



(serneke.se 13 aug 2015)

Bostäder och verksamheter vid Karlavagnsgatan, Lindholmen

Geotekniskt PM - underlag för detaljplan

2015-09-11

Bostäder och verksamheter vid Karlavagnsgatan, Lindholmen
Geotekniskt PM - underlag för detaljplan

2015-09-11

Beställare: SERNEKE Projektstyrning AB
Kvarnbergsgatan 2
411 05 Göteborg

Beställarens representant: Lars Edwall

Konsult: Norconsult AB
Box 8774
402 76 Göteborg

Uppdragsledare Bengt Askmar
Handläggare Rasmus Trygg

Uppdragsnr: 104 04 92

Filnamn och sökväg: \\norconsultad.com\dfs\swe\göteborg\n-
data\104\04\1040492\5 arbetsmaterial\01
dokument\g\pm\pm\pm geo, detaljplan.docx

Kvalitetsgranskad av: Bengt Askmar

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	3
1. Förutsättningar	4
2. Underlag för projekteringen	5
3. Topografi och tidigare markanvändning	6
4. Geotekniska förhållanden	7
5. Geohydrologiska förhållanden	10
6. Stabilitet	12
6.1 Allmänt.....	12
6.2 Indata.....	12
6.3 Beräkningsresultat	14
7. Grundläggning	15
8. Sättningar & markplanering	16
9. Kontrollåtgärder	17
10. Övrigt	17

Bilagor

Sammanställning, densitet	Bilaga 1
Sammanställning, vattenkvot	Bilaga 2
Sammanställning, konflytgräns	Bilaga 3
Sammanställning, sensitivitet	Bilaga 4
Okorrigerad skjuvhållfasthet, vingförsök och fallkonsförsök	Bilaga 5
Härledda och valda värden, korrigerad skjuvhållfasthet	Bilaga 6
Spänningsdiagram	Bilaga 7
Spänningsdiagram med 20% reduktion av $s'c$	Bilaga 8

1. Förutsättningar

På uppdrag av Serneke har Norconsult utfört en geoteknisk undersökning som underlag för detaljplan, vid Karlavagnsgatan på Lindholmen, Göteborgs kommun. Inom detaljplaneområdet planeras byggnation av ca 2000 bostäder men också centrumfunktioner m.m., inklusive en ca 266 m hög skyskrapa. Se Figur 1.



Figur 1 Planerad byggnation inom aktuellt område. (serneke.se 13 aug 2015)

Detaljplaneområdet avgränsas i söder av Lindholmsallén och i norr av Polstjärnegatan. Genom området löper Karlavagnsgatan. Se Figur 2.



Figur 2 Undersökningsområdets ungefärliga utbredning (hitta.se 7 sep 2015)

Markytan är plan och belägen mellan nivåerna ca +1,7 och +2,0. Området utgörs idag av i huvudsak asfalterade parkeringsytor och äldre byggnader, som skall rivras inför framtida nybyggnation.

2. Underlag för projekteringen

Sonderingsresultat och laboratorieförsök från, för denna utredning, relevanta borrhypor har sammanställts i separat handling, Markteknisk undersökningsrapport geoteknik (MUR/Geo), med samma uppdragsnummer, daterad 2015-08-31 (Rev 1). Utöver det geotekniska underlag som insamlats i och med den nu utförda marktekniska undersökningen finns en del äldre material avseende de geotekniska förhållandena inom eller i närheten av planområdet. Tidigare utredningar kan studeras mer ingående i följande rapporter:

- ”Markteknisk undersökningsrapport (MUR), Karlavagnstornet, Göteborg stad”. Utfört av WSP med uppdragsnr. 10192666. Daterad 2014-02-25.
- ”Göteborg, Götaverksgatan, detaljplan”. Markteknisk undersökningsrapport, geoteknik. Utfört av Norconsult med uppdragsnr. 102 26 24. Daterad 2012-02-17.
- ”Studentbostäder vid Lindholmsallén, inom stadsdelen Lindholmen, Göteborg, rapport, geoteknisk undersökning, Rgeo, fält- och laboratorieresultat”. Utfört av GF Konsult (numera Norconsult) med uppdragsnr. 683 009. Daterad 2006-05-22.
- ”Lindholmen/ Lundbystrand, Norra Älvstranden, Göteborg”. Rapport, Rgeo. Utfört av Bo Alte GeoSenior, Chalmers Tekniska Högskola och Jacobson & Widmark (numera WSP) med uppdragsnr. 0 250 0058. Daterad 2001-03-22.

3. Topografi och tidigare markanvändning

Detaljplanområdet är relativt plant, med nivåer på ca +1,8 till +2,5. Aktuellt område utgör en del av ett äldre utfyllnadsområde nära Göta Älv och är beläget strax nordväst om tidigare strandlinje, från 1830. Se Figur 3. Tidigare verksamheter i närområdet inkluderar fartygsvarv och verkstäder. I dagsläget utgörs bebyggda fastigheter inom planområdet av lokaler som används eller har använts för verkstäder, förvaring samt kontors- och hotellverksamhet m.m. Fastigheten i sydöst används i dag som parkering.



Figur 3 Planvy som visar ungefärligt läge för tidigare strand- och kajlinje, från 1830, resp. 1882, i relation till nuvarande bebyggelse. Placeringen av linjerna är baserad på en äldre karta som kan ses i *Rapport, RGeo*, utförd av Bo Alte m.fl., listad i kapitel 2.

4. Geotekniska förhållanden

Enligt tidigare och nu utförda undersökningar inom aktuellt planområde består jordlagren från markytan i huvudsak av:

- Fyllning till ca 0,5-2 m djup
- Torrskorpelera till ca 1-2,5 m djup
- Lera till djup om ca 40 m (nordöst) till strax över 80 m (söder).
- Friktionsjord ovan berg till djup om ca 50 m (nordöst) till som mest ca 95 m (väst).
- Berg

Fyllningen består mestadels av sand men har även innehåll av mulljord, lera, silt, grus och sten. Skruvprovtagningar har visat att det i fyllningen dessutom förekommer rester av asfalt, betong, tegel, metall, växtdelar samt trä.

Torrskorpeleran är grå och, i flera av punkterna, sulfidflammig/-fläckig. I några fall påträffas innehåll av silt eller mull, samt rester från växtdelar. I borrhål NC107 och NC118 påträffades ingen tydligt utbildad torrskorpa. Leran närmast fyllningen i dessa punkter bedöms dock vara av torrskorpekaraktär, med en vattenkvot på ca 35-50%.

Leran under fyllningen är grå/rostfläckig i sin övre del (till ca 3 m djup) och har en uppmätt vattenkvot på ca 40-60 %. I områdets norra del (NC103 och NC107) har den dessutom ett visst innehåll av silt på detta djup, varmed vattenkvoten också är något lägre (ca 35-50 %). Enligt kolvprovtagningar som utförts i NC115 kan den underliggande leran, mellan 3-45 m djup, generellt beskrivas som grå/mörkgrå och sulfidfläckig/-flammig. På 8 m djup beskrivs den dock som något gyttjig. Skalrester förekommer i merparten av proverna ner till 28 m djup, under vilket leran blir mer homogen. Densiteten varierar mellan ca 1,5 och 1,8 ton/m³, med de högre värdena på större djup, se även Bilaga 1. Lerans vattenkvot uppgår generellt till mellan ca 50-75%, med låga värden närmast torrskorpan, samt på stora djup. På 6-10 m djup, där leran i ett av proverna beskrivs som något gyttjig, har vattenkvoten dock uppmätts till ca 60-95%. Konflytgränsen varierar mellan ca 60-80%, se även Bilaga 2 och 3.

Sensitiveten uppmätt från fallkonsförsök varierar i huvudsak mellan ca 10 och 30. Leran bedöms därmed vara i huvudsak mellansensitiv och därmed inte så känslig för störningar. Se Bilaga 4.

Enligt tidigare och nu utförda ving- och fallkonförsök är lerans odränerade skjuvhållfasthet (okorrigerat värde) ca 20 kPa närmast under fyllningen, för att därunder öka till ca 110-120 kPa på 70 m djup. De djupaste, och även högsta, värdena har uppmätts i borrhål 101, ca 100-150 m sydöst om detaljplaneområdet. Se Bilaga 5.

Valda värden för lerans korrigerade skjuvhållfasthet (m.h.t. konflytgräns), c_u , redovisas i Tabell 1 nedan samt i Bilaga 6. I de fall beräkningar utförs med mer avancerade beräkningsmodeller, som t.ex. tar hänsyn till hållfasthetsanisotropi, kan bifogat undersökningsmaterial användas för separat val av hållfastheter.

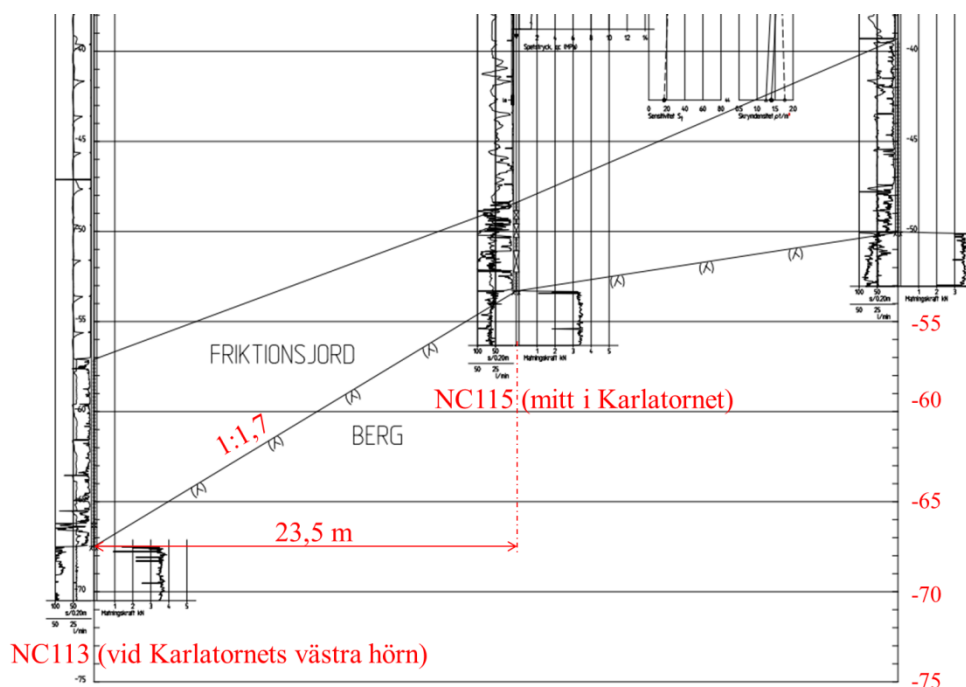
Tabell 1 Vald korrigerad hållfasthet, c_u .

Nivå [m]	c_u [kPa]
+0	13
-8	20
-30	62
-70	130

Enligt tidigare och nu utförda belastnings- (CRS) och triaxialförsök i punkt 101, NC4 och NC115 är leran vid en marknivå på ca +2 och med en hydrostatisk grundvattenyta från nivån +0,6 normal- till svagt överkonsoliderad (OCR ca 1,2-1,4), se Bilaga 7. Med hänsyn till krypning genom 20 % reduktion av uppmätta förkonsolideringstryck är leran normalkonsoliderad med pågående krypsättningar ner till ca 15 m djup, medan den mellan 15-40 m djup är något överkonsoliderad med hänsyn till kryp. På djup större än 40 m bedöms leran vara normal- till svagt överkonsoliderad, med hänsyn till kryp. Se även Bilaga 8.

Under leran finns ett lager friktionsjord med varierande mäktighet. I områdets östra del har jord-bergsonderingar indikerat en tjocklek på mellan ca 2-12 m ovan berg. I områdets västra del uppgår mäktigheten hos friktionsjorden till ca 12-22 m. Merparten av jord-bergsonderingarna har indikerat förekomst av sten eller block, dock i varierande omfattning. I NC105, NC109 och NC115 påträffades de största blocken (ca 1-2 m i diameter).

Nivån på berggrunden varierar inom undersökningsområdet och sluttar generellt från ett högre parti i nordöst mot ett djupare område i väster och söder. I områdets nordöstra del (innefattande borrhål NC107 samt NC113-118) har jordbergsonderingar visat bergdjup på mellan ca 50-70 m. I detaljplaneområdets västra och södra del (NC101-105, NC108-110 samt NC112) påträffas berg på mellan ca 80-95 m djup, med de djupaste partierna i nordväst. Indikationer om släntberg har påträffats inom området (borrhål NC110, 14W01 och 14W06). Den största medellutningen hos berggrunden påträffas i ett område som sträcker sig från Karlatornet och västerut. Från byggnadens centralpunkt, NC115 (bergdjup ca 55 m), har berggrunden en medellutning på ca 1:1,7 i riktning mot NC113 (bergdjup ca 70 m) och NC109 (bergdjup ca 90 m). Se Figur 4.



Figur 4 Bergets medellutning mellan NC115 och NC113.

5. Geohydrologiska förhållanden

De karakteristiska vattenstånden i Göta älv kan med ledning av vattenstånden i Torshammen antas vara följande:

HHW	+1,6
MHW	+1,1
MW	+0,1
MLW	+9,4
LLW	+8,9

Grundvattenytan varierar under året beroende på nederbördsmängd och påverkas lokalt av topografiska förhållanden samt av vegetation och jordlagerföljd. Den övre grundvattenytan bedöms dock under stora delar av året ligga kring medelvattennivån i Göta älv, på +0,1, eller strax däröver. För detta PM har en övre grundvattenyta på nivå +0,6 antagits.

Den övre grundvattenytan har mätts i merparten av skruvborrhålen (NC101-NC104, NC107, NC110 och NC115) och låg vid undersökningstillfället i maj-juni 2015 på mellan 0,9 och 1,3 m djup. I vissa av borrhålen uppmättes dock ingen övre grundvattenyta. I NC103, NC105, NC106 samt NC115 var borrhålet torrt ner mellan ca 1,5-2 m djup.

Porvattentrycket i lerlagret har mätts på 6 nivåer i NC115, under perioden juni till september 2015, och visar på något förhöjda trycknivåer, jämfört med hydrostatisk tryckfördelning, i hela jordprofilen. Se

Tabell 2.

c:\users\benask\AppData\Local\Microsoft\Windows\Temporary Internet
Files\Content.Outlook\0kjma02g\pm_geo_detaljplan.docx

Tabell 2 Uppmätta portryck, borrhunkt NC115.

Djup	Nivå	Portryck, min	Portryck, max	Hydrostatiskt (g.v.y. +0,6)
m		kPa	kPa	kPa
7	-4,7	55 (2015-07-26)	68 (2015-06-03)	52
15	-12,7	147 (2015-06-17)	168 (2015-09-03)	132
25	-22,7	245 (2015-06-29)	259 (2015-06-05)	232
35	-32,7	348 (2015-08-13)	352 (2015-06-17)	332
45	-42,7	446 (2015-09-03)	448 (2015-06-17)	432
51.5	-49,2	508 (2015-06-25)	509 (2015-09-03)	498

6. Stabilitet

6.1 Allmänt

Som del av detaljplanen för Götaverksgatan, söder om aktuellt område, utfördes en fördjupad stabilitetsutredning för området närmast hamnbassängen. Denna utredning visade på tillfredsällande stabilitet för nuvarande samt framtida förhållanden.

För denna detaljplan bedöms att befintlig stabilitet inte behöver utredas närmre, med anledning av de jämna markförhållandena inom detaljplaneområdet samt det stora avståndet till älven (250-300 m). Stabilitetsberäkningar gällande schaktstabilitet har dock utförts för ett fåtal utvalda schaktscenarion, med Morgernstern-Price's lamellmetod i SLOPE.

6.2 Indata

Bestämning av dimensionerande hållfasthetsparametrar gjordes genom val av partial- och delfaktorer enligt *IEG:s Tillämpningsdokument – Rapport 6:2008, Rev 1 – Slänter och bankar*.

Partialfaktorer

$$\gamma_{cu} = 1,5$$

$$\gamma_{\varphi'} = 1,3$$

$$\gamma_c = 1,3$$

Delfaktorer (med motivering)

$$\eta_{1,2} = 1,0 \quad \text{antal borrhål} > 5$$

$$\eta_3 = 1,0 \quad \text{Två till tre metoder, liten spridning (ner till ca 10 m djup)}$$

$$\eta_{4,5,6,7} = 1,0 \quad \text{Liten brottyta, liten konsekvens av brott}$$

Dimensionerande värden beräknas därefter enligt:

Odränerad skjuvhållfasthet

$$\tau_{fud} = \frac{1}{\gamma_{cu}} * \eta * \tau_{fu}$$

Friktionsvinkel

$$\phi'_d = \frac{\tan(\phi')}{\gamma_{\phi'}}$$

Effektiv kohesion

$$c'_d = \frac{0,1 * \tau_{fu}}{\gamma_{c'}}$$

För leran valdes hållfasthetsparametrar enligt Tabell 1. För de ovanliggande fyllnadsmassorna antogs en friktionsvinkel på 32 grader. Torrskorpeleerans odränerade skjuvhållfasthet sattes till 25 kPa. Se Tabell 3 för dimensionerande hållfasthetsparametrar.

Tabell 3 Dimensionerande hållfasthetsparametrar för SLOPE-beräkningen

Nivå	Material	c_{ud} [kPa]	c' [kPa]	ϕ'_d [°]	γ/γ_c [kN/m ³]
+2					
+1	Fy	-	-	25,7	18/10
+1	Let	16,7	0,115 c_{ud}	23,9	17
+0		8,7			
+0	Le1	8,7	0,115 c_{ud}	23,9	16
-8		13,3			
-8	Le2	13,3	0,115 c_{ud}	23,9	16,2
-30		41,3			

I beräkningarna antogs en grundvattenyta med hydrostatisk tryckfördelning från nivån +0,6. Inom schakten antogs en linjär avsänkning ner till schaktbotten. I odränerad analys räknades två fall, ett utan last och ett där en utbredd last på 10 kPa (3 m bred) applicerades på avstånd 1 m från släntröner.

6.3 Beräkningsresultat

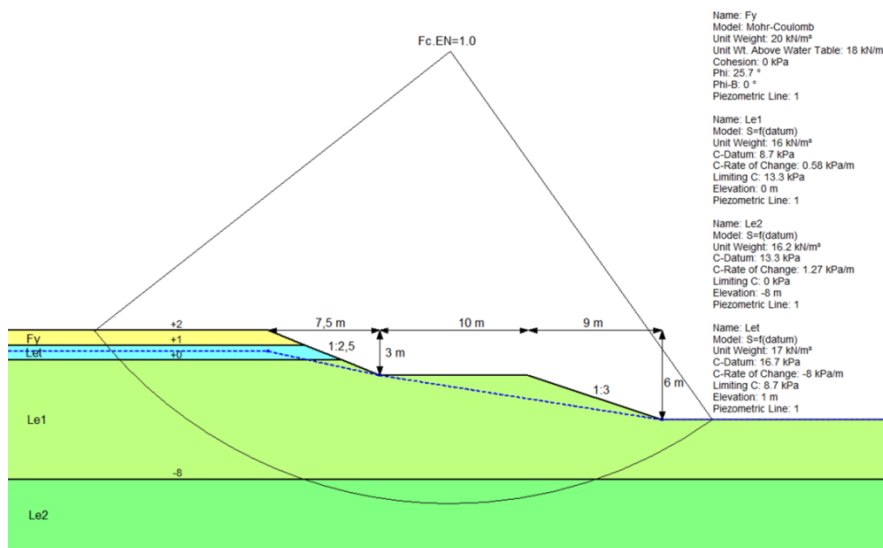
Beräkningar utfördes i odränerad och kombinerad analys (schakt med kort resp. lång varaktighet) med cirkulär-cylindriska glidytor. Se Tabell 4 för tänkbara släntlutningar hos schakter ner till 3 m djup.

Tabell 4 Släntlutningar för olika schaktdjup och varaktighet

Schaktdjup [m]	Typ	Släntlutning
2	Kort varaktighet (odränerad analys)	1:1/1:1*
	Längre varaktighet (kombinerad analys)	1:1,5
3	Kort varaktighet (odränerad analys)	1:2,5/1:1,5*
	Längre varaktighet (kombinerad analys)	1:2,5

* Analys med last/utan last

Schakt för planerade källare bedöms bli till betydligt större djup. Preliminärt bedöms att all schakt djupare än ca 3 m erfordrar någon form av stödskonstruktion eller mycket flacka släntlutningar (tryckbankar). I Figur 5 visas ett exempel i odränerad analys på en öppen schakt till 6 m djup, med flacka slänter och en tryckbank. Ingen last på släntkrön är medräknad. Som figuren visar är denna schaktmetod utrymmeskrävande, då avståndet från släntkrön till släntfot är 26,5 m.



Figur 5 Exempel på släntlutningar för en öppen schakt till 6 m djup

Schakt för källare bedöms därför behöva utföras inom spontkonstruktion eventuellt i kombination med avlastningsschakter/tryckbankar. Skall schakt för källare utföras för 2 våningar eller mer kommer mycket avancerade spontkonstruktioner att krävas med flera hammarbandsnivåer och avsträvning in mot schakten alternativt bakåtförankring.

7. Grundläggning

Byggnaderna inom detaljplaneområdet kommer att variera avsevärt i höjd. Ett flertal kommer att uppföras i 4-6 plan, medan den högsta, Karlatornet, kommer att ha en höjd på 266 m (över 70 våningar). Områdets näst högsta byggnad planeras också att överstiga 100 m. Flertalet av de planerade husen/kvarteren ska även ha ett eller flera källarplan för garage m.m.

Med hänsyn till de stora lerdjupen och jordlagrens sättningssänslighet måste alla byggnader förutsättas bli grundlagda på pålar. Huvuddelen av byggnaderna kan var för sig grundläggas på långa kohesionspålar, så att lastöverföringen från pålarna till leran sker på stort djup, där lerans sättningsegenskaper normalt är bättre än i de ovanförliggande jordlagren. Huruvida kohesionspålning är tillämplig avgörs dock av storleken på förväntade differens- och totalsättningar.

Grundläggningen av Karlatornet, samt eventuellt vissa av de andra höga byggnaderna, bedöms lämpligen utföras med grävpålar ned till berg. För att klara differenssättningar mot angränsande byggnadsdelar kanske grävpålar/stödpålar erfordras för ett större område. Inom områdets nordöstra del, där jorddjupen är som minst, kan stödpålning med konventionella betongpålar vara det bästa alternativet.

Eftersom tidigare och nu utförda belastningsförsök på leran visar att krypsättningar pågår skall normalt påhängslaster påräknas vid dimensionering av pålarna. Med planerad urgrävning för källare bedöms dock de pågående krypsättningarna minska eller helt upphöra. Detta medför att påhängslasterna på pålarna preliminärt bara kommer att påverka de yttre pålraderna.

På grund av risken för framtida höga vattenstånd i Göta älv är enligt nu gällande regler lägsta tillåtna nivå för öppningar i byggnader +2,8 såvida inte särskilda skyddsåtgärder kan anordnas. Källare skall därmed utföras med vattentät konstruktion under denna nivå.

Dräneringsnivån för källaren bör inte sättas lägre än +0,5 m för att inte orsaka grundvattensänkning i området. Lyftande grundvattentryck måste därför påräknas för hela källaren vilket innebär att dragförankringar sannolikt erfordras.

8. Sättningar & markplanering

Belastningsförsök som utförts inom området visar att marken är känslig för sättningar. Vid belastning avgörs storleken på sättningarna bl.a. av utformningen hos vald grundläggningstyp, samt omfattningen av eventuell uppfyllnad. Vid grundläggning med kohesionspålar skall en analys/bedömning genomföras för att utreda huruvida storleken och fördelningen av sättningarna är godtagbara med hänsyn till respektive byggnads funktion och utformning.

Där marknivån kommer att behöva höjas erfordras någon form av grundförstärkning för att undvika långtidsbundna sättningar, t.ex. genom lastkompensation med lättfyllning (cellplast, lättklinker eller likvärdigt). Detta gäller främst de delar av området som är utanför pålgrundlagda delar samt inom sättningkänsliga partier såsom entréer, garageinfarter, ledningsanslutningar etc.

Vid detaljprojektering skall kompletterande undersökningar och utredningar utföras för val av lämplig grundläggning/förstärkningsåtgärd med hänsyn till sättningar, ur såväl teknisk som ekonomisk synpunkt. Byggnadstekniska åtgärder som medför en permanent grundvattensänkning bör ej utföras. Detta är viktigt inte enbart för planerade byggnader utan även för närliggande mark som kan utsättas för sättningar vid sänkning av grundvattenytan. Ledningar till pålgrundlagda byggnader bör förses med flexibla kopplingar för att förhindra ledningsbrott vid eventuella sättningar av omkringliggande mark.

9. Kontrollåtgärder

I samband med schakt- och grundläggningsarbetena skall regelbundna kontroller av främst rörelser (kontrollprogram) och vibrationer (riskanalys) utföras på byggnader i närliggande kvarter. Rörelsemätning bör också utföras i angränsande mark med hänsyn till risken för sättningar/hävningar som bl.a. kan påverka befintliga ledningar och andra känsliga anläggningar.

För att minimera risken för omgivningspåverkan i samband med pålning kommer propptagning behöva utföras. Propptagning kan utföras med augerborr eller propprör, förutsatt att avsedd volym tas upp. Vid grundläggning med grävplåtar minskar risken för omgivningspåverkan, p.g.a. massundanträngning, jämfört med slagna plåtar.

10. Övrigt

Inför projektering och byggande erfordras kompletterande undersökningar för att i detalj bestämma grundläggning och schakt för källare m.m.

Vidare utredning av omgivningspåverkan krävs också för vald schakt och grundläggningsmetod.

Norconsult AB
Väg och Bana
Geoteknik

Mikael Lindström
mikael.lindstrom@norconsult.com

Bengt Askmar
bengt.askmar@norconsult.com



Norconsult AB

Theres Svensson gata 11

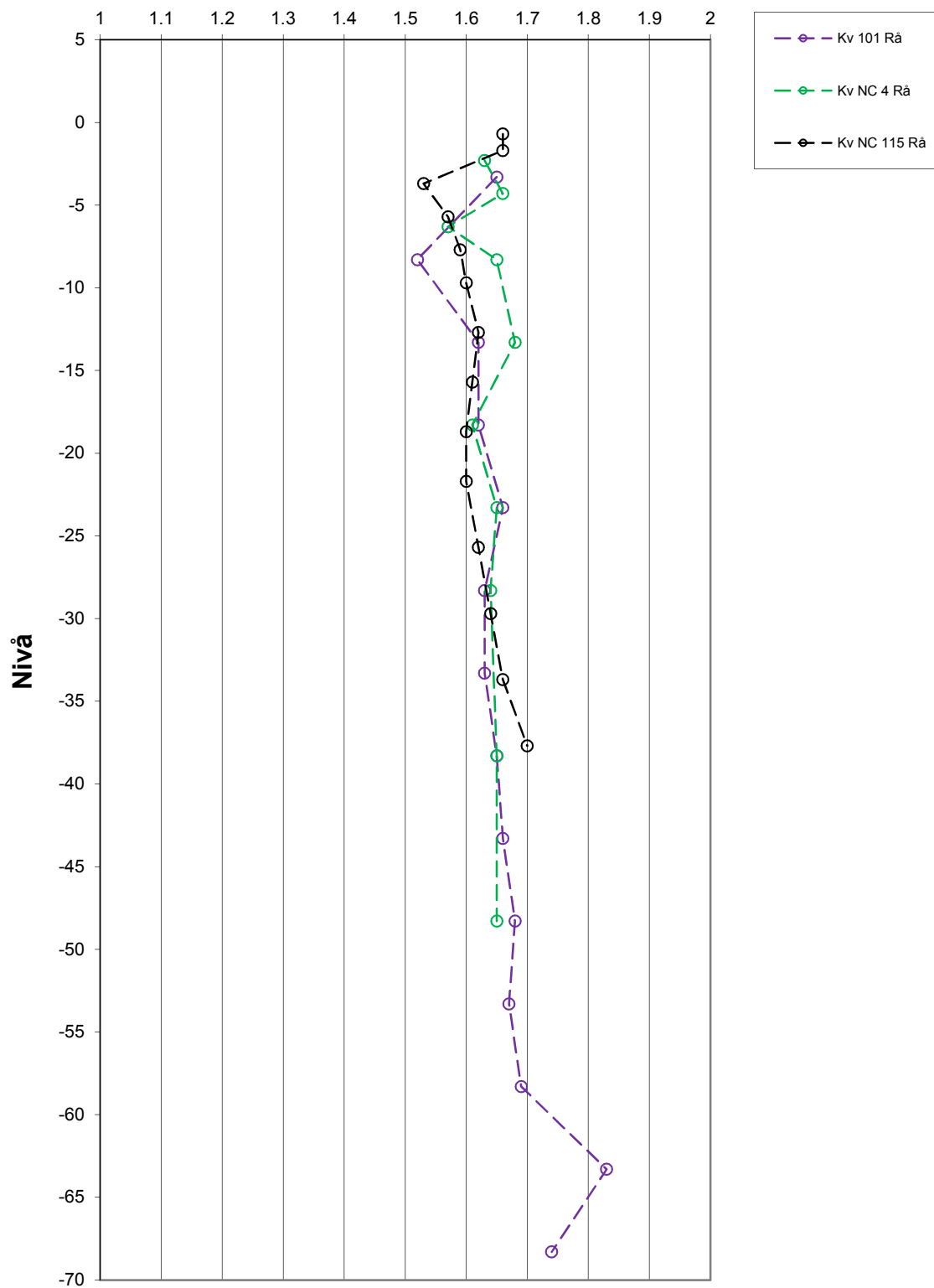
Box 8774, 402 76 Göteborg

031 – 50 70 00, fax 031-50 70 10

www.norconsult.se

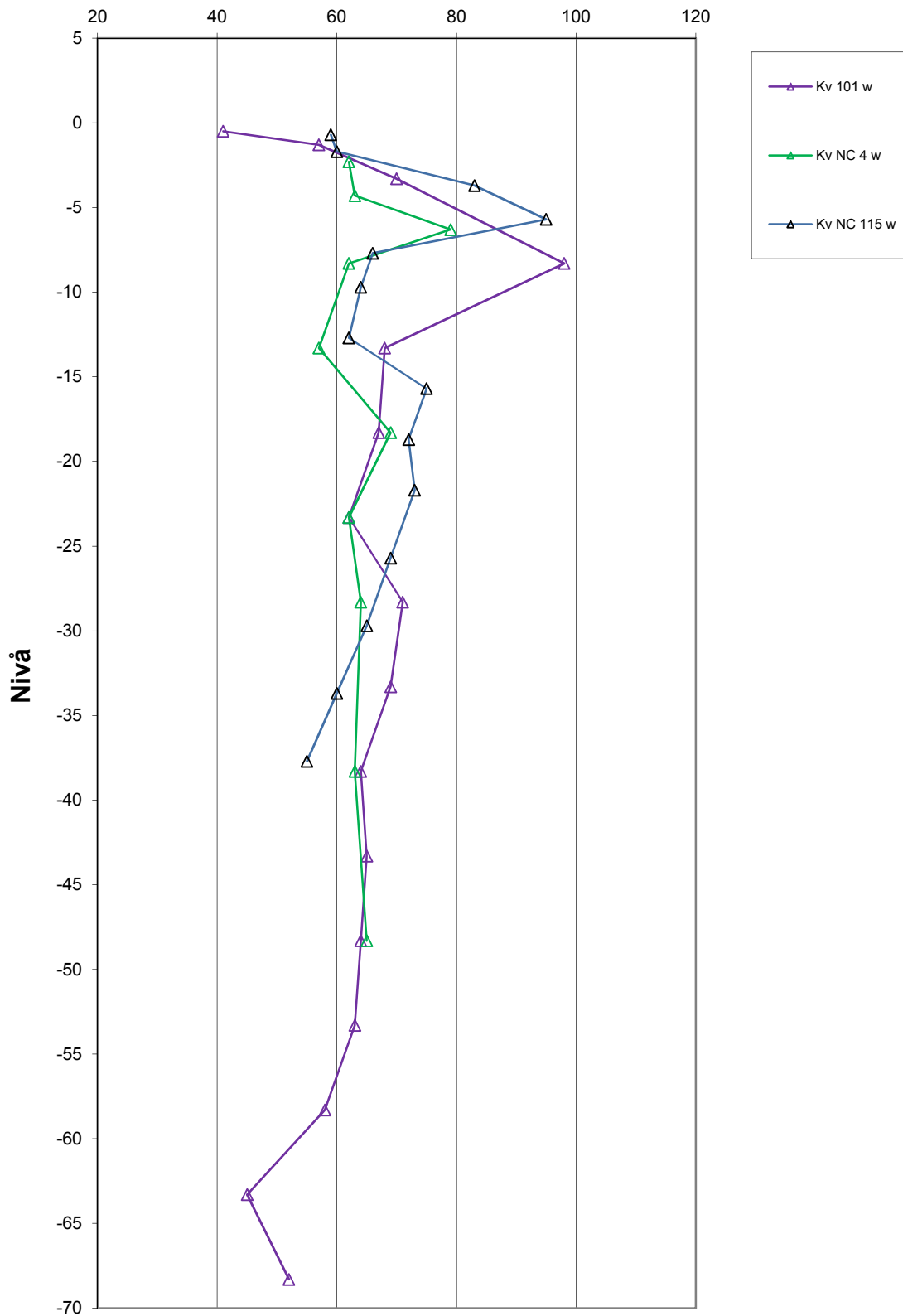
Karlavagnsplatsen Sammanställning skrymdensitet

Skrymdensitet t/m3

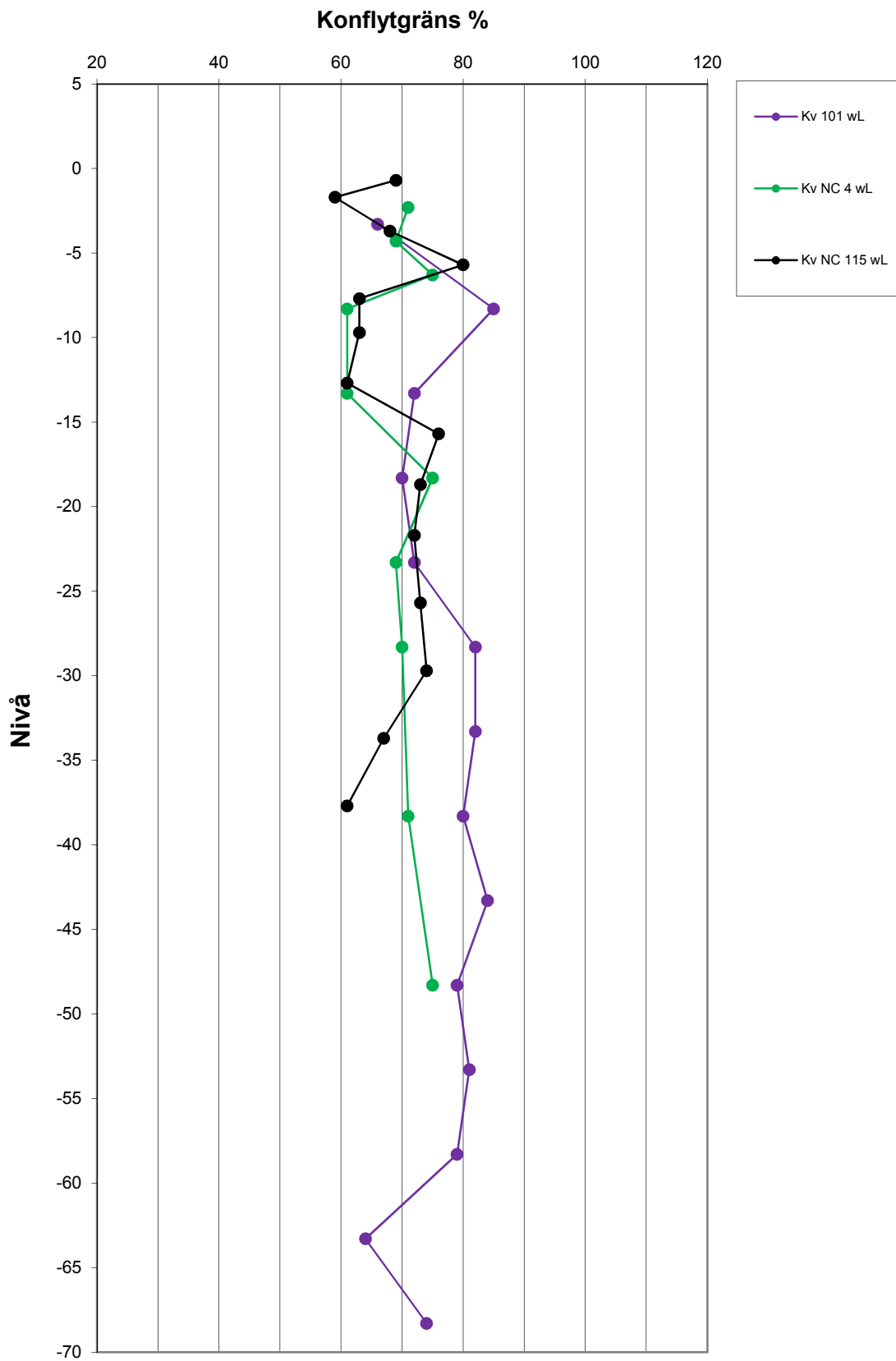


Karlavagnsplatsen Sammanställning vattenkvot

Vattenkvot %

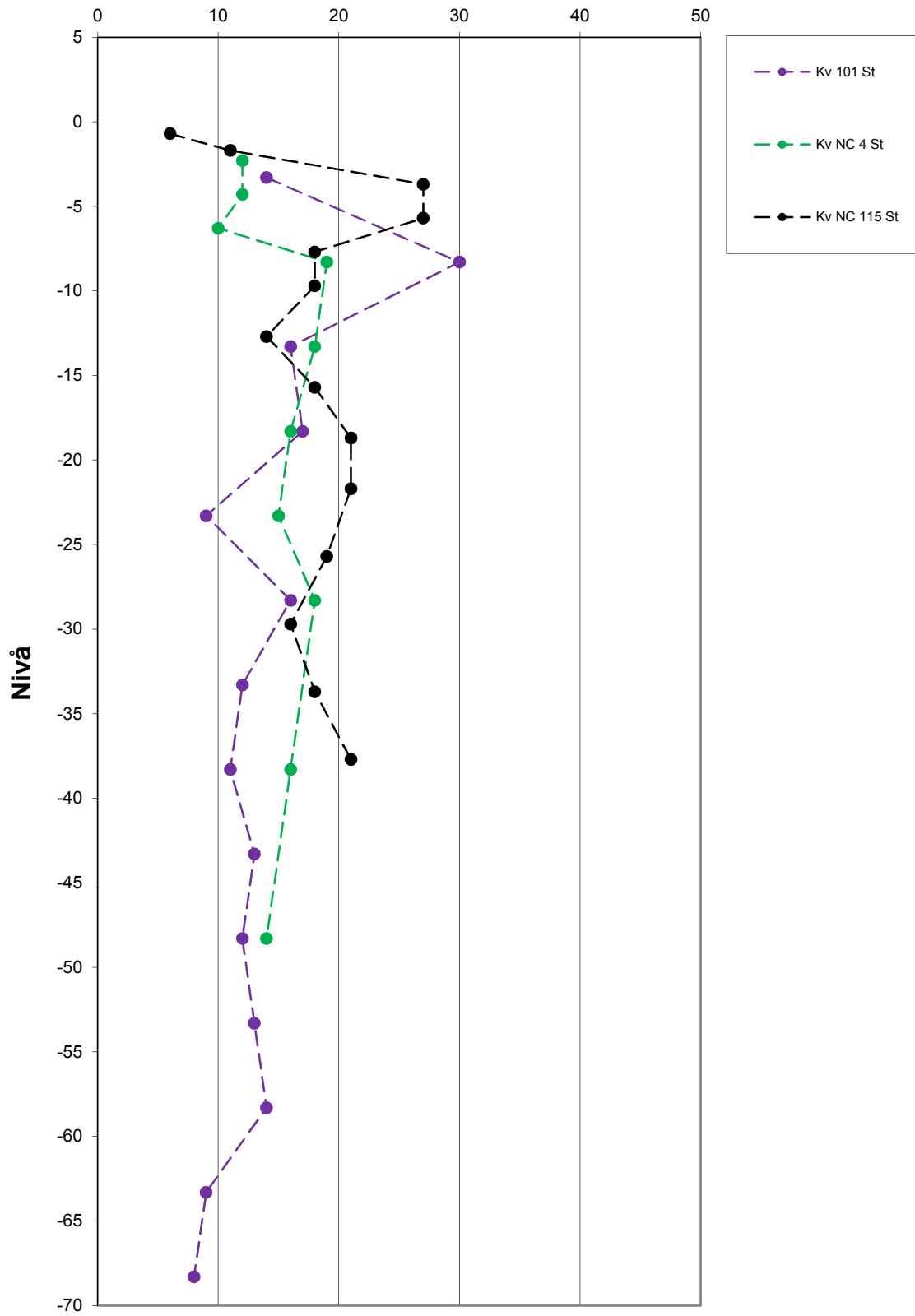


Karlavagnsplatsen Sammanställning konflytgräns



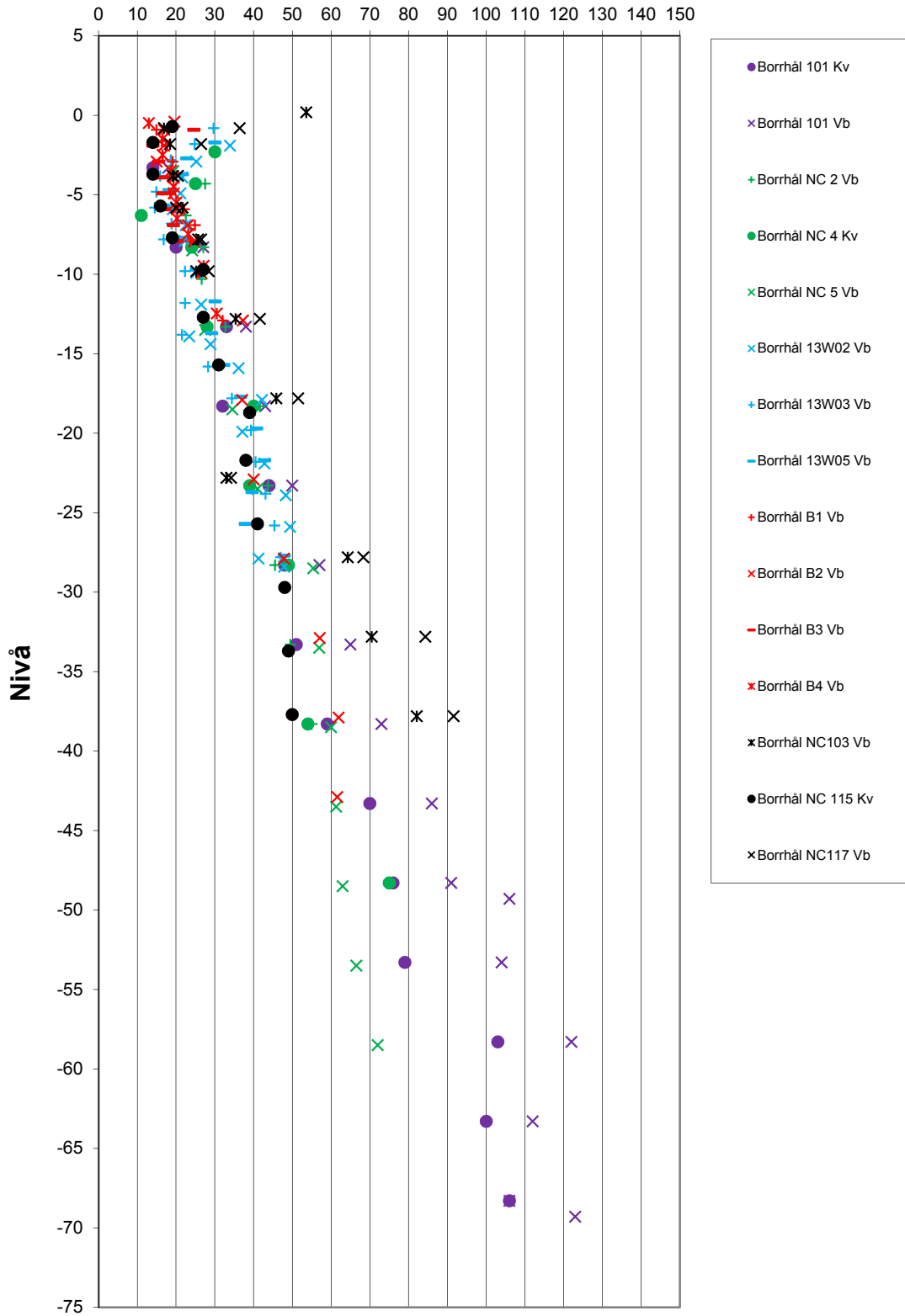
Karlavagnsplatsen Sammanställning sensitivitet

Sensitivitet



Karlavagnsplatsen
Skjuvhållfasthet, okorrigerade värden

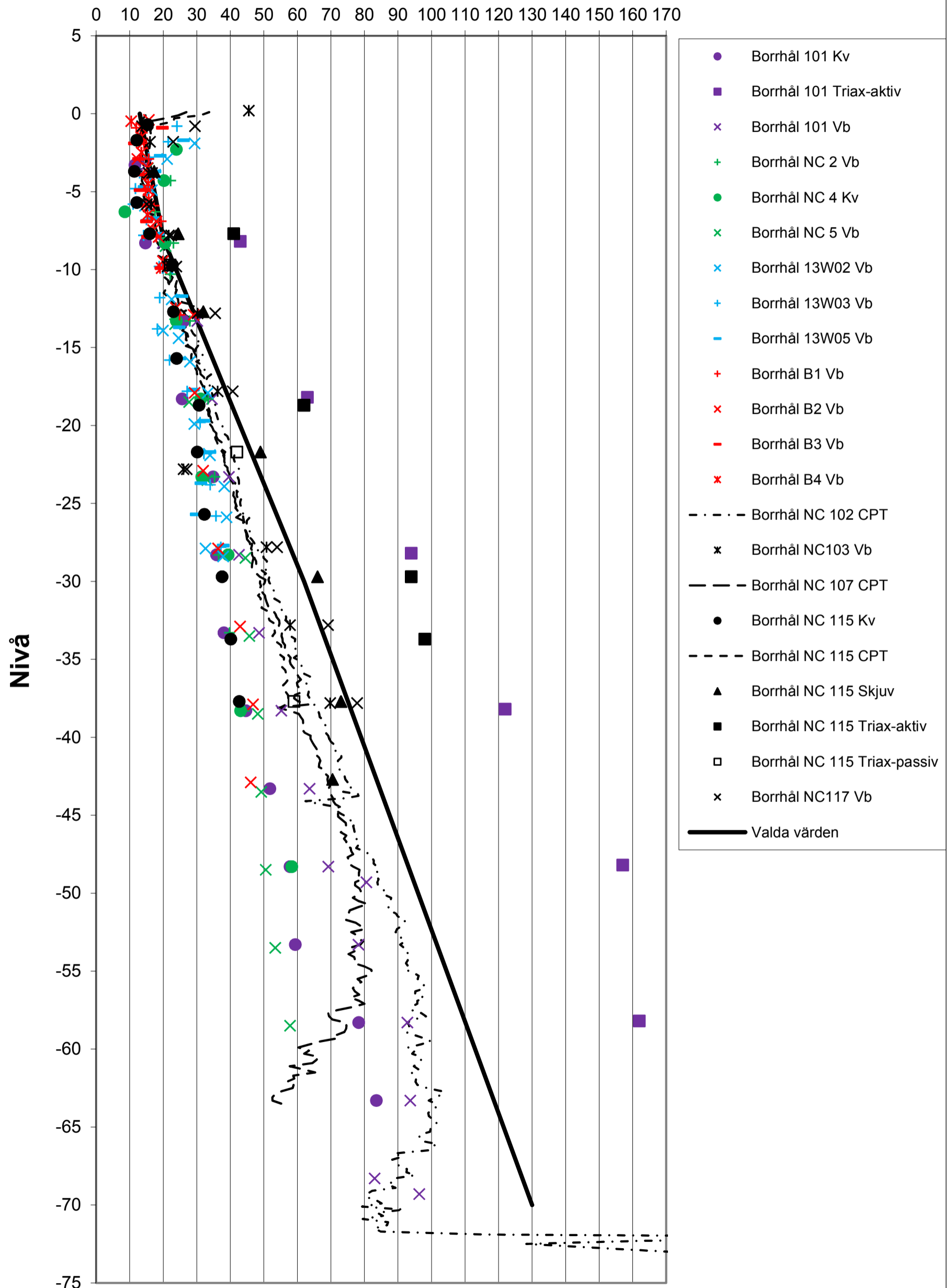
Skjuvhållfasthet kPa



Karlavagnsplatsen

Skjuvhållfasthet, korrigerade värden

Skjuvhållfasthet kPa



**Karlavagnsplatsen
Sammanställning
Konsolideringsförhållanden
Effektivspänning kPa**

