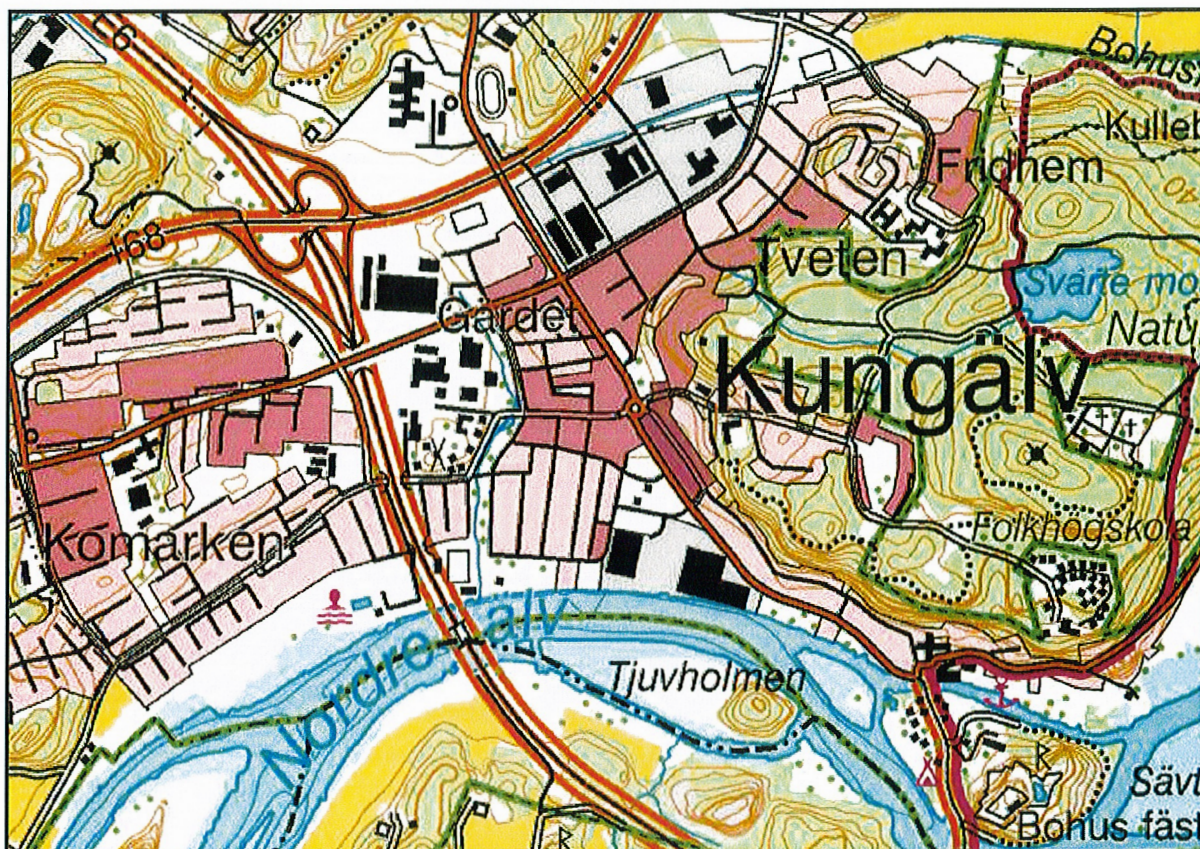


Gatukontoret, Kungälv kommun

Liljedalsområdet, Kungälv

PM Geoteknik



Göteborg 2003-10-03
SWECO VBB
Geoteknik, Göteborg

Uppdragsnummer 2300 488

SWECO VBB
Gullbergs Strandgata 3
Box 2203, 403 14 Göteborg
Telefon 031-62 75 00
Telefax 031-62 77 22
www.sweco.se

Uppdrag 2300 488; olac
p:\2341\2300488\geo\txt\pm_geoteknik-liljedalsområdet.doc



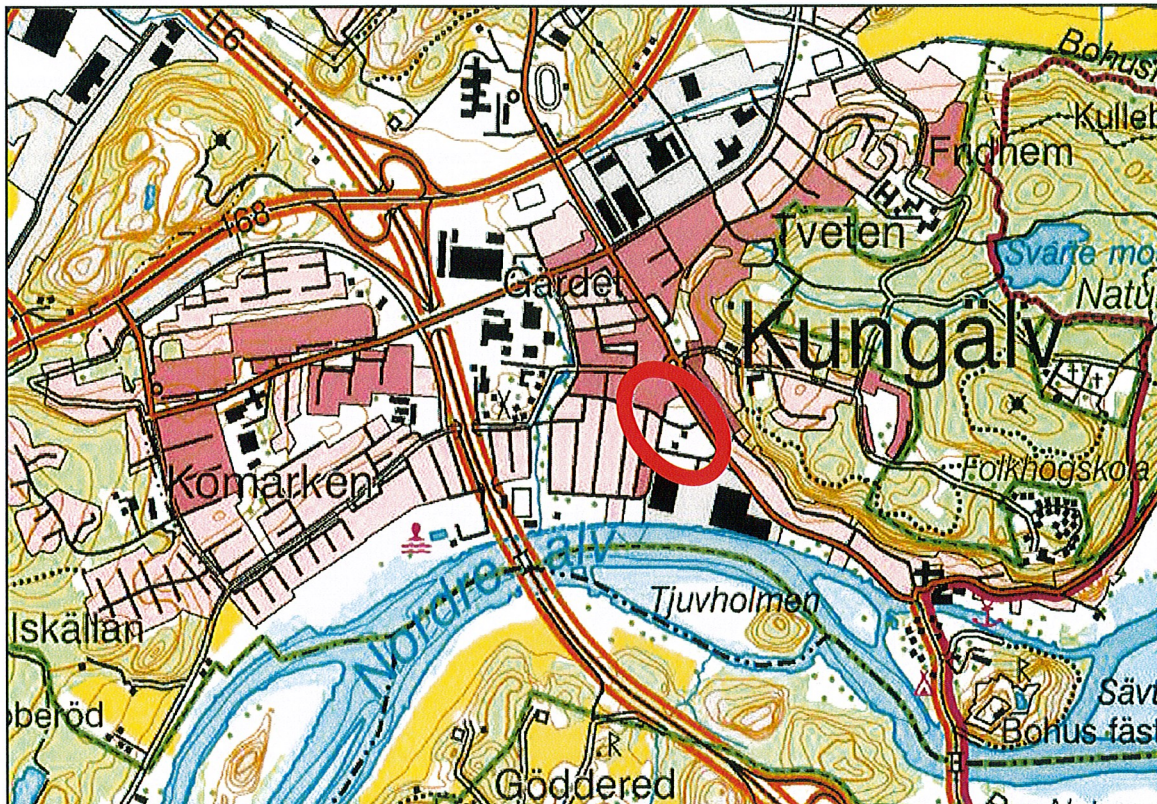
INNEHÅLL	1	Allmänt	2
	2	Objektbeskrivning	3
	3	Tidigare utförda undersökningar	3
	4	Geoteknisk översikt	3
	4.1	Topografi och områdesbeskrivning	3
	4.2	Geotekniska förhållanden	4
	4.2.1	Densitet, vattenkvot, konflytgräns och sensitivitet	4
	4.2.2	Odränerad skjuvhållfasthet	5
	4.2.3	Kompressionsegenskaper.....	5
	4.3	Grundvatten och portryck.....	6
	5	Sättningar	6
	5.1	Utbildade sättningar och rådande förhållanden	6
	5.2	Spänningssituation	6
	5.3	Förväntade sättningar	7
	6	Rekommendationer.....	8
BILAGOR	1	SGF-beteckningsblad 1-4	
	2	Tidigare utförda undersökningar (ritn. G101, GF 2000-04-05)	

Liljedalsområdet, Kungälv

PM Geoteknik

1 Allmänt

På uppdrag av Gatukontoret i Kungälv kommun har SWECO VBB utfört en geoteknisk utredning för Liljedalsområdet i Kungälv. Området är beläget i anslutning till Strandgatan i Kungälv centrum, enligt nedanstående översiktskarta.



Figur 1 Översiktskarta över Liljedalsområdet, Kungälv.
(Copyright Lantmäteriet 2002. Ärende nr. L2002/1047)

I anslutning till området har flertalet geotekniska undersökningar tidigare utförts under årens lopp vilka använts som underlag vid denna geotekniska utredning. Inga nya geotekniska undersökningar har därmed utförts i detta skede.

I detta PM redovisas de geotekniska förhållandena för lokalgator och parkeringsytor baserade på tidigare utförda geotekniska undersökningar i anslutning till området.

2 Objektbeskrivning

Inom området ska bland annat lokalgatorna förändras samt nya parkeringsytor byggas. I samband med dessa arbeten kommer avvattningen av området ses över. Uppfyllnader med ca 30-50 cm (mot dagens marknivåer) planeras inom delar av området. I övrigt avses inga stora förändringar på markens lastsituation jämfört med dagens förhållanden.

Inom fastigheten Gärdet 1:16 planeras dessutom byggande av bostadshus i Riksbyggens regi.

3 Tidigare utförda undersökningar

I samband med tidigare utredningar har ett antal geotekniska undersökningar utförts i och i anslutning till området kring Liljedalsområdet. Geotekniska undersökningar från följande utredningar har inarbetats i denna utredning:

- "Västra Tullen. VA-ledning, NB1-NB3. Geoteknisk undersökning". SWECO VBB VIAK AB, 2001-06-29 (uppdragsnr. 1300379).
- "Ombyggnad av Strandgatan inom Liljedalsområdet i Kungälv". GF Konsult AB, 2000-04-05 (uppdrags nr. 282 862 23). (Borrpunkts-ID: 1 till 7).
- "Kv Rhodin, Liljedal. Geoteknisk undersökning". GF Konsult AB, 1996-02-06 (uppdrags nr. 410 043 23). (Borrpunkts-ID: GFRB1).
- "Detaljplan för Liljedalsområdet, Kungälv centrum. Geoteknisk undersökning". GF Konsult AB, 1989-08-14 (uppdrags nr. 28202 644 230). (Borrpunkts-ID: GF1).
- "Utlåtande över grundförhållandena vid några planerade trafikplatser i Kungälv". HSB:s Riksförbund, 1972-07-31. (Borrpunkts-ID: HSB5).

Läget på tidigare utförda undersökningar redovisas i Bilaga 2 på planritning G101 från ombyggnaden av Standgatan (daterad 200-04-05).

4 Geoteknisk översikt

4.1 Topografi och områdesbeskrivning

Området utgörs idag främst av relativt plana asfalterade parkeringsytor. Nivån på dagens markyta varierar mellan ca +5 till +9,5.

I de norra delarna av området, i anslutning till byggnaden vid kvarteret Rhodin (vid lastkajområdet längs sydvästra långsidan och vid entrén i det östra hörnet) samt vid partier av Strandgatan, har uppfyllnader med lättklinkerfyllning utförts. Detta för att justera marknivån mot befintliga sättningsskador som uppstått under årens lopp samt för att minska storleken på framtida sättningar till följd av de uppfyllnader som utförts i samband med ombyggnaden av Strandgatan. Mäktigheten på lagret med lättklinker är ca 1-1,5 m.

4.2 Geotekniska förhållanden

Inom området utfördes på 1960-1970 talet omfattande uppfyllnader (ca ett par meter). De ytliga jordlagren (under asfalt, gatsten etc.) utgörs därmed generellt av fyllnadsmaterial främst bestående av grusig sand med inslag av silt och sten. Mäktigheten hos fyllnadsmaterialet varierar stort inom området. Tidigare utförda sonderingar visar på mäktigheter mellan ca 0,1-3 m där de största fyllnadsmäktigheterna påträffats i anslutning till Strandgatan. De stora uppfyllnaderna har resulterat i att stora sättningar utbildats inom området. Sättningsförloppet pågår än idag med en bedömd takt på någon centimeter per år.

Under fyllnadsmaterialet följer de naturliga jordlagren som utgörs av ett mäktigt lager av lös siltig lera vilket successivt blir fastare med djupet tills dess att fast botten tar vid. Ner till djupet ca 1-1,5 m under markytan är leran av torrskorpekaraktär i de partier där jorden på dessa djup inte utgörs av fyllnadsmaterial. Lerlagret vilar på ett tunt lager med friktionsjord innan berget tar vid. Vid Strandgatan, i södra änden av kvarteret Rhodin, indikerar tidigare utförda geotekniska undersökningar på förekomst av ett tunt skikt med friktionsjord (sand/silt) i lerlagret på djupet ca 6-8 m under markytan.

Lerlagrets mäktighet, i anslutning till området kring Strandgatan och kvarteret Rhodin, varierar i huvudsak mellan ca 5-20 m, där de grundaste partierna påträffats i anslutning till korsningen Liljedalsgatan-Strandgatan. I de östra delarna av området ökar lermäktigheterna upp emot ca 25-30 m (borrpunkt GF7 och GF10). Mäktigheten på det underliggande lagret av friktionsjord bedöms generellt vara ca 1-3 m.

Djupet till bedömt berg (där borristopp har erhållits) varierar generellt mellan ca 6-25 m med undantag för de östra delarna av området (borrpunkt GF7 och GF10) där berget påträffats på djupet ca 30-40.

4.2.1 Densitet, vattenkvot, konflytgräns och sensitivitet

Lerans skrymdensiteten (ρ) har vid utförda laboratorieundersökningar bestämts till ca 1,5-1,75 t/m³ med en successiv ökning mot djupet.

Den naturliga vattenkvoten (w_N) i leran varierar generellt mellan ca 55-100 %. I fyllnadsmaterialet har vattenkvoten bestämts till ca 20 %.

Konflytgränsen (w_L) i leran varierar även den med djupet. De högsta värdena har påträffats i lerlagret ovan skiktet med friktionsjord (d.v.s. i lerans övre ca 6-8 m). Konflytgränsen har där bestämts till ca 70-80 % för att under friktionsjordsskiktet vara ca 40-50 %. Detta motsvarar att den vid ving- och konförsök bestämda odränerade skjuvhållfastheten (τ_{fu}) i leran ovan friktionsjordsskiktet skall reduceras med ca 17-25 % (d.v.s. reduktionsfaktorn är $\mu=0,83-0,75$). Under friktionsjordsskiktet motsvarar storleken på konflytgränsen i praktiken ingen reduktion av den odränerade skjuvhållfastheten.

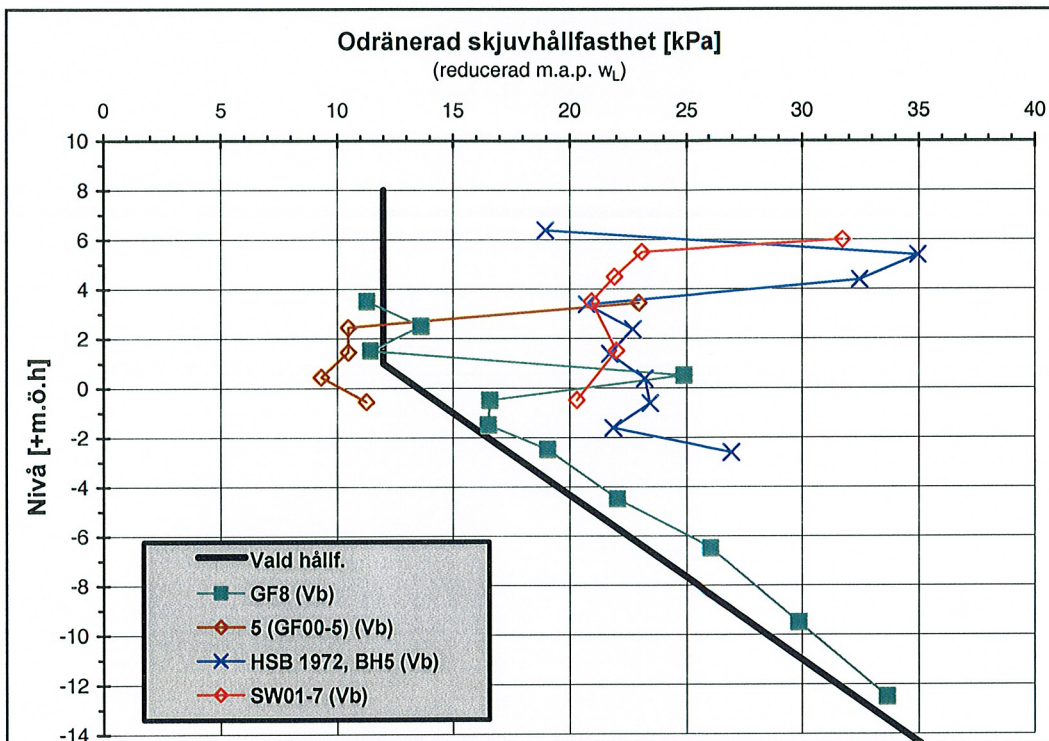
Sensitiviteten (S_t) i leran varierar stort över respektive under friktionsjordsskiktet (d.v.s. på ca 6-8 m djup). Ovan Friktionsjordsskiktet har sensitiviteten bestämts till ca 20-30. Under

friktionsjordsskiktet har däremot sensitiviteten bestämts till ca 40-170 vilket medför att leran betecknas som kvicklera¹.

4.2.2 Odränerad skjuvhållfasthet

Lerans odränerade skjuvhållfasthet har vid de tidigare undersökningarna bestämts utifrån vingförsök i fält samt konförsök i laboratorium på de upptagna kolvproverna. Spridningen vid hållfasthetsbestämningarna inom området är relativt stor.

Den reducerade odränerade skjuvhållfastheten (τ_{fu}) i leran har utvärderats till ca 12 kPa ner till nivån ca +1 (d.v.s. djupet ca 4-7 m under markytan). Därunder ökar skjuvhållfastheten mot djupet med ca 1,5 kPa/m (d.v.s. $\tau_{fu}=12+1,5 \cdot d$ kPa) enligt nedanstående diagram.



Figur 2 Odränerad skjuvhållfasthet bestämd vid vingförsök (reducerad m.a.p. konfliktgränsen).

4.2.3 Kompressionsegenskaper

Utförda CRS-försök visar att leran i de övre ca 10 metrarna i det närmaste är normal-konsoliderad för den rådande last- och spänningssituationen som råder i området i dag.. Detta motsvarar att rådande effektivspänning (σ'_0) i princip är lika stor som förkonsolideringstrycket (σ'_c). Leran är därmed mycket känslig för ytterligare belastningar. Konsolideringssättningar från tidigare uppfyllnader samt krypsättningar bedöms pågå inom delar av området.

På större djup bedöms leran vara svagt överkonsoliderad.

¹ Som kvicklera brukar i Sverige betecknas leror med skjuvhållfasthet $\leq 0,5$ kPa i omrört tillstånd och med en sensitivitet (S_v) ≥ 50 . Kvickleror kännetecknas av att de vid omrörning förlorar näst intill all sin hållfasthet.

Lerans sättningsmodul (M_L) är ca 500-550 kPa. Permeabiliteten (k) i leran är ca $6 \cdot 10^{-10}$ m/s. Övriga kompressionsegenskaper framgår av tidigare utförda CRS-försök.

4.3 Grundvatten och portryck

I samband med tidigare utförda geotekniska undersökningar har grundvattenytan uppmätts ca 1,5 m under markytan. Lokala årstids- och nederbördsberoende variationer hos grundvattenytans läge bedöms dock kunna förekomma till följd av det ytliga fyllnadsmaterialens vattengenomsläpplighet.

Portrycket i leran har i samband med tidigare undersökningar mätts i portrycksmätare installerade på tre olika nivåer i leran. Tidigare utförda portrycksmätningar visar på en hydrostatisk portrycksbild mot den uppmätta grundvattenytan.

5 Sättningar

5.1 Utbildade sättningar och rådande förhållanden

Till följd av de omfattande markuppfyllnaderna som utförts inom området under årens lopp har stora sättningar utbildats. Storleken av de utbildade sättningarna inom området varierar stort till följd av de varierande uppfyllnadsmängderna och de stora variationerna av lermäktighet.

Sättningstakten har idag kraftigt börjat avta men de slutliga konsolideringssättningarna, för den rådande lastsituationen i området, bedöms ännu inte vara fullt utbildade. Inom stora delar av området pågår också krypsättningar, vilka bedöms pågå under en längre tid framöver.

5.2 Spänningssituation

Utförda CRS-försök visar att effektivspänningen i de övre delarna av leran, vid dagens last- och spänningssituation, i princip är lika stor som lerans förkonsolideringstryck. Mot djupet ökar dock överkonsolideringsgraden (OCR) i leran något och leran kan betecknas som svagt överkonsoliderad. Detta är konsekvensen av att den ursprungliga marken som var något överkonsoliderad² belastats vid de uppfyllnader som utförts inom området. Uppfyllnaderna genererade stora sättningar och förändrade samtidigt spänningssituationen i marken vilket resulterat i en effektivspänningshöjning i leran. Effektivspänningshöjningen från uppfyllnaderna medförde att lerans förkonsolideringstryck överskreds och att konsolideringssättningar utbildades. Marken har idag nästan konsoliderat färdigt för denna spänningssituation, men kommer vid all framtida belastning/effektivspänningshöjning (yttre laster eller grundvattensänkningar) att generera ytterligare konsolideringssättningar. Marken kan därmed betecknas som mycket sättningsbenägen och känslig mot ytterligare belastningar. Krypsättningar bedöms pågå inom områden där rådande effektivspänning överskrider 80 % av förkonsolideringstrycket (d.v.s. $\sigma'_0 > 0,8 \cdot \sigma'_c$).

² Markens spänningshistoria motsvarar att jorden vid det ursprungliga bildandet tidigare varit belastad upp till en viss spänningsnivå och därmed "tål" marklaster till motsvarande denna nivå, s.k. förkonsolideringstrycket, σ'_c .

5.3 Förväntade sättningar

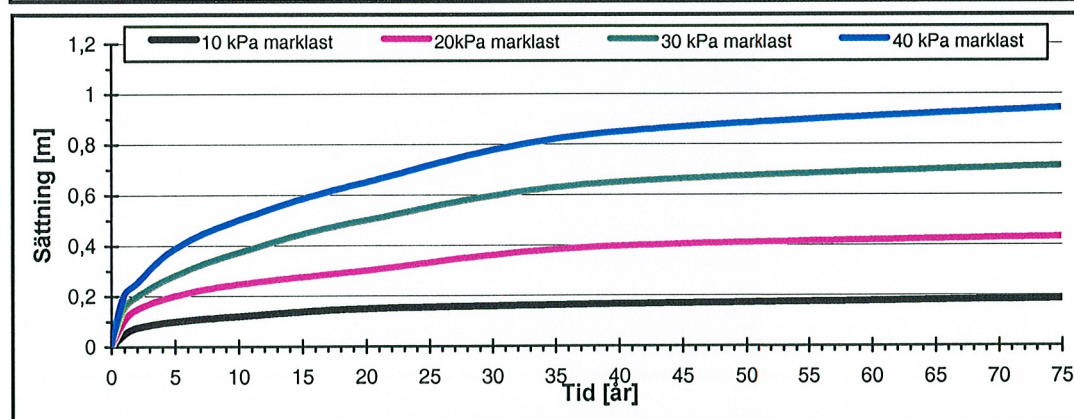
Större delen av de förväntade totalsättningarna för den rådande lastsituationen, uppfyllnader etc., bedöms vara utbildade. Resterande konsolideringssättningar som idag ännu inte utbildats i bedöms enligt överslagsberäkningar vara i storleksordningen ca 0,1 m.

Alla nya belastningar på marken inom området kommer att generera sättningar. Översiktliga sättningsberäkningar har utförts för oförstärkt mark i syfte att se vad som händer i lerlagret när eventuella markbelastningar påförs inom området.

Sättningsberäkningarna har utförts med parametrar enligt ovan för en lermäktighet av ca 15 m. Förväntade konsolideringssättningar i lerlagret och dess tidsförlopp har beräknats för några olika markbelastningar enligt nedanstående tabell och diagram.

Tabell 1 Översiktligt beräknad karakteristisk konsolideringssättning i leran (exklusive kompression av torvlagret) för olika belastningsfall vid 15 m lermäktighet.

Belastning [kPa]	Beräknad totalsättning [m]	Sättning [m] utbildad efter tiden					
		1 år	2 år	5 år	10 år	20 år	40 år
10	0,20	0,05	0,08	0,10	0,12	0,15	0,17
20	0,45	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40
30	0,75	0,15	0,20	0,28	0,37	0,50	0,65
40	1,00	0,20	0,25	0,39	0,50	0,65	0,85



Till följd av de stora variationerna av lermäktighet inom området (d.v.s. ca 5-20 m) kommer de förväntade sättningarna likaså att variera inom området där de största sättningarna kommer att utbildas där de största lermäktigheterna återfinns.

Utöver ovanstående konsolideringssättningar pågår krypsättningar inom området. Krypsättningarna uppskattas uppgå till storleksordningen ca 5 mm per år.

En eventuell permanent sänkning av grundvattenytan inom området ger även det upphov sättningar. En sänkning av GW-ytan med en meter motsvarar ett effektivspänningstillskott i marken på ca 10 kPa, vilket enligt ovanstående tabell förväntas ge upphov till ca 0,2 m sättning i leran.

6 Rekommendationer

Marken inom området är mycket sättningskänslig. Alla ytterligare belastning, som påförs marken, och eventuella grundvattensänkningar kommer att utbilda sättningar om inte grundförstärkningar utförs. Skadliga sättningar är mycket viktigt att beakta vid fortsatt utbyggnad och framtida justeringar av området.

För att kompensera nya påförda laster från uppfyllnader rekommenderas att, i anslutning till befintliga och framtida byggander samt vid uppfyllnadsytor, lättfyllnad (exempelvis lättklinker eller cellplast) används. Detta för att i största möjligaste mån förhindra/minska framtida sättningskador på den färdiga ytan. Omfattningen på lättfyllningen har i detta skede ej detaljutformats men bedöms till i storleksordningen ca 1-1,5 m.

Inom området pågår idag krypsättningar (bedöms till ca 5 mm per år). Krypsättningarna kommer att fortsätta oavsett om belastningen på marken ökas eller ej. Storleken på krypsättningarnas är oberoende av lasterna på marken.

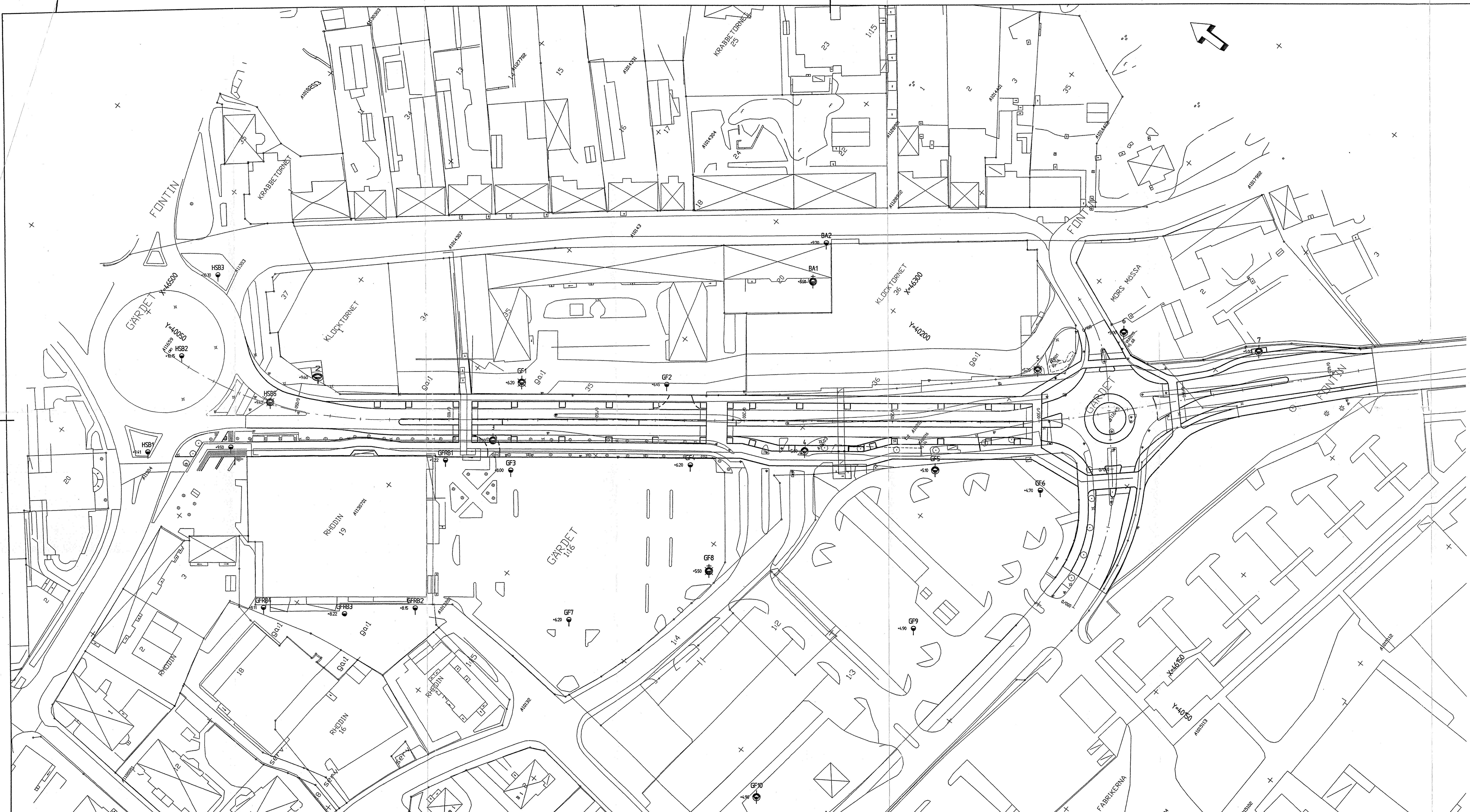
Vid anläggande av framtida byggnader inom området rekommenderas att dessa grundläggs på pålar. Pålgrundläggningen skall dimensioneras för påhängslaster ner till ca 10 m djup till följd av negativ mantelfriktion från pågående sättningar. Separat geoteknisk undersökning och utredning bör utföras i samband med utformning och dimensionering av grundläggningen för byggnaderna. Vid denna undersökning bör bland annat ett antal nya CRS-försök utföras för att erhålla bättre underlag om jordens kompressionsegenskaper och sättningskänslighet inom huslägena.

Vid påslagnings- och schaktningsarbeten skall beaktas att det på större djup har påträffats kvicklera vilken är mycket känslig för omrörning.

Göteborg 2003-10-03
SWECO VBB, Geoteknik


Ola Skepp


Urban Högsta



BETECKNINGAR

- GF1**
 GEOTEKNISK UNDERSÖKNING UTFÖRD AV GF KONSULT AB FÖR RIKSBYGGEN "KV RHODIN LILJEDAL" MED UPPLAGGSNR NR 410 043 23. DATERAD 1996-02-06
- GF2**
 GEOTEKNISK UNDERSÖKNING UTFÖRD AV GF KONSULT AB FÖR "DETALPLAN FÖR LILJEDALSOMRÅDET, KUNGÄLVS CENTRUM" MED UPPLAGGSNR 28202 644 230. DATERAD 1989-08-14.
- BA1**
 GEOTEKNISK UNDERSÖKNING UTFÖRD AV BO ALTE AB FÖR "UPPFÖRANDE AV KASSAVALV I BEF. FASTIGHET Å TOMT NR 20 KV KILDKYTORNET, KUNGÄLV". ARBETS NR 76-101. DATERAD 1976-12-06
- HSB5**
 GEOTEKNISK UNDERSÖKNING UTFÖRD AV HSB5 RIKSBYGGEN "UTLÄNDE ÖVER GRUNDFÖRHÅLLANDENA VID NÅGRA PLANAERADE TRAFIKPLATSER I KUNGÄLV". DATERAD 1972-07-31

BET	ART	ÄNDREN AVSE	SKA	DATUM
LILJEDALSOMRÅDET				
KUNGÄLVS KOMMUN NÄMNDHUSET, 442 81 KUNGÄLV TEL 0303-990 00, FAX 0303-190 35				
GF KONSULT AB				
GF KONSULT AB, BOX 5056, 402 22 GÖTEBORG TELEFON 031 - 335 50 00, TELEFAX 031 - 335 89 55				
UPPLAGS NR	282 862 23	HANDLAGARE	PETER JOHANSSON	RIKAD
DATUM	2000-04-05	ANSVARIG	PETER JOHANSSON	
OMBYGGNAD AV STRANOGATAN GEOTEKNISK UNDERS.				
SITUATIONS- OCH BORRPLAN				
SKALA	1500	BLÄDDER	G 101	1 BET