eks. klippegrund, anvendes som regel

en kajkonstruktion med en plade båret af bjælker, der igen understøttes af piller (fig. 161). Afstanden mellem pillerne og deres udførelsesmåde vil naturligvis være afhængig af de lokale forhold.

Hvor fjeldet ikke er dækket af løse lag, forankres pillerne til klippen ved hjælp af klippebolte, der anbringes af dykker. Derefter placeres form og armering, og støbningen udføres med undervandsbeton. Da forholdene i reglen er således, at det er meget vanskeligt at bygge stilladser, må arbejdet ofte udføres flydende, indtil de første piller er støbt. Disse kan da i visse tilfælde tjene som støttepunkter for det videre arbejde.

Hvis den faste bund er dækket af løse lag, kan pillerne udføres som sænkebrønde (afsnit 234-2). Når brøndene er sænket til fast bund, eventuelt ved hjælp af trykluft, sikres de mod udskridning ved indstøbning af klippebolte eller ved planering af grunden. Brøndene udstøbes derefter med beton.

322-3 Kajer udført af sænkekasser.

Sænkekasser anvendes i stort omfang ved kajkonstruktioner.

Tømmerkister fyldt med sten har været benyttet fra de ældste tider og bruges endnu på steder, hvor der ikke er risiko for angreb af pæleorm.

Sænkekasser af jernbeton anvendes i reglen til kajmure med en totalhøjde fra ca. 8 m til ca. 20 m. Angående udførelse og anbringelse af kasserne henvises til afsnit 234-1.

322-4 Kajindfatninger udført af spunsvæg med ankre.

Hvor bunden er egnet til ramning, udføres kajindfatning på indtil 8-10 m vanddybde af beton- eller jernspunsvægge, der med rundjern forankres til ankerplader af beton eller til pælebukke anbragt et passende stykke bag spunsvæggen (fig. 162).

Undertiden kan arbejdet udføres tørt, f.eks. hvis havnebassinet først uddybes efter, at kajen er udført, i andre tilfælde må det udføres på vand, hvorefter der fyldes op bag kajen. I dette tilfælde vil ramningen næsten altid blive udført fra stillads (angående valg af rammemateriel og udførelse af rammearbejde henvises til afsnit 233). Forankringerne må udføres, forinden spunsvæggen belastes af fylden. Normalt vil man

derfor forsøge at tilrettelægge opfyldningsarbejdet således, at der fyldes op, indtil skråningsfoden når frem til spunsvæggen. På dette tidspunkt anbringes forankringerne dels hvilende på den udlagte fyld og dels på træpæle rammet med passende afstand.

Over vandlinien består spunsjernskajer i reglen af en ca. 1 m bred kraftigt armeret jernbetonbjælke. Formen til denne fastgøres til spunsjernene, der - for at sikre forbindelse - indstøbes i bjælken i ca. det halve af dennes højde.

322-5 Kajindfatninger udført af spunsvæg og aflastningsplade.

Denne kajtype (fig. 163) er antagelig den almindeligst anvendte for kajer på større vanddybder og med svær kajbelastning.

Det er en forudsætning for brugen af denne kajtype, at bunden er egnet til ramning. Hvor bunden er for blød, vil det i mange tilfælde være muligt at bortgrave det bløde lag til en passende dybde og erstatte det med sand og grus, hvorved der kan opnås tilstrækkelig bæreevne.

Da der skal rammes såvel spuns pæle som almindelige pæle, og da disse sidste skal rammes i forskellige retninger, udføres rammearbejdet mest hensigtsmæssigt med en universalrambuk anbragt på en undervogn, der spænder over hele kajens bredde, og som kører på stilladser bygget på begge sider af kajindfatningen.

Når pælene er rammet, anbringes tvinger, der dels fastholder pælene og dels bærer formene for plade og kajmur. Da pladens underkant ligger nær overfladen, vil det i reglen ikke være muligt at fjerne og genanvende formene efter støbningen.

322-6 Pælekajer uden indfatningsvæg.

Pælekajer uden indfatningsvæg (fig. 164) anvendes, hvor man uden brug af fyld vil føre kajlinien ud til den ønskede vanddybde.

Da kajer af denne type i reglen er væsentlig bredere end kajer med aflastningsplade, og da langt det overvejende antal pæle er lodpæle, vil det ofte være fordelagtigt at udføre ramningen med flydende rambuk.

Overbygningen udføres i reglen som bjælker med overliggende plade. Da dækket ligger et stykke over vandspejlet, udføres forarbejdet

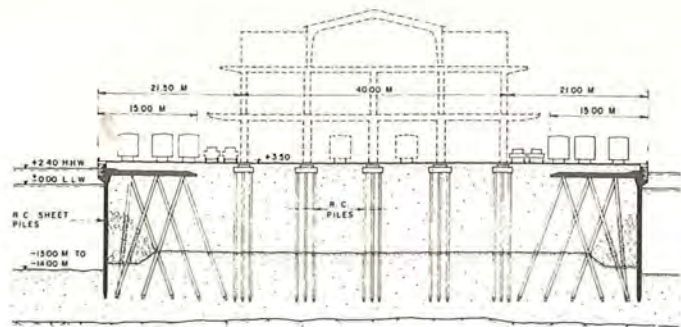


Fig. 165 Massiv pier med selvstændige kajindfatninger (57)

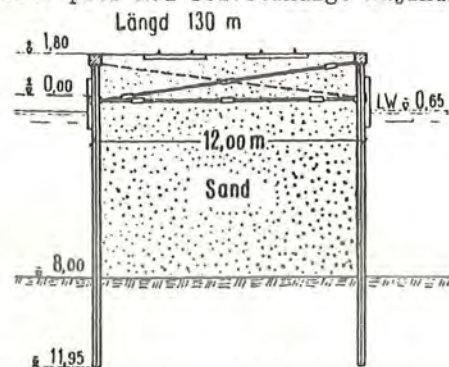


Fig. 166 Smal pier opbygget af to jernspunsvægge (15)



Fig. 167 Udførelse af åben pier (45)

jævnligt med formflager, som det efter støbningen er muligt at nedtage og genanvende. Afformningsarbejdet foregår fra en tømmerflåde.

323 PIERER

Ved pierer forstås anlægspladser, der ikke som kajer er anlagt parallelt med kysten og i nær tilslutning til denne, men bygget vinkelret ud fra den. Eventuelt kan pieren være udformet som et molehoved, der udgør anlægspladsen, og som er forbundet med land ved en bro.

Pierer kan enten være massive eller åbne.

I oliehavne anvendes ofte en speciel form for pierer.

323-1 Massive pierer.

Ved pierer med en betydelig bredde udføres hver af de to indfatninger ofte som en selvstændig kajkonstruktion - sænkekasser, spunsvægge med aflastningsplade o.s.v. I mellemrummet mellem indfatningerne indpumpes sand (fig. 165).

Smallere pierer udføres undertiden ved ramning af to spunsvægge, der forankres mod hinanden (fig. 166). Mellemrummet fyldes med sand.

323-2 Åbne pierer.

Åbne pierer udføres, hvor bundforholdene ikke er egnede til udførelse af lukkede kajindfatninger med bagfyld.

Brede pierer af denne type udføres på tilsvarende måde som kajer uden indfatningsvæg. På fig. 167 er vist udførelsen af en sådan pier på Fijioerne. Underbygningen består af ca. 25 m lange, hule pæle af forspændt beton. Til ramningen anvendtes en flydende rambuk. Overbygningen består af præfabrikerede bjælker, der blev fastspændt på pælene. Herudover udstøbtes pladen in situ. Hele konstruktionen er så massiv, at skråpæle til optagelse af de vandrette kræfter ikke er påkrævet.

Smalle pierer består i reglen af pæleåb med tværbjælker samt et brodæk af præfabrikerede bjælker og plader. Hvor der anvendes stålpæle, kan disse undertiden med fordel rammes ved hjælp af en cantileverrambuk. Anvendes betonpæle vil det ofte være hurtigere og mere fordelagtigt at bygge et rammestillads og at benytte en universalrambuk.



Fig. 168 Oliepier vinkelret på kysten (43)



Fig. 169 Oliepier parallel med kysten (43)

323-3 Oliepierer.

Anvendelse af tankskibe på 50-100.000 t har medført udvikling af en helt ny type af pierkonstruktioner.

Sådanne skibe kræver en vanddybde på 16-18 m. Til gengæld kan de klare sig med en kort anlægskaj, idet der til losse- og lastearbejdet kun kræves plads til et tårn på kajen. Fra dette tårn etableres forbindelsen mellem skibets tanke og de rørledninger, hvorigennem olien skal transporteres.

Man er derfor nået frem til en konstruktion, hvorefter der på dybt vand udføres en anlægsø med tilhørende duc d'alber. Anlægsøen forbindes med land ved hjælp af en bro, der giver plads til rørledningerne og en enkelt kørebane. Øens forbindelse med duc d'alberne sker ved hjælp af lette gangbroer. Anlægsø og duc d'alber kan være orienteret parallelt med kysten eller vinkelret på denne alt efter de lokale forhold.

Anlægsø og duc d'alber skal modstå meget store vandrette kræfter både fra fortøjninger og fra skibenes stød ved anlæg og manøvrering. Der anvendes derfor enten cirkulære sænkekasser med en diameter på 12-15 m eller spunsvægceller af tilsvarende størrelse. Såvel sænkekasser som spunsvægceller fyldes med sand, sten eller beton.

Anlægsøer og duc d'alber kan endvidere udføres ved ramning af et stort antal skråpæle - i reglen stålpæle - der foroven indstøbes i en massiv betonkonstruktion.

Adgangsbroer mellem anlægsøerne og duc d'alberne udføres på tilsvarende måde som de smalle pierer, der blev omtalt i afsnit 323-2.

Fig. 168 og fig. 169 viser to typiske eksempler på oliepierer.

324 TØRDOKKER, SLUSER OG BEDDINGER

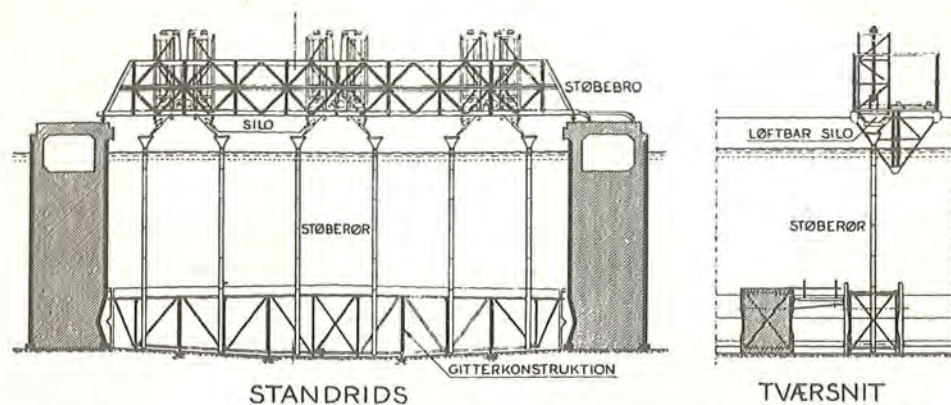
324-1 Tørdokker.

Tørdokker er koncentrerede bygværker, hvis udførelse kræver dels etablering af store og dybe byggegruber og dels udstøbning af store mængder beton i bund og vægge.

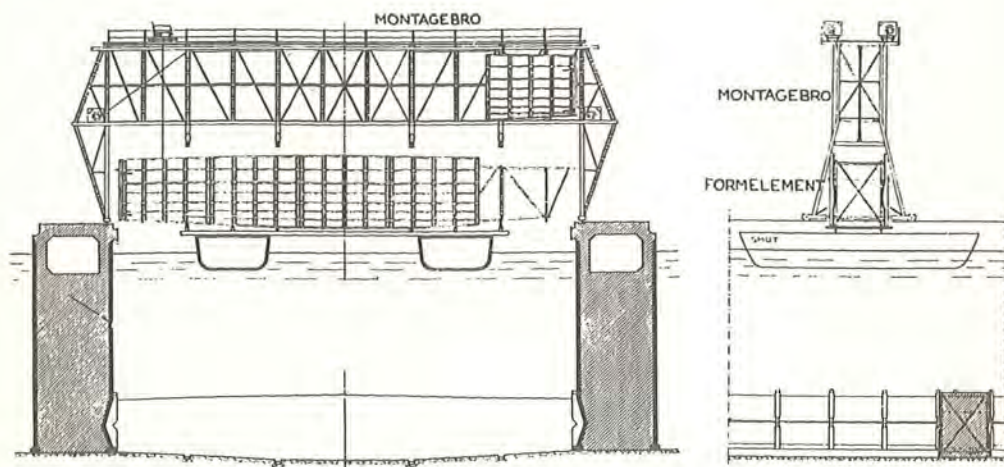
Byggegruben må nødvendigvis blive dyb, idet der foruden den af skibene krævede dybde i den færdige tørdok yderligere skal være plads til en

Fig. 170

Udførelse af bundpladen til en tørdok ved undervandsstøbning (30)



a. Støbebro og -rør ved støbning af dokbund efter Contractor-metoden



b. Bro til placering af forme til dokbunden

bundplade af en sådan tykkelse, at den kan modstå det opadgående vandtryk. Alt efter dokkens størrelse kan bundpladens underside ligge 10-15 m under vandspejlet.

Da tørdokken udføres i umiddelbar forbindelse med åbent vand, vil tørlægningen af byggegruben ofte frembyde meget vanskelige problemer.

Dersom tørdokken skal udføres på land, må der næsten altid fremstilles en fangedæmning ved den ende, der vender ud mod vandet, og denne fangedæmning må være stabil i sig selv (afsnit 301-22). Ved dokkens andre sider vil man i reglen søge at undgå indfatninger og - såfremt det er muligt - udføre en grundvandssænkning.

Hvor en tørdok skal udføres på et vandareal, kan man bygge en fangedæmning omkring hele arealet og derefter bygge tørdokken inden for dette areal. Man kan imidlertid også udføre dokvæggene som sænkekasser, der flydes på plads efter, at der først er uddybet til fuld dybde. Kasserne benyttes som fangedæmning for udførelsen af dokbunden (fig. 170), hvorved temporære indfatningsarbejder undgås.

Dokkens bund skal - som nævnt ovenfor - kunne modstå det opadgående vandtryk. Dette kan naturligvis gøres ved at støbe en tilstrækkelig tyk plade af grovbeton. For at reducere betonmængderne vil man imidlertid ofte armere bundpladen og forankre den i sidevæggene, således at disses vægt kan regnes stabiliserende for bundpladen. Hvor tørdokken skal placeres på klippe, kan man forankre dokbunden til denne ved hjælp af klippebolte. Er bunden derimod velegnet for ramning, kan man undertiden forankre bundpladen med trækpæle.

Bundforholdene kan ofte være af en sådan beskaffenhed, at det ikke er praktisk eller økonomisk muligt at støbe bundpladen i tørlagt byggegrube. Den må i så tilfælde udføres ved undervandsstøbning efter en af de i afsnit 246 omtalte metoder.

Sidevæggene udføres i reglen i jernbeton. På grund af vandtrykket vil der som oftest være tale om forholdsvis svære konstruktioner.

Alt i alt er det store betonmængder, der kræves, og specielt, hvor der er tale om undervandsstøbninger, vil der også være tale om en stor timeproduktion. Til fordeling af betonen benyttes kabelkraner, portalkraner eller skydebroer, der alle spænder over dokkens bredde, og som kan bevæges i dokkens længderetning således, at hele dokarealet dækkes.

324-2 Sluser.

Sluser for søfartskanaler (Panamakanalen, Kielerkanalen o.s.v.) har grundareal som dokker, men da de skal kunne rumme fuldtlastede skibe der yderligere skal kunne løftes, vil dimensionerne blive langt større. I Gatunsluserne ved Panamakanalen er der støbt ca. 1.5 mill. m³ beton.

Sluser for indlandskanaler er af væsentlig mindre størrelse end de ovenfor nævnte, idet de fartøjer, der skal benytte dem, hverken i dimensioner eller dybgående kan sammenlignes med de skibe, der befarer søfartskanalerne.

Udførelsen af kanalsluser afhænger i første række af løftehøjden. Hvor denne er stor - op til 20 m - kræves der massive konstruktioner. Ved løftehøjder på 3-5 m kan man til sidevæggene benytte jernspuns-vægge med passende betonforstærkninger. Endevæggene, hvor sluseportene er anbragt, udføres næsten altid af beton.

324-3 Beddinger.

Beddinger anvendes dels som byggebeddinger til afløb for nybygninger, sænkekasser o.s.v. og dels som ophalerbeddinger, hvor skibe ved hjælp af en beddingsvogn kan trækkes op på land.

Fælles for alle beddinger er, at de er forsynet med to eller flere beddingsløb. Disse skal dels have en passende hældning og dels nå så langt ud i vandet, at fartøjerne flyder op fra beddingsløbene, inden de har nået enden af disse.

Beddingsløbene udformes som kraftige bjælker af træ, stål eller jernbeton, der understøttes af træveller, en massiv jernbetonplade eller pæle alt efter bundens beskaffenhed og forholdene iøvrigt.

Midlertidige beddinger vil man i reglen forsøge at udforme på en sådan måde, at de kan udføres uden tørlægning - f.eks. ved anvendelse af trapæle, der afskæres under vand. Pælene forsynes med tværbjælker og beddingsløb af svære træ- eller ståldragere.

Ved permanente beddinger for skibsværfter er beddingsløbene som oftest af jernbeton, der er udført i tørlagt byggegrube. Beddingsløb har en hældning, der varierer fra ca. 1:10 for små og ca. 1:25 for store fartøjer. Da hele fartøjet under bygningen skal være over vand, får den bageste del af beddingsløbet ofte en betydelig højde over jorden. Den bæres da i reglen af kraftige søjler, der er funderet enten direkte eller på pæle.

325 KYSTBESKYTTELSE

Hvor bredden skal beskyttes mod vandets eroderende virkning, kan dette ske enten ved anlæg parallelt med kysten - skråningsbeklædninger - eller ved bygværker vinkelret på kysten - høfder.

325-1 Skråningsbeklædninger.

Beplantninger anvendes til at beskytte den del af skråningerne, der ligger over normal vandstand, mod påvirkning fra regn og kortvarige oversvømmelser. Hvor vandet er ferskt, benyttes græs, der enten sås på stedet eller anbringes som græstørv. Ved brakvand bruges specielle græsarter, der plantes på stedet og hurtigt udvikler et sammenhængende tæt rodnet.

Stenkastning benyttes ved saltvand, samt hvor der er ret stærke påvirkninger fra strøm og bølger. Udførelsesmåden afhænger af jordens art og påvirkningernes størrelse, men man vil principielt altid udføre dem som filtre i flere lag med det fineste materiale inderst. Det øverste lag kan efter omstændighederne udføres som løs stenkastning, som ordnet stenfyldning eller som glacis, hvor fugerne kan være fyldt med mørtel eller asfalt.

Ved blød bund anvendes faskiner eller måtter af pilekviste som underlag for stenene. I de senere år fremstiller man også måtter af plastic og bitumen.

Asfalt- og betonbelægning. Hvor beplantning ikke er egnet til beskyttelse af skråninger, samt hvor det er vanskeligt at skaffe egnede materialer til stenkastninger, kan man anvende enten en asfalt- eller en betonbelægning. Sidstnævnte belægning bør være opdelt i felter eller udlagt som fliser for at kunne tåle eventuelle sætninger af skråningerne.

Man kan også anvende en slags kasser udført af svær galvaniseret ståltråd. Kasserne præfabrikeres f.eks. i størrelsen 0.75 x 1.00 x 1.00 og anbringes på skråningen, hvor de bindes sammen og fyldes med sten, inden låget lukkes og "sys" fast.

Ved foden af skråningsbeklædningen udføres næsten altid en spunsvæg - i reglen af træ - til beskyttelse mod underskæring.

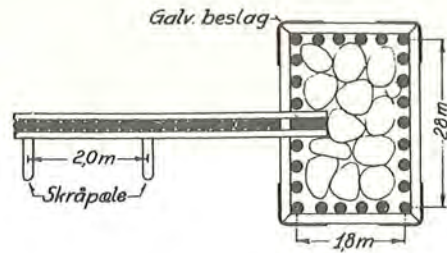


Fig. 171 Spinkel pølehøfde (15)

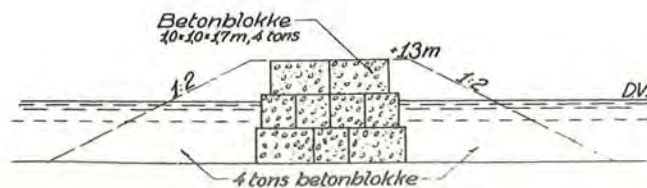


Fig. 172 Kraftig høfde udført af betonblokke (15)

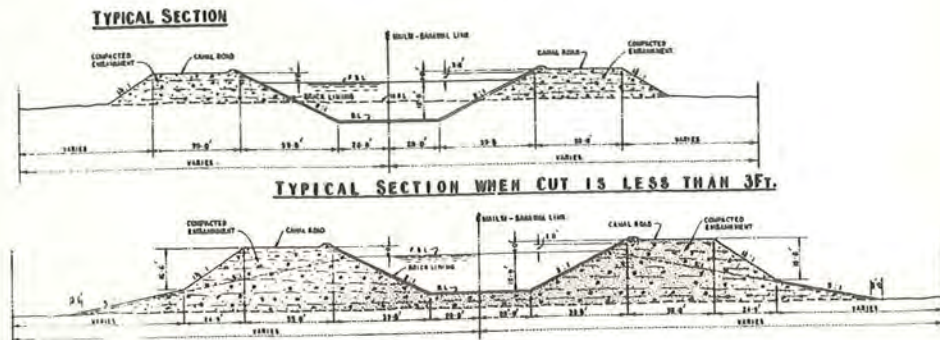


Fig. 173 Tværnsnit af vandingskanal i Pakistan (57)

325-2 Høfder.

Ved høfder forstås kortere eller længere moler, der bygges vinkelret på kysten, og hvis formål er at beskytte denne mod udskæring fra kyststrømmen.

De spinkleste høfder består blot af en plankevæg sammenholdt med tvinger foroven og forsynet med en stenkastning på hver side (fig. 171).

Kraftigere høfder udføres af to rækker spunsplanker eller spunsjern, der forbindes med ankre. Der fyldes sten i mellemrummet mellem spunsvæggene samt langs begge sider af høfden.

Meget kraftige høfder bygges som bølgebrydere udført af stablede betonblokke (afsnit 321-2) med kastninger af blokke på begge sider (fig. 172). Blokkene udlægges med en kran, der kører på den udførte del af høfden. Hvor bunden består af sand, anbringes en bundbeskyttelse f.eks. af sækkebeton for at forhindre blokkenes nedsynkning.

326 KANALER, FLODREGULERINGER OG DIGER

Ligesom ved vejarbejder drejer det sig om store jordarbejder med udpræget længderetning. Ved vejarbejder er der i reglen afvekslende afgravning og påfyldning med den deraf følgende længdetransport. Ved kanaler og diger vil der derimod i de fleste tilfælde være tale om sideflytning med korte transportafstande.

326-1 Kanaler.

De vigtigste kanaltyper er søfartskanaler beregnet til den oversøiske skibsfart, indlandskanaler fortrinsvis beregnet til pramtrafik, afvandingskanaler til dræning af fugtige arealer og vandingskanaler til overrisling.

Skibsfartskanaler udføres med stor bredde og dybde og hører til de største ingeniørarbejder, der udføres. Udførelsesmetoderne og det dertil nødvendige materiel må baseres på indgående undersøgelser i hvert enkelt tilfælde.

Skibenes passage skaber kraftige strømme og bølger, der angriber skråningerne. Det er derfor i reglen nødvendigt at udføre omfattende beskyttelsesarbejder med stenkastninger, glacis, spunsvægge o.s.v. (afsnit 325-1).

Indlandskanaler har i almindelighed væsentlig mindre dimensioner, både hvad bredde og dybde angår, end skibsfartskanalerne. Kanallinien søges lagt i så plant terræn som muligt, og højdeforskelle udlignes i reglen ved sluser (afsnit 324-2). Som nævnt i afsnit 212-3 er grave-maskiner med slæbeskovl og bulldozers det mest benyttede materiel til udførelse af arbejdet. Til delvis begrænsning af kanalprofilet oplægges den udgravede jord ofte i diger, der i så fald naturligvis må udføres således, at de bliver vandtætte.

Specielle problemer som udførelse af en enkelt dyb gennemgravning eller af en akvadukt over en slugt kræver selvfølgelig særlig behandling i hvert enkelt tilfælde.

Da sejlhastigheden i indlandskanalerne i reglen er lille, er kravene til skråningsbeskyttelse væsentlig mindre end i skibsfartskanaler, og som oftest vil en passende græsbevoksning være tilstrækkelig.

Afvandingskanaler er som regel af mindre dimensioner - ofte kun brede grøfter - og det mest benyttede materiel til udførelsen er en grave-maskine med slæbeskovl. Hvor der er fare for oversvømmelser, oplægges de udgravede materialer som diger. Det gælder her - som ved al kanalbygning - at man bør erindre den grundsætning, der er formuleret af en kinesisk ingeniør Li Ping for mere end to tusinde år siden: "Gravkanalerne dybe og hold digerne lave". Høje diger betyder altid fare for dømningsbrud med de deraf følgende oversvømmelser.

Vandingskanaler, der skal lede vandet fra floder eller reservoirer ud over arealer med vandmangel, er ofte meget betydelige bygværker af flere hundrede kilometers længde. For at formindske fordampningen udføres de i reglen med et dybt profil, og for at reducere den hydrauliske modstand beklædes skråningerne med klinker, betonplader eller bituminøse belægninger. Fig. 173 viser et typisk tværsnit af en vandingskanal fra Indus-bækkenet i Pakistan. Det er nødvendigt, at digerne er tætte, og fylden må derfor anbringes i tynde lag - som regel ved hjælp af scrapers - og komprimeres med vibrations- eller fårefodstromler (afsnit 215).

326-2 Flodreguleringer.

Flodreguleringer udføres for at forbedre besejlingsforholdene samt for at skaffe afstrømningsforhold, der nedsætter risikoen for oversvømmelser.

Der kan være tale om udretning af flodens løb, uddybning, skråningsbeklædning eller bygning af hæfder til beskyttelse mod udskæring, bygning af diger, hvor bredderne er lave, og reguleringsdæmninger, der koncentrerer flodens fald på enkelte steder og derved reducerer strømhastigheden. Hvilke metoder eller kombinationer af metoder, der skal benyttes, afhænger ganske af opgavens art og de lokale forhold.

326-3 Diger.

Udførelsen af diger har i det væsentlige været behandlet i det foregående, og her skal kun nævnes de havdiger, der skal beskytte lavtliggende kyststrækninger mod stormflodsødelæggelser. Det kan være meget betydelige bygværker. F.eks. har digerne langs Sønderjyllands vestkyst en højde af ca. 7 m. Fremskaffelse af den nødvendige fyld frembyder ofte problemer, og i de senere år er man i stor udstrækning gået over til at benytte indpumpede materialer (afsnit 216-1). Da havdigerne kun sjældent udsættes for voldsomme påvirkninger, vil man i reglen begrænse anvendelsen af skråningsbeskyttelse, men udføre digerne med et sådant profil, at de kan tåle beskadigelser i et vist omfang uden at blive gennembrudt. Under stormflod holdes der omhyggelig vagt på digerne, og i forvejen er der truffet sådanne dispositioner, at begyndende skader omgående kan afhjælpes f.eks. ved anbringelse af sandsække.

327 UDDYBNING OG OPFYLDNING

Uddybning foretages dels ved nyanlæg for at fremskaffe den projekterede vanddybde og dels for at vedligeholde vanddybden på steder, hvor der sker materialeaflejring.

Det til uddybningsarbejde benyttede materiel og de metoder, hvorefter arbejdet udføres, er omtalt i afsnit 216.

Et vigtigt hjælpearbejde ved al uddybning er udførelsen af de nødvendige pejlinger. Dette er et både besværligt og tidsrøvende arbejde, såfremt det skal gøres med håndkraft, og ved større arbejder er man derfor gået over til at bruge ekkolod, der er væsentlig hurtigere og mere nøjagtigt. Hvor man af hensyn til skibsfarten skal garantere en bestemt vanddybde, kontrolleres uddybningen i reglen ikke blot

ved hjælp af pejlinger. Som yderligere kontrol ophænger man en stål-
bjælke under en slæbebåd eller et lignende fartøj i en dybde, der
svarer til den krævede, og oversejler derefter hele det uddybede areal.

Opfyldning udføres dels, hvor man vil omdanne et vandareal til land-
areal f.eks. opfyldning bag en kajindfatning og dels, hvor man ønsker
at hæve lavtliggende arealer f.eks. for at skaffe bedre udnyttelses-
muligheder.

Der anvendes så vidt muligt altid materialer, der er egnet til skyl-
ning. Opfyldningsarealet omgives da af en midlertidig indfatning -
træspunsvæg, jorddæmning el.lign. - hvorefter materialet pumpes ind
direkte fra sandsuger eller fra elevatorpramme, såfremt udgravningen
sker med spandkædemaskine.

Side

33 DÆMNINGER OG VANDKRAFTANLÆG

330	GENERELT	278
331	JORD- OG STENDÆMNINGER	279
	331-1 Jorddæmninger	279
	331-2 Stendæmninger	279
332	MASSIVE GROVBETONDÆMNINGER	279
333	JERNBETONDÆMNINGER	281
334	VANDKRAFTANLÆG	283

33 DÆMNINGER OG VANDKRAFTANLÆG

330 GENERELT

Spærredæmninger over floder bygges dels for at regulere vandstanden og dels for at skabe reservoirer til vandingsanlæg og vandkraftanlæg.

Dæmninger udføres efter omstændighederne af jord- eller klippefyld, som massive grovbetonkonstruktioner eller som jernbetonkonstruktioner udført efter forskellige principper.

Da dæmninger næsten altid skal bygges over periodevis stærkt vandførende floder, er et af de afgørende problemer ved valg af udførelsesmetode, hvorledes der kan fremstilles en tørlagt byggegrube. Her skal nævnes de to metoder, der oftest kommer i betragtning.

Undertiden bygges en omløbstunnel eller en kanal til at føre vandet uden om byggestedet. Flodløbet lukkes med fangedæmninger såvel oven for som neden for dæmningsstedet.

Under andre forhold udføres fangedæmninger uden om dæmningsstedet indtil midt i floden, hvorefter halvdelen af den permanente dæmning forsynet med nødvendige grundsluser kan bygges. Når vandet ledes gennem disse sluser, kan man bygge de fangedæmninger, inden for hvilke den resterende del af dæmningen skal udføres.

Udførelse af fangedæmninger er omtalt i afsnit 301-22.

Et andet problem, der er fælles for alle dæmningstyper, er etablering af den nødvendige tæthed mellem dæmning og underbund, således at vandet ikke kan bane sig vej under dæmningen og derved give anledning til erosion eller skabe et opadvirkende vandtryk, der bringer stabiliteten i fare. De metoder, der anvendes til at skabe denne tæthed, afhænger naturligvis af de lokale forhold. Blandt de almindeligst anvendte kan nævnes spunsvægge, der rammes ned til vandstandsende lag eller drænbrønde under dæmningsens opstrømside, hvorfra vandet fjernes gennem rør anbragt i gallerier i bunden af dæmningen. Hvor dæmningen bygges på porøs eller sprækket klippe, kan man under opstrømsiden anvende injektion med cementmørtel til den fornødne dybde.

Endelig må der ved alle dæmningsanlæg være mulighed for under højvandsperioder at skaffe afløb for overskydende vandmasser, således at vandstanden oven for dæmningen kan reguleres. Der anvendes hertil - efter omstændighederne - grundsluser i dæmningsens bund, stigbord forsynet med lukkeanordninger af forskellig art eller almindelige overløb. Bortset fra de tilfælde, hvor dæmningen funderes på god klippegrund, er det nødvendigt at beskytte bunden neden for dæmningen mod afløbsvandets eroderende virkning. Dette gøres i reglen ved udstøbning af bassiner, der er således udformet, at vandet "bremses" og tvinges til at afgive en væsentlig del af sin bevægelsesenergi.

331 JORD- OG STENDÆMNINGER

331-1 Jorddæmninger.

Jorddæmninger opbygges som regel med en vandtæt kerne, der på begge sider beskyttes af materialer med tiltagende kornstørrelse ud imod overfladen. Kernen udføres af ler eller lignende materiale ofte anbragt på begge sider af en spunsvæg (fig. 174).

Det drejer sig i almindelighed om meget betydelige jordmængder, således at der er brug for det kraftigste materiel enten scrapers eller grave-maskiner og dump trucks (afsnit 213). Jorden lægges i vandrette lag på ca. 20-30 cm tykkelse og komprimeres meget omhyggeligt (afsnit 215).

331-2 Stendæmninger.

Stendæmninger udføres i almindelighed kun, hvor der i rimelig nærhed er et overskud af sten f.eks. fra tunneludgravninger, eller hvor der ikke er egnet materiale til udførelse af jorddæmninger. På opstrømsiden må de forsynes med en vandtæt beklædning i reglen af armeret beton. For at undgå revner i betonen må fylden pakkes så effektivt som muligt. Det gøres bedst ved kraftig spuling.

Både jord- og stendæmninger er meget udsat for alvorlige beskadigelser, hvis vandet stiger over dæmningskronen. Dette må der tages hensyn til ved udførelsen af passende afløbsforanstaltninger.

332 MASSIVE GROVBETONDÆMNINGER

Ved de fleste af disse dæmninger skal der udstøbes store betonmængder af ensartet karakter, og det er derfor arbejder, der i høj grad egner

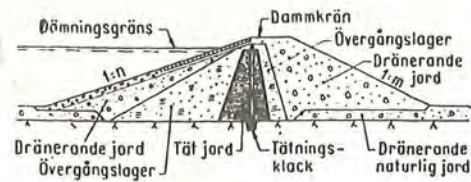


Fig. 174 Tværsnit i jorddæmning (15)



Fig. 175 Bygning af massiv grovbetondæmning (8)

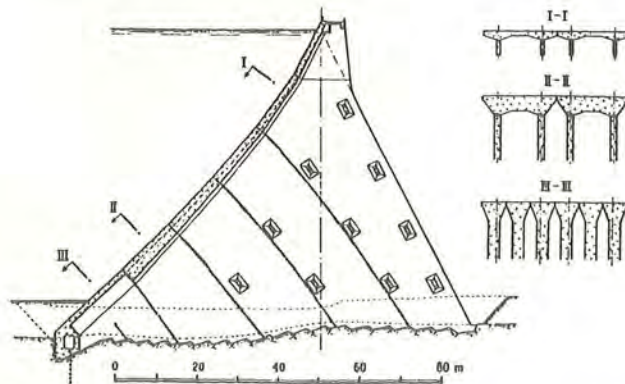


Fig. 176 Jernbetondæmning (Ambursendæmning) (15)

sig til en stærkt mekaniseret udførelsesmåde, der kun kræver et minimum af kvalificeret arbejdskraft.

Dæmninger af denne type opføres i reglen på klippebund. Inden støbe- arbejdet påbegyndes, må bunden renses omhyggeligt for alle løse eller forvitrede materialer, ligesom der eventuelt må injiceres med cement- mørtel for at sikre, at klippen er tæt under dæmningen.

Støbematerialerne vil praktisk talt altid blive fremstillet på stedet, og der kræves derfor omfattende installationer til udvinding, knusning, sortering og oplagring af disse materialer (afsnit 22).

Betonfremstillingen sker i et centralt blandedanlæg udstyret med siloer til cement og tilslagsmaterialer, automatiske afmålingsinstallationer og i reglen 2-4 stk. blandemaskiner (afsnit 243-1).

Betontransporten foregår i betonspande enten med kabelkran (afsnit 243-23, fig. 106), der direkte afleverer betonen på støbestedet, eller med lastbil eller tog til kraner, der løfter betonen til støbestedet (fig. 175). Hvor dæmningen er meget høj, anbringes kranen ofte på en stilladsbro, der også benyttes som transportbro for betonen.

Til forarbejdet (fig. 175) benyttes næsten altid stålforme (afsnit 241-4), og opstillingen sker i sektioner med 1.5-2.0 m højde og et sådant areal, at støbningen kan gennemføres i løbet af 6-8 timer. Angående udførelsen af støbearbejdet henvises iøvrigt til afsnit 243-3.

Ved udførelse af massive grovbetondæmninger er det ikke altid tilstrækkeligt at sørge for, at betonen har passende temperatur ved udstøbningen (afsnit 243-4). Undertiden må der i konstruktionen indlægges et system af rør, hvorigennem der pumpes koldt vand for at afkøle den hærdenende beton (afsnit 243-42).

333 JERNBETONDÆMNINGER

Disse udføres i reglen som en række smalle piller, der på opstrømsiden støtter tynde betonplader eller hvælvinger (fig. 176).

Til dæmninger af denne type medgår der væsentlig mindre betonmængder end til en tilsvarende grovbetondæmning, og problemerne fra opadvirkende vandtryk er stærkt reduceret. Til gengæld er udførelsen kompliceret, og der stilles store krav til arbejdets kvalitet. Det er

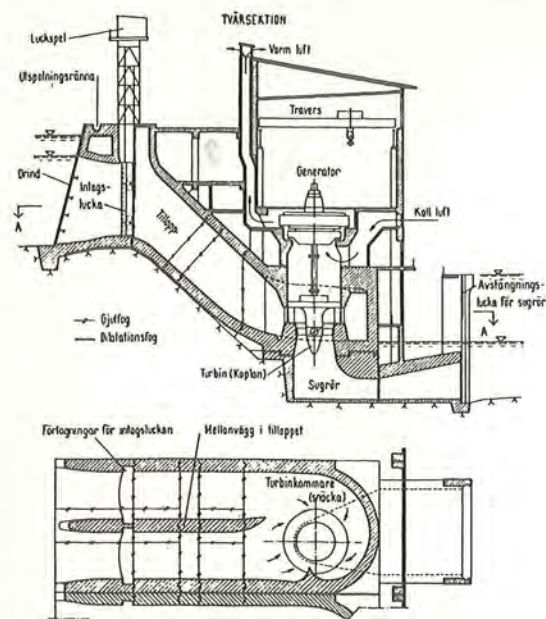


Fig. 177 Snit i vandkraft-anlæg (15)



Fig. 178 Lægning af rør ved hjælp af portalkran (59)

derfor nødvendigt at disponere over langt mere faglært arbejdskraft end ved udførelsen af en grovbetondæmning.

Da dimensionerne er relativt spinkle, kræves der ikke så kraftige kraner som ved grovbetondæmninger. Til gengæld vil der være et meget stort antal løft, og tårndrejere vil derfor være bedre egnet til arbejder af denne art end kabelkraner.

334 VANDKRAFTANLÆG

En væsentlig del af alle dæmningsarbejder udføres for at skaffe vandreservoirer for kraftanlæg.

Efter de lokale omstændigheder, terræn- og jordbundsforhold, faldhøjde o.s.v. kan kraftstationen enten udføres i nær tilknytning til dæmningen eller vandet kan føres et kortere eller længere stykke gennem tilløbskanaler (afsnit 326) eller tunneller (afsnit 314), før det når kraftstationen og dér ledes gennem turbinerne og videre tilbage til flodlejet.

Hvor der er betydelig faldhøjde, og hvor grunden samtidig består af fast klippe, udføres kraftstationen ofte i udsprængte hulrum. Til trods for udgiften til sprængningsarbejdet kan den betydelige reduktion af betonmængderne medføre en totalbesparelse. Endvidere giver denne metode et kraftanlæg, der er effektivt beskyttet i krigstilfælde.

Ved lille faldhøjde, og hvor der ikke er fast fjeld, bygges kraftstationen på det fri terræn. Udførelsen af turbinefundamenterne og afløbsledningerne kræver i almindelighed en dyb byggegrube samt et betydeligt betonarbejde, hvoraf en del er af meget kompliceret natur (fig. 177).

Kraftstationens overbygning svarer til en stor maskinhal forsynet med en meget kraftig kran, der kan bestryge hele hallen og benyttes til montage af turbiner og generatorer, samt de nødvendige lokaler til værksteder, magasiner, kontorer o.s.v.

34 LEDNINGSARBEJDE

Det moderne samfunds behov for vandforsyning, kloakanlæg, fjernvarme, gas- og olieledninger o.s.v. har medført, at det meste rørarbejde i løbet af de senere år er blevet stærkt mekaniseret.

Gravning af render indtil ca. 0.6 m brede og ca. 2.5 m dybe udføres, hvor der er tale om større arbejder, med en rendegraver (afsnit 213, fig. 18), der kan arbejde med en hastighed af 15-60 m pr. time alt efter jordens art.

Under mindre forhold udgraves render af tilsvarende dimensioner med en smal dybdeske, der er monteret på den ene ende af en let traktor. Dennes anden ende er ofte udstyret med en løsseskovl, der kan benyttes som kran ved lægning af rørene og som bulldozer ved tilfyldning af renderen (afsnit 212-4).

Til bredere og dybere render benyttes gravemaskine med dybdeske eller slæbeskovl. Hvor forholdene tillader det, søger man at undgå afstivninger ved at grave renderen med skråning. Udgiften til den herved forøgede jordmængde vil normalt være væsentlig mindre end udgiften til afstivningsarbejdet. Hertil kommer, at arbejdet også vil skride hurtigere frem, når der ikke findes afstivninger (afsnit 301-1).

Selvom man ved udgravningen skal under grundvandet, vil man ofte kunne undgå afstivning ved at udføre en grundvandssenkning efter Wellpoint-metoden (afsnit 235-2 og fig. 130, afsnit 301).

Lægning af drænrør og små kloakrør udføres i reglen med håndkraft. Større rør anbringes med en let kran f.eks. en traktorkran. Til endnu større rør benyttes en let portalkran, der spænder over udgravningen (fig. 178). Disse rør kan også lægges ved hjælp af den gravemaskine, der udfører jordarbejdet. Ledninger større end ca. 2 m i diameter støbes i reglen på stedet. Hertil kan benyttes en køreform af tilsvarende type, som vist på fig. 78, afsnit 241.

Tilfyldningen omkring mindre rør må i almindelighed foretages med håndkraft, indtil rørene er dækket med jord. Den resterende tilfyldning over disse samt tilfyldning i forbindelse med større rør udføres i reglen med maskine (gravemaskine eller bulldozer).

35 BYGNINGSARBEJDE

	Side
351 BYGNINGSFUNDERING	286
352 FABRIKSANLÆG	287
353 SILOER OG BEHOLDERE	288
354 BOLIGER, KONTORBYGNINGER m.v.	290

35 BYGNINGSARBEJDE

Bygningsarbejde omfattede tidligere i alt væsentligt arbejder, der udførtes af håndværksmestre, medens bygningsingeniørens medvirken hovedsageligt indskrænkede sig til løsning af specielle funderingsproblemer og - senere - også til projektering og udførelse af de bærende konstruktioner (af beton, stål, træ) i større bygninger. I det følgende vil kun betonkonstruktioner blive nærmere omtalt.

Som følge af bygningernes stadigt voksende dimensioner, byggeprocessernes mekanisering, udviklingen af fabriksfremstillede bygnings-elementer m.v. har såvel projektering som udførelse af bygningsarbejder for en stor del skiftet karakter og må i dag betragtes på linie med anlægsarbejder. Dette gælder ikke alene industribygninger, men også større bygninger til beboelse, kontorer og lignende.

351 BYGNINGSFUNDERING

Foruden de almindelige piloteringsarbejder, der er nødvendige, hvor bygninger skal funderes på dårlig grund, frembyder det moderne byggeri ofte funderingsproblemer af speciel karakter. Nogle få eksempler herpå skal omtales i det følgende.

Ved bygninger, der opføres på kostbare grunde i byerne, ønsker man ofte at udnytte arealet ikke alene ved at bygge i højden, men også i dybden og således udføre flere kælderetager med parkeringsplads, tekniske installationer o.s.v. Hvis man derved kommer ned under grundvandet, kan både udførelsen af indfatningerne og tørlægningen af byggegruben undertiden blive meget vanskelig. Indfatningerne kan udføres enten af spunsjern, der om muligt rammes med vibrationshamre for at undgå støj og rystelser, eller der kan udføres en spunsvæg af borede pæle uden foringsrør (afsnit 233-12). Spunsvæggene må afstives ind i byggegruben, som omtalt i afsnit 301-12. Tørlægning af byggegruben kan ske ved direkte pumpning eller ved grundvandssenkning (afsnit 235). Man må dog altid være opmærksom på, om funderingen for de omkringliggende ejendomme kan tage skade ved tørlægningsarbejdet.

Ved kraftstationer optræder der meget store koncentrerede belastninger fra kedler, turbiner og generatorer. Hvor pælefundering er nødvendig, kan det ofte være vanskeligt at skaffe plads til det fornødne antal, hvis almindelige præfabrikerede pæle anvendes. Man kan da benytte in situ pæle med stor diameter, f.eks. Hochstrasse- eller Benoto-pæle, der udføres med diametre op til henholdsvis 1.5 og 2.0 m, og som derfor er velegnede til at overføre meget store og koncentrerede belastninger.

352 FABRIKSANLÆG

Fabriksbygninger af en sådan karakter, at de ikke kunne opføres på traditionel måde (af murværk og tømmer), blev tidligere næsten altid udført som jernbetonkonstruktioner støbt in situ eller - hvor der krævedes haller med meget stor spændvidde - som stålkonstruktioner.

I dag udføres over halvdelen af alt fabriksbyggeri helt eller delvis af elementer - for en stor del udført i spændbeton, således som det er nærmere omtalt i afsnit 244 og 245. Fordelen herved er i første række, at opførelsen kan ske hurtigere. Ved større spændvidder er det endvidere mere økonomisk at anvende spændbeton end almindelig jernbeton. Hvor det er muligt at anvende standardelementer, kan der opnås yderligere besparelser i tid og arbejde ikke blot ved udførelsen men også ved projekteringen.

Det er naturligvis ikke alle fabriksanlæg, der egner sig for elementbyggeri. Hvis en fabriksbygning skal indeholde meget store og specielle maskiner, f.eks. en cementfabrik, kan dette bevirke, at der må udformes ganske specielle konstruktioner, der egner sig bedst for udførelse in situ.

Ved fabriksbyggeri vil der ofte være tale om udførelse af et større antal bygninger spredt over et stort areal, og det vil da ofte være vanskeligt at tilrettelægge arbejdet således, at der er behov for en jævn produktion af beton. Dette kan være en medvirkende årsag til, at det i mange tilfælde vil være fordelagtigere at benytte beton leveret fra en betonfabrik i stedet for selv at investere i de nødvendige blandeinstallationer. Byggepladsens interne transport af

beton, elementer m.v. kan i reglen baseres på brug af passende mobilkraner eller skinnekørende tårndrejekraner. Sidstnævnte kraner kræver et solidt og iøvrigt ret kostbart sporanlæg, hvorfor de normalt må forudsætte en relativ lang anvendelsesperiode på den enkelte byggeplads for at være økonomiske.

353 SILOER OG BEHOLDERE

Det drejer sig her om koncentrerede bygværker med forholdsvis små mængder, men med store belastninger på grunden. Funderingsproblemerne kan derfor undertiden være ret komplicerede.

Siloer, overjordiske beholdere og lignende konstruktioner over ca. 10 m i højden udføres i reglen med glideform (afsnit 241-6). Transporten af beton sker - alt efter objektets størrelse og art - ved hjælp af hejsetårne, tårnkraner eller betonpumper. Ved anvendelse af pumpebeton må rørledningen anbringes på en sådan måde, at dens rystelser ikke overføres til glideformen.

Hvor bygværker er mindre end ca. 10 m i højden, anvendes normalt almindelige forme i stedet for glideforme.

Større reservoirer til vandforsyning udføres i reglen ved udsprængning eller udgravning, hvorefter der udstøbes beton på siderne og i bunden. Hvor siderne er skrå, må man i almindelighed benytte overforme for at kunne fremstille en tilstrækkelig tæt beton. Overformen ved store reservoirer kan være en art glideform bestående af plader, der - ballasteret på passende måde - kan trækkes op således, at arbejdet udføres tilsvarende en silostøbning. For at beskytte vandet mod forurening må reservoiret i reglen overdækkes (fig. 179). Dette sker normalt ved hjælp af en betonkonstruktion udført som elementer eller in situ.

Højdebeholdere for vandforsyningsanlæg må ofte anbringes i betydelig højde over terræn. Tårnet, hvorpå beholderen hviler, kan efter omstændighederne udføres som en åben konstruktion med søjler og passende tværafstivninger eller som en lukket konstruktion, der f.eks. kan udføres på tilsvarende måde som en silo.

Beholderen har i reglen større diameter end tårnet og må under opførelsen bæres af store stilladskonstruktioner.



Fig. 179 Overdækket vandreservoir (45)



Fig. 180 Løftning af vandbeholder. Vandtårn i Roskilde (71)

Undertiden kan man undgå stilladsarbejdet. Beholderen støbes da på jorden, hvorefter den løftes med donkrafte samtidig med, at man udfører tårnets bærende konstruktion (fig. 180).

For at nedsætte revnedannelsen i betonen er man i de senere år i stort omfang gået over til at benytte spændbeton til beholdere, som omtalt i afsnit 245-12.

354 BOLIGER, KONTORBYGNINGER m.v.

Det egentlige husbyggeri er vel nok den gren inden for bygge- og anlægsområdet, hvor mekaniseringen sidst har vundet indpas. Endnu omkring 1930 udførtes langt den overvejende del af dette byggeri efter metoder baseret på håndkraft. F.eks. blev alle materialer (mursten, mørtel o.lign.) båret op til 4-5 etage.

De første egentlige jernbetonhuse blev opført i midten af trediverne, og så sent som for 25 år siden skrev professor Suenson i Salmonsens leksikon: "I huse bruges jernbeton fortrinsvis til etageadskillelser, trapper og tage, men også til yder- og indervægge".

Årsagerne til, at betonen trængte så langsomt ind i byggeriet, var f.eks. inertie hos håndværkere, bygherrer og myndigheder og mangel på egnet materiel (navnlig kraner). Som medvirkende årsag må også anføres den lange udførelsestid, som var betinget af, at der for hver etage både skulle udføres formarbejde, armeringsarbejde og støbearbejde, ligesom betonen skulle have tid til at hærde, før man kunne gå igang med næste etage.

Det er først efter 2. verdenskrig, at beton er blevet anvendt i større omfang til almindelig husbygning - i de sidste år ikke mindst gennem fremstilling af betonelementer (afsnit 244).

Foruden opførelse af "råhuset" indeholder ethvert bygningsarbejde også en række installationsarbejder (vand, varme, sanitet m.v.) og færdiggørelsesarbejder (snedker, maler m.v.). Behandlingen af disse arbejder falder imidlertid uden for dette binds rammer.

LITTERATURFORTEGNELSE

- 1 Kirschner: Rüstungsbau
Wilhelm Ernst, Berlin 1924
- 2 Hugo Ritter: Kostenberechnung im Ingenieurbau
Julius Springer, Berlin 1929
- 3 A. Engelund: Vej- og jernbanebro over Allsund
Dansk Ingeniørforening, København 1930
- 4 H. Wegele: Tunnelbau
de Gruyter, Berlin 1935
- 5 J.T. Lundbye: Overslagsbog for ingeniører
København 1935
- 6 Groupe Suède-Dancois: Construction des Lignes de Chemin de Fer
Kampsax, København 1937
- 7 Bazali: Preisermittlung
Julius Springer, Berlin 1938
- 8 Ackerman & Locher: Construction Planning and Plant
Mc Graw-Hill, New York 1940
- 9 E. Suenson: Byggematerialer III
Julius Gjellerup, København 1942
- 10 Christiani & Nielsen: Concrete Manual, Bulletin 39
Christiani & Nielsen, København 1944
- 11 G. Schönweller: Fundering
Danmarks tekniske Højskole, København 1945
- 12 A. Engelund: Brobygning II
Julius Gjellerup, København 1945
- 13 A. Efsen: Elementær jernbeton
Julius Gjellerup, København 1948
- 14 A. Klindt Jensen: Maskinlære
Det tekniske Selskabs Skoler, København 1949
- 15 Midlertidig lærebog i vandbygning
Det private Ingeniørfond, København 1951
- 16 Håndbog for jord- og betonarbejdere
Dansk Arbejdsmandsforbund, København 1952
- 17 Jordarbejder, Teori og Praksis
Dansk Ingeniørforening, København 1954
- 18 Christiani & Nielsen: 50 Years of Civil Engineering
Christiani & Nielsen, København 1954
- 19 F.H. Kellogg: Construction Methods and Machinery
Prentice Hall, New York 1954

- 20 F. Leonhardt: Spannbetong für die Praxis
Wilhelm Ernst, Berlin 1955
- 21 B.J. Rambøll: Rationelt byggeri
Teknisk Forlag, København 1955
- 22 K.E.C. Nielsen: Nyere betonforme, SBI studie nr. 18
Teknisk Forlag, København 1955
- 23 G. Kühn: Der gleislose Erdbau,
Springer Verlag, Berlin 1956
- 24 O. Walch: Baumaschinen und Baueinrichtung I - III
Springer Verlag, Berlin 1956
- 25 R.L. Peurifoy: Construction Planning, Equipment and Methods
Mc Graw-Hill, New York 1956
- 26 G. Garbotz: Baumaschinen und Baubetrieb I - II
Carl Hansen Verlag, München 1957
- 27 Byggmaskiner 1957
Svenske Byggtjänst, Stockholm 1957
- 28 Emil Möerch: Brücken aus Stahlbeton und Spannbeton
Konrad Witver, Stuttgart 1958
- 29 Frank W. Stubbs: Handbook of Heavy Construction
Mc Graw-Hill, New York 1959
- 30 Fundering
Dansk Ingeniørforening, København 1959
- 31 R. Hammond: Civil Engineering Today
Oxford University Press, London 1960
- 32 Bygg, band III
AB Byggmästarens Förlag, Stockholm 1960
- 33 Ernst Bachus: Grundbaupraxis
Springer Verlag, Berlin 1961
- 34 R.D. Chellis: Pile Foundations
Mc Graw-Hill, New York 1961
- 35 Military Engineering, Vol. XVI, Construction Plant
Her Majesty's Stationary Office, London 1962
- 36 H.F. Cornich: Dock and Harbour Engineering, Vol 2-4
Charles Griffen, London 1962
- 37 C.W. Dunham: Foundations of Structures
Mc Graw-Hill, New York 1962
- 38 Duic und Trapp: Baumaschinen-Handbuch I
Bauverlag GMBH, Wiesbaden 1963
- 39 British Construction Equipment
The Federation of Manufactures of Construction Equipment, London 1963
- 40 Mogens Lorentsen: Spännbetong
SVR's Forlag, Stockholm 1963
- 41 O. Willadsen: Vejbygning
A/S Phønix, Vejen 1963

- 42 T. Brøndum-Nielsen: Spændbeton
Akademisk Forlag, København 1964
- 43 Christiani & Nielsen: 60 Years of Civil Engineering
Christiani & Nielsen, København 1964
- 44 Byggecentrum: Byggeriets hjælpemidler I, Murer- og Entreprenørfaget
Byggecentrum, København 1964
- 45 Christiani & Nielsen: CN Post nr. 1-67
Christiani & Nielsen, København 1948-64
- 46 Typenblätter für Baumaschinen
Rudolf Müller, Köln-Braunsfeld
- 47 Anvisninger fra Statens Byggeforskningsinstitut, København

TIDSSKRIFTER:

- 48 Der Bauingenieur
Springer Verlag, Berlin
- 49 Baumaschine und Bautechnik (BMT)
Bauverlag GMBH, Wiesbaden
- 50 Brücke und Strasse
H. Wigankow, Berlin
- 51 Byggeindustrien
Teknisk Forlag A/S, København
- 52 Byggnadsindustrin
Byggnadsindustrins Förlag AB, Stockholm
- 53 Civil Engineering
American Society of Civil Engineers, New York
- 54 Construction Methods and Equipment
Mc Graw-Hill, New York
- 55 Ingeniøren
Teknisk Forlag A/S, København
- 56 Der Teifbau
C. Bertelsmann Verlag, Gütersloh

FOTOGRAFIER og KATALOGER fra:

- 57 Christiani & Nielsen A/S
- 58 Dyckerhoff & Widmann KG
- 59 H. Hoffmann & Sønner A/S
- 60 Højgaard & Schultz A/S
- 61 Skandinavisk Spændbeton A/S
- 62 Acrow (fa. Hakon Gertsen)
- 63 Blaw Knox (Boegh-Thosen A/S)
- 64 V.M. Christensen A/S

- 65 Gravquick A/S
- 66 W. Langreuter Eftf. A/S
- 67 Tornborg & Lundberg AB
- 68 De Smithske Jernstøberier og Maskinværksteder A/S
- 69 Brd. Vestergaard
- 70 Vibromax (Pedershåb Maskinfabrik A/S)
- 71 C.T. Winkel A/S

Under de enkelte figurer er med et nummer mellem to parenteser angivet, fra hvilken af ovennævnte kilder figuren er hentet.