

Strömstad kommun
Detaljplan för Grålös 4:56 m fl.
PM Planeringsunderlag, geoteknik

Göteborg 2003-03-21

WSP Samhällsbyggnad
Geo Göteborg

Jonas Axelsson

Bengt Olsson

Innehållsförteckning

Allmänt	3
Utförda geotekniska undersökningar	3
Befintliga anläggningar	4
Geoteknisk översikt	4
Topografi.....	4
Jordlagerförhållanden.....	4
Yt- och grundvatten	5
Stabilitet.....	5
Stabilitet intill Grålösbacken.....	5
Sättningar	6
Rekommendationer	6
Grundläggning	6
Förstärkningsåtgärder för uppfyllning	7
Grundläggning av byggnader inom område förstärkt med lättklinker	7
Grundläggning av byggnader inom område förstärkt med kalkcementpelare	7
Grundläggning av lastbryggor, ledningar mm	8
Markradon.....	8
Omhändertagande av dagvatten	8
Kompletterande undersökningar	9

Allmänt

Strömstad kommun upprättar ny detaljplan för fastigheten Grålös 4:56 m.fl. i Skee. Som underlag för planarbetet har WSP Samhällsbyggnad, Göteborg utfört en geoteknisk utredning för detta område, vilket ligger i anslutning till väg E6 och sydost om korsningen med väg 164. Området beskrivs närmare under rubriken Topografi nedan. Denna PM är avsedd att utgöra det geotekniska underlaget för detaljplanen.

Föreliggande PM ersätter en av WSP (dåvarande J&W) tidigare upprättad handling ("*Fastigheterna Grålös och Hjältsgård, Skee, Strömstad kommun, Geoteknisk utredning, PM Planeringsunderlag*", daterad 2002-03-21), i vilken det behandlade området hade en något annorlunda omfattning. De ändringar som under arbetets gång har gjorts beträffande detaljplanens omfattning innebär främst att planen nu inte längre omfattar några områden norr om Grålösbäcken, men att den istället nu omfattar ett område mellan väg E6 och järnvägen i väster.

Som komplement till nämnda PM Planeringsunderlag (daterad 2002-03-21), utförde WSP för det tidigare aktuella, något större området en fördjupad studie av möjliga grundförstärkningar samt kostnader för dessa under förutsättning att markytan skulle fyllas upp till nivån +4,5. Detta arbete redovisas i "*Grålös och Hjältsgård, Skee, Strömstad kommun, Geoteknisk utredning, PM Grundförstärkningar*", daterad 2002-10-17. Slutsatser i de båda tidigare utredningarna har till stor del inarbetats i denna PM.

Generellt gäller för området att uppfyllningar medför sättningar och i någon mån stabilitetsproblem. I detaljplanen förutsätts kommunala gator anläggas på nivån +4,0 och denna PM utgår från att den framtida markytan inom största delen av området skall ligga lägst på nivån +4,0, vilket medför krav på uppfyllning inom de centrala, västra och södra delarna av planområdet. Den nuvarande markytan ligger som lägst på nivån ca +3,0 eller strax därunder och det krävs alltså som mest ca 1 à 1,2 m uppfyllning. Anledningen till kravet på +4,0 som lägsta marknivå är att vatten har observerats kunna stiga upp till denna nivå vid väg E6 (1999-2000) och att en markyta på lägre nivå alltså riskerar att bli översvämmad vid vårflod eller häftig nederbörd. Åtgärder bl a i form av invallning av Grålösbäcken har dock utförts efter detta. Uppfyllningar över nivån +4,0 bör i möjligaste mån undvikas, eftersom detta i allmänhet - utom i nordöstra delen - medför ökade förstärkningskostnader.

Utförda geotekniska undersökningar

Inom området utförde WSP (dåvarande J&W) en geoteknisk undersökning under mars 2002, vars resultat redovisas i "*Rapport geoteknisk undersökning; Fastigheterna Grålös och Hjältsgård, Skee, Strömstad kommun*", daterad 2002-03-21. Undersökningen gjordes inom hela det område som ursprungligen omfattades av detaljplanarbetet, d.v.s. även delar norr om Grålösbäcken men inte delen

2003-03-21

mellan väg E6 och järnvägen. Utförd undersökning är av översiktlig karaktär och för detaljprojekteringen krävs mer utförliga undersökningar, se vidare under rubriken "Kompletterande undersökningar" nedan.

Befintliga anläggningar

De enda byggnaderna inom området återfinns i dess södra spets där det ligger ett par bostadshus. En större dagvattenledning korsar ungefär mitt genom området med riktning nordväst-sydost.

Geoteknisk översikt

Topografi

Området begränsas i norr i huvudsak av väg 164 och i väster av järnvägen "Bohusbanan". Mellan väg E6 och järnvägen sträcker sig området dock ca 100 m norrut från korsningen mellan väg E6 och väg 164. Norr om väg 164 rinner Grålösbäcken i öst-västlig riktning på sin väg ut i Vättilandsån väster om väg E6. Grålösbäcken bildar gräns norrut på en kort sträcka öster om en befintlig bensinstation, där planområdet gör en utbuktning norrut. I öster begränsas området av en mindre lokalväg, som går mot sydväst från en korsning med väg 164.

Terrängen består öster om väg E6 av åkermark och markytan ligger i svag sluttning uppåt mot nordost på nivåer mellan ca +2,8 och +6. Mellan väg E6 och järnvägen består terrängen av ängsmark och markytan ligger här på nivåer mellan +3 och +4. Väg E6 ligger i den södra delen av området på nivån ca +4,6 och därifrån i svag lutning nedåt till nivån ca +4,0 längst i norr.

Högre vegetation i form av lövträd och buskar återfinns utmed Grålösbäcken, men saknas i övrigt.

Berg i dagen finns strax utanför området i söder och öster i form av brant uppskjutande berg.

Jordlagerförhållanden

Jorden består inom området av ett ytjordskikt av organisk jord och därunder av lera, som vilar på friktionsjord eller morän och berg. Fyllning förekommer för vägar och i anslutning till de befintliga byggnaderna i söder. Jorddjupet varierar relativt kraftigt inom området och trycksonderingarna trängde ned till mellan ca 12 och 50 m djup under markytan. I ett par borrhull i den södra delen avbröts sonderingen på 50 m djup utan att stopp erhållits.

Ytjordskiktet består av mulljord med i allmänhet en tjocklek av 0,1-0,2 m.

Leran har inslag av gyttja, annat organiskt material och skalrester ned till ca 6 m djup och är därunder siltig. Leran har överst en fastare torrskorpa med ca 1-

1,5 m mäktighet, men är därunder lös med en korrigerad skjuvhållfasthet av ca 14 kPa ned till ca 4 m djup. Därunder ökar skjuvhållfastheten med ca 1 kPa/m. Lerans naturliga vattenkvot minskar från ca 80 % överst till ca 50 % på 20-30 m djup. Konflytgränsen varierar på samma sätt mellan ca 95 % och 60 %. Leran är låg- till mellansensitiv. Leran är överst överkonsoliderad ($OCR=1,4-1,5$) ned till ca 5-6 m djup. Därunder är leran normalkonsoliderad med $OCR=1,1-1,2$.

Yt- och grundvatten

Grundvattenytan låg strax under markytan vid observation i mars 2002 i ett öppet rör nedsatt till ca 13 m djup i friktionsjorden under leran i den norra delen av området. Portrycksförhållandena i leran har inte undersökts inom området. Vid av WSP utförda undersökningar för ny vägsträckning av väg E6 strax väster om området har dock betydande artesiska vattentryck uppmätts på lite större djup i lerlagret.

Vattenytan i Grålösbäcken låg vid undersökningstillfället i mars 2002 på ca 1,5 m djup under den omgivande markytan. Vattenytan i bäcken har vid upprepade tillfällen stigit så att området har svämmats över. För att undvika detta i framtiden och skydda befintliga byggnader har jordvallar lagts upp utmed låglänta delar längs bäcken.

Stabilitet

Stabilitetsförhållandena inom området är generellt sett sådana att risken för markgenombrott måste beaktas vid uppfyllningar. Detta gäller speciellt i närheten av Grålösbäcken, som på en kort sträcka utgör gräns för området mot norr. Omedelbart intill åfåran bör inga ytterligare uppfyllningar utföras utan att förstärkningar samtidigt utförs - jämför nedan.

Eftersom alla i denna PM behandlade uppfyllningar orsakar icke acceptabla sättningar, så förutsätts här att förstärkningar vidtas för att förhindra dessa. Sådana förstärkningsåtgärder medför också att stabilitetsförhållandena blir tillfredsställande.

Stabilitet intill Grålösbäcken

Det geotekniska underlaget motsvarar ungefär vad som krävs vid en detaljerad utredning enligt Skredkommissionens anvisningar för stabilitetsutredningar, Rapport 3:95. Enligt Rapport 3:95 skall vid nyexploatering och vid odränerad analys säkerhetsfaktorerna mot stabilitetsbrott $F_c \geq 1,7-1,5$ och vid kombinerad analys $F_{komb} \geq 1,45-1,35$. I detta skede bör de högre värdena i intervallen anses gälla, då relativt få kvalificerade undersökningar utförts och området har en stor geografisk utsträckning.

För befintliga förhållanden är stabiliteten mot bäcken tillfredsställande med säkerhetsfaktorer mot stabilitetsbrott för kombinerad analys $F_{komb} > 2$, förutom för mycket korta glidytor som endast berör bäckfårans slänter, där $F_{komb} = 1,3$. Orsa-

2003-03-21

ken till detta är de ställvis branta slänterna ner mot bäcken. Vid odränerad analys fås en säkerhetsfaktor mot stabilitetsbrott $F_c > 3$.

För att utreda en eventuell uppfyllnings inverkan på stabiliteten mot Grålös-bäcken har beräkning utförts för en ytlast på 20 kPa (motsvarar ungefär 1 m fyllning) i bäckens närhet. Beräkningarna visar att erforderlig säkerhet mot stabilitetsbrott erhålls om lasten inte påförs närmare än 4 m från släntröner. En större uppfyllning måste avslutas längre ifrån bäcken, om säkerheten mot markbrott skall bibehållas.

Sättningar

Sättningsförhållandena inom området är generellt sett ogynnsamma. All tillskottsbelastning på oförstärkt jord i form av byggnader, uppfyllningar etc. kommer att ge upphov till sättningar.

Man kan förutsätta att vissa krypsättningar pågår i leran under rådande förhållanden - utan att nya belastningar påförs. Vid pålning av byggnader måste därför påhängslaster på pålarna pga. krypning medräknas.

Beräkningar för både 15 m och 50 m lerdjup visar att för en belastning motsvarande ca 0,5 m uppfyllning med "vanlig" jord blir sättningarna (med beaktande av krypning) ca 0,1 m efter 10 år. För en belastning motsvarande ca 1 m uppfyllning blir sättningarna ca 0,2 m. Efter 50 år är motsvarande sättningar av storleksordningen 0,3 m respektive 0,5 m.

En framtida grundvattensänkning eller sänkning av portrycket i leran inom området skulle medföra att effektivspänningen i leran ökar och leda till ökade sättningar. Det är därför viktigt att undvika sådana åtgärder inom området som på sikt orsakar att portrycken i leran minskar.

Rekommendationer

Grundläggning

För uppfyllningen krävs, redan vid små uppfyllnadstjocklekar, förstärkningsåtgärder för att motverka sättningar, eftersom dessa annars dels kan medföra att markytan hamnar under nivån +4,0 och dels kan ge skador på eller andra olägenheter för byggnader och anläggningar inom området.

Förstärkningsåtgärderna för uppfyllningen kan göras på olika sätt enligt nedan. Valet av metod bestämmer i viss mån förutsättningarna för grundläggningen av byggnader, ledningar och andra anläggningar inom området. Detta framgår närmare av nedanstående översiktliga rekommendationer.

Förstärkningsåtgärder för uppfyllning

För att förhindra att oacceptabelt stora sättningar uppkommer inom de delar av området där uppfyllning görs till nivån +4,0 kan grundförstärkning göras med kalkcementpelare eller lättfyllning. Med kalkcementpelare installerade i leran under uppfyllningen erhålls ett ”block” med högre hållfasthet och deformationsmodul än den oförstärkta leran, vilket reducerar sättningarna. Med lättfyllning utför man en lastkompensation för uppfyllningen så att belastningen på leran inte ökar. Förstärkning genom vertikaldränering har också övervägts men metoden har i detta fall av flera skäl inte befunnits vara lämplig. Förstärkningsmetoderna beskrivs mer ingående i Appendix A.

Generellt kan sägas att kalkcementpelare är lämpligast där de kan installeras till fast botten, d.v.s. där lerdjupet är mindre än 20-25 m. I annat fall krävs att leran på större djup än 20-25 m är så överkonsoliderad att inga sättningar uppstår under pelarna. Sådana förhållanden har dock ej påträffats inom detta område vid hittills utförda undersökningar.

För delar av området som måste uppfyllas och där lerdjupet är större än 20-25 m bedöms lastkompensation med lättfyllning lämpligast. Detaljundersökningar bör dock utföras för att närmare undersöka lerans konsolideringsförhållanden och möjligheterna att använda kalkcementpelare vid större lerdjup.

Vid både förstärkning med kalkcementpelare och med lättfyllning kan marknivån läggas något över +4,0, dvs. med en liten sättningsmarginal. Detta kan troligen i vissa fall minska kostnaden för förstärkningen något.

Grundläggning av byggnader inom område förstärkt med lättklinker

Lätta byggnader, d v s byggnader med en våning ovan mark och utan källare, bör inom ett område där förstärkning för uppfyllningen utförs med lättklinker kunna grundläggas med plattor på leran enligt den s.k. kompensationsmetoden. Golv bör på motsvarande sätt kunna utföras som golv på mark.

Metoden innebär att en avlastning av leran åstadkoms genom att en viss urgrävning av (tung) lera görs under blivande grundplattor och golv och återfyllning utförs med lättfyllning. Detta medför en avlastning som avpassas så att den kompenserar den belastning som sedan påförs från byggnaden.

I något tyngre byggnader och byggnader där stor spännvidd eller glest placerade pelare medför stora lastkoncentrationer kan dock stommen behöva grundläggas med pålar. Pålar utförs i så fall som spetsbärande betongpålar, som alltså slås till fast botten, alternativt vid stora lerdjup som kohesionspålar.

Grundläggning av byggnader inom område förstärkt med kalkcementpelare

Lätta byggnader bör inom ett område där förstärkning för uppfyllningen utförs med kalkcementpelare kunna grundläggas med plattor på den förstärkta leran. Golv bör i detta fall kunna utföras som golv på mark. Man bör dock räkna med

2003-03-21

att kalkcementpelarna under byggnaden måste sättas något tätare än utanför byggnaden, men att inte alla pelare behöver installeras till "fullt djup".

I något tyngre byggnader och byggnader där stor spännvidd eller glest placerade pelare medför stora lastkoncentrationer kan här i vissa fall en kombination med lättfyllning tillämpas för grundläggning av stommen. Alternativt kan grundläggningen även i detta fall behöva grundläggas med pålar, som i så fall utförs som spetsbärande betongpålar.

Grundläggning av lastbryggor, ledningar mm

Här kan nämnas att anordningar för angöring av lastfordon, dvs. lastbryggor eller dockningshus vid lastkaj, kommer att medföra speciell höjdsättning och extra förstärkningskostnader. En höjdskillnad av 1,2 m mellan golv i byggnaden och utanförliggande mark innebär att den generellt förutsatta höjdskillnaden mellan golv på nivån + 4,3 och mark på nivån + 4,0 måste frångås. Med den yttre marken på nivån +4,0 innebär detta ökade förstärkningskostnader för golvet i byggnaden. Med en golvnivå på +4,3 och istället en lokal nedschaktning utanför byggnaden krävs en vattentät konstruktion av denna nedschaktade yta och åtgärder för att ta hand om dagvatten från denna.

Ledningsövergångar mellan byggnader och omgivande mark bör utformas så att sättningskillnader kan upptas. Vid projektering av ledningsnät inom området bör man också vara observant på risken för sättningsdifferenser mellan områden med olika förstärkningsmetoder för uppfyllningen.

Markradon

Några mätningar av halten radon i jordluften har inte utförts i samband med nu utförda geotekniska undersökningar. Om mätningar av markradon i jorden medför att någon del av området klassificeras som normal- eller högradonmark, så skall byggnader utföras "*radonskyddande*" respektive "*radonsäkert*".

Områden som detta, där jorden består av mer än 2 m (fuktig) lera, brukar hänföras till lågradonmark. Detta grundar sig på att leran anses vara så tät att den inte kan avge radon till byggnader i sådan mängd att radonhalten i inomhusluften blir för hög. För den större delen av området bedöms därför preliminärt att inga speciella åtgärder behöver utföras för att skydda byggnader mot inträngning av radongas. Inom delar av området med en utpräglad (uppsprucken) torrskorpa överst i lerlagret bör dock mätningar göras innan slutlig ställning tas till behovet av skyddsåtgärder mot markradon.

Omhändertagande av dagvatten

En grundvattensänkning inom området medför en tillskottsbelastning på leran och därmed sättningar, såvida inte förstärkning har utförts med kalkcementpelare till fast botten. Eftersom markytan skall ligga på nivån +4,0 och eftersom uppfyllning över denna nivå enligt ovan medför extra förstärkningskostnader, så

2003-03-21

bör grundvattensänkningar som orsakar sättningar undvikas. Redan hårdgöring av så stora sammanhängande ytor som det här kan bli frågan om innebär dock på sikt en risk för grundvattensänkning, eftersom infiltrationen av ytvatten försämras dramatiskt.

Förutsättningarna är ogynnsamma för lokala anordningar för omhändertagande av dagvatten genom infiltration och perkolation inom planområdet, eftersom jorden (leran) är tämligen tät. Det bedöms ändå vara nödvändigt att vid projekteringen av anläggningarna beakta denna risk för grundvattensänkning och planera in åtgärder i syfte att behålla erforderlig andel av dagvatten inom området. Detta kan exempelvis göras genom att regnvatten från byggnadernas tak förs ned i ett system med perforerade ledningar i marken som inte dräneras. Grundvattenytan bör inte tillåtas sjunka under torrskorpans underkant om inte noggrannare undersökningar i detaljprojekteringen visar annat.

Kompletterande undersökningar

Den av WSP utförda grundundersökningen är översiktlig. Sonderingar för bestämning av lertjockleken har utförts i ett rutnät med ca 100 m avstånd mellan borrhålen. Med tanke på den kuperade berggrunden inom området, som tydligt illustreras av de ovan mark brant uppskjutande bergspartierna, måste man räkna med att betydande variationer i lertjocklek kan förekomma också mellan de hittills utförda borrhningarna.

I ett projekteringskede bör därför kompletterande undersökningar utföras – främst genom ytterligare sonderingar för bestämning av lertjockleken. Det tidigare undersökta rutnätet bör därför förtätas, speciellt inom övergångsområden från delar med mindre lertjocklek till delar där lerans tjocklek är större än 20-25 m. Här går en viktig gräns vid valet mellan grundförstärkning med lättfyllning och grundförstärkning med kalkcementpelare.

Beträffande de östra delarna av området kan leran på större djup än 20-25 m möjligen vara överkonsoliderad, vilket i så fall kan utnyttjas vid valet av förstärkningsmetod och gynnsamt påverka förstärkningskostnaden. Detta är dock ett antagande, som grundar sig endast på bedömningar utifrån de topografiska förhållandena och det faktum att terrängen längre norrut övergår i fastmark. Inga undersökningar av konsolideringsförhållandena hos leran i denna del har emellertid utförts ännu, vilket givetvis krävs för att man skall kunna räkna med mer gynnsamma förhållanden än vad som hittills förutsatts. För detta behövs kompletterande undersökningar i form av provtagning på leran och deformationsförsök i laboratoriet.

Appendix A. Förstärkningsmetoder för uppfyllning.

Lättfyllning

Principen för denna metod är att vid uppfyllning helt eller till största delen undvika att påföra ny belastning på den underliggande leran för att inga sättningar - utöver de pågående krypsättningarna - skall utbildas. Uppfyllning görs därför i första hand med lättfyllning. Överst måste dock läggas en ca 0,5-0,6 m tjock överbyggnad av tung fyllning (sand, grus och asfalt). För att kompensera för den lastökning på leran som överbyggnad och lättfyllning tillsammans skulle medföra görs först en avlastning genom urgrävning av (tung) lera, som ersätts med lättfyllning.

Lättfyllningen kan generellt sett utföras med lättklinker eller cellplast. Cellplast är lättare än lättklinker och därmed mer effektiv men är i detta fall olämplig som huvudmetod för uppfyllningen, eftersom den medför större risk för upplyftning vid högt vattenstånd. Under byggnader kan dock användning av cellplast vara aktuellt.

Förstärkningskostnaden avgörs av erforderlig mängd lättfyllning dels för själva uppfyllningen och dels för återfyllningen efter urgrävningen (lastkompensationen). Härtill kommer kostnaden för urgrävning och borttransport av lera. Kostnaden är oberoende av lerdjupet.

Fördelar:

- + Inga eller obetydliga sättningar
- + Enkelt arbetsutförande
- + Ingen överlast eller annan åtgärd som kräver liggtid/väntetid
- + Kostnaden är oberoende av lerdjupet

Nackdelar:

- Urgrävda lermassor måste bortföras till sidotipp
- Risk för upplyftning vid högvatten
- Ingen förstärkning av leran, vilket belastningsmässigt medför ”små marginaler”
- Försvårar framtida schaktning för t.ex. ledningar

Kalkcementpelare

Kalkcementpelare installeras i leran genom utmatning av ett bindemedel (normalt kalk och cement) under kraftig rotation. Kalkcementpelare kan göras ned till ca 20-25 m djup och diametern är vanligen 0,6 eller 0,8 m. Genom samverkan mellan "pelare" och omgivande jord erhålls ett "block" med högre hållfasthet och deformationsmodul än den oförstärkta leran.

Det är lämpligt att påföra en viss överlast, i detta fall ca 0,5 m extra fyllning, som får ligga kvar under en kortare tidsperiod. Detta bl.a. för att påskynda de sättningar som uppkommer under tiden närmast efter uppfyllningen. Under överlastens liggtime görs sättningsuppföljning genom avvägning av markpeglar för att bestämma när sättningarna har upphört och överlasten kan schaktas bort. Liggtime bör kunna begränsas till högst 6 månader och kan sannolikt förkortas om pelarna sätts något tätare i den övre delen av lerlagret.

Förstärkningskostnaden avgörs av inblandningsmängd (kalk och cement), avstånd mellan pelarna och installationsdjup.

Fördelar:

- + Förstärkning av leran, vilket belastningsmässigt ger en viss "marginal"
- + Relativt låg kostnad vid mindre lerdjup
- + Relativt oberoende av uppfyllningshöjden
- + Ingen borttransport av lermassor
- + Underlättar framtida schaktning för t.ex. ledningar

Nackdelar:

- Metoden i detta fall ej tillämplig vid större lertjocklek än 20-25 m.
- Överlast med liggtime
- Kräver speciell maskinutrustning för installation

Vertikaldränering

För att påskynda sättningsförloppet kan vertikaldräner installeras i leran. Ju tätare dräner installeras desto snabbare uppnås slutsättningen. Dräner kan installeras till 40-50 m djup. Vertikaldränering kombineras med en överlast för att åstadkomma den förväntade slutsättningen på kortare tid och minska långtids-sättningarna, den s.k. sekundära konsolideringen. Metoden ställer stora krav på installation av mätutrustning samt "aktiv design" under byggtiden för att erhålla önskat resultat. Det ställs även krav på drän- och arbetsbädd för avledning av vatten, som pressas upp från dränerarna. Metoden ger stora sättningar, som måste kompenseras med extra uppfyllning.

Förstärkningskostnaden avgörs av tillgänglig liggtime, vilket bestämmer avstån-

det mellan dränerna, samt mängd fyllnadsmassor för tillfällig överlast.

Fördelar:

- + Kostnadseffektivt vid stora lerdjup
- + Förstärker leran även på djup under 20-25 m djup
- + Ingen borttransport av lermassor

Nackdelar:

- Stora sättningar – även utanför det grundförstärkta området, t.ex. vid befintliga vägar och byggnader
- Extra massor för sättningkompensation och överlast
- Ligg tid för överlasten, som är svår att förutbestämma
- Svårt att undvika sättningsskillnader i övergången till andra förstärkningsmetoder
- Kräver speciell maskinutrustning för installation av dräner.
- Stabilitetsproblem längs kanterna vid stora uppfyllningar

De redovisade nackdelarna bedöms i detta fall vara så allvarliga att metoden inte anses lämplig för detta område.