

DP3 Videreutvikling av metoder for å begrense skader

State of the art – pele- og spuntramming

Trond Imset, Rønning, Sigbjørn

BegrensSkade Delrapport nr 3.2

Begrensning av skader som følge av grunnarbeider

Delprosjekt 3: Videreutvikling av metoder for å begrense skader

State of the art – pele- og spuntramming

Dato: 2015-03-16

Revisjonsdato: 2015-03-16

Revisjonsnr.: 00

Delprosjektleder: Arne Schram Simonsen, Multiconsult AS

Utarbeidet av: Sigbjørn Rønning, Multiconsult AS

Trond Imset, Kynningsrud Fundamentering AS

Kontrollert: Arne Schram Simonsen, Multiconsult AS

Sammendrag

Som et utgangspunkt for å vurdere dette er det i dette notatet sammenstilt metoder og utstyr for å beskrive praksis med pele- og spuntramming med fokus på forhold som kan påvirke risikoen for skader på nabobygg og nabokonstruksjoner.

Risikoen for skader og uønskede hendelser i forbindelse med ramming av spunt og peler påvirkes av flere forhold. Aktuelle faktorer er:

- Grunnforhold
 - Friksjonsjord
 - Kohesjonsjord
 - Sensitivitet
 - Dilatans
 - Faste lag
 - Grove masser
 - Dybde til berg
 - Poretrykksituasjon
 - Grunnens evne til å forsterke vibrasjoner / rystelser
- Peletype
 - Massefortrenging
 - Kapasitet i pelematerialet
 - Pelens evne til å overføre energi/kraft til spissen
 - Krav til dokumentert bæreevne
- Pelelodd
 - Loddvekt
 - Fallhøyde
 - Virkningsgrad
 - Slagenergi
 - Slag parallell med peleaksen
 - Loddvekt sammenlignet med pelevekt
 - Slagkarakteristikk
 - Slagtakt
 - Antall slag
 - Dynetre
- Forarbeider
 - Fordoring
 - Opptak av leirpølser
 - Augring
 - Ramming av peler fra nivå over grunnvannstanden
- Naboforhold
 - Avstand til nabobygg og nabokonstruksjoner
 - Type nabokonstruksjon
 - Tilstand av nabokonstruksjon
 - Antall peler

I dette notatet er det lagt vekt på peletyper og rammeutstyr og hvordan de enkelte elementene påvirker risikoen ved ulike grunnforhold.

Som et hovedinntrykk for ramming av peler i leire og andre kohesjonsjordarter vil spesielt massefortrenging medføre trykkendringer i grunnen i et område rundt pelen. Disse trykkendringene kan gi følgende konsekvenser:

- Poretrykksøkning som svekker stabiliteten.
- Medføre forstyrrelse av grunnens konsolidering, og sette i gang ny konsolideringsprosess.
- Midlertidig svekkelse av grunnens fasthet på grunn av omrøring.
- Masse kommer opp langs pelen.
- Terrenghøving rundt området der peler rammes.
- Punktere poreovertrykk ved berg.
- Starte ny konsolideringsprosess i leire med påfølgende setninger.

I friksjonsjordarter vil det gjerne være komprimeringseffekten av peleramming som kan gi potensiale for setninger og horisontalbevegelser, samt at rystelser kan gi setninger under bygg / konstruksjoner lenger fra pelearbeidet.

Valg av feil kombinasjon av peletype, loddtype og loddstørrelse kan i visse sammenhenger gi unødvendig store rystelser og påvirkning på naboområdene.

I andre tilfeller vil stor rammemotstand gi potensiale for store rystelser i et stort område rundt arbeidene. Risikoen for skader kan ofte påvirkes av å velge riktig loddtype eller loddstørrelse.

Det er derfor viktig at prosjekterende og utførende har et bevisst forhold til disse forholdene.

Dette dokumentet beskriver de vanligste loddtypene og peletypene som er benyttet i Norge pr i dag. Det er lagt vekt på peletyper som benyttes i bynære strøk, slik at de er mest mulig relevant for «Begrens skade». Det er også tatt med et kapittel om spuntramming og spunntyper.

Det er for hver loddtype beskrevet prinsippet for virkemåte, samt fordeler og ulemper med hensyn på risiko for skader på omgivelsene. Det samme er utført for peletyper og spunntyper.

Det er videre gitt en kort oppsummering av videre arbeider med hensyn på undersøkelser om hva som kan ha størst innvirkning på skader i forhold til ulike grunnforhold.

Innhold

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | INNLEDNING | 7 |
| 1.1 | Formål med denne rapporten | 7 |
| 2 | GENERELT OM RAMMEDE PELEER | 8 |
| 3 | LODD-TYPER FOR PELE- OG SPUNTRAMMING | 9 |
| 3.1 | Hydrauliske fallodd | 9 |
| 3.1.1 | Fordeler - Ulemper | 10 |
| 3.1.2 | Viktige aspekter i forhold til begrensning av skade | 10 |
| 3.1.3 | Eksempler datablad og informasjon fra loddprodusenter | 11 |
| 3.2 | Dobbeltvirkende hydrauliske lodd | 17 |
| 3.2.1 | Fordeler og ulemper | 17 |
| 3.2.2 | Viktige aspekter i forhold til begrensning av skade | 17 |
| 3.2.3 | Eksempler datablad og informasjon fra loddprodusenter | 18 |
| 3.3 | Diesellodd | 19 |
| 3.3.1 | Fordeler og ulemper | 19 |
| 3.3.2 | Viktige aspekter i forhold til begrensning av skade | 19 |
| 3.3.3 | Eksempler datablad og informasjon fra loddprodusenter | 20 |
| 3.4 | Vibrolodd | 23 |
| 3.4.1 | Fordeler og ulemper med vibrolodd | 24 |
| 3.4.2 | Viktige aspekter i forhold til begrensning av skade | 24 |
| 3.4.3 | Eksempler datablad og informasjon fra loddprodusenter | 25 |
| 3.5 | Luftlodd | 28 |
| 3.5.1 | Fordeler og ulemper ved luftlodd | 28 |
| 3.5.2 | Viktige aspekter i forhold til begrensning av skade | 28 |
| 3.5.3 | Eksempler datablad og informasjon fra loddprodusenter | 28 |
| 3.6 | Hydraulisk pressing | 30 |
| 3.6.1 | Fordeler og ulemper ved hydraulisk pressing | 30 |
| 3.6.2 | Viktige aspekter i forhold til begrensning av skade | 30 |
| 3.6.3 | Eksempler datablad og informasjon fra loddprodusenter | 30 |
| 3.7 | Pigghammere, meiselhammer og små hydraulisk drevne hammere | 34 |
| 3.7.1 | Fordeler og ulemper ved pigghammere, meiselhammere og små hydraulisk drevne hammere | 34 |
| 3.7.2 | Viktige aspekter i forhold til begrensning av skade | 34 |
| 3.7.3 | Eksempler datablad og informasjon fra loddprodusenter | 34 |
| 4 | RAMMEDE PELETYPER | 35 |
| 4.1 | Betongpeler | 35 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1.1 | Fordeler og ulemper med peletypen | 36 |
| 4.1.2 | Tiltak for å redusere risiko for påvirkning på området rundt peleramming | 36 |
| 4.2 | Stålfiler/HP-peler | 38 |
| 4.2.1 | Fordeler og ulemper med peletypen | 38 |
| 4.2.2 | Tiltak for å redusere risiko for påvirkning på området rundt peleramming | 38 |
| 4.2.3 | Datablad med detaljer for peletypen | 39 |
| 4.3 | Stålrørspeler | 41 |
| 4.3.1 | Fordeler og ulemper med peletypen | 41 |
| 4.3.2 | Tiltak for å redusere risiko for påvirkning på området rundt peleramming | 42 |
| 4.3.3 | Illustrasjoner for peletypen | 42 |
| 4.4 | Små stålrørspeler/Mikropeler | 43 |
| 4.4.1 | Fordeler og ulemper med peletypen | 43 |
| 4.4.2 | Tiltak for å redusere risiko for påvirkning på området rundt peleramming | 43 |
| 4.4.3 | Illustrasjoner for peletypen | 44 |
| 4.5 | Trepeler | 46 |
| 4.5.1 | Fordeler og ulemper med peletypen | 46 |
| 5 | KRANER FOR PELERAMMING | 47 |
| 6 | SPUNT | 50 |
| 6.1 | Spunttyper | 50 |
| 6.2 | Installasjon | 50 |
| 6.3 | Muligheter og begrensninger | 51 |
| 6.4 | Databladeksempler for ulike spuntprofiler | 52 |
| 7 | VIDERE ARBEIDER | 56 |

Vedlegg: Erfaringsrapporter fra Statens vegvesen

- 0) Rammede peler – oversikt
- 1) Mjøsbrua
- 2) Almenningen bru
- 3) Botn bru
- 4) Kulltangen bru
- 5) RIT-brua Trondheim
- 6) Tautrabrua
- 7) Melhusbrua
- 8) Drammensbrua
- 9) Sandessundbrua

1 INNLEDNING

Bakgrunnen for forskningsprosjektet BegrensSkade er at det ofte oppstår uventede og uønskede skader på naboeiendommer og nærliggende infrastruktur, som følge av grunn- og fundamenteringsarbeider. Det ligger derfor et betydelig potensiale i å utvikle nye metoder og forbedre prosedyrer for å unngå eller begrense slike skader innenfor bygge-, anleggs- og eiendomsbransjen. Forbedret utførelse gir besparelse ved redusert antall skader, raskere gjennomføring, mindre forsinkelser og færre tvistesaker.

BegrensSkade har som mål å utvikle nye utførelsesmetoder og forbedre samhandlingsprosesser, for å begrense skader som kan tilbakeføres til grunn- og fundamenteringsarbeider innenfor bygg-, anleggs- og eiendomsbransjen. Prosjektet har en bred tilslutning fra den norske BA-bransjen med 23 partnere, med representanter fra alle aktører (byggheier, entreprenører, underentreprenører, konsulenter, eiendoms- og forsikringselskaper samt forskningsinstitutt og universitet).

Prosjektet ser på hele kjeden av årsaker og forbedringsmuligheter fra prosjektering av grunn- og fundamenteringsarbeider til utførelse og oppfølging. BegrensSkade er delt opp i fem delprosjekter:

DP1+2 Kartlegging av årsaker til skader

DP3 Videreutvikling av metoder for å begrense skader

DP4 Dokumentasjon av nye metoder

DP5 Verktøy for risikovurdering

DP6 Forbedret samhandling i BA-prosessen

1.1 Formål med denne rapporten

Med bakgrunn i delprosjekt 1 ble det klart at det var behov for en gjennomgang av eksisterende metoder for ramming av peler og spunt for å kartlegge fordeler og ulemper med de ulike metoder sett i sammenheng med ulike grunnforhold og potensiale for skader på omgivelser.

Pelearbeider er i stor grad erfaringsbasert. Mange av erfaringene er samlet i «Peleveiledningen», men fokuset her er i stor grad knyttet opp mot rambarhet og bæreevne. Det har her vært lagt mindre vekt på potensialet for skader på omgivelsene.

Grunnen og omgivelsene påvirkes på flere måter ved ramming av peler og spunt. Denne rapporten gir en vurdering av slike virkninger.

2 GENERELT OM RAMMEDE PELER

Pelefundamentering er en vanlig fundamenteringsmetode i Norge. Variasjonen av peletyper og installasjons utstyr er stor. I dette kapittelet omhandles rammede peler benyttet som fundamentering for bygninger og bruer for jernbane og veger. Boring av peler omhandles i andre delprosjekter.

Rammede peler benyttes som fundamenteringsmetode for mange typer konstruksjoner og formål. Det er mange forhold som innvirker på installasjonsmetode, valgt utstyr og peletype. Her nevnes blant annet:

- Last.
- Naboforhold.
- Krav til bæreevne.
- Rystelser.
- Støy.
- Grunnforhold.
- Stabilitetsforhold.
- Type konstruksjon som skal fundamenteres.
- Plassbehov for ulike peletyper, loddtyper og installasjonsmetoder i forhold til nabokonstruksjoner / nabofundamenter

De peletypene som benyttes er:

- Prefabrikerte slakkarmerte betongpeler.
- Prefabrikerte spennarmerte betongpeler.
- Stålprofilpeler.
- Stålrørspeler, både med spiss (lukkede) og uten (åpne).
- Ulike former for mikropeler.
- Trepeler, ofte for mindre konstruksjoner i tilknytning til kaier.

Installering av peler kan i hovedsak deles i to hovedtyper; Spissbærende peler til berg eller til stopp i morene, og svevende peler som installeres til fastsatt nivå.

De loddtypene som er benyttet i Norge er:

- Hydrauliske fallodd.
- Dobbeltvirkende hydrauliske lodd.
- Diesellodd.
- Vibrolodd.
- Luftlodd.
- Pigghammere, meiselhammere og små hydrauliske drevne hammere (for stålpeler med liten diameter).
- Hydraulisk presseutstyr

Loddene benyttes sammen med rigger av ulik type avhengig av loddtype, loddstørrelse og plassforhold.

3 LODD-TYPER FOR PELE- OG SPUNTRAMMING

3.1 Hydrauliske fallodd

Tradisjonelt har det vært benyttet fallodd for ramming av peler. Dette er lodd som opprinnelig hadde vire-trekk for å løfte loddet til ønsket fallhøyde. Dette er senere skiftet ut med hydrauliske løftesyndre. Etter hvert er disse løftesyndrene videreutviklet slik at de gir ekstra fart på loddet når det slippes for å øke virkningsgraden for loddet ved den gitte fallhøyden. Virkningsgraden av loddet regnes ut fra målt tilført energi i pelen sammenlignet med fallhøyde ganget med loddvekt.

Hydrauliske fallodd leveres med loddvekter fra 3 tonn. I Norge er det for tiden benyttet loddvekter mellom 3 og 14 tonn. De letteste loddene (3-5 tonn) benyttes i hovedsak for ramming av betongpeler, korte peler og små dimensjoner av stålpeler.

Fallhøyden varierer vanligvis fra 0,1 – 1,5m med virkningsgrad 0,85 – 1,00. Virkningsgraden er normalt best med dobbeltvirkende loddssyndre. Dobbeltvirkende loddssyndre løfter loddet, og gir et ekstra skyv på loddet, noe som kompenserer for friksjon i systemet. Ved skråpeler reduseres virkningsgraden ned til 0,6 avhengig av helning. Slagtakt for hydrauliske lodd er avhengig av fallhøyde. For fallhøyder i området 0,3-0,5 m er slagtakten 40-50 slag/min.

Tilført rammeenergi på vertikale peler varierer fra 20 – 200 kNm.

Av hydrauliske fallodd er følgende lodd fra produsenter vanligst i Norge:

- Banut
- Junttan

Andre produsenter finnes rundt omkring i verden. Dette gjelder blant annet Birmingham og Menck. Slike hammere har så langt ikke vært i bruk i Norge.

De tradisjonelle pelekranene fra Junttan, ABI og Liebherr er dominerende ved bruk av hydrauliske fallodd.

Banut-lodd

Banut har tekniske spesifikasjoner på sine lodd i henhold til figur 2. Banut produserer i dag lodd av typen «Superram», se figur 3. Banut sine lodd har vært brukt i lang tid i Norge. Det er fortsatt eldre lodd i bruk fra denne produsenten uten dobbeltvirkende løftesyndre.

Som det framgår av tabellene i figur 3 er typiske loddvekter mellom 5 og 10 tonn.

Junttan-lodd

Junttan leveres i stort variasjonsområde med hensyn på loddvekt. Pr dato er dette den dominerende leverandøren av fallodd til det norske markedet. De vanligste loddstørrelsene som benyttes i Norge har loddvekt varierende fra 3 til 14 tonn. Junttan produserer hydrauliske fallodd med loddvekt opp til 25 tonn. I figur nr 5, 6 og 7 er det gjengitt datablad for tre av Junttans hydrauliske fallodd.

Junttanloddene som benyttes i Norge har ofte en aksellererende virkning, dvs loddet får ekstra hastighet fra løftesyndre under slaget slik at virkningsgraden blir ca. 1,0. Dette må ikke forveksles med dobbeltvirkende innbygde lodd, der fallhastigheten fra loddet dobles av hydraulikktrykk. Det er fortsatt eldre lodd i bruk fra denne produsenten uten dobbeltvirkende løftesyndre.

3.1.1 Fordeler - Ulemper

Generelt er hydrauliske hammere robuste. Alle norske pelefirma disponerer ett eller flere av denne loddtypen. Det er den vanligste måten å installere peler på pr i dag.

Hydrauliske fallodd har tradisjonelt vært støyende, siden det er metall som faller med stor energi mot et hardt underlag. Utviklingen har de senere årene gått mot en innbygging av loddet med stål og sand. Dette gir vesentlig redusert støynivå rundt loddet. Loddene er enkle å bruke med enkel justering av fallhøyde/energi. Dette gir fleksibilitet ved ramming gjennom lagdelt grunn og innmeisling/kriterieramming i berg.

Fallhøyde justeres under selve rammeforløpet slik at rystelsene på nabobygg kan reduseres.

Loddene har stor virkningsgrad (85-100%) selv ved ramming av skråpeler med helning inntil 4:1. Ved større skråstilling på pelene kan virkningsgraden reduseres ned mot 60 %.

3.1.2 Viktige aspekter i forhold til begrensning av skade

Ramming av peler med fallodd vil gi rystelser av ulik art avhengig av peletype, grunnforhold og loddtype. Det har også stor betydning hvilken dyne som benyttes mellom pelen og loddet. For å unngå store spenninger i toppen av pelen benyttes det en dyne med mykt treverk (f.eks. gran og furu). Rystelsene kan spre seg til området omkring byggeplassen og medføre skade på nabobygg og konstruksjoner. Størst rystelser kan oppleves ved ramming av massefortrengende peler med stort tverrsnitt, og når pelen treffer et fast lag i ellers bløt grunn. Andre eksempler på forhold som kan gi store rystelser er når peler treffer treverk i grunnen, samt tilfeller der grunnen har dilatante egenskaper. Ved dilaterende grunn kan det oppstå fjæring dersom loddvekten og fallhøyden er for liten til å penetrere massen.

Det er viktig at loddvekt og fallhøyde tilpasses pelen, grunnforhold og bygninger/strukturer inntil byggeplassen. For eksempel kan det se ut til at bruk av lette fallodd med stor fallhøyde kan produsere større rystelser enn tunge lodd med lav fallhøyde. Årsaken til dette kan være at slag med lette lodd overfører mindre energi til spissen av peler enn tunge lodd med samme slagenergi. Dette gir mindre penetrasjon og kan gi høyere vibrasjoner.

For å øke nedtrengingen pr slag, og for å unngå knusning ved peletopp, anbefales det å legge inn mykt treverk på toppen av pelen med minimum 100mm tykkelse. Dette gir en noe lengre varighet av slaget. Dette gir også et potensiale for å redusere rystelser.

I visse sammenhenger kan ramming med fallodd gi rystelser som forsterkes gjennom grunnen og strukturer slik at rystelsene blir større lenger unna byggegroper enn ved de nærmeste strukturene/byggene.

Det har tradisjonelt vært anbefalt at loddvekt skal være minimum 50 % av pelevekt for å oppnå god penetrasjon. Dette synes som et godt utgangspunkt for å begrense skade fra rystelser, men kan med fordel økes opp til 80 %. Fallhøyden kan dermed reduseres.

3.1.3 Eksempler datablad og informasjon fra loddprodusenter



Figur 2: Banut lodd type Superram, kilde: Hjemmesider til leverandør, www.abi-group.com

SuperRAM



Hydraulic Impact Hammer

| Technical data | | 5000 | 6000 | 6000XL | 8000XL | 10000XL |
|---------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Weight of striking mass * | kg | 5060 | 6075 | 6110 | 8020 | 10000 |
| Total weight excl. helmet | kg | 7200 | 8210 | 9700 | 11610 | 13600 |
| Performance | | | | | | |
| Drop height | mm | 150-1200 | 150-1200 | 150-1200 | 150-1200 | 150-1200 |
| Impact frequency ** | Blows/min | 0-100 | 0-100 | 0-100 | 0-100 | 0-80 |
| Impact energy | kNm | 0-59 | 0-71 | 0-71 | 0-94 | 0-118 |
| Hydraulic System | | | | | | |
| Working pressure | MPa | 28 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Hydraulic flow rate | l/min | 200 | 210 | 240 | 300 | 325 |
| Required hydr. power | kW | 93 | 105 | 120 | 150 | 162 |

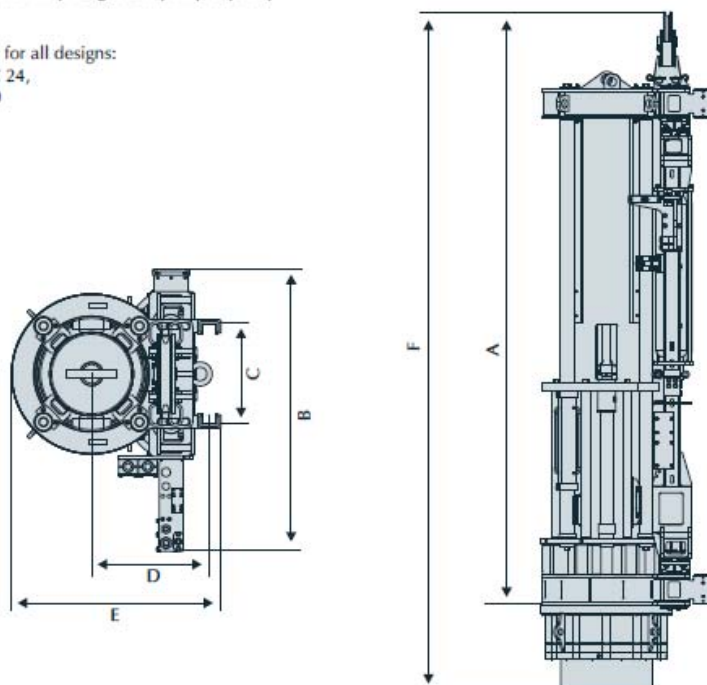
Dimensions

| | | | | | | |
|---------------------------------------|----|---------|---------|---------|---------|---------|
| A Length to hammer bottom line | | | | | | |
| in resting position | mm | 3610 | 4120 | 4435 | 4435 | 4435 |
| in cycle max. | mm | 4650 | 5320 | 5190 | 5190 | 5190 |
| B Width | mm | 1200 | 1200 | 1715 | 1715 | 1715 |
| C Frame width | mm | 410-600 | 410-600 | 410-600 | 410-600 | 410-600 |
| D Driving axle to center guide | mm | 630 | 630 | 715 | 715 | 715 |
| E Depth | mm | 1100 | 1100 | 1300 | 1300 | 1300 |
| F Total length | mm | | | | | |

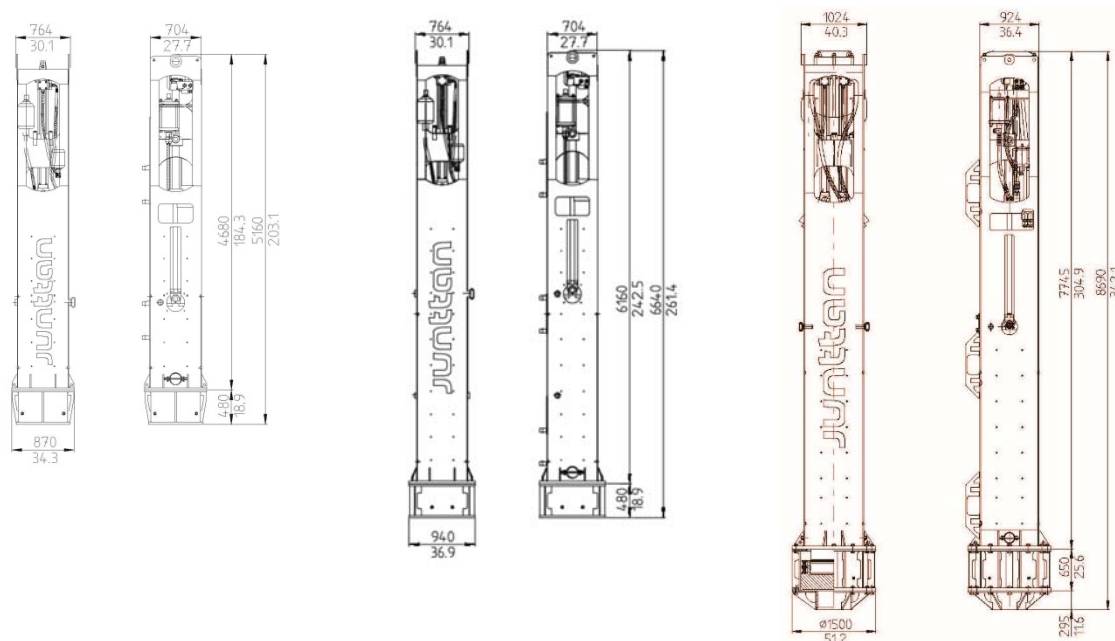
= A+ length of the chosen driving cap

* standard striking mass material: steel/lead
 ** dependent on drop height and pump capacity

Notice:
 power supply for all designs:
 Voltage V DC 24,
 Rating W 200



Figur 3: Eksempel på tekniske data Banut Superram. Kilde: Hjemmesider til leverandør, www.abi-group.com



Figur 4: Eksempler på lodd fra Junttan, kilde: Junttans hjemmesider. www.junttan.com

JUNTTAN HHK3A

| | | | |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Max. energy | | 35 kNm | 26 036 ft-lb |
| Max drop height | | 1,2 m | 3.94 ft |
| Blows per minute | | 40 - 100 | 40 - 100 |
| Ram weight | | 3 000 kg | 6 614 lb |
| Total weight | including A-type drive cap | 6 000 kg | 13 228 lb |
| Oil flow | | 304 l/min | 80 gpm |
| Operating pressure | | 110 bar | 1 595 psi |
| Theoretical power output | | 56 kW | 76 hp |
| Hoses | | | |
| | - pressure line | 38 mm | 1 ½ inch |
| | - return line | 38 mm | 1 ½ inch |
| Drive cap housing (std) | Ø: | 650 mm | 25.6 inch |
| Drive cap types | A-type: | for metal tubes | for metal tubes |
| | B-type: | for concrete piles | for concrete piles |
| Drive cap max. inner diameter | A-type: | Ø 620 mm | 23.6 inch |
| | B-type: | □ 370 x 370 | 14.6 x 14.6 |
| Larger drive cap diameters available on special request | | | |
| Suitable Piling Rigs | | PMx20 - PMx25, PM23, PM25H | PMx20 - PMx25, PM23, PM25H |
| Suitable Powerpacks | | 10XCU, 15 CCU - 30 CCU | 10XCU, 15 CCU - 30 CCU |

Accessories

| | |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| * Guide claws | * Lifting cat |
| * Extensions | * Flying leader |
| * Energy measurement device | * Additional noise insulation package |
| * Additional drive caps | * Powerpacks |
| * Pile sleeves | |

Technical details with extensions

| JUNTTAN HHK3/4/5A | 4T | 5T | 4T | 5T |
|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Max. energy | 47 kNm | 59 kNm | 34 718 ft-lb | 43 398 ft-lb |
| Max drop height | 1,2 m | 1,2 m | 3.94 ft | 3.94 ft |
| Blows per minute | 40 - 100 | 40 - 100 | 40 - 100 | 40 - 100 |
| Ram weight | 4 000 kg | 5 000 kg | 8 818 lb | 11 023 lb |
| Total weight including A-type drive cap | 7 200 kg | 8 400 kg | 15 873 lb | 18 519 lb |
| Oil flow | 304 l/min | 304 l/min | 80 gpm | 80 gpm |
| Operating pressure | 141 bar | 175 bar | 2 045 psi | 2 538 psi |
| Theoretical power output | 71 kW | 89 kW | 97 hp | 121 hp |
| Suitable Piling Rigs | PMx20 - PMx25, PM23, PM25H | PMx20 - PMx25, PM23, PM25H | PMx20 - PMx25, PM23, PM25H | PMx20 - PMx25, PM23, PM25H |
| Suitable Powerpacks | 10XCU, 15 CCU - 30 CCU | 10XCU, 15 CCU - 30 CCU | 10XCU, 15 CCU - 30 CCU | 10XCU, 15 CCU - 30 CCU |

Figur 5: Eksempel Tekniske spesifikasjoner for Junttan HHK3/4/5A, kilde: Junttans hjemmesider. www.junttan.com

JUNTTAN HHK7A

| | | | |
|---|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Max. energy | | 82 kNm | 60 757 ft-lb |
| Max drop height | | 1,2 m | 3.94 ft |
| Blows per minute | | 40 - 100 | 40 - 100 |
| Ram weight | | 7 000 kg | 15 432 lb |
| Total weight | including A-type drive cap | 11 000 kg | 24 251 lb |
| Oil flow | | 398 l/min | 105 gpm |
| Operating pressure | | 183 bar | 2 654 psi |
| Theoretical power output | | 121 kW | 165 hp |
| Hoses | | | |
| | - pressure line | 38 mm | 1 ½ inch |
| | - return line | 38 mm | 1 ½ inch |
| Drive cap housing (std) | Ø: | 880 mm | 34.6 inch |
| Drive cap types | A-type: | for metal tubes | for metal tubes |
| | B-type: | for concrete piles | for concrete piles |
| Drive cap max. inner diameter | A-type: | Ø 850 mm | 33.5 inch |
| | B-type: | □ 550 x 550 | 21.5 x 21.5 |
| Larger drive cap diameters available on special request | | | |
| Suitable Piling Rigs | | PMx25, PM25H, PM26 - PM30 | PMx25, PM25H, PM26 - PM30 |
| Suitable Powerpacks | | 10XCU, 15 CCU - 30 CCU | 10XCU, 15 CCU - 30 CCU |

Accessories

| | | | |
|-----------------------------|--|--|---------------------------------------|
| * Guide claws | | | * Lifting cat |
| * Extensions | | | * Flying leader |
| * Energy measurement device | | | * Additional noise insulation package |
| * Additional drive caps | | | * Powerpacks |
| * Pile sleeves | | | |

Technical details with extensions

JUNTTAN HHK7/9A

| | | 9T | 9T |
|--------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|
| Max. energy | | 106 kNm | 78 116 ft-lb |
| Max drop height | | 1,2 m | 3.94 ft |
| Blows per minute | | 40 - 100 | 40 - 100 |
| Ram weight | | 9 000 kg | 19 842 lb |
| Total weight | including A-type drive cap | 13 500 kg | 29 762 lb |
| Oil flow | | 398 l/min | 105 gpm |
| Operating pressure | | 235 bar | 3 408 psi |
| Theoretical power output | | 156 kW | 212 hp |
| Suitable Piling Rigs | | PM25H, PM26 - PM30 | PM25H, PM26 - PM30 |
| Suitable Powerpacks | | 10XCU, 15 CCU - 30 CCU | 10XCU, 15 CCU - 30 CCU |

Figur 6: Eksempel Tekniske spesifikasjoner for Junttan HHK 7/9A, kilde: Junttans hjemmesider.
www.junttan.com

JUNTAN HHK 14S

| | | | |
|---|----------------------------|---|--------------------|
| Max. energy | | 206 kNm | 151 893 ft-lb |
| Max drop height | | 1,5 m | 4.92 ft |
| Blows per minute | | 30 – 100 | 30 – 100 |
| Ram weight | | 14 000 kg | 30 865 lb |
| Total weight | including A-type drive cap | 23 800 kg | 52 470 lb |
| Oil flow | | 657 l/min | 174 gpm |
| Operating pressure | | 203 bar | 2 944 psi |
| Theoretical power output | | 222 kW | 302 hp |
| Hoses | | | |
| | – pressure line | 2 x 38 mm | 2 x 1 ½ inch |
| | – return line | 2 x 38 mm | 2 x 1 ½ inch |
| Drive cap housing (std) | Ø: | 1 280 mm | 50.4 inch |
| Drive cap types | A-type: | for metal tubes | for metal tubes |
| | B-type: | for concrete piles | for concrete piles |
| Drive cap max. inner diameter | A-type: | Ø1 250 mm | 49.2 inch |
| | B-type: | <input type="checkbox"/> by special request | by special request |
| Larger drive cap diameters available on special request | | | |
| Suitable Powerpacks | | 15CCU – 30CCU | 15CCU – 30CCU |

Accessories

| | | | |
|-----------------------------|--|--|---------------------------------------|
| * Guide claws | | | * Lifting cat |
| * Extensions | | | * Flying leader |
| * Energy measurement device | | | * Additional noise insulation package |
| * Additional drive caps | | | * Powerpacks |
| * Pile sleeves | | | |

Technical details with extensions

| JUNTAN HHK 14/16S | 16T | 16T | |
|--------------------------|----------------------------|---------------|-----------|
| Max. energy | 235 kNm | 173 592 ft-lb | |
| Max drop height | 1,5 m | 4.92 ft | |
| Blows per minute | 30 – 100 | 30 – 100 | |
| Ram weight | 16 000 kg | 35 274 lb | |
| Total weight | including A-type drive cap | 26 600 kg | 58 643 lb |
| Oil flow | 657 l/min | 657 gpm | |
| Operating pressure | 231 bar | 3 350 psi | |
| Theoretical power output | 253 kW | 344 hp | |
| Suitable Powerpacks | 15CCU – 30CCU | 15CCU – 30CCU | |

Figur 7: Eksempel Tekniske spesifikasjoner for Junttan HHK14/16S, kilde: Junttans hjemmesider. www.junttan.com

3.2 Dobbeltvirkende hydrauliske lodd

Ved ramming av peler for bruer er det ved enkelte prosjekter benyttet dobbeltvirkende hydrauliske lodd. Dette er lodd som er helt innbygde, dvs. man ser ikke den bevegelige delen av loddet. Den bevegelige delen gis ekstra fart av hydraulisk trykk, noe som gir stor anslagshastighet i hvert slag. Dette gir høy kraft overført til pelen, og virkningsgraden for kombinasjon loddvekt/fallhøyde blir stor.

De loddene som har vært benyttet i Norge er produsert av IHC (type S-90 og S-200). Loddene er så langt kun benyttet ved ramming av stålørspeler for bruer fra flåte.

3.2.1 Fordeler og ulemper

Disse loddene er helt innbygde og oppleves som støysvake. Slagtakten er høy, ca. 45 slag/min for de aktuelle lodd-dimensjonene. Dette kan gi en økt drivehastighet sammenlignet med andre loddtyper.

Totalvekt av loddet er stort. Det kreves derfor stor krankapasitet for de største loddene.

På grunn av loddets virkemåte kan loddet slå peler horisontalt. Det kan også benyttes til ramming under vann. Loddet kan også benyttes ved ramming innvendig i stålør (på spissen) i stedet for på toppen av røret. Dette kan gi en mer skånsom driving med behov for mindre energi.

Loddet er langt sammenlignet med andre loddtyper som gir tilsvarende energi, og krever på den måte store kraner / rigger.

3.2.2 Viktige aspekter i forhold til begrensning av skade

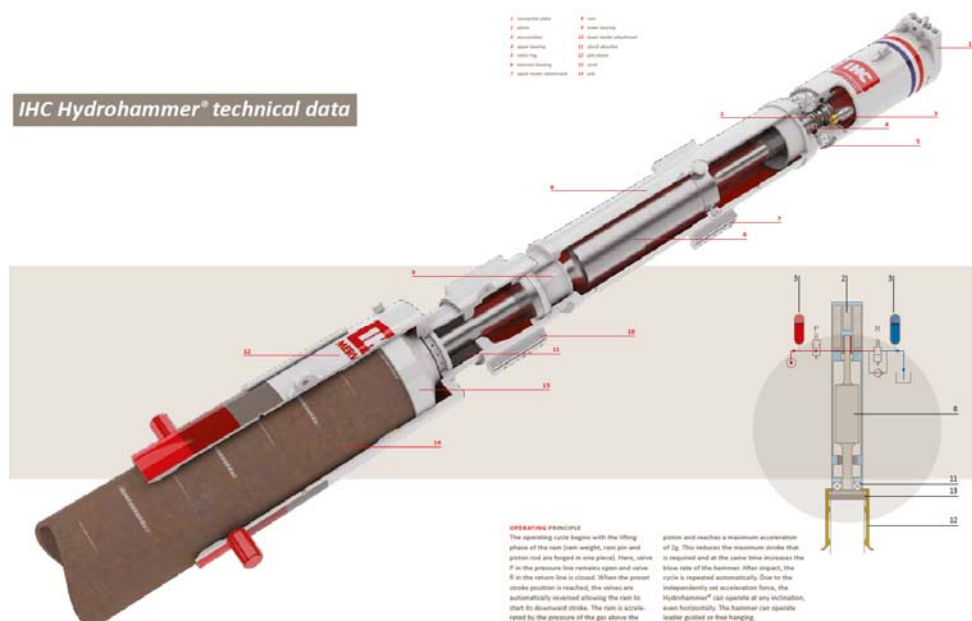
Via datadisply vises rammeenergi. Det er enkelt å justere rammeenergien, noe som gjør loddet fleksibelt dersom det er ved ramming gjennom lagdelt grunn til berg. Dette vil ved riktig bruk redusere varigheten av vibrasjoner på omgivelsene.

Den høye slagtakten kan også gi redusert tid for driving av peler, og dermed korte ned tiden omgivelsene blir eksponert for vibrasjoner.

Ved ramming innvendig i rør vil behovet for rammeenergi reduseres for driving av pel. Dette kan gi vesentlig reduserte rystelser for omgivelsene.

Den bevegelige delen i loddet er relativt lett sammenlignet med tradisjonelle fallodd og diesellodd ved tilsvarende rammeenergi. Dette kan gi mindre penetrasjon ved stor rammemotstand enn ved andre loddtyper, og kan dermed også gi økte rystelser på omgivelsene.

3.2.3 Eksempler datablad og informasjon fra loddprodusenter



Figur 8: Prinsipp IHCs hydrohammer. Kilde: IHCs hjemmeside, www.ihchydrohammer.com

| HAMMER S SERIES | | S-30 | S-40 | S-70 | S-90 | S-120 | S-150 | S-200 | S-280 | S-500 | S-600 | S-800 | S-900 | S-1200 | S-1400 | S-1800 | S-2000 | S-2300 | |
|----------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--|
| OPERATIONAL DATA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Max. blow energy on the pile | kNm | 30 | 40 | 70 | 90 | 120 | 150 | 200 | 280 | 500 | 600 | 800 | 900 | 1200 | 1400 | 1800 | 2000 | 2300 | |
| Min. blow energy on the pile | kNm | 3 | 4 | 7 | 9 | 12 | 15 | 20 | 28 | 50 | 60 | 80 | 90 | 120 | 140 | 180 | 200 | 230 | |
| Blowrate at max. blow energy (1) | bl/min | 65 | 65 | 50 | 46 | 48 | 44 | 45 | 45 | 45 | 42 | 38 | 38 | 38 | 40 | 35 | 35 | 30 | |
| WEIGHTS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ram | ton | 1.6 | 2.2 | 3.5 | 4.5 | 6.2 | 7.5 | 10 | 13.6 | 25 | 30 | 40 | 43 | 60 | 69 | 90 | 100 | 115 | |
| Hammer with ram in air (2,3) | ton | 3.9 | 4.7 | 8.3 | 9.7 | 14.3 | 16.2 | 25.8 | 30.5 | 57.5 | 64 | 83 | 120 | 140 | 148 | 210 | 225 | 242 | |
| DIMENSIONS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Length hammer (4) | mm | 6100 | 6850 | 7400 | 8055 | 8166 | 8900 | 9095 | 10390 | 11943 | 12715 | 14610 | 12795 | 14297 | 16090 | 16510 | 17335 | 18290 | |
| HYDRAULIC DATA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Oil flow | l/min | 175 | 175 | 250 | 250 | 460 | 460 | 800 | 800 | 1600 | 1800 | 1800 | 2400 | 2400 | 3600 | 4400 | 4400 | 4800 | |
| POWER PACK TYPE | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Recommended | | P-175 | P-175 | P-250 | P-250 | P-460 | P-460 | P-800 | P-800 | on request | | | | | | | | | |

Figur 9: Tekniske data for IHCs dobbeltvirkende fallodd. Kilde: IHCs hjemmeside, www.ihchydrohammer.com

3.3 Diesellodd

Diesellodd er en en-sylindret dieselmotor, der stempelet utgjør den bevegelige delen av loddet. Stempelet løftes opp og diesel sprøytes inn i kammeret under loddet. Når stempelet slippes komprimeres dieselen av energien fra stempelet og antennes. Deseleक्सpløsjonen driver pelen ned og løfter stempelet, og prosessen gjentas. «Motoren» går inntil dieseltilførselen stoppes. Ved stor energi øker fallhøyden og slagtakten reduseres. Slagtakten varierer normalt mellom 32 og 60 slag pr minutt.

Det er tradisjon for bruk av diesellodd i Norge spesielt på produksjonsramming av stålrørspeler. Tidligere har det vært benyttet lodd med stempelvekt mellom 2 og 4,6 tonn. Ingen av disse loddene benyttes i dag. Ved broprosjekter har det de senere årene vært leid inn diesellodd fra utlandet med stempelvekt fra 6 til 10 tonn.

Det er flere produsenter av diesellodd rundt i verden, men i Norge har det kun vært benyttet lodd fra Delmag.

3.3.1 Fordeler og ulemper

Slaget fra et diesellodd har lengre varighet enn et slag fra et hydraulisk fallodd. Deseleक्सpløsjonen sammen med effekten av det fallende stempelet tar lengre tid enn for falloddet. Dette gir ved stor rammemotstand bedre driving av pelen. Dieselloddet slår hardere dess større motstand det møter. Det finnes regulering på dieseltilførselen for å regulere energien, men justeringen er langt fra momentan.

Ca. halvparten av energien fra deseleक्सpløsjonen benyttes til å løfte stempelet. Dette gir en virkningsgrad på loddet på inntil 50 %.

Det er ingen lydemping på loddet, noe som normalt medfører at loddet ikke benyttes i tettbygde strøk. Det blir relativt mer eksos og oljesøl med et diesellodd enn med andre loddtyper, noe som også medfører at loddet er mindre aktuelt i nærheten av bebyggelse.

Den totale loddvekta er stor. For ramming av peler på land medfører dette fort en begrensning på loddstørrelsen. Det største loddet som er benyttet på land i Norge er en Delmag 46, der stempelvekta er 4,6 tonn. Tyngre lodd er benyttet på sjøen der begrensningene i krankapasitet er mindre.

Rammeenergien kan kontrolleres ved justering av dieseltilførselen, men egner seg mindre for ramming av peler til berg. Justeringsmulighetene for innmeisling i berg må være større enn det dieselloddet kan gi. Eventuelt kan det benyttes lettere diesellodd ved innmeisling.

Diesellodd er plasskrevende, og er dermed lite egnet ved ramming av peler inntil eksisterende bygg. Det er mer relevant ved ramming av peler for fundamentering av broer og kaier.

3.3.2 Viktige aspekter i forhold til begrensning av skade

På grunn av de gode driveegenskapene til loddtypen antas det at rystelsene fra ramming av peler med diesellodd er relativt små sammenlignet med bruk av andre loddtyper. Loddtypen benyttes i hovedsak ikke nært boligbebyggelse pga støy og sot fra loddet.

3.3.3 Eksempler datablad og informasjon fra loddprodusenter



DELMAG diesel pile hammer D62-22
on hanging lead MH 8007 in Belgium



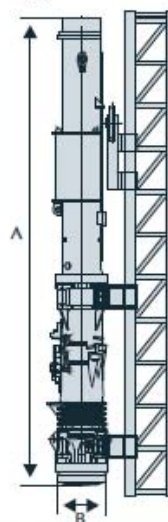
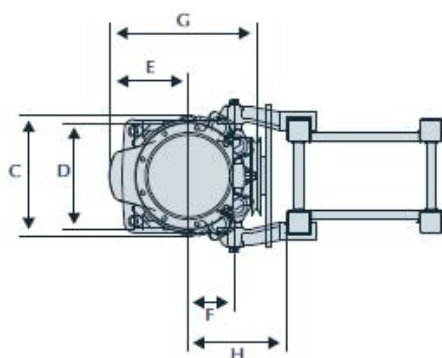
DELMAG diesel pile hammer D46-32 on
piling rig BANUT 655 in Slovenia

Figur 10: Diesellodd i bruk. Kilde: Delmags hjemmesider, www.delmag.de

Diesel Pile Hammer **DELMAG**

D25-32 to D46-32

| Technical data | | D25-32 | D30-32 | D36-32 | D46-32 |
|---|-------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| Impact weight (piston) | kg | 2500 | 3000 | 3600 | 4600 |
| Energy per blow | kNm | 90-40 | 103-48 | 123-56 | 166-71 |
| Number of blows | min ⁻¹ | 35-52 | 36-52 | 36-53 | 35-53 |
| Suitable for driving piles (depending on soil and pile) | kg | 1600-7500 | 2000-9000 | 2500-12000 | 3000-16000 |
| Consumption | | | | | |
| Diesel oil | l/h | 7,5 | 10 | 11,5 | 16 |
| Lubricant | l/h | 0,6 | 1 | 1,5 | 1,5 |
| Tank capacity | | | | | |
| Diesel oil tank | l | 67 | 67 | 89 | 89 |
| Lube tank | l | 19 | 19 | 17 | 17 |
| Max. rope diameter for deflector sheave of tripping device | mm | 22 | 22 | 38 | 38 |
| Weight | | | | | |
| Tripping device | kg | 186 | 186 | 450 | 450 |
| Diesel pile hammer | kg | 5670 | 6170 | 8200 | 9300 |
| Max. inclined pile driving without / with extension | | 1:5 / 1:1 | 1:5 / 1:1 | 1:5 / 1:1 | 1:5 / 1:1 |
| Dimensions | | | | | |
| A Length of diesel pile hammer without extension | mm | 5500 | 5500 | 5470 | 5470 |
| B Outer diameter of impact block | mm | 560 | 560 | 660 | 660 |
| C Width of diesel pile hammer | mm | 670 | 670 | 800 | 800 |
| D Width for connection of guide jaws | mm | 540 | 540 | 640 | 640 |
| E Center of hammer to pump guard | mm | 405 | 405 | 445 | 445 |
| F Center of hammer to center of threads for guide jaw bolts | mm | 235 | 235 | 275 | 275 |
| G Depth of diesel pile hammer | mm | 780 | 780 | 950 | 950 |
| H Standard distance from center of diesel pile hammer up to the face of lead | mm | 435 | 435 | 500 | 500 |



© DELMAG 08/2010. Subject to changes.

5

Figur 11: Tekniske data for noen av Delmags diesellodd. Kilde: Delmags hjemmeside, www.delmag.de

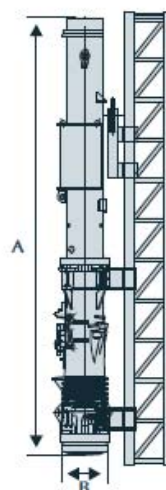
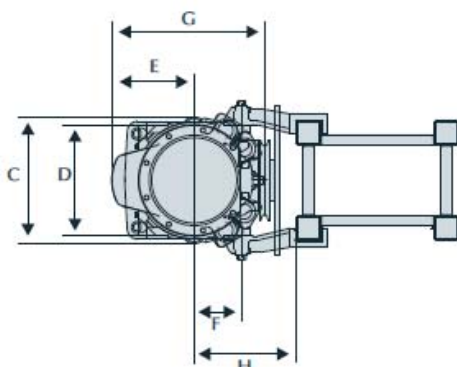
Diesel Pile Hammer **DELMAG**

D62-22 to D200-42

| Technical data | | D62-22 | D80-23 | D100-13 | D150-42 | D200-42 |
|---|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Impact weight (piston) | kg | 6200 | 8000 | 10000 | 15000 | 20000 |
| Energy per blow | kNm | 224-107 | 288-171 | 360-214 | 512-329 | 682-436 |
| Number of blows | min ⁻¹ | 35-50 | 35-45 | 35-45 | 36-45 | 36-45 |
| Suitable for driving piles (depending on soil and pile) | t | 4-30 | 6-60 | 7-100 | 12-160 | 14-250 |
| Consumption | | | | | | |
| Diesel oil | l/h | 20 | 25 | 30 | 50 | 60 |
| Lubricant | l/h | 2 | 2,6 | 2,6 | 4,8 | 5,8 |
| Tank capacity | | | | | | |
| Diesel oil tank | l | 98 | 155 | 155 | 310 | 430 |
| Lube tank | l | 31,5 | 32 | 32 | 45 | 80 |
| Max. rope diameter for deflector sheave of tripping device (* reeved twice) | | | | | | |
| | mm | 38 | 30* | 30* | 36* | 36* |
| Weight | | | | | | |
| Tripping device | kg | 450 | 750 | 750 | 1850 | 1850 |
| Diesel pile hammer | kg | 12250 | 16905 | 20720 | 28450 | 51800 |
| Max. inclined pile driving without / with extension | | | | | | |
| | | 1:2 / 1:1 | 1:5 / 1:2 | 1:5 / 1:2 | 1:5 / 1:2 | 1:5 / 1:3 |

Dimensions

| | | | | | | |
|---|----|------|------|------|------|------|
| A Length of diesel pile hammer with extension (standard) | mm | 5910 | 7200 | 7358 | 7490 | 8175 |
| B Outer diameter of impact block | mm | 710 | 820 | 820 | 990 | 1250 |
| C Width of diesel pile hammer | mm | 800 | 890 | 890 | 1280 | 1425 |
| D Width for connection of guide jaws | mm | 560 | 800 | 800 | 1110 | 1425 |
| E Center of hammer to pump guard | mm | 490 | 550 | 550 | 720 | 730 |
| F Center of hammer to center of threads for guide jaw bolts | mm | 380 | 350 | 350 | 375 | 580 |
| G Depth of diesel pile hammer | mm | 970 | 1110 | 1110 | 1450 | 1890 |
| H Standard distance from center of diesel pile hammer up to the face of lead | mm | 500 | 660 | 660 | 900 | 1050 |



© DELMAG 08/2010. Subject to changes.

7

Figur 12: Tekniske data for noen av Delmags diesellodd. Kilde: Delmags hjemmesider, www.delmag.de

3.4 Vibrolodd

Vibrolodd benyttes i hovedsak ved installasjon av spunt, men er også benyttet i forbindelse med installasjon av stålprofilpeler og åpne stålørspeler som benyttes som friksjonspeler. Vibroloddet opereres fra kran. Vibroloddet er ikke egnet ved dokumentasjon av spissbæreevne mot berg eller faste masser.

Vibroloddet er en motor som er påmontert en eksentrisk vekt som roterer. Tradisjonelt har dette vært en fast eksentrisk vekt. De loddene som benyttes i dag er stort sett resonansfrie. Det vil si at den eksentriske vekten justeres av operatør først etter at rotasjonen har kommet opp i ønsket turtall. Med dette unngår man at egenfrekvenser til bygg som står i nærheten treffes. Rotasjonshastigheten / frekvensen kan enkelt og raskt varieres for å lette nedtrengingen og redusere rystelser.

Loddene kan utstyres med ulike former for klemmer avhengig av peletypen som benyttes. For stålør benyttes f.eks. klemmer som griper tak i røret diagonalt over røret. Loddenes størrelse varierer ut fra bruken. De letteste loddene kan monteres på gravemaskin, og benyttes f.eks. for kort spunt for grøfter. De tyngste loddene brukes internasjonalt blant annet til installasjon av grove åpne stålørspeler.

For å velge det mest hensiktsmessige vibroloddet er det følgende forhold som har betydning:

- Kohesjonsjordarter eller friksjonsjordarter
- Vekt og lengde av spuntnål /pel
- Løftekapasitet på tilgjengelig kran
- Dynamisk vekt på vibroloddet som skal benyttes

Erfaringstall fra Kynningsrud Fundamentering er:

- For friksjonsjordarter er en amplitude på 2-3 mm tilstrekkelig
- For tunge/seige kohesjonsjordarter trengs 8-10 mm amplitude.

Beregning:
$$AMPLITUDE [mm] = 2000 \cdot \frac{\text{eksentrisk moment}}{\text{dynamisk vekt} + \text{nålens vekt}}$$

Eksempel:

Vibrolodd: ICE 1423 C, spunt Az17-700, lengde 15 m, vekt 2184 kg, sandig grunn

Amplitude (mm) = $2000 \times 14 / (2 \ 190 + 2 \ 184) = 6,4 \text{ mm}$ (> 3mm, OK!)

Se også figure 16 for erfaringsdata for enkelte vibrolodd.

De loddene som benyttes i Norge har ulik alder og produsent. De vanligste ser ut til å være ICE vibrasjonslodd. Men andre produsenter finnes internasjonalt (HPSI, MKT og APE).

Totalvekt for loddene som er brukt i Norge varierer i hovedsak mellom 3 og 8 tonn. Tyngde av spuntnål bestemmer tyngde/størrelse av vibro.

En variant av vibrolodd er en såkalt «spuntmaskin», der ulike typer beltegående rigger/kraner fra Bauer, Liebherr, RTG og ABI med tårn påmonteres et høyfrekvent vibrolodd. Dette gir en bedre styring på pelene eller spunten som benyttes. Her kan det i tillegg til vibrasjonskraften gis en vertikalkraft ved nedtrekk av vibro som i tillegg vil øke nedtrengingen. Dette gir i utgangspunktet en økt produksjonshastighet.

3.4.1 Fordeler og ulemper med vibrolodd

Bruken av vibrolodd benyttes oftest sammen med mobilkran. Dette gir enklere tilrigging på trange plasser enn ved bruk av beltegående pelekraner.

Når pelene møter stor motstand kan det være behov for å benytte fallodd i tillegg eller ved sluttramming av peler til berg.

Ved jevne grunnforhold er vibroloddet svært effektivt til dybde 20-30m.

Loddtypen er ugunstig / uegnet ved grove masser.

Ved behov for dokumentasjon av bæreevne må det benyttes lodd som har distinkte slag, f.eks. hydrauliske fallodd.

3.4.2 Viktige aspekter i forhold til begrenning av skade

Med hensyn på skader på nabobygg vil vibrolodd ofte være mer skånsomme enn fallodd. Det må prøves ut på hvert enkelt sted hva som er gunstigst.

I prinsippet kan peler med overlengde rammes inntil nabobygg, lysåpning 0,1m. Dette forutsetter at fundamenter for nabobygg er kartlagt, og at loddet henger over tak. Risiko for skade øker med nærhet til nabobygg.

For å begrense rammemotstanden anbefales det at spuntlåser smøres med bitumen. Låsefriksjon kan i seg selv bli så stor at rystelser, vibrasjoner og støy blir så stor at det blir skader.

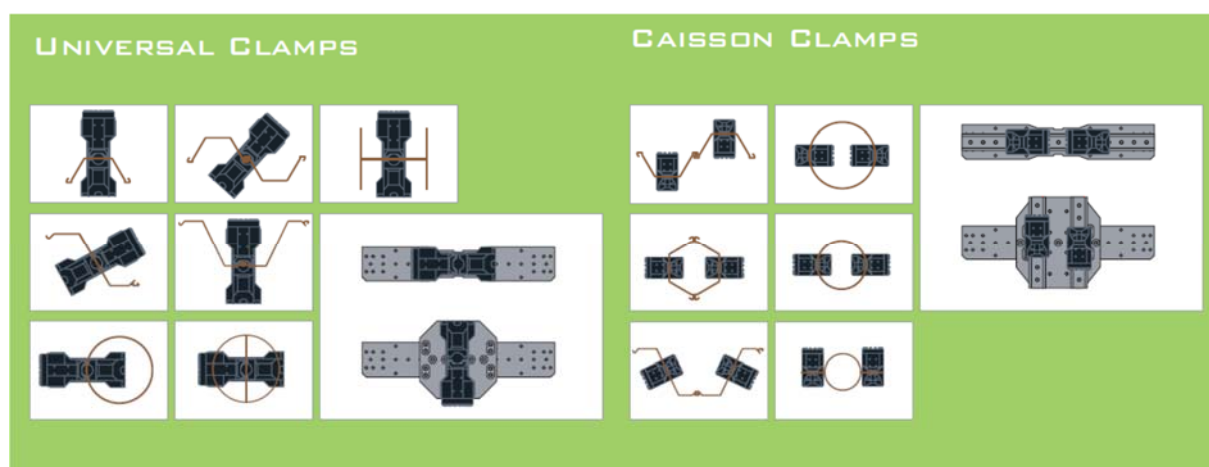
3.4.3 Eksempler datablad og informasjon fra loddprodusenter



Figur 13: Bi Ider av vibrolodd hentet fra ICEs hjemmesider www.ice-holland.com, og fra brosjyre fra Pajot, leverandør av ulike typer lodd, www.pajot.com



Figur 14: Bilder av vibrolodd hentet fra ICEs hjemmesider www.ice-holland.com



Figur 15: Ulike klemmetyper for vibrolodd hentet fra ICEs hjemmesider www.ice-holland.com

| Specifications | | 28RF | | |
|---------------------------------------|--------|-------|----------------------------|------------|
| Eccentric moment | 0-28 | kgm | Clamps: | |
| Max. centrifugal force | 0-1600 | kN | Sheet pile clamp | 200TU |
| Max. frequency | 2300 | rpm | Transport weight per piece | 1300 kg |
| Max. amplitude excluding 200 TU | 14 | mm | Tube clamps | 100TC |
| Max. amplitude including 200 TU | 10.8 | mm | Transport weight per piece | 690 kg |
| Max. static line-pull | 400 | kN | Powerpack: | |
| Max. operating pressure | 350 | bar | Model | 600 series |
| Max. oil flow | 590 | l/min | Hose set: | |
| Forced lubrication | yes | | Length | 30 m |
| Dynamic weight excluding 200 TU | 3900 | kg | Transport weight | 750 kg |
| Dynamic weight including 200 TU | 5200 | kg | | |
| Total weight excluding 200 TU & hoses | 5900 | kg | | |

Figur 16: Eksempel på spesifikasjon for et resonansfritt vibrolodd hentet fra ICEs hjemmesider www.ice-holland.com

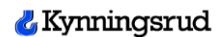
Fritthengende vibroer pr 17. januar 2013



| modell | ICE 223 | ICE 11RF | ICE 1423C | ICE 18RF-ts | ICE 14RF | ICE 28RFs | NIPPEI NSA 60 |
|----------------------------|-----------------|-----------|-----------|-------------|-----------|-----------|---------------|
| internt prod. nr | 372 | 290 | 380 | 286 | 390 | 393 | 365 |
| bilde | | | | | | | |
| årsmodell | 1990 | 2010 | 1996 | 2011 | 1992 | 2007 | |
| timer pr 27.03.08 | 8260 | 0 | 5676 | - | 7506 | 274 | |
| eksentrisk moment | kgm | 11,5 | 0 - 11 | 14 | 0 - 18 | 0 - 14 | 0 - 28 |
| maks sentrifugal kraft | kN | 670 | 0 - 666 | 812 | 0 - 1044 | 0 - 810 | 0 - 1600 |
| maks frekvens | rpm | 2300 | 2350 | 2300 | 2300 | 2300 | 2300 |
| maks frekvens (Hz) | s ⁻¹ | 38 | 39 | 38 | 38 | 38 | 38 |
| maks amplitude inkl. kjeft | mm | 12 | 11,5 | 12,8 | 11,6 | 9,5 | 11,0 |
| maks statisk line trekk | kN | 240 | 180 | 240 | 240 | 240 | 400 |
| maks hydraulisk kraft | kW /hk | 184 / 250 | 189 / 256 | 216 / 293 | 292 / 398 | 213 / 290 | 321 / 436 |
| dynamisk vekt (inkl kjeft) | kg | 1905 | 1915 | 2190 | 3110 | 2910 | 5100 |
| transportvekt | kg | 2650 | 2500 | 3490 | 4425 | 4285 | 7500 |
| kjeft modell | | 75TU | 100TU | 100TU | 130TU | 100TU | 200TU |
| kjeft vekt | kg | 350 | 490 | 490 | 610 | 490 | 1300 |
| maks kjeft kraft | kN | 800 | 1000 | 1000 | 1300 | 1000 | 2000 |
| største lengde | mm | 1590 | 1800 | 1919 | 1854 | 1854 | 2390 |
| største bredde | mm | 440 | 446 | 625 | 590 | 590 | 552 |
| største høyde | mm | 2615 | 2430 | 2325 | 2738 | 2738 | 3376 |

Figur 17: Eksempel på spesifikasjon for vibrolodd. Kilde: Kynningsrud Fundamentering AS

Kynningsrud Fundamentering AS - beltegående vibroalternativer pr 18.01.13



| Nr | Type | Bilde | Årsmodell | Basis-maskin | Serie nr | Vibro | Maks sentrifugal kraft | Max | | Eksentrisk moment | Vinsj, inn-trekk | Maks spunt-lengde | Vekter (tonn) | | | | Belter | | Mark-trykk, g/snitt | Timer | Fører |
|-----|----------------------|-------|-----------|--------------|----------|------------|------------------------|-----------|-----------|-------------------|------------------|--|---------------|-------|-----|--------|--------|--------|--------------------------|-----------------|---|
| | | | | | | | | Ned-press | Opp-trekk | | | | TRP | Vibro | Mot | Rigget | Bredde | Lengde | | | |
| 215 | ABI Mobilram TM15/18 | | 2002 | Senne-bogen | 90182 | MRZV 925VS | 0 - 925kN | 175kN ? | 100kN | 0 - 16,0 kgm | 50kN | 18m (Spunt kan også drives inntil 2m under UK belte) | 50,5 | 4,0 | 9,2 | 63,7 | 0,70 | 4,66 | Ca 100 kN/m ² | 7.462 (15/1-13) | Johan Lissbol, Jan Erik Karelius (Tomas Karelius) |

Maskinen kan bygges om for boring, og er således også en borrhigg.

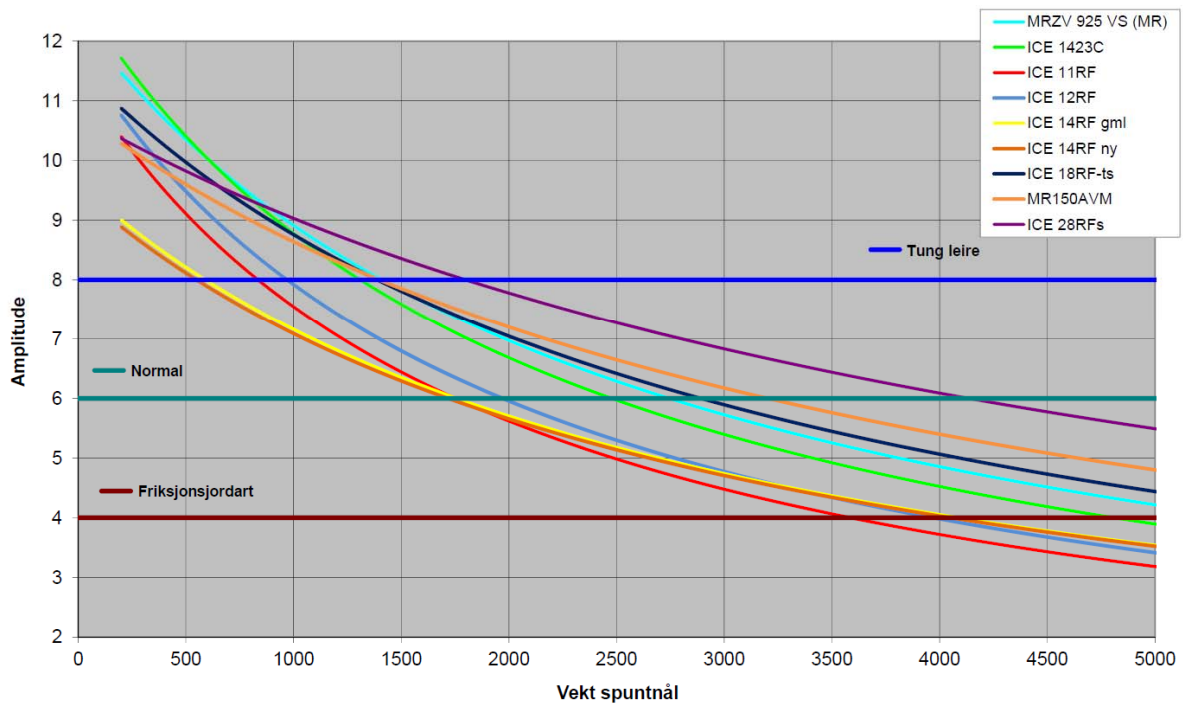
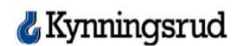
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------------|--|------|---------|------|-------------|-------------|-------|-------|--------------|-------|-----|------|-----|-----|------|------|------|-------------------------|-----------------|--------------|
| 211 | Junntan PM 25H | | 2011 | Junntan | 1566 | ICE 18RF-ts | 0 - 1.044kN | 200kN | 240kN | 0 - 18,0 kgm | 100kN | 21m | 59,8 | 5,0 | 6,0 | 70,8 | 0,90 | 4,80 | Ca 85 kN/m ² | 1.447 (16/1-13) | Björn Olesen |
|-----|----------------|--|------|---------|------|-------------|-------------|-------|-------|--------------|-------|-----|------|-----|-----|------|------|------|-------------------------|-----------------|--------------|

For rigging av maskinen med vibro må man regne ca en 10timers dag. Det vil også være behov for noen timer med løftehjelp.

Det er begrenset mulighet for sidevinkling av vibroen: +/- 22 grader

Figur 18: Eksempel på spesifikasjon for vibrolodd. Kilde: Kynningsrud Fundamentering AS

Valg av vibro mhp. spunt og masser



Figur 19: Eksempel vurdering av vibrolodd i forhold til spunt- / pelevekt og grunnforhold. Kilde: Kynningsrud Fundamentering AS

3.5 Luftlodd

I Norge har det tradisjonelt vært benyttet mindre luftlodd i kran der plassforholdene ikke har vært tilfredsstillende for etterramming av peler. Luftlodd fungerer som hydraulisk falllodd, men i stedet for løfting med hydraulisk trykk, benyttes lufttrykk eller steamtrykk til løfting av loddet.

På hjemmesidene til de norske peleentreprenørene er luftlodd ikke omtalt. Internasjonalt ser det ut til at det fortsatt produseres luftlodd av blant andre Vulcan, MKT, Atlas, BP (British Piling) og Pajot.

3.5.1 Fordeler og ulemper ved luftlodd

Luftlodd anses i de fleste sammenhenger som et supplement til andre loddtyper for bruk under etterramming eller ved ramming av små peletverrsnitt og til ramming av trepeler og til ramming av spunt med liten dybde. Det har også vært benyttet for etterramming på peler der adkomsten er sperret for andre typer lodd. Loddtypen er også velegnet for bruk innendørs ved lave etasjehøyder. Den største ulempen er høyt støynivå.

3.5.2 Viktige aspekter i forhold til begrensning av skade

Slagtakten for loddtypen kan justeres fra enkeltslag til en meget høy slagtakt. Ved å sette i gang med en svært høy slagtakt kan dette gi ugunstige rystelser for omgivelsene.

Det er svakheter med løsningen med hensyn på dokumentasjon av tilført energi og styring av loddet. Ved bruk av loddtypen i mobilkran kan manglende styring medføre risiko for større rystelser på nabobygg, og dermed ha et visst skadepotensiale.

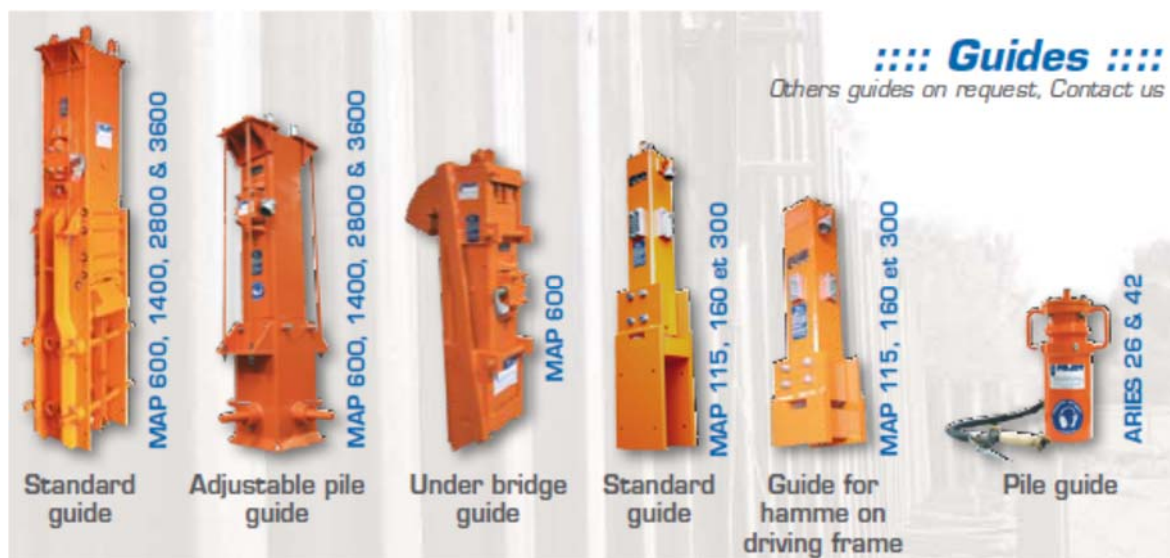
3.5.3 Eksempler datablad og informasjon fra loddprodusenter



Figur 20: Luftlodd. Bilde av luftlodd fra brosjyre fra Pajot, leverandør av ulike typer lodd, www.pajot.com

| Specification of PAJOT Automatic Hammers, used for driving with pressure of 8 bar | | | | | | Driving work which can be carried out with PAJOT hammers in a ground of an average consistence | | | | | |
|---|------------|-------------------------------------|----------------------|---------------|--------------------------|--|----------------|-------------------------------|----------------|--------------|----------------|
| Model and Weight of basic configuration without guide | Blow/ min. | Compressor flow required liter/min. | Impact energy in KGM | Hose diameter | Approximate overall size | Sheet piles | | Wooden piles square and round | | Wooden piles | |
| | | | | | | Width | Height of hold | Width | Height of hold | width | Height of hold |
| ARIES 26 | 1600 | 1,5 | / | 25 mm | 210x300 mm | / | / | ø max 132 mm | / | / | / |
| ARIES 42 | 1400 | 1,5 | / | 25 mm | 230x310 mm | / | / | ø max 160 mm | / | / | / |
| 115 kg | 500 | 2,2 | 47 | 25 mm | 0,970x0,136 x0,136 m | 200 to 400 mm | 1 to 2 m | 100 x 100 mm | 2 m | / | / |
| 160 kg | 450 | 3 | 80 | 25 mm | 0,990x0,160 x0,160 m | 200 to 400 mm | 1 to 2 m | 100 x 100 mm | 2 m | / | / |
| 300 kg | 420 | 3,5 | 110 | 25 mm | 1,250x0,175 x0,175 m | 300 to 400 mm | 2 to 3 m | Madriers de 100 x 200 mm | 2 to 3 m | / | / |
| 600 kg | 300 | 7 | 214 | 40 mm | 1,300x0,270 x0,270 m | 300 to 400 mm | 3 to 5 m | 100 ø 300 mm | 3 to 5 m | 150 x 150 mm | 2 to 3 m |
| 1 400 kg | 240 | 11 | 615 | 40 mm | 1,600x0,390 x0,390 m | 300 to 400 mm | 6 to 11 m | 250 ø 350 mm | 6 to 9 m | 200 x 200 mm | 5 to 7 m |
| 2 800 kg | 190 | 20 | 1 420 | 50 mm | 1,900x0,500 x0,500 m | Large or by pair | 11 to 15 m | 350 mm | 10 to 15 m | 300 x 300 mm | 8 to 12 m |
| 3 600 kg | 160 | 30 | 2 334 | 50 mm | 2,200x0,525 x0,525 m | Large or by pair | 15 to 18 m | 400 mm | 15 to 18 m | 350 x 350 mm | 12 to 16 m |

Figur 21: Luftlodd. Spesifikasjoner for noen luftlodd fra Pajot, leverandør av ulike typer lodd, www.pajot.com



Figur 22: Luftlodd. Ulike typer fra Pajot, leverandør av ulike typer lodd, www.pajot.com

3.6 Hydraulisk pressing

Hydraulisk nedpressing av stålprofiler er mulig å utføre på lik linje med pressing av spunt. Ved pressing av peler vil det imidlertid være behov for å flytte med seg motvekt i stedet for å benytte allerede presset spunt som mothold.

På grunn av dette er det ikke vanlig å utføre dette, og sannsynligvis er det ikke utført i Norge.

For spuntpressing opereres det ett utstyr i Norge for tiden. Dette er et «hydro-press-system» utviklet av ABI. Det er tidligere benyttet utstyr type «Silent piler» fra Giken Ltd. Det finnes også andre leverandører

3.6.1 Fordeler og ulemper ved hydraulisk pressing

Hydraulisk pressing vil foregå uten at det oppstår rystelser og støy. Støy fra kraftaggregatet og mobilkran er de vesentlige kildene.

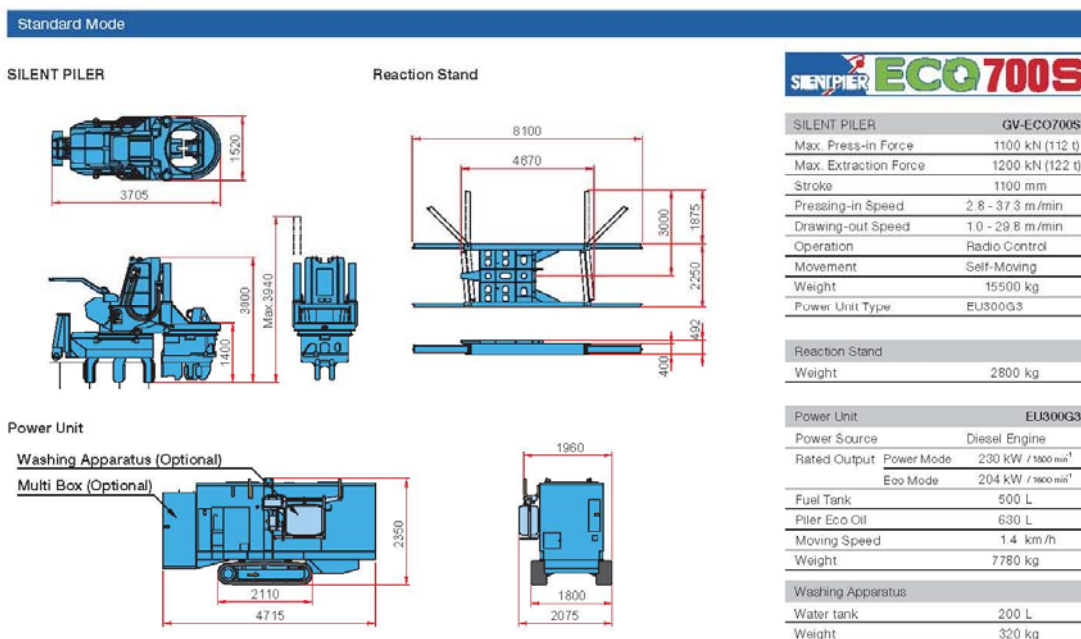
På grunn av begrensning i nedpressingskraft vil hydraulisk pressing kun være aktuelt i spesielle tilfeller for peleramming. Metoden er utviklet for bruk på spunt, og er naturlig nok bedre egnet til dette enn til peleinstallasjon. Størrelsen av motvekten vil begrense maksimal dokumentert bæreevne. Ved stor motstand stoppes penetrasjonen.

3.6.2 Viktige aspekter i forhold til begrensning av skade

Metoden gir ikke rystelser eller støy ut over normal lastebiltrafikk. Dette medfører at metoden er svært skånsom ved peleetablering inntil nabobygg.

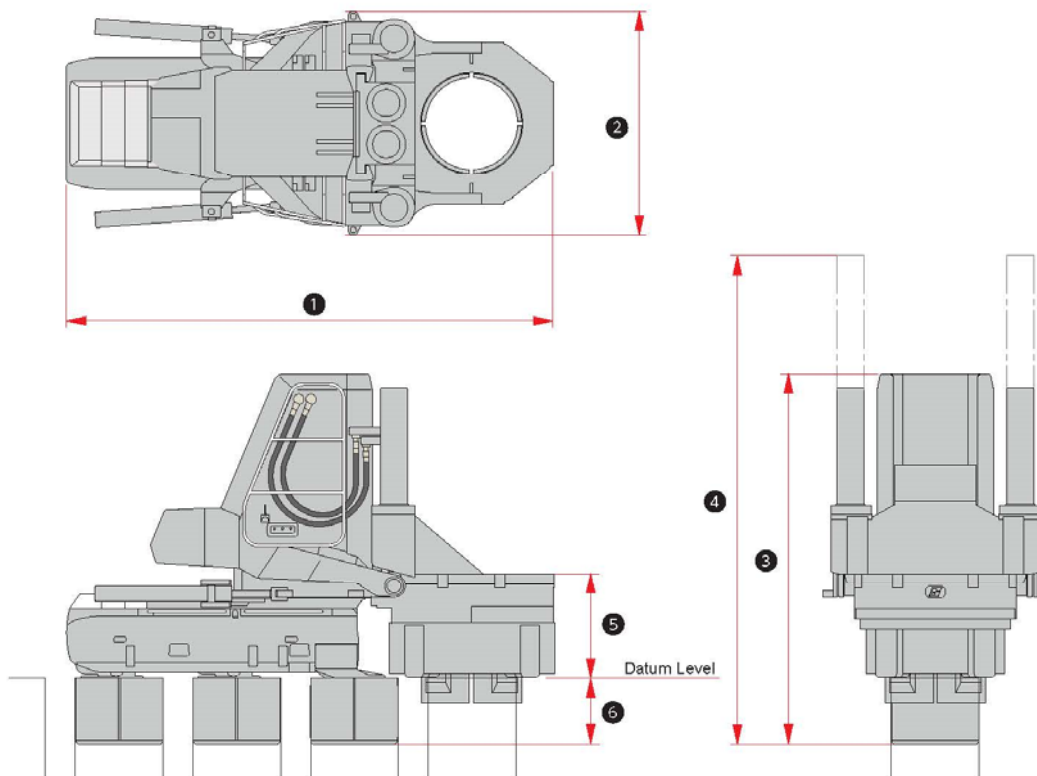
3.6.3 Eksempler datablad og informasjon fra loddprodusenter

Specifications



Figur 23 Silent piler-spesifikasjoner for spunt. Kilde: www.giken.com

Gyro Piler: Dedicated Models for Vertical Press-in

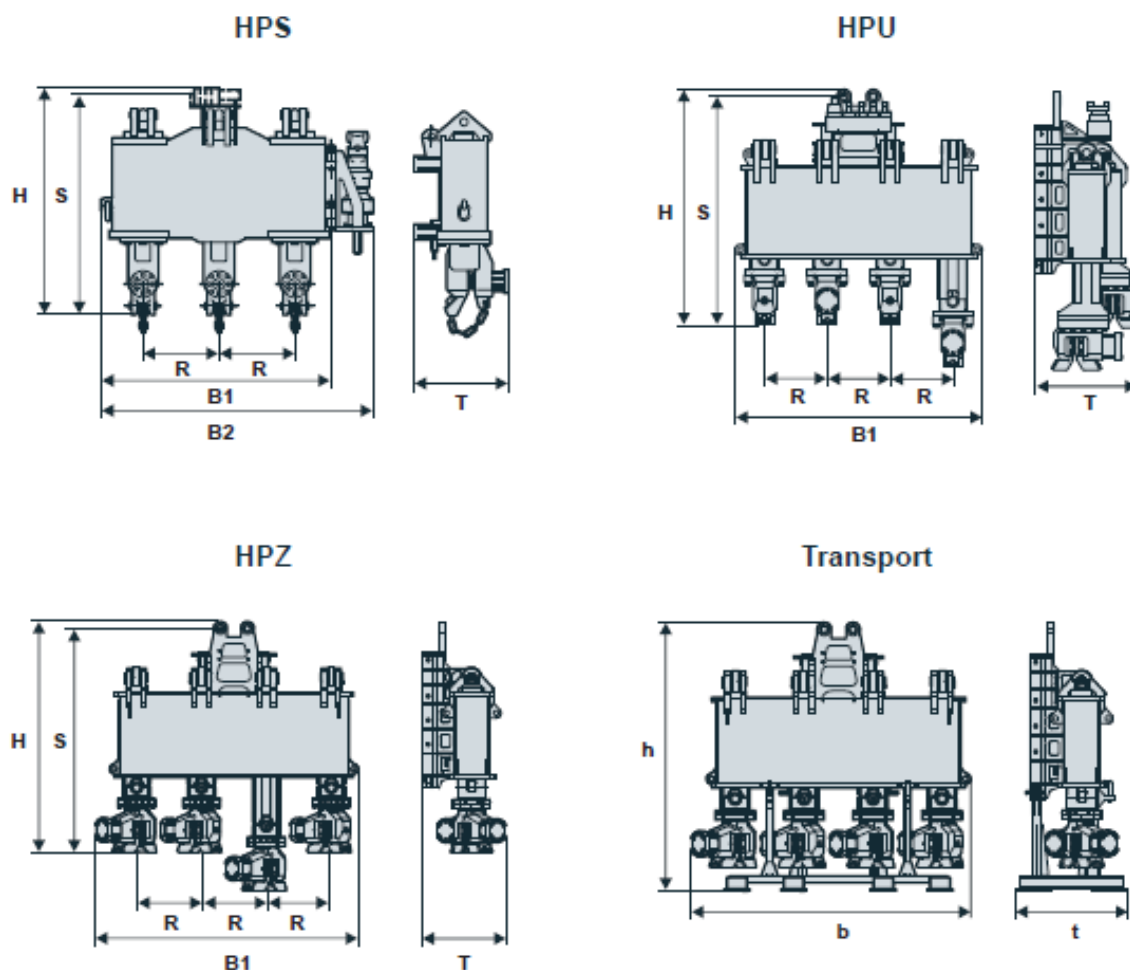


| Models | GRV0615 (SP3) | GRV0926 (SP4) | GRV1026 (SP7) | GRV1226 (SP5) |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Press-in Force | 1500 kN (153 ton) | 2600 kN (265 ton) | 2600 kN (265 ton) | 2600 kN (265 ton) |
| Stroke | 1200 mm | 1300 mm | 1300 mm | 1300 mm |
| ① Length | 3530 mm - 3610 mm | 4700 mm - 5060 mm | 4900 mm - 5410 mm | 5130 mm - 6120 mm |
| ② Width | 1640 mm | 2200 mm | 2055 mm | 2200 mm |
| ③ Height | 3000 mm | 3640 mm | 3700 mm | 3640 mm |
| ④ Max. Height | 4020 mm | 4800 mm | 4800 mm | 4800 mm |
| ⑤ Chuck Height | 1180 mm | 1040 mm | 1135 mm | 1080 mm |
| ⑥ Clamp Depth | 400 mm | 640 mm | 645 mm | 650 mm |
| Power Unit | EU300 | EU300 | EU300 | EU300 |
| Mass | 15,500 kg (D500) | 29,500 kg (D800) | 32,800 kg (D1000) | 31,800 kg (D1100) |
| Applicable Pile | Tubular Pile D500 - 600 | Tubular Pile D700 - 900 | Tubular Pile D800 - 1000 | Tubular Pile D1000 - 1200 |

Figur 24 Gyro piler-spesifikasjoner for rørvegg. Kilde: www.giken.com



Figur 25 Presseenhet type ABI Hydropress HZ630. Kilde: Entreprenørservice: www.entreprenørservice.no



Figur 26 Presseenhet type ABI Hydropress HZ630. Kilde: ABI-maschinenfabrik. www.abi-gmbh.de

Hydro-Press-System

Måklergefrt hydraulisk system zum statischen Pressen von Spundprofilen/
 Leader mast guided hydraulic system for static pressing of steel sheet piles

Technische Daten / Technical data

| | | | HPS ¹ | HPU |
|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------|------------------|--------------------------------|
| Einpresskraft | Pressing force | kN | 3 x 600 | 4 x 800 |
| Ziehkraft | Extraction force | kN | 3 x 380 | 4 x 600 |
| Press-/Zieh-Hub | Stroke | mm | 3 x 450 | 4 x 400 |
| hydraul. Volumenstrom max. | Hydraulic flow rate max. | l/min | 360 | 420 |
| Arbeitsdruck | Nominal oil pressure | MPa | 32 | 32 |
| Gesamtgewicht / Transportgewicht | Total weight / transport weight | kg | 3900 / 4240 | 5700 / 6130 |
| Geeignete Spundwandprofile | Suitable for steel sheet piles | | | U-Profil / U shape |
| | Arbed | KL3/6, KL3/8 | | PU6, PU8, PU12, PU16, PU 20 |
| | Hoesch | HL3/6, HL3/8 | | |
| | Larssen | | | 600, 601, 602, 603, 604 |

¹ Optional: Bohrert BA 1200 zum Vorbohren mit 6-kant Anschluss SW 70/
 auger drive BA 1200 for pre-augering with hexagon connection SW 70

Technische Daten / Technical data

| | | | HPZ 630 | HPZ 630/670/700 |
|-----------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------|--|
| Einpresskraft | Pressing force | kN | 4 x 800 | 4 x 800 |
| Ziehkraft | Extraction force | kN | 4 x 600 | 4 x 600 |
| Press-/Zieh-Hub | Stroke | mm | 4 x 400 | 4 x 400 |
| hydraul. Volumenstrom max. | Hydraulic flow rate max. | l/min | 420 | 420 |
| Arbeitsdruck | Nominal oil pressure | MPa | 32 | 32 |
| Gesamtgewicht / Transportgewicht | Total weight / transport weight | kg | 5530 / 6000 | 5680 / 6350 |
| Geeignete Spundwandprofile | Suitable for steel sheet piles | | Z-Profil / Z shape | Z-Profil / Z shape |
| | Arbed | AZ13 ² , AZ18, AZ26, AZ36 | | AZ13, AZ18, AZ26, AZ36, AZ 36-700, AZ 38-700, AZ40-700 |
| | Hoesch | | | H1300, H1800, H2600, H3600 |

² mit Adapter / with adapter

Figur 27 Presseenht type ABI Hydropress HZ630-spesifikasjoner. Kilde: ABI-maschinenfabrik.
www.abi-qmbh.de

3.7 Pigghammere, meiselhammer og små hydraulisk drevne hammere

Pigghammere, meiselhammere og små hydraulisk drevne hammere montert på små rigger eller på gravemaskin benyttes av og til ved ramming av mikropeler. På grunn av loddenes størrelse vil det ikke gis en fullgod dokumentasjon av bæreevne ved bruk av slike lodd.

Loddtypene benyttes også til andre formål, og er derfor lettere tilgjengelig enn de tyngre loddtypene.

3.7.1 Fordeler og ulemper ved pigghammere, meiselhammere og små hydraulisk drevne hammere

Slike hammere er fleksible å benytte for små peletverrsnitt, der kravet til dokumentasjon av bæreevne kan løses på annen måte.

3.7.2 Viktige aspekter i forhold til begrenning av skade

Brukt på en måte der hammeren ikke overfører energien i pelens lengderetning kan gi store rystelser i visse situasjoner. Det anbefales derfor å måle rystelser under bruk.

3.7.3 Eksempler datablad og informasjon fra loddprodusenter



Figur 28 Pigghammer. Kilde: Scandinavian Pile Driving SPD AB: www.spd.se

SPECIFICATIONS: SPD Piling Hammers

| DESCRIPTION | SPD150 | SPD200 | SPD300 | SPD350 | SPD400 | SPD1000 | SPD1500 | SPD2000 | SPD3600 | SPD4000 | SPD5000 |
|-----------------------|----------|----------|---------|---------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Weight (kg) | 130 | 260 | 370 | 410 | 580 | 940 | 1370 | 1790 | 2240 | 2860 | 4000 |
| Oilflow (l/min) | 20-30 | 20-50 | 30-50 | 40-80 | 45-90 | 80-100 | 90-120 | 130-150 | 190-250 | 190-250 | 250-310 |
| Pressure (bar) | 80-110 | 90-120 | 90-130 | 100-130 | 130-150 | 150-170 | 150-180 | 160-180 | 160-180 | 160-180 | 160-180 |
| Blows (B/min) | 600-1200 | 550-1200 | 450-900 | 450-900 | 450-800 | 450-800 | 400-900 | 400-800 | 350-700 | 300-600 | 250-450 |
| Tool (mm) | 45 | 53 | 68 | 75 | 85 | 100 | 120 | 135 | 150 | 160 | 175 |
| Excavator (t) | 0,8-3,0 | 1,0-3,5 | 2,0-7,0 | 3,5-9,0 | 6,0-11,0 | 9,0-12,0 | 13,0-18,0 | 18,0-26,0 | 28,0-35,0 | 33,0-50,0 | 45,0-55,0 |
| Energy (J) | 400 | 480 | 849 | 1210 | 1764 | 2443 | 4234 | 5290 | 7200 | 9970 | 13125 |
| 85dB (A) radius (m) | 7 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| Heigth with tool (mm) | 1110 | 1220 | 1386 | 1479 | 1726 | 2053 | 2090 | 2320 | 2574 | 2859 | 3291 |
| Hose Diameter (inch) | 1/2" | 1/2" | 1/2" | 1/2" | 3/4" | 3/4" | 1" | 1" | 1" | 1 1/4" | 1 1/4" |
| Piston weight (Kg) | 5,4 | 7,8 | 14,8 | 19 | 29,5 | 42,2 | 69 | 101 | 136 | 173 | 181 |

Figur 29 Spesifikasjon av pigghammer. Kilde: Scandinavian Pile Driving SPD AB: www.spd.se

4 RAMMEDE PELETYPER

4.1 Betongpeler



Figur 30 Betongpeler. Kilde: Kynningsrud: www.kynningsrud.no

Rammede prefabrikerte betongpeler er utbredt over hele landet og brukes oftest som spissbærende peler, men også som friksjonspeler i sand, grus og leire.

I Norge benyttes normalt hydrauliske fallodd med loddveker i området 30 -80 kN. I enkelte tilfeller er det benyttet loddvekt opp til 100 kN på de største peletverrsnittene. For å redusere risikoen for knusning av peletoppen under driving kan det benyttes større tykkelse av dyne av mykt tre mellom loddet og pelen.

De mest vanlige peledimensjonene er kvadratiske betongtverrsnitt med dimensjoner 23x23cm, 27x27cm og 34,5x34,5cm. Den mest vanlige typen er 27x27cm med 8 Ø16mm armeringsstål (P270MA). Dette peletverrsnittet har dimensjonerende trykkapasitet lik 1850kN. De siste årene har det i større grad blitt levert betongpeler produsert utenfor Norge. Disse pelene kan ha andre tverrsnitt, og andre spesifikasjoner enn de norske. Dette gjelder blant annet kapasiteten på skjøter.

Pelespissen skal ha minimum samme trykkapasitet som pelen. Spissbærende peler skal ha ha pelespiss av stål, mens grussko kan benyttes på friksjonspeler der dette ikke medfører rammetekniske problemer.

For å unngå at pelen får horisontalutslag under ramming vil det være viktig at peleskjøten har minst samme stivhet og styrke som pelen for øvrig. Dette gjelder både moment- og skjærkapasitet. Det er også viktig at vinkelendring i peleskjøten er så liten som mulig. Forspente peler vil ha mindre horisontalutslag pga større stivhet.



Figur 31 Bergspiss på prefabrikkert betongpel. Kilde: Kynningsrud: www.kynningsrud.no

4.1.1 Fordeler og ulemper med peletypen

Generelt:

- + Rimelig å levere og installere.
- + Godt egnet til opptak av små og moderate laster.
- + Godt egnet som spissbærende og friksjonpeler i leire, silt og sand.
- Stort tverrsnitt gir stor massefortrenging.
- Relativt liten bøyekapasitet
- Egner seg dårlig for sjøpeling pga mikrosriss i betongen

I forhold til skader på nabobygg og konstruksjoner:

- Betongpeler fortrenger masse og vil på den måten påvirke omgivelsene. Når pelene treffer faste lag kan dette medføre store rystelser på nabobygg.
- Ved ramming av peler i sand kan det oppstå store setninger inntil pelene pga komprimeringseffekt. Det er målt setninger av størrelsesorden en meter på Holmen i Drammen i forbindelse med fundamentering av jernbanebrua.
- Ved ramming av betongpeler gjennom leire vil poretrykksøkning som følge av massefortrenging oppstå. Dette kan gi forverret stabilitet, og kan under visse forhold medføre økte deformasjoner i omgivelsene.
- Ved ramming av peler gjennom lagdelt grunn kan det oppstå store vibrasjoner som kan gi skader på nabolaget. Ugunstigst vil det være med faste lag over bløte lag da dette gir større rystelser enn ellers..

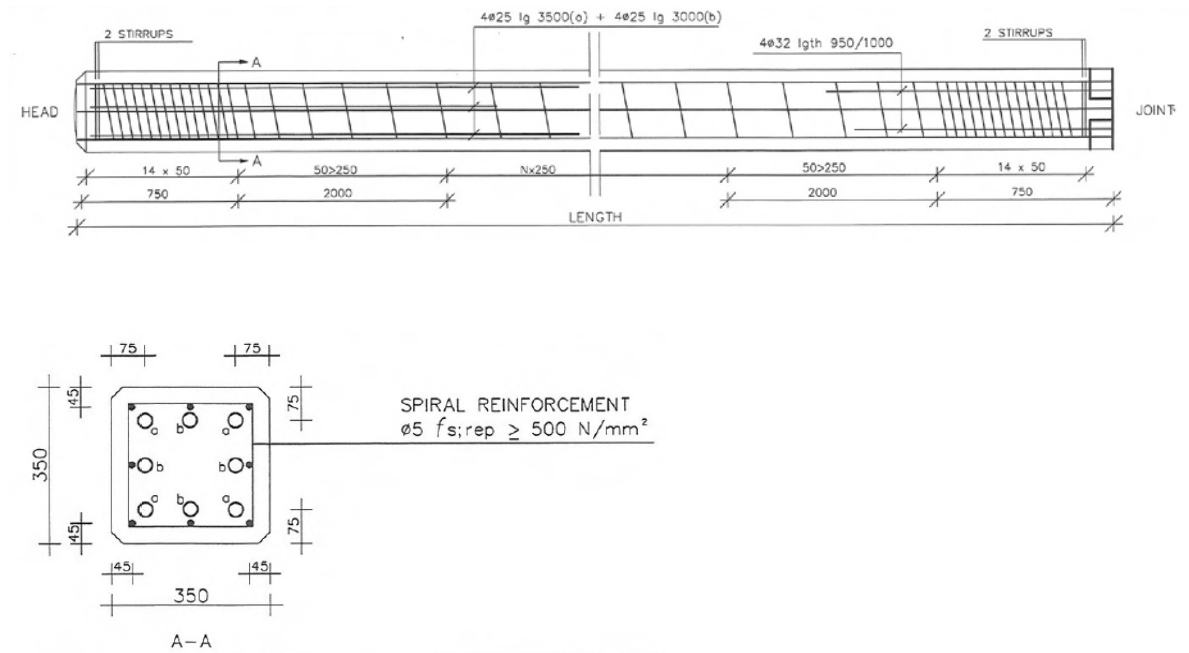
4.1.2 Tiltak for å redusere risiko for påvirkning på området rundt peleramming

For å redusere risiko for poretrykksoppbygging ved ramming av massefortrengende peler benyttes det av og til forboring med auger eller annet utstyr for trekking av leirpølser. Bruk av leirpølser har store begrensninger når det gjelder grunnforhold og dybde. Med auger er dybdebegrensningen 15m, leirpølser kan trekkes ned til 10m. Det benyttes også fordoring med stålprofil tilpasset aktuell peletype for å penetrere faste topplag, maksimal dybde 5m.

Ved ramming gjennom lagdelt grunn justeres fallhøyden avhengig av rammemotstand. Ved stor rammemotstand kan et lett lodd medføre større rystelser enn tunge lodd siden det lette loddet i mindre grad evner å sette pelen i bevegelse. Et rystelsesreducerende tiltak kan derfor være å benytte et tyngre lodd, men med lavere fallhøyde.

Når pelene rammes til berg utføres innmeisling mot berg med lav energi for å begrense risikoen for skrens og brekkasje. Dette begrenser også antallet slag med høy energi som kan påvirke risikoen for skader.

Forspente betongpeler oppfører seg stivere under ramming og kan på den måten gi reduserte rystelser på omgivelsene.



Figur 32 Eksempel armering for forspent pel. Kilde: Multiconsult AS

4.2 Stålprofiler/HP-peler



Figur 33 Illustrasjon av byggeplass med HP-peler, kilde: Kynningsrud fundamentering

HP-Peler er rammede peler der pelen er laget av valset profilstål med samme godstykkelse i flens og steg. HP-peler kan rammes med tungt rammeutstyr til store dyp, og pelen gir begrenset massefortrengning. Ordinær skjøtemetode er sveising og dette vil normalt være fremdrifts styrende for pelearbeidet. Peler av standardiserte dimensjoner kan vanligvis ta laster på 3-7000 kN. Pelene benyttes både som spissbærende peler mot berg og som friksjonspeler i løsmasse.

HP-Pelene rammes normalt med store fallodd fra 70 til 100 kN.

Peletypen egner seg best når det er:

- Store laster
- Ramming gjennom fylling og grove steinmasser
- Stabilitetsproblemer (må unngå massefortrengning).

Standard dimensjoner i firkant på HP-Pelene er fra 200 x 205 til 372 x 402 mm, med enhetsvekter fra 43 til 231 kg/m. På disse profilene har steg- og flens samme materialtykkelse. Tykkelse varierer fra 9 til 30,5 mm, og med standard lengder fra minimum 8 til 28 m. Pelene leveres med ulike stålkvaliteter med flytegrensevariasjon i området 235 - 460 MPa

I enkelte tilfeller benyttes også andre profil-stål som peler. Det vanligste er HEB-profiler, men også HEA og HEM-profiler har vært benyttet. Pelene utstyres vanligvis med spiss for ramming gjennom faste lag og innmeisling / kriterieramming i berg. Skjøting av pelene utføres vanligvis med sveis. Det vanligste er at sveisen har samme tverrsnitt som pelen.

4.2.1 Fordeler og ulemper med peletypen

Profilstål medfører lite massefortrengning, og gir derfor mindre risiko for poretrykksoppbygging under installasjon. De slankeste profilene har liten bøye- / knekningskapasitet. Det må derfor benyttes begrenset fallhøyde ved bruk av tunge lodd ved ramming.

Stål er utsatt for korrosjon. Spesielt gjelder dette ved kontakt med sjøvann, og tilgang på luft. Ulike typer av forurenset grunn kan også gi økt korrosjonshastighet. Der pelen er utsatt for korrosivt miljø må pelen dimensjoneres mot korrosjon, enten ved å beregne et ekstra tverrsnitt som kan korrodere bort eller ved å innføre korrosjonsreducerende tiltak. Korrosjonsreducerende tiltak kan f.eks. være omstøping av pelen der den rammes fyllmasser i toppen.

4.2.2 Tiltak for å redusere risiko for påvirkning på området rundt peleramming

Installasjon av peletypen kan utføres med ulike loddtyper for å begrense påvirkningen på omgivelsene.

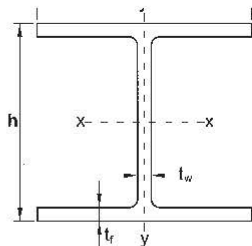
4.2.3 Datablad med detaljer for peletypen

HP-peler

H-profil med samme godstykkelse i flens og steg

Veiledende kapasiteter

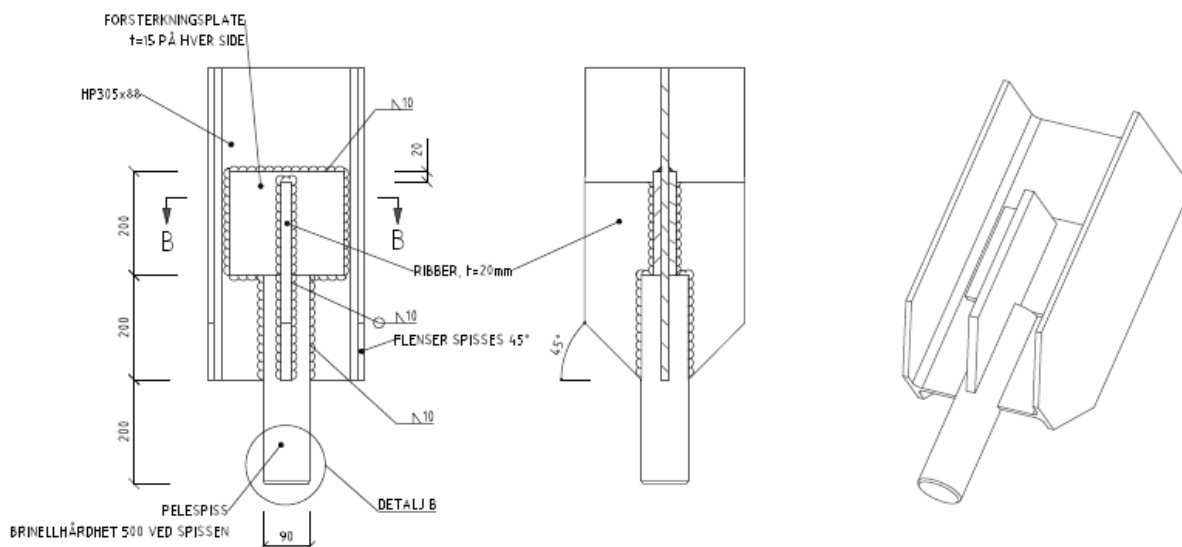
Korrosjon, knekning etc må vurderes særskilt



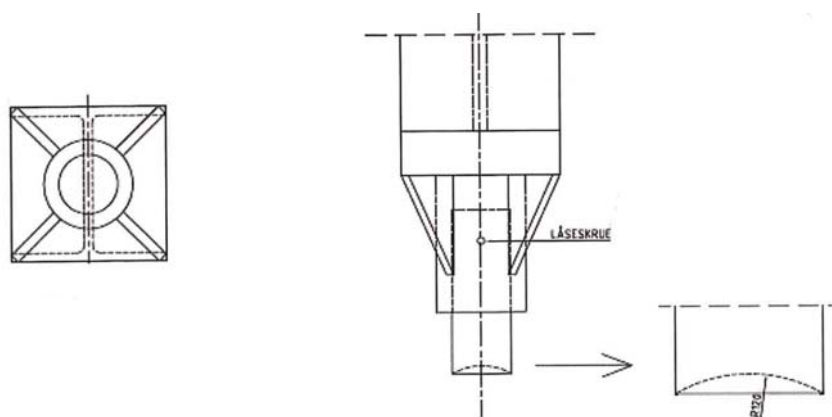
| Profil | Vekt kg / m | Dimensjoner | | | Stål areal cm ² | Kapasiteter ved S355 | | Tregghetsmoment | | Motstandsmoment | |
|---------------|----------------|-------------|---------|--------------------------------------|-------------------------------|---|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | h mm | b mm | t _w =t _f mm | | N _d (γ _m =1,05) kN | N _t (f _a =0,85) kN | x-x cm ⁴ | y-y cm ⁴ | x-x cm ³ | y-y cm ³ |
| HP 220 x 57.2 | 57.2 | 210 | 224.5 | 11 | 72,85 | 2463 | 2094 | 5 729 | 2 079 | 545.6 | 185.2 |
| HP 260 x 75 | 75 | 249 | 265 | 12 | 95,54 | 3230 | 2746 | 10 650 | 3 733 | 855.1 | 281.7 |
| HP 260 x 87.3 | 87.3 | 253 | 267 | 14 | 111,20 | 3760 | 3196 | 12 590 | 4 455 | 994.9 | 333.7 |
| HP 305 x 88 | 88 | 301.7 | 307.2 | 12,3 | 111,60 | 3773 | 3207 | 18 380 | 5 949 | 1 218 | 387.3 |
| HP 305 x 95 | 95 | 303.8 | 308.3 | 13,4 | 121,70 | 4115 | 3497 | 20 170 | 6 552 | 1 328 | 425.1 |
| HP 305 x 110 | 110 | 307.9 | 310.3 | 15,4 | 140,20 | 4740 | 4029 | 23 550 | 7 680 | 1 530 | 495 |
| HP 305 x 126 | 126 | 312.4 | 312.5 | 17,7 | 161,60 | 5494 | 4644 | 27 540 | 9 019 | 1 763 | 577.2 |
| HP 305 x 149 | 149 | 318.5 | 315.6 | 20,7 | 190,00 | 6424 | 5460 | 33 050 | 10 870 | 2 075 | 688.8 |
| HP 305 x 180 | 180 | 326.7 | 319.7 | 24,8 | 229,30 | 7753 | 6590 | 40 970 | 13 550 | 2 508 | 847.4 |
| HP 305 x 186 | 186 | 328.3 | 320.5 | 25,6 | 237,00 | 8013 | 6811 | 42 580 | 14 090 | 2 594 | 879.3 |
| HP 305 x 223 | 223 | 338 | 325.4 | 30,5 | 285,00 | 9636 | 8190 | 52 840 | 17 590 | 3 127 | 1 081 |
| HP 320 x 88.5 | 88.5 | 303 | 304 | 12 | 112,70 | 3810 | 3239 | 18 740 | 5 634 | 1 237 | 370.6 |
| HP 320 x 103 | 103 | 307 | 306 | 14 | 131,00 | 4429 | 3765 | 22 050 | 6 704 | 1 437 | 438.2 |
| HP 320 x 117 | 117 | 311 | 308 | 16 | 149,50 | 5055 | 4296 | 25 480 | 7 815 | 1 638 | 507.5 |
| HP 320 x 147 | 147 | 319 | 312 | 20 | 186,90 | 6319 | 5371 | 32 670 | 10 160 | 2 048 | 651.3 |
| HP 320 x 184 | 184 | 329 | 317 | 25 | 234,50 | 7928 | 6739 | 42 340 | 13 330 | 2 574 | 841.2 |
| HP 360 x 84.3 | 84.3 | 340 | 367 | 10 | 107,30 | 3628 | 3084 | 23 190 | 8 243 | 1 364 | 449.2 |
| HP 360 x 109 | 109 | 346.4 | 370.5 | 12,9 | 138,90 | 4696 | 3992 | 30 620 | 10 940 | 1 768 | 590.7 |
| HP 360 x 133 | 133 | 351.9 | 373.3 | 15,6 | 168,50 | 5697 | 4842 | 37 730 | 13 540 | 2 144 | 725.3 |
| HP 360 x 152 | 152 | 356.4 | 375.5 | 17,9 | 193,80 | 6552 | 5569 | 43 950 | 15 810 | 2 466 | 842.3 |
| HP 360 x 174 | 174 | 361.5 | 378.1 | 20,4 | 221,70 | 7496 | 6371 | 51 020 | 18 400 | 2 823 | 973.5 |
| HP 360 x 180 | 180 | 362.9 | 378.8 | 21,1 | 229,30 | 7759 | 6595 | 53 040 | 19 140 | 2 923 | 1 011 |
| HP 400 x 122 | 122 | 348 | 390 | 14 | 155,90 | 5271 | 4480 | 34 770 | 13 850 | 1 998 | 710.3 |
| HP 400 x 140 | 140 | 352 | 392 | 16 | 178,60 | 6038 | 5133 | 40 270 | 16 080 | 2 288 | 820.2 |
| HP 400 x 158 | 158 | 356 | 394 | 18 | 201,40 | 6809 | 5788 | 45 940 | 18 370 | 2 581 | 932.4 |
| HP 400 x 176 | 176 | 360 | 396 | 20 | 224,30 | 7583 | 6446 | 51 770 | 20 720 | 2 876 | 1 047 |
| HP 400 x 194 | 194 | 364 | 398 | 22 | 247,50 | 8368 | 7113 | 57 760 | 23 150 | 3 174 | 1 163 |
| HP 400 x 213 | 213 | 368 | 400 | 24 | 270,70 | 9152 | 7779 | 63 920 | 25 640 | 3 474 | 1 282 |
| HP 400 x 231 | 231 | 372 | 402 | 26 | 294,20 | 9947 | 8455 | 70 260 | 28 200 | 3 777 | 1 403 |

De vanligste peledimensjonene

Figur 34. Oversikt over HP-profiler. De mest brukte i Norge er markert. Kilde www.kynningsrud.no



Figur 35. Eksempel på pelespiss HP-pel. Kilde: Multiconsult AS



Figur 36. Eksempel på pelespiss HP-pel. Kilde: Peleveiledningen 2012



Figur 37. Eksempel på pelespiss HP-pel. Kilde: Peleveiledningen 2012

4.3 Stålrørspeler

Stålrørspeler er rammede spiralsveidede rør i typiske dimensjoner fra Ø406 mm til Ø1220 mm. Godstykkelse varierer i området 5-18mm for spiralsveiste rør. For større diametere og godstykkelser er gjerne rørene sveist på langs. Peletypen armeres og støpes ut innvendig vanligvis. Ofte er det kun øvre del av pelen som armeres. Ved ramming av åpne rør er det vanlig at kun øvre del av pelen grabbes tom for armering og utstøping.

Ved ramming til berg eller stopp i faste masser rammes pelene vanligvis lukket, med en grus- eller bergsko i spissen. Bergsko kan utføres med massiv eller hul dubb. Ståltverrsnittet i dubben skal normalt være like stort som ståltverrsnittet i pelen. Ved bruk av hul dubb kan pelen fordybles eller forankres i berg med dybel eller stag. Fordybling kan også utføres for å få bedre styring under meisling i berg.

Ved ramming av stålrør som friksjonspeler kan de rammes åpne. Etter ramming tømmes vanligvis stålrøret for eventuelle masser og/eller vann, armeres og støpes ut helt eller delvis. Åpne stålrør har mindre rammemotstand enn lukkede rør. Under nedramming må det undersøkes om pelen plugges, og dermed gir økt massefortrengning og motstand.

Alt etter dimensjoner og armering kan stålrørspelen dimensjoneres til å kunne ta store laster og momenter.

Lukkede stålrørspeler rammes med store hydrauliske fallodd fra 70 til 140 kN, diesellodd eller dobbeltvirkende hydrauliske fallodd. Åpne stålrør som benyttes som friksjonspeler kan rammes med vibrolodd.

4.3.1 Fordeler og ulemper med peletypen

Peletypen egner seg best når:

- Det er store laster
- Peler skal rammes gjennom fylling og grove steinmasser
- Det er store dybder til berg
- Det ikke er stabilitetsproblemer (gjelder for lukkede peler)

Lukkede stålrør med store dimensjoner gir stor massefortrengning, og egner seg dårlig ved ramming av peler i nærheten av ømfintlige konstruksjoner og installasjoner.

Åpne stålrør benyttet som friksjonspeler gir liten massefortrengning og kan benyttes på lik linje med profilstål så lenge pelene ikke plugges under ramming. Stålrør har større bøyestivhet enn profilstål og tåler hardere ramming og større laster.

Åpne stålrør

Åpne stålrør medfører lite massefortrengning, og gir derfor mindre risiko for poretrykksoppbygging under installasjon. For ramming med stor motstand økes godstykkelsen for å bedre motstanden mot plateknekning og for å øke penetrasjonsevnen.

Stål er utsatt for korrosjon. Spesielt gjelder dette ved kontakt med sjøvann, og tilgang på luft. Pelene må derfor grabbes tom, armeres og støpes ut i de sonene som er mest korrosjonsutsatt.

Åpne stålrørspeler egner seg ikke til ramming til berg eller harde lag for spissbæring.

Peletypen kan installeres med bruk av de fleste loddtypene.

Lukkede stålør

Lukkede stålørspeler medfører stor massefortrenging og kan ved finkornige masser gi store poreovertrykk som kan gi utfordringer med stabiliteten.

Egnede loddtyper er tunge hydrauliske fallodd, diesellodd og dobbeltvirkende hydrauliske hammere.

4.3.2 Tiltak for å redusere risiko for påvirkning på området rundt peleramming

Det viktigste middelet for å redusere virkningen på nærområdet er å tilpasse loddtype og størrelse til pelen. Dersom dette ikke er tilstrekkelig må det vurderes andre installasjonsmetoder, så som boring.

4.3.3 Illustrasjoner for peletypen



Figur 38 Illustrasjon av byggeplass med stålørspeler. Kilde: Kynningsrud fundamentering

4.4 Små stålrørspeler/Mikropeler

Mikropeler er rammede små stålrør i typiske dimensjoner fra Ø76 mm til Ø323 mm, med godstykkelser fra 6,3mm til 12,5mm.

Normalt benyttes stålrør med langsgående sveis. Skjøt kan enten utføres som friksjonsskjøt med inn- eller utvendig muffe. Det kan også benyttes sveiseskjøt. Det benyttes bergsko og topplate på pelen.

Pelen er rask å installere ved bruk av friksjonsskjøt. De små tverrsnittene medfører redusert massefortrenging og gir normal mindre rystelser ved installasjon enn de fleste andre peletypene.

Stålpeler /Mikropeler rammes normalt med hydrauliske pigghammere, luftlodd eller lette hydrauliske lodd. Tilført energi er normalt i området fra 0,5 – 3 kNm. Fra Ø 170 mm – 323mm benyttes også mindre fallodd til nedramming.

4.4.1 Fordeler og ulemper med peletypen

Peletypen egner seg best ved:

- moderate fundamentlaster
- moderate bergdybder
- ikke vanskelige bergforhold
- ikke grove steinmasser
- innvendig refundamentering ved lave etasjehøyder

Små dimensjoner medfører lite massefortrenging, og gir derfor mindre risiko for poretrykksoppbygging under installasjon enn for andre massefortrengende peler. Peletypen kan installeres med mange ulike hammere og er derfor fleksible i bruk.

Peletypen kan benyttes både som spissbærende peler og som friksjonspeler.

Stål er utsatt for korrosjon. Det er derfor naturlig å støpe ut pelen for å begrense innvendig korrosjon.

Åpne stålrørspeler egner seg ikke til ramming til berg eller harde lag for spissbæring.

4.4.2 Tiltak for å redusere risiko for påvirkning på området rundt peleramming

Det viktigste middelet for å redusere virkningen på nærområdet er å tilpasse loddtype og størrelse til pelen. Dersom dette ikke er tilstrekkelig må det vurderes andre installasjonsmetoder så som boring.

4.4.3 Illustrasjoner for peletypen



Figur 39 Illustrasjon micropeler med hylseskjøt og bergsko, kilde: Kynningsrud fundamentering

Dimensjoner

| Pei | D (mm) | t (mm) | M (kg/m) | A (mm ²) | A _u (mm ²) | A _b (mm ²) | W _{el} (cm ³) | EI (kNm ²) | A _{1,2} (mm ²) | EI _{1,2} (kNm ²) | A _{2,0} (mm ²) | EI _{2,0} (kNm ²) |
|--------------|--------|--------|----------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| RR75 | 76.1 | 6.3 | 10.8 | 1381 | 0.24 | 4548 | 22.3 | 178 | 1099 | 137 | 916 | 111 |
| RR90 | 88.9 | 6.3 | 12.8 | 1635 | 0.28 | 6207 | 31.6 | 295 | 1304 | 228 | 1089 | 186 |
| RR115/6.3 | 114.3 | 6.3 | 16.8 | 2138 | 0.36 | 10261 | 54.7 | 657 | 1711 | 514 | 1432 | 423 |
| RR115/8 | 114.3 | 8 | 21 | 2672 | 0.36 | 10261 | 66.4 | 797 | 2245 | 654 | 1966 | 563 |
| RRs125/6.3 | 127.0 | 6.3 | 18.7 | 2389 | 399 | 12667 | 68.69 | 916 | 1914 | 719 | 1603 | 593 |
| RR/RRs140/8 | 139.7 | 8 | 26 | 3310 | 0.44 | 15328 | 103.1 | 1513 | 2788 | 1250 | 2445 | 1082 |
| RR/RRs140/10 | 139.7 | 10 | 32 | 4075 | 0.44 | 15328 | 123.4 | 1810 | 3553 | 1547 | 3209 | 1379 |
| RR/RRs170/10 | 168.3 | 10 | 39 | 4973 | 0.53 | 22246 | 185.9 | 3284 | 4343 | 2823 | 3928 | 2526 |
| RR170/12.5 | 168.3 | 12.5 | 48 | 6118 | 0.53 | 22246 | 222 | 3924 | 5488 | 3462 | 5073 | 3165 |
| RR220/10 | 219.1 | 10 | 51.6 | 6589 | 0.69 | 37703 | 328.5 | 7557 | 5748 | 6533 | 5205 | 5869 |
| RR220/12.5 | 219.1 | 12.5 | 63.7 | 8113 | 0.69 | 37703 | 396.6 | 9123 | 7291 | 8100 | 6749 | 7436 |
| RR270/10 | 273 | 10 | 64.9 | 8262 | 0.86 | 58535 | 524 | 15024 | 7238 | 13037 | 6560 | 11741 |
| RR270/12.5 | 273 | 12.5 | 80.3 | 10230 | 0.86 | 58535 | 637 | 18265 | 9205 | 16278 | 8527 | 14982 |
| RR320/10 | 323.9 | 10 | 77.4 | 9861 | 1.02 | 82397 | 751 | 25533 | 8645 | 22207 | 7839 | 20031 |
| RR320/12.5 | 323.9 | 12.5 | 96 | 12229 | 1.02 | 82397 | 917 | 31178 | 11012 | 27852 | 10206 | 25676 |

A = Stål tverrsnittsareal

A_u = Utvendig overflateareal

A_b = totalt tverrsnittsareal

W_{el} = Seksjon/modulus

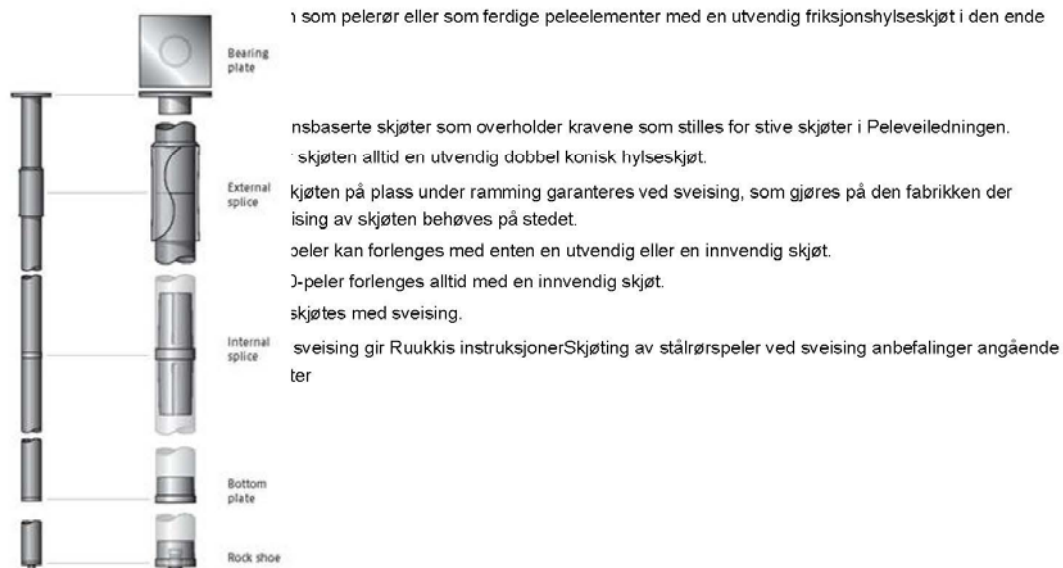
EI = Bøyestivhet

Tverrsnittverdier redusert med hensyn til korrosjon

A_{1,2} = tverrsnittsområde etter 1.2 mm fradrag for korrosjon

Oppbygging

Pelerør og -elementer



2

Figur 40 Datablad mikropeler fra SSAB, kilde: www.ruukki.no

4.5 Trepeler

Trepeler benyttes normalt i forbindelse med fundamenter for brygger og kaifronter. Historisk ble trepeler benyttet til de fleste typer av fundamenteringsoppdrag. Det kan nevnes boligblokker, forretningsbygg og brukonstruksjoner.

Trepeler blir også benyttet sammen med betongpeler. Denne kombinasjonen brukes ved friksjonspeling for å sikre at trepelen kommer under grunnvannsnivå. Betongpelen har en innstøpt hylseskjøt med mothaker som slås inn i trepelen og lager en god forbindelse mellom tømmer og betong. Trepeler leveres normalt i lengder inntil 15m med minste tverrsnittsmål 15cm.

Pelene installeres som friksjonspeler.

Trepelene rammes normalt med fallodd i størrelsen 30 til 50 kN, vibrolodd eller luftlodd.



Figur 41 Illustrasjon av trepeler, kilde: Kynningsrud fundamentering

4.5.1 Fordeler og ulemper med peletypen

Trepeler har begrenset kapasitet og begrenset levetid. Kan være aktuelt ved små laster for ramming under grunnvannstanden. Pelene er mulig å skjøte, men skjøten vil hovedsakelig være for trykkoverføring.



Figur 42 Illustrasjon av tre-peler, kilde: http://www.buildingproductsplus.com/images/dock_pilings-BIG.jpg

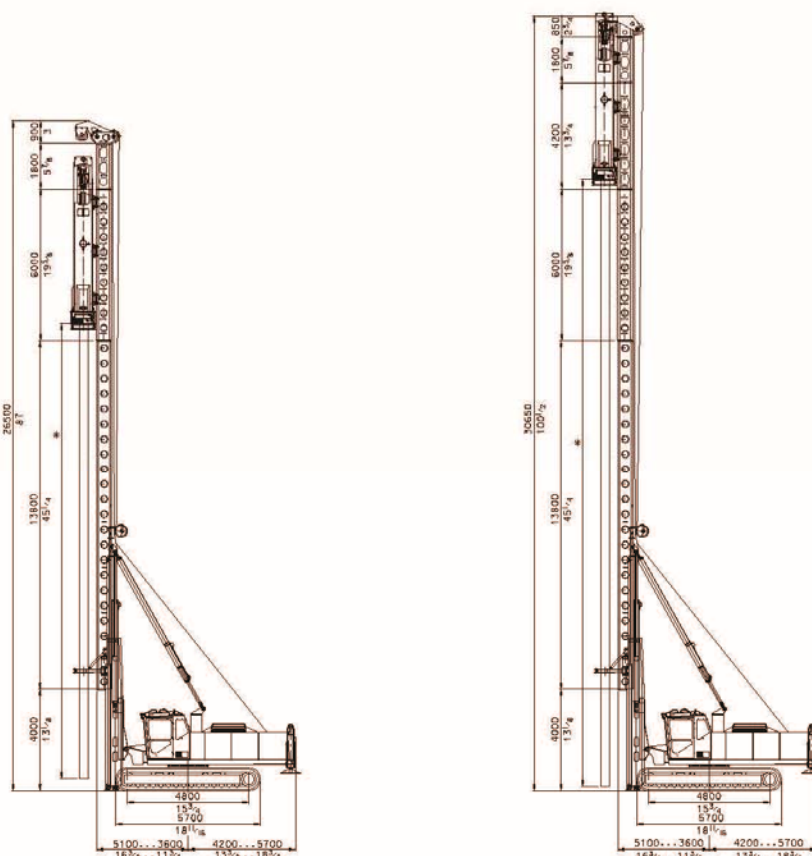
5 KRANER FOR PELERAMMING

Ved ramming av peler på land og fra flåte / lekter, der det benyttes betongpeler og trepeler benyttes vanligvis beltegående pelekraner med totalvekt i området 40-80 tonn.

Dette krever gode grunnforhold for bæring og forholdvis flate områder hvor peleriggene opererer. Beltegående rigger som brukes i dag er av type ABI, Junttan, Bauer, Senebogen, Hitachi, Liebherr m. flere. Disse leveres normalt med faste guider (tårn med styring for loddet) eller justerbare geider i lengder fra 14 til 35m, alt etter behov og bruk. Geidene kan legges 45° bakover, sideveis 18° og fremover 18°, dette gjelder ikke for alle loddstørrelser. Store tunge lodd gir mindre helning eller bare ramming av vertikale peler.

For ramming av profilstål, HP-peler og store stålrør brukes også samme type beltegående pelerigger, men vekten her kan fort bli opp i 110 tonn, dette fordi det kreves større lodd for ramming, stoppramming og innmeisling. Så her må den bærende grunn for peleriggene være meget god.

Ramming av mikropeler krever mindre utstyr da selve rammeenheten er mindre og ikke så tungt. De minste riggene, "kjellermus", veier ca. 20kN. Små gravemaskiner og mindre borerigger er alle maskintyper som egner seg til ramming av mikropeler. Man må hele tiden ha klart for seg hva som skal rammes og hvilken plass man har til rådighet og hva utstyret krever.



Standard PM 25H with HHK 7A
hammer for pile driving

PM 25H with longest available leader configuration
and HHK 7A hammer for pile driving

Figur 43 Datablad for pelerigg fra Junttan, kilde: www.junttan.com



Figur 44 Illustrasjon kran for peleramming for mikropeler, kilde: www.hercules.se



Figur 45 Illustrasjon guide for lodd med føring montert på pel, kilde: www.junttan.com

Technical Data

Basic features

| | | | |
|---------------------------------|------------|-------------------|-------------------|
| Nominal operational weight | | 78 000 kg | 172 000 lb |
| Leader capacity | | 20 000 kg | 44 000 lb |
| Winch capacity | Pile: | 10 000 kg | 22 000 lb |
| | Hammer: | 15 000 kg | 33 100 lb |
| | Auxiliary: | 5 000 kg | 11 000 lb |
| Recommended hammer type | | SHK110-5-SHK110-9 | SHK110-5-SHK110-9 |
| Maximum pile length (SHK 110-5) | | 25 m | 82 ft |

Uppercarriage

| | | | |
|------------------|--|-------------------------|------------------------|
| Type | Junttan PM25H | | |
| Engine | Type: | Cummins QSM11 | |
| | Power: | 280 kW | 376 hp |
| | Fuel tank: | 420 liters | 110 gal |
| Hydraulic system | Max flow: | 2x280 + 120 lpm/2000rpm | 2x42 + 24 gpm/2 000rpm |
| | Max pressure: | 320 bar | 4 640 psi |
| | Cooling system: | 2xT8 coolers | |
| | Oil tank: | 670 liters | 177 gal |
| Slew drive | Single drive, 1600mm single row slewing ring | | |
| Counterweight | Extendable: | 6 000 + 2 000 kg | 13 230 + 4 400 lb |

Leader

| | | | |
|--------------|--|--------------|----------|
| Type | Telescopic PM25H | | |
| Movements | Telescope | 4 000 mm | 158 in |
| | Foot (up/down) | 1 000/500 mm | 40/20 in |
| | Horizontal | 1 500 mm | 59 in |
| Inclinations | According separate capacity tables Electronic inclinometer included | | |

Undercarriage

| | | | |
|--------------------|------------|----------------------------|----------------|
| Type | JH57160 | | |
| Crawler length | 5 700 mm | | 225 in |
| Crawler type | D7A | | |
| Width (900 shoes) | Min: | 3 380 mm | 133 in |
| | Max: | 4 880 mm | 192 in |
| Track shoe options | Width: | 800/900/1 000 mm | 31½/35½/39½ in |
| | Surface: | 3-edge / flat edges / flat | |
| | Edge type: | normal / chamfer / bended | |

Accessories

| | | |
|---------------------|-----|---|
| * Side cathead | | * iPiler PCD |
| * Side auger | JD3 | * Air conditioning |
| * Rear support legs | | * Auxiliary winch (5 000kg / 11 000 lb) |

* Contact Junttan sales for all available options and accessories

PM 25H - Pile Driving Rig

Figur 46, Datablad PM25H pelerigg fra Junttan, Kilde: www.junttan.com

6 SPUNT

6.1 Spunntyper

Spunt benyttes i ulike sammenhenger for midlertidig og permanent oppstøtting. Spunt produseres normalt sett av stål, men det kan også benyttes spunt av andre materialer. Det er i enkelte sammenhenger produsert spunt av betong, aluminium og plastmaterialer. I dette kapitlet omhandles stålspunt, siden andre materialer normalt sett benyttes i spesialtilfeller.

I Norge benyttes stort sett spunt av type Z-, U-spunt eller sammensatte profiler. Ved sammensatte profiler benyttes vanligvis kombinasjoner av U og Z-profiler sammen med H-profiler og stålrør. Det finnes også profiler som kun benytter H-profiler. Andre sammensatte profiler kan være boksp profiler og rørs punt. Det produseres også «flat-spunt» for bruk i Cellespunt-konstruksjoner, men dette anses ikke å være spesielt relevant for «Begrens Skade-prosjektet», da slike konstruksjoner sjelden bygges nært eksisterende konstruksjoner.

Z- og U-spunt kan leveres som dobbeltnåler med klinkede låser. Dette kan gi en enklere og raskere installasjon under enkle rammeforhold. Under mer krevende rammeforhold kan dette medføre økte problemer med å få spunt ned. Ved ramming til berg benyttes ikke klinkede låser.

Spuntlåser leveres i flere utgaver. Variasjonen er hovedsakelig på styrke. «Sterke» låser gir noe større friksjon i låsen og dermed en noe lavere produksjonstakt enn «svake» låser. Ved ramming gjennom faste masser kan spunt rammes ut av lås. Dette gir store lekkasjemuligheter og en svakere spuntvegg.

For å minske friksjonen i låsene og for å oppnå en tettere spuntvegg er det vanlig å beskrive smurte låser. Smøringen består vanligvis av bitumenbaserte smøremidler. Det er også på markedet ulike former for forseglinger for vanntetting av spuntlåser.

6.2 Installasjon

Installasjon av spunt kan utføres med bruk av ulike former for fallodd, vibrolodd, hydraulisk pressing og boring. Borede løsninger omhandles ikke her, da dette er behandlet under borede peler. For å redusere materialkostnadene er det vanlig å velge nedvalsede profiler med høyere stål kvalitet. Dette gir redusert vekt, men kan gi dårligere penetrasjonsevne og kan dermed gi økte vibrasjoner. Det gir også begrensninger i forhold til loddstørrelser (fallodd / vibrolodd / hydraulisk presseutstyr).

U-spunt vil normalt sett være enklere å ramme gjennom faste masser enn en Z-spunt. Dette skyldes først og fremst sideveis stivhet i spuntlinja i hver enkelt spuntnål.

For å lette nedramming vil det være aktuelt å utføre forgraving i spuntlinja i forkant av installasjonen. Forgraving utføres med en gjennomgraving av massene der hindringer for spunt fjernes, mens de rambare massene blir liggende igjen. Ved behov tilføres rambare masser.

Stålspunt har liten stivhet langs spuntlinja. Dette kan føre til at spuntprofilene endres med dybde under installasjon. Dette kan medføre at spuntnålene legger seg langs spuntlinja. I slike tilfeller er det viktig med suksessiv ramming for å begrense denne virkningen.

Der det ligger hindringer i veien for spunt dypere enn det er hensiktsmessig å grave, kan forboring være aktuelt. Det kan også være aktuelt å utføre høytrykksspyling foran spissen under installasjon.

6.3 Muligheter og begrensninger

Dimensjon og profil velges ut fra dimensjonerende lastvirkninger som spuntten utsettes for, og ut fra rambarhet. Ved bruk av U-spunt kommer låsene i nøytralaksen. Det skal derfor regnes med en redusert stivhet sammenlignet med tilsvarende Z-spunt. Dette har medført at Z-spunt ofte anses å ha en gunstigere pris ved innkjøp. Ved sveising av låsene kan reduserte stivheten elimineres.

Dersom spuntten skal rammes gjennom faste masser vil det ofte være hensiktsmessig å øke ståltverrsnittet for å bedre nedtrengingsevnen og for å redusere rystelser. I slike tilfeller er det viktig å vurdere både motstandsmoment, godstykkelse og profiltype.

For å unngå at spunt deformerer under nedramming er det viktig at det benyttes en mal for ramming. Dette kan bidra til å begrense deformasjonene av spuntprofilen. Et deformert spuntprofil er tyngre å drive ned og vil dermed gi økte vibrasjoner og støy i området.

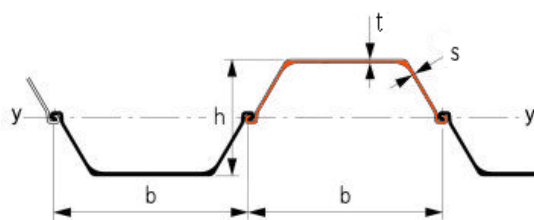
For ramming av sammensatte profiler er det viktig at de stiveste elementene rammes først, slik at veggen blir retttest mulig.

Dersom spunt rammes til berg er det viktig at det etableres god kontakt. Meisling av spunt mot berg må utføres med fallodd. Bruk av vibrolodd gir ikke sikker bergkontakt.

Tetting mot berg kan utføres på ulike metoder avhengig av grunnforholdene og kravet til tetthet. Der det er god oversikt over bergtopografien kan det være aktuelt å skrånkjære spuntten i forhold til berghelningen. For tetting kan det også være aktuelt å utføre jet-peling eller vanlig injeksjon. For permanent tetting kan det etableres fotdrager for tetting etter utgraving der dette er hensiktsmessig. Bitumensmøring av spuntlåser vil redusere friksjonen i låsene og vil redusere hard ramming. Dette bidrar til å redusere støy og vibrasjoner på omgivelsene.

Trekking av spunt kan gi større deformasjoner på naboområder enn ramming. Risikoen for skader på omgivelsene må derfor vurderes opp mot innsparing trekking medfører.

6.4 Databladeksempler for ulike spuntprofiler



▼ AU™ Category

| Section | Dimensions | | | | A | G _{sp} | G _w | I _y | W _{el,y} | S _y | W _{ply} |
|---------|------------|-----|------|------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | b | h | t | s | | | | | | | |
| | mm | mm | mm | mm | cm ² /m | kg/m | kg/m ² | cm ⁴ /m | cm ³ /m | cm ³ /m | cm ³ /m |
| AU 14 | 750 | 408 | 10,0 | 8,3 | 132,3 | 77,9 | 103,8 | 28 680 | 1 405 | 820 | 1 663 |
| AU 16 | 750 | 411 | 11,5 | 9,3 | 146,5 | 86,3 | 115,0 | 32 850 | 1 600 | 935 | 1 891 |
| AU 18 | 750 | 441 | 10,5 | 9,1 | 150,3 | 88,5 | 118,0 | 39 300 | 1 780 | 1 030 | 2 082 |
| AU 20 | 750 | 444 | 12,0 | 10,0 | 164,6 | 96,9 | 129,2 | 44 440 | 2 000 | 1 155 | 2 339 |
| AU 23 | 750 | 447 | 13,0 | 9,5 | 173,4 | 102,1 | 136,1 | 50 700 | 2 270 | 1 285 | 2 600 |
| AU 25 | 750 | 450 | 14,5 | 10,2 | 187,5 | 110,4 | 147,2 | 56 240 | 2 500 | 1 420 | 2 866 |

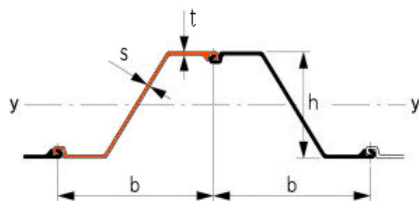
Figur 47, Datablad U-spunt type AU ArcelorMittal, Kilde: www.arcelormittal.com

▼ PU® Category

Production of following sections stopped: **PU-R, PU 6, PU 8, PU 16, PU 20, PU 25, L2S, L3S.**
 Please contact us if you require further information about these sections.

| Section | Dimensions | | | | A | G _{sp} | G _w | I _y | W _{el,y} | S _y | W _{ply} |
|---------------------|------------|-----|------|------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | b | h | t | s | | | | | | | |
| | mm | mm | mm | mm | cm ² /m | kg/m | kg/m ² | cm ⁴ /m | cm ³ /m | cm ³ /m | cm ³ /m |
| PU 12 | 600 | 360 | 9,8 | 9,0 | 140,0 | 66,1 | 110,1 | 21 600 | 1 200 | 715 | 1 457 |
| PU 12 10/10 | 600 | 360 | 10,0 | 10,0 | 147,8 | 69,6 | 116,0 | 22 580 | 1 255 | 755 | 1 535 |
| PU 18 ⁻¹ | 600 | 430 | 10,2 | 8,4 | 154,2 | 72,6 | 121,0 | 35 950 | 1 670 | 980 | 1 988 |
| PU 18 | 600 | 430 | 11,2 | 9,0 | 163,3 | 76,9 | 128,2 | 38 650 | 1 800 | 1 055 | 2 134 |
| PU 18 ⁺¹ | 600 | 430 | 12,2 | 9,5 | 172,3 | 81,1 | 135,2 | 41 320 | 1 920 | 1 125 | 2 280 |
| PU 22 ⁻¹ | 600 | 450 | 11,1 | 9,0 | 173,9 | 81,9 | 136,5 | 46 380 | 2 060 | 1 195 | 2 422 |
| PU 22 | 600 | 450 | 12,1 | 9,5 | 182,9 | 86,1 | 143,6 | 49 460 | 2 200 | 1 275 | 2 580 |
| PU 22 ⁺¹ | 600 | 450 | 13,1 | 10,0 | 192,0 | 90,4 | 150,7 | 52 510 | 2 335 | 1 355 | 2 735 |
| PU 28 ⁻¹ | 600 | 452 | 14,2 | 9,7 | 206,8 | 97,4 | 162,3 | 60 580 | 2 680 | 1 525 | 3 087 |
| PU 28 | 600 | 454 | 15,2 | 10,1 | 216,1 | 101,8 | 169,6 | 64 460 | 2 840 | 1 620 | 3 269 |
| PU 28 ⁺¹ | 600 | 456 | 16,2 | 10,5 | 225,6 | 106,2 | 177,1 | 68 380 | 3 000 | 1 710 | 3 450 |
| PU 32 ⁻¹ | 600 | 452 | 18,5 | 10,6 | 233,3 | 109,9 | 183,2 | 69 210 | 3 065 | 1 745 | 3 525 |
| PU 32 | 600 | 452 | 19,5 | 11,0 | 242,0 | 114,1 | 190,2 | 72 320 | 3 200 | 1 825 | 3 687 |
| PU 32 ⁺¹ | 600 | 452 | 20,5 | 11,4 | 251,3 | 118,4 | 197,3 | 75 410 | 3 340 | 1 905 | 3 845 |

Figur 48, Datablad U-spunt type PU ArcelorMittal, Kilde: www.arcelormittal.com



▼ AZ[®]-700 and AZ[®]-770 Category

Production of following sections stopped:

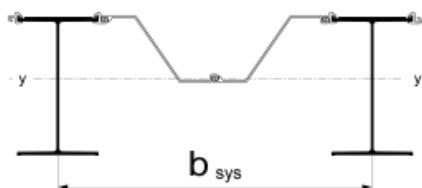
- AZ 36-700, AZ 38-700, AZ 40-700.

- AZ 37-700, AZ 39-700, AZ 41-700 (2011)

Please contact us if you require further information about these old sections.

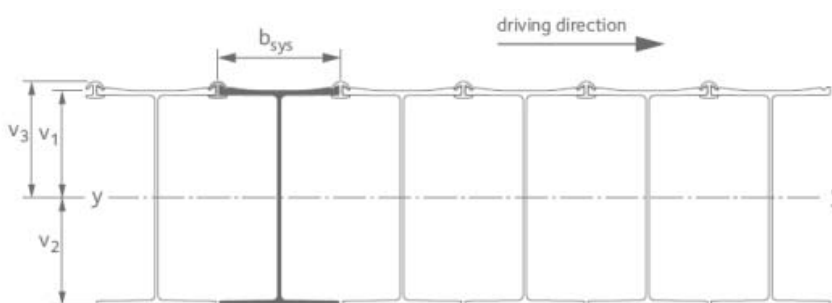
| Section | Dimensions | | | | A | G _{sp} | G _w | I _y | W _{el,y} |
|---------------------------|------------|-----|------|------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| | b | h | t | s | | | | | |
| | mm | mm | mm | mm | cm ² /m | kg/m | kg/m ² | cm ⁴ /m | cm ³ /m |
| AZ 12-770 | 770 | 344 | 8,5 | 8,5 | 120 | 72,6 | 94,3 | 21 430 | 1 245 |
| AZ 13-770 | 770 | 344 | 9,0 | 9,0 | 126 | 76,1 | 98,8 | 22 360 | 1 300 |
| AZ 14-770 | 770 | 345 | 9,5 | 9,5 | 132 | 79,5 | 103,2 | 23 300 | 1 355 |
| AZ 14-770-10/10 | 770 | 345 | 10,0 | 10,0 | 137 | 82,9 | 107,7 | 24 240 | 1 405 |
| AZ 12-700 | 700 | 314 | 8,5 | 8,5 | 123 | 67,7 | 96,7 | 18 880 | 1 205 |
| AZ 13-700 | 700 | 315 | 9,5 | 9,5 | 135 | 74,0 | 105,7 | 20 540 | 1 305 |
| AZ 13-700-10/10 | 700 | 316 | 10,0 | 10,0 | 140 | 77,2 | 110,2 | 21 370 | 1 355 |
| AZ 14-700 | 700 | 316 | 10,5 | 10,5 | 146 | 80,3 | 114,7 | 22 190 | 1 405 |
| AZ 17-700 | 700 | 420 | 8,5 | 8,5 | 133 | 73,1 | 104,4 | 36 230 | 1 730 |
| AZ 18-700 | 700 | 420 | 9,0 | 9,0 | 139 | 76,5 | 109,3 | 37 800 | 1 800 |
| AZ 19-700 | 700 | 421 | 9,5 | 9,5 | 146 | 80,0 | 114,3 | 39 380 | 1 870 |
| AZ 20-700 | 700 | 421 | 10,0 | 10,0 | 152 | 83,5 | 119,3 | 40 960 | 1 945 |
| AZ 24-700 | 700 | 459 | 11,2 | 11,2 | 174 | 95,7 | 136,7 | 55 820 | 2 430 |
| AZ 26-700 | 700 | 460 | 12,2 | 12,2 | 187 | 102,9 | 146,9 | 59 720 | 2 600 |
| AZ 28-700 | 700 | 461 | 13,2 | 13,2 | 200 | 110,0 | 157,2 | 63 620 | 2 760 |
| AZ 24-700N ^{new} | 700 | 459 | 12,5 | 9,0 | 163 | 89,7 | 128,2 | 55 890 | 2435 |
| AZ 26-700N ^{new} | 700 | 460 | 13,5 | 10,0 | 176 | 96,9 | 138,5 | 59 790 | 2600 |
| AZ 28-700N ^{new} | 700 | 461 | 14,5 | 11,0 | 189 | 104,1 | 148,7 | 63 700 | 2765 |
| AZ 36-700N | 700 | 499 | 15,0 | 11,2 | 216 | 118,6 | 169,5 | 89 610 | 3 590 |
| AZ 38-700N | 700 | 500 | 16,0 | 12,2 | 230 | 126,4 | 180,6 | 94 840 | 3 795 |
| AZ 40-700N | 700 | 501 | 17,0 | 13,2 | 244 | 134,2 | 191,7 | 100 080 | 3 995 |
| AZ 42-700N | 700 | 499 | 18,0 | 14,0 | 259 | 142,1 | 203,1 | 104 930 | 4 205 |
| AZ 44-700N | 700 | 500 | 19,0 | 15,0 | 273 | 149,9 | 214,2 | 110 150 | 4 405 |
| AZ 46-700N | 700 | 501 | 20,0 | 16,0 | 287 | 157,7 | 225,3 | 115 370 | 4 605 |

Figur 49, Datablad Z-spunt type AZ ArcelorMittal, Kilde: www.arcelormittal.com



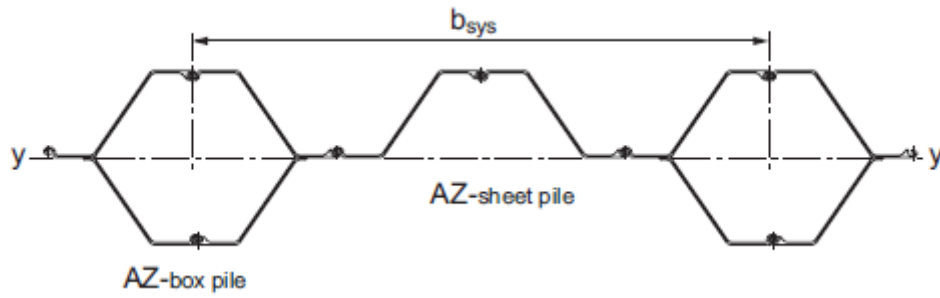
| Sections | Properties per m of wall | | | | Mass of combination with intermediary section AZ 18-700 | | |
|------------|--------------------------|--------------------------------------|---|--|---|---------------------------------------|--|
| | A cm ² /m | I _y cm ⁴ /m | W _{el,y} * cm ³ /m | W _{el,y} ** cm ³ /m | G _{80%} kg/m ² | G _{80%} kg/m ² | G _{100%} kg/m ² |
| HZ 680M LT | 256,3 | 136700 | 4045 | 4585 | 163 | 182 | 201 |
| HZ 880M A | 274,1 | 240500 | 5380 | 6160 | 177 | 196 | 215 |
| HZ 880M B | 290,5 | 259000 | 5820 | 6560 | 190 | 209 | 228 |
| HZ 880M C | 298,0 | 271570 | 6100 | 6850 | 196 | 215 | 234 |
| HZ 1080M A | 315,5 | 443030 | 7745 | 8690 | 209 | 228 | 248 |
| HZ 1080M B | 327,5 | 476790 | 8340 | 9295 | 219 | 238 | 257 |
| HZ 1080M C | 349,0 | 517420 | 9065 | 10010 | 235 | 255 | 274 |
| HZ 1080M D | 366,4 | 557070 | 9735 | 10720 | 249 | 268 | 288 |
| HZ 1180M A | 380,4 | 586870 | 10220 | 11255 | 260 | 279 | 299 |
| HZ 1180M B | 389,3 | 613030 | 10680 | 11705 | 267 | 286 | 306 |
| HZ 1180M C | 406,5 | 651410 | 11275 | 12410 | 280 | 300 | 319 |
| HZ 1180M D | 420,2 | 681600 | 11830 | 12895 | 291 | 310 | 330 |

Figur 50, Sammensatt profil HZ-spunt, ArcelorMittal, Kilde: www.arcelormittal.com

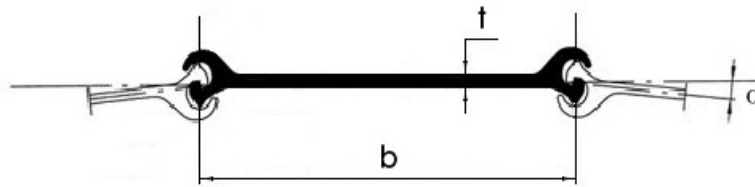


| Section | Dimensions | | | Properties per meter of wall | | | | |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---|--|
| | v ₁ mm | v ₂ mm | v ₃ mm | A cm ² /m | G kg/m ² | I _y cm ⁴ /m | W _{el,y} * cm ³ /m | W _{el,y} ** cm ³ /m |
| HZ 680M LT | 264,9 | 301,5 | 299,2 | 586,4 | 460,3 | 411 590 | 13 650 | 13 755 |
| HZ 880M A | 379,9 | 423,5 | 414,3 | 662,1 | 519,8 | 811 010 | 19 150 | 19 575 |
| HZ 880M B | 384,3 | 423,1 | 416,7 | 727,6 | 571,1 | 882 820 | 20 865 | 21 185 |
| HZ 880M C | 387,1 | 424,3 | 417,5 | 758,1 | 595,1 | 933 600 | 22 000 | 22 360 |
| HZ 1080M A | 500,9 | 546,5 | 535,3 | 835,9 | 656,2 | 1 602 720 | 29 330 | 29 940 |
| HZ 1080M B | 505,6 | 547,8 | 537,1 | 885,1 | 694,8 | 1 740 470 | 31 775 | 32 410 |
| HZ 1080M C | 510,6 | 548,8 | 539,0 | 970,7 | 762,0 | 1 900 270 | 34 625 | 35 255 |
| HZ 1080M D | 515,9 | 551,5 | 540,3 | 1 040,9 | 817,7 | 2 058 680 | 37 330 | 38 100 |
| HZ 1180M A | 520,9 | 554,5 | 541,3 | 1 096,3 | 860,6 | 2 176 560 | 39 250 | 40 210 |
| HZ 1180M B | 524,5 | 554,9 | 543,0 | 1 132,6 | 889,1 | 2 282 550 | 41 140 | 42 040 |
| HZ 1180M C | 522,8 | 560,6 | 542,1 | 1 197,6 | 940,1 | 2 430 450 | 43 355 | 44 835 |
| HZ 1180M D | 527,9 | 559,5 | 545,2 | 1 251,5 | 982,4 | 2 547 690 | 45 530 | 46 735 |

Figur 51, Sammensatt profil HZ-spunt, ArcelorMittal, Kilde: www.arcelormittal.com










Figur 52, Sammensatt profil CAz+Az, ArcelorMittal, Kilde: www.arcelormittal.com



AS™ Category

| Section | Dimensions | | P | A | G _{sp} | G _w | W _{el,y} | I _y | A _L [*] |
|-------------|------------|------|-----|-----------------|-----------------|--------------------|-------------------|-----------------|-----------------------------|
| | b | t | | | | | | | |
| | mm | mm | cm | cm ² | kg/m | kg ² /m | cm ³ | cm ⁴ | m ² /m |
| AS 500-9.5 | 500 | 9,5 | 138 | 81,3 | 63,8 | 128 | 46 | 168 | 0,58 |
| AS 500-11.0 | 500 | 11,0 | 139 | 90,0 | 70,6 | 141 | 49 | 186 | 0,58 |
| AS 500-12.0 | 500 | 12,0 | 139 | 94,6 | 74,3 | 149 | 51 | 196 | 0,58 |
| AS 500-12.5 | 500 | 12,5 | 139 | 97,2 | 76,3 | 153 | 51 | 201 | 0,58 |
| AS 500-12.7 | 500 | 12,7 | 139 | 98,2 | 77,1 | 154 | 51 | 204 | 0,58 |

Figur 53, Spunt for cellespunt, ArcelorMittal, Kilde: www.arcelormittal.com

| Interlock designs | |
|--|---|
| LARSSEN section Interlock design conforming to DIN EN 10248-2 and E 67 of EAU 2004 |  |
| LARSSEN 43, 430 |  |
| HOESCH section (LARSSEN interlock) Interlock design conforming to DIN EN 10248-2 and E 67 of EAU 2004 |  |
| HOESCH section (finger-and-socket interlock) Interlock design conforming to DIN EN 10248-2 and E 67 of EAU 2004 |  |
| PEINE locking bar / PEINE sheet piling Interlock design conforming to DIN EN 10248-2 and E 67 of EAU 2004 |  |
| UNION straight web section Interlock design conforming to DIN EN 10248-2 and E 67 of EAU 2004 |  |
| KL lightweight section Interlock design conforming to DIN EN 10249-2 |  |

Figur 54, Ulike spuntlåser, Kilde: www.tk-steelcom.com

7 VIDERE ARBEIDER

Det er utført betydelige arbeider vedrørende spunt og peler når det gjelder effektiv installering internasjonalt. I det norske markedet har rambarhet vært behandlet noe mindre siden mye av installeringen av peler og spunt utføres i bløt leire til berg. Det har også vært lite fokus på støy og vibrasjoner. Spesielt på støy har det vært relativt enkelt å oppnå dispensasjon fra regelverket, eventuelt med noen begrensninger på driftstid.

Erfaringsgrunnlaget fra vibrasjoner er spredt på flere bedrifter og er bare i begrenset grad systematisert. Det er flere interessante temaer knyttet til installering av peler og spunt som med fordel kunne undersøkes nærmere. For disse temaene anses det som viktig å utføre en litteraturstudie i forkant for å finne internasjonale studier på disse temaene.

Her nevnes følgende muligheter:

- Variasjon i vibrasjoner ut fra installasjonsmetode.
- Variasjon i vibrasjoner som følge av tungt/lett lodd (fallodd og vibrolodd).
- Variasjon i støy i forhold til installasjonsmetode og loddvekt.
- Setninger på omgivelser som følge av installasjonsmetode.
- Drenering av undergrunnen langs installert spunt- eller pel.
- Poretrykksoppbygging for ulike peletyper og dimensjoner, samt virkningen av installasjonsmetoder i denne sammenhengen.
- Utarbeide retningslinjer for valg av loddvekt i forhold til pelevekt