

RR[®]- och RD[®]-pålar

Anvisningar för projektering och installation

Denna projekterings- och installationsmanual bygger på Eurokoder, Boverkets- och Trafikverkets föreskrifter samt Pålkommissionens rapporter med supplement.

Manualen innehåller:

- grunderna för projektering och dimensionering av grundläggningar med SSABs stålpålar
- hanterings- och installationsanvisningar
- rekommendationer för val av påltyp och storlek
- anvisningar för kvalitetsövervakning, mätning och dokumentering av pålningsarbete.

Manualen behandlar samtliga standarddimensioner av SSABs:

- slagna eller tryckta RR- och RRs-pålar
- borrade RD- och RDs-pålar.

De installations-, hanterings- och stoppslagningsanvisningar som ges i denna manual kan användas i anpassad form när objektet har projekterats utifrån tillåtna pållaster.

Manualen kan användas vid enstaka pålar eller pålgrupper men även vid projektering och utförande av stödkonstruktioner av slagna och borrade stålrörspålar i pålväggar och olika kombiväggskonstruktioner. För att underlätta projektering och genomförande innehåller manualen tabeller med färdiga dimensioneringsberäkningar och exempel.

Användningsområden:

- småhus
- affärs-, kontors-, industri- och lagerbyggnader
- flervåningshus
- idrottsarenor
- grundförstärkning
- broar
- påldäck
- konstruktioner för trafikleder och kommunal teknik
- bullerskydd
- hamnar
- vind- och andra kraftverk.



ETA 12/0526

Innehållsförteckning

1 ALLMÄNT	4
2 SSABS STÅLRÖRSPÅLAR	4
2.1 Stålsorter och standarder	4
2.2 Slanka RR- och RRs-pålar	4
2.2.1 Uppbyggnad, stålsorter och identifiering	4
2.2.2 Pålelement, pålrör och skarvar	5
2.2.3 Pålskor	6
2.3 Grova RR-pålar	6
2.3.1 Uppbyggnad, dimensioner och stålsorter	6
2.3.2 Pålskor	7
2.4 RD- och RDs-pålar	9
2.4.1 Uppbyggnad, dimensioner och identifiering	9
2.4.2 Skarvning av RD-pålar och stålsorter	10
2.5 Tryckplatta	11
2.6 Pålarnas dimensioner och geometriska tvärsnittsvärden	11
3 PROJEKTERING OCH DIMENSIONERING AV ENSKILD PÅLE	14
3.1 Normer och tillämpningsdokument	14
3.2 Rekommendationer för val av påltyp och påldimension	14
3.2.1 Laster	14
3.2.2 Installation	15
3.2.3 Toleranser	15
3.2.4 Omgivningspåverkan vid pålning	15
3.2.5 Installationsutrustning vid val av påle	15
3.3 Geoteknisk kategori (GK1, GK2, GK3)	15
3.4 Säkerhetsklass och dimensionerande lasteffekt (E_d)	16
3.5 Dimensionering i brottgränstillstånd (STR/GEO)	16
3.5.1 Dimensionering i bruksgränstillstånd STR	17
3.5.2 Dimensionering i bruksgränstillstånd GEO	19
3.5.3 Installationsskede	20
4 PROJEKTERING AV PÅLGRUPPER	22
4.1 Pålarnas anslutning till överliggande konstruktion	22
4.2 Centrumavstånd för stålplålar	22
4.3 Avstånd mellan pålsulans kant och pålarna	22
4.4 Pålarnas avstånd från andra konstruktioner	22
4.5 Toleranser vid installation	22
4.6 Omgivningspåverkan	23
5 PÅLNINGSARBETE	24
5.1 Lagring, hantering, kontroll och resning av stålplålar	24
5.2 Installation av RR-pålar	24
5.2.1 Pålningsutrustning	24
5.2.2 Inledning av installation	28
5.2.3 Slag och tillåtna stålspänningar	28
5.2.4 Tilläggsanvisningar för installation och skarvning av RR75-RR270-pålar	28
5.2.5 Tilläggsanvisningar för installation av RR320-RR1200-pålar	28
5.2.6 Ytterligare instruktion för bergskor med ihålig dubb	29
5.2.7 Stoppslagning av spetsburen påle med frifallshejare	29
5.2.8 Stoppslagning av spetsburen påle med hydraul- eller tryckluftshammare	29
5.2.9 Provpålning och produktionskontroll	29
5.2.10 Stoppslagning av friktionsplålar	30
5.3 Installation av RD-pålar	30
5.3.1 Pålningsutrustning och borrhålsmetoder	30
5.3.2 Inledning av installation	30
5.3.3 Borrhålsning av RD-pålar	30
5.3.4 Hantering och installation av gängade RDT-pålelement och hylsskarvar	31
5.4 Skarvning av stålrörspålar genom svetsning	32

5.4.1	Svetsplan	32
5.4.2	Kvalitetskraven på svetsar	32
5.4.3	Svetsarens kompetens	34
5.4.4	Produktionskontroll och svetsteknikkontroll.....	34
5.4.5	Svetsprocedurer	34
5.4.6	Tillsatsmaterial för svetsning.....	34
5.4.7	Svetsbetingelser.....	36
5.4.8	Fogar.....	36
5.4.9	Förvärmning	37
5.4.10	Genomförande av svetsning	37
5.4.11	Svetskontroll.....	37
5.5	Kapning av påle.....	37
5.6	Rengöring av pålar	37
5.7	Armering och betongfyllning av pålar.....	37
5.8	Montering av tryckplattor	38

Bilaga A Dimensionerings - tabeller för slagna pålar

Bilaga B Dimensionerings - tabeller för borrade pålar

Bilaga C RR and RD piles, Preheating and cooling of splice welds (in English)

Alla bilagor kan laddas hem från www.ssab.se/infra

1 Allmänt

Denna projekterings- och installationsmanual bygger på Pålkommissionens rapporter med dess supplement samt Eurokoder.

Manualen behandlar:

- grunderna för projektering av SSABs stålplåtar
- hanterings- och installationsanvisningar
- anvisningar för kvalitetsövervakning, mätning och dokumentering av pålningsarbete.

Manualen behandlar samtliga standarddimensioner av SSABs:

- slagna eller tryckta RR- och RRs-plåtar
- injekterade slagna RR-plåtar
- borrade RD- och RDs-plåtar.

Utöver denna manual finns produktbroschyrer för RR-, RRs-, RD- och RDs-plåtar där du kan läsa mer allmänt om stålplåtarnas användningsområden, material, uppbyggnad och dimensioner. Om pålningen har planerats på basis av tillåtna pållaster, kan pålningsanvisningarna för RR-plåtar och RD-plåtar följas.

Manualen kan användas vid enstaka plåtar eller plåtgrupper men även vid projektering och utförande av stödkonstruktioner som SSABs RD-plåtväggar, olika kombiväggskonstruktioner och andra stödväggar.

2 SSABs stålörspålar

SSABs stålplåtar uppfyller angivna krav i Eurokoder, Boverkets- och Trafikverkets krav och föreskrifter samt Pålkommissionens rapporter med supplement. SSABs RR-, RRs-, RD- och RDs-plåtar är CE-märkta pålssystem som omfattas av ETA 12/0526 (European Technical Assessment).

Godkännandet baseras på detaljerade belastningstester, särskilt på skarvarna, kontinuerlig kvalitetskontroll under de olika tillverkningsfaserna samt möjligheten att spåra materialet. An-

vändandet av SSABs CE-märkta stålplåtar vid ett entreprenadprojekt säkerställer en högpresterande och uthållig grundläggning. Testade produkter garanterar en problemfri installation på arbetsplatsen.

2.1 Stålsorter och standarder

Pålarnas stålsorter, kemiska sammansättning och mekaniska egenskaper presenteras i Tabell 2.1. Stålsorternas tillgänglighet per påltyp efter diameter och godstjocklek presenteras i avsnitt 2.2, 2.3 och 2.4.

Tekniska leveransvillkor för plåarna följer standarden SS-EN 10219-1 och ETA 12/0526. Dimensioner och toleranser följer standarden SS-EN 10219-2. SSABs stålplåtar med mekaniska skarvar tillverkas med snävare toleranser än SS-EN 10219-2 enligt ETA 12/0526.

2.2 Slanka RR- och RRs-plåtar

2.2.1 Uppbyggnad, stålsorter och identifiering

Slanka RR- och RRs-plåtars uppbyggnad och ingående delar framgår av Figur 2.1. Standardstålsort i RRs-plåtarna är S550J2H och för RR-plåtarna är det S460MH.

RR- och RRs-plåtarna har mekaniska skarvar och pålskor baserade på friktion upp till pålstorlek RRs270/12,5. Bergskor som är kopplade mekaniskt finns för dimension RR320. RR320 plåtarna är ihopsatta, om nödvändigt med svetsning.

SSABs slanka RR-plåtar identifieras med märkning på sidan. Pål-buntarna levereras med lastsedlar som utöver tillverkare och dimension även anger stålsort.

Tabell 1. Stålsorter för SSABs plåtar.

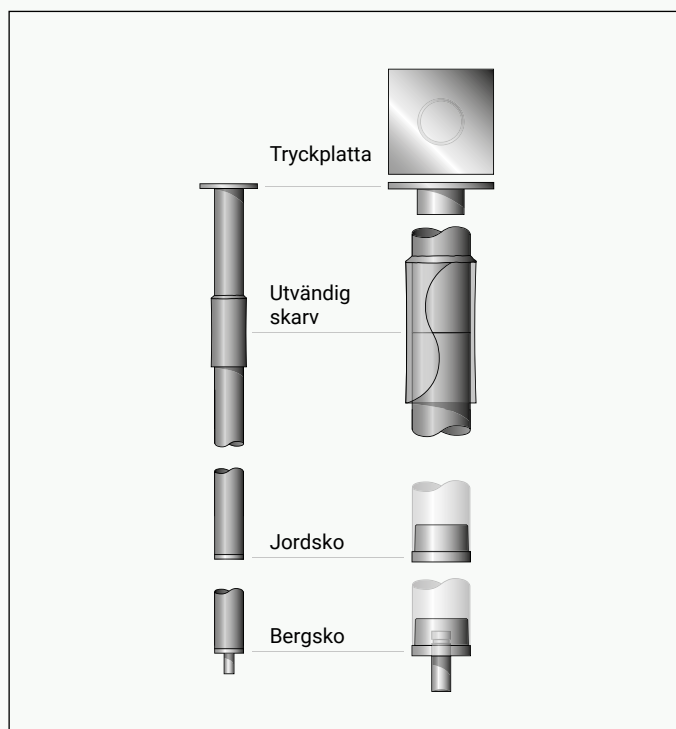
Stålsort	Kal ekvivalent	Kemisk sammansättning, max.				Mekaniska egenskaper				
	CEV max [%]	C [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	f_y min [MPa]	f_u [MPa]	A_5 min [%]	Slagseghet T [°]	KV min [J]
S355J2H	0,45	0,22	1,6	0,03	0,03	355	470-630	20	-20	27
S440J2H	0,45	0,16	1,6	0,02	0,02	440	490-630	17	-20	27
S460MH	0,46	0,16	1,7	0,035	0,03	460	530-720	17	-20	40
S550J2H	0,47	0,12	1,9	0,02	0,02	550	605-760	14	-20	27

2.2.2 Pålelement, pålrör och skarvar

Ett pålelement består av ett pålrör och en utvändig skarv. Tillverkningslängder för RR-pålelement och pålrör utan utvändiga skarvar visas i Tabell 2.2.

Pålstorlekar RR75 - RR270 i stålsort upp till S460MH kan skarvas med utvändiga skarvar. Alla RRs-pådimensioner upp till RRs270 kan också skarvas med utvändiga skarvar.

Skarvarna uppfyller kraven enligt ETA 12/0526. Att skarvarna uppfyller kraven innebär att pålskarvarna inte begränsar pålens lastkapacitet vilket gör att pålarna kan installeras så rakt som möjligt. Kvalitetskriterier för utvändiga skarvar anges i Tabell 2.3.



Figur 2.1. RR- och RRs-pålarnas uppbyggnad, pålstorlekar mellan RR75-RR/RRs270

Tabell 2.2. Tillverkningslängder för RR- och RRs-pålelement och pålrör.

Påltyp	Längd pålelement (inkl. skarv)								Längd pålelement (exkl. skarv)		
	12 m	6 m	4 m	3 m	2 m	1,5 m	1,2 m	1,0 m	6 m	12 m	16 m
RR75	-	X	0	0	0	0	0	0	X	0	-
RR90	-	X	0	0	0	0	0	0	X	0	-
RR115/6,3	0	X	0	0	0	0	0	0	X	0	-
RR115/8	0	X	0	0	0	0	0	0	X	0	-
RR140/8	X	X	0	0	0	0	0	0	0	X	0
RR140/10	X	X	0	0	0	0	0	0	0	X	0
RR170/10	X	X	0	0	0	0	0	0	0	X	0
RR170/12,5	X	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0
RR220/10	X	0	0	0	-	-	-	-	0	X	0
RR220/12,5	X	0	0	0	-	-	-	-	0	X	0
RR245/10	0	0	0	-	-	-	-	-	0	X	0
RR245/12,5	X	0	0	-	-	-	-	-	0	X	0
RR270/10	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0
RR270/12,5	X	0	0	-	-	-	-	-	0	X	0
RRs115/8	0	X	0	0	0	0	0	0	X	0	-
RRs140/8	X	X	0	0	0	0	0	0	0	X	0
RRs140/10	X	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0
RRs170/10	X	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0
RRs170/12,5	X	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0
RRs220/10	X	0	0	0	-	-	-	-	0	X	0
RRs220/12,5	X	0	0	0	-	-	-	-	0	X	0
RRs245/10	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0
RRs245/12,5	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0
RRs270/10	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0
RRs270/12,5	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0

X = lagervara 0 = projektspecifik vara - = ej i produktion

Tabell 2.3. Minimivärden för utvändiga skarvars kapacitet och böjstyvhet.

Påltyp	Dragkapacitet [kN]	Tryckkapacitet	Momentkapacitet	Böjstyvhet $EI_{[0,3-0,8\text{ m}]}$
RR75	95	$N_{c,påle}$	$M_{påle}$	$0,75 \times EI_{påle}$
RR90	113			
RR115/6,3	147			
RR115/8	184			
RRs115/8	220			
RR140/8	228			
RRs140/8	273			
RR140/10	281			
RRs140/10	336			
RR170/10	343			
RRs170/10	410			
RR170/12,5	422			
RRs170/12,5	505			
RR220/10	453			
RRs220/10	542			
RR220/12,5	560			
RRs220/12,5	669			
RR245/10	509			
RRs245/10	608			
RR245/12,5	629			
RRs245/12,5	752			
RR270/10	570			
RRs270/10	682			
RR270/12,5	706			
RRs270/12,5	844			

2.2.3 Pålskor

Typen av pålskor anpassas efter omständigheterna. De slanka RR- och RRs-pålarnas friktionsbaserade bergskor och jordskor uppfyller kraven i ETA 12/0526. Bergskons dubb tillverkas av hårdat specialstål för att ge god inträngning i berget. Bergskor bör alltid användas när pålarna slås in snett eller om bergytan överlagras av ett moränlager med otillräcklig mäktighet. Med bergskor tränger pålarna lättare genom täta och steniga jordlager för att sedan mejslas in i berg. Till tryckta slanka RR-pålar går det att använda specialspetsar genom vilka man efter tryckningen kan göra en efterinjektering som förbättrar spetsens och delvis även mantelns bärförmåga.

I samband med specialbeställning kan pål ändarna på RR270 och RR320 dimensionerna skyddas med hjälp av en bottenplatta eller med en bergsko som sätts fast med hjälp av svetsning. I dessa situationer är spetsarna specialbeställningar och i detta fall levereras pålrören till byggarbetsplatsen med spetsarna påsvetsade.

Eftersom RR270 och RR320 pålar endast har liten vertikal belastning, om pålar användas för till exempel ställningar och

bullerskydd, kan bergsskorna svetsas på med lättviktsskor med projektunik design.

Vid användning av annat än mekaniskt fästa bergskor måste det beaktas att den viktigaste dimensioneringsfaktorn för bergskor är ändspänningar och/eller utmattningstest. Dessutom måste installationsanvisningarna i Sec. 5.2 följas.

2.3 Grova RR-pålar

2.3.1 Uppbyggnad, dimensioner och stålsorter

Grova RR-pålar består av spiralsvetsade stålrör och tillverkas i längder upp till 40 meter. Pålar är oftast beställda i specifika längder. Lagerförda dimensioner visas i Tabell 2.4.

Tabell 2.4. Grova RR-pålar i lager (L=12 m)

Dimensioner diameter x godstjocklek [mm]	Stålsort
406 x 12.5	S440J2H (S355J2H)
508 x 12.5	S440J2H (S355J2H)
610 x 12.5	S355J2H
711 x 12.5	S355J2H
813 x 12.5	S355J2H

De huvudsakliga stålsorter som grova RR-pålar tillverkas av är S355J2H, S440J2H and S550J2H. Mot specialbeställning kan pålar tillverkas och levereras i MH-stålsorter enligt standarden EN 10219.

I första hand rekommenderas RR400, RR500, RR600, RR700, RR800, RR900, RR1000 och RR1200 med en minsta godstjocklek för RR400–RR800 på 10 mm och för RR900–RR1200 12,5 mm.

Utöver standardmått i Tabell 2.5 kan RR-pålarna tillverkas med annan diameter och med måttbeställda godstjocklekar. Godstjocklek kan väljas med 0,1 mm noggrannhet. Genom val av annan godstjocklek, diameter och/eller stålsort kan konstruktionerna optimeras. Avvikelser från standardmått förutsätter dock att projektet är relativt stort. Optimeringen är särskilt värdefull i kombiväggar och RD-pålväggskonstruktioner, men även i objekt med stödpålar.

SSABs grova RR-pålar identifieras med märkning på sidan. Pålarna är vid leveransen försedda med lastsedlar som visar tillverkare, dimension och stålsort.

Tabell 2.5. Standardmått och sortiment av grova RR-pålar.

Påle	Diameter [mm]	Godstjocklek [mm]									
		8	10	12,5	14,2	16	18	20	21	22	23
RR400	406,4										
RR450	457,0										
RR500	508,0										
RR550	559,0										
RR600	610,0										
RR650	660,0										
RR700	711,0										
RR750	762,0										
RR800	813,0										
RR900	914,0										
RR1000	1016,0										
RR1200	1220,0										

Stålsorter S355J2H, S440J2H, S460MH och S550J2H

Stålsorter S355J2H, S440J2H och S460MH

Kontakta SSAB försäljning för tillgänglighet

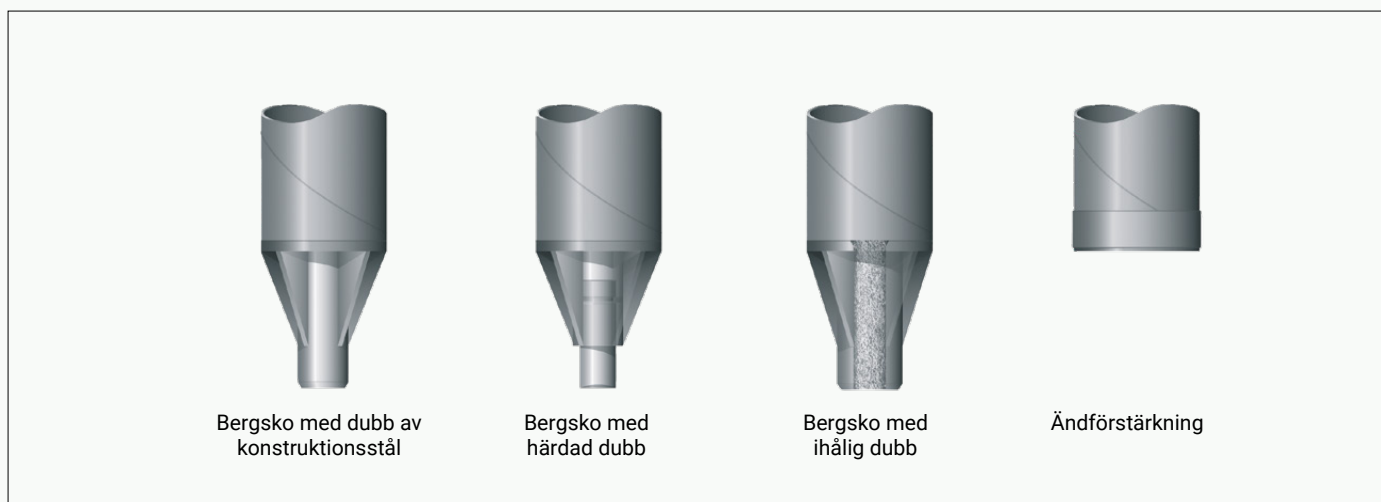
2.3.2 Pålskor

Det finns tre typer av bergskor till grova RR-pålar, se Figur 2.3.

De vanligaste spetstyperna är bergsko med dubb av konstruktionsstål och härdad dubb. SSAB levererar även bergskor med ihålig dubb, där man kan fylla dubben med betong och till exempel borra genom ett dragankare som injekteras fast i berget.



Figur 2.2. Grov RR-påle.



Figur 2.3. Pålskor för grova RR-pålar.

Bergsko med dubb av konstruktionsstål används vid pålning i grovkorniga jordlager eller morän eller när bergytan är relativt jämn och täcks med stödjande täta jordlager. Dubb av konstruktionsstål tål bäddning i bergets yta och i berget.

Bergsko med härdad dubb används när bergytan lutar, saknar täta grovkorniga jord- eller moränlager eller när dessa lager är tunna och man vill att pålspetsen ska nå bergytan. Bergsko med härdad dubb hindrar under de flesta förhållanden att pålspetsen glider i sidled.

Bergsko med ihålig dubb kan användas när man vill säkra att pålen sitter fast i berget genom att borra ett stag genom dubben och injektera fast det i berget. Ett typiskt användningsområde är kombiväggskonstruktioner i hamnpirer där pålarna utsätts för stora horisontallaster. Bergsko med ihålig dubb används också i projekt där pålarna utsätts för draglaster. Genom hålet kan man då installera ett dragankare.

I stenfri eller nästan stenfri jord, där pålspetsen ska få stöd av jordlagren, kan man använda en förstärkt bottenplatta som skydd för pålens nedre ände. Vi rekommenderar ändå att man använder standardiserade dubbar av konstruktionsstål.

Öppna pålar förses ofta med en spetsförstärkning för att skydda pålens nedre ände. Spetsförstärkningen består vanligen av ett 150–500 mm brett stålband som svetsas fast på rörets utsida. Stålbandets tjocklek är i allmänhet 10, 15 eller 20 mm. Både spetsförstärkningar och förstärkta bottenplattor tillverkas enligt kundens önskemål för det specifika objektet.

Bergskorna förvärms inför svetsningen som utförs med svetsrobot. Varje bergsko numreras så att spårbarheten kan säkerställas.

Dimensionerande bärförmåga hos bergsko till grova RR-pålar visas i Tabell 2.6. Den mest kritiska fasen för bergsko är stoppslagning och/eller dynamisk provbelastning. Dessutom måste installationsanvisningarna i avsnitt 5.2 följas vid installationen, i synnerhet om pålspetsen träffar ett stenblock eller en sned bergyta.

I projekteringsskedet måste dock bärförmågan för varje pålstorlek begränsas till respektive påles $R_{d,L}$ -värde.

Kalkyleringsmetoden för bergskorna för SSAB grova RR-pålar har Trafikverket förhandsgodkänt genom TRVAT 2015/552. Med metoden SSAB använder enligt detta förgodkännande uppfyller bergskorna de krav som Trafikverket ställer och därav godkänns de att användas i Trafikverkets projekt. Trafikverkets förhandsgodkännande innehåller också godkända hållfasthetsvärden för standard bergsko med härdad plugg för storlekarna på pålar RR400, RR500, RR600 och RR700.

Tabell 2.6. Dimensionerande värde ($R_{d,L}$) för bergskons strukturella bärförmåga i brottgränstillstånd för centrerad vertikalast i installationsläge (stoppslagning och stötvågmätning).

Påle	Dubb av konstruktionsstål $R_{d,L}$ [kN] ^a	Härdad dubb $R_{d,L}$ [kN]	Ihålig dubb $R_{d,L}$ [kN]
RR400	5033	4982*	
RR450	6057	6032	
RR500	7672	7545*	
RR550	7994	7940	
RR600	9677	9681*	9285
RR650	10084	10062	
RR700	11993	11605*	11370
RR750	12387	12342	
RR800	12653	12610	12188
RR900	14910	14887	14512
RR1000	18751	15691	18371
RR1200	19317	19260	

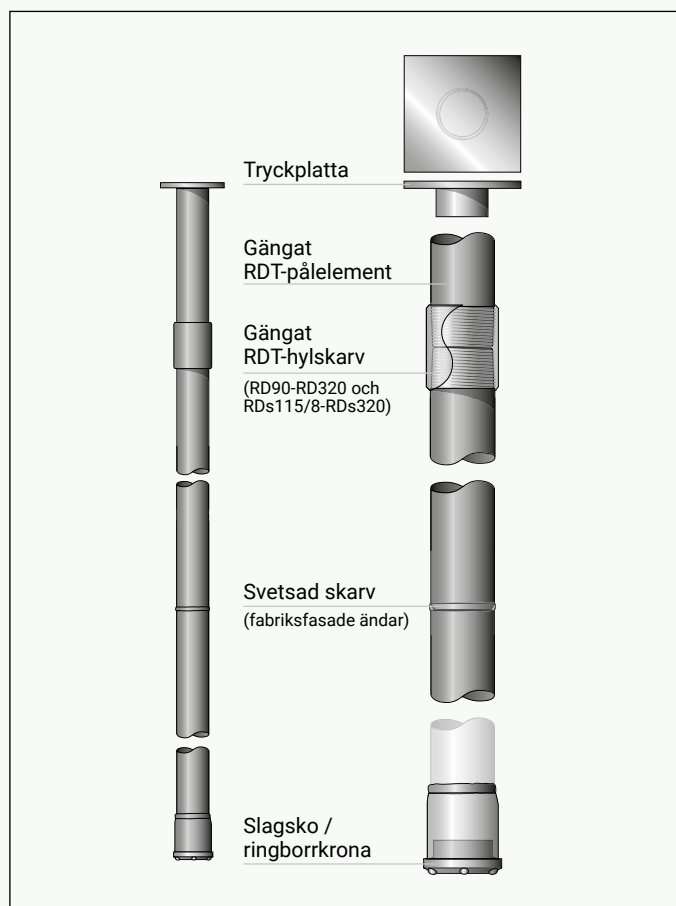
2.4 RD- och RDs-pålar

2.4.1 Uppbyggnad, dimensioner och identifiering

RD-pålens uppbyggnad presenteras i Figur 2.4. Standardstålsort för RD90–RD320 är S460MH. RDs-pålarna är av stålsort S550J2H. För RD400–RD1200 kan alla stålsorter användas som ingår i SSABs stålpåleprodukter. Standardmått och stålsorter för RD/RDs-pålar presenteras i Tabell 2.7. För grova RD-pålar rekommenderas RD400, RD500, RD600, RD700, RD800, RD900, RD1000 och RD1200.

Pålarna levereras antingen som pålrör eller RD-pålelement med gängade ändar. Längder för pålrör och pålelement framgår av Tabell 2.8. Den invändiga längsgående svets sömmen på RD90–RD320 kan tas bort på beställning. Vid användning av de vanligaste pilotborrkronorna är det i allmänhet inte nödvändigt att ta bort innersömmen, men det finns skäl att beakta sömmens påverkan vid val av pilotborrkrona.

SSABs RD-pålar identifieras med märkning på sidan. Pålrören och pålelementen är vid leveransen försedda med lastsedlar som visar tillverkare, dimension och stålsort.



Figur 2.4. Uppbyggnad av slanka RD/RDs-pålar.

Tabell 2.7. Standardmått och stålsorter för RD/RDs-pålar.

Påle	Diameter [mm]	Godstjocklek [mm]										
		6,3	8	10	12,5	14,2	16	18	20	21	22	23
RD90	88,9											
RD/RDs115	114,3											
RD/RDs140	139,7											
RD/RDs170	168,3											
RD/RDs220	219,1											
RD/RDs270	273,0											
RD/RDs320	323,9											
RD400	406,4											
RD450	457,0											
RD500	508,0											
RD550	559,0											
RD600	610,0											
RD650	660,0											
RD700	711,0											
RD750	762,0											
RD800	813,0											
RD900	914,0											
RD1000	1016,0											
RD1200	1220,0											

Stålsort S460MH
 Stålsorter S355J2H, S440J2H och S460MH

Stålsorter S460MH och S550J2H
 Kontakta SSAB försäljning för tillgänglighet

Stålsorter S355J2H, S440J2H, S460MH och S550J2H

Tabell 2.8. Längdsortiment av RD- och RDs-pålrör och RDT- och RDTs-pålelement

Påltyp	Längd av pålrör utan gängar									
	1 m	1,2 m	1,5 m	2 m	3 m	4 m	6 m	12 m	12-16 m	16-34 m
RD90	0	0	0	0	0	0	X	-	-	-
RD115/6,3	0	0	0	0	0	0	X	0	-	-
RD115/8	0	0	0	0	0	0	0	X	0	-
RD140-RD320	0	0	0	0	0	0	0	X	0	-
RD400-RD1200	-	-	-	0	0	0	0	X	0	0*
RDs115/8	0	0	0	0	0	0	0	X	0	-
RDs140-RDs320	0	0	0	0	0	0	0	X	0	-
RDs400-RDs1200	-	-	-	0	0	0	0	X	0	0*

X = lagervara

0 = projektspecifik vara

- = ej i produktion

* = pål storlekarnas specifika maximum längd skall kontrolleras av SSAB sälj

Påltyp	Längd av gängat pålelement							
	1 m	1,2 m	1,5 m	2 m	3 m	4 m	6 m	12 m
RDT90	0	0	0	0	0	0	0	-
RDT115/6,3	0	0	0	0	0	0	0	0
RDT115/8	0	0	0	0	X	0	X	0
RDT140/8	0	0	0	0	0	0	X	0
RDT140/10	0	0	0	0	0	0	X	0
RDT170/10	0	0	0	0	0	0	X	0
RDT170/12,5	0	0	0	0	0	0	X	0
RDT220/10	0	0	0	0	0	0	X	0
RDT220/12,5	0	0	0	0	0	0	X	0
RDT270/10	0	0	0	0	0	0	0	0
RDT270/12,5	0	0	0	0	0	0	0	0
RDT320/10	0	0	0	0	0	0	0	0
RDT320/12,5	0	0	0	0	0	0	0	0
RDTs115/8	0	0	0	0	0	0	0	0
RDTs140/8	0	0	0	0	0	0	X	0
RDTs140/10	0	0	0	0	0	0	0	0
RDTs170/10	0	0	0	0	0	0	X	0
RDTs170/12,5	0	0	0	0	0	0	X	0
RDTs220/10	0	0	0	0	0	0	X	0
RDTs220/12,5	0	0	0	0	0	0	X	0
RDTs270/10	0	0	0	0	0	0	0	0
RDTs270/12,5	0	0	0	0	0	0	0	0
RDTs320/10	0	0	0	0	0	0	0	0
RDTs320/12,5	0	0	0	0	0	0	0	0

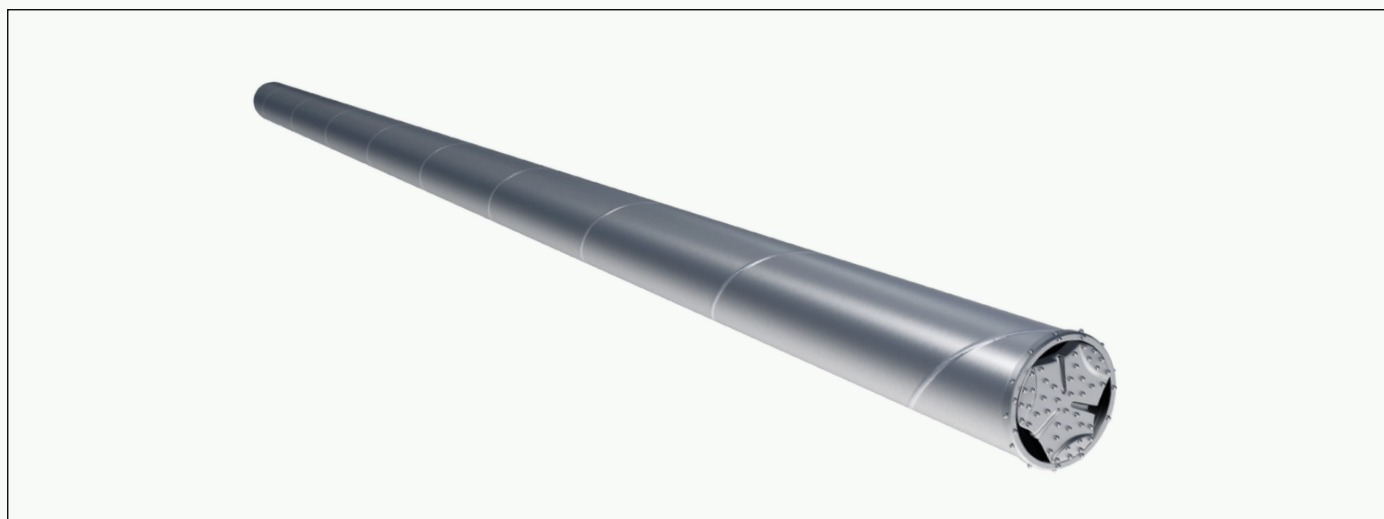
2.4.2 Skarvning av RD-pålar och stålsorter

RD90-RD/RDs320/12,5 kan skarvas med utvändiga RDT-skravhylsor, se Figur 2.4 och Figur 2.6. Vid användning av sänkborrhämmare är pålrörets och hylsans gängor vänstergängade och vid användning av toppborrhämmare högergängade. Anvisningar om hantering och montering av skarvar samt mått på gängade skravhylsor och rekommenderade typer och dimensioner av ringborrkronor finns i avsnitt 5.3.4.

Skarvens draghållfasthet är garanterat 50 % av pålens tryckhållfasthet om skarven hanteras och monteras enligt föreliggande anvisningar. För vissa dimensioner är draghållfastheten lika stor som pålens tryckhållfasthet. Alla RD-pålar kan även skarvas genom svetsning.



Figur 2.6. RDT-skravhylsa.



Figur 2.5. Grov RD-påle.

Tabell 2.9. Hållfasthet i mekaniska gängad RDT-skarvar.

Påltyp	Dragkapacitet [kN]	Påltyp	Dragkapacitet [kN]	Tryckkapacitet	Momentkapacitet	Böjstyvhets $EI_{(0,3-0,8 M)}$
RDT90 *	380			$N_{påle}$	$M_{påle}$	$0,75 \times EI_{påle}$
RDT115/6,3 *	490					
RDT115/8	620	RDTs115/8	750			
RDT140/8	770	RDTs140/8	910			
RDT140/10	940	RDTs140/10	1120			
RDT170/10	1150	RDTs170/10	1370			
RDT170/12,5	1410	RDTs170/12,5	1680			
RDT220/10	1520	RDTs220/10	1810			
RDT220/12,5	1870	RDTs220/12,5	2230			
RDT270/10	1900	RDTs270/10	2270			
RDT270/12,5	2350	RDTs270/12,5	2810			
RDT320/10	2270	RDTs320/10	2720			
RDT320/12,5	2820	RDTs320/12,5	3370			

*) Med dessa pålstorlekar motsvarar böjmotståndet för gängad RDT-skarv det elastiska böjmotståndet M_{el} för pålröret

2.5 Tryckplatta

I övre änden av slanka RR/RRs- och RD/RDs-pålar monteras oftast en tryckplatta med vars hjälp belastningen från överliggande konstruktioner överförs till pålen. Tryckplattan centreras på pålen med ett styrrör som har till uppgift att hålla tryckplattan på plats under byggnadsfasen. Tryckplattan är inte designad för att kunna klara eventuella horisontalkrafter. Tryckplattor tillverkas av stålsort S355J2 som standard. Standardmått visas i Tabell 2.12 och i samma tabell visas även riktvärdet, R_d , för tryckplattans dimensionerande bärförmåga. Bärförmågan bör kontrolleras med avseende på tryckhållfasthet och skjuvhållfasthet, både för tryckplattan och för betongen ovanpå, när lastens dimensioneringsvärde är cirka 90–100 % av tryckplattans dimensioneringsvärde och när hållfasthetsklasser C30/37–C35/45 för betong används.

Tryckplattor kan även tillverkas med andra objektanpassade mått och former än standard, t.ex. hålförsedda för att möjliggöra dragförankring.

2.6 Pålarnas dimensioner och geometriska tvärsnittsvärden

Mått och geometriska tvärsnittsvärden för längdsvetsade slanka RR- och RD-pålar visas i Tabell 2.13 och motsvarande mått och värden för grova spiralsvetsade RR- och RD-pålar visas i Tabell 2.14.

Tabell 2.10. Tryckplattornas mått samt vägledande dimensionerande hållfasthet.

Påltyp	Dimensioner för tryckplattor [mm x mm x mm]	Föreslagen dimensionerande bärförmåga R_e [kN]
RR75	150 x 150 x 15	380
RR/RD 90	150 x 150 x 15	450
RR/RD 115/6,3	200 x 200 x 20	780
RR/RRs/RD/RDs 115/8	200 x 200 x 20	780
	250 x 250 x 25	910
RR/RRs/RD/RDs 140/8 och RR/RRs/RD/RDs 140/10	250 x 250 x 25	1240
RR/RRs/RD/RDs 170/10 och RR/RD/RDs 170/12,5	300 x 300 x 30	1810
RR/RRs/RD/RDs 220/10	300 x 300 x 30	2090
RR/RD 220/12,5	300 x 300 x 30	2090
RRs/RDs 220/12,5	350 x 350 x 35*	2700
RR/RRs 245/10 och RR245/12,5	300 x 300 x 30	2400
RRs245/12,5	350 x 350 x 35*	2700
RR/RD 270/10 och RR/RD 270/12,5	350 x 350 x 35*	2700
RR/RD 320/10 och RR/RD 320/12,5	400 x 400 x 30	3480
RR/RDs 270/10 S550J2H	400 x 400 x 30	2950
RR/RDs 270/12,5 S550J2H	450 x 450 x 40	3750
RR/RDs 320/10 S550J2H	450 x 450 x 40	4050
RR/RDs 320/12,5 S550J2H	500 x 500 x 40	4520

*) Produkt finns ej i lager

Tabell 2.11. Mått och geometriska tvärsnittsvärden för RR®- och RD®-mikropålar.

A = Tvärsnittsarea A _u = Mantelarea A _b = Area pålände						W _{el} = Elastiskt böjmomentstånd I = Yttroghetsmoment Z = Pålens impedans				Tvärsnittsegenskaper inkl. rostmån med 1,2 mm och 2,0 mm.					
D [mm]	t [mm]	M [kg/m]	A [mm ²]	A _u [m ² /m]	A _b [mm ²]	W _{el} [cm ³]	I [cm ⁴]	EI [kNm ²]	Z [kNs/m]	A _{1,2} [mm ²]	A _{2,0} [mm ²]	I _{1,2} [cm ⁴]	I _{2,0} [cm ⁴]	EI _{1,2} [kNm ²]	EI _{2,0} [kNm ²]
76,1	6,3	10,8	1381	0,24	4548	22,3	84,8	178	56,1	1099	916	65,0	52,8	137	111
88,9	6,3	12,8	1635	0,28	6207	31,5	140,2	294	66,4	1304	1089	108,4	88,7	228	186
114,3	6,3	16,8	2138	0,36	10261	54,7	312,7	657	86,8	1711	1432	244,5	201,4	514	423
114,3	8,0	21,0	2672	0,36	10261	66,4	379,5	797	108,5	2245	1966	311,3	268,2	654	563
139,7	8,0	26,0	3310	0,44	15328	103,1	720,3	1513	134,4	2788	2445	595,1	515,2	1250	1082
139,7	10,0	32,0	4075	0,44	15328	123,4	861,9	1810	165,4	3553	3209	736,7	656,8	1547	1379
168,3	10,0	39,0	4973	0,53	22246	185,9	1564,0	3284	201,9	4343	3928	1344,1	1202,7	2823	2526
168,3	12,5	48,0	6118	0,53	22246	222,0	1868,4	3924	248,4	5488	5073	1648,5	1507,1	3462	3165
219,1	10,0	51,6	6569	0,69	37703	328,5	3598,4	7557	266,7	5748	5205	3110,9	2794,7	6533	5869
219,1	12,5	63,7	8113	0,69	37703	396,6	4344,6	9124	329,4	7292	6749	3857,0	3540,9	8100	7436
244,7	10,0	57,9	7373	0,77	47028	415,7	5086,1	10681	299,4	6455	5848	4405,7	3963,3	9252	8323
244,7	12,5	71,6	9118	0,77	47028	503,7	6163,3	12943	370,2	8200	7594	5482,9	5040,4	11514	10585
273,0	10,0	64,9	8262	0,86	58535	524,1	7154,1	15024	335,5	7238	6560	6207,9	5590,9	13037	11741
273,0	12,5	80,3	10230	0,86	58535	637,2	8697,4	18265	415,3	9205	8527	7751,2	7134,2	16278	14982
323,9	10,0	77,4	9861	1,02	82397	750,7	12158,3	25533	400,4	8645	7839	10574,7	9538,5	22207	20031
323,9	12,5	96,0	12229	1,02	82397	916,7	14846,5	31178	496,5	11012	10206	13262,9	12226,7	27852	25676

Tabell 2.12. Mått och geometriska tvärsnittsvärden för grova RR®- och RD®-pålar.

A = Tvärsnittsarea A _u = Mantelarea A _b = Area pålände						Z = Pålens impedans I = Yttröghetsmoment W _{el} = Elastiskt böjmomentstånd			Tvärsnittsegenskaper inkl. rostmän med 1,2 mm och 2,0 mm						
D	t	M	A	A _u	A _b	W _{el}	I	EI	Z	A _{1,2}	A _{2,0}	I _{1,2}	I _{2,0}	EI _{1,2}	EI _{2,0}
[mm]	[mm]	[kg/m]	[mm²]	[m²/m]	[mm²]	[cm³]	[cm⁴]	[kNm²]	[kNs/m]	[mm²]	[mm²]	[cm⁴]	[cm⁴]	[kNm²]	[kNm²]
406,4	8,0	78,6	10013	1,28	129717	978,0	19873,9	41735	406,5	8485	7472	16738,8	14679,5	35151	30827
406,4	10,0	97,8	12453	1,28	129717	1204,5	24475,8	51399	505,6	10926	9912	21340,7	19281,4	44815	40491
406,4	12,5	121,4	15468	1,28	129717	1477,9	30030,7	63064	628,0	13941	12927	26895,6	24836,3	56481	52156
457,0	8,0	88,6	11285	1,44	164030	1244,9	28446,4	59737	458,2	9566	8426	23984,0	21048,1	50366	44201
457,0	10,0	110,2	14043	1,44	164030	1535,7	35091,3	73692	570,2	12325	11184	30628,9	27693,0	64321	58155
457,0	12,5	137,0	17455	1,44	164030	1888,2	43144,8	90604	708,7	15737	14597	38682,4	35746,5	81233	75068
508,0	8,0	98,6	12566	1,60	202683	1546,5	39280,0	82488	510,2	10656	9387	33145,8	29104,6	69606	61120
508,0	10,0	122,8	15645	1,60	202683	1910,2	48520,2	101893	635,2	13735	12466	42386,1	38344,9	89011	80524
508,0	12,5	152,7	19458	1,60	202683	2352,6	59755,4	125486	790,0	17548	16279	53621,3	49580,1	112605	104118
508,0	14,2	172,9	22029	1,60	202683	2645,6	67198,6	141117	894,4	20118	18849	61064,5	57023,3	128235	119749
508,0	16,0	194,1	24731	1,60	202683	2949,2	74909,0	157309	1004,1	22820	21551	68774,9	64733,7	144427	135941
559,0	8,0	108,7	13848	1,76	245422	1880,7	52564,9	110386	562,3	11745	10348	44386,4	38992,4	93211	81884
559,0	10,0	135,4	17247	1,76	245422	2325,6	65001,1	136502	700,3	15144	13748	56822,5	51428,6	119327	108000
559,0	12,5	168,5	21461	1,76	245422	2868,0	80161,8	168340	871,4	19358	17961	71983,2	66589,3	151165	139837
559,0	14,2	190,8	24304	1,76	245422	3228,3	90230,7	189485	986,8	22201	20804	82052,1	76658,2	172309	160982
559,0	16,0	214,3	27294	1,76	245422	3602,3	100683,0	211434	1108,2	25191	23794	92504,4	87110,5	194259	182932
610,0	8,0	118,8	15130	1,92	292247	2247,6	68551,4	143958	614,3	12835	11310	57918,1	50898,9	121628	106888
610,0	10,0	148,0	18850	1,92	292247	2781,9	84846,6	178178	765,3	16554	15029	74213,3	67194,1	155848	141108
610,0	12,5	184,2	23464	1,92	292247	3434,6	104754,7	219985	952,7	21169	19644	94121,5	87102,3	197655	182915
610,0	14,2	208,6	26579	1,92	292247	3869,0	118003,9	247808	1079,2	24284	22759	107370,6	100351,4	225478	210738
610,0	16,0	234,4	29858	1,92	292247	4320,7	131781,4	276741	1212,3	27563	26038	121148,2	114129,0	254411	239671
610,0	18,0	262,8	33477	1,92	292247	4812,8	146790,8	308261	1359,2	31182	29657	136157,5	129138,3	285931	271190
660,0	8,0	128,6	16387	2,07	342119	2639,0	87087,9	182885	665,3	13903	12252	73613,7	64712,5	154589	135896
660,0	10,0	160,3	20420	2,07	342119	3268,8	107870,5	226528	829,1	17937	16286	94396,3	85495,1	198232	179540
660,0	12,5	199,6	25427	2,07	342119	4039,6	133306,4	279943	1032,4	22944	21293	119832,2	110931,0	251648	232955
660,0	14,2	226,2	28810	2,07	342119	4553,4	150263,1	315552	1169,7	26326	24675	136788,9	127887,6	287257	268564
660,0	16,0	254,1	32371	2,07	342119	5088,5	167921,2	352634	1314,3	29887	28237	154447,0	145545,7	324339	305646
660,0	18,0	285,0	36304	2,07	342119	5672,4	187188,3	393095	1474,0	33821	32170	173714,1	164812,9	364800	346107
711,0	8,0	138,7	17668	2,23	397035	3070,7	109162,2	229241	717,4	14992	13214	92310,2	81170,3	193851	170458
711,0	10,0	172,9	22023	2,23	397035	3805,9	135301,4	284133	894,2	19347	17568	118449,4	107309,5	248744	225350
711,0	12,5	215,3	27430	2,23	397035	4707,3	167343,2	351421	1113,7	24754	22975	150491,3	139351,4	316032	292638
711,0	14,2	244,0	31085	2,23	397035	5309,0	188735,2	396344	1262,1	28409	26630	171883,3	160743,4	360955	337561
711,0	16,0	274,2	34935	2,23	397035	5936,4	211039,8	443184	1418,4	32259	30480	194187,9	183047,9	407794	384401
711,0	18,0	307,6	39188	2,23	397035	6621,9	235410,0	494361	1591,1	36512	34733	218558,1	207418,2	458972	435578
711,0	20,0	340,8	43417	2,23	397035	7295,4	259350,9	544637	1762,8	40741	38962	242498,9	231359,0	509248	485854
762,0	8,0	148,8	18950	2,39	456037	3535,0	134683,0	282834	769,4	16082	14175	113931,3	100205,7	239256	210432
762,0	10,0	185,5	23625	2,39	456037	4383,9	167028,4	350760	959,2	20757	18850	146276,7	132551,0	307181	278357
762,0	12,5	231,0	29433	2,39	456037	5426,0	206731,0	434135	1195,0	26565	24658	185979,3	172253,7	390557	361733
762,0	14,2	261,9	33360	2,39	456037	6122,6	233271,2	489870	1354,5	30492	28585	212519,5	198793,9	446291	417467
762,0	16,0	294,4	37498	2,39	456037	6849,7	260973,3	548044	1522,5	34630	32723	240221,6	226496,0	504465	475642
762,0	18,0	330,3	42072	2,39	456037	7645,1	291276,4	611680	1708,2	39204	37297	270524,7	256799,1	568102	539278
762,0	20,0	366,0	46621	2,39	456037	8427,4	321082,8	674274	1892,9	43753	41846	300331,1	286605,4	630695	601871
813,0	8,0	158,8	20232	2,55	519124	4032,0	163900,5	344191	821,4	17171	15136	138689,6	122006,2	291248	256213
813,0	10,0	198,0	25227	2,55	519124	5002,8	203363,9	427064	1024,3	22167	20131	178153,0	161469,6	374121	339086
813,0	12,5	246,8	31436	2,55	519124	6195,8	251860,3	528907	1276,3	28375	26340	226649,4	209966,0	475964	440929
813,0	14,2	279,7	35635	2,55	519124	6994,2	284314,9	597061	1446,8	32575	30539	259103,9	242420,6	544118	509083
813,0	16,0	314,5	40062	2,55	519124	7828,3	318221,7	668266	1626,6	37001	34966	293010,8	276327,4	615323	580288
813,0	18,0	352,9	44956	2,55	519124	8741,7	355350,0	746235	1825,3	41896	39861	330139,1	313455,7	693292	658257
813,0	20,0	391,1	49826	2,55	519124	9641,1	391909,3	823010	2023,0	46765	44730	366698,4	350015,0	770067	735032
813,0	23,0	448,1	57083	2,55	519124	10964,2	445694,2	935958	2317,7	54022	51987	420483,2	403799,9	883015	847980
914,0	10,0	222,9	28400	2,87	656118	6349,0	290147,2	609309	1153,1	24959	22670	254307,1	230570,4	534045	484198
914,0	12,5	277,9	35402	2,87	656118	7871,1	359708,4	755388	1437,4	31961	29672	323868,3	300131,7	680124	630277
914,0	14,2	315,1	40141	2,87	656118	8891,6	406344,5	853323	1629,8	36699	34410	370504,4	346767,8	778059	728212
914,0															

3 Projektering och dimensionering av enskild påle

Följande flödesschema kan med fördel användas vid projektering av pålgrundläggningar. Ett mer detaljerat förfarande beskrivs i IEG Rapport 2:2008, Rev. 2 Tillämpningsdokument – Grunder samt IEG Rapport 8:2008, Rev. 2 Tillämpningsdokument – Pålår.



3.1 Normer och tillämpningsdokument

Vid projektering av pålgrundläggningar används i normala fall följande standarder:

- SS-EN 1990 Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk
- SS-EN 1991 Laster på bärverk
- SS-EN 1992 Dimensionering av betongkonstruktioner
- SS-EN 1993 Dimensionering av stålkonstruktioner
- SS-EN 1994 Dimensionering av samverkanskonstruktioner i stål och betong
- SS-EN 1997 Dimensionering av geokonstruktioner

Ovanstående standarder hänvisar till nationella bilagor som även måste tas i beaktande beroende på grundläggningens funktionsområde:

- Boverkets författningssamling: BFS 2019:1
- Trafikverkets författningssamling: VVFS 2009:19

Som hjälp att tolka och praktisera ovanstående standarder rekommenderas följande tillämpningsdokument:

- IEG Rapport 2:2008, Rev. 2 Tillämpningsdokument – Grunder
- IEG Rapport 8:2008, Rev. 2 Tillämpningsdokument – Pålår
- IEG Rapport 2:2009, Rev. 1 Tillämpningsdokument – Stödkonstruktioner

Även Pålkommisionens rapporter är i många fall nödvändiga att tillämpa, nedan anges endast ett urval:

- Pålkommisionens rapport 84a + supplement
- Pålkommisionens rapport 96:1, Dimensioneringsprinciper för

pålår + supplement

- Pålkommisionens rapport 98, Dimensioneringsanvisningar för slagna slanka stålplår
- Pålkommisionens rapport 104, Borrade stålörspålår
- Pålkommisionen Rapport 106, Verifiering av geoteknisk bärförmåga för pålår enligt Eurokod
- Pålkommisionen Rapport 108, Samverkanspålår av stål & betong

Vid infrastrukturprojekt där Trafikverkets dokument åberopas är följande kravdokument vanligt förekommande:

- TK Geo 13 – Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner
- TDOK 2016:0204 version 3.0 - Trafikverkets Krav Brobyggande

3.2 Rekommendationer för val av påltyp och påldimension

Användningsområden och fördelar med olika typer av SSABs stålplår redovisas i broschyrerna SSAB RR®- och RRs®-pålår, SSAB RD®- och RDs®-pålår samt RD®-pålågg.

Valet av lämplig påltyp påverkas i första hand av rådande geotekniska förutsättningar, men även egenskaper hos överliggande konstruktioner och konstruktioner i omgivningen har stor betydelse. Nedan presenteras anvisningar och rekommendationer för val av påltyp och dimension.

3.2.1 Laster

Utifrån de laster som pålår utsätts för kan SSABs stålplår delas in på följande sätt vad gäller pålstorlek och användningsområde:

Tabell 3.1. Påldimensioner och vanliga tillämpningsområden

RR75–RR/RD140/8	1 och 2 familjshus och andra byggnader utsatta för relativt små laster
RR/RD140/8–RR/RD270	Flervåningshus med cirka 3 till 8 våningar
RR/RD220–RR/RD500	Tunga flervåningshus (>5 våningar) eller industribyggnad
RR/RD220–RR/RD400	Pålår till bullerskydd med enstaka pålår
RR/RD500–RR/RD1200	Bro- och hamnkonstruktioner samt byggnader som är högre än 10 till 15 våningar

Vid val av pålstorlek mellan RR- och RD-pålår bör man observera att i oskadat berg är RD-pålårens dimensionerande bärförmåga normalt större än för RR-pålår av motsvarande storlek. Det är alltid möjligt att optimera grundkonstruktionerna genom att laborera med olika stålsorter och flera olika pålstorlekar (typiskt två eller tre) inom objektet.

3.2.2 Installation

RD-pålar kan installeras i alla markförhållanden. I extremt utmanande förhållanden, till exempel mäktiga lager av fyllningsmassor med stora block, kan risken för utböjning för slankare RD-pålar (pålstorlekar cirka RD90-RD140) vara något större än för grova RD-pålar. Om bergytan är väldigt sned eller om bergytan ligger nära markytan (<3–5 m) och/eller om det saknas stödjande friktionsjordlager på bergytan, är RD-pålen en mycket pålitlig lösning.

Slagna pålar är normalt den mest ekonomiska pålgrundläggningsmetoden. Den lämpar sig dock bäst när jorden är fri från sten och block. När mängden och storleken på sten och block ökar eller när jordens fasthet ökar så ökar även risken för toleransavvikelser. Av samma anledning ökar risken att pålarna kröks eller inte når ända fram till bärande jordlager. Slagna RR- och RRs-pålars penetrationsförmåga ökar vid användning av bergskor. För småhusobjekt i stenig och mäktig moränjord rekommenderas minst pålstorlek RR115/6,3.

3.2.3 Toleranser

Horisontella och vertikala toleranser samt lutningstoleranser uppnås enklast med borrarde RD-pålar. Exempel på då snäva toleranser krävs är byggnationer där överkonstruktionen för nedlasterna genom pelare. Snäva toleranser kan också krävas vid grundförstärkningar och industribyggnation.

3.2.4 Omgivningspåverkan vid pålning

Omgivningspåverkan och frågor kring val av påle behandlas i kapitel 4.

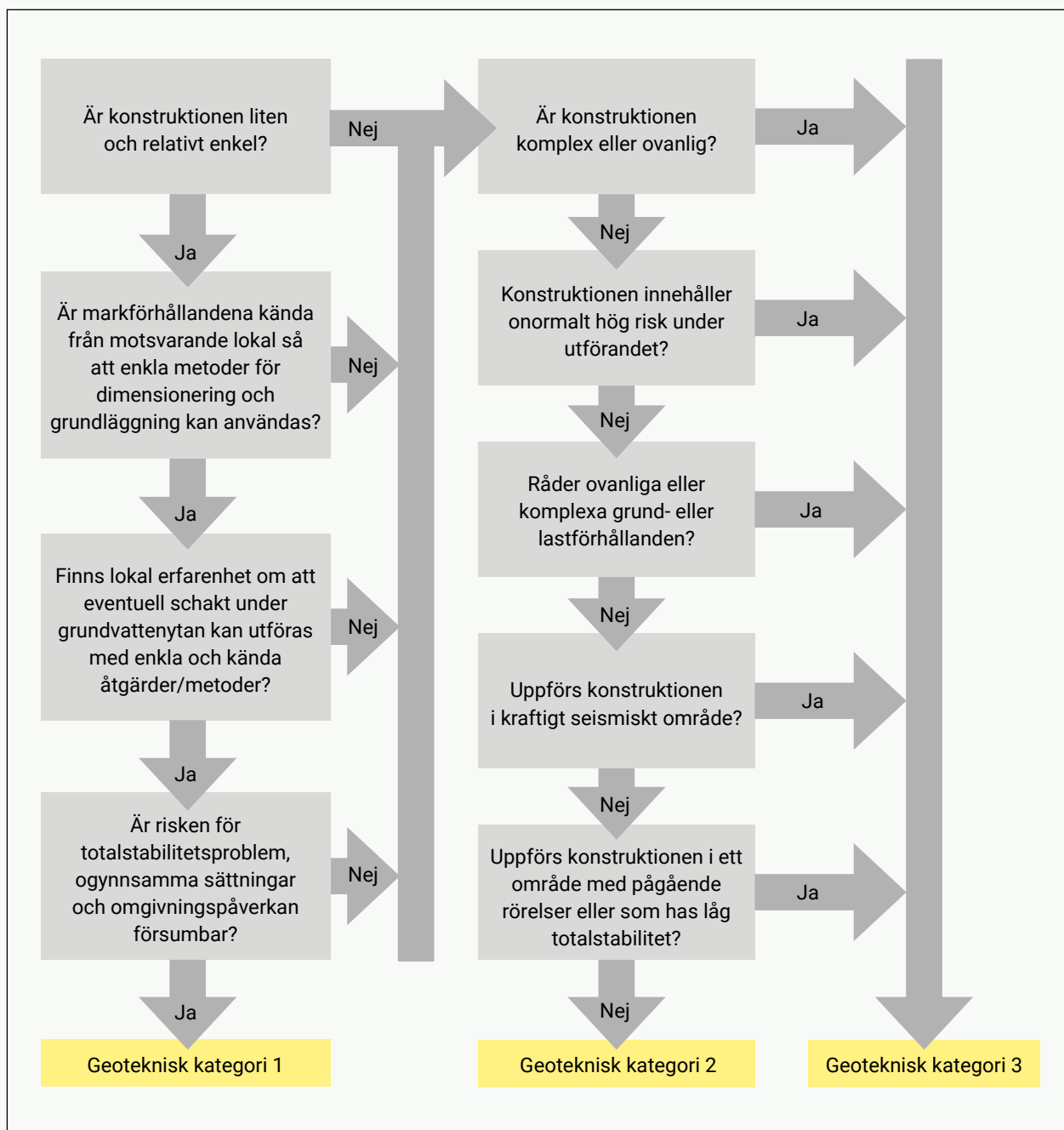
3.2.5 Installationsutrustning vid val av påle

Med lätta maskiner (<20–25 t) kan RR/RRs-pålar installeras upp till ungefär pålstorlek RR170 och RD/RDs-pålar upp till ungefär RD320. Med lätta maskiner kan man i synnerhet på mycket mjuk mark använda ett betydligt tunnare bärlager än med tung pålningsutrustning (>40–60 t).

Lätt installationsutrustning ger också mindre omgivningspåverkan (särskilt vibrationer) vid pålningen.

3.3 Geoteknisk kategori (GK1, GK2, GK3)

Genom val av geoteknisk kategori skapas överblick och insikt i det aktuella projektet. Valet styr omfattning av undersökning, dimensionering, kontroll, uppföljning etc. Figur 3.1 illustrerar ett allmänt beslutsschema med kriterier för val av geoteknisk kategori. Figuren är identisk med Figur 5.2 i Tillämpningsdokument – Grunder. Kompletterande information finns i Tillämpningsdokument – Pålar. I denna manual förutsätts GK2.



Figur 3.1. Allmänt beslutsschema för val av geoteknisk kategori direkt hämtat från IEG Rapport 2:2008, Rev. 2 Tillämpningsdokument – Grunder.

3.4 Säkerhetsklass och dimensionerande lasteffekt (E_d)

Partialkoefficient för säkerhetsklass appliceras på lasterna enligt SS-EN 1991. Både strukturella laster och geotekniska laster som exempelvis påhängslaster från omgivande jord måste beaktas. Hur dessa dimensioneras beskrivs närmare i Tillämpningsdokument – Pålar.

3.5 Dimensionering i brottgränstillstånd (STR/GEO)

Dimensionering av geokonstruktioner kan baseras på fyra metoder:

1. Beräkning
2. Hävdvunna åtgärder
3. Provb belastning
4. Observationsmetod

För pålar i GK2 verifieras normalt bärförmågan enligt metod 1, 2 och 3 i kombination.

Enligt SS-EN 1997-1, med tillhörande nationella bilagor, ska pålar dimensioneras enligt dimensioneringssätt 3 (DA3) för struk-

turell bärförmåga (STR) samt dimensioneringssätt 2 (DA2) för geoteknisk bärförmåga (GEO). Brottgräns STR anger alltså bärförmågan i pålen och brottgräns GEO anger bärförmågan i marken. Strukturell bärförmåga beräknas enligt Pålkommissionens rapport 96:1 + supplement och värden kan erhållas med hjälp av Bilaga A eller B eller SSABs dimensioneringsprogram PileCalc. Då den invändiga korrosionen är noll förutsätts pålarna vara betongfyllda. Värden anges då för samverkan stål-betong beräknade enligt Pålkommissionen rapport 108.

I SSABs beräkningsprogram inkluderas endast en böjstyvhetsökning då pålarna betongfylls vilket medför att dessa värden är något lägre än de som anges i Bilaga A och B.

3.5.1 Dimensionering i bruksgränstillstånd STR

Lastkapacitetsberäkningar har gjorts för dimensioner mellan RR75 – RR320 samt RD90 – RD320. Dimensionerande lastkapacitet beräknas enligt Pålkommissionen rapport 84a + supplement, Pålkommissionen rapport 96:1 + supplement samt Pålkommissionen rapport 108. Olika dimensioneringsvärden för tvärsnittstorheterna redovisas i Tabell 2.11. Beräkningarna gäller RR- och RD-pålar med respektive utan betongfyllning. Resultatet av beräkningarna redovisas i Bilaga A och B.

Geokonstruktionens dimensionerande värde

Som tidigare nämnts beräknas pålmaterialets strukturella bärförmåga för statisk last enligt Pålkommissionens rapport 96:1 + supplement. Dimensionerande värde för den omgivande jorden kan beräknas enligt Tillämpningsdokument – Pålar som:

$$X_d = \frac{1}{\gamma_M} * \underbrace{\eta * \bar{X}}_{\text{Ekv 3.1}}$$

Definierat som karakteristiskt värde enligt SS-EN 1997-1.

γ_M = fast partialkoefficient, för lera $\gamma_M = 1,5$, se VVFS 2009:19 eller BFS 2019:1.

η = omräkningsfaktor som tar hänsyn till osäkerheter relaterade till jordens egenskaper och aktuell geokonstruktion, se Tillämpningsdokument – Pålar

$\bar{X}$ = värderat medelvärde baserat på härledda värden, måste korrigeras med avseende på konflytgränsen.

Rakhet hos pålar

RR-pålarna tillverkas med ett krav på rakhet $\delta < L/800$. Beroende på hur man senare driver ner och stoppslår pålarna kommer dessa att få en krokighet $\delta = Lk/xxx$. Pålarnas krokighet efter installation beror förutom på geotekniska förhållanden som sten/block eller fasta lager som kan styra iväg pålarna även på hur pålarna drivs ned och stoppslås. Med försiktig slagning fås raka pålar. Slår man däremot med för höga fallhöjder styr pålarna lättare iväg och blir krokiga. RR-pålarna kan drivas ned och stoppslås med tunga fallhejare alternativt med lätta snabbslående hydraul- eller tryckluftshammare. Vid slagning med tunga fallhejare ökar riskerna för krokiga pålar jämfört med om pålarna drivs ned och stoppslås med lätta trycklufts- eller hydraulhammare. Förväntad rakhet hos en RR-påle slagen i lös till medelfast lera är en pilhöjd $\delta < L_k/400$. I friktionsjordar förväntas pålen få en rakhet bättre än $\delta < L_k/300$. Pålens rakhet kan bestämmas med inklinometer och uppskattas med ficklampa. Schablonvärden enligt Pålkommissionen rapport 96:1 anges i Tabell 3.2.

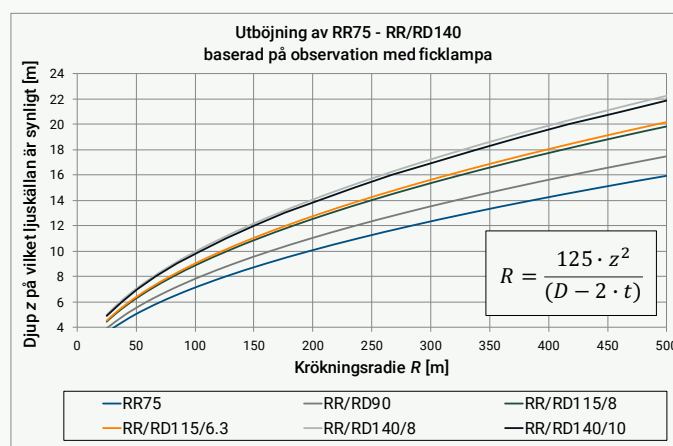
Tabell 3.2. Schablon för bestämning av dimensionerande rakhet hos slagna RR-pålar enligt Pålkommissionen rapport 96:1.

Åtgärd	Påle utan skarv	Påle med skarv
Ingen kontroll	$L_k/300$	$L_k/200$
Godkänd kontroll	Mätvärde dock bäst $L_k/600$	Mätvärde dock bäst $L_k/400$

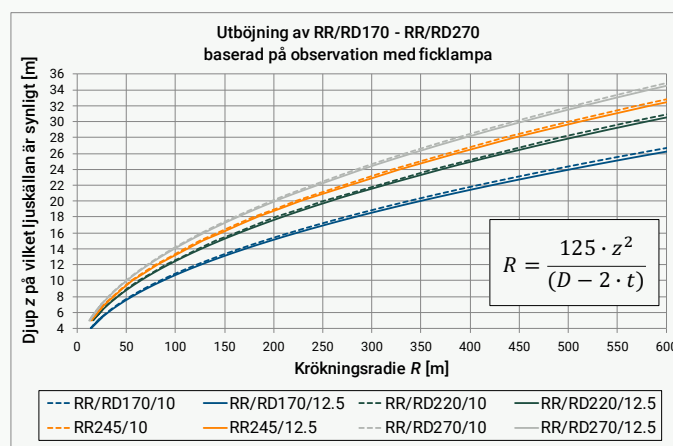
Med ficklampsobservationer får man ett värde på krökningsradien i pålens överdel fram till det djup där ljuset försvinner.

I långa pålar kan krökningsradien nedanför det djup där skenet försvinner inte bedömas med ficklampsobservation. När ljuset syns ända till botten är krökningsradien minst den som anges i Figur 3.2 eller 3.3 men är oftast större, framför allt i större pålar. Vid större påldiametrar kan man med hjälp av ljusobservation visuellt märka om det finns t.ex. lokala krökta delar längs pålen. I formeln i Figur 3.2 och 3.3 anges pålens diameter (D) och tjocklek (t) i millimeter. Pilhöjden kan enligt kordasatsen beräknas som $\delta = Lk^2/(8 R)$.

Figur 3.2. Bedömning av utböjning av RR75 till RR/RD140/10 med ficklampsmetoden



Figur 3.3. Bedömning av utböjning av RR/RD170 till RR/RD270 med ficklampsmetoden



Kontroll med ficklampa får endast ses som översiktlig kontroll. Om pålar bedöms vara för krokiga efter kontroll med ficklampa måste dessa mätas med inklinometer. Inklinometermätningar är oftast aktuella för pålar som står i mäktig kohesionsjord och där eventuella fyllningslager och moränlager innehåller block och sten eller andra hinder. Pålar som inte uppfyller rakhetskravet ska meddelas till den ansvariga geokonstruktören som bestämmer om fortsatta åtgärder. Krökningsradie som beräknats på basis av ficklampasobservation eller mätts med inklinometer jämförs med den krökningsradie som använts vid dimensioneringen. Vi jämförelsen måste man ta hänsyn till omständigheterna kring den aktuella pålen. Pålens strukturella kapacitet dimensioneras i allmänhet för det svagaste jordlagret. Pålens krökningsradie kan vara betydligt mindre i grovkorniga jordlager tack vare jordens goda sidostöd än i kohesionsjordlager. Om krökningsradien är eller bedöms vara mindre än den som använts vid projekteringen, beräknas på basis av krökningsradien dimensioneringsvärdet för pålens strukturella bärförmåga och jämförs med dimensioneringsvärdet för lasten på pålen. Borrade RD-pålar blir normalt rakare än RR-pålar efter installation, se *Pålkommisionens rapport 104, Borrade stålrörspålar* för mer information angående raket hos RD-pålar.

Beständighet

Stålrörspålar dimensioneras normalt med rostmån, dvs. att man vid beräkning av pålens lastupptagning tar hänsyn till att en del av godset kommer att rosta bort under pålens livslängd. Den geotekniska undersökningen bör inkludera en utvärdering av korrosionsförhållanden.

Det finns tre olika rekommenderade vägar att ta med hänsyn till rostmån. Den första metoden påträffas i *SS-EN 1993-5 Design of Steel Structures: Piling*, se Tabell 3.3.

Den andra metoden består av de senaste rönen gällande avrostning hos stålpålar i jord enligt VTT-undersökning *Korrosion på stålrörspålar - Dimensionering utgående från empiriskt material* samt *Korrosionsinstitutets granskning av denna rapport*, se Tabell 3.4.

Den tredje metoden för att dimensionera rostmån finns beskriven i *Pålkommisionen rapport 98*, se Tabell 3.5 och 3.6

Tabell 3.3. Dimensionerande rostmån enligt SS-EN 1993-5 Design of Steel Structures: Piling.

Jordförhållanden	Livslängd				
	5 år	25 år	50 år	75 år	100 år
Normala jordförhållanden					
Oförstörd, naturjord (sand, silt, lera, skiffer etc.)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Opackad och icke-aggressiv fyllning sand, silt, lera, skiffer etc.)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Exceptionella eller aggressiva förhållanden					
Förorenad, naturjord och jord i industriområde	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Aggressiv natur jord (kärr-, myr-, träsk- och torvmark etc.)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Opackad och aggressiv fyllnad (innehåll av aska, slagg etc.)	0,50	2,00	3,25	4,50	5,75

Noter:

- 1) Värdena är endast angivna som vägledning. Lokala förhållanden bör beaktas.
- 2) Korrosionshastigheten i kontrollerad fyllning är lägre än i okontrollerad fyllning. För kontrollerad fyllning kan tabellvärdena för okontrollerad fyllning halveras.
- 3) Korrosionsvärdena för livslängderna 5 och 25 år är baserade på faktiska mätningar medan värden för andra livslängder har extrapolerats.

Källa: European Committee for Standardization EN 1993-5. Eurocode 3: Design of Steel Structures – Part 5: Piling. CEN 2007

Tabell 3.4. Dimensionerande rostmån enligt VTT.

Hörförhållanden	Dimensionerande korrosion [mm]/100 år
Homogena naturjordsförhållanden ovan och under grundvattenytan	1,20 - 1,50
Packade mineraljordsutfyllnader ovan och under grundvattenytan	1,50 - 2,00
Opackade mineraljordsutfyllnader ovan och under grundvattenytan	2,00 - 2,50

* Källa: Jouko Törnqvist: "Korrosion på stålrörspålar – Dimensionering utgående från empiriskt material". VTT Bygg och Transport. Esbo, Oktober 2004, ISBN 952-5004-54-6.

Tabell 3.5. Dimensionerande rostmän för 100 år i jord, enkla förhållanden. För andra förhållanden se Pålkommisionen rapport 98.

Jordant	Dimensionerande rostmän (mm)	
	Över GW	Under GW
Sand, grus samt sandiga/grusiga moräner och fyllningar	2	2
Lera, silt, leriga/siltiga moräner	3	2
Gyttig lera/silt, gyttja, torv, dy (vattenkvot >80 %)	4	3

Tabell 3.6. Dimensionerande invändig rostmän för 100 år, Pålkommisionen rapport 98.

Omgivande grundvatten	Dimensionerande rostmän (mm)	
Sött	1	2
Salt, bräckt	1,5	3

3.5.2 Dimensionering i bruksgränstillstånd GEO

Nedan presenteras dynamisk provbelastning med stötvågsmätning som metod för verifiering av geoteknisk bärförmåga. För en spetsburen stålörspåle är detta den allra vanligaste verifieringsmetoden. Friktionsburna mantelinjekterade RR-pålar kan även verifieras genom beräkning, se Pålkommisionens Rapport 102, Injekterade pålar, Pålkommisionen Rapport 103, Slagna friktionspålar, Pålkommisionen Rapport 100, Kohe-sionspålar, IEG Rapport 8:2008, Rev. 2 Tillämpningsdokument – Pålar samt SS-EN 1997.

Geoteknisk bärförmåga kan ibland även verifieras med statisk provbelastning genom provdragning. Bärförmågan i drag begränsas för RR-pålar till 15 % av tryckkapaciteten samt för RD-pålar till 50 % av tryckkapaciteten.

Dynamisk provbelastning

Dimensionerande geoteknisk bärförmåga genom stötvågsmätning bestäms enligt

$$R_{d,GEO} = \frac{R_k}{\gamma_b \gamma_{Rd}} \quad \text{Ekv 3.2}$$

där karakteristisk geoteknisk bärförmåga (R_k) ska bestämmas som det minsta värdet av den uppmätta medelbärförmågan, R_{medel} , och det minsta uppmätta enskilda värdet, R_{min} , enligt

$$R_k = \min \left(\frac{R_{medel}}{\xi_5}; \frac{R_{min}}{\xi_6} \right) \quad \text{Ekv 3.3}$$

γ_b = 1,2 enligt BFS EKS 11 och VVFS 2009:19

γ_{Rd} = 0,85 modellfaktor vid stötvågsmätning av spetsburen påle med liten spetsfjädring eller för stötvågsmätning där Capwap-analys har utförts

ξ_5 = Korrelationskoefficient som tar hänsyn till antalet provade pålar och det uppmätta medelvärdet enligt Tabell A.11 i VVFS 2009:19 respektive Tabell I.11 i BFS EKS 11

ξ_6 = Korrelationskoefficient som tar hänsyn till antalet provade pålar och det uppmätta minimivärdet enligt Tabell A.11 i VVFS 2009:19 respektive Tabell I.11 i BFS EKS 11

Geoteknisk bärförmåga för samverkanspålar som borrats i berg bestäms i enlighet med Pålkommisionens Rapport 108. Betongens effekt beaktas genom att en genomsnittlig betongspänning appliceras på hela betongtvärsnittet. När PDA-mätning utförs på en tom påle är den övre gränsen för geoteknisk bärförmåga 1,25 gånger det uppmätta geotekniska bärförmåga för den tomma pålen.

Ovanstående tillämpas med fördel vid provpålning som äger rum innan produktionspålningen. Ofta utförs dock provpålningen i samband med produktionspålningen eller till och med efter att pålningen har utförts. Detta medför att den geotekniska bärförmågan måste uppskattas i förväg. I dessa fall behövs ett omfattande geotekniskt underlag som beskriver omständigheterna väl eller att geokonstruktören har så pass god kunskap om den aktuella geologin att ett mindre omfattande geotekniskt underlag kan anses vara tillräckligt. Tabell 3.7 anger rekommenderad maximal dimensionerande bärförmåga med hänsyn till slagning samt minsta omfattning för verifiering av bärförmågan, se Pålkommisionen Rapport 106, Verifiering av geoteknisk bärförmåga för pålar enligt Eurokod. Observera att Tabell 3.7 endast anger riktlinjer. Vid komplexa förutsättningar kan bärförmågan visa sig vara lägre trots större andel mätning. För borrade pålar som inborrats i friskt berg kan värdena i Tabell 3.7 ökas med 10 %, se Bilaga B. Detaljerade riktlinjer för hur bärförmågan kan bedömas beroende på olika förutsättningar finns att läsa i Rapport 106.

Tabell 3.7. Rekommenderad maximal bärförmåga med hänsyn till slagning samt minsta omfattning för verifiering av bärförmågan.

NIVÅ	Maximal bärförmåga med hänsyn till överbelastning av pålmaterial vid slagning ¹	Omfattning av verifiering
NIVÅ 1: Härdvunna åtgärder eller beräkning (WEAP)	$R_{d,max} = 0,33 \times F_{stuk}$	Stoppslagning av samtliga pålar enligt schablon ² eller efter resultat från WEAP-analys
NIVÅ 2: Provpålning	$R_{d,max} = 0,44 \times F_{stuk}$	Provpålning med minst 3 st ³ representativa mätpålar inom ett kontrollobjekt motsvarande ett område med en yta på max 25x25 m.
NIVÅ 3: Provpålning + Produktionskontroll	$R_{d,max} = 0,55 \times F_{stuk}$	Provpålning enligt ovan samt minst 10 % produktionskontroll ⁴

¹ Avser neddrivning, stoppslagning och stötvågsmätning. Max tillåten slagkraft under installation;
 $N_{impact} \leq 0,9 \times f_{yk} \times A_s$. Om tryckspänningar mäts under installation får spänningsnivån vid enstaka slag inte överstiga den ovan nämnda med mer än 20 % $\rightarrow (N_{impact} \leq 1,08 \times f_{yk} \times A_s)$, se SS-EN 14199 respektive SS-EN 12699

² 5 mm/10 slag för stålrörspålar stoppslagna med frifallshejare och 5 mm/min för stålrörspålar stoppslagna med luftdriven hammare/hydraulhammare

³ Slutlig omfattning bör motsvara minst 5 % av pålarna inom kontrollobjektet

⁴ Slutlig omfattning beror på observationer vid provpålningen och produktionskontrollen

Slutlig dimensionerande bärförmåga bestäms enligt Bilaga A eller B som det minsta värdet av $R_{d,STR}$ och $R_{d,GEO}$.

3.5.3 Installationsskede

Pålspetsens hållfasthet för slagning

Lasterna under installation och stoppslagning måste begränsas enligt Tabell 3.8. Enligt utförandestandarder för mikropålar och massundanträngande pålar SS-EN 14199 respektive SS-EN 12699 får inte tillförd energi orsaka tryckspänningar som överstiger $0,9 \times$ den karakteristiska sträckgränsen för stålet. Medelbärförmågan som krävs vid mätning för de olika stoppslagningsnivåerna i Tabell 3.7 presenteras i högra kolumnen i Tabell 3.8.

Tabell 3.8. Maximal slagkraft under installation med avseende på pålspets och jord/berg.

Max tillåten slagkraft under installation* N_{impact}	Geoteknisk medelbärförmåga som uppskattningsvis krävs vid mätning R_{medel}
$\leq 0,9 \times f_{yk} \times A_s$	Nivå 1: Härdvunnen åtgärd
	Nivå 2: $R_{medel} = 0,8 \times N_{impact}$
	Nivå 3: $R_{medel} = N_{impact}$

* Om tryckspänningar mäts under installation får spänningsnivån vid enstaka slag inte överstiga den ovan nämnda med mer än 20 % $\rightarrow N_{impact} \leq 1,08 \times f_{yk} \times A_s$, se SS-EN 14199 respektive SS-EN 12699

Pålelementets hållfasthet för slagning

Pålelementets lastkapacitet för slagning beräknas enligt Pålekommissionen Rapport 84a, med karakteristiska värden på pålen och dynamiska värden hos jordens bäddmodul och brottlast. Den sidostöttade pålen belastas vid en stoppslagning av både normalkraft och moment. Normalkraften i pålen är den stötpuls som skapas av hejarens slag mot pålen respektive av reflexer mot jorden/berget. Moment i pålen beror på att stötpulsen belastar pålen med en viss excentricitet. Excentriciteten av slaget sätts till värdet på förväntad pilhöjd med hänsyn till pålens krokighet. I lös lera förväntas krokigheten vara bättre

eller lika med $e < L_k/600$ respektive i fast lera samt i friktionsjord bättre än $e < L_k/300$. Momentet förstoras därefter enligt andra ordningens teori. Pålelementens lastkapacitet för slagning har beräknats med karakteristiska värden på materialet. Beräkningar har gjorts för materialet i egenspanningsgrupp a. Ytterligare har det teoretiska värdet för formfaktorn vid böjning använts. Resultaten för de olika RR-pålarnas lastkapacitet för slagning redovisas i Tabell 3.9 som funktion av lerans dimensionerande skjuvhållfasthet. Blir kraften i pålelementen vid stoppslagning högre än dessa värden finns det risk för att pålen plasticeras och slås bort.

Tabell 3.9. Pålspetsens respektive pålelementets lastkapacitet för slagning med dynamiska värden på jord, stålsort S460MH för RR respektive S550J2H för RRs.

För att mobilisera ovanstående laster krävs vissa hammare, hejare och fallhöjder. Dessa finns angivna i avsnitt 5.2.

Påltyp	F_{stuk} [kN]	EI_0 [kNm ²]	Pålspetsens lastkapacitet N_{impact} [kN]	Rakhet L_k/xxx	Pålelementets lastkapacitet ¹ [kN]				
					Odränerad dimensionerande skjuvhållfasthet hos jord c_{ud} [kPa]				
					5	10	20	30	40
RR75	635	178	572	Lk/600	398	525	570	584	593
				Lk/300	339	481	548	568	579
RR90	752	294	677	Lk/600	516	638	682	699	708
				Lk/300	440	595	660	681	692
RR115/6,3	983	657	885	Lk/600	758	862	908	925	934
				Lk/300	667	819	883	906	919
RR115/8	1229	797	1106	Lk/600	850	1045	1117	1143	1157
				Lk/300	725	975	1080	1114	1133
RRs115/8	1469	797	1322	Lk/600	850	1181	1307	1346	1366
				Lk/300	725	1066	1251	1306	1333
RR140/8	1523	1513	1370	Lk/600	1158	1331	1402	1429	1444
				Lk/300	1012	1260	1363	1399	1420
RRs140/8	1820	1513	1638	Lk/600	1187	1527	1647	1687	1708
				Lk/300	1014	1414	1589	1645	1673
RR140/10	1874	1810	1687	Lk/600	1279	1587	1701	1741	1761
				Lk/300	1091	1479	1645	1698	1725
RRs140/10	2241	1810	2017	Lk/600	1280	1791	1989	2050	2081
				Lk/300	1091	1610	1903	1987	2029
RR170/10	2288	3284	2059	Lk/600	1716	1990	2103	2142	2166
				Lk/300	1490	1881	2043	2099	2128
RRs170/10	2735	3284	2462	Lk/600	1745	2280	2467	2528	2561
				Lk/300	1491	2101	2378	2464	2508
RR170/12,5	2814	3924	2533	Lk/600	1879	2370	2548	2608	2641
				Lk/300	1602	2200	2460	2543	2586
RRs170/12,5	3365	3924	3029	Lk/600	1879	2661	2977	3070	3118
				Lk/300	1602	2379	2841	2975	3040
RR220/10	3022	7557	2720	Lk/600	2459	2701	2817	2861	2885
				Lk/300	2226	2589	2750	2810	2842
RRs220/10	3613	7557	3252	Lk/600	2673	3135	3319	3382	3420
				Lk/300	2308	2961	3223	3313	3360
RR220/12,5	3732	9124	3359	Lk/600	2843	3263	3438	3502	3540
				Lk/300	2485	3091	3343	3431	3480
RRs220/12,5	4462	9124	4016	Lk/600	2917	3747	4037	4135	4186
				Lk/300	2492	3470	3897	4031	4101
RR245/10	3392	10681	3053	Lk/600	2824	3061	3176	3223	3250
				Lk/300	2995	2945	3110	3170	3204
RRs245/10	4055	10681	3650	Lk/600	3134	3565	3747	3814	3851
				Lk/300	2757	3390	3652	3739	3789
RR245/12,5	4194	12943	3775	Lk/600	3315	3710	3887	3954	3991
				Lk/300	2949	3538	3791	3877	3926
RRs245/12,5	5015	12943	4514	Lk/600	3500	4286	4574	4675	4726
				Lk/300	2994	4013	4430	4564	4636
RR270/10	3801	15024	3421	Lk/600	3224	3455	3576	3624	3653
				Lk/300	2999	3340	3504	3567	3605
RRs270/10	4544	15024	4090	Lk/600	3631	4041	4225	4293	4331
				Lk/300	3254	3862	4122	4215	4264
RR270/12,5	4706	18265	4235	Lk/600	3827	4205	4387	4456	4493
				Lk/300	3462	4030	4282	4376	4425
RRs270/12,5	5626	18265	5064	Lk/600	4156	4881	5167	5266	5326
				Lk/300	3587	4608	5018	5158	5232
RR320/10	4536	25533	4083	Lk/600	3941	4171	4297	4347	4378
				Lk/300	3719	4049	4219	4286	4323
RR320/10 S550J2H	5424	25533	4881	Lk/600	4240	4667	4911	5014	5076
				Lk/300	3886	4446	4769	4896	4976
RR320/12,5	5625	31178	5063	Lk/600	4734	5097	5281	5354	5398
				Lk/300	4376	4918	5174	5268	5325
RR320/12,5 S550J2H	6726	31178	6053	Lk/600	5295	5949	6235	6341	6399
				Lk/300	4705	5673	6080	6220	6297

¹Beräkning med dynamiska värden på jord samt $\mu = 1,0$ och egenspanningsgrupp a

4 Projektering av pålgrupper

4.1 Pålarnas anslutning till överliggande konstruktion

Anslutningen mellan pålen och den överliggande konstruktionen kan dimensioneras som en led. Pålarna kapas då så att övre änden gjuts in minst 50 mm i den överliggande betongkonstruktionen. Täcksikt eller andra omständigheter kan kräva andra ingjutningslängder. När man gjuter fast en pål i betongen ovanför på det sätt som nämnts, är det inte nödvändigt att svetsa fast tryckplattan på pålen.

Det rekommenderas att korta, under 3 meter långa pålar, monteras som fast inspända till överkonstruktionen. Beroende på konstruktion kan även längre pålar kräva fast inspänning. Normalt sett kan RR75–RR/RD245-pålar anses som fast inspända i överkonstruktionen när påländen är ingjuten minst $2 \cdot d$, dock minst 200 mm, i betongen. Om pålar ansluts direkt till en överliggande stålkonstruktion, fås en styv infästning genom svetsning. Infästning av armerade pålar görs oftast genom att förlänga armeringen i pålarna upp i överliggande betongkonstruktioner. Vid fast inspänning ska momenthållfastheten i pålens övre ände kontrolleras.

För axiellt tryckbelastade pålar kan tryckplattor enligt Tabell 2.12 användas.

4.2 Centrumavstånd för stålpålar

Minsta centrumavstånd mellan pålar beror bland annat på egenskaperna hos omgivande jord och påltyp. Som tumregel är det minsta centrumavståndet 300 mm för RR75 och RD90 samt 800 mm för RR/RD220. Värdena för övriga pålstorlekar kan bestämmas med linjär interpolering. Vid projektering av fränlutan- de pålar kan avståndet minskas.

4.3 Avstånd mellan pålsulans kant och pålarna

Pålsulan ska hålla för spänningarna från pålkrafterna och det får inte finnas någon risk att pålsulans kant spricker. I normala fall ska avståndet från pålsulans kant till närmaste påles utsida eller tryckplåts kant vara minst hälften av pålens diameter eller tryckplåtens sida. Vid projekteringen ska hänsyn tas till pålens toleranser i plan.

4.4 Pålarnas avstånd från andra konstruktioner

Pålarnas miniaavstånd från andra konstruktioner bedöms specifikt vid varje tillfälle med hänsyn till pålningsutrustning, påltyp, vibrationer från pålningen, förtätning, erosion eller undanträngning av jord samt speciella krav och begränsningar som grundförhållandena och omgivande konstruktioner medför.

Om den enda begränsande faktorn är pålningsutrustningen och det utrymme som står till förfogande brukar ca 250 – 350 mm vara minsta avstånd till aktuella hinder. Om hindret fortsätter vertikalt under mark kan minsta avstånd uppskattas med följande tumregel:

$(2,5 \times \text{pålens diameter}) + 2 \text{ cm} / \text{meter i djupled}$

4.5 Toleranser vid installation

Pålar installeras på utsatt position och efter installation sker inmätning för att verifiera att pålarna befinner sig inom gränserna för de toleranskrav som angivits.

Om inte byggnationskrav, myndighetsanvisningar, grundförhållanden, pålningsutrustning eller mycket djupt liggande kapningsnivå förutsätter annat, använd följande tillåtna toleranser.

För slanka RR- och RD-pålar (RR75 – RR/RD320), använd

- individuella vertikala eller lutande pålar: $e \leq e_{\max} = 0,10 \text{ m}$
- enskild pål i liten pålgrupp (2–8 pålar): $e \leq e_{\max} = 0,15 \text{ m}$
enskild pål i större pålgrupp: $e \leq e_{\max} = 0,2 \text{ m}$
för hela gruppens tyngdpunkt: $e \leq e_{\max} = 0,05 \text{ m}$
- enskilda vertikala pålar eller lutande pålar: $i \leq i_{\max} = 0,04 \text{ (0,04 m/m)}$
- den horisontella riktningen hos projektionen av lutande pålar bör inte avvika mer än 2 grader

För grova RR- och RD-pålar (RR/RD400 – RR/RD1200) använd

- vertikala och lutande pålar, horisontellt från arbetsnivån:
 $e \leq e_{\max} = 0,10 \text{ m}$ (RR/RD400–RR/RD1000)
 $e \leq e_{\max} = 0,12 \text{ m}$ (RR/RD1200)
- vertikala eller lutande pålar med lutning $\geq 15:1$ ($\Theta \geq 86^\circ$):
 $i \leq i_{\max} = 0,02 \text{ (0,02 m/m)}$
- lutande pålar med $4:1 \leq \text{lutning} < 15:1$ ($76^\circ \leq \Theta < 86^\circ$):
 $i \leq i_{\max} = 0,04 \text{ (0,04 m/m)}$.

Med RD-pålar, särskilt vid användning av centriska borrhings-system, är det oftast möjligt att uppnå striktare toleranskrav än ovanstående. För RD-pålar rekommenderas att använda snävare toleranser om det, ur konstruktions- och belastningssynvinkel, är ändamålsenligt. För att uppnå snävare toleranser krävs det stor noggrannhet både hos mätutrustning och för pålens placering vid installation.

Med hänsyn till arbetets karaktär finns det dock ingen anledning att utan välgrundade skäl använda snävare toleranskrav för RD-pålar än

- enskilda vertikala och lutande pålar: $e \leq e_{\max} = 0,025 \text{ m}$
- raka eller lutande pålar med lutning $\geq 15:1$ ($\Theta \geq 86^\circ$):
 $i \leq i_{\max} = 0,015 \text{ (0,015 m/m)}$
- lutande pålar med $4:1 \leq \text{lutning} < 15:1$ ($76^\circ \leq \Theta < 86^\circ$):
 $i \leq i_{\max} = 0,025 \text{ (0,025 m/m)}$.

I kombivägg- och RD-pålväggkonstruktioner är det ofta ändamålsenligt att sträva efter betydligt snävare toleranser än ovanstående allmänna plan- och lutningstoleranser. Vilka toleranser som ska användas fastställs från fall till fall, och redan i planeringsfasen måste man åtminstone preliminärt avgöra vilka åtgärder som behövs för att uppnå snäva toleranser.

I kombiväggskonstruktioner används i allmänhet ramverk av stålbalkar eller liknande som mallar, med vars hjälp pålarna kan placeras exakt på rätt plats. I RD-pålväggskonstruktioner bestämmer startpålen i vägglinjen i praktiken hela väggens rikt-

ning och lutning, varför startpålens (startpålarnas) placering och toleranser måste planeras mycket noggrant.

Avvikelser i pålarnas läge och lutning som uppstår i samband med installation beaktas vid planeringen av pålgrunder. Efter installationen mäts pålarnas faktiska position och lutning. Om de på ritningen tillåtna toleranskraven överskrids, måste man undersöka eventuell överbelastning för varje del i konstruktionen och vid behov vidta nödvändiga åtgärder.

4.6 Omgivningspåverkan

Pålgrundläggningar ska projekteras och utföras på ett sådant sätt att de inte reducerar tidigare installerade pålars bärförmåga och inte orsakar skador eller störningar på byggarbetsplatsens närmiljö. Om det finns känsliga konstruktioner i arbetsplatsens omedelbara närhet, ska de undersökas i tillräcklig omfattning i samband med grundundersökningen eller senast innan pålningen startar. Vid behov ska omkringliggande konstruktioners skick utredas.

Omgivningspåverkan kan i hög grad begränsas genom valet av påltyp, pålningsmetod och pålningsutrustning. Slanka slagna RR-pålar tränger undan mycket lite jord i förhållande till sin bärförmåga. Det gör att ökningen av portryck, massundanträngning i marken och hävning i området och dess närhet oftast blir mycket liten. På grund av den slanka tvärsnittsytan kan pålarna drivas ner med bara liten slagenergi under grundvattennivån i lösa silt- och sandjordar. Det medför att kompaktering av ovanstående jordlager på grund av pålningen blir liten. På motsvarande sätt kan neddrivning i täta, vibrationsskapande jordlager genomföras med relativt liten slagenergi, vilket minimerar vibrationerna från pålningen. Särskilt vid användning av lätt pålningsutrustning kan slagna RR-pålar i allmänhet tryggt installeras mycket nära befintliga konstruktioner.

RD-pålar och i synnerhet slanka RD-pålar som installerats enligt installationsanvisningarna tränger normalt inte undan jord och spolar normalt sett inte heller bort extra jord, vilket betyder att miljöpåverkan såsom massundanträngning, förtätning, vibration och ökande porvattentryck är mycket liten. Med stora RD-pålar ($\geq$ RD400) kan det på grund av stor mängd spolning (oftast tryckluft) och större sänkborrhamarutrustning uppstå en viss, mindre miljöpåverkan, som måste beaktas vid planering och utförande. Framför allt när RD-pålar installeras i omedelbar närhet av befintliga konstruktioner.

RR-tryckpålen som oftast används i grundförstärkningsobjekt är den påltyp som i allmänhet orsakar minst omgivningspåverkan, och den har också en mycket låg bullernivå.

På mjuk mark kan tung pålningsutrustning (>40–60 t) orsaka större vibration än själva pålningen.

5 Pålningssarbete

Exekveringsstandard SS-EN 12699 för displacementpålar följs vid installation av RR-pålar.

5.1 Lagring, hantering, kontroll och resning av stålplålar

För lagring och hantering av stålplålar på arbetsplatsen finns en särskild anvisning Pålar och tillbehör, -Säkerhetsrekommendationer för hanteringen på byggplatsen. Den kan laddas ned från SSABs hemsida (www.ssab.se/infra).

Mottagningsbesiktning av pålarna och tillbehören görs omedelbart efter att leveransen anlänt till arbetsplatsen. Vid mottagningsbesiktningen kontrolleras visuellt att leveransen stämmer överens med beställningen och fraktsedeln. Pålarnas stålsort och dimensioner kontrolleras mot lastsedeln och mot märkningen på pålröret. Pålelementen och tillbehören ska motsvara produkterna i konstruktionshandlingarna för projektet. Defekta eller felaktiga produkter får inte installeras.

Närmare anvisningar om hantering och installation av gängade RD-pålar och gängade skarvhylsor ges i avsnitt 5.3.

Före installation inspekteras pålarna och tillbehören ytterligare en gång för att kontrollera att pålarna inte har skadats under den tid de hanterats och lagrats på arbetsplatsen.

Resning av pålelement och pålrör görs i allmänhet genom att lyfta påländen med lyftvajer eller liknande. Vid resningen är det mycket viktigt att iaktta säkerhet, t.ex. att lyftanordningen inte kan släppa från pålen. Pålningssutrustningen bör vara placerad intill pålen under resningen, så att den inte behöver flyttas mer än för nödvändiga justeringar medan pålen är rest.

Momentbelastningen som orsakas av pålens egenvekt är aldrig kritisk vid resning av RR- eller RD-mikropålar. Gränslängden för när grova pålar kan resas i påländen utan noggrannare kontroll är 20 meter. Resning av längre pålar än så måste planeras från fall till fall med hänsyn till pålens dimensioner. Vid resningen måste man beakta pålningssmaskinens stabilitet och iaktta de vikt- eller räckviddsbegränsningar och de anvisningar som gäller för lyft med maskinen.

5.2 Installation av RR-pålar

5.2.1 Pålningssutrustning

Allmänt

Pålningssutrustningar omfattas av SS-EN 996 samt SS-EN 791. Slagutrustning som lämpar sig för installation av RR-pålar kan delas in i följande huvudklasser:

- fall- och hydraulhejare
- hydraul- och tryckluftshammare
- annan slagutrustning
- hydrauliska domkrafter.

Slagutrustningens tillverkare, importör eller användare ska undersöka de faktorer som väsentligt påverkar pålningen, såsom slagningens totala effektivitet, tillämpliga stötskydd för pålslagningen och stötskyddets påverkan på spänningar som överförs till pålen. Ovanstående faktorer kan kontrolleras t.ex. med

stöttvågsmätningar, och pålningssentreprenörerna bör arkivera och vid behov analysera resultaten av stöttvågsmätningarna. I samband med väsentliga ändringar av slagutrustningen eller vid installation av nya påltyper med utrustningen ska data uppdateras.

Vid pålning av RR-pålar med hjälp av kranmonterad slagutrustning måste pålen på något vis stöttas. Hela pålningssutrustningen ska vara förankrad och monterad på ett sätt som gör att den inte svajar vid pålningen.

Frifallshejare

Fallhöjden för fallhejare kan i allmänhet väljas fritt med beaktande av den aktuella utrustningens begränsningar. Lämplig massa för hejare beror av pålstorleken och grundförhållanden. Vid slagning av RR-mikropålar i tät jord kan en tung hejare vara en fördel, men samtidigt ökar risken för krökning av pålen. Rekommenderad min- och maxvikt för hejaren visas i Tabell 3.9. För RR270 – RR800 rekommenderas hejarvikter mellan 4 ton – 9 ton.

Tabell 5.1. Hejarvikter och fallhöjder för stoppslagning enligt Nivå 1. Stoppslagning med frifallshejare till sjunkning $s < 5\text{ mm}/10$ slag, stålsort S460MH för RR-pålar och S550J2H för RRs-pålar.

Påltyp	Vikt [kg/m]	F_{stuk} [kN]	Dim. geoteknisk bärförmåga $R_{d,\text{GEO}}$ Nivå 1 [kN]	Hejare [kN]	Fallhöjd i meter vid olika pållängder i meter				
					5 m	10 m	20 m	30 m	40 m
RR75	10,8	635	210	5	0,50	0,70	0,85	1,00	1,20
				7,5	0,35	0,50	0,60	0,70	0,85
				10	0,25	0,40	0,50	0,55	0,65
RR90	12,8	752	248	5	0,60	0,80	1,05	1,20	1,35
				7,5	0,40	0,55	0,70	0,80	0,95
				10	0,30	0,45	0,55	0,60	0,75
RR115/6,3	16,8	983	324	7,5	0,50	0,75	0,95	1,10	1,25
				10	0,40	0,55	0,70	0,80	1,00
				20	0,20	0,30	0,40	0,45	0,55
RR115/8	21,0	1229	406	10	0,45	0,65	0,80	0,95	1,15
				20	0,25	0,35	0,45	0,50	0,65
RRs115/8	21,0	1469	485	10	0,60	0,90	1,10	1,30	1,60
				20	0,30	0,50	0,65	0,75	0,90
RR140/8	26,0	1523	503	20	0,30	0,45	0,55	0,65	0,80
				30	0,20	0,30	0,40	0,45	0,55
RRs140/8	26,0	1820	601	20	0,40	0,60	0,75	0,90	1,10
				30	0,25	0,40	0,55	0,65	0,80
RR140/10	32,0	1874	618	20	0,35	0,50	0,65	0,75	0,90
				30	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65
RRs140/10	32,0	2241	740	20	0,45	0,70	0,90	1,10	1,25
				30	0,30	0,50	0,65	0,75	0,95
RR170/10	39,0	2288	755	30	0,35	0,50	0,60	0,65	0,80
				40	0,25	0,40	0,50	0,55	0,65
RRs170/10	39,0	2735	903	30	0,40	0,65	0,75	0,90	1,10
				40	0,30	0,50	0,65	0,70	0,90
RR170/12,5	48,0	2814	929	30	0,35	0,55	0,65	0,75	0,95
				40	0,25	0,40	0,50	0,60	0,75
RR220/10	51,6	3022	997	30	0,40	0,60	0,75	0,95	1,15
				40	0,30	0,50	0,60	0,70	0,90
				50	0,25	0,40	0,50	0,55	0,70
RRs220/10	51,6	3613	1192	30	0,50	0,70	0,90	1,05	1,25
				40	0,35	0,55	0,70	0,80	1,00
				50	0,30	0,45	0,55	0,65	0,80
RR220/12,5	63,7	3732	1232	30	0,50	0,70	0,95	1,10	1,30
				40	0,40	0,55	0,70	0,85	1,05
				50	0,30	0,45	0,55	0,70	0,85
RRs220/12,5	63,7	4462	1473	30	0,55	0,85	1,05	1,25	1,30
				40	0,45	0,65	0,80	0,95	1,15
				50	0,35	0,50	0,65	0,75	0,95
RR245/10	57,9	3392	1119	30	0,50	0,70	0,90	1,10	1,30
				40	0,35	0,55	0,70	0,80	1,00
				50	0,30	0,45	0,55	0,65	0,80
RRs245/10	57,9	4055	1338	30	0,65	0,95	1,20	1,45	1,75
				40	0,50	0,75	0,90	1,10	1,35
				50	0,40	0,60	0,75	0,90	1,10
RR245/12,5	71,6	4194	1384	30	0,60	0,85	1,10	1,25	1,45
				40	0,45	0,65	0,80	0,95	1,15
				50	0,35	0,50	0,65	0,75	0,95
RRs245/12,5	71,6	5015	1655	30	0,80	1,10	1,45	1,70	1,95
				40	0,60	0,85	1,05	1,30	1,60
				50	0,45	0,75	0,90	1,05	1,30

Mellan hejaren och pålen sitter en slagdyna. Vid slagning av betongpålar används vanligtvis dyntrå mellan slagdynan och pålhuvud. Vid slagning av stålörspålar behövs i allmänhet inte dyntrå. Påländen måste dock placeras i slagdynan på ett sätt som gör att slagen centreras.

Vid installation av skarvade pålar som är utrustade med utvändiga hylsskarvar med hylsan uppåt, rekommenderas att man använder ett slagdon för att leda slagkraften förbi hylsan och ned i pålen. Vid slagning i mjuk mark kan man slå direkt på skarvhylsan förutsatt att man inte skadar hylsan eller dess svets. Detta beslut vilar på den som utför installationen. Vid slagning i hårdare mark samt vid stoppslagning skall ett slagdon användas för att skydda skarvhylsan, se Figur 5.1. Pålningen kan även utföras med hylsan nedåt så att slagen angriper änden utan skarv. Även i dessa fall krävs ett anpassat slagdon.



Figur 5.1. Exempel på lastfördelande slagdon mellan hammaren och pålen.

Installation av grova spetsburna stålörspålar i nordisk geologi kan för det mesta utföras med relativt små hejare. I mäktiga friktions- och moränjordar måste man använda tillräckligt stor slagenergi för att neddrivningen av pålen ska vara effektiv. Genom förberedande undersökningar kan man bedöma om installationsutrustningen har tillräcklig slagenergi och efterföljande provbelastning visar om hejare och fallhöjd kan mobilisera tillräckligt geotekniskt statiskt motstånd. Det faktiskt mobiliserbara motståndet är starkt beroende av pålstorleken, pållängden och grundförhållandena. Med kortare pålar som säkert drivs in i berget är det lättare att uppnå tillräckligt statiskt motstånd än med långa pålar som drivs i moränlager.

Hydraul- och tryckluftshammare

Hydraul- och tryckluftshammare är snabbslående anordningar som lämpar sig ytterst väl för installation av slanka RR - pålar. De lämpar sig också för installation av grövre pålar om optimering av geoteknisk bärförmåga inte är ett krav. Fördelar med hydraul- och tryckluftshammare vid installation av RR-pålar är bl.a. högt slagantal och stor slagkraft, som gör att installationen går snabbt; pålarna kan i de flesta fall installeras mycket rakt, och slagutrustningen är lätt och kan monteras på flera slags basmaskiner.

Vid nyttjande av dessa hejare är det ett krav att hammarens slagkolv skall ha en vikt på minst 2 ggr pålens vikt per löpmet. Exempel på lämpliga hammare redovisas i Tabell 5.2. Det är upp till entreprenören att ställa in dessa och kontrollera att dessa hammare slår med lämplig och godtagbar slagenergi mot pålarna. Alternativt krävs kontrollslagning med godkänd hejare eller stötvågsmätningar för att verifiera slagningen.

Tabell 5.2. Data på olika hammare enligt specifikation från tillverkarna.

Hammare	Kolvvikt [kg]	Max slagenergi enligt tillverkare [J]	Max fallhöjd [m] ²	Spettvikt [kg] ¹	N _{min} [slag/min]	N _{max} [slag/min]
Furukawa:						
HB 3G	9,45	392	4,23	13	550	1450
HB 5G	16,7	686	4,19	23	400	1050
HB 8G	28,6	1079	3,85	40	400	850
HB 10G	47,9	1765	3,76	67	450	1050
HB 15G	68,3	2746	4,10	96	400	900
HB 20G	101,0	4119	4,16	141	400	800
F 5	12,2	710	5,93	17	700	900
F 6	18,2	884	4,95	25	650	1600
F 9	31,0	1305	4,29	43	400	1400
F 12	46,0	2320	5,14	64	450	900
F 19	64,0	3579	5,70	90	400	750
F 22	95,0	4572	4,91	133	360	700
F 35	135,0	6883	5,20	189	320	600
F 45	174,0	8829	5,17	244	300	500
Krupp:						
HM 110	11,8	450	3,89	17	850	1000
HM 200	24,0	800	3,40	34	480	650
HM 700	60,5	2400	4,04	85	400	500
HM 800	93,0	3200	3,51	130	300	600
HM 900	95,0	3850	4,13	133	450	900
HM 2000	135,0	8500	6,42	189	325	585
Atlas Copco:						
TEX 200/250	12,1	565	4,76	17	300	900
TEX 600	22,0	1100	5,10	31	360	720
Tryckluftshejare:						
MKT 5	91	1380	1,55	39		300
MKT 6	181	3460	1,95	91		275
MKT 7	363	5740	1,61	140		225
BSP 500N; MK2	91	1650	1,85	113		330
BSP 600N; MK2	227	4150	1,86	227		250
BSP 700N; MK2	385	6500	1,72	281		225

¹⁾ Vikt på spett antagen till 1,4-vikt slagkolv

²⁾ Slagenergi omräknad till fallhöjd ($W = m \cdot g \cdot h$)

För att centrera slaget och skydda påländen används på samma sätt som för tunga hejare ett slagdon av stål mellan pålen och hammaren, se Figur 5.1.

Hydrauliska domkrafter

Vid grundförstärkningar installeras tryckta pålar med hjälp av hydrauliska domkrafter. Installationsutrustning och tryckningsmetod ska väljas så att pålarna säkert kan tryckas med planerad tryckkraft utan att arbetet ger skador på närliggande konstruktioner. Anordningen för mätning av installationsutrustningens tryckkraft ska vara kalibrerad och ge tillförlitliga mätresultat.

Vibratorer

Användning av vibrerande aggregat kan vara fördelaktigt vid installation av RR-pålar i de fall pålarna installeras till ett bestämt djup, t.ex. som fundament till bullerskydd. Vibratorn kan fästas antingen i påländen eller mitt på pålen och bör ha en frekvens över 25 Hz. Neddrivningen av pålen kan effektiviseras genom att trycka pålen nedåt. Vibratorns lämplighet och val av vibrator för olika pålstorlekar beror dels på grundförhållanden dels på pålens längd eller massa. I grundförhållanden där friktionsjordar ovan berget inte innehåller sten, inte är så täta och är förhållandevis tunna, kan RR-pålar installeras mycket pålitligt med hjälp av vibrator ända till bergytan.

Vid vibreringsinstallation av pålar måste hänsyn tas till den eventuella störningen som orsakas av den omkringliggande jorden. Ibland kan vibrationerna orsaka rejäla avvikelser i pålens positionering. Vibrationerna kan också orsaka utmattningsspänningar i pålen under installationen. Utmattningsspänningarna kan göra att pålen skadas eller knäcks under installationen.

Om det har projekterats stora vertikala laster på den vibratorinstallerade pålen måste stoppslagning och/eller stötvågsmätningar ske med en annan slagutrustning enligt ovan. Efterslagning är nödvändigt då RR-pålar med mekanisk skarvhylsa har installerats genom vibrering. Detta för att pålarna inte utsatts för en tillräckligt stor kompressionskraft under installationen, vilket kan göra att glapp kvarstår i skarvarna. Användning av vibrator vid installation av stålspålar behandlas utförligare i Pålskommissionens rapport 99 "Vibratorers användningsmöjligheter vid drivning av pålar och spont".

5.2.2 Inledning av installation

Pålen positioneras noggrant och lutningen kontrolleras t.ex. med vattenpass eller lutningsmätare i pålningsutrustningen. Slagen styrs i pålens längdaxelriktning och centrerat på påländen. I den inledande fasen av installationen, när pålspetsen har sjunkit ner en aning i marken, kontrolleras pålens lutning och position igen.

5.2.3 Slag och tillåtna stålspänningar

I mjuka jordlager används en slagenergi som ger en rimlig sjunkning i storleksordningen ca 100 mm per slag, varvid man undviker risken att mekaniska skarvar på mikropålar lossnar. Vid neddrivning används den slagenergi och det slagantal, beroende på motståndet, som gör pålningen effektiv.

Under installationen får spänningarna inte överstiga 90 % av stålets sträckgräns. Om stålspänningarna övervakas under produktionen kan spänningar motsvarande 1,08 ggr stålets sträckgräns tillåtas, se avsnitt 3.5.3. Om pålen före stoppslagningen exempelvis stöter på en stor sten rekommenderas att något mindre fallhöjder eller slagenergier används än de som anges i Tabell 5.1 respektive 5.2, så inte risken för överskridande av

spänningarna blir för stor. När hindret har passerats kan fallhöjden/slagenergin åter ökas.

Vid installation av lutande pålar måste man tänka på att den slagenergi som överförs till pålen kan vara betydligt mindre än vid slagning av vertikala pålar.

För stora pålar och kombinationer med slaganordning och påle, som inte tidigare har analyserats, kan spänningar vid slagning bedömas genom simulering baserad på stötvågsteori. Stålspänningen och slagens centrerung kan dock lättast övervakas i samband med dynamiska stötvågsmätningar.

Om pålens kapningsnivå ligger under mark- eller vattennivån, kan man montera en förlängningspåle längs pålens längdaxel mellan slaganordningen och påländen. Förlängningspålen ska ha ungefär samma impedans som pålen, dvs. ett stålrör med samma eller nästan samma (+ 20 %) ståltvärsnittsarea som själva pålen.

5.2.4 Tilläggsanvisningar för installation och skarvning av RR75-RR270-pålar

Slagning av RR75-RR270-pålar börjar i allmänhet med en oskarvad påldel, t.ex. en tidigare kapad påle. Före installationen sätts en pålsko (jord- eller bergsko) fast på pålens nedre ände t.ex. med en slägga. Det är inte tillåtet att slå på en bergskos härdade dubb på grund av splittrrisken. Bergskorna har ett maskinbearbetat spår och placeras så att spåret passas mot pålens längsgående invändiga svetssöm. Pålskor måste slås fast tillräckligt hårt så de inte kan lossa på grund av dragspänningar under slagningen. Under stoppslagningen slås pålsko och rör ihop till slutligt läge.

Pålen kan installeras så att den utvändiga skarven antingen hamnar upp till eller ned till. Vid slagning med skarvhylsan uppåt måste man använda ett slagdon som för slagkraften förbi skarvhylsan till pålröret. Det är inte tillåtet att slå på skarvhylsan. Om pålningen utförs så att slagen angriper änden utan skarv rekommenderas istället en anpassad slaghatt.

Om man använder invändig skarv ska skarven monteras i den undre pålen så att det maskinbearbetade spåret kommer mitt för den längsgående invändiga svetssömmen. Före skarvningen kontrolleras skicket på pålens övre ände och den eventuellt skadade delen repareras eller tas bort. Skarvstycket trycks eller slås försiktigt fast varpå en glipa mellan pålen och skarvstycket uppstår. Efterföljande pålelement monteras sedan på motsvarande sätt på skarvstycket.

Före skarvning skall påländen inspekteras och eventuella skador repareras eller tas bort.

5.2.5 Tilläggsanvisningar för installation av RR320-RR1200-pålar

Pålen ska stödjas i början av slagningen eller neddrivningen så att den håller sig på avsedd plats och har rätt lutning. Under slagningen eller neddrivningen ska stödet fungera som styrning för pålen så att pålens kapningsnivå hela tiden hålls inom gränsen för angivna toleranskrav. Om det är svårt att ordna med stöd åt pålens övre ände måste den övre ändens placering och lutning följas noggrant under pålningsarbetet. I de fall pålen avviker från utsatt position och lutning måste man försöka korrigera felet. Om pålspetsen stöter mot en sten eller ett block i marken och försöker ändra riktning på grund av detta ska man

kunna släppa på styrningen så att pålen kan undvika hindret utan att krökas. Om man behöver släppa på styrningen mer än vad toleranserna för pålens position och lutning tillåter, krävs det att man kontrollerar dimensioneringen av pålgrundens konstruktion.

RR320–RR1200-pålar skarvas med svetsning enligt avsnitt 5.4. Före skarvningen kontrolleras skicket på pålens övre ände och den eventuellt skadade delen repareras eller tas bort.

Vid installation av grova pålar med täta pålskor i vattendrag eller under grundvattennivån, utsätts pålen för en lyftkraft som, beroende på jordens egenskaper, kan överstiga den sammanlagda kraften från pålens vikt och pålens mantelmotstånd. I sådana fall är det enklast att fylla pålarna helt eller delvis med vatten för att få tillräcklig motvikt.

Vid beställning av stora pålar bör man ta hänsyn till att det för PDA-mätning behövs en sträcka på 2-d för mätningen i pålens överdel.

5.2.6 Ytterligare instruktioner för bergskor med ihålig dubb

När man använder pålar med större diameter med tillhörande bergskor med ihålig dubb, så måste hålet i dubben vara betongfyllt innan installationen för att förhindra att det skadas under installationen. När installationen är klar kan man borra genom betongen för att till exempel bergsförankra genom att använda ett förankringsstag.

Under installationen rekommenderas att man använder en tillräckligt tung fallhejare för att kunna hålla ner fallhöjden för den samma. Utöver detta rekommenderas att man för de först installerade pålarna mäter den geotekniska bärförmågan genom stötvågsmätning med PDA-analys. Detta för att säkerställa att pålarna inte tagit skada under installationen och därigenom tappat bärförmåga.

5.2.7 Stoppslagning av spetsburen påle med frifallshejare

Innan stoppslagningen börjar får ingen paus göras i installationen och stoppslagningen ska göras utan avbrott. Om man är tvungen att avbryta stoppslagningen och pålarnas geotekniska bärförmåga inte kan betraktas som tillräcklig utifrån redan slagna serier, sjunkningsnivå eller bärighetsmätningar, måste pålen "lossas" innan stoppslagningen fortsätter med t.ex. 3–5 serier av tio slag med utnyttjande av cirka 50–70 % slagenergi i förhållande till stoppslagningens villkorets nivå.

När man närmar sig bergytan vid installation av pålar med härdad dubb används mindre fallhöjd än stoppslagningsanvisningarna anger. När man nått bergytan ökas fallhöjden gradvis till stoppslagningsanvisningarnas nivå. När bergytan är relativt jämn och täcks av friktionsjord eller moränlager som ger bra stöd, kan fallhöjden ökas mycket snabbt till den nivå som stoppslagningen kräver. Om spetsen då börjar glida eller bergytan är sned, måste fallhöjden återigen minskas för att möjliggöra inmejsling av bergskons dubb, varefter fallhöjden ökas till den nivå som stoppslagningens villkor kräver. Med små pålar kräver inmejsling av dubben i sned bergyta minst 300–500 slag efter att den nått berget och med stora pålar upp till tusentals slag. Vid slagning av RR400-RR1200 med bergskor med dubb av konstruktionsstål följs samma principer.

En påle som nått berg kan stöta i så hårt när den slås mot berget att pålspetsen efter slaget lossar från bergytan. Då slås på-

len efter den sista stoppslagningsserien några gånger med låg fallhöjd, så att pålspetsen sitter kvar i berget.

5.2.8 Stoppslagning av spetsburen påle med hydraul- eller tryckluftshammare

RR-pålar kan med fördel även stoppslås med lätta hydraul- eller tryckluftshammare. Vid nyttjande av dessa hejare är det ett krav att hammarens slagkolv skall ha en vikt på minst 2 ggr pålens vikt per löpmeter. Exempel på lämpliga hammare redovisas i Tabell 5.2. Pålens sjunkning per minut skall vara max 5 mm. Det är upp till entreprenören att ställa in dessa och kontrollera att dessa hammare slår med lämplig och godtagbar slagenergi mot pålarna. Projektspecifika stoppslagningskriterier kan bestämmas genom simulering med s.k. WEAP-analys. I de fall stötvågsmätningar ska utföras kan kontrollslagning med godkänd hejare användas för att verifiera stoppslagningen.

Innan stoppslagningen börjar får ingen paus göras i installationen och stoppslagningen ska göras utan avbrott. Om man är tvungen att avbryta stoppslagningen och pålarnas geotekniska bärförmåga inte kan betraktas som tillräcklig utifrån redan slagna serier, sjunkningsnivå eller bärighetsmätningar, måste pålen "lossas" innan stoppslagningen fortsätter.

När man närmar sig en bergyta vid installation av RR-pålar med bergsko används mindre värden för slagkraft och slagantal än hammarens maximala kapacitet. Efter att man nått bergytan höjs slagkraften och slagantalet gradvis till hammarens maximinivå. Om spetsen börjar glida på släntberg, måste slagenergin återigen minskas för att möjliggöra inmejsling av bergskons dubb. Därefter höjs återigen slagkraften och slagantalet till hammarens maximinivå. För att dubben säkert ska fastna i en sned bergyta krävs det i allmänhet en slagserie på minst 1–2 minuter (minst 300–500 slag) med mindre slagkraft än maximeffekt.

5.2.9 Provpålning och produktionskontroll

I början av pålningsarbetet installeras provpålar på ställen som är representativa för grundförhållandena i projektet. Oftast placeras en eller flera pålar på ställen där pållängderna är som störst eller grundförhållandena som besvärligast med hänsyn till utförandet. I allmänhet är provpålarna pålar som ska användas i den slutliga konstruktionen, men vid behov kan särskilda provpålar installeras.

Vid provpålningen görs en dynamisk provbelastning av pålarna. Vid provbelastning av pålar som installeras med hydraul- eller tryckluftshammare rekommenderas att man använder en särskild provbelastningshejare för att mobilisera tillräcklig geoteknisk bärförmåga. Om installationen tyder på att pålarna vilar på berg, kan provbelastningarna göras mycket snart eller genast efter installationen av pålarna. För pålar som vilar i jordlager rekommenderas att det dröjer minst ett dygn, helst längre, mellan installationen och provningen. I allmänhet blir motståndet som mäts i pålarna större ju längre man väntar.

På basis av de dynamiska provbelastningarna fastställs lämpliga stoppslagningens villkor. Om pållängderna eller grundförhållandena är mycket skiftande, ges separata stoppslagningens villkor för olika pållängder och grundförhållanden.

5.2.10 Stoppslagning av friktionspålar

I början av, eller före det egentliga pålningsarbetet, görs en provpålning där friktionspålar slås till en nivå som bedömts utifrån grundundersökningar, statiska bärighetsformler, och/eller utifrån stötvågsteorin analyserad stoppslagningskriterium. Den geotekniska bärförmågan mäts med dynamiska provbelastningar med hjälp av signalmatchning (CAPWAP-analys). I grovkorniga jordlager utvecklas mantelmotstånd i allmänhet inom en vecka, men i silthaltig jord kan det ta betydligt längre tid. På basis av dynamiska provbelastningar fastställs pållängd och/eller föreskrivet stoppslagningskriterium.

5.3 Installation av RD-pålar

5.3.1 Pålningsutrustning och borrhningsmetoder

Vid installation av RD-pålar används utrustning som bygger på antingen topphammare eller sänkborrhammare. Med båda typerna av utrustning kan man använda antingen excentrisk eller centrisk borrhningsmetod.

Utrustning med topphammare

En topphammare kan vara antingen pneumatisk eller hydraulisk. Med topphammarutrustning kan man installera pålar med diametrar upp till RD170. Borrhammarens slag riktas i allmänhet mot en roterande borrhstång inuti pålen och vidare mot en slagsko i spetsen på RD-pålen. Borrhningseffekten minskar med större pållängd och större antal skarvar. Den största möjliga pållängden vid installation med topphammare är i allmänhet 30 meter, även om det går att installera 50-meterspålar i mäktig och mjuk kohesionsjord.

Utrustning med sänkhammare

Vid sänkhammarborrning angriper hammaren pålrörets nedre ände. Slaget träffar slagskon, varvid RD-pålen "dras" ner i marken. Till skillnad från topphammarborrning medför detta ökad effektivitet vid drivning samt minskade slagljud. Med borrhutrustning som bygger på sänkborrhammare är det möjligt att installera alla dimensioner som SSAB tillhandahåller. Pålens längd har i praktiken ingen större betydelse med avseende på borrhningseffekt och installationshastighet, åtminstone inte för de längder som normalt förekommer inom pålgrundläggning.

Erfarenhetsmässigt är RD-pålar som installeras med sänkhammare i allmänhet rakare än RD-pålar som installeras med topphammarutrustning.

Excentrisk borrhningsmetod

Vid excentrisk borrhning används en pilotborrkrona med en fast ansluten excentrisk del. Metoden kan användas både med topp- och sänkborrhambaserad utrustning. Vid borrhningen rymmer pilotkronan ett hål som blir något större än pålens yterdiameter. En del av jorden som tas bort spolas ut i den omgivande jorden, en del spolas också upp till markytan längs utsidan av pålen och en del kommer in i pålen och går ut den vägen.

När avsett borrhdjup har uppnåtts roteras piloten i motsatt riktning, varvid kronans excentriska del stängs och borrhkronan, borrhstängerna och eventuell borrhhammare kan tas upp ur pålen.

Vid excentrisk borrhning hamnar nedre änden av pålen på en "hylla", vars dimensioner definieras utifrån den borrhkrona som används. Hyllans inverkan på pålens geotekniska bärförmåga

måste beaktas vid projektering och kontroll av pålarna. En vanlig metod är att betongfylla, om inte hela pålen, åtminstone nedre änden av hålet.

Centrisk borrhningsmetod

Vid centrisk borrhning monteras i pålens nedre ände en slagsko och en ringborrkrona som kan rotera utan att pålen roterar. Under borrhning är ringborrkronan låst i pilotborrkronan och efter borrhningens slut roteras pilotborrkronan loss från ringborrkronan och lyfts upp.

Vid behov kan underborrning fortsätta som vanlig bergborrning. På marknaden finns borrhssystem med vilka bergborrningen kan fortsätta med samma pilotkrona, så kallade genomborrande pilotborrkronor. Det vanligaste är dock att underborrningen utförs genom byte av pilotborrkrona.

När de borrhade pålarna är långa eller markförhållandena är krävande med stenblock eller steniga jordar, påverkar valet av borrhsko installationens pålitlighet. Vid dessa förhållanden har det visat sig att ythärdade plattstålsringar fastsatta på pålens insida är mottagliga för deformationer och kan på så sätt skada pålen under installationen.

Metoden kan användas både med topp- och sänkborrhambaserad utrustning. Erfarenhetsmässigt får man med centrisk borrhningsmetod i allmänhet rakare pålar än med excentriska metoder, och i besvärliga förhållanden (blockiga jordar) koncentrisk borrhning med ringbrotsch går vanligtvis snabbare och är en mer pålitlig metod än excentrisk borrhning eller en där flera koncentriska brotschvingar används.

5.3.2 Inledning av installation

Pålen positioneras noggrant på avsedd plats och pålens lutning kontrolleras t.ex. med vattenpass. I objekt med snäva plan- och lutningstoleranser måste man fästa särskild uppmärksamhet vid mätningen. I den inledande fasen av installationen, när pålspetsen har sjunkit ner en aning i marken, kontrolleras pålens lutning och position. Om man bedömer eller uppmäter positionsavvikelsen som alltför stor, lyfts pålen upp och positioneras på nytt.

5.3.3 Borrhning av RD-pålar

Vid borrhning av RD-pålar följs tillverkarens anvisningar och rekommendationer för hammare och borrhkronor. Slagskon eller den integrerade slagskon/ringkronan monteras i allmänhet genom svetsning på pålröret enligt tillverkarens anvisningar. Ringborrkronan som används i centrerade borrhningsmetoder sätts fast på slagskon enligt tillverkarens anvisningar. Slagskon och ringborrkronan ska hålla för minst lika stor belastning under användning som pålen förväntas tåla. För slagskons och borrhkronans hållbarhet ansvarar tillverkaren.

Under borrhningen är trycket som orsakas av matningskraften under pilotkronan mindre än spolningstrycket, varvid kronans spolgångar hålls öppna under hela borrhningen. Om spolgångarna täpps igen, kan man försöka rensa dem genom att öka spolningstrycket till högsta tillåtna värde samt justera rotations- och matningskraften. Man kan också försöka rensa hålen genom att byta spolningsmedel från vätska till luft. Om spolgångarna inte kan rensas måste pilotkronan lyftas upp ur röret och rensas.

Om RD-pålen stöter mot en stor sten, ett stenblock eller berg

hålls matningstrycket nere och rotationshastigheten ökas. Med denna metod minskas risken för sidoflyttning, lutning och krökning av pålen.

Om det vid installation av RD-pålen finns risk att pålen stöter emot trä i marken, rekommenderas att använda specialkronor för att komma genom hindret och behålla kapaciteten. När man använder större RD-pålar med vanliga borrkronor kommer man oftast genom, men borrhningen går långsammare. Med mindre RD-pålar är risken större att man misslyckas med att ta sig genom trärester. Det är mycket osäkert att borra genom metallskrot i marken utan att riskera att utrustningen blir skadad.

Om RD-pålen går av eller om borrkronan eller slagskon skadas under borrhningen så att neddrivning inte längre är möjlig, ska man försöka lyfta upp hela pålen. Om det inte är möjligt lämnar man i allmänhet kvar pålen. Vid grundförstärkningsarbete är det i allmänhet lämpligt att göra en separat utredning om den skadade pålens geotekniska eller strukturella bärförmåga. På basis av utredningen fastställs i vilken grad den skadade pålen kan utnyttjas.

Under borrhningen kontrolleras installationenseffekter på den omgivande marken. Borrhning i grovkorniga jordlager kan orsaka att täta jordlager blir lösare eller att lösa jordlager blir tätare. Jorden som stöder pålen blir lösare om volymen på den jord som försvinner vid borrhningen är större än pålens volym.

Borrhning i finkorniga jordlager kan orsaka störningar i marken och ökning av porvattentrycket. I de fallen minskar jordlagrens fasthet. Fastheten återkommer ganska långsamt och i överkon-soliderade jordlager bara delvis.

Störningar och ökning av porvattentrycket kan förebyggas t.ex. genom att:

- välja borrhningsmetod som passar för grundförhållandena
- begränsa spolningstrycket
- dela upp borrhningen av pålarna i etapper eller förlänga pålningstiden.

Som spolningsmedel för borrhningen kan användas luft, vatten, polymerer eller cementbruk. Volymen på jord som försvinner ur marken tillsammans med spolningsmedlet bör vara något mindre eller högst samma som pålens volym och mängden vatten som avlägsnas bör motsvara den mängd som används vid spolningen.

Alltför mycket vatten och/eller jord som stiger upp tillsammans med spolningsmedlet kan orsaka:

- störningar i jordlagren som omger pålen
- negativa effekter under fundament till närliggande konstruktioner
- negativa effekter på närliggande installerade injekterade pålar eller andra nyligen injekterade konstruktioner.

Risken för höjning av mark och/eller vatten ökar:

- i lösa jämnkorniga jordlager
- i mjuka finkorniga jordlager
- vid användning av borrhningsutrustning som bygger på sänkhammare vid direktspolning under grundvattennivån.

Om luften som används som spolningsmedel helt absorberas i marken måste borrhningen avbrytas.

RD-pålar borrar in i berget till avsett djup. Vid bergborrningen uppmärksammas borrkaxets färg, penetreringshastighet och uppflytande av vatten. Utifrån detta kan man bedöma bergets kvalitet.

RD-pålar som inbarras i berget kontrollslås alltid efter att borrhstängerna och pilotkronan lyfts upp. Pålröret kan dras med upp en aning när pilotkronan och borrhstängerna lyfts ur pålen. Kontrollslagningar kan göras till exempel genom att slå med borrhhammaren på pålen.

5.3.4 Hantering och installation av gängade RDT-pålelement och hylsskarvar

Mottagning och inspektion

Pålelementen levereras till arbetsplatsen med den koniska gängan lätt inoljad och skyddad med en plastfilm. I samband med mottagandet ska man kontrollera att materialen och dimensionerna motsvarar det som föreskrivits.

Kontrollera att det inte finns skador på gängorna och undvik att utsätta gängorna för rostangrepp. Undvik i möjligaste mån även att öppna pålbuntarna före installationen.

Gängriktning

Installationsutrustningen har betydelse för pålarnas gängning. Vid användning av sänkhammarutrustning (DTH) roterar borrhspetsen medsols. Då tenderar även pålen i installationsskedet att rotera medsols. För att säkerställa att skarvarna sitter fast bör därför pålarna och hylsorna vara vänstergängade. Vid användning av topphammarutrustning roterar borrkronan motsols, varför pålarna och hylsorna ska vara högergängade.

Transport och förvaring

Pålelement ska hanteras vid transport och på arbetsplatsen på ett sätt som gör att gängorna inte blir skadade. Pålelementen kan förvaras utomhus, men för att förhindra att gängorna rosttar bör pålarna skyddas med presenningar. Presenningarna ska placeras så att pålbuntarna kan torka. Gängade hylsor bör förvaras inomhus. Genom omsorgsfull hantering och förvaring av pålprodukterna förebyggs skador och problemfri installation av skarvarna säkerställs.

Installation

Borrkronor

Innan borrhningen inleds bör man kontrollera att ytterdiametern på den borrkrona som ska användas överensstämmer med skarvhylsans ytterdiameter. I Tabell 5.3 presenteras rekommenderade borrkronor för normala markförhållanden. Om marken innehåller svår genomträngliga hinder som träbitar eller betongkonstruktioner måste man efter övervägande använda för ändamålet utvecklade specialkronor.

Vid tillverkningen av längdsvetsade rör uppstår det en längsgående svetssöm på insidan av röret. Borttagning av sömmen är inte nödvändig vid användning av de vanligaste pilotkronorna, men det finns skäl att beakta innersömmens påverkan vid valet av pilotkrona. På beställning kan innersömmen tas bort vid tillverkningen av pålröret.

Skydd av gängorna

Under resningen av pålelementen ska man se till att gängorna inte skadas. Lätta pålelement kan resas utan skydd av ändarna. Tyngre pålelement bör skyddas t.ex. med skyddshylsa av plast

Tabell 5.3. Dimensioner och åtdragningsmoment för gängade hylsskarvar samt typer och dimensioner för borrhälskronor, del 1/2

Pålprodukter			Borrssystem			
RDT-påle	Skarvhylsa	Skarvhylsa	Erforderligt åtdragningsmoment för skarvar, RDT- och RDTs-pålar [kNm]	Borrssystem		
	D [mm]	L [mm]		TerraRoc	Ytter-diameter ringborrkrona [mm]	Ytter-diameter ringborrkrona [mm]
RDT90/6,3	101,6	160	-	Symmetrix P89/6.3-54 *	107	105
RDT115/6,3	126,9	160	-	Symmetrix P114/8-61	132	-
RDT115/8	126,9	160	1	Symmetrix P114/10-75	129	140
RDT140/8	152,4	160	1	Symmetrix P114/8-61	132	135
RDT140/10	152,4	160	1	Symmetrix P114/10-75	129	168
RDT170/10	181,9	200	1	Symmetrix P140/10-82	158	161
RDT170/12,5	181,9	200	1	Symmetrix P140/10-100	160	191
RDT220/10	234,9	200	3	Symmetrix P140/10-82	158	200
RDT220/12,5	234,9	200	3	Symmetrix P140/10-100	160	241
RDT270/10	292,0	200	3	Symmetrix P168/12,7-103	188	254
RDT270/12,5	292,0	200	3	Symmetrix P168/12,7-125	190	241
RDT320/10	343,0	220	3	Symmetrix P168/12,7-103	188	303
RDT320/12,5	343,0	220	3	Symmetrix P168/12,7-125	190	312
				Symmetrix P219/12,7-146	240	350
				Symmetrix P219/12,7-171	242	364
				Symmetrix P273/12,7-227	302	352
				Symmetrix P324/12,7-273	353	
				Symmetrix P89/6.3-54 *	107	105
				Symmetrix P114/8-61	132	-
				Symmetrix P114/10-75	129	140
				Symmetrix P114/8-61	132	135
				Symmetrix P114/10-75	129	168
				Symmetrix P140/10-82	158	161
				Symmetrix P140/10-100	160	191
				Symmetrix P140/10-82	158	200
				Symmetrix P140/10-100	160	241
				Symmetrix P168/12,7-103	188	254
				Symmetrix P168/12,7-125	190	241
				Symmetrix P168/12,7-103	188	303
				Symmetrix P168/12,7-125	190	312
				Symmetrix P219/12,7-146	240	350
				Symmetrix P219/12,7-171	242	364
				Symmetrix P273/12,7-227	302	352
				Symmetrix P324/12,7-273	353	

Ringborrkronor som visas i tabellen är för sänkhammarborrning, med följande undantag:

*) för topphammarborrning

**) för både topphammarborrning och sänkhammarborrning

Vid sänkhammarborrning är hylsa och påle vänstergängade, men hörgängade vid topphammarborrning.

Tabell 5.3. Dimensioner och åtdragningsmoment för gängade hylsskarvar samt typer och dimensioner för borrhälskronor, del 2/2

Pålprodukter				Borrssystem			
RDT-påle	Skarvhylsa	RDTs-påle		Skarvhylsa	Erforderligt åtdragningsmoment för skarvar, RDT- och RDTs-pålar [kNm]	Borrssystem	
	D [mm]	L [mm]		D [mm]		Ytter-diameter ringborrkrona [mm]	Ytter-diameter ringborrkrona [mm]
RDT90/6,3	101,6	160		-	-	105	-
RDT115/6,3	126,9	160		-	-	129	128
RDT115/8			RDTs115/8	126,9	160	1	RT-SET114-10
RDT140/8			RDTs140/8			160	RT-SET139-10
RDT140/10	152,4	160	RDTs140/10	152,4	160	1	ULTRA MAX BIT 106L
RDT170/10	181,9	200	RDTs170/10	181,9	200	1	ULTRA MAX BIT 127L
RDT170/12,5			RDTs170/12,5			190	ULTRA MAX BIT 106L
RDT220/10	234,9	200	RDTs220/10	234,9	200	3	ULTRA MAX BIT 127L
RDT220/12,5			RDTs220/12,5			246	ULTRA MAX BIT 177L
RDT270/10	292,0	200	RDTs270/10	292,0	200	3	ULTRA MAX BIT 232L
RDT270/12,5			RDTs270/12,5			302	ULTRA MAX BIT 232L
RDT320/10	343,0	220	RDTs320/10	343,0	220	3	ULTRA MAX BIT 279L
RDT320/12,5			RDTs320/12,5			352	ULTRA MAX BIT 279L

Ringborrkronor som visas i tabellen är för sänkhammarborrning, med följande undantag:

*) för topphammarborrning

**) för både topphammarborrning och sänkhammarborrning

Vid sänkhammarborrning är hylsa och påle vänstergängade, men hörgängade vid topphammarborrning.

eller metall. Skyddet kan t.ex. vara monterat över elementens gängor eller bestå av ett mekaniskt låsbart skydd på pålen.

Rengöring och smörjning

Innan hylsan vrids på plats måste man kontrollera att både pålelementets ände och hylsans gängor är rena och hela. Vid behov rengörs gängorna med borste, vatten eller tryckluft. Om det har uppstått ytrost på gängorna under förvaring, ska rosten tas bort före montering t.ex. med stålborste. För att försäkra sig om god åtdragning av den gängade skarven, insmörjs de rena gängorna på pålelementen och/eller skarvens gängor med biologiskt nedbrytbart smörjmedel innan installation. Vid användande av ett visköst smörjmedel kan, speciellt vid kalla förhållanden, åtdragningen av skarven bli svårare.

Åtdragning

Vid montering av skarven måste gängornas ingrepp säkerställas. Hylsan skruvas manuellt på pålelementet och förspänns för hand. Om slutlig åtdragning görs med pålningsriggens käftar, rekommenderas att förspänna hylsan med kedjetång. Efter föråtdragning monteras det övre pålelementet på hylsan och slutlig åtdragning till åtminstone erforderligt åtdragningsmoment utförs. Slutlig åtdragning kan göras med kedjetång, käftar på pålningsriggen eller med pålningsutrustningens roterande enhet (så kallad spinner). Användning av den roterande enheten rekommenderas för RDT170 och större pålstorlekar för att uppnå en smidigare installation. De pålstorleksspecifika minimivärdena för erforderliga åtdragningsmoment presenteras i Tabell 5.3. Användning av minimivärdena kräver att gängorna är rena och att det inte finns några mekaniska skador på gängorna.

Alternativt kan hylsan förspännas på nästa pålelement. Även i detta fall rekommenderas det att först skruva hylsan för hand och sedan förspänna den med en kedjetång. Hylsan och nästa pålelement installeras tillsammans på tidigare pålelement och slutlig åtdragning görs som beskrivits ovan.

Vid den slutliga åtdragningen måste man se till att inte klämma skarven, vilket förhindrar att den dras åt. De nedre och övre pålelementen ska greppas vid åtdragning, inte hylsan, speciellt när åtdragning sker med pålningsutrustning.

Den gängade hylsan är dimensionerad så att den uppfyller de uppställda kraven vid de minsta åtdragningsmomentvärden som anges i Tabell 5.3 även om pålelementens huvuden inte är i kontakt. Att få huvudena i kontakt kräver normalt ett högre åtdragningsmoment än rekommenderat.

5.4 Skarvning av stålörspålar genom svetsning

Alla stålqualitéer i SSAB's stålörspålar är termomekaniskt val-sade. SSAB producerar inget normaliserat stål (NH-qualité). Alla stål-sorter har god svetsbarhet.

5.4.1 Svetsplan

För svetsningen bereds, som en del av pålningsarbetsplanen, ett av arbetsparterna godkänt detaljerat datablad. Bland annat följande omständigheter skall framgå av svetsdatabladet:

- stålspecifikation
- kvalitetskrav på svetsar (svetsklass)
- svetsningsprocedur
- tillsatsmaterial
- eventuell förvärmning
- svetsbetingelser
- fogtyper
- svetsningslägen
- svetsdatablad (WPS)
- procedurprovningar, om dessa efterfrågas
- arbetsprovningar, om dessa efterfrågas
- svetsarens kompetens (svetslicens)
- eventuell efterbehandling av svetsar
- anvisningar om kontroll av svetsar

5.4.2 Kvalitetskraven på svetsar

Utförande, kontroll och provning av svetsar samt därtill anslutna funktioner skall uppfylla kvalitetskraven enligt EN ISO 3834-4 som minimum (Kvalitetskrav för smältsvetsning av metalliska material - Del 4: Enkla kvalitetskrav). Ytterligare kvalitetskrav kan tillämpas enligt separat överenskommelse parterna emellan.

Omsorgsfullt utförda skarvsvetsar har vanligen tillräckligt stor hållfasthet och slagseghet. I krävande konstruktion kan svetsens mekaniska egenskaper dessutom säkerställas genom teknikprovning och/eller arbetsprovning.

Diskontinuiteter eller formavvikelser, t.ex. porer, slagginneslutningar och bindfel, försämrar svetsens hållfasthet. Därför skall för svetsarna specificeras vissa kvalitetskrav, vilka anges som svetsklasser enligt standarden EN ISO 5817 (Svetsning - Smältsvetsförband i stål, nickel, titan och deras legeringar (strålsvetsning undantagen) - Kvalitetsnivåer för diskontinuiteter och formavvikelser). Vid val av svetsklass bör hänsyn tas till de statiska och dynamiska belastningar som konstruktionen kommer att utsättas för, driftsförhållandena, konsekvenserna av eventuell skada på konstruktionen samt efterbehandlingar som skall utföras efter svetsning. I fråga om belastningar som konstruktionen utsätts för bör man beakta belastningar som förekommer både under installation och normal användning.

Betrakta kraven för svetsklass C (Medium) som allmänna krav för skarvsvetsar i stålörspålar, om inget annat anges i ritningarna eller kontraktshandlingar. Klass C motsvarar god verkstadspraxis som en yrkeskunnig svetsare uppnår under normala verkstads- och byggsplatsförhållanden. Svetsklass D (Måttlig) kan väljas för mindre krävande svetsar, till exempel när stålörspålen inte skall fungera som bärande konstruktion utan bara som skydds rör för konstruktionen. Onödigt hög svetsklass innebär extra kostnader.

5.4.3 Svetsarens kompetens

Svetsaren måste ha kompetens enligt standarden EN ISO 9606-1 (Svetsprovning. Smältsvetsning. Del 1: Stål). Entreprenören för svetsarbetet ansvarar för att svetsaren har giltiga bevis på krävd kompetens.

Provningen skall utföras enligt svetsbetingelserna på det sätt som föreskrivs i standarden och med hänsyn till bl.a. svetsmetod, förbandstyp, stålsort, godstjocklek, rörets ytterdiameter och svetsläge. Svetsprov skall i regel utföras med rör. Om den aktuella påldiametern är större än 500 mm, kan provet också utföras med plåt.

För bågsvetsning med belagd elektrod kan svetsarens kompetens bedömas av rör svetsat på ena sidan utan rotstöd.

Tabell 5.4 Exempel på kompetensprov för bågsvetsare.

EN ISO 9606-1: 111 T BW FM1 2.1 B t10.0 D168 PC ss nb	
Förklaring:	
111	Bågsvetsning med belagd elektrod
T	Rör
BW	Stumsvets
FM1	Tillsatsgrupp. FM1 och FM2 är lämpliga. En tentament som utförs med FM3- eller FM4-tillsatser kvalificerar också för FM1- och FM2-grupper.
2.1	Basmaterialgrupp enligt CEN ISO/TR 15608 och CEN ISO/TR 20172:2009 (2.1 = SSABs stålsorter upp till S460 och 2.2 = SSABs stålsort S550). En tentament avklarad i något grundämne kvalificerar för både 2.1 och 2.2 grupper.
BW	Alkalie-elektrod
t10.0	Prov utfört med 10 mm väggstjocklek, kvalificerar för tjocklekar $t \geq 3$ mm
D168	Provrörets diameter 168 mm, kvalificerar för diametrar $D \geq 84$ mm
PC	Svetsläge PC, röret i liggande vertikalläge, kvalificerar även för svetsning i horisontalläge (PA).
ss	Ensidig svetsning
nb	Utan rotstöd, kvalificerar även bl.a. för svetsning mot rotstöd

5.4.4 Produktionskontroll och svetsteknikkontroll

Innan arbetet inleds, skall entreprenören utföra en så kallad arbetsprovning eller produktionskontroll. För detta ändamål skarvsvetsas två längder av en rörpåle enligt svetsdatabladet under svetsbetingelser som motsvarar förhållandena på monteringsplatsen. Svetslängden skall vara ungefär en fjärdedel av total foglängd. På det ställe vid skarven som enligt visuell inspektion verkar mest kritiskt, skärs ett ca 100 x 100 mm plåtskycke ut så att svetsen kommer med. Den ena tvärsnittsytan med svets slipas och kontrolleras visuellt. Resultatet skall fylla kraven för ifrågavarande svetsklass angående urskiljbara fel. Särskild uppmärksamhet skall fästas vid genomsvetsning. Utförd arbetsprovning noteras i arbetsdokumenten.

Svetskontroll enligt standarden EN ISO 15614-1 (Specifikation för och kvalificering av svetsprocedurer för metalliska material – Svetskontroll – Del 1: Båg- och gassvetsning av stål och bågsvetsning av nickel och nickellegeringar.) behövs vanligen inte för svetsning av stålrörspålar, om den inte i kontraktshandlingarna särskilt förutsatts av konstruktör, beställare eller myndighet. I dessa handlingar kan även separat överenskommas om svetskontrollens provningsomfattning, som kan vara mindre än den som förutsatts i standarden, till exempel bara drag- och bockprovning i tvärriktning samt makroprov. Svetskontroll kan dessutom behövas om entreprenören saknar tidigare erfarenhet av svetsning av stålet ifråga och tillsatsmaterialet som skall användas.

Svetsförbandet kontrolleras enligt standarden EN ISO 15614-1. För svetskontroll framställs en provplåt med produktionssvetsar som provas enligt standarden. Svetskontrollen anpassas efter bl.a. tillverkare, grundmaterial, svetsprocedur, svetsläge, förbandstyp och godstjocklek på det sätt som föreskrivs i standarden.

5.4.5 Svetsprocedurer

På arbetsplatsen används traditionellt bågsvetsning med belagd elektrod för skarvning av stålrörspålar. Det är en mångsidig och smidig procedur med enkel och lätt förflyttbar svetsutrustning.

En nyare teknik är rörelektrods svetsning. Fördelarna med denna teknik är dess höga produktivitet, jämna svetskvalitet och lämplighet för mekanisering. För rörelektrods svetsning finns särskilda spårburna transportunderlag för svetspistolen. Dessa fästs vid röret och förflyttar svetsmunstycket utmed fogen. Mekanisering underlättar svetsning i trånga utrymmen, t.ex. vid saneringsarbeten där pålen skall komma intill väggen. Det räcker med 150 mm:s avstånd mellan påle och vägg. Vid svetsning med skyddsgas bör ett skydd mot störande vind och drag användas vid behov. Det finns också rörtrådselektroder som kan svetsas utan skyddsgas.

Vid svetsning i verkstad kan alla för kolstål lämpliga tillvägagångssätt användas.

5.4.6 Tillsatsmaterial för svetsning

Som standarder för svetsselektroder gäller EN ISO 2560 (Tillsatsmaterial för svetsning - Belagda elektroder för manuell metallbågsvetsning av olegerade stål och finkornstål - Indelning) och EN ISO 18275 (Tillsatsmaterial för svetsning - Belagda elektroder för manuell bågsvetsning av höghållfasta stål - Indelning).

För rörtrådelektroder gäller som standard EN ISO 17632 (Tillsatsmaterial för svetsning - Rörelektroder för gasmetallbågsvetsning och metallbågsvetsning av olegerade stål och finkornstål - Indelning). EN ISO 14341 (Tillsatsmaterial för svetsning - Trådelektroder och svetsgodsets för gasmetallbågsvetsning av olegerat stål och finkornstål - Indelning) och EN ISO 18276 (Tillsatsmaterial för svetsning - Rörelektroder för metallbågsvetsning med eller utan gasskydd av höghållfasta stål - Indelning).

Som tillsatsmaterial får användas bara enligt ovannämnda standarder klassificerade tillsatsmaterial. Tillsatsmaterialet väljs med hänsyn till hållfasthets- och slagseghetsegenskaperna hos pålens stålmaterial enligt tabell 5.5.

De, enligt EN-standard, fullständiga klassificeringsbeteckningarna för tillsatsmaterialen som visas i Tabell. 5.5 listas i Tabell 5.6.

Vid svetsning av påldelar av olika hållfasthet eller typ väljs tillsatsmaterialet i regel enligt den mjukare eller mindre legerade stålsorten. Vid svetsning av t.ex. fästen på pålen väljs emeller-

tid tillsatsmaterialet enligt den mer legerade stålsorten (pålens stålsort), så att det svetsmaterial som blir en del av rörväggen är tillräckligt legerat.

Elektrodernas hölje skall vara basiskt, vilket betecknas med B (basic, alkali) i klassificeringsbeteckningen.

Vid behov kan bottensträngen svetsas med mindre hållfast tillsatsmaterial än grundmaterialet, förutsatt att om det överenskommit mellan parterna.

Elektrodernas hölje och dels även rörtrådelektrodernas fyllning är hygroskopiska, varför det lätt absorberar fukt ur den omgivande luften. Fukten kan ge upphov till porer, sprut och i värsta fall hydrogensprickor i svetsen. Belagda elektroder och rörtrådelektroder skall därför hanteras och lagras omsorgsfullt.

Entreprenören måste se till att elektroderna hålls torra på arbetsplatsen. Belagda elektroder skall förvaras i ett torrt och varmt utrymme vilket eliminerar risken för att fukt kondenseras på förpackningens insida till följd av kraftiga temperaturväxlingar.

Tabell 5.5 Val av tillsatsmaterial.

Svetsgodsets mekaniska egenskaper (EN ISO 2560 samt 18275 för belagd elektroder och EN ISO 14341, 17632 samt 18276 för rörtrådelektroder)				
Stål	Hållfasthet ¹	Slagseghet ²	Belagd elektroder, t.ex.	Rörtrådelektroder, t.ex.
S355J2H	35	2	ESAB OK 48.00	TRI-MARK TM-770, ESAB OK Tubrod 15.14
S440J2H och S460MH	46	2	ESAB OK 55.00, ESAB OK 48.08	TRI-MARK TM-770, ESAB OK Tubrod 15.14
S550J2H	55	2	ESAB OK 74.78	TRI-MARK TM-881 K2, ESAB Dual Shield 55, ESAB Coreweld 55 LT H4
X60	42	2	ESAB OK 48.00	TRI-MARK TM-770, ESAB OK Tubrod 15.14
X70	50	2	ESAB OK 74.78	TRI-MARK TM-881 K2, ESAB Filarc PZ 6138

¹⁾ Värdena för det rena svetsgodset

35 = minsta sträckgräns: 350 MPa

42 = minsta sträckgräns: 420 Mpa

46 = minsta sträckgräns: 460 MPa

50 = minsta sträckgräns: 500 MPa

55 = minsta sträckgräns: 550 MPa

²⁾ Det rena svetsgodsets provningstemperatur med 47 J slagenergi: 0=0 °C, 2=-20 °C.

Tabell 5.6. Klassificeringsmärkningar för svetselektroder

Belagda elektroder:
ESAB OK 48.00: EN ISO 2560: E 42 4 B 42 H5
ESAB OK 48.08: EN ISO 2560: E 46 5 1Ni B 32 H5
ESAB OK 55.00: EN ISO 2560: E 46 5 B 32 H5
ESAB OK 74.78: EN 18275: E 55 4 MnMo B 32
Rörtrådelektroder:
TRI-MARK TM-770: EN ISO 17632 T 42 2 P M 2 H10
TRI-MARK TM-881 K2: AWS E81T1-K2J, E81T1-K2 MJ H8
ESAB OK Tubrod 15.14: EN ISO 17632 T 46 2 P M/C 2 H10
ESAB Dual Shield 55: EN ISO 18276-A, T55 4 Z P M H5
ESAB Filarc PZ 6138: EN ISO 17632-A, T 50 6 1Ni P M21 1 H5
ESAB Coreweld 55 LT H4: EN ISO 18276-A, T 55 6 Z M21 2 H5

På svetsningsplatsen skall tillsatsmaterialet skyddas mot regn och andra skadliga verkningar. Elektroderna skall förvaras i en separat värmbar behållare, s.k. elektrodtorkare, där svetsaren kan ta dem en i sänder. Belagda elektroder levereras också lufttätt förpackade. Förpackningen innehåller bara ett litet antal elektroder, som utan risk för fukt kan användas inom 4 timmar efter att förpackningen öppnats.

Fuktiga eller annars skadade elektroder får inte användas. Fuktiga elektroder kan torkas enligt tillverkarens anvisningar, till exempel vid en temperatur på +300–400 °C under 2 till 3 timmar.

Rörrodelektroder måste avlägsnas från maskinen efter svetsningen och förvaras på ett torrt och varmt ställe.

5.4.7 Svetsbetingelser

Vädret påverkar avsevärt svetskvaliteten och arbetsförhållandena vid svetsning. Svetsbetingelserna skall ordnas så att den planerade kvalitetsnivån kan uppnås. Vid behov måste svetsningsplatsen skyddas på lämpligt sätt mot vind och regn. Den skall också vara väl belyst. Underlaget måste vara plant och stadigt för att svetsaren skall kunna arbeta effektivt och säkert.

För att svetsning skall lyckas även vid minustemperatur måste arbetsförhållandena ordnas på bästa sätt. Vid kall väderlek kondenserar fukt lätt på metallytor. Då måste svetsstället förvärmas till ungefär +50...+100 °C även om detta inte annars förutsätts för stålet i fråga.

Effektiv återledning är en viktig faktor som bidrar till att säkra svetsens kvalitet. Återledaren skall vara av samma kaliber som svetskabeln och den skall anslutas direkt till arbetsstycket. Anslutningsytan skall vara metalliskt ren.

Under fuktiga och våta förhållanden måste svetsaren vara behörigt skyddad mot elolyckor.

5.4.8 Fogar

Pålrör levereras från verket vanligen med fasade ändar (fogbredda för svetsning). Fasvinkeln är då 30° eller 45° och rätkant i roten 1,6 mm +/- 0,8 mm. På arbetsplatsen kapas pålarna vanligen genom brännskärning eller slipning. Kapningslinjen skall helst markeras runt omkring pålen för att kapningen skall ske vertikalt mot pålens mittlinje. Med kapning för hand blir snittet inte alltid tillräckligt rakt och dessutom blir skärytan ojämn. Detta kan avhjälpas med slipmaskin. Fasen bereds genom antingen slipning eller brännskärning. Brännskurna ytor skall alltid renslipas före svetsning. För mekaniserad svetsning skall fogberedningen ske genom svarvning.

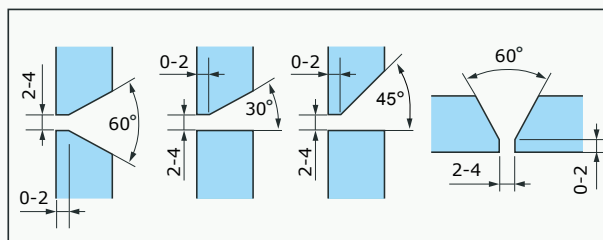
Då rörpålen svetsas från utsidan, måste fogtypen väljas så att den ger tillräcklig genomsvetsning och jämn svetsråge på insidan. Särskilt krävs en lagom spalt i fogen eftersom den utgör en ytterligare garanti för genomsvetsning.

Standarden EN ISO 9692-1 (Svetsning och besläktade förfaranden - Rekommendationer för svetsfogar - Del 1: Manuell metallbågsvetsning, gasmetallbågsvetsning, gassvetsning, TIG-svetsning och strålsvetsning av stål) innehåller rekommendationer beträffande fogtyper för stumsvetsar i stålrör. Mest används fogtyperna halv V och V. V-fog är lämplig för svetsning av påle i

alla lägen. Halv V-fog används vanligast för svetsning av pålar i stående läge.

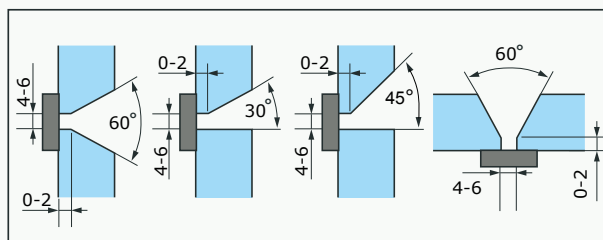
Vid skarvning av pålar som levererats från verket i fulla längder används fogtyp V. Om pålar behöver kapas på arbetsplatsen kan fogen också vara en halv V-fog, d.v.s. den ena kapade påländen lämnas rak medan den andra fasas. En pålände som skadats under transport eller vid installation måste repareras före skarvsvetsning. Rekommendationer för fogtyper för svetsning utan rotstöd framgår av figur 5.2.

Figur 5.2. Fogtyper för svetsning utan rotstöd.



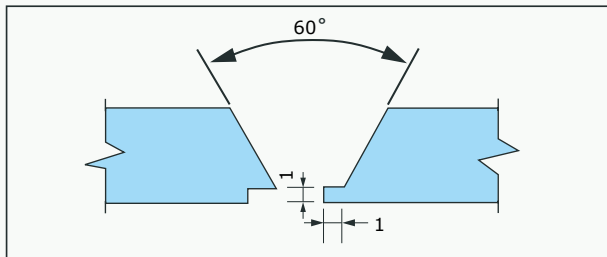
Vid skarvning av pålar rekommenderas användning av rotstöd utmed fogen på rörets insida. Ett fast rotstöd skall vara av samma stål som pålen som skall skarvas. Även keramiskt rotstöd kan användas. Rotstödet skall vara tillräckligt brett, i allmänhet minst 50 mm, och dess tjocklek minst 5 mm. Rotstödet monteras symmetriskt utmed fogen och fästs på pålens insida antingen med intermittant svets (fast rotstöd) eller t.ex. tejp (keramiskt rotstöd). Vid användning av rotstöd skall svetsrågen på rörets insida slipas jämn med rörytan. Någon spalt får inte lämnas mellan rotstödet och rörväggen. Rekommendationer för fogtyper för svetsning med rotstöd redovisas i figur 5.3.

Figur 5.3. Fogtyper för svetsning med rotstöd.



Vid mekaniserad svetsning kan någon av fogtyperna i figur 5.2 användas om baksträngen svetsas för hand. Fogtyperna i figur 5.3 kan användas för helmekaniserad svetsning. Då svetsas även baksträngen helst mekaniskt. För detta ändamål har det utvecklats en fogtyp som bygger på en med maskin bearbetad "läpp", som fungerar som rotstöd. Fogtypen visas i figur 5.4. Vid användning av ifrågakvarande fogtyp skall svetsparametrarna väljas så att detta rotstöd ("läpp") smälter, resultatet blir en genomsvetsad svets och diskontinuiteter eller formavvikelser samt ofullständigt svetsdjup ("rotfel") undviks.

Figur 5.4 Fogtyp för helmekaniserad svetsning.



5.4.9 Förvärmning

Förvärmning fördröjer avkylning av svetsförbandet och motverkar härdning. Detta förhindrar uppkomsten av en hård och spröd zon i det svetspåverkade grundmaterialet och därmed uppkomsten av hydrogensprickor. Behovet av förvärmning beror på olika faktorer, såsom stålmaterial, godstjocklek, tillsatsmaterial (hydrogenhalt), värmetillförsel och svetsbetingelser. Behovet av förvärmning ökas av hållfast stål, stor godstjocklek, hög hydrogenhalt (t.ex. fuktiga elektroder) och knapp värmetillförsel.

Mer detaljerade anvisningar för val av förvärmning av SSABs stålplåtar ges i bilaga C. Enligt bilaga C krävs normalt ingen förvärmning vid svetsning av SSABs stålplåtar, förutsatt att elektroderna är torra och försedda med basiskt hölje. Fuktiga elektroder skall alltid torkas. Vid svetsning i temperaturer under +10 °C skall påländarna förvärmas till +50...+100 °C.

5.4.10 Genomförande av svetsning

Rörändarna skall vara rena på ut- och insidan över en sträcka av ungefär 50 mm räknat från vardera fogkanten och skall vid behov rengöras från smuts, fett, fukt, rost och annat som kan förorsaka diskontinuiteter eller formavvikelse och därmed försämrade svetskvalitet. Eventuellt rotstöd skall också rengöras vid behov.

Efter fogberedning och rengöring centreras påländarna för skarvning och anpassas omsorgsfullt mot varandra, så att de invändiga ytorna (rätkanterna) sammanfaller och så att det mellan ändarna uppstår en lämplig spalt (Figur 5.2 och 5.3). Vid anpassning av påländarna mot varandra kan som hjälp användas ut- och in- anpån på den ena pålen påsvetsade riktplattor som avlägsnas efter häftning. På marknaden finns även olika hjälpdon för centrerung av rör. Den erforderliga spalten säkras med hjälp av kilar av en tjocklek som motsvarar spaltbredden, elektrod kärntråd (t.ex. 3,2 mm) eller liknande föremål som sedan avlägsnas efter häftning. Om spaltbredden varierar skall man se till att den även där den är som smalast uppfyller kraven. Om rätkantens höjd i roten varierar måste detta repareras genom slipning före anpassningen. Därefter häftas påländarna med korta häftsvetsar. Om häftsvetsen lämnas i fogen för att fungera som en del av bottensträngen, skall dess ändar omsorgsfullt förtunnas genom slipning för att avlägsna eventuella pipes och åstadkomma ordentlig genomsvetsning.

För svetsning av bottensträng som skall svetsas manuellt rekommenderas belagda elektroder av 2,5 mm. Mellan- och toppsträngar svetsas vanligen med 3,2 mm: s elektroder. Även tjockare elektroder kan användas för mellan- och toppsträngar i tjockväggiga rör. Rörtrådelektroder är för det mesta 1,2 mm i diameter. Den finns att få inom måttområdet 0,9–1,6 mm bero-

ende på användningsändamålet och behovet. Anläggningsleverantören ger den behövliga utbildningen för mekaniserad svetsning.

Leverantören av svetsmaskiner bistår med den utbildning som krävs för mekanisk svetsning.

Pålningssarbetet kan återupptas när svetsen kylts till under 500°C.

5.4.11 Svetskontroll

Kontroll av svetsar utförs enligt de krav och i den omfattning som angivits i kontraktshandlingarna. Okulärbesiktning utförs alltid. Oförstörande provning (OFP/NDT) är ultraljudprovning en lämplig metod.

Alla svetsar inspekteras först visuellt. Okulärbesiktning är lämplig bl.a. för kontroll av svetsmått, kantförskjutning, smältdiken och fel som bryter ytan. Oförstörande provning utförs bara med svets som först passerat visuell kontroll.

Hålltid för kylning av svets innan OFP/NDT-test kan påbörjas bestäms enligt tabell 23 i EN 1090-2: 2018. NDT-tester på skarvsvetsning av SSAB-plåtar kan vanligtvis göras direkt efter svetsningen när svetsen har svalnat tillräckligt för testet. Mer detaljerad information om minsta kyltider finns i bilaga C.

Omfattningen för ultraljudskontroll skall fastställas mellan parterna. Den typiska omfattningen är 10 %. Inspektionslängden täcker hela svetsen, dvs. en svets av tio kontrolleras helt, om inte annat särskilt överenskommits. Inspektionen skall alltid börja från den första svetsen som kontrolleras bl.a. med tanke på interna diskontinuiteter eller formavvikelse (t.ex. bindfel, porer och slagginneslutningar) och fel på rotsidan (t.ex. ofullständig genomsvetsning och rotvulst). Fel som överstiger gränsvärdena för vederbörande svetsklass repareras. De reparerade svetsarna underkastas ny kontroll och därtill kontrolleras ytterligare två svetsar (s.k. bötesregel). Oförstörande provning får bara utföras av enligt EN 473 (Oförstörande provning - Kvalificering och examinering av OFP-personal - Allmänna principer.) kvalificerad inspektör.

Över utförd kontroll skall alltid upprättas protokoll.

5.5 Kapning av påle

Stålplåtar kapas normalt enligt angivet pålavskärningsplan vinkelrätt mot pålens längdaxel. Kapningen kan göras med vinkelslip eller skärbrännare. Eventuella ojämnheter efter kapningen tas bort med slipskiva. God anliggning tillgodoses enligt angivna krav i SS-EN 1090-2.

5.6 Rengöring av pålar

Före betongfyllning av RR-plåtar och RD-plåtar kontrolleras att de är rena. RD-plåtar rengörs i allmänhet genom (tryckluft)spolning i samband med att pilotkronan lyfts upp. Eventuellt borrkax som fastnat i RD-plåtar spolas bort med vatten. Pålen kan normalt antas vara ren, när det uppstigande vattnet är rent. Eventuell rengöring av slagna pålar som är öppna i nedre änden planeras och utförs från fall till fall.

5.7 Armering och betongfyllning av pålar

Armeringsstålet ska uppfylla SS-EN 10080, andra stål går att använda om deras egenskaper uppfyller kraven i SS-EN 1992-1.

Enligt SS-EN 12699 (Massundanträngande pålar) ska betongtäckskiktet från pålrörets insida till huvudarmeringen vara minst 40 mm. Vid användning av mindre rör som armering är minsta täckskikt vanligtvis 25 mm.

Om påldiametern är under 200 mm (RR75– RR/RD170) används ofta injekteringsbruk som fyllning, i grövre pålar används ofta betong med högre hållfasthet. Betongfyllning utförs om möjligt alltid som torrgjutning. Kontrollera att pålröret är rent före gjutning. I slagna pålar som är försedda med mekaniska bergskor och skarvar kan det komma in vatten genom pålspetsen eller skarvarna. I allmänhet är dock tillrinningen av vatten så långsam, att pålarna kan torrgjutas om pålarna pumpas tomma strax innan gjutningen.

I bergborrade RD-pålar kan det komma så mycket vatten genom den öppna botten att torrgjutning inte är möjlig. Då kan man gjuta en betongpropp i pålens botten med undervattensgjutning. När pålens botten är vattentät pumpas vattnet bort och pålen armeras och gjuts.

Om pålarna dimensioneras och installeras som samverkanskonstruktioner eller om stålrörspålen i grova pålar bara fungerar som gjutform i den slutliga konstruktionen, görs eftervibrering på 1,5 m avstånd. Före eftervibreringen måste separerad massa av dålig kvalitet tas bort från betongytan.

5.8 Montering av tryckplattor

Standard tryckplattor (Tabell 2.12) monteras centrerat i pålröret med hjälp av hylsan i topplåten, se styckena 2.6 och 4.11. På betongfyllda pålar trycks tryckplattan fast mitt i påländen efter betongfyllningen. Vid vibrering i samband med gjutning av betongkonstruktioner som ska vila på pålarna måste man se till så att tryckplattan inte stiger. För pålar som dimensionerats för samverkanskonstruktioner är det extra viktigt att gjutningen av stålpålarna och monteringen av tryckplattorna görs noggrant. Det får inte förekomma något tomrum mellan undersidan av tryckplattan och betongen. Vid behov används tryckplattor med hål genom vilka efterinjektering kan utföras för att fylla eventuella tomrum. Om det uppstår skjuv- eller momentspänningar mellan överkonstruktionen och pålen, se avsnitt 4.1 ovan.

SSAB är ett Norden- och USA-baserat stålföretag som bygger en starkare, lättare och mer hållbar värld genom förädlade stålprodukter och tjänster. Tillsammans med våra partners har SSAB utvecklat SSAB Fossil-free™ steel och planerar att återuppfinna värdekedjan från gruvan till slutkunden, vilket i stort sett eliminerar koldioxidutsläpp från vår egen verksamhet. SSAB Zero™, ett till stor del koldioxidutsläppfritt stål baserat på återvunnet stål, stärker ytterligare SSABs ledande position och vårt heltäckande hållbara erbjudande oberoende av råvaran. SSAB har anställda i över 50 länder och produktionsanläggningar i Sverige, Finland och USA. SSAB är börsnoterat på Nasdaq Stockholm och sekundärnoterat på Nasdaq Helsingfors. Följ med oss på resan! www.ssab.com, [Facebook](#), [Instagram](#), [LinkedIn](#), [X](#) och [YouTube](#).

ANSVARSRISKRIVNING (DISCLAIMER)

Data och kommentaren i detta dokument är utgett i enbart informations-syfte och inga rättigheter kan härledas från densamma. SSAB Europe Oy (eller något av dess koncernbolag) skall inte hållas ansvarig för vilka som helst felaktigheter, underlåtenheter eller felanvändning i den bifogade informationen. Bolagen friskriver sig allt ansvar som grundar sig på användningen eller oförmågan att använda informationen som ingår här. Användningen av detta material sker alltid på användarens egen risk. Under inga omständigheter skall SSAB Europe Oy (eller något av dess koncernbolag) hållas ansvarig för skada av någon art inklusive förlorad vinst, förlorade besparingar eller annan oförutsedd eller indirekt skada som resulterar från användningen eller oförmågan att använda informationen här. Storleken samt de tekniska egenskaperna av SSAB:s pålar samt innehållet i detta dokument kan ändras utan tillkännagivande.

Copyright © 2025 SSAB. Alla rättigheter förbehålles. SSAB och SSAB:s produktnamn är registrerade varumärken som tillhör SSAB.

SSAB

Harvialantie 420
FI-13300 Hämeenlinna
Finland

Tel. +358 02 5911

www.ssab.se/infra

The SSAB logo consists of the letters "SSAB" in a bold, dark blue, sans-serif font. The letters are closely spaced, with the "S" and "A" being particularly prominent.