

## PÅLKOMMISSIONEN – NYA PÅLHANDBOKEN

***Olle Båtelsson <sup>A</sup>, Anders Beijer <sup>B</sup>, Stefan Aronsson <sup>C</sup>***

***<sup>A</sup> Trafikverket***

***<sup>B</sup> ELU Konsult AB***

***<sup>C</sup> Liljemark Consulting AB***

### SAMMANFATTNING

Pålkommisionen har äntligen kommit i mål med sitt arbete i att sammanställa samtliga Pålkommisionens rapporter till en handbok om pålning - Pålhandboken. Målet är att Pålhandboken uppdateras regelbundet för att därmed hållas á-jour med gällande regelverk och den tekniska utvecklingen i branschen.

Pålhandboken riktar sig till de yrkesgrupper som arbetar aktivt med pålningsprojekt d.v.s. geotekniker, geokonstruktörer och grundläggningsentreprenörer. Den är också tänkt att vara ett hjälpmedel för byggkonstruktörer och projektledare på beställarsidan, då Pålhandboken tar upp tillämpbara delar om principer för projektering, upphandling, riskhantering, klimat- och omgivningspåverkan.

Arbetet inleddes redan 2016 med en förstudie och har därefter genomförts under ledning av Pålkommisionens styrelse, därefter genomförts av arbetsgrupper bestående av författare för respektive kapitel. Ett antal experter från såväl privata aktörer som offentliga beställare och branschföreningar har granskat och inkommit med värdefulla kommentarer.

### SUMMARY

The Swedish Pile Commission (Pålkommisionen) has finally finished the project “The pile handbook” (Pålhandboken), collecting and updating its current reports into one volume. The aim is to revise and update the handbook to include the latest technical developments in the industry.

The Pile handbook is written for piling professionals, including geotechnical engineers, pile designers and foundation contractors. It is intended to assist people active in nearby areas, such as structural engineers and project managers on the Client side, since the handbook discusses several significant aspects of design, tendering, risk management and environmental impacts caused by piling.

The project was initiated in 2016 with a preliminary report, and the work has been carried out under the management of the board of Pålkommisionen and several project groups consisting of the authors of the specific chapters. Experts consisting of designers, contractors, public agencies and professional societies have reviewed the draft chapters and contributed with insightful comments.

## 1 INLEDNING – PÅLKOMMISSIONEN

Pålkommisionen bildades 1959, då som en del av Ingenjörsvetenskapsakademien IVA, och bedriver forskning, utveckling och utredningar inom pålgrundläggning och stödkonstruktioner. Föreningens huvuduppgift är att bidra till utveckling inom dessa teknikområden genom att

- Prioritera, initiera och genomföra forsknings o utvecklingsprojekt
- Följa upp och utvärdera forskningsresultat
- Sprida kunskap och erfarenhet vidare.

Föreningen har ca 50 medlemsföretag/organisationer – myndigheter, entreprenörer, konsulter, tillverkare, universitet och högskolor, forskningsinstitut med flera.

Pålkommisionen ansvarar för utbildning inom pål- och spontområdet genom egna kurser samt samlar branschen till Påldagen vartannat år.

## 2 BAKGRUND TILL NYA PÅLHANDBOKEN

Mycket av det arbete som pålkommisionen har genomfört finns publicerat i de välkända rapporterna som har stor spridning i branschen. Dessa rapporter har en formell status som råd, men eftersom de ofta har skrivits in som krav i förfrågningsunderlag har de i många fall fått status som kontraktsdokument och formella krav i olika entreprenader. Rapporterna innefattar bland annat betongpålar, stålrörspålar, injekteringspålar och grävpålar, och redovisar både dimensioneringsmetoder och anvisningar för projektering, utförande och kontroll. En betydande del av materialet i rapporterna har blivit förhållandevis daterat på grund av den tekniska utvecklingen och byte av normer. Pålkommisionen har därför genomfört ett projekt med att sammanställa kunskapen från rapporterna i en pålhandbok, för att all information ska finnas uppdaterad och på ett ställe. Föredraget om den nya pålhandboken och denna artikel behandlar arbetet med att ta fram pålhandboken samt innehållet, ett arbete som inleddes med en förstudie 2016 och sedan upptagit en stor del av pålkommisionens arbete.

## 3 SKRIVANDET AV NYA PÅLHANDBOKEN

Den nya pålhandboken har skrivits av ett antal arbetsgrupper, som bestått av personer från olika delar av branschen. Arbetsgrupperna har återanvänt lämpligt material i de tidigare rapporterna och skrivit nytt material där det tidigare varit daterat eller för att nya lager och regler tillkommit, exempelvis Eurokoderna. Grupperna har utgjorts av en sammankallande person, och arbetet med att skriva olika kapitel har sedan fördelats mellan personerna i gruppen. De sammankallande har sedan i sin tur samordnat arbetet i en övergripande redaktionsgrupp bestående av Olle Båtelsson, Björn Dehlbom, Gunnar Holmgren, Peter Alheid, Tanja Bojovic, Anders Beijer

Lundberg och Stefan Aronsson. Efter att respektive kapitel färdigställts och interngranskats av arbetsgruppen har en extern granskning genomförts av personer inom branschen, och kapitlen har därefter justerats inför en samgranskning för samordning av materialet i respektive kapitel för att skapa en balanserad helhet.

## 4 ÖVERSIKT

Innan respektive arbetsgrupp inledde sitt arbete togs en innehållsförteckning fram för pålhandboken som helhet. Denna redovisas i nedan där även den sammankallande personen för respektive arbetsgrupp är redovisad. Innehållsförteckningen bygger på en omfattande diskussion om en lämplig disposition. Målsättningen för respektive kapitel skulle vara tydlig men också sammanhanget, d.v.s. hur de olika avsnitten och kapitlen skulle hänga ihop. Det var också frågan om hur strukturen i boken skulle läggas fram för att dels göra innehållet överskådligt, dels för att hålla en lämplig detaljnivå. I kommande avsnitt redovisas kort innehållet och målsättningen för respektive kapitel.

Kapitel	Innehåll	Sammanställande
1	Inledning	Gunnar Holmberg, Skanska
2	Underlag för projektering	Stefan Aronsson, Liljemark Consulting
3	Projektering	Stefan Aronsson, Liljemark Consulting
4	Upphandling	Anders Beijer Lundberg, ELU Konsult
5	Dimensionering	Tanja Bojovic, ELU Konsult
6	Konstruktiv bärförmåga	Tanja Bojovic, ELU Konsult
7	Geoteknisk bärförmåga	Peter Alheid, Hercules
8	Utförande	Anders Beijer Lundberg, ELU Konsult
9	Kontroll och verifiering	Anders Beijer Lundberg, ELU Konsult
10	Omgivningspåverkan	Anders Beijer Lundberg, ELU Konsult

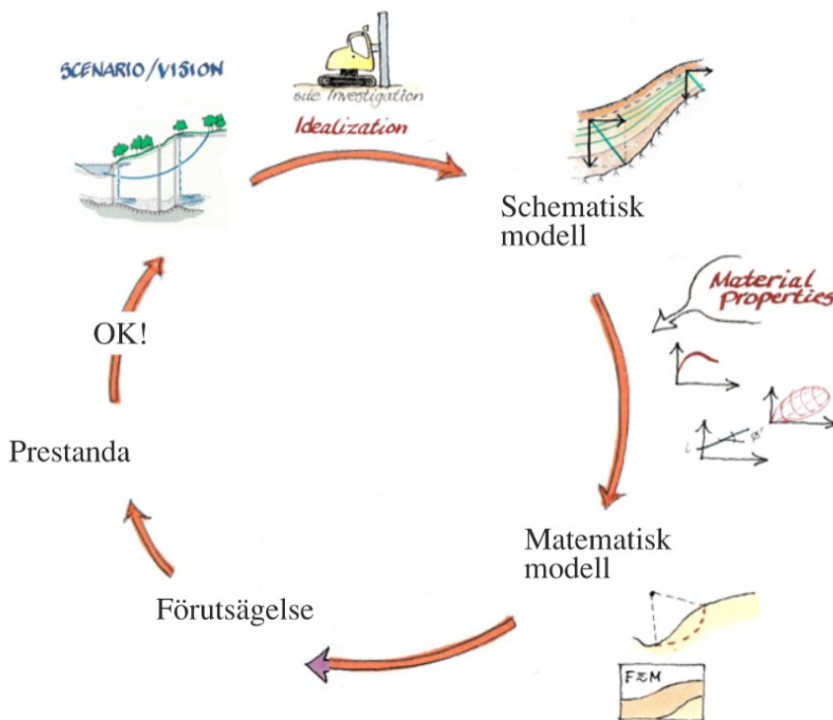
## 5 KAPITEL 1, INLEDNING

Inledningskapitlet har som mål att översiktligt redovisa syftet med pålgrundläggning i allmänhet, samt beslutsgången och processen vid framtagning av pålgrundläggning. Detta innefattar allt från förutsättningar för markundersökning och överliggande konstruktion fram till projektering, utförande och kontroll. Kapitlet är översiktligt och ska skapa förståelse för grundläggningsprocessen och de risker som man måste ta hänsyn till i processen med att ta fram en pålgrundläggning. Målgruppen är i princip

samtliga som håller på med pålgrundläggning, och kapitlet är lämpligt som en ingång till innehållet i pålhandboken som helhet.

## 6 KAPITEL 2, UNDERLAG FÖR PROJEKTERING

Det underlag som krävs för projekteringen innefattar styrande dokument såsom Eurokoder och författningssamlingar, utförandestandarder för markundersökningar och laboratorieförsök, utförandestandarder för olika grundläggningsmetoder och provningsmetoder samt andra krav och råd. Speciellt ges bakgrunden till geotekniska undersökningar och den information som behövs för projektet. Vikten av att förstå den geotekniska processen beskrivs, visad i Figur 1. Kapitlet redovisar sedan arbetsprocessen för att ta fram målsättning för markundersökningar, kart- och arkivunderlag, undersökningsstrategi samt metodbeskrivningar för de i Sverige vanligaste metoderna. Målen för markundersökningarna diskuteras, bl. a. drivbarhet för pålar, spetsmotstånd, hinder i marken och falska pålstopp. Förslag på omfattning av markundersökning för olika pålgrundläggningsmetoder ges även. Mycket av den information som ges i kapitlet har inte funnits i de tidigare rapporterna från pålkommissionen, och ger framförallt mer kunskap om lämplig omfattning av markundersökningar för geotekniska konsulter.

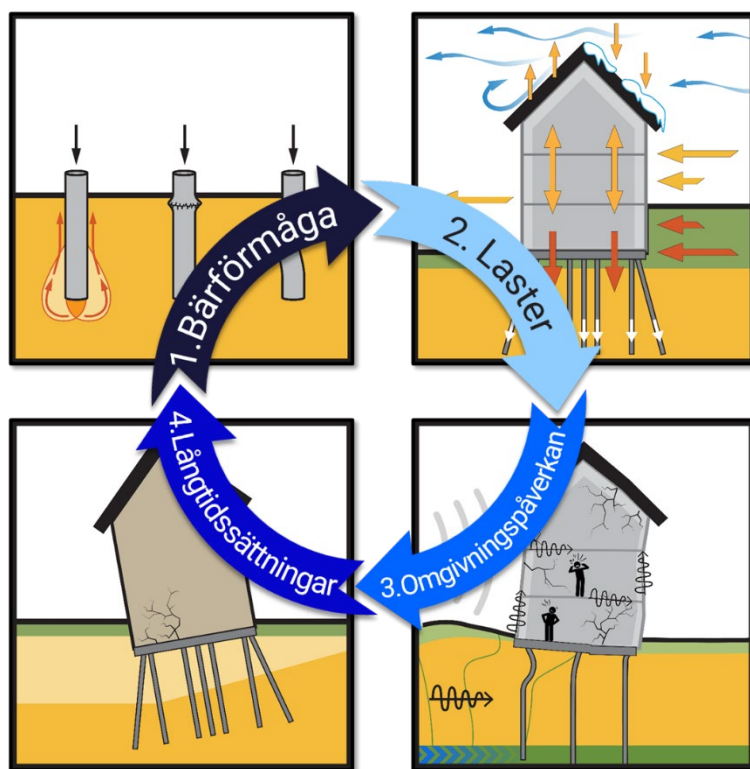


Figur 1. Den geotekniska processen (Källa: Prof. Göran Sällfors).

## 7 KAPITEL 3, PROJEKTERING

Kapitlet om projektering syftar till att sätta in projekteringsprocessen i en helhet, där geotekniker, konstruktör, geokonstruktör, pålentreprenör och olika mätkonsulter samverkar. Dessa ska gemensamt bestämma förutsättningar och sätta krav för projektering, utföra denna samt verifiera bärförmåga och andra krav i processen. Figur 2 beskriver processen i en förenklad form, innefattande krav och förutsättningar för bärförmåga, laster på pålarna, omgivningspåverkan och långtidseffekter såsom sättningar. Det är viktigt att inse att projekteringsprocessen är mer eller mindre cirkulär. Eftersom alla delar är beroende av och avhängigt de övriga delarna, så kan projekteringen sällan utföras ”rätlinjigt”. Beroende på projektets och de geotekniska förhållandenas komplexitet behöver de olika stegen upprepas olika många gånger. Självklart innehåller processen också fler delar att ta hänsyn till förutom de rent tekniska, som t.ex. kostnader, tidsåtgång, klimatpåverkan, påverkan på tredje man (inklusive trafik) och arbetsmiljö. I många fall inleds projekteringen med steget Laster, men i princip kan den inledas med godtycklig del och alla steg kan utföras samtidigt eller i följd.

Inledningsvis diskuteras förutsättningar i form av säkerhetsklass och geoteknisk kategori, följt av bärförmåga, lasteffekter och långtidseffekter samt beständighet. Kapitlet syftar till att ge en förståelse för projekteringen och tangerar många av de ämnen som tas upp i övriga kapitel. Precis som kapitlet om underlag för projektering är mycket av materialet nyskrivet.

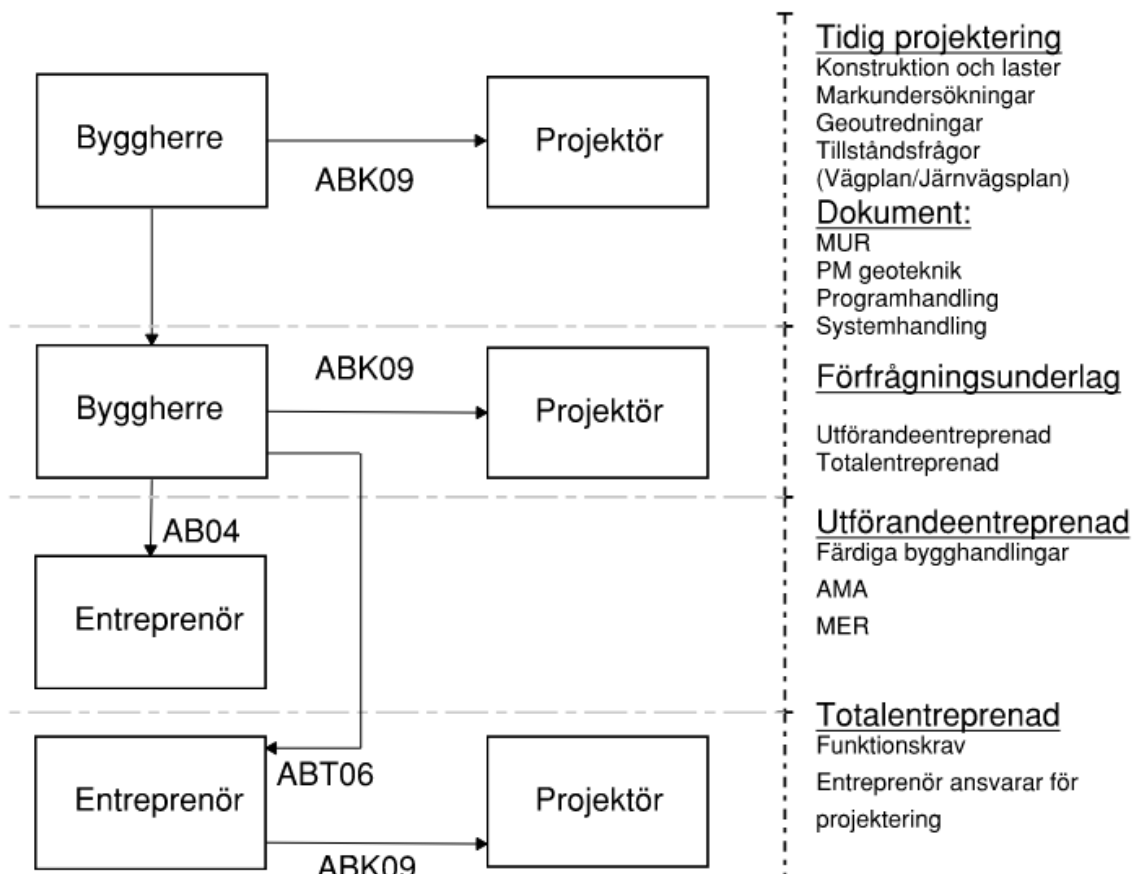


Figur 2. Pålprojektering i ett flödesschema.

## 8 KAPITEL 4, UPPHANDLING

Kapitlet om upphandling antogs vara nödvändigt för att sätta samman projektering och utförande av pålning i ett helhetsperspektiv, innefattande aspekter för byggherrar, konsulter och entreprenörer. Figur 3 visar de olika aktörerna som samarbetar vid genomförande av pålning i entreprenader och de kontraktsförhållanden som kan uppkomma vid olika typer av entreprenader. Kapitlet behandlar projektering från tidiga skeden fram till projektering av förfrågningsunderlag och bygghandlingar. Därefter följer upphandling av entreprenader, innefattande utförandeentreprenader och totalentreprenader, samt hur pålningsentreprenören oftast deltar som underentreprenör.

Syftet med kapitlet är att deltagarna i grundläggningsprocessen ska få en övergripande förståelse för hur upphandling av grundläggning kan ske. Kapitlet har en detaljeringsgrad och omfattning som är anpassad för en projektledare eller projekteringsledare i ett projekt som omfattar pålgrundläggning och är avsett som ett komplement till vanligt förekommande böcker om entreprenadjuridik.



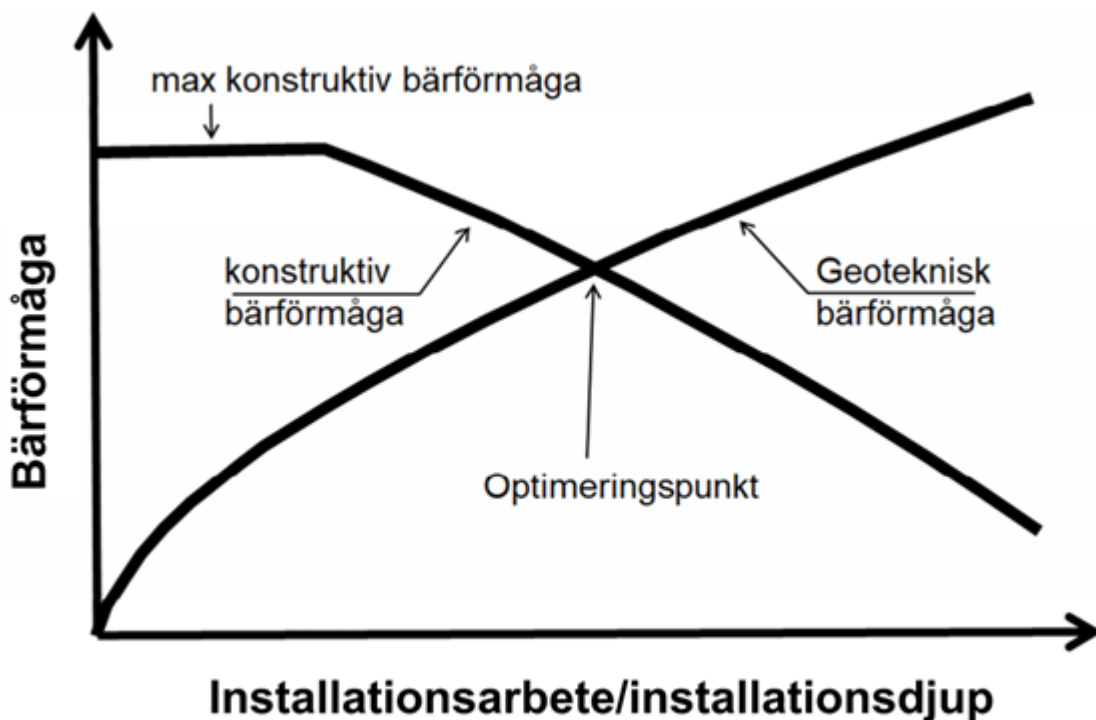
Figur 3. Processen vid upphandling.

## 9 KAPITEL 5, DIMENSIONERING

Kapitel 5 behandlar övergripande principer för dimensionering, innefattande laster och partialkoefficienter enligt Eurokoden. Särskild vikt läggs på att systematiskt redovisa dimensionering av pålar för att få en lämplig balans mellan konstruktiv och strukturell bärförmåga enligt Figur 4. Kapitlet diskuterar verkningssättning för olika typer av pålar, och hur partialkoefficienter som ansätts på olika faktorer påverkar dessa.

Kapitlet ger ett ramverk för förståelse och beskrivning av pålarnas konstruktiva och geotekniska bärförmåga vilket redovisas i efterföljande kapitel.

Kapitel 5, 6 och 7 är de huvudsakliga kapitel som redovisar beräkningsmodell för pålning och riktar sig till projektörer som använder dessa modeller i projektering.



Figur 4. Principiell bild som visar sambandet mellan geoteknisk och konstruktiv bärförmåga, kapitel 6 och 7.

## 10 KAPITEL 6, KONSTRUKTIV BÄRFÖRMÅGA

Detta kapitel redovisar förutsättningar för beräkningsmodell för pålars konstruktiva bärförmåga, d.v.s. materialets bärförmåga på pålen enligt Figur 4 i avsnittet ovan. Detta omfattar en detaljerad beskrivning av beräkningsmodell för böjknäckning i jord, följt av detaljerade beräkningsanvisningar för pålar av olika material, bl.a.

innefattande stålrörspålar och betongpålar. En stor del av de tidigare rapporterna som byggt på inaktuella normer har tidigare anpassats till Eurokoden av Pålkommisionen I kapitel 6 har en mer omfattande sammanställning av hur beräkningsmodeller ska anpassas till Eurokoderna med partialkoefficienter ifrån kapitel dimensionering.

## **11 KAPITEL 7, GEOTEKNISK BÄRFÖRMÅGA**

Den geotekniska bärförmågan redovisas i Figur 4 d.v.s. hur stor last som kan överföras mellan påle och jord och begränsas av jordens omkringliggande bärförmåga. Kapitlet behandlar verifiering av geoteknisk bärförmåga genom beräkning och provning, där partialkoefficienter enligt Eurokoden som redovisas i kapitel 5 diskuteras. Beräkningsmodeller innefattar bland annat vanligt förekommande beräkningsmodeller för pålar i lera och friktionsjord. Metoder för provning innefattar bl.a. dynamisk provbelastning av pålar genom stötvågsmätning, som är en vanlig metod för spetsbärande pålar.

## **12 KAPITEL 8, UTFÖRANDE**

I de tidigare rapporterna från Pålkommisionen har det funnits vissa beskrivningar av utförande av olika pålningsmetoder. Dessa har dock behandlats var för sig och därför inte satts i ett sammanhang när det gäller utförande av pålning. I den nya pålhandboken har det därför funnits en ambition att med rimlig detaljeringsnivå beskriva utförandet av olika pålningsmetoder och sätta det i ett sammanhang där entreprenören tar över den projekterade lösningen och utför pålningen som en del av grundläggningsprocessen. Kapitlet inleds med en kortare genomgång av arbetsmiljökrav för olika arbetsmoment vid pålningsentreprenader, och hur Bas-P / Bas-U kan samverka inom pålningsentreprenader. Speciellt betonas vikten av en arbetsplattform för en säker arbetsmiljö. Därefter diskuteras utförandeförutsättningar, bl.a. risken för omgivningspåverkan och framtagande av arbetsberedningar. Därefter följer kortare beskrivningar av olika pålningsmetoder, som även innefattar kortare råd för den specifika metoden. De olika avsnitten illustreras med olika metoder och typiska maskiner för dessa, som en vanligt förekommande pålrigg för betongpålar, visad i Figur 5.

Detta kapitel ger kortfattade beskrivningar av pålningsmetoderna och har inte som målsättning att komplettera utförandestandarder, utan vara en information för personer som dagligdags inte arbetar med de aktuella metoderna. Speciellt för beställare är det lämpligt att använda kapitlet som ett kunskapsdokument för entreprenader där pålning förekommer, och använda som råd för lämpligheten för pålningsmetoderna på olika platser.



*Figur 5. Vanligt förekommande pålrigg för betongpålar.*

## **13 KAPITEL 9, KONTROLL OCH VERIFIERING**

Kapitel 9 behandlar metoder och rutiner för kontroll och verifiering för olika pålningsmetoder. Förslag på kontroller och dokument för metoderna går igenom. Därefter redovisas en beskrivning av verifiering genom provning för bl.a. statisk och dynamisk provbelastning. Sedan följer beskrivning av olika kontrollmetoder för omgivningspåverkan, bl.a. deformations- och vibrationsmätning och hur dessa kan

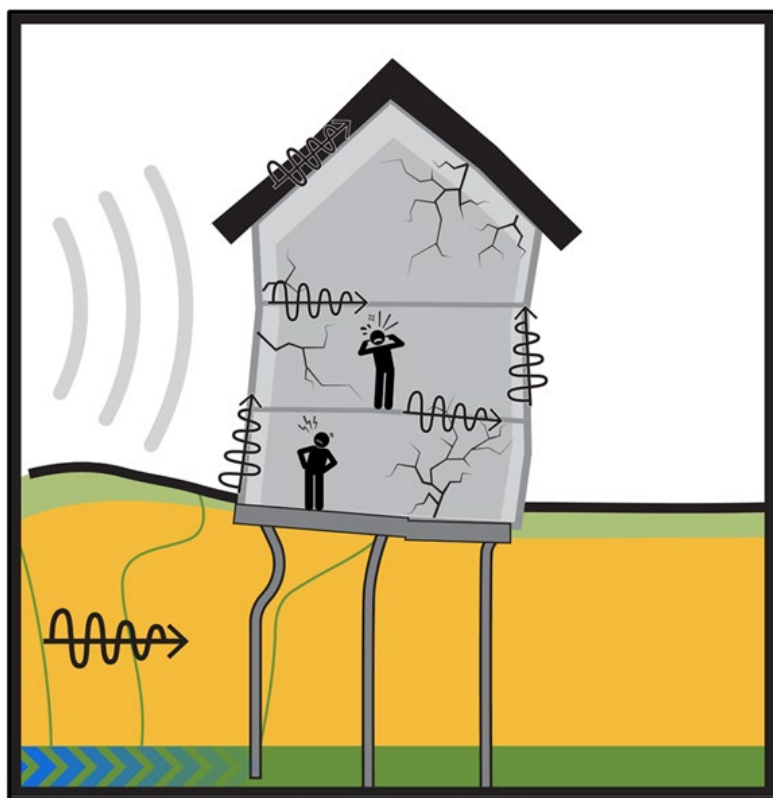
föras in i ett kontrollprogram för omgivningspåverkan. Kapitlet ansluter till de avsnitt om geoteknisk bärförmåga och omgivningspåverkan som redovisas i andra kapitel.

Målsättningen med kapitel 9 är att ge underlag både till projektörer och entreprenörer om lämplig omfattning av kontroll och verifiering. Kapitlet kan användas som ett kunskapsunderlag och råd för beställare och projektörer vid framtagande av förfrågningsunderlag och för diskussioner med entreprenörer om vad som utgör en lämplig omfattning för kontroll av pålning inom en entreprenad, något som ofta kan vara uppe för diskussion.

## **14 KAPITEL 10, OMGIVNINGSPÅVERKAN**

Det avslutande kapitlet behandlar omgivningspåverkan som kan ske vid pålning. Kapitlet behandlar störningar och skaderisker som kan uppkomma vid pålning, innefattande buller, markvibrationer, jordstörning, massundanträngning, spridning av markföroreningar, portrycksförändringar och andra skeenden i jorden vid pålning. Olika pålningsmetoder behandlas, innefattande principerna för neddrivning och den möjliga omgivningspåverkan från dessa. I kapitlet har väldigt pedagogiska figurer och tabeller tagits fram av huvudförfattaren Lars Hall, som redovisar hur olika parametrar för omgivningspåverkan kan beräknas.

Målsättningen med kapitlet är att redovisa en sammanställning av den omfattande information om omgivningspåverkan som finns i tidigare rapporter utgivna av Pålkommisionen samt från den vetenskapliga litteraturen. De olika metoderna som redovisas kan framförallt användas av projektörer för att bedöma vilken omgivningspåverkan som kan ske för en viss pålningsmetod, men kan även vara värdefull för entreprenörer.



Figur 6. Omgivningspåverkan vid pålning. Bild: Lars Hall.

## 15 SPRIDNING AV KUNSKAPSDOKUMENTEN

Den nya pålhandboken kommer finnas nedladdningsbar på Pålkommisionens hemsida som de andra rapporterna. I samband med de kurser som regelbundet ges inom pålningsområdet (bl.a. pålprojektering, påldimensionering och verifiering av geoteknisk bärförmåga), kommer delar av materialet att kunna användas som kursmaterial. Målsättningen är att den nya pålhandboken kommer att vara ett rådgivande dokument på samma sätt som de tidigare rapporterna.

## 16 REVIDERING AV KAPITEL

En regelbunden revidering av den nya pålhandboken planeras för att hantera kommande ändringar av grundläggningsmetoder och projekteringsmetodik. Bl.a. kommer den nya Eurokoden innebära att delar av kapitlen om projektering och dimensionering måste revideras. Det kommer troligen komma in frågor som rör användningen av pålhandboken som måste bemötas. Det förslås att en tekniksekreterare inom Pålkommisionen har ansvaret för denna kommunikation samt hantering av revideringar av pålhandboken. I planeringen finns även att komplettera Pålhandboken med ett Kapitel om Risk och riskhantering.

## 17 AVSLUTNINGSDORD

Den nya pålhandboken har skapats av Pålkommisionen för att den kunskap som tidigare funnits spridd i många dokument ska kunna sammanställas och användas som en helhet. Kapitlen i pålhandboken behandlar allt från markundersökningar, val av lämpliga pålningsmetoder, till dimensionering, utförande och hantering av omgivningspåverkan. Författarnas vilja är att den ska komma till nytta och ge en bra kunskapsbas för branschen. Ett stort tack riktas till alla författare till de olika kapitlen samt de granskare som varit snälla nog att hjälpa till att kvalitetssäkra handboken.

Pålkommisionen har till stor del utvecklat Pålhandboken med egna medel men betydande bidrag har getts från Trafikverket, Svensk Grundläggning, SBUF samt ett 15-tal företag.

Alla medverkande har gjort en storartad och förtjänstfull insats för svensk pålningsverksamhet.