

K 1365:2

ITG STEEL PILES

ANVÄNDARBESKRIVNING FÖR MCP-PÅLAR

Denna beskrivning är gjord enligt SS-EN 1997-1

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	3
2. MCP-pålarnas material och beslag	3
Stålkvalitet.....	3
Pålelement och utrustning.....	3
3. Geoteknisk kategori (GK)	4
4. Säkerhetsklass	5
Partialkoefficienter för säkerhetsklass	5
5. Laster	6
Beräkning av lasteffekt i brottgränstillstånd.....	6
Geoteknisk lasteffekt (STR)	6
Laster och lasteffekter i bruksgränstillstånd	6
6. Dimensioneringssätt, DA2 och DA3.....	6
7. Lastkapacitet.....	7
7.1 Strukturell bärförmåga (STR).....	7
7.2 Geoteknisk bärförmåga – Dimensionering i brottgränstillstånd (GEO).....	7
7.2.1 Dimensionering genom beräkning	7
Dimensioneringssätt.....	7
Modellpåleanalogi respektive Kompletterande tillvägagångssätt.....	7
Bestämning av karakteristiskt värde för geokonstruktionen	8
Dimensionerande bärförmåga i DA2 (GEO)	8
Beräkningsmodell och modellosäkerhet.....	9
7.2.2 Dimensionering genom provbelastning	11
Dynamisk provbelastning	11
Dragbelastade pålar.....	12
Statisk provbelastning.....	12
7.2.3 Dimensionering genom observationsmetoden	12
8. Beständighet	13
9. Installations anvisningar.....	14
Slagning.....	14
Avslutande arbete	14
10. Arbetsskydd och miljöskydd.....	14
11. Styrande dokument.....	15

1. Inledning

ITG Steel Piles påle, MCP- pålen, är en vidareutveckling av Hercules Micropåle. Pålen är en slank rörpåle tillverkad av stål med hög hållfasthet och kvalitet, avsedd för installation genom slagning. Pålen kan förses med bergspets och skarvas med en hylsskarv. Efter installation fylls MCP- pålen normalt med betong.

För MCP-pålen gäller att:

- den medför liten omgivningspåverkan och därför ofta kan användas som alternativ till konventionell pålning när det föreligger risk för skadliga vibrationer eller sättningar,
- den passar bra när utrymmet för installation är begränsat, såsom vid grundförstärkningsarbeten,
- den är lämplig för villor och andra byggnader och anläggningar med måttliga laster,
- den är utformad med hänsyn till höga krav på rakhet och täthet,
- den har en skarvutformning som i kombination med små måttoleranser leder till att den blir rak och väl sammanslagen i skarvarna.
- den har en skarvutformning som leder till en kraftöverförande kapacitet mellan pålrör och hylsa i skarven efter sammanslagning.

2. MCP-pålarnas material och beslag

Stålkvalitet

Pålrör tillverkas av stål S460MH med sträckgräns $f_{yk} = S460$ Mpa med leveransvillkor enligt standard SS-EN 10219.

Materialvärden för SS-EN 10219 S460MH framgår av SS-EN 1993-1-1. Dimensioneringsvärden enligt SS-EN 1990 och SS-EN 1993-1-1.

Topplåt tillverkas i S355J2.

Pålspetsens dubb tillverkas i SS 2225 och härddas till 48-50 HRC. Bergskon tillverkas i S355J2 alternativt SS 2142.

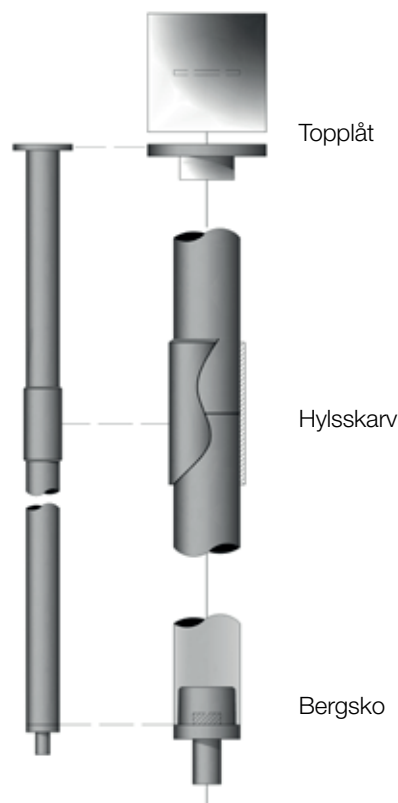
Pålelement och utrustning

Pålsystemet som levereras av ITG Steel Piles består av delar visade i Figur 1. Påltypernas tvärsnittsvärden är sammanställda i Tabell 1.

Skarven tillverkas av en specialformad hylsa där diametern är reducerad vid mitten. Tillverkningen övervakas av ett oberoende tredjeparts organ, Inspecta.

Pålarna förses med en tryckfördelande platta (topplatta). Pålarna ingjuts normalt 10 cm i grundplattan. För att undvika genomstansning bör grundplattan skjuta ut utanför yttersta pålens tryckfördelande platta. Se SS-EN 1992-1 för dimensionering med hänsyn till genomstansning (se Tabell 2).

Figur 1. MCP-pålens uppbyggnad



Tabell 1. Dimensioner och tvärsnittsvärden för MCP-pålar, S460MH

Påltyp	MCP2	MCP3	MCP5	MCP6	MCP7	MCP8	MCP9	MCP10
D [mm]	76,1	88,9	114,3	114,3	139,7	139,7	168,3	168,3
t [mm]	6,3	6,3	6,3	8	8	10	10	12,5
M [kg/m]	10,8	12,8	16,8	21,0	26,0	32,0	39,0	48,0
A ₀ [mm ²]	1381	1635	2138	2672	3310	4075	4973	6118
I ₀ [cm ²]	84,82	140,24	312,71	379,49	720,29	861,89	1563,98	1868,35
W ₀ [cm ²]	22,29	31,55	54,72	66,40	103,12	123,39	185,86	222,03
F _{stuk} [kN]	635	752	983	1229	1523	1874	2288	2814

Tabell 2. Mått för topplåtar för MCP-pålar, S355J2

Påltyp	MCP2	MCP3	MCP5	MCP6	MCP7	MCP8	MCP9	MCP10
Mått	150x150x15		200x200x20		250x250x25		300x300x30	

3. Geoteknisk kategori (GK)

Val av geoteknisk kategori (GK), bestäms enligt SS-EN 1997-1 och TD Grunder. Valet av geoteknisk kategori styr omfattningen av nödvändiga undersökningar, beräkningar och kontroller.

Till GK1 eller GK2 hänförs pålgrundläggning som utförs med välbeprövade och accepterade metoder för de aktuella geotekniska förhållandena. GK2 är den kategori som gäller om inte den geotekniska situationen bedöms vara "lätt" eller "svår". För GK2 krävs en verifiering av bärförmågan med exempelvis beräkningar och/eller provbelastning samt geotekniskt underlag i form av minst rutinundersökningar på laboratorium.

I GK3 ska en oberoende granskare normalt tillsättas. Även i GK2 kan en oberoende granskare tillsättas. I TD Grunder ges en utförligare beskrivning av vilka krav som gäller för olika geotekniska kategorier, samt vilka uppgifter en oberoende granskare har.

GK1 får inte tillämpas för säkerhetsklass 3.

4. Säkerhetsklass

Vid dimensionering med partialkoefficientmetoden ska lasternas storlek modifieras genom multiplikation med en partialkoefficient för säkerhetsklass. **Partialkoefficient för säkerhetsklass ska inte appliceras på material-egenskaper.**

Val av säkerhetsklass för en byggnadsdel ska göras enligt de övergripande riktlinjer som anges i BFS eller VVFS enligt följande citat:

"Med hänsyn till omfattningen av de personskador som kan befaras uppkomma vid brott i en byggnadsverksdel, ska byggnadsverksdelen hänföras till någon av följande säkerhetsklasser:

- Säkerhetsklass 1 (låg), liten risk för allvarliga personskador
- Säkerhetsklass 2 (normal), någon risk för allvarliga personskador
- Säkerhetsklass 3 (hög), stor risk för allvarliga personskador"

Nedan anges förslag på indelning av pålgrundläggning (STR och GEO) i säkerhetsklasser:

Pålgrundläggning får hänföras till säkerhetsklass 1 (SK1) när stora deformationer inte kan orsaka kollaps utan endast obrukbarhet av ovanförliggande konstruktion eller när personer endast i undantagsfall vistas i och i närheten av konstruktionen.

Exempel på pålgrundläggning i SK1:

- Spets- eller mantelburna pålar i friktionsjord där deformationer vid brott beräknas bli små (deformationshårdnande egenskaper).

Pålgrundläggning ska hänföras till säkerhetsklass 3 (SK3) när stora deformationer kan orsaka omedelbar kollaps av ovanförliggande konstruktion. Dessutom ska många personer vistas i och i närheten av konstruktionen.

Exempel på pålgrundläggning där SK3 kan vara aktuell:

- Mantelburna pålar i sensitiv lera eller annan jord med deformationsmjuknande egenskaper (sprött brott).
- Pålar där böjknäckning är dimensionerande (STR) och där en del av pålen saknar sidomotstånd, t ex i luft eller vatten.
- Pålgrundläggning som befaras kunna bli utsatt för betydande draglast eller cykliskt last.

Pålgrundläggning som inte kan hänföras till säkerhetsklass 1 eller 3 ska hänföras till säkerhetsklass 2.

Partialkoefficienter för säkerhetsklass

Enligt VVFS och i BFS skall säkerhetsklassen beaktas vid dimensionering i brottgränstillstånd. Partialkoefficienten för säkerhetsklass har följande värden:

SK1: $\gamma_d = 0,83$

SK2: $\gamma_d = 0,91$

SK3: $\gamma_d = 1,0$

5. Laster

Laster i påltoppen skall beräknas enligt SS-EN 1990 med nationella val enligt EKS eller VVFS. Eventuell påhängslast (negativ mantelfriktion) får beräknas enligt TD-Pålgrundläggning. Även i SS-EN 1997-1 beskrivs hur hänsyn tas till påhängslaster.

Beräkning av lasteffekt i brottgränstillstånd

Dimensionerande lasteffekt för gränstillstånden GEO och STR bestäms som det högsta värdet av SS-EN 1990 med nationellt val enligt BFS respektive VVFS, ekvation 6.10a och 6.10b:

$$\text{Ekvation 6.10a: } E_d = \gamma_d \cdot 1,35 \cdot G_{k,i,\text{sup}} + \gamma_d \cdot 1,5 \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1}$$

$$\text{Ekvation 6.10b: } E_d = \gamma_d \cdot 0,89 \cdot 1,35 \cdot G_{k,i,\text{sup}} + \gamma_d \cdot 1,5 \cdot Q_{k,1}$$

Geoteknisk lasteffekt (STR)

Som komplement till ekvation 6.10a och 6.10b ovan ska ekvation 6.10 enligt SS-EN 1990 användas för geoteknisk last i DA 3.

$$\text{Ekvation 6.10: } E_d = \gamma_d \cdot 1,1 \cdot G_{k,i,\text{sup}} + \gamma_d \cdot 1,4 \cdot Q_{k,1}$$

Laster och lasteffekter i bruksgränstillstånd

I bruksgränstillstånd beräknas dimensionerande lasteffekt enligt följande ekvationer:

Konstruktionslaster och geotekniska laster, ogynnsamma laster:

$$E_d = G_{k,i,\text{sup}} + \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Konstruktionslaster och geotekniska laster, gynnsamma laster:

$$E_d = G_{k,i,\text{inf}}$$

6. Dimensioneringssätt, DA2 och DA3

Pålars strukturella bärförmåga dimensioneras i gränstillstånd STR, medan den geotekniska bärförmågan dimensioneras i gränstillstånd GEO, se SS-EN 1990 och SS-EN 1997-1.

Tillståndet STR ska dimensioneras med dimensioneringssätt 3 (DA3).

Den geotekniska bärförmågan (GEO) ska dimensioneras med dimensioneringssätt 2 (DA2).

De skiljer sig åt genom det sätt på vilket de fördelar partialkoefficienter mellan laster, lasteffekter, materialegenskaper och bärförmåga.

I Dimensioneringssätt 2 tillämpas koefficienterna antingen på laster eller lasteffekter och på bärförmåga.

I Dimensioneringssätt 3 tillämpas koefficienterna på laster eller lasteffekter från konstruktionen och på markens (materialets) hållfasthetsparametrar.

Innebörden av olika dimensioneringssätt och de olika brottgränstillstånden se även IEG Rapport 2:2008, TD-Grunder och IEG Rapport 8:2008-2, TD-Pålgrundläggning.

7. Lastkapacitet

Pålens strukturella bärförmåga ska vara större än den dimensionerande lasteffekter i alla delar och snitt. Detta gäller såväl under installationen som för den installerade pålen. För den installerade pålen ska dessutom den geotekniska bärförmåga, d.v.s. omgivande jords och/eller bergs lastupptagningsförmåga, vara större än påförda dimensionerande lasteffekter.

$$\text{dimensionerande lasteffekter} \leq \begin{matrix} \text{strukturell bärförmåga (STR, DA3)} \\ \text{geoteknisk bärförmåga (GEO, DA2)} \end{matrix}$$

7.1 Strukturell bärförmåga (STR)

Dimensionering för pålarna beräknas enligt Repays rapport Dimensioneringstabeller för slagna stålrörspålar.

7.2 Geoteknisk bärförmåga – Dimensionering i brottgränstillstånd (GEO)

Dimensionering kan utföras enligt IEG Rapport 8:2008-2, TD-Pålgrundläggning som beskrivs nedan:

7.2.1 Dimensionering genom beräkning

Dimensioneringssätt

Enligt avsnitt 2.4.7.3.4 i EN 1997-1 ska en dimensionering i brottgränstillstånd göras genom användning av ett av tre dimensioneringssätt. För dimensionering av pålgrundläggning genom beräkning eller provbelastning i gränstillståndet GEO, enligt SS-EN 1997-1 (samt BFS respektive VVFS), ska dimensioneringssätt 2 (DA2) användas.

Dimensionering genom beräkning av geoteknisk bärförmåga (GEO) i brottgränstillstånd omfattar bl a följande:

- Enskild påles bärförmåga vid tryckbelastning; spets- och mantelmotstånd
- Enskild påles bärförmåga vid dragbelastning; mantelmotstånd
- Enskild påles bärförmåga vid transversalbelastning
- Pålgruppens bärförmåga med hänsyn till eventuell gruppverkan av t ex packning och blockbrott.

Vid dimensionering kan hänsyn behöva tas till tidsberoende förändringar av bärförmågan, på grund av konsolidering i kohesionsjord, bärförmågetillväxt i friktionsjord, eller reduktion av bärförmåga vid upprepad dynamisk last eller förhöjda porttryck.

Modellpåleanalogi respektive Kompletterande tillvägagångssätt

Dimensionering av pålgrundläggning genom beräkning (GEO) på basis av geotekniska undersökningsresultat kan enligt SS-EN 1997-1, avsnitt 7.6.2.3, utföras enligt två tillvägagångssätt:

- Modellpåleanalogi
- Kompletterande tillvägagångssätt

I Modellpåleanalogin används en korrelationskoefficient ξ , som beror på antalet prov, för att bestämma det karaktäristiska värdet på den geotekniska bärförmågan. Modellpåleanalogin är det tillvägagångssätt som ska väljas i första hand.

I Kompletterande tillvägagångssätt används inga korrelationskoefficienter varför en kompletterande (extra) modellfaktor $\gamma_{Rd,e}$ ska användas för att få tillräcklig totalsäkerhet. Denna sätts till 1,4 vilket motsvarar ξ för en undersökningspunkt. Denna metodik ska inte förväxlas med tidigare svensk praxis.

Bestämning av karakteristiskt värde för geokonstruktionen

Karakteristiska värden för beräkning (GEO) med modellpåleanalogen ska bestämmas med korrelationskoefficienter enligt tabell A.10 i SS-EN 1997-1 som det minsta av följande värde:

$$R_k = \frac{R_{cal,mean}}{\xi_3} \text{ (medelvärde)}$$

alternativt

$$R_k = \frac{R_{cal,min}}{\xi_4} \text{ (minvärde)}$$

där

R_{cal} Beräknad bärförmåga baserad på härlett medelvärde (mean) eller minvärde (min).

Tabell 3. (Tabell A.10 i SS-EN 1997-1). Korrelationskoefficienter ξ för bestämning av karakteristiska värden från resultat av geotekniska undersökningar (n - antalet undersökningar)

ξ för n	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,4	1,35	1,33	1,31	1,29	1,27	1,25
ξ_4	1,4	1,27	1,23	1,2	1,15	1,12	1,08

Om pålfundamentet har tillräcklig styvhet för att överföra laster från svaga till starka pålar får en reduktion genom division med 1,1 av ξ_3 och ξ_4 göras, enligt SS-EN 1997-1, avsnitt 7.6.2.3(7). Inga ändringar till Tabell A.10 har gjorts i Vägverkets eller Boverkets föreskrifter.

Dimensionerande bärförmåga i DA2 (GEO)

Den dimensionerande bärförmågan enligt **modellpåleanalogen** beräknas på följande sätt:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \frac{R_k}{\gamma_R}$$

där

γ_R Partialkoefficient för bärförmågan vid spets (index b), mantel (index s), total bärförmågan (index t) eller för dragen påle (index s,t). Värden anges nedan.

γ_{Rd} Modelfaktor. Värden anges nedan.

Den dimensionerande bärförmågan enligt **kompletterande tillvägagångssätt** beräknas på följande sätt:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd,e}} \frac{1}{\gamma_{Rd}} \frac{R_k}{\gamma_R}$$

där

R_k Karakteristiskt värde enligt ekvation 7.9 i EN 1997-1 för spets respektive mantel.

$\gamma_{Rd,e}$ Extra modelfaktor som sätts till 1,4.

Partialkoefficienterna för slagna pålar i EN 1997-1, Tabell A.6, kolumn R2 (vilken gäller för DA2) har höjts i Vägverkets föreskrifter, jämfört med EN 1997-1 med 0,1 till 1,2 för tryckbelastning dvs:

$$\gamma_b = 1,2 \quad \gamma_s = 1,2 \quad \gamma_t = 1,2$$

För dragbelastning har partialkoefficienten höjts med 0,15 till 1,3 dvs:

$$\gamma_{s,t} = 1,3$$

Observera att i Boverkets föreskrifter, BFS, gäller att samtliga redovisade värden ska vara **0,1 högre** i absoluta tal.

Beräkningsmodell och modellosäkerhet

I SS-EN 1997-1, avsnitt 2.4.1(6)P anges att vald beräkningsmodell ska vara tillförlitlig eller ge fel på säkra sidan. Vidare anges i avsnitt 2.4.1 (8) att beräkningsresultaten därför får modifieras med en modellfaktor för att säkerställa dimensioneringen. Dessutom anges i avsnitt 2.4.1 (9) att en sådan modellfaktor ska ta hänsyn till osäkerheter orsakade av själva analysmetoden samt kända systematiska fel förknippade med metoden. Enligt avsnitt 7.6.2.3(1)P ska beräkningsmetoder som baseras på resultat från geotekniska undersökningar grundas på provbelastningar och dokumenterad erfarenhet från jord och berg med liknande geotekniska egenskaper och för liknande påltyp.

Även om det inte direkt uttalas i SS-EN 1997-1, avsnitt 2.6 så kan modellfaktorer även appliceras på provningsmetoder. Detta framgår av tabell A.11 där modellfaktorer för olika stötvågsbaserade metoder redovisas.

I tabellerna nedan redovisas modellfaktorer för olika beräkningsmodeller och olika provbelastningsmetoder för friktionspålar, kohesionspålar respektive spetsbärande pålar. Användning av dessa modellfaktorer förutsätter att välbeprövade och väletablerade beräkningsmetoder och utvärderingsmetodik används vid dimensioneringen. Dessa värden är endast rådgivande. Under speciella förutsättningar kan ett val av andra modellfaktorer ibland motiveras. Dessa får beräknas med statistiska metoder eller tas fram genom korrelation mot provbelastningar. Högre modellfaktorer än nedan angivna bör väljas om beräkningsmodellen eller provningsmetoden bedöms som mer osäker än normalt under de rådande geotekniska förutsättningarna.

För dragbelastade friktionspålar där dragbärförmågan baseras på tryckbärförmåga, genom beräkning eller provbelastning, bör en reduktionsfaktor på minst 0,7 användas (om inte en provning eller noggrann analys visar på en annan faktor är tillämplig).

Tabell 4. Modellosäkerheter för friktionspålar (GEO)

Beräkningsmodell / provningsmetod	Modellfaktorer γ_{Rd}
Geostatisk metod (baserad på friktionsvinkel) för pålar i friktionsjord	1,6
Dimensionering av pålar baserad på sonderingsresultat med CPT	1,4
Dimensionering av pålar baserad på övriga sonderingsmetoder, t ex HfA, SPT och Tr, med verifiering av jordart genom provtagning.	1,5
Statisk provbelastning	1,0
Dynamisk provbelastning utvärderad endast med CASE-metoden. CAPWAP-analys bör utföras för mantelburna pålar	1,2
Dynamisk provbelastning med signalmatchning med CAPWAP-analys.	0,85
Dragbelastning utvärderad från CAPWAP. Dessutom bör en reduktions-faktor för dragbelastning på 0,7 användas.	1,3
Pålslagningsformler med eller utan fjädringsmätning, Slagningssimulering (sk WEAP-analys)	Tillåts ej

Tabell 5. Modellosäkerheter för kohesionspålar (GEO)

Beräkningsmodell / provningsmetod	Modellfaktorer γ_{Rd}
Odränerad analys (α -metod). Metoden ska alltid användas för lösa leror.	1,1
Dränerad analys (β -metod)	1,2
Statisk provbelastning	1,0
Dynamisk provbelastning, CASE-metod	Tillåts ej
Dynamisk provbelastning med signalmatchning med CAPWAP-analys. Kalibrering mot statisk provbelastning enligt EN 1997-1, avsnitt 7.5.3(1)	1,0
Påslagningsformler med eller utan fjädringsmätning	Tillåts ej
Slagningssimulering (sk WEAP-analys)	Tillåts ej

Tabell 6. Modellosäkerheter för spetsbärande pålar (GEO)

Beräkningsmodell / provningsmetod	Modellfaktorer γ_{Rd}
Statisk provbelastning	1,0
Dynamisk provbelastning utvärderad med CASE-metoden	1,0
Dynamisk provbelastning utvärderad med CASE-metoden Spetsbärande pålar på berg/morän där sjunkningen per slag ≤ 2 mm, samt spetsfjädringen $\leq D/60$	0,85
Dynamisk provbelastning med signalmatchning med CAPWAP-analys	0,85
Slagningssimulering (WEAP-analys)	1,3
Påslagningsformler med fjädringsmätning	Tillåts ej

7.2.2 Dimensionering genom provbelastning

Dynamisk provbelastning

Vid bestämning av karakteristiskt värde från dynamiska provbelastningar enligt EN 1997-1 är medelbärförmågan dimensionerande alternativt det minsta uppmätta enskilda bärförmågevärdet. Det minsta av följande värden ska således användas som karaktäristiskt värde:

$$R_{ck} = \frac{R_{mean}}{\xi_5}$$

$$R_{ck} = \frac{R_{min}}{\xi_6}$$

Korrelationskoefficienten ξ fås från tabell A.11 i EN 1997-1, se tabell 7 nedan. Denna har reviderats i de svenska föreskrifterna med avseende på:

- Minsta antal mätta pålar är tre (för kolumn ≥ 2 gäller för 3). En förutsättning är att största avståndet mellan pålar inom ett kontrollobjekt är 25 m (I annat fall ska minst 4 st mätas)
- En kolumn för fyra stycken mätta pålar samt en för ≥ 40 st har införts.
- Modellfaktorer har reviderats.
- Påslagningsformler tillåts inte som metod för bestämning av stoppslagningskriterier.

Utförs signalmatchning av stötvågskurvorna får ξ multipliceras med en modellfaktor $\gamma_{Rd} = 0,85$. Om dessutom byggnadsverket kan överföra laster från svaga pålar till starka får enligt VFVS korrelationskoefficienten ξ divideras med en faktor 1,1 (ξ dock lägst 1,0). Detta gäller dock inte enligt BFS vid dynamisk provbelastning.

Dimensionerande värde beräknas sedan enligt ekvation

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \frac{R_k}{\gamma_R}$$

Modellösäkerhet (modellfaktorer) för olika provlastningsförfaranden och pålfunktioner redovisas i tabell 4 till 7. Notera att för dynamisk provbelastning enligt tabell A.11 (S) skall ξ multipliceras med γ_{Rd} redan vid bestämning av karakteristiskt värde, vilket medför att γ_{Rd} inte skall användas en gång till i ekvationen

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \frac{R_k}{\gamma_R}$$

och

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd,e}} \frac{1}{\gamma_{Rd}} \frac{R_k}{\gamma_R}$$

Tabell 7. (Tabell A.11 i SS-EN 1997-1 samt enligt VFVS och BFS). Korrelationskoefficienter ξ för bestämning av karakteristiska värden från dynamiska provbelastningar (n - antalet provade pålar)

ξ för $n =$	3	4	≥ 5	≥ 10	≥ 15	≥ 20	≥ 40	samtliga
ξ_5	1,60	1,55	1,50	1,45	1,42	1,40	1,35	1,30
ξ_6	1,50	1,45	1,35	1,30	1,25	1,25	1,25	1,25

Dragbelastade pålar

För dragbelastade mantelburna pålar i friktionsjord får dragbärförmågan bestämmas genom CAPWAP-analys. En reduktionsfaktor ska användas som tar hänsyn till att provbelastningen utförts under tryck. Bestämning av dragbärförmågan för huvudsakligen spetsburna pålar enligt CAPWAP-analys bör inte utföras eftersom precisionen mellan mantel- och spetsbärförmåga är relativt dålig.

Upptryckning/uppdragning av en pålgrupp tillhör gränstillståndet UPL och ska i förekommande fall kontrolleras.

Statisk provbelastning

Motsvarande som för dynamiska provbelastningar gäller även för statiska provbelastningar:

$$R_{ck} = \frac{R_{mean}}{\xi_1}$$
$$R_{ck} = \frac{R_{min}}{\xi_2}$$

Om byggnadsverket kan överföra laster från svaga pålar till starka får ξ divideras med en faktor 1,1 (ξ dock lägst 1,0). Korrelationskoefficienten ξ fås från tabell A.9 i SS-EN 1997-1 (se tabell 8). Inga förändringar har gjorts i de svenska nationella bilagorna. För en mätt påle gäller att största avståndet mellan pålar inom ett kontrollobjekt är 25 m (i annat fall ska minst 2 st pålar mätas). Dimensionerande värde beräknas sedan enligt ekvation

$$R_d = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \frac{R_k}{\gamma_R}$$

Brottkriterier för bestämning av bärförmågan ska baseras på pålspetsens sättning, vilket innebär att hänsyn ska tas till pålelementets elastiska hoptryckning. Vid svårigheter att utvärdera bärförmågan på grund av deformationshårdnande beteende bör den utvärderas vid en rörelse som motsvarar maximalt 10% av spetsdiametern. För pålar med stor diameter (t ex grävpålar eller grova stålrörspålar) kan ett sådant brottkriterium innebära oacceptabla sättningar med risk för brott i ovanförliggande konstruktion. I dessa fall ska dimensionering även utföras i bruksgränstillstånd alternativt används ett brottkriterium som är bättre anpassat till ovanförliggande konstruktion. Att utvärdera kryplasten när man har utfört stegvis pålastning kan i många fall vara ett bra alternativ/komplement till utvärdering av brottlasten. I Pålkommisionens rapport 59 beskrivs bl a hur kryplasten utvärderas.

Tabell 8. (Tabell A.9 i SS-EN 1997-1 samt enligt VVFS och BFS). Korrelationskoefficienter ξ för bestämning av karakteristiska värden från statiska provbelastningar (n - antalet provade pålar)

ξ för $n =$	1	2	3	4	5
ξ_1	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00
ξ_2	1,40	1,20	1,05	1,00	1,00

7.2.3 Dimensionering genom observationsmetoden

I SS-EN 1997-1, avsnitt 2.7 beskrivs de krav som ska uppfyllas för att dimensionering enligt observationsmetoden får tillämpas. För pålgrundläggning bör därmed minst följande moment ingå för att kunna klassificeras som observationsmetoden:

- Att ett mätprogram/kontrollprogram upprättas där bl a utförande, krav och förutsättningar för provpållningen och produktionskontrollen beskrivs.
- Att en löpande produktionskontroll under byggskedet utförs med en återkoppling och eventuell revidering med hänsyn till observationer och mätresultat.

8. Beständighet

MCP-pålen är dimensionerad 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. Det finns två rekommenderande vägar att ta med hänsyn till rostmån.

Den ena metoden är beskriven i SS-EN 1993-5 Design of Steel Structures, Piling (Tabell 9)

Den andra metoden för att dimensionera rostmån finns beskriven i Pålkommisionens rapport 98 (Tabell 10).

Geoteknisk undersökning ska utföras och utvärderas m.h.t korrosionsförhållanden.

Tabell 9. Minskning av pålarnas godstjocklek [mm] på grund av korrosion ovan eller under grundvattennivån

Jordförhållanden	Avsedd livslängd				
	5 år	25 år	50 år	75 år	100 år
Ostörd, naturlig jord (sand, silt, lera, skifferjord etc.)	0,00	0,30	0,60	0,90	1,20
Förorenad, naturlig jord och jord i industriområde	0,15	0,75	1,50	2,25	3,00
Aggressiv, naturlig jord (träskmark, myrmark, torv etc.)	0,20	1,00	1,75	2,50	3,25
Opackade och icke-aggressiva fyllningar (lera, skifferjord, sand, silt etc.)	0,18	0,70	1,20	1,70	2,20
Opackade och aggressiva fyllningar (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: EN 1993-5: Design of Steel Structures – Part 5: Piling					

Tabell 10. Dimensionerande rostmån för 100 år i jord, enkla förhållanden. För andra förhållanden se Pkr 98.

Jordart	Dimensionerande rostmån, mm	
	över GW	under GW
Sand, grus samt sandiga/grusiga moräner och fyllning	2	2
Lera, silt, leriga/syltiga moräner	3	2
Gyttig lera/silt, torv, dy (vattenkvot>80%)	4	3
Källa: Pkr 98		

9. Installations anvisningar

Slagning

Slagning skall ske så att pålen uppnår erforderlig bärförmåga och så att pålen inte överbelastas under slagningen.

Vid högt utnyttjande finns det risk för överbelastning. Det skall då kontrolleras, till exempel genom stötvågsmätning, att lasteffekten vid stoppslagning inte överskrider lastkapaciteten.

Avslutande arbete

Efter installation kapas pålarna. Efter kapning skall ojämnheten över tvärsnittets yta inte överstiga 0,5 mm.

Fyllning/ingjutning av pålar kan utföras med bruk av standardcement och vatten, varvid vct skall vara mindre än 0,5. Se Pkr 98.

Pålarna förses med tryckfördelande platta (topplatta). Pålarna ingjuts normalt 10 cm i grundplatta. För att undvika genomstansning bör grundplattan skjuta ut utanför yttersta pålens tryck-fördelande platta. Se SS-EN 1992-1 för dimensionering med hänsyn till genomstansning.

Avstånd till befintlig vägg väljs med hänsyn till slagningsutrustning. Normalt brukar 25 cm á 35 cm räcka. Lämpligt avstånd mellan pålar beror av pållängd och geotekniska förhållanden, se till exempel Pågrundläggningshandboken.

10. Arbetsskydd och miljöskydd

Vid installation av MCP-pålar skall man använda utrustning som är lämpligt för pålningsändamålet. I standarden SS-EN 996 Piling Equipment - Safety requirements har redovisats några allmänna krav för pålningsutrustning.

Vid MCP-pålning följs tillämpningsbara lagar och förordningar samt andra normer och anvisningar, bl.a säkerheten vid utförande inom arbetsområdet samt funktionell säkerhet av den utrustning och de verktyg som används vid arbetet.

Vid pålning skall man vara speciellt uppmärksam på följande arbetsmoment:

- när man lyfter eller flyttar pålar
- när man arbetar i närheten av hydraulisk utrustning
- när man kapar pålar
- när pålrör är öppna kan det vara en säkerhetsrisk

Störningar och miljörisker orsakade av pålning skall minimeras så mycket som möjligt. Störningar eller miljörisker kan vara:

- förskjutning och/eller packning av jordlager
- störning av jordlager och ökning av porvattentryck
- vibration
- buller
- förorening av jord, vatten och luft

MCP-pålar orsakar liten jordundantärning jämfört med deras kapacitet, varvid störningar i omgivande jord orsakade av installation i allmänhet är ringa. Buller orsakat av slagning av MCP-pålar beror på installationsutrustningen. På arbetsplatsen rekommenderas alltid användning av hörselskydd och att tillträde av utomstående oskyddade personer förhindras.

När man arbetar vid eller i närheten av vatten- eller grundvattenområde skall man vidta tillräckliga skyddsåtgärder för att minska eventuell skada från pålningsutrustning. Andra konsekvenser som läckande olja skall snabbt kunna samlas upp och förhindras rinna ut i vattendrag eller marken. I kraftöverföringssystemet av hydrauliska utrustningar rekommenderas att använda nedbrytbara miljövänliga oljor.

11. Styrande dokument

Normer

SS-EN 1990	Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk
SS-EN 1991-1-1	Laster på bärverk – Del 1-1: Allmänna laster – Tunghet, egentyngd, nyttig last för byggnader
SS-EN 1993-1-1:2005	Dimensionering av stålkonstruktioner – Allmänna regler för byggnader.
SS-EN 1993-5:2007	Dimensionering av stålkonstruktioner – Pålår och spont
SS-EN 1997-1:2005	Dimensionering av geokonstruktioner – Allmänna regler.

Utförandestandarder

SS-EN 14199:2005	Utförande av geokonstruktioner – Mikropålar
------------------	---

Nationella anpassningar av normer

BFS	EKS: Boverkets föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av europeiska konstruktionsstandarder.
WFS	Vägverkets föreskrifter WFS om ändring i föreskrifterna om tillämpningen av europeiska beräkningsstandarder.

Övriga dokument

TK Geo 11, Publ. 2011:047	Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner.
TK Bro, VV 2009:27 BVS 1538.19	Vägverkets och Banverkets tekniska krav vid nybyggande och förbättringar av broar.
IEG Rapport 2:2008, Rev. 2	Tillämpningsdokument – Grunder, EN 1997
IEG Rapport 8:2008, Rev. 2	Tillämpningsdokument – EN 1997-1 kapitel 7, Pålgrundläggning.
Pålkommisionen Rapport 84a	Beräkning av dimensionerande bärförmåga för slagna pålar med hänsyn till pålens material och omgivande jord.
Pålkommisionen Rapport 93	Korrosion och korrosionsskydd av stålplålar och stålspont i jord och vatten.
Pålkommisionen Rapport 96:1	Dimensioneringsprinciper för pålar – Lastkapa-citet. Inklusive Supplement 2.
Pålkommisionen Rapport 98	Dimensioneringsanvisningar för slagna slanka pålar
Pålkommisionen Rapport 81	Systempålår. Anvisningar för beräkning av dimensionerande bärförmåga