

---

# Översiktligt Projekterings PM Geoteknik

---

Norrtälje Hamn  
Norrtälje kommun

---



---

Norrtälje Hamn

Uppdragsnamn  
**Norrtälje Hamn**  
**Norrtälje kommun**

Norrtälje kommun  
Gata/parkavdelningen  
Box 800  
761 28 Norrtälje

Uppdragsgivare  
**Norrtälje kommun**  
**Pernilla Logren**

Vår handläggare  
**Thomas Eldh**

Datum  
**2013-09-06**  
**Rev 2013-12-20**

---

## Uppdragets syfte

Bjerking AB har på uppdrag av Norrtälje kommun utfört en översiktlig geoteknisk undersökning i hamnområdet i Norrtälje.

Norrtälje kommun arbetar för närvarande med att ta fram en skelettplan för hamnområdet i Norrtälje, som syftar till en förnyelse av hamnområdet. Arbetet omfattar ny infrastruktur och nytt bostadsområde samt en översyn av marknivåer, kaj m m. I förprojekteringen ska föreliggande miljö- och geotekniska undersökning utgöra en del av underlaget för planering, projektering och kostnadsbedömningar av de olika aktiviteter som planeras.

Hamnområdet, föremål för undersökningen har troligtvis använts som industriområde sedan tidigt 1900-tal och omfattar ca 13 hektar.

Den geotekniska undersökningen, skall utgöra underlag för säkerställande av totalstabilitet för planerade anläggningar och byggnader inom skelettplanen samt utgöra underlag vid förprojektering av infrastruktur, ledningar, pumpstationer, kaj, gator och torg.

Parallellt med den geotekniska undersökningen har även en miljöteknisk markundersökning utförts. Denna redovisas separat.

## Objektsbeskrivning – översiktlig

Det undersökta området ansluter mot hamnbassängen i centrala Norrtälje och gränsar i norr mot det högre belägna Bältartorp.

I stort sett har hela området fyllts ut med fyllningsmassor i huvudsak bestående av okvalificerad fyllning.

Området är relativt plant med nivåer mellan ca +2,5 ner till som lägst -0,2.

I den nordvästra delen av området ligger dock marknivåerna kring en nivå mellan +5 och +6.

I dagsläget är området att betrakta som ett industriområde som inrymmer en rad olika verksamheter, restauranger, kontor, upplag och uppställningsplatser.

## Utförda undersökningar

Resultatet av utförda undersökningar framgår av Markteknisk undersökningsrapport med uppdragsnummer 13U22495-100, dat. 2013-09-06 med revidering 2013-12-20, upprättad av Bjerking AB.

## Markförhållanden

Det undersökta markområdet utgör ca 13 hektar och är beläget mellan hamnbassängen och Pilgatan. I väster begränsas området av Roslagsgatan och i öster av båtupställningsplatsen.

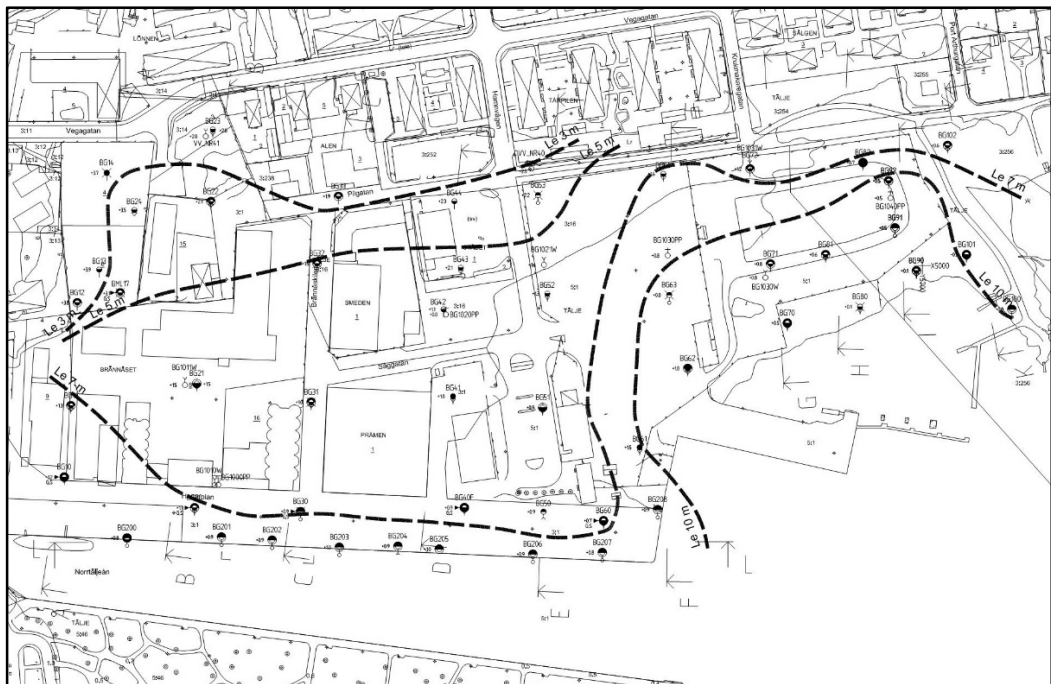
Marknivån är som högst kring +5 till +6 i den nordvästra delen och faller därifrån ner mot hamnbassängen och österut mot båtupställningsplatsen. De lägsta nivåerna noteras i den östra delen av området där marken ligger i nivå strax över havsytan som har en medelvattennivå på -0,4 (2010).

Hamnen är belägen i en dalgång omgiven av fastmark och bergområden både på norra och södra sidan. I den inre delen av hamnbassängen mynnar Norrtäljeån.

Geologiskt präglas dalgången av fyllningsjordar av varierande beskaffenhet ovan lösa sediment på moränlera, som i sin tur vilar på berg på större djup.

Inom huvuddelen av området har utfyllnader skett i olika skeden och med olika mäktighet. De mäktigaste fyllningslagren förekommer i den östra delen där hushållssopor och industriavfall tippats i vattnet och täckts med jordmassor. På det viset har strandlinjen flyttats ut mot hamnbassängen med upp till i ca 70-80 meter.

Fyllningen vilar på lösare sediment, som vid kajen och mot strandlinjen i den östra delen, utgörs av lerig gyttja. Under gyttjan följer postglaciala och glaciala leror ovan lermoränen. Mäktigheten av lera och gyttja ovan lermoränen framgår schematiskt av Figur 1.



Figur 1 Schematiska lerdjupskurvor visande djup till underliggande lermorän

I de nordvästra delarna av området utgörs lera främst av varvig lera med en odränerad skjuvhållfasthet varierande mellan 20 och 40 kPa.

Med ökande lermäktigheter, uppskattningsvis på 4-6 meters djup, sjunker skjuvhållfastheten till mellan 10 och 20 kPa.

Leran uppvisar relativt hög vattenkvot, varierande mellan ( $w$ ) 67-102 %, och med konflytgränsen varierande mellan ( $w_L$ ) 40-92 %.

Analys av glödgningsförlusten visar en förlust på mellan 0 och 2 %, bortsett från ett avvikande prov. I det avvikande provet från 8 meters djup i BG82 noterades glödgningsförlusten 4,9 %.

I de lägre belägna delarna längs kajen samt den östra delen vid deponi och båtupställningsplats överlagras lera och lermorän av gyttjig lera och lerig gyttja. Gyttjan uppvisar relativt hög odränerad skjuvhållfasthet, varierande mellan 19-55 kPa.

Vattenkvoten ( $w$ ) är övervägande mycket höga. Laboratorieanalyser visar ett omfång på 89-156 %. Detsamma gäller konflytgränsen ( $w_L$ ), där analyserna visar värden varierande mellan 120 och 188 %.

Glödgningsanalysen visar att gyttjan innehåller en betydande andel organiskt material. Analyserna som utfördes på 6 prover bestående av gyttja visade en vikt förlust på 11,6 till 16,2 %.

För att undersöka det totala jorddjupet ovan berg har 15 st. jordbergsonderingar utförts. Dessa visar ett jorddjup varierande mellan 24 och 41 meter, med djupaste delen ner mot kajen. Jordbergsonderingarna visar att lermoränen har betydligt högre frekvens av block i den undre delen av skiktet, det vill säga ca 10-15 meter närmast berget.

## Portryck, grundvatten, ytvatten

### Allmänt

Norrtäljeviken är en del av Östersjön och dess nivå styr grundvattnets trycknivå i området.

Ytvatten, främst regnvatten avbördas till större delen via befintligt dagvattensystem ner till Norrtäljeviken. Inom ytor som inte är hårdgjorda sjunker regnvatten ner i fyllningsjordarna ovan tätare lera eller lermorän.

Markvattnet som bildas avbördas högst sannolikt via permeabla fyllningslager ner mot Norrtäljeviken som utgör slutrecipient.

### Mätningar

För bestämning av rådande portrycksnivåer i lera och lermorän har 3 st. tryckgivare installerats i 4 mätstationer. Portrycksstationernas placering framgår av markundersökningsplan G-10.1-101.

Givarna är installerade på 3 olika nivåer i varje mätstation. Installationsdjupet varierar mellan stationerna inom intervallet 3-10 meter.

Mätning sker med speciell mätutrustning i varje givare och visar det rådande trycket på respektive nivå.

Under undersökningsperioden har mätningar utförts vid 4 tillfällen och resultatet av mätningarna framgår av Tabell 1.

Tabell 1 *Portrycksobservationer*

Djup	BG1010PP Markhöjd +1,3			BG1020PP Markhöjd +1,8			BG1030PP Markhöjd +1,3			BG1040PP Markhöjd +1,0		
	3 m	6 m	10 m	3 m	6 m	8 m	3 m	6 m	10 m	3 m	6 m	10 m
Nivå givare	-1,7	-4,7	-8,7	-1,2	-4,2	-6,2	-1,7	-4,7	-8,7	-2,0	-5,0	-9,0
2013-05-22	6,3	40,1	21,5	16,8	48,5	65,6	20,8	52,0	104,3	3,0	19,0	109,0
2013-06-03	8,0	38,6	28,3	17,8	48,3	65,5	19,4	29,3	102,8	15,0	63,2	109,0
2013-06-19	7,8	37,6	26,0	18,7	47,4	66,2	18,5	26,7	103,1			
2013-07-02	9,4	38,8	45,1	18,5	48,1	66,2	20,3	42,2	104,0	23,2	63,4	104,1

Grundvattennivåerna har kontrollerats genom installation av 5 grundvattenrör. Dessutom har 2 befintliga rör funktionskontrollerats och mätts in i plan och höjd.

Grundvattenrörens placering framgår av borrhplan G-10.1-101.

De nyinstallerade rören är av dimension 1" och försedda med en filterspets neddriven till 13-19 meters djup under befintlig marknivå. Mätning av nolltrycksnivån, fria vattenytan har utförts med klucklod eller ljuslod.

Under undersökningsperioden har mätningar utförts vid 3 tillfällen och resultatet av mätningarna framgår av Tabell 2.

Tabell 2 *Grundvattenobservationer*

	BG 1010W	BG 1011W	BG 1021W	BG 1030W	BG 1031W	VV- NR40	VV- NR41
Rörtopp [+höjd]	+1,3	+1,5	+1,6	+0,8	+1,2	+3,7	+3,8
2013-06-03	-0,19	+0,95	+1,42	+0,65	+0,54	+1,09	+1,02
2013-06-20		+1,00	+1,37				+1,00
2013-07-03	-0,18	+1,00	+1,34	+0,33	+0,31	+1,14	+0,79
2013-08-22	-0,12	+0,98	+1,27	+0,44	+0,39	+1,12	+0,84

Mätningarna visar en grundvattennivå mellan -0,19 och +1,4, generellt med fallande gradient ned mot Norrtäljeviken.

Uppmätta nivåer förutsätts variera inom en årscykel men även över längre tid. För att med säkerhet bedöma variationen erfordras betydligt längre mätserier.

En grov uppskattning är att variationen följer samma fluktuation som havsnivån i Norrtäljeviken, vilket skulle innebära ca 1,2 meter högre och ca 0,7 meter lägre än medelnivån.

## Sättningar - allmänt

Sättningsegenskaperna har kontrollerats genom provtagning av ostörda prover med hjälp av kolvborr. De ostörda proverna har därefter analyserats på geotekniskt laboratorium med ödometerförsök, typ CRS. Analyserna ger bland annat svar på förkonsolideringstryck och sättningsbenägenheten, som erhålls i form av en sättningsmodul ( $M_L$ ), som lite förenklat är direkt proportionell mot sättningen. En lera med en sättningsmodul ( $M_L$ ) på 500 kPa ger förenklat beskrivet upphov till en dubbelt så stor sättning som motsvarande lera med sättningsmodulen ( $M_L$ ) 1 000 kPa.

De utförda CRS-försöken visar generaliserat att lermoränen är måttligt sättningsbenägen med sättningsmoduler ( $M_L$ ) kring 4 000-6 000 kPa. Leran i den västra och centrala delen av området är däremot relativt sättningsbenägen med utvärderade sättningsmoduler ( $M_L$ ) varierande mellan 400-1 500 kPa.

Leran i den östra delen, som underlagrar gyttjan, är betydligt mer sättningsbenägen med utvärderad sättningsmodul ( $M_L$ ) mellan 115-700 kPa. Även gyttjan är mycket sättningsbenägen med utvärderad sättningsmodul ( $M_L$ ) varierande mellan 200-500 kPa.

För vägledning så har sättningarna beräknats för en jämnt fördelad belastningsökning motsvarande 10, 20 och 30 kPa i de punkter där kolvborring är utförd. Resultatet av beräkningarna redovisas i Tabell 3.

Tabell 3 Överslagsberäkningar av sättningar i naturlig jord [m]

Borrpunkt	Lerdjup	Last 10 kPa	Last 20 kPa	Last 30kPa
BG 10	9	0,07	0,16	0,25
BG 21	5	0,05	0,10	0,15
BG 40	4	0,05	0,10	0,15
BG 51	7	0,05	0,10	0,15
BG 60	6	0,05	0,10	0,15
BG 70	12	0,12	0,25	0,55
BG 82	10	0,08	0,18	0,32
BG 101	8	0,32	0,77	1,22
BG 200	8	0,10	0,22	0,35

Sättningarna i Tabell 3 är beräknade efter de CRS-försök som är utförda i respektive borrpunkt och avser sättningar i gyttja, lera och den övre delen av lermoränen.

Men det är viktigt att notera att "Organisk substans återfinns i jord i form av rötter, blad, rottrådar och djur, men även rester av mikroskopiska djur, alger och organiska molekyler eller föreningar. Förekomsten av organiskt material påverkar jordens tekniska egenskaper påtagligt även vid relativt små halter. Det beror dels på att det organiska materialet binds kemiskt till de ytaktiva lermineralerna, dels på att det organiska materialet ofta har mycket låg densitet och är poröst och därmed mycket deformerbart." (Sällfors, 1994). Förekomsten av organiskt material, exempelvis gyttja kommer således att under lång tid ge upphov till krypdeformationer, deformationer som tillkommer utöver de i Tabell 3 prognostiserade. Zoner med okvalificerad fyllning med framför allt innehåll av organiskt material ger upphov till deformationer i form av sättningar. Emellertid är utfästelser för prognoser av sättningarnas storlek och hastighet svåra att utföra. Det finns få beskrivningar av detta i den vetenskapliga litteraturen.

Det skall nämnas att betydande sättningar även kan utbildas i de fyllningar som förekommer inom området. Särskilt inom deponiområdet där fyllnadslagren är mäktiga och mycket varierande i sin sammansättning.

## Grundläggning

### Grundläggning allmänt

Markförhållandena inom det undersökta området är synnerligen besvärliga. Man kan okulärt observera att betydande sättningar redan påverkat området. Detta visas framför allt av differenser mellan asfalterade ytor i anslutning till pålade byggnader, se Figur 2.



*Figur 2 Sättningsdifferenser mellan pålad byggnad och omgivande oförstärkt terräng, exempelvis asfalterade ytor*

Jordlagerföljden består från markytan räknat, överst av ett ytskikt av någorlunda kvalificerad fyllning som utgör underlag för hårdgjorda ytor. Därunder följer mer okvalificerade fyllningsjordar som inom en betydande del av området utgörs av en tidigare deponi. Fyllningen överlagrar gyttjig lera och lera som har sin största utbredning ner mot hamnbassängen. Därunder följer en moränlera ner till berg på stort djup.

Inom huvuddelen av området, utanför kvartersmarken där bostäder kommer att byggas, kommer uppfyllning att ske vilket ger en betydande belastningsökning på jorden.

Belastningsökningen kommer att ge upphov till marksättningar som riskerar att bli stora och sannolikt ojämnt utbildade. För att säkerställa funktion av gator, ledningsnät mm erfordras generellt grundförstärkning av all gatemark och alla kvalificerade byggnader.

## Byggnader

I princip erfordrar alla kvalificerade byggnader grundförstärkning. Detta sker lämpligen med hjälp av pålar slagna till fast botten. Vid små pållaster exempelvis vid enklare byggnader kan även mantelburna pålar vara ett alternativ som bör föregås av provpålning för att verifiera bärförmågan i lermoränen/moränleran.

Inom de flesta kvarteren kommer schaktning och grundläggning att utföras under grund- och markvattennivån, vilket sannolikt innebär att detta kommer att utföras inom spont.

Arbetena kräver länshållning och alla källare kommer att behöva utföras med vattentäta konstruktioner.

## Gator och ledningar

För att få en fungerande höjdsättning med avseende på avvattning och byggande planeras en större uppfyllnad på ca 4 m i den nordvästra delen. Från höjdpunkten blir det jämn lutning mot kajen samt mot den tilltänkta marina dagvattendammen i den östra delen av området.

Med hänsyn till undergrundens beskaffenhet och den planerade höjdsättningen kommer oacceptabla sättningar att påverka gator och ledningar om dessa förläggs utan grundförstärkning. Aktuell fyllning riskerar även att äventyra stabiliteten med risk för skred om man inte gör någon förstärkning.

Föreslagen förstärkning utgörs av pålat betongdäck som läggs på en nivå under ledningarna för att inte försvåra framtida ledningschakter.

Det pålade däck läggs i anslutning mot kvartersmarken för att inte skadliga differenssättningar ska uppträda i randzonen, mellan kvartersmarken och det förstärkta området.

## Kaj

Befintlig kajkonstruktion är utförd med en bakåtförankrad spont klädd med en krönbalk av betong. Den befintliga kajen är bakåtförankrad med dragstag som är fästade vid relativt yttligt grundlagda betongfundament 12-18 m innanför kajkanten.

Utredningen av befintlig kaj har visat att konstruktionen är i dåligt skick och förslaget är att göra en ny konstruktion, se separat PM.

Den föreslagna konstruktionen innebär att en ny spont slås utanför den tidigare. På denna gjuts en ca 15 m bred betongplatta. Plattan grundläggs med pålar som delvis installeras i lutning för att ta upp erforderliga horisontalkrafter.

Det finns flera positiva effekter av att välja den föreslagna konstruktionslösningen, exempelvis

- spontningen kan ske från befintlig kaj
- betongplattan håller ihop hela kajkonstruktionen
- konstruktionen eliminerar risken för sättningar utmed kajen
- konstruktionen blir mindre känslig för pålningsarbeten i angränsande kvarter



## Stabilitet

Det ska nämnas att merparten av de ökade belastningar som tillförs genom fyllning av främst gator och längs kajen förs ner till djupare jordlager med hjälp av pålar.

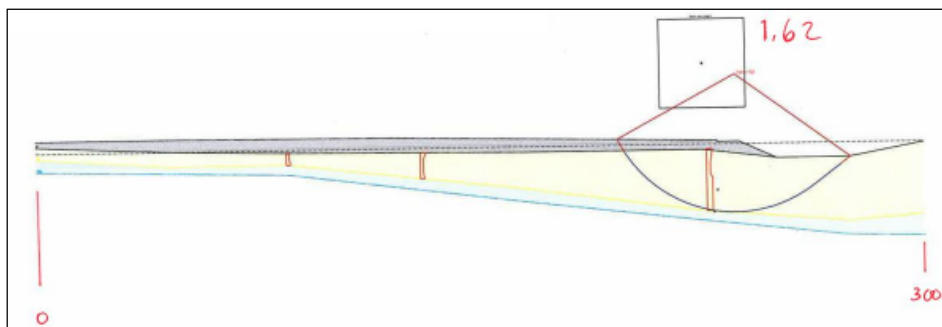
Inom kvartersmark grundläggs byggnader med pålar som för ner lasterna till fast botten. I princip blir det källare inom kvartersmark, vilket i de flesta fall medför urschaktning av jordmassor. Urschaktningen medför en lastreduktion i de ytliga jordlagren.

Stabilitetsberäkningar har utförts med beräkningsprogram Geosuite stabilitetsmodul med utgångspunkt från planerad höjdsättning. Beräkningarna är gjorda som kombinerade analyser vilket innebär att permanenta konstruktioner ska ha minst 1,35 i säkerhetsfaktor.

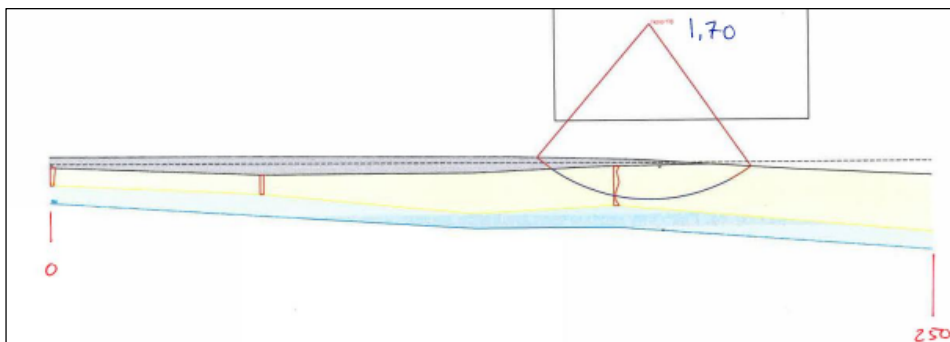
Nedan visas två exempel på två beräkningssektioner, Figur 3, Brännäskilen och Figur 4, Krukmakargatan.

De beräknade sektionerna visar att farligaste glidytan har en säkerhetsfaktor på 1,62 respektive 1,70, vilket är tillfyllest.

Beräkningsförutsättningarna avser det "permanent tillståndet". Det är viktigt att notera att ytterligare beräkningar med största sannolikhet behöver utföras på detaljnivå i utförandeskedet, exempelvis för lokala schakter, sanering, temporära fyllningar, upplag och liknande.



Figur 3 Beräkningssektion Brännäskilen (Pilgatan - Hamnbassängen)



Figur 4 Beräkningssektion Krukmakargatan (Pilgatan - piren)

## Schakt

Eftersom i princip hela området är fyllt med fyllning av olika slag bedöms att jordarna är relativt vattenförande. Betydande mängder markvatten kommer sannolikt från de högre belägna områdena norr om Pilgatan. Vid alla djupare schakter förväntas tillrinningen vara stor och kräver länshållning. Detta gäller särskilt de lägre partierna utmed östra delen av kajen och upp emot båtupställningsplatsen.

Grundvattentrycknivån är belägen högt upp i marklagren, vilket innebär att risken för bottenuptryckning måste beaktas vid djupare schakter.

## Kompletterande undersökningar

Behovet av kompletterande undersökningar blir mer tydligt då man börjar projekteringen och kommer längre fram i planeringen. Baserat på föreliggande utredning föreslås följande

- Hejarsonderingar och ytterligare JB-sonderingar för pållängdbestämmning
- Djupa provgropar för undersökning av schaktbarhet och vattentillströmning vid schaktning.
- Fortsatt kontroll av grundvatten och portryck i de redovisade grundvattenrören och portrycksstationerna.

## Bjerking AB

Thomas Eldh  
Telefon 010-211 80 86  
thomas.eldh@bjerking.se

Teddy Johansson  
Intern granskning