

7 OMGIVNINGS- PÅVERKAN

7.1 Allmänt

Påslagning kan på olika sätt påverka omgivningen. Det gäller såväl angränsande byggnader och gator som markförlagda ledningar. Jordundanträngning och markhävning är ett vanligt fenomen vid slagning av pålar i lera. Jordundanträngning kan också orsaka jordskred vid pålning intill schakter eller naturliga slänter. Sammanpackning av löst lagrad friktionsjord kan ge sättningar i omgivningen och därmed sammanhängande sättningsskador. Rörelser kan även inträffa i fast jord som överlagrar lös jord.

Vibrationer från påslagning som fortplantas via jorden till byggnader kan ge upphov till obehag för de kringboende eller i värsta fall skador på byggnader och driftstörningar på datorer. Buller från påslagning kan i tätorter leda till begränsningar när det gäller möjligheten att använda slagna pålar.

Vid vissa speciella jordförhållanden kan påslagning minska jordens skjuvhållfasthet genom att porvattentrycket ökar eller genom en direkt nedbrytning av jordens struktur. Vid påslagning intill spontkonstruktioner kan en ökning av porvattentrycket äventyra spontens stabilitet.

Hänsyn till omgivningspåverkan kan innebära att ett övervaknings- och åtgärdsprogram behöver utarbetas. Tänkbara åtgärder är val av annan påltyp och/eller annan pålningsordning eller pålningsintensitet. I områden med pålar som har olika funktionssätt (spets- och mantelburna pålar) måste deras samverkan beaktas.

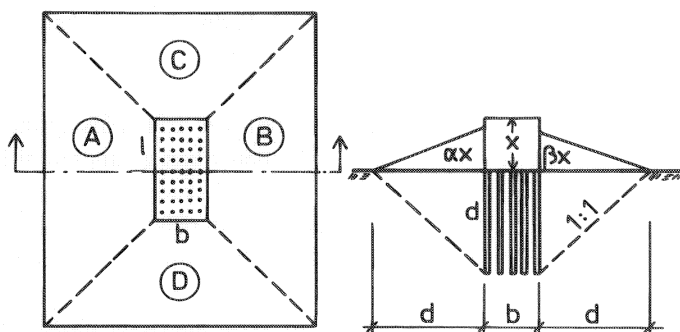
7.2 Jordundanträngning

Jordundanträngning inträffar normalt vid påslagning i lera. Allmänt gäller att den jordvolym som trängs undan motsvarar den volym som pålarna representerar minus den volym lera som tas bort vid eventuell proppdragning. Riktningen för jordundanträngningen bestäms av de geometriska förhållandena

och av spänningstillståndet i jorden. Men i princip gäller "minsta motståndets lag". Den undanträngda jordvolymen ger upphov till horisontalrörelser och markhävningar i omgivningen.

7.21 Intill befintliga byggnader

I ett flertal studier, bl a Hellman (1981), Dugan och Freed (1984), har man funnit att den markhävning som inträffar pga jordundanträngningen, vid horisontell markyta, begränsas av linjer i 45° lutning från pålspetsen och uppåt. Dugan och Freed (1984) har också funnit att hävningen av angränsande byggnader är störst för lätta byggnader.



Figur 7.21:1. Markhävning i samband med pålslagning i lera vid horisontell markyta

Följande beräkningsmetod kan användas för att bedöma hur stora hävningar och horisontalrörelser som kan inträffa vid pålslagning i lera. Pålslagningen utförs inom arean $b \cdot l$ i Figur 7.21:1. Området där pålarna drivs ner omges av byggnaderna A, B, C och D. Markhävningen inom pålningsområdet och i angränsande områden kan beräknas enligt samband 7.21-1:

$$x = \frac{\eta (V_{\text{pålar}} - V_{\text{lerproppar}})}{d \left[(\alpha + \beta) \left(\frac{l}{2} + \frac{d}{3} \right) + (\gamma + \delta) \left(\frac{b}{2} + \frac{d}{3} \right) + \frac{b \cdot l}{d} \right]} \quad (7.21-1)$$

x = hävningen inom pålningsområdet

η = hävningsfaktor, normalt $\eta=0,75$

$V_{\text{pålar}}$ = volymen av nedslagna pålar

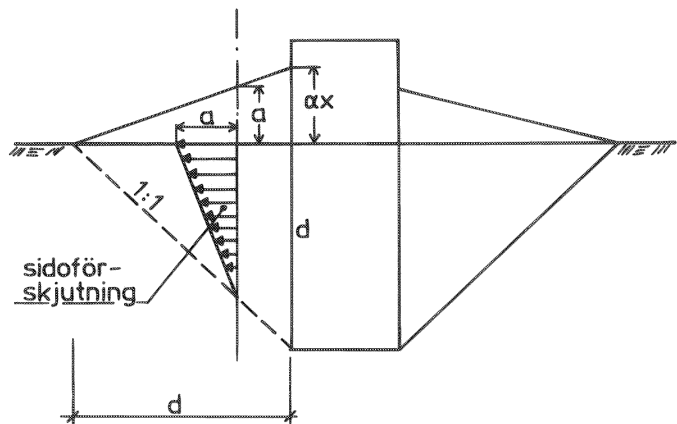
$V_{\text{lerproppar}}$ = volymen av proppdragen lera

α = hävningen av byggnaden A närmast pålningsområdet, jfr Figur 7.21:1

- βx = hävningen av byggnaden B
 γx = hävningen av byggnaden C
 δx = hävningen av byggnaden D
 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ beskriver byggnadens relativa tyngd
 $0 \leq \alpha, \beta, \gamma, \delta \leq 1$
 tung byggnad=0
 lätt byggnad=1
 d = påldjup under markytan eller schaktbotten
 b = pålningsområdets bredd
 l = pålningsområdets längd

Hävningsfaktorn η tar hänsyn till att leran i viss utsträckning är kompressibel och att således inte hela volymundanträngningen resulterar i en markhävning. Dugan och Freed (1984) anger att $0,5 \leq \eta \leq 1,0$.

Ovanstående modell för beräkning av markhävningen kan också användas för att bedöma sidoförskjutningarna i omgivande lera, se Figur 7.21:2.



Figur 7.21:2. Sidoförskjutning i samband med påslagning i lera

Omedelbart efter att markhävningen inträffat inleds en konsolidering av den påverkade lervolymen. Denna konsolidering kan leda till stora sättningar, med åtföljande påhängslaster på pålarna. Dugan och Freed (1984) redovisar att sättningen efter ett år kan vara av samma storlek som markhävningen och i vissa fall kan t o m en "nettosättning" inträffa.

En metod att minska markhävningen och sidoförskjutningarna är att dra lerproppar och därigenom minska den undanträngda lervolymen. Man bör dock observera att det finns ett kritiskt

djup för hur långa lerproppar man bör och kan ta med hänsyn till att hålet måste vara stabilt tills man drivit ner pålen i hålet. Överskrider man detta kritiska djup z_{kr} så riskerar man att lervolymens skjuvhållfasthet minskar drastiskt. Massarsch (1976) har angivit att:

$$z_{kr} = c_u \cdot \frac{1 + \ln \frac{E}{3 \cdot c_u}}{15} \quad (7.21-2)$$

där

z_{kr} = kritiskt djup för stabilt hål (m)

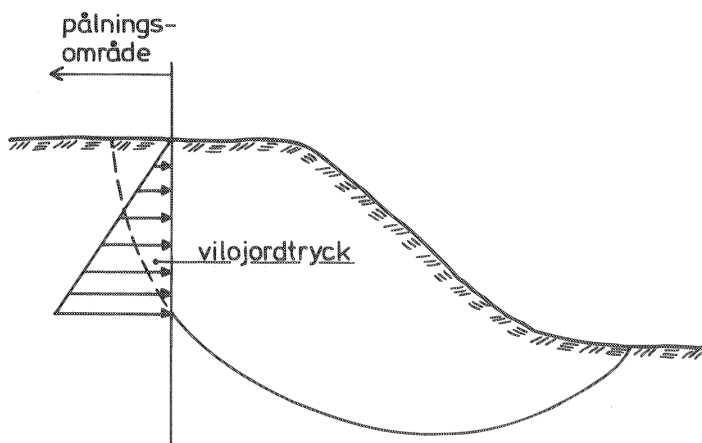
c_u = lerans odränerade skjuvhållfasthet (kPa)

E = lerans E-modul (kPa), här 250–500 · c_u

7.22 Intill slänter

Pålslagning i lera intill slänter ger upphov till sidorörelser i jorden och därmed påverkas släntens stabilitet. Aas (1975) redovisar ett fall med 40–50 mm sidoförskjutning, men visar även att denna rörelse är väsentligt mindre än vad som behövdes för att utveckla ett passivt jordtryck.

För en slänt i lera kan hänsyn till sidoförskjutningen till följd av pålslagning i närheten av släntkrönet tas genom att i släntstabilitetsanalysen komplettera med ett horisonellt riktat vilojordtryck ($K_0=1$) enligt Figur 7.22:1. Pålslagningen bör starta närmast slänten och sedan drivas i riktning från slänten. Om den specifika pålarean är stor (Σ påltvärsnittsarea/grundkonstruk-



Figur 7.22:1. Pålslagningens inverkan på släntstabiliteten

tionens area > 2 %) så bör lerproppar dras för att antagandet om vilojordtryck ska gälla.

Observera att stabilitetsanalysen också måste beakta eventuella porvattentrycksökningar, som kan uppstå i de silt- och sandskikt som kan finnas i lerprofilen.

7.3 Skjuvhållfasthetsreduktion

I samband med påslagning i lera reduceras lerans odränerade skjuvhållfasthet i en zon närmast pålen. Reduktionen är beroende av lerans sensitivitet (S_t) och den störda lerans skjuvhållfasthet kan antas bli:

$$c_{u, \text{störd}} = \frac{2 \cdot c_u}{S_t} \quad (7.3-1)$$

Den störda zonen har en relativt liten utbredning och torde normalt inte påverka omgivande konstruktioner. Massarsch (1976) anger att zonen sträcker sig 1–2 påldiametrar från pålen. Utanför denna zon är skjuvhållfasthetsreduktionen liten, även om portrycksökningen kan vara stor långt utanför zonen (ca 10 påldiametrar). Även proppdragning leder ofta till en nedsättning av skjuvhållfastheten närmast röret.

7.4 Vibrationer

7.41 Påverkan på angränsande byggnader

Vid påslagning överförs större delen av hejarens energi till pålen och resulterar i en kompressionsvåg, som rör sig nedåt i pålen. Då kompressionsvågen når pålspetsen överförs en del av energin till jorden och resten reflekteras som en tryckvåg eller dragvåg. Redan under den initiella kompressionsvågens väg nedåt har en del av energin överförts till omgivande jord. Det hela resulterar i ett mycket komplicerat samspel mellan olika vågor i jorden. Vid pålspetsen och längs mantelytan uppstår P- och S-vågor (tryckvågor och skjuvvågor). När dessa reflekteras vid markytan uppstår s k R-vågor (Rayleighvågor).

Energinnehållet i de olika vågtyperna är väsentligt olika. Enligt Phung (1989) fördelar sig energiinnehållet enligt följande:

- R-vågor 67 %
- S-vågor 26 %
- P-vågor 7 %

Detta betyder att R- och S-vågorna normalt är de som har störst betydelse när det gäller att bedöma omgivningspåverkan från påslagning. Även vågornas utbredningshastigheter är olika, vilket har betydelse för bedömningen av eventuella skaderisker. Sambanden 7.41-1 och 7.41-2 gäller för ett linjärelastiskt medium.

$$\frac{c_P}{c_S} = \frac{\sqrt{2(1-\nu)}}{1-2\nu} \quad (7.41-1)$$

$$\frac{c_S}{c_R} = \frac{1 + \nu}{0,87 + 1,12 \cdot \nu} \quad (7.41-2)$$

där

- c_P = P-vågens utbredningshastighet
- c_S = S-vågens utbredningshastighet
- c_R = R-vågens utbredningshastighet
- ν = materialets tvärkontraktionstal

För praktiskt bruk kan ofta följande värden användas:

<i>kohesionsjord</i>	<i>friktionsjord</i>
$\frac{c_P}{c_S} \approx 3$	$\frac{c_P}{c_S} \approx 2$
$\frac{c_S}{c_R} \approx 1$	$\frac{c_S}{c_R} \approx 1$

Phung (1989) har redovisat många forskares försök att beskriva sambanden mellan påslagning och vibrationer i angränsande byggnader. Samband 7.41-3 har verifierats av Nilsson (1989) och torde kunna användas för en beräkning av vilka vibrationsnivåer man kan förvänta sig i angränsande bebyggelse vid stoppslagning av pålar.

$$\nu = k \frac{\sqrt{W}}{R} \quad (7.41-3)$$

där

- ν = förväntad vertikal maximal svängningshastighet i angränsande husgrund (mm/s)
- W = till pålen tillförd energi per slag (Nm) $W = m \cdot g \cdot h_{eff}$ vid slagning med fallhejare

- R = avståndet mellan pålspets och angränsande husgrund (m)
 k empirisk koefficient, $k \approx 0,75 \text{ (mm} \cdot \sqrt{\text{kg}})$

7.42 Tillåtna vibrationsnivåer i angränsande byggnader

Svensk Standard SS 460 48 66 (1989) ger riktvärden för tillåtna vibrationsnivåer i samband med sprängningsarbeten. Med utgångspunkt från denna standard och sambanden enligt avsnittet 7.41 kan följande riktvärden ges för tillåtna vibrationsnivåer i samband med påslagning.

$$v_{\text{till}} = v_0 \cdot F_b \cdot F_m \cdot F_d \cdot F_t \quad (7.42-1)$$

där

v_{till} = tillåten vertikal svängningshastighet i husgrunden (mm/s)

v_0 = okorrigerad vertikal svängningshastighet (mm/s)

$v_0 = 9 \text{ mm/s}$ för friktionsjord och 6 mm/s för kohe-sionsjord

F_b = byggnadsfaktor enl Tabell 7.42:1

F_m = materialfaktor enl Tabell 7.42:2

F_d = avståndsfaktor $F_d = 1$

F_t = verksamhetsfaktor $F_t = 1$

Tabell 7.42:1 Byggnadsfaktor (ur SS 460 48 66)

Klass	Byggnadsfaktor F_b
1 Tunga konstruktioner såsom broar, kajer, försvarsanläggningar o d	1,70
2 Industri- och kontorsbyggnader	1,20
3 Normala bostadsbyggnader	1,00
4 Speciellt känsliga byggnader såsom museer och övriga byggnader med höga valv eller konstruktioner med stora spännvidder	0,65
5 Historiska byggnader i ömtåligt skick samt vissa känsliga ruiner	0,50

Tabell 7.42:2 Materialfaktor (ur SS 460 48 66)

Klass	Materialfaktor F_m
1 Armerad betong, stål, trä	1,20
2 Murade väggar, betongväggar, betonghålstén	1,00
3 Lättbetong	0,75
4 Fasader av kalksandsten	0,65

7.5 Sättningar

I samband med påslagning i löst till medelfast lagrad friktionsjord, jfr Tabell 6.14:5 erhålls ofta en sammanpackning av friktionsjorden. Ensgraderad jord ($C_u < 5$) är mer sättningsbenägen än månggraderad jord ($C_u > 15$). Sättningar kan också inträffa där finkornig jord överlagrar grovkornig jord på grund av att den finkorniga jorden "strilar" ner i den grovkorniga friktionsjorden.

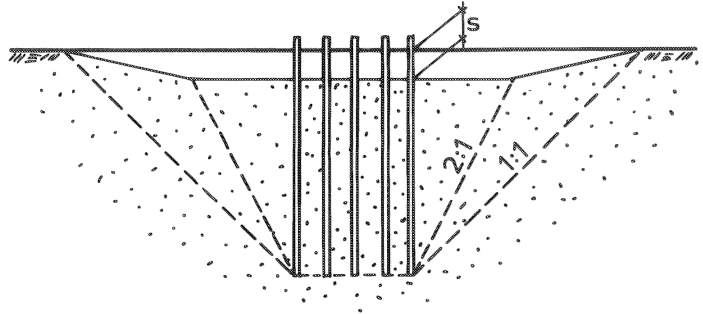
Lacy och Gould (1985) anger att sammanpackning av friktionsjord inträffar vid väsentligt lägre vibrationsnivåer än de vibrationsnivåer som kan skada angränsande byggnader. Redan vid 2,5–5 mm/s (mätt på markytan) ger påslagningen en sammanpackning av löst till medelfast lagrad friktionsjord. Sammanpackningens storlek är även beroende av antalet slag. Även Wahlström (1988) redovisar att sättningar inträffat i omgivningen trots att uppmätta vibrationer i samband med påslagningen och övriga markarbeten varit mycket små.

Uppmätta sättningar i samband med påslagning i friktionsjord visar att vid slagning av enstaka pålar så är det i en cylinderformad zon närmast pålen som den huvudsakliga sättningen inträffar. Ahlberg och Persson (1987) anger att cylinderns diameter är 2–3 ggr pålens diameter.

Vid slagning av en grupp pålar så inträffar den huvudsakliga sättningen inom gruppen och i närheten av pålgruppen, se Figur 7.5:2.

Sättnings storlek s är mycket svår att förutse, men som grov tumregel kan följande samband användas.

$s \approx 0.01 \cdot L_f$ vid slagning av betongpålar
 $s \approx 0.005 \cdot L_f$ vid slagning av slanka stålpålar
 L_f pållängd i lös till medelfast lagrad friktionsjord



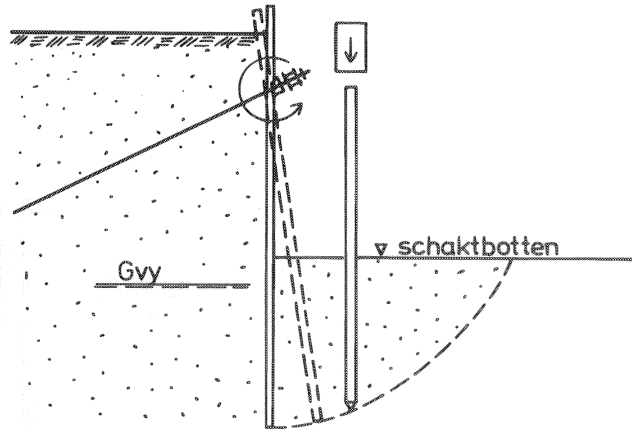
Figur 7.5:2 Sättningar vid påslagning i friktionsjord

7.6 Porvattentrycksökningar

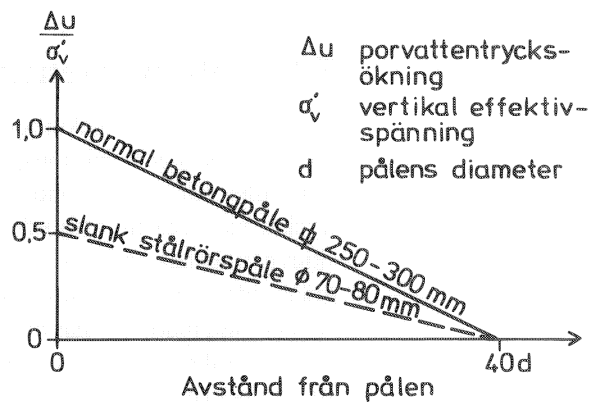
Stora porvattentrycksökningar kan inträffa vid påslagning i packningsbenägen friktionsjord och framför allt i jord som innehåller silt och finsand. En kraftig ökning av porvattentrycket kan leda till att jorden förlorar delar av eller hela sin skjuvhållfasthet, vilket kan leda till stabilitetsproblem för angränsande konstruktioner och slänter. Ett speciellt problem som bör uppmärksammas är den minskning av det mothållande passiva jordtrycket som kan inträffa vid närliggande spontkonstruktioner (Figur 7.6:1).

Den porvattentrycksökning som påslagningen orsakar utjämnas relativt snabbt. Crooks et al (1980) redovisar att redan efter ett dygn har porvattentrycksökningen minskat till hälften. I friktionsjord kan erfarenhetsmässigt porvattentrycksutjämnningen ske snabbare. Porvattentrycksökningens storlek påverkas, förutom av jordens egenskaper, av påslagningsarbetets omfattning. Engvall och Holm (1984) har visat att en ändring från slagning av betongpålar till slagning av stålpålar minskade porvattentrycksökningen till hälften.

I Figur 7.6:2 redovisas en grov tumregel för sambandet mellan porvattentrycksökning och påverkans utbredning.



Figur 7.6:1 Påslagning i friktionsjord invid spontkonstruktion

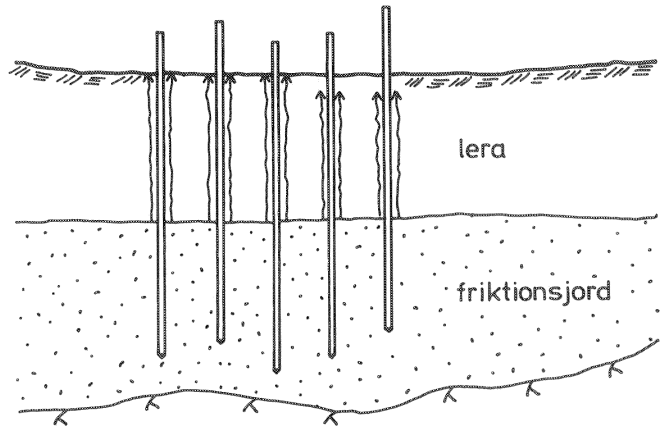


Figur 7.6:2 Porvattentrycksökning i siltig och finsandig jord vid påslagning

Svårigheterna att förutse vilka porvattentrycksökningar som kommer att inträffa gör att man alltid bör installera portrycksmätare för övervakning när påslagningen kan leda till stabilitetsproblem. Även rörelsemätningar kan ge en förvarning om begynnande stabilitetsproblem. Ofta föregås skred i slänter av deformationer. Det kan därför vara lämpligt att kontrollera sidorörelser under pålningen genom att sätta flukter i slänterna.

7.7 Dränering av grundvattenmagasin

Inom områden med sk artesiskt grundvatten (grundvatten med tryckhöjd över markytan) kan en ofrivillig dränering av ett grundvattenmagasin uppkomma genom att grundvatten strömmar upp längs pålar slagna genom ett tätande lerlager, se Figur 7.7:1. Det är därför viktigt att i förväg undersöka grundvattensituationen och bedöma risken för grundvattendränering längs pålarna samt konsekvenserna av en grundvattensänkning.



Figur 7.7:1 Ofrivillig dränering av grundvattenmagasin i samband med påslagning

7.8 Buller

7.8.1 Bullerimmision

Buller i samband med påslagning kan definieras med många olika begrepp, t ex toppnivå, impulsnivå, maximal ljudnivå och ekvivalentnivå. Vilket "bullerbegrepp" som ska användas bestäms i hög grad av de normer som gäller för acceptabla gränsvärden. Naturvårdsverket (1975) anger gränsvärden i form av ekvivalent ljudnivå, dB(A).

Bennerhult och Bergdahl (1983) anger att buller i samband med påslagning kan uppgå till ekvivalentnivån 84–93 dB(A), mätt på 7 m avstånd och under pågående slagningsarbete.

7.82 Gränsvärden för buller

Naturvårdsverket (1975) anger följande värden beträffande acceptabla ljudnivåer.

För externt buller från byggplatser gäller riktvärden enligt tabell 1. Dessa riktvärden bör under alla för orten icke onormala meteorologiska förhållanden innehållas vid mätning i öppet fönster i närliggande fastighet.

Vidare gäller generellt att bullret skall begränsas så långt praktiskt möjligt. Det innebär att lägre ljudnivåer kan påfordras om så bedöms rimligt med hänsyn till förhållandena på byggplatsen eller uppträdande olägenheter i omgivningen.

Tabell 1. Riktvärden för externt byggbuller angivna som ekvivalent ljudnivå i dB(A) mätt i öppet fönster.

Lokal	Dag 07–18, utom lördag, söndag och helgdag	Kväll 18.00–22.00 samt lördag, söndag och helgdag 07–18	Natt 22.00–07.00
Industri	75	70	70
Kontor och liknande arbetslokaler	70	65	–
Bostäder, skolor, vårdlokaler, fritidsbebyggelse och dylikt	60	50	45

Om byggverksamheten pågår sammanlagt mindre än en månad tillåts dag- och kvällstid en höjning med 10 dB(A). Vid högst sex månader tillåts dag- och kvällstid en höjning med 5 dB(A).

Momentana ljud får nattetid inte överstiga gränsvärdena med mer än 10 dB(A).

Tabellerade gränsvärden avser ekvivalent ljudnivå under dag, kväll respektive natt.

Figur 7.82:1 Riktvärden för acceptabla ljudnivåer

För att kunna ställa ljudnivån vid pålkranen i relation till dessa riktvärden så måste bullret från pålkranen korrigeras med hänsyn till avståndet mellan pålkranen och immissionspunkten och med hänsyn till slagningsarbetets omfattning.

$$L_{Aq, \text{korr}} = L_{Aq} - L_d - L_v \quad \text{dB(A)} \quad (7.82-1)$$

L_{Aq} ekvivalent ljudnivå uppmätt 7 m från pålkranen under pågående slagningsarbete

$$L_d = \frac{6}{\log 2} \log \frac{a}{7}$$

där a är avståndet mellan pålkranen och immissionspunkten

$$L_v \quad L_v = 10 \cdot \log \frac{\sum \text{tid då pålningsverksamhet pågår}}{\sum \text{tid då slagningsarbete pågår}}$$

Ovanstående beräknade $L_{Aq, \text{kor}}$ är således det värde som ska jämföras med Naturvårdsverkets riktvärden. Observera att korrigeringen inte tar hänsyn till reflektioner och avskärmningar på arbetsplatsen. Naturvårdsverkets värden är endast riktvärden och det kan vara lämpligt att hos de lokala myndigheterna inhämta de krav, som kan gälla i varje enskilt fall.

