



Statens geotekniska institut

Geokalkyl för planering av bebyggelse i tidiga skeden

Metodbeskrivning

Yvonne Rogbeck, Rebecca Bertilsson, Jim Hedfors, Ann-Christine Hågeryd, Helena Helgesson, Ramona Kiilsgaard, Bo Lind

Rapport från ett regeringsuppdrag



SGI Publikation 16

Linköping 2015

SGI Publikation 16

Hänvisa till detta dokument på följande sätt:

Rogbeck, Y, Bertilsson, R, Hedfors, J, Hågeryd, A-C, Helgesson, H, Kiilsgaard, R & Lind, B (2015). Geokalkyl för planering av bebyggelse i tidiga skeden. Metodbeskrivning. Statens geotekniska institut, SGI. Publikation 16. Linköping

Diarienummer: 1.1-1307-0499

Uppdragsnummer: 15213, 15259

Beställning:

Statens geotekniska institut
Informationstjänsten
581 93 Linköping
Tel: 013-20 18 04
E-post: info@swedgeo.se

Ladda ner publikationen som PDF
www.swedgeo.se



Statens geotekniska institut

Geokalkyl för planering av bebyggelse i tidiga skeden

Metodbeskrivning

Yvonne Rogbeck
Rebecca Bertilsson
Jim Hedfors
Ann-Christine Hågeryd
Helena Helgesson
Ramona Kiilsgaard
Bo Lind

Rapport från ett regeringsuppdrag

SGI Publikation 16

Linköping 2015

Förord

Genom regeringsbeslut den 13 juni 2013 fick Statens geotekniska institut (SGI) i uppdrag att utveckla ett geokalkylsystem för planering och kostnadsbedömning av markbyggnationer. Systemet Geokalkyl är ett av de åtgärdsförslag som presenterats i SGI:s förslag till handlingsplan för effektivare markbyggande 2013-01-11 och en viktig del är att systemet kopplas till BIM – bygginformationsmodellering.

Syftet med systemet är att i tidiga skeden som till exempel vid översiktsplanering i kommuner ta hänsyn till geotekniska förutsättningar på platsen och översiktligt kunna bedöma kostnaderna för grundläggning, schaktarbeten, konstbyggnader och eventuella förstärknings-, anpassnings- eller efterbehandlingsåtgärder. Med Geokalkyl är det möjligt att jämföra kostnader för olika alternativa placeringar av byggnader och infrastruktur med hänsyn till både geotekniska förhållanden och inverkan av klimatförändring och eventuella markföroreningar.

Geokalkylsystemet har i samverkan med Trafikverket delats upp i två delar – en del som rör bebyggelse och som presenteras här samt en del som rör val av korridor eller linje i väg- och järnvägsbyggande, vilken Trafikverket ansvarar för.

Uppdraget har genomförts i samverkan med Trafikverket och efter samråd med en referensgrupp bestående av representanter för Boverket, Fortifikationsverket, Lantmäteriet, Statens fastighetsverk, Sveriges geologiska undersökning (SGU), Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI), Trafikverket, Sveriges kommuner och landsting (SKL), Forskningsprojektet Transparent Underground Structure (TRUST) och Statens vegvesen i Norge. Kontakter har också skett med andra pågående projekt bl.a. Förbifart Stockholm och det nordiska Geofuture.

Arbetet har bedrivits under ledning av SGI:s ledningsgrupp och med avdelningschef Yvonne Rogbeck som uppdragsledare. Från SGI har också medverkat; Rebecca Bertilsson (bitr. uppdragsledare), Daniel Elm, Samir Ezziyani, Jim Hedfors, Ann-Christine Hågeryd, Mats Öberg och Godefroid Ndayikengurukiye. Helena Helgesson och Ramona Kiilsgaard har deltagit i avsnittet om miljöföroreningar respektive klimatanpassning.

Övriga medarbetare i uppdraget har varit; Lovisa Moritz, Åsa Lindgren Trafikverket, Elias Jörholt SWECO, Olof Friberg Tyréns, Carl Ekenstam och Fredrik Bolle ÅF, Mårten Lindström More10 AB/BIM Alliance samt Pontus Bengtsson WSP/BIM Alliance.

Rapporten har granskats av Bo Lind, SGI.

Undertecknad har beslutat att ge ut publikationen.

Linköping i juni 2015.

Åsa-Britt Karlsson, generaldirektör

Innehållsförteckning

Sammanfattning av Geokalkyl	8
1. Uppdrag och bakgrund	13
1.1 Uppdraget	13
1.2 Bakgrund.....	13
2. Nyttan och användning av systemet	15
2.1 Kompetens.....	15
2.2 Alla kostnader är schabloner	15
2.3 Nyttan och användning	16
2.4 Utformning av bebyggelseområde.....	16
3. Arbetsprocessen.....	17
4. Begränsningar i modellen.....	18
5. Metodbeskrivning – utförande.....	18
5.1 Allmänna riktlinjer.....	18
5.2 Utförande	21
5.3 Redovisning	41
5.4 Plattform för information och tillgång till Geokalkyl.....	48
6. Geotekniska faktorer som kan påverka geokalkylen.....	49
6.1 Inledning	49
6.2 Sättningar.....	49
6.3 Släntstabilitet.....	50
6.4 Bärighet.....	51
6.5 Grundvatten, ytvatten och tjäle	52
6.6 Schakt och fyllning.....	53
6.7 Omgivningspåverkan	54
7. Miljöföroreningar från tidigare verksamhet.....	55
7.1 Faktorer som påverkar geokalkylen.....	55
7.2 Juridiska aspekter	55
7.3 Kostnader för åtgärder	57
7.4 Tidsaspekter på förorenade områden vid fysisk planering och exploatering	57
8. Klimatpåverkan	58
8.1 Faktorer som kan påverka geokalkylen	58
8.2 Åtgärder vid ett förändrat klimat.....	59
8.3 Bedömning av kostnader för åtgärder vid ett förändrat klimat.....	61
9. Andra faktorer som påverkar kalkylen.....	61
Referenser.....	62

Bilaga 1 Ingående poster i kostnadsberäkningen

Bilaga 2 Checklista för tidiga planeringsskeden

Sammanfattning av Geokalkyl

Geokalkyl för bebyggelse

Systemet är avsett för översiktliga kostnadsbedömningar och visar schablonkostnader för grundläggning och markarbeten. Detta ger en uppfattning om storleksordningen av markbyggnadskostnaden och möjlighet till jämförelser mellan olika geografiska områden. För enskilda byggnader kan dock val av grundläggningsmetod och kostnad variera inom vida gränser och därmed skilja sig från den använda schablonkostnaden.

Geokalkyl finns tillgängligt som webb-baserad applikation via SGI:s webbplats.

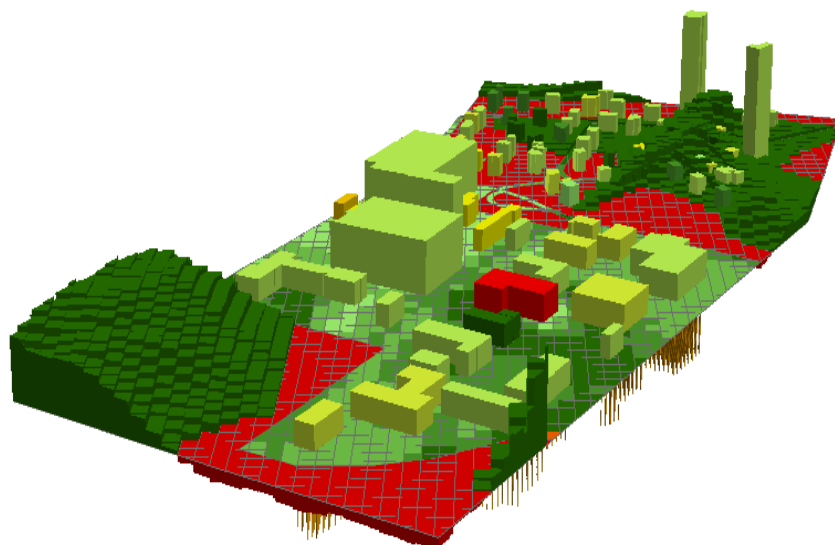
Redovisning i 3D

Resultaten från kostnadsberäkningarna redovisas i tredimensionella kartor. Hela systemet är digitalt och informationen på kartorna kan varieras och delas upp i olika skikt med geoteknisk information, markanvändning, typ av byggnader och grundläggning samt kostnader.

Exempel på 3D-redovisning med information om:

- Kostnad för grundläggning och markarbeten
- Markanvändning (hårdgjord yta, grönyta) och byggnader
- Topografi samt schaktning och fyllning
- Pålar och pålningsdjup

- Byggnader SEK/m²
- 0 - 100
 - 101 - 200
 - 201 - 300
 - 301 - 400
 - 401 - 500
 - 501 - 600
 - 601 - 700
 - 701 - 800
 - 801 - 900
 - 901 - 1 000
 - > 1000
- Grönytor SEK/m²
- Hårdgjorda ytor SEK/m²



Indata till systemet

Systemet är ett ”expertsystem” och kräver att användaren har kunskap om både geoteknik och om ArcGIS för att hantera och bearbeta data i GIS-miljö. Normalt bör det vara ett samarbete mellan en geotekniker och en GIS-operatör. Användaren måste också ha installerad mjukvara i form av ArcGIS (version 10.2) och Microsoft Excel (2010) för att kunna köra systemet.

För att systemet ska fungera krävs minst följande underlag:

- En avgränsning av analysområdet
- Höjddata (marktopografi)
- Jordarter
- Utplacerade byggnader
- Hårdgjorda ytor
- Grönytor
- Uppgifter om eventuella åtgärder för klimatanpassning
- Förekomst av förorenade områden

Underlaget för höjddata och jordarter laddas ner från externa källor, Lantmäteriet respektive SGU, medan all annan data tas fram inom det specifika kalkyleringsprojektet. Arbetet med att genomföra en geokalkyl kan, efter förberedande av indata, grovt delas upp i tre steg: Inmatning av data samt tolkning av jordartsdata till geotekniska terrängklasser; Beräkna schakt, fyllning och eventuell förstärkningsmetod; Beräkna kostnad.

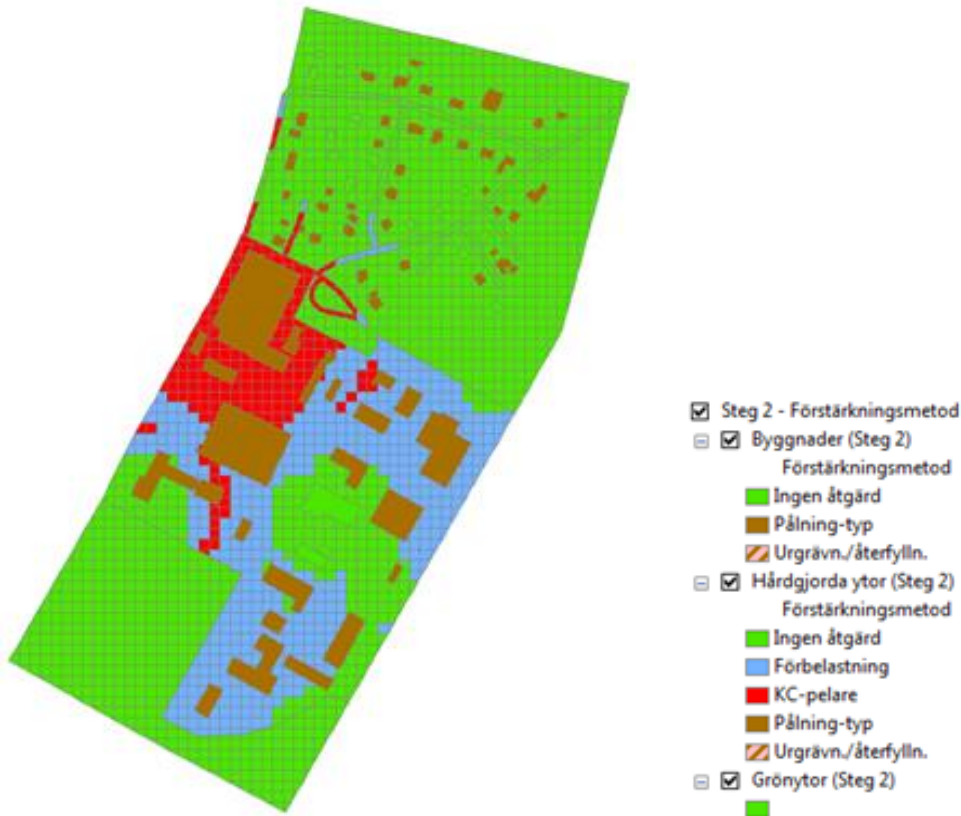
I första steget laddar man in följande data:

- Koordinater för att avgränsa området
- Höjddata - kan tas från Lantmäteriet, men kan också vara en lokal höjddatabas
- Jordartskarta - kan tas från SGU, men kan också vara en lokal, digitaliserad, jordartskarta
- Koordinater och typ av byggnader, t.ex. hushöjd, antal källarplan och bottenplattans nivå i terrängen
- Hårdgjorda ytor
- Grönytor
- Behov av klimatanpassningsåtgärder, t.ex. vallar, erosionskydd eller flytt av vissa anläggningar. Här anges en uppskattad kostnad för sådana åtgärder. Saknas klimatanpassningsåtgärder lämnas filen tom.
- Eventuell förekomst av förorenade områden. Här anges en uppskattad kostnad för sanering av respektive yta. Saknas förorenade områden lämnas filen tom.

Efter laddning och förberedande av data ska man tolka och lägga till information om geotekniska förhållanden. Programmet översätter automatiskt den inmatade jordartskartan till geotekniska terrängklasser. Denna översättning måste kontrolleras av geotekniker och här finns också tabeller man kan fylla i med kompletterande uppgifter om jorddjup, jordens hållfasthet m.m. Resultatet blir en underlagskarta med geotekniska terrängklasser – som i sin tur blir underlag för tolkning av eventuella förstärkningsbehov.

Beräkning och redovisning

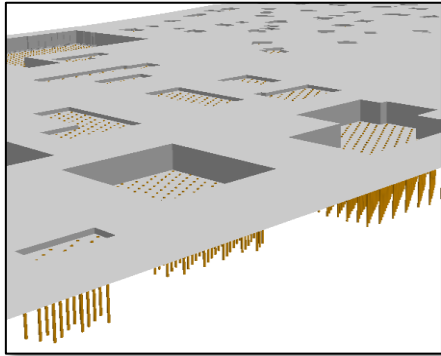
I steg två beräknar programmet behov av geotekniska åtgärder. För varje byggnad samt hårdgjorda ytor anger programmet behov av urgrävning, fyllningar, pålning och påltyp, behov av förbelastning samt förslag på kalkcementpelare (KC-pelare). Här bör en geotekniker kontrollera resultatet och det går också att redigera och ändra de föreslagna förstärkningsmetoderna. Man kan välja att programmet gör beräkningarna för 10x10 m stora rutor eller 5x5 m rutor. Mindre rutor än så rekommenderas ej, med tanke på underlagets översiktliga karaktär. Resultatet av detta steg blir en karta där olika typer av åtgärder markerats.



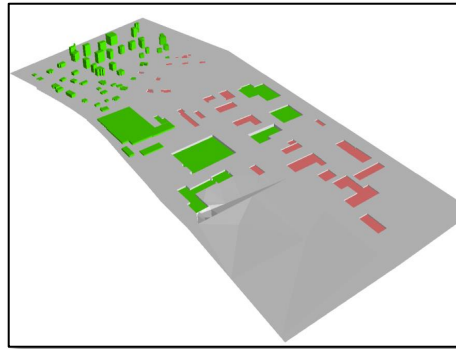
Programmet beräknar behov av markarbeten och markförstärkningar i 10x10 eller 5x5 m stora rutor.

Det sista steget innebär att programmet beräknar den totala kostnaden för geoarbetena som innefattar dels kostnader för schaktning, fyllning och markförstärkning (pålning etc.) och dels kostnaden för sanering av eventuella markföroreningar samt eventuella åtgärder för klimatanpassning.

Här finns stora möjligheter att välja grafik för redovisning. Systemet är kompatibelt med BIM och man kan välja att i 3D redovisa varje informationslager för sig eller kombinerade på olika sätt, till exempel;



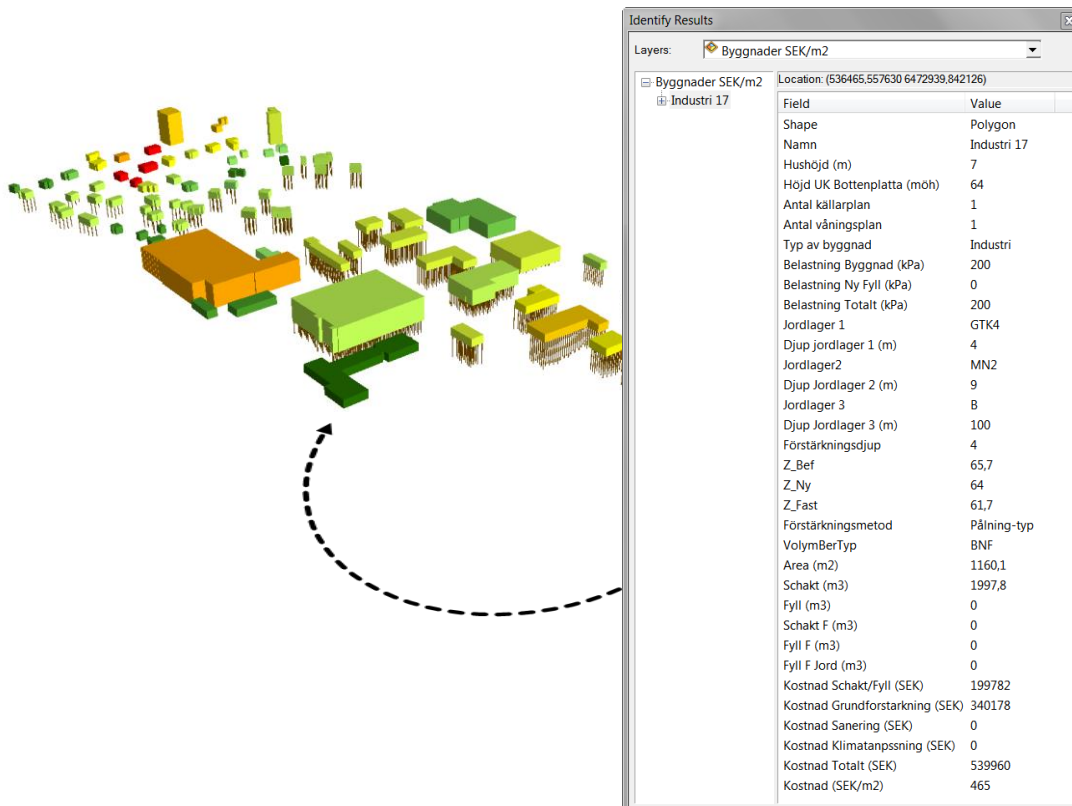
Projekterad nivå på pålar.



Projekterad nivå schakt och fyllning.

Det är också möjligt att få fram information om varje enskild byggnad. Genom att peka på en byggnad öppnas ett fönster med specifik information om markförhållanden, schakt, fyllning, pålning etc – samt den kalkylerade kostnaden per kvadratmeter eller för hela byggnaden.

Med identifieringsverktyget kan man peka på ett objekt och få fram information om bl.a. objektets namn, grundläggning, schakt och fyllning samt geokalkylkostnad per kvadratmeter eller för hela objektet.



Utdata i text

Resultatet av geokalkylen kan också tas ut i form av tabeller med detaljerad information om varje specifikt objekt eller summerat över större ytor.

Exempel på tabell som summerar geotekniskt relaterade kostnader för ett studerat område:

Geokalkyl byggnader för Grönköping		
Summeringar		
Kostnad Schakt/Fyll (SEK)		49 857 899
Kostnad Grundförstärkning (SEK)		38 558 302
Kostnad Klimatanpassning (SEK)		1 000 000
Kostnad Sanering (SEK)		2 000 000
Total kostnad (SEK)		91 416 201

Att använda Geokalkyl

Metodens styrka är jämförelser mellan olika bebyggelseområden och ska inte användas för kostnadsberäkning av enskilda byggnader. Kartor och 3D bilder i GIS och BIM-system ger överlägsna möjligheter till kommunikation och förståelse av stora komplexa byggprojekt. En tidig förståelse av skilda grundläggningsförutsättningar inom olika områden kan ge avgörande signaler för prioritering av byggnation men också i hög grad minska de geotekniskt relaterade skadekostnaderna genom att rätt bild av grundläggningsförutsättningarna tidigt finns med i planeringsprocessen.

1. Uppdrag och bakgrund

1.1 Uppdraget

Regeringen beslutade i juni 2013 att ge Statens geotekniska institut i uppdrag att utveckla ett geokalkylsystem för planering och kostnadsbedömning som kopplas till BIM - bygginformationsmodellering. Uppdraget ska slutredovisas till Regeringskansliet senast den 30 november 2015 och en delredovisning har ingivits i januari 2014.

Uppdraget har genomförts i samverkan med Trafikverket och efter samråd med en referensgrupp bestående av representanter för Boverket (Dan Pettersson), Fortifikationsverket (Eric Bergman), Lantmäteriet (Stigbjörn Olovsson), Statens fastighetsverk (Erika Haglund), Sveriges geologiska undersökning (SGU) (Philip Curtis), Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) (Sten Bergström), Trafikverket (Olle Båtelsson, Åsa Lindgren, Lovisa Moritz), Sveriges kommuner och landsting (SKL) (Kristina Isacsson), Forskningsprojektet Transparent Underground Structure (TRUST) (Mats Svensson) och Statens vegvesen i Norge (Roald Aabøe). Kontakter har också skett med andra pågående projekt bl.a. Förbifart Stockholm och det nordiska Geofuture.

Geokalkylsystemet har i samverkan med Trafikverket delats upp i två delar – en del som rör bebyggelse och som presenteras här samt en del som rör val av korridor eller linje i väg- och järnvägsbyggande som Trafikverket ansvarar för. Systemen är uppbyggda på likartat sätt och data kan utbytas mellan systemen.

Arbetet har bedrivits under ledning av SGI:s ledningsgrupp och med avdelningschef Yvonne Rogbeck som uppdragsledare.

Uppdraget har inneburit omfattande kontakter med tekniska konsulter samt deltagande i konferenser och seminarier för att få in synpunkter på systemet. Inom uppdraget har också en workshop avseende behovsanalys arrangerats i samverkan med BIM Alliance där såväl systembyggare som tilltänkta användare medverkat. För att få slutanvändarnas syn på systemet har en kommungrupp kopplats till uppdraget: Lars Johansson, Lisa Björk, Tekniska verken i Linköping; Anna-Maria Edvardsson, Andris Vilumson, Göteborgs stad.

1.2 Bakgrund

Markens uppbyggnad och geotekniska egenskaper påverkar i hög grad dess byggbarhet och kostnaderna för grundläggning av byggnader och anläggningar. Kostnaderna för grundläggning är normalt betydligt högre inom ett lerområde jämfört med fast jord eller berg. Mark- och grundläggningskostnaden bedöms uppgå till omkring 20 % av den totala bygg- och anläggningskostnaden vilket innebär att markens byggbarhet kan ha stor inverkan på byggprojektets totala kostnad. Genom att kartlägga och beskriva markegenskaperna kan kostnaden för grundläggning översiktligt beräknas och jämföras mellan olika områden.

Tänkarna att tydliggöra markens byggbarhet med olika typer av kartor har funnits sedan lång tid och redan år 1948 redovisade Gösta Bjurström i en artikel i tidskriften *Byggmästaren*, ett förslag till systematiserade geotekniska kartor. Senare utvecklades ett system för geotekniska terrängklasser där markens egenskaper sattes i relation till grundläggning (Viberg & Adestam 1979; Viberg 1984). Det var dock först i samband med datorernas nya möjligheter som kartläggning av geotekniska egenskaper över större områden blivit aktuellt och kunde sättas i relation till kostnader. År 2000 presenterades en metod för geoeconomisk kalkyl där kostnader redovisas i en sannolikhetsfördelning beroende på de ingående parametrarnas osäkerhet (Viberg et al. 2000; Viberg et al.

2002; Hågeryd et al. 2005). Den moderna tekniken med kartuppbyggnad i GIS samt handlingar i BIM-system ger dock helt nya förutsättningar och innebär mycket mer lättolkade och interaktiva system där kostnadskalkyler snabbt kan byggas upp och modifieras.

Föreliggande Geokalkylsystem är en vidareutveckling av tidigare metodik och tar nu också hänsyn till eventuella markföroreningar samt ändrade framtida förhållanden på grund av klimatförändringen. Systemet har utvecklats parallellt med Trafikverkets system avseende geoekonomiska kalkyler för vägar och järnvägar och de båda systemen har harmoniserats så att kalkylerna görs på liknande sätt. Föreliggande manual avser Geokalkyl som fokuserar på planering och utformning av bebyggelse, medan Trafikverket ansvarar för systemet för kalkylering av väg- och järnvägsprojekt.

Syftet med Geokalkylsystemet är att i tidiga skeden t. ex vid kommunernas översiktsplanering få en uppfattning om de geotekniskt relaterade kostnaderna. Systemet utgår från de geotekniska egenskaperna och redovisar kostnaden för grundläggning, schaktningsarbeten, konstbyggnader och eventuella förstärkningsåtgärder eller eventuell behandling av förorenad mark.

2. Nyttan och användning av systemet

2.1 Kompetens

Geokalkyl är ett expertsystem som kräver kompetens för utförande och inte minst tolkning av resultaten. Följande nyckelkompetenser bör ingå vid genomförande av geokalkylerna:

- Geotekniker för tolkning av markförhållanden och resultat
- Person med erfarenhet av ArcGIS Desktop för hantering och bearbetning av informationen i GIS-miljö

2.2 Alla kostnader är schabloner

Geokalkyl ger en grov uppfattning om grundläggningskostnaden och dess styrka är jämförelser mellan olika bebyggelseområden. Det ska inte användas för kostnadsberäkning av enstaka byggnader. Systemet genererar kartor och 3D visualiseringar av bebyggelseområden där kostnaden för grundläggning av byggnader, vägar och andra hårdgjorda ytor framgår. Kostnaderna är beräknade som schablonkostnader för en förvald standardmetod för pålning, schaktning, markuppfyllnad och andra markåtgärder (Bilaga 1). Till dessa förvalda grundläggningskostnader kommer ”övriga” kostnader som läggs in till exempel vid förekomst av markföroreningar eller vid särskilda byggnationer som t.ex. vallar för klimatanpassning.

Varje markbyggnadsprojekt är mer eller mindre unikt med vitt skilda metoder för konstruktion och utförande av grundläggning. Därmed kan också kostnaderna skilja sig inom vida gränser. Föreliggande metodik baseras på schablonkostnader valda i 2014-års kostnadsnivå för vissa vanligt förekommande metoder. Det handlar om val av pålar och pållängd, kostnad för sprängning och schaktning etc. Metoden ger på så sätt en grov uppfattning av grundläggningskostnaden – men inte ett exakt värde. För kostnads kalkyl som underlag för finansiering krävs detaljerad projektering av byggnader och vägar samt projektering av grundläggningsmetod och byggmetod.

Kostnaderna i systemet baseras på nivån i Stockholm. Kostnadsskillnaderna mellan att bygga på olika orter i landet beror i huvudsak på skillnader i transportkostnader och arbetskostnader samt på kostnader beroende av klimattyper. Vid normala och väl planerade byggprojekt är kostnadsskillnaderna beroende på geografiskt läge av marginell betydelse.

För en grov justering av priserna i förhållande till Stockholmspriser kan följande ortskoefficienter användas:

- Malmö 0,90
- Göteborg 0,95
- Norrköping 0,95
- Sundsvall 0,95
- Luleå 1,00

Kostnaderna kan även påverkas av rådande konjunktur och dylikt, men Geokalkyl är endast avsett för översiktliga bedömningar och bedöms därför vara tillräckligt detaljerat för det aktuella syftet.

2.3 Nyttan och användning

Kartor och 3D bilder i GIS och BIM-system ger överlägsna möjligheter till kommunikation och förståelse av stora komplexa byggprojekt. En tidig förståelse av skilda grundläggningsförutsättningar inom olika områden kan ge avgörande signaler för prioritering av byggnation men också i hög grad minska de geotekniskt relaterade skadekostnaderna genom att rätt bild av grundläggningsförutsättningarna tidigt finns med i planeringsprocessen.

Geokalkyl ger en översiktlig bild av grundläggningskostnaden och resultatet styrs av detaljeringsgraden på indata. För jämförelser mellan olika områden är det dock tillräckligt att underlaget för alternativen har likartad noggrannhet.

2.4 Utformning av bebyggelseområde

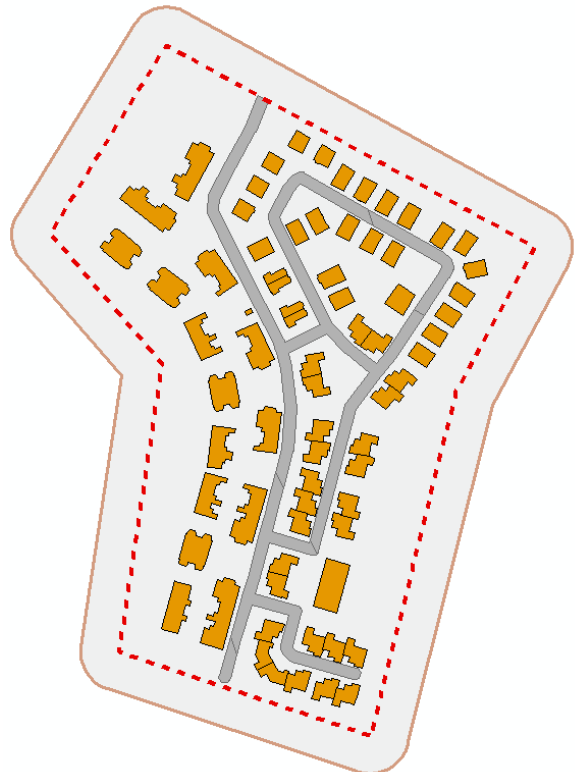
Bebyggelseområdet som beräknas innehåller byggnader, anläggningsytor och hårdgjorda ytor (vägar och andra ytor) samt övriga områden som i kalkylen betraktas som grönområden. Förutom dessa element behöver det studerade området ringas in med en sammanhållen begränsningslinje.

Typ av byggnad anges manuellt i systemet med höjd, antal våningsplan, antal källarplan samt area. Trycket av fyllnadsmassor beräknas av modellen. På basis av dessa uppgifter finns värden mellan 4 kPa och upp till mer än 400 kPa, indelat i 9 klasser. Grundläggningssätt genereras automatiskt med utgångspunkt från markegenskaperna. Grundläggningsnivån anges i dataformuläret som medelnivån på den markerade byggnadsytan. Medelnivån för en yta kan genereras med hjälp av GIS-programmet och därefter sätts in i formuläret. Stora terrasserade byggnader bör delas upp i skilda delar för att erhålla mer realistiska grundläggningsnivåer för varje del.

Hårdgjorda ytor som vägar och parkeringsplatser markeras med angivande av bredd och längd. Programmet genererar en markbelastning mellan 10 till 35 kPa, utifrån erforderlig bankhöjd, beräknad på basis av ansatt nivå på den angivna ytan. Kostnad för grundläggning, schakt respektive fyllning beräknas på samma sätt utifrån topografin och en medelnivå för den markerade ytan. Om området är starkt kuperat bör anläggningsytor delas upp i flera delar som kan läggas på olika nivåer.

Alla ytor som inte markerats som byggnad eller anläggningsyta ska definieras i programmet som grönyta. Grönytor kan ansättas en nivå anpassad till bebyggelsen. Schaktning respektive fyllning kommer då automatiskt att generera kostnader. Dessa grönytor kan också förutsättas få orörd marknivå och då helt och hållet räknas bort från resultatet.

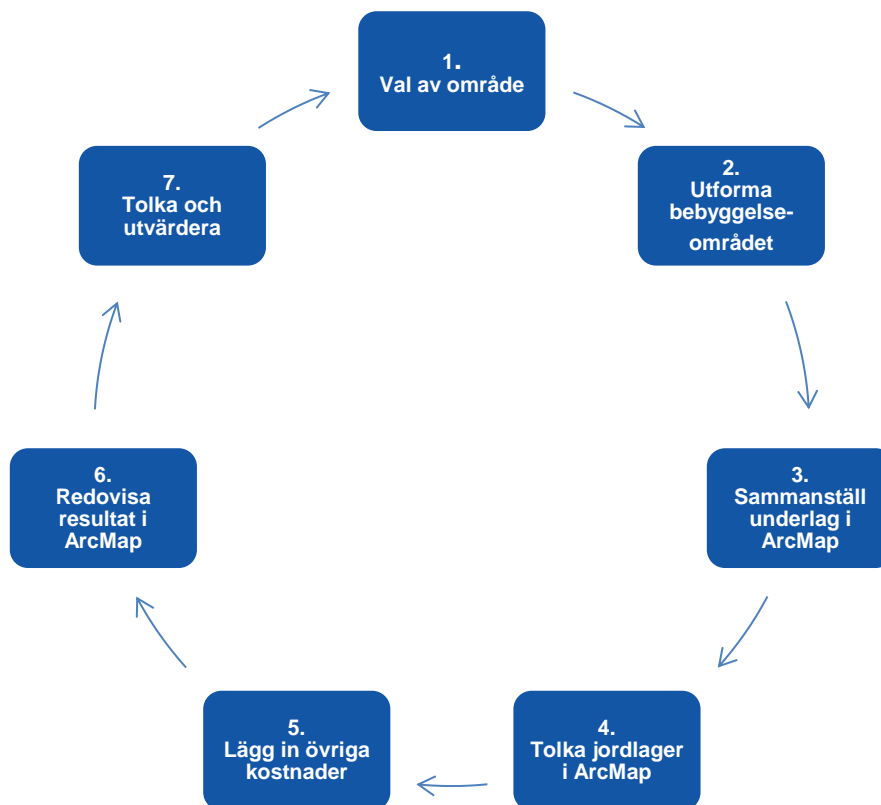
De studerade bebyggelseområdena kan designas genom digitalisering och koordinatsättning direkt i programmet. I många fall sker planering av bebyggelse med hjälp av GIS. I dessa fall kan ett planerat bostadsområde direkt kopieras eller läsas in i Geokalkylsystemet med vägar, anläggningsytor och byggnader.



Exempel på exploateringsområde.

3. Arbetsprocessen

Arbetsprocessen har harmoniserats med Trafikverkets system för Geoplanering och utgår i grunden från Vägverkets publikation 1995:2, Geoplanering. Geokalkyl innefattar dels värdering av markens byggbarhet genom indelning av området i geotekniska terrängklasser (GTK-klasser) och dels beräkning av grundläggningskostnaden för olika typer av byggnader och hårdgjorda ytor. Följande steg behandlas av modellen i den metod som tagits fram:



1. Det område som ska studeras väljs ut och markeras med en obruten avgränsningslinje på karta.
2. Byggnader, hårdgjorda ytor och grönområden placeras ut.
3. Underlaget från punkt 1 och 2 sammanställs på karta i ArcMap.
4. GTK-klasser anges med utgångspunkt från geologiska kartan och övrig geologisk och geoteknisk information.
5. Det finns möjlighet att lägga in övriga kostnader för förorenad mark, åtgärder för klimatanpassning samt andra specifika kostnader.
6. Geokalkyl genomför beräkningarna och redovisar resultatet i form av 3D visualisering av området. Redovisningen sker med färger i 11 klasser med avseende på grundläggningskostnaden angiven som kr/m², från 0 -100 kr/m² till mer än 1000 kr/m². Utskrift kan göras med varierande antal GIS-lager representerade.
7. Resultatet från Geokalkyl måste tolkas och värderas av sakkunniga.

4. Begränsningar i modellen

Geokalkyl är avsett för översiktliga kostnadsbedömningar och visar schablonkostnader för grundläggning och markarbeten. Systemet utgår från ett schablonmässigt val av grundläggningsmetod och markbyggnadsteknik. Detta ger en uppfattning om storleksordningen av markbyggnadskostnaden och möjlighet till jämförelser mellan olika geografiska områden. För enskilda byggnader kan dock val av grundläggningsmetod och kostnad variera inom vida gränser och därmed skilja sig från den använda schablonkostnaden.

Indata till modellen är i tidiga skeden begränsade. Detta gäller både markförhållandena och bebyggelseområdets utformning. För att kalkylen ska kunna utföras krävs tre typer av data, jordarter, topografi samt byggnader eller anläggningsytor, vilket beskrivs i Avsnitt 6.

5. Metodbeskrivning – utförande

5.1 Allmänna riktlinjer

Följande avsnitt är en metodbeskrivning för utförandet av Geokalkyl i detaljerade termer. För att utföra beräkningen och för att kunna följa instruktionen förutsätts att kriterierna för *kompetens*, *mjukvaror* och *kartunderlag* är uppfyllda samt att själva *verktyget*, *mappstrukturen* och *data* finns på plats hos användaren. Instruktionen använder exempeldata som finns tillgängligt för nedladdning via www.swedgeo.se/geokalkyl.

5.1.1 Kompetens

För att använda verktyget krävs att två nyckelkompetenser är representerade i den grupp som arbetar fram underlaget. De kompetenser som behövs är:

- En geotekniker för tolkning av markförhållanden och resultat.
- En person med erfarenhet av ESRI:s program ArcGIS Desktop för hantering och bearbetning av informationen i GIS-miljö.

5.1.2 Mjukvaror

Följande programvaror behövs för att kunna genomföra metoden:

Program	Version
ArcGIS Desktop	10.2
ArcGIS tillägg 3D-analyst	10.2
Microsoft Excel	2010

5.1.3 Kartunderlag

För att metoden ska kunna genomföras krävs minst följande underlag:

Underlag	Format	Leverantör
GSD-Höjddata, grid 2+	ESRI Grid	Lantmäteriet
Jordartskartan	Shp	SGU
Analysområde	Shp	"egen data"
Byggnader	Shp	"egen data"
Hårdgjorda ytor	Shp	"egen data"
Grönytor	Shp	"egen data"
Klimatdata, översvämningskartering	Shp	"egen data" och/eller SMHI, MSB
Förorenade områden	Shp	"egen data" och/eller länsstyrelse
Fastighetskartan (Ej obligatorisk)	Shp	Lantmäteriet

Ju mer geotekniskt underlag som finns tillgängligt desto bättre blir tolkningen av jordlagerföljderna. Om det finns geotekniska undersökningar tillgängliga så bör även dessa laddas in som underlag i kartmiljön. Det gäller även kompletterande data som t.ex. jorddjup (SGU), information om risker/förutsättning för skred/ras och erosion (SGI/SGU), översvämningsdata (MSB) och förorenade områden (Länsstyrelse).

5.1.4 Mappstruktur

Mappstrukturen består av sex stycken huvudmappar vars innehåll och användning beskrivs i Tabell 5.1.

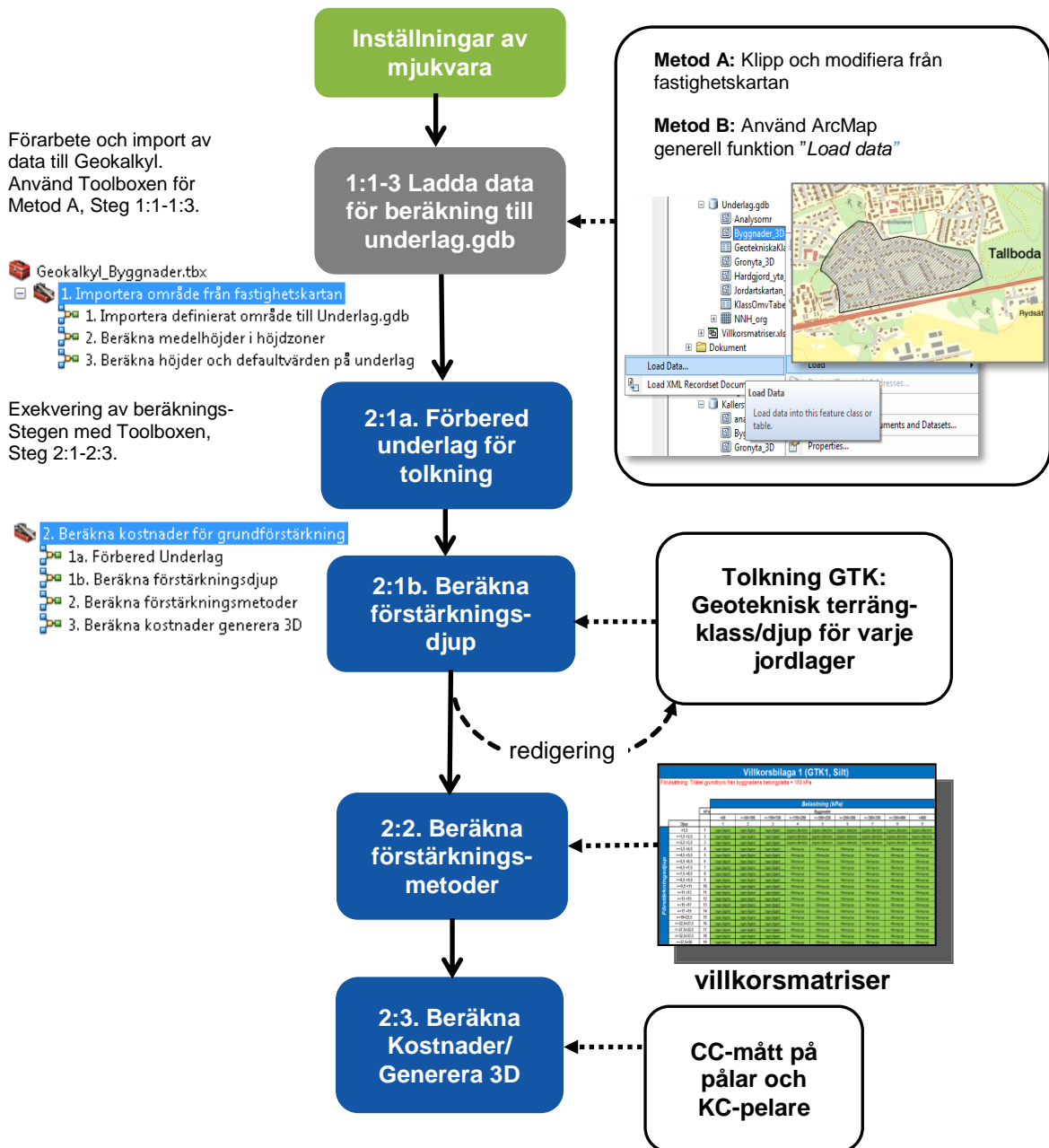
Tabell 5.1 Mappstruktur för GIS-verktyget Geokalkyl. Denna "mall" är förberedd och tillhandahålls i nedladdningsbart paket.

Data	Här lagras Villkorsmatris, underlag, triangelmodeller och resultat.	<ul style="list-style-type: none"> 📁 Data <ul style="list-style-type: none"> + 📁 TIN + 🗺️ Resultat.gdb ← Exekveringsbara data + 🗺️ Temp.gdb + 🗺️ Underlag.gdb + 📄 Villkorsmatriser.xlsx
Dokument	Här lagras tillhörande dokument, som t.ex. denna manual.	<ul style="list-style-type: none"> 📁 Dokument
Lyrfiler	Här lagras lyrfiler för arbetet i ArcGIS.	<ul style="list-style-type: none"> 📁 Lyrfiler <ul style="list-style-type: none"> 📄 Indata.lyr 📄 Indata 3D.lyr 📄 Steg 1 - Jordartskartan.lyr 📄 Steg 2 - Förstärkningsmetod.lyr 📄 Steg 3 - 2D Kostnad Sek_m2.lyr 📄 Steg 3 - 3D Byggnader.lyr 📄 Steg 3 - 3D Grönytor.lyr 📄 Steg 3 - 3D Hårdgjorda ytor.lyr 📄 Steg 3 - 3D Kostnad Sek_m2.lyr 📄 Steg 3 - 3D Triangelmodeller.lyr
Resultat	Här kommer xls-filer med resultat av beräkningar att lagras.	<ul style="list-style-type: none"> 📁 Resultat <ul style="list-style-type: none"> + 📄 Byggnader.xls + 📄 Gronytor.xls + 📄 Hardgjorda_ytor.xls
Toolbox	Här ligger verktygslådan som används för import i Block 1 (Metod A) och analyserna i de olika beräkningsstegen, Block 2.	<ul style="list-style-type: none"> 📁 Toolbox <ul style="list-style-type: none"> 📄 Geokalkyl_Byggnader.tbx <ul style="list-style-type: none"> 1. Importera område från fastighetskartan <ul style="list-style-type: none"> 1. Importera definierat område till Underlag.gdb 2. Beräkna medelhöjder i höjdzoner 3. Beräkna höjder och defaultvärden på underlag 2. Beräkna kostnader för grundförstärkning <ul style="list-style-type: none"> 1a. Förbered Underlag 1b. Beräkna förstärkningsdjup 2. Beräkna förstärkningsmetoder 3. Beräkna kostnader generera 3D
Underlag	Här lagras ursprungligt underlag i valfritt format.	<ul style="list-style-type: none"> 📁 Underlag ← Utgångsdata och övrigt underlag
mxd/sxd	Projektfiler för 2D resp. 3D arbetet i ArcGIS.	<ul style="list-style-type: none"> 🗺️ Geokalkyl_2D.mxd 🗺️ Geokalkyl_3D.sxd

Mappen "Data" skall betraktas som *skarp* och märkt endast för data som skall exekveras i geokalkylen (Exekveringsbara data). Dess innehåll (i geodatabasen "Underlag.gdb") måste vara helt förberett för geokalkylens utförande. Att särskilja mappen "Data" från mappen "Underlag" (Utgångsdata och övrigt underlag) gör att "Underlag" kan fungera som samlingsmapp för utgångsmaterial där all preparering sker, t.ex. justering av jordartskartan, utsnitt av fastighetskartan (by_xx och vl_xx) visualisering av borrhålsinformation, kända förorenade områden, risker för skred och ras, översvämning och erosionsproblem etc.

5.2 Utförande

Genomförandet består av två arbetsblock: 1) Förarbete och import av data och 2) beräkning av modellen. Import av data och beräkning av modellen föregås av mindre, men viktiga, inställningar av mjukvara. Ett generellt flödesschema över arbetsgången presenteras nedan i Figur 5.1.



Figur 5.1 Konceptuellt flödesschema för exekveringen av Geokalkyl. Körningen föregås av inställningar av mjukvaran (grön box) och ett förberedande arbete för import av data (grå box). Därefter körs verktygen i "toolboxen" steg för steg med de redigeringar som behöver göras däremellan (blå boxar). Streckade pilar anger indata från användaren/systemet.

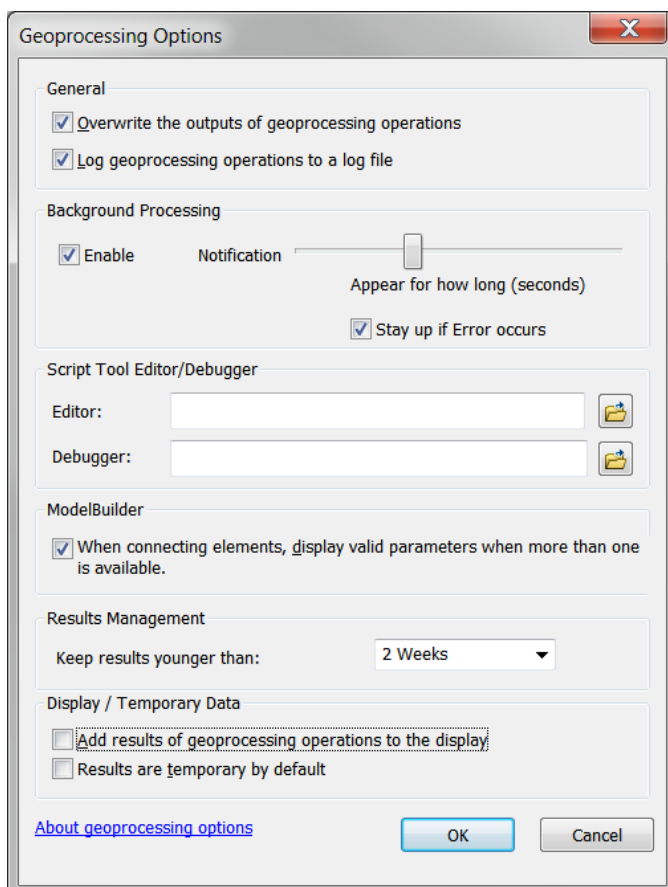
För att underlätta import av data, föreslås två metoder i Block 1, Metod A och B, som båda fungerar väl utifrån varierande förutsättningar. För Metod A används 3 exekveringssteg i Toolboxen, 1:1, 1:2 och 1:3, medan Metod B hanterar indata mer manuellt och beskrivs i text.

Beräkningsproceduren delas upp i tre primära steg, 2:1(a-b), 2:2 och 2:3. Modellen tillåter tolkning och justering av värden mellan exekveringsstegen. På så sätt blir modellen flexibel och ger svängrum för användaren att redigera vidare indata till nästa steg. Delstegen kan köras om tills tillfredställande resultat uppnåtts (Figur 5.1).

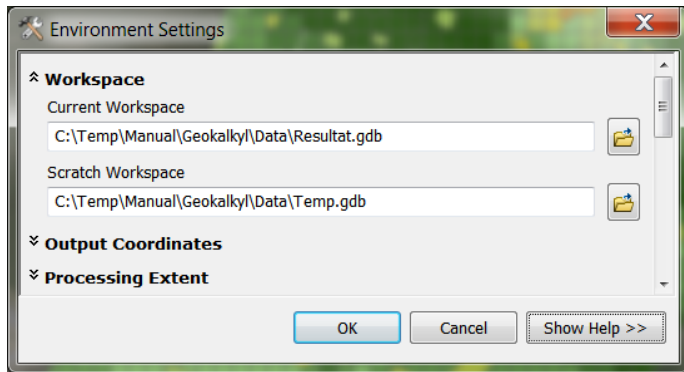
5.2.1 Förarbete och import av data till Geokalkyl

INSTÄLLNINGAR AV MJUKVÄRAN

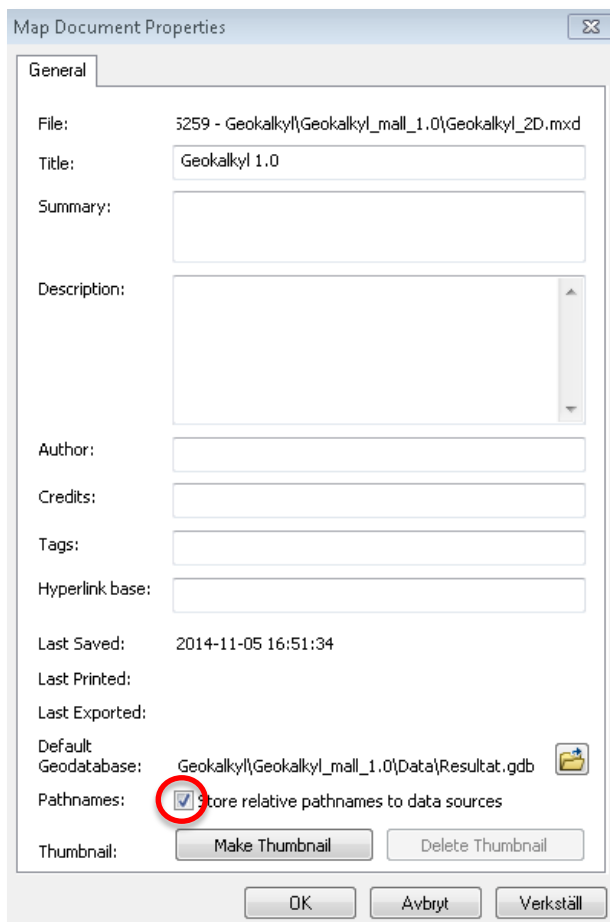
För att metoden ska fungera behöver en del inställningar göras i ArcMap. Öppna mxd:n *Geokalkyl_2D.mxd* och öppna *Geoprocessing Options* under menyn *Geoprocessing*. Se till att allt är ifyllt enligt bilden nedan och klicka på OK.



Öppna sedan *Environments* under samma meny. Se till att *Current Workspace* pekar på *Resultat.gdb* i katalogen *Data* och att *Scratch Workspace* pekar på *Temp.gdb* i samma katalog. Klicka på OK.



Ange även i Map Document Properties att *Resultat.gdb* ska stå som default geodatabase.



IMPORT AV DATA TILL GEOKALKYL

I databasen *Underlag.gdb* i katalogen *Data* finns tomma mallfiler som det är tänkt att man ska fylla på med sitt eget data. Modellen räknar ut kostnader för dessa 3 olika markanvändningstyper:

- Grönytor
- Hårdgjorda ytor
- Byggnader

För grönyta beräknas endast kostnad och mängd för schakt och fyllning medan det för byggnader och hårdgjorda ytor även beräknas kostnad för en eventuell grundförstärkning. För samtliga ytor beräknas också hur stor kostnad som kommer från klimatanpassningsåtgärder och sanering av förorenade områden.

För att det ska gå att räkna ut massvolym och förstärkningsmetoder så krävs det att indata är höjdsatt. Om det bara finns en skiss på området som ska beräknas kan man räkna ut en medelhöjd för hela området med hjälp av höjddata från Lantmäteriet. För byggnader utan källare kan man dra av en halv meter i höjd för bottenplattan och ytterligare 3 m för varje källarplan som byggnaderna har. Men om det redan finns höjder på bottenplattorna så anges de. I enklaste formen antar modellen att varje yta inom grönytor och de hårdgjorda ytorna är plana och har en och samma höjd för varje yta. Modellen kan dock dela in området i olika höjdzoner – för kuperade områden – som anger olika medelhöjder för respektive yta utifrån Lantmäteriets höjddata. Skillnaden i tillvägagångssätt finns beskrivet som Metod A och Metod B.

Filerna som ska fyllas på är tomma och inställda på koordinatsystem SWEREF99 TM. Om man avser att jobba i ett annat koordinatsystem så är det bra att börja med att ställa in korrekt koordinatsystem på *Analysomr*, *Förorenade områden*, *Klimatanpassning*, *Byggnader_3d*, *Grönyta_3D*, och *Hårdgjorda_yta_3D*. Men eftersom höjddata och jordartskartan oftast levereras i Sweref99 TM så föreslås att detta koordinatsystem används för analysen.

Skapa projekteringsområde

Arbetsgången kan skilja sig åt beroende på tillgång och format på underlaget. Hur man lägger upp förarbetet med import av underlag är därför i viss mån individuellt och beror även på rutiner.

Man kan således gå tillväga på flera olika sätt för att skapa tänkt bebyggelse, tänkta vägar (hårdgjorda ytor) och grönytor (områden mellan bebyggelse och vägar). Oavsett tillvägagångssätt, är gemensamt för projekteringsdatan, att det ska finnas en shape-fil med tillhörande definierade attribut för respektive kategori:

- Analysområde
- Bebyggelse
- Hårdgjorda ytor (vägar och parkeringar)
- Grönytor (områden mellan bebyggelse och hårdgjorda ytor)
- Klimatanpassningskostnad
- Saneringskostnad

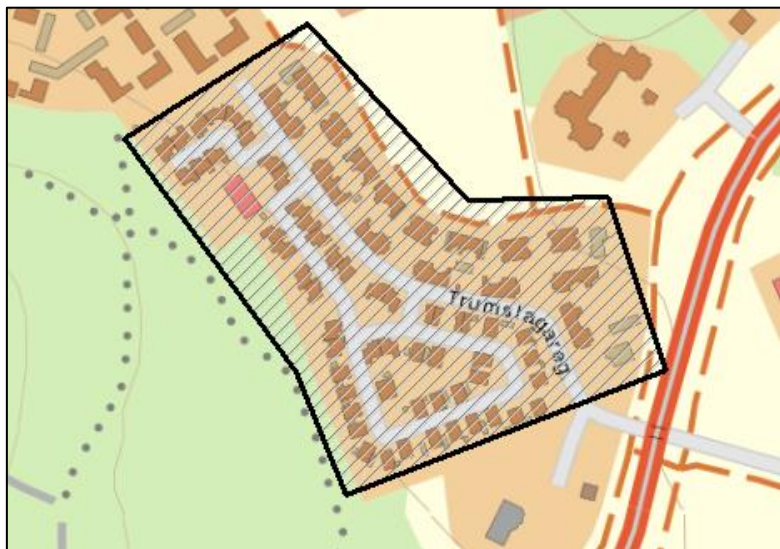
Följande avsnitt föreslår 2 metoder (Metod A och B) som förberetts användaren beroende på utgångsmaterial och önskad procedur. Metod A är generellt enklare och snabbare om man föredrar att arbeta med fastighetskartan som utgångsläge. Metod B passar bättre om användaren redan har (eller tänker skapa) egen detaljerad information som är mer specifik än de geometrier och attribut som fastighetskartan redan innehåller.

Om man har tillgång till fastighetskartan i vektorform kan man t.ex. importera ett redan befintligt villaområde eller industriområde till *Underlag.gdb* och sedan flytta det till den plats man vill beräkna grundförstärkningskostnaden för. Denna metod är att föredra om man inte har någon planskiss för beräkningen utan behöver färdiga ”klossar” att experimentera med.

Förberedelse

För att kunna göra importen behöver man ha lagret för hus/byggnader (by) och vägar (vl) från fastighetskartan. Det måste vara en version av fastighetskartan där ändamål finns angivet för byggnader, det har tillkommit någon gång de senaste åren. Det kan man se genom att öppna attributtabel-len och se om fältet *ANDAMAL_IT* finns med i by-lagret. Det attributet innehåller information om vilken typ av byggnad det är, som t.ex. bostad eller industri. Eftersom antalet möjliga typer av byggnader är ganska stort så finns en tabell i *Villkormatriser.xlsx* som generaliserar antalet möjliga byggnadstyper till ett mer rimligt antal för detta ändamål.







Nästa steg är att öppna *Geokalkyl_2D.mxd* och börja redigera lagret *Importområde fastighetskartan* och skapa en polygon som täcker det området man vill importera. Se exempel i Figur 5.2 nedan.

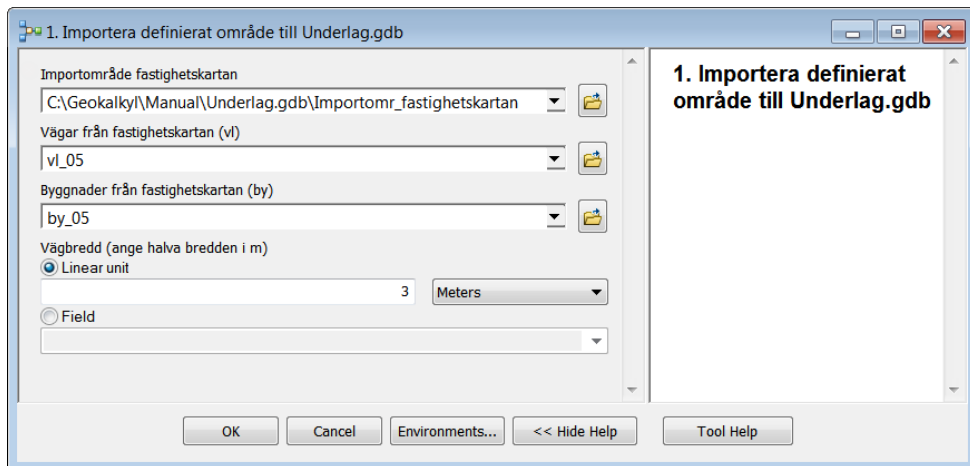


Figur 5.2 Exempel på område som önskas importeras till *Underlag.gdb*.

Steg 1:1 – Importera definierat område till *Underlag.gdb*

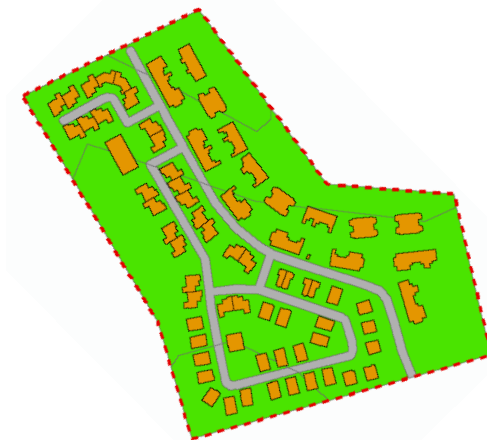
När området som ska importeras är definierat startar man verktyget nedan:

- ☐  Geokalkyl_Byggnader.tbx
 - ☐  1. Importera område från fastighetskartan
 -  1. Importera definierat område till *Underlag.gdb*
 -  2. Beräkna medelhöjder i höjdzoner
 -  3. Beräkna höjder och defaultvärden på underlag
 - ☑  2. Beräkna kostnader för grundförstärkning



Om byggnaderna och vägarna från fastighetskartan finns inlagda i mxd:n så väljs de i rullisterna annars får man bläddra fram till dem. Klicka sen på OK. När verktyget körts klart kan man testa att panorera eller zooma lite i kartan. Då kommer man se att dessa lager har blivit fyllda med features (Figur 5.3).

- Analysomr
- Höjdzoner
- Byggnader_3D
- Gronyta_3D
- Hardgjord_yta_3D
- Förorenade områden
- Klimatanpassning



Figur 5.3 Exempel på importerade objekt från fastighetskartan.

I detta läge passar det bra att lägga in information om eventuella klimatanpassningdata och förorenade områden som enkla polygoner med uppskattade åtgärdskostnader. Gör detta genom att editera lagren Klimatanpassning och Förorenade områden (Figur 5.4).



Figur 5.4 Exempel på fördyrande kostnader genom klimatanpassningsåtgärder (lila) och sanering av förorenade områden (gult).

Steg 1:1a – Manuellt flytta området

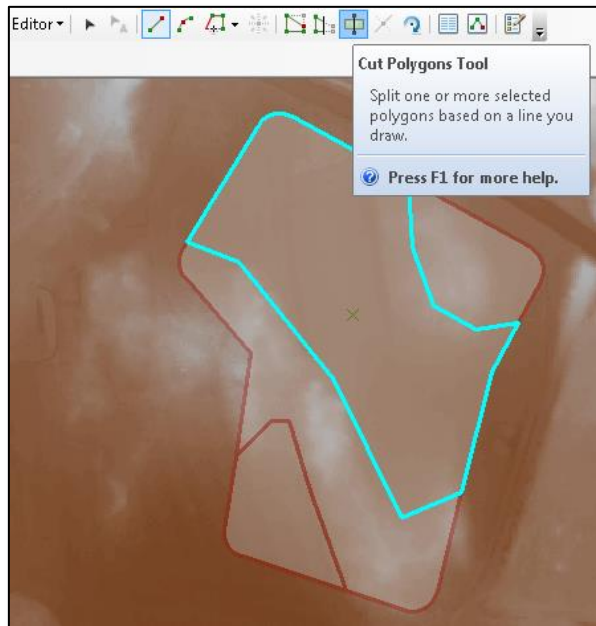
Nästa moment är att manuellt flytta området till den nya platsen. Det görs genom att se till att bara ha lagren ovan (Figur 5.3) valbara och redigerbara, sedan väljer man alla objekt och flyttar till den nya platsen (Figur 5.5). Det går även bra att rotera hela området så länge allt är selekterat. Här görs även de ändringar som önskas i geometrin hos de enskilda objekten.



Figur 5.5 Exempel på område som här landat på ny plats och roterats för beräkning i kommande steg.

Steg 1:1b – Ange antal källar- och våningsplan

För att rätt belastning och höjder för bottenplattor ska beräknas i steg 3 får man manuellt ställa in antalet källar- och våningsplan i attributtabeln för byggnaderna. Det går även att byta namn och klass på byggnaderna i attributtabeln. Övriga fält lämnas tomma tills vidare.



Figur 5.6 Klippverktyget och indelning av höjdzoner i ett svagt kuperat område.

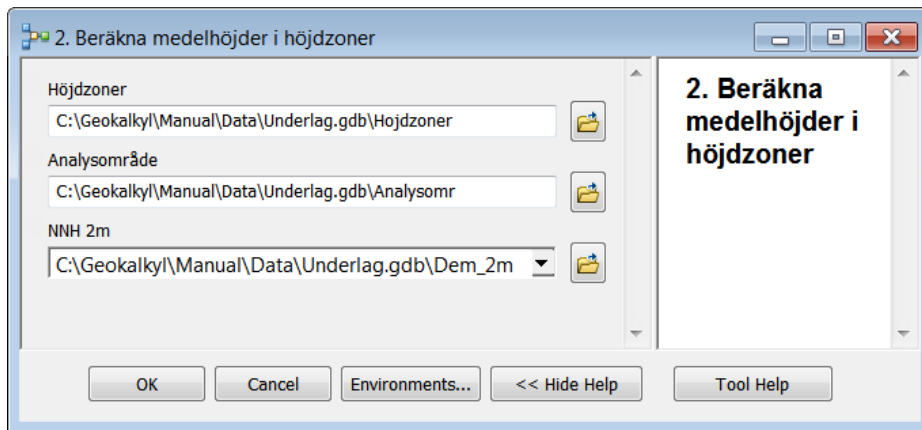
Steg 1:1c – Definiera höjdzoner

I fall då området är kuperat finns möjligheten att dela in området i olika höjdzoner. Nästa steg blir då att hämta medelhöjd för respektive zon från NH (nationella höjdmodellen - GSD-Höjddata, grid 2+). Om man inte gör det så är det risk att systemet antar väldigt mycket schakt och fyllning i onödan. Antalet indelningar, eller zoner, är en bedömnings sak som bör diskuteras fram i samråd med geotekniker. När verktyget i steg 1:1 kördes skapades en zon i lagret *Höjdzoner* som täcker hela området plus en buffert på 20 m. För att dela in i olika höjdzoner redigerar man lagret med klippverktyget för att klippa fram zonerna - skapa inga nya egna objekt! (Figur 5.6.)

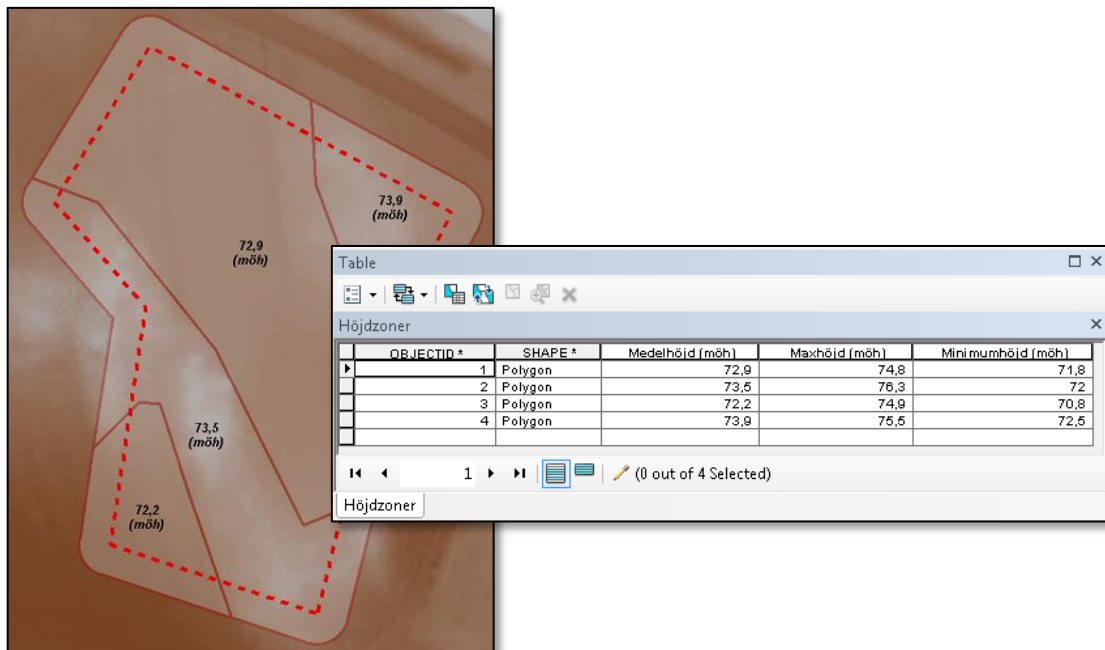
Steg 1:2 – Beräkna medelhöjder i höjdzoner

Nästa steg är att beräkna medelhöjderna för zonerna. Detta görs genom att köra verktyget nedan:

- [-] Geokalkyl_Byggnader.tbx
 - [-] 1. Importera område från fastighetskartan
 - 1. Importera definierat område till Underlag.gdb
 - 2. Beräkna medelhöjder i höjdzoner
 - 3. Beräkna höjder och defaultvärden på underlag
 - [+] 2. Beräkna kostnader för grundförstärkning



Det är relativa sökvägar så klicka bara på OK. Det bör nu finnas etiketter som visar medelhöjden för respektive zon. Vid behov kan man manuellt gå in och redigera höjderna. I attributtabeln finns även information om min- och maxhöjder för respektive område (Figur 5.7)

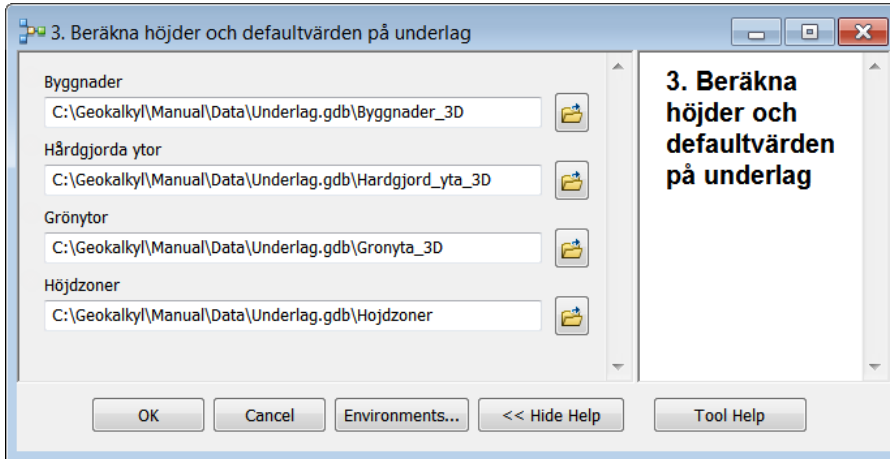


Figur 5.7 Exempel på resultat av höjdzonering av ett kuperat område (4 indelningar). I detta steg är det viktigt att balansera tänkt utseende av projekteringsområdet med renderad kostnad för schakt och fyllning.

Steg 1:3 – Beräkna höjder och defaultvärden på underlag

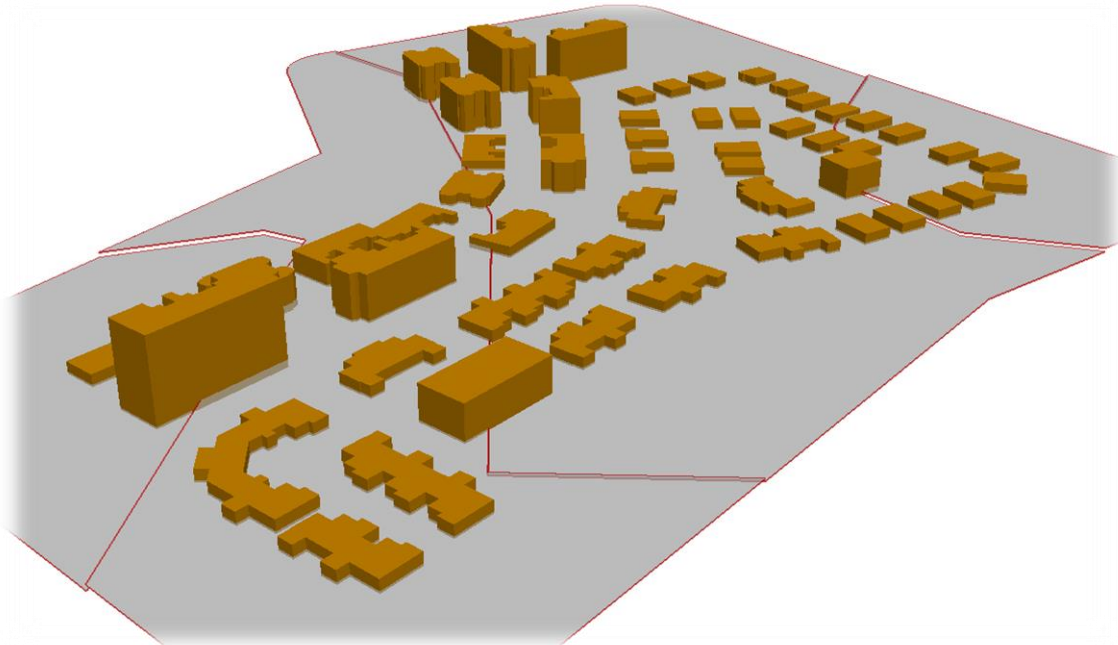
Steg 1:3 innebär att räkna ut marknivåhöjder för grönytor och hårdgjorda ytor och höjd för bottenplattor på byggnader. Ett defaultvärde för belastning för byggnader räknas även ut av detta verktyg. Starta verktyget nedan:

- Geokalkyl_Byggnader.tbx
 - 1. Importera område från fastighetskartan
 - 1. Importera definierat område till Underlag.gdb
 - 2. Beräkna medelhöjder i höjdzoner
 - 3. Beräkna höjder och defaultvärden på underlag
 - 2. Beräkna kostnader för grundförstärkning



Sökvägar är relativa så klicka bara på OK. När verktyget har körts så har alla byggnader fått en höjd på bottenplattan som ligger 0,5 m under medelhöjden i den zon som byggnadens centrum ligger i. Om källarplan angivits ligger den ytterligare 3 m ner för varje källarplan. Belastning från byggnad mot underliggande jord, i underkant av kantförstyvning eller påplint, beräknas som produkten av antalet källar- och våningsplan med 50 kPa. För enplansvillor ansätts dock motsvarande belastning från byggnad mot underliggande jord till 40 kPa. Grönytor och hårdgjorda ytor får markhöjd i nivå med den höjdzon som de ligger i. Tangeras fler zoner av samma yta så har ytan klippts i skarven, det gäller dock inte byggnader där – som tidigare nämnts – centrum för byggnaden anger vilken zon den tillhör.

Kontrollera resultatet i ArcScene genom att dra in lyrfilen Indata 3D i en tom 3D-vy (Figur 5.8). Justera vid behov och gå vidare till steg 2:1-2:3.



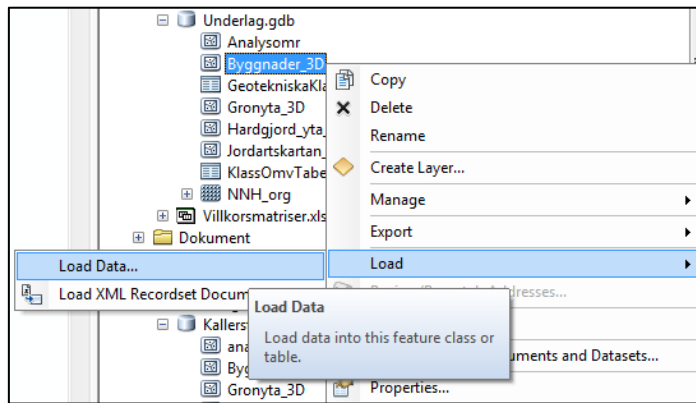
Figur 5.8 En snabb granskning av förberedd indata i ArcScene visar att höjdzoner och höjdsättning av objekt gått rätt till.

Metod B – ArcMap "Load Data"

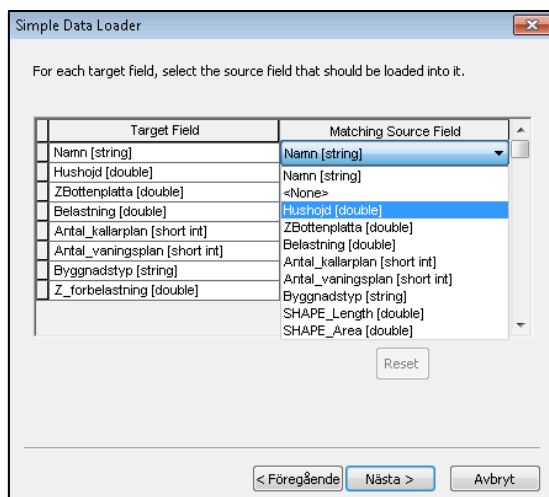
Då planskisser finns i form av befintliga ritningar (CAD/ArcGIS etc) eller ska upprättas i samband med Geokalkylen, är det enklast att ladda över dess geometrier till den befintliga förberedda kartdatabasen (Underlag.gdb). Följande stycken demonstrerar hur lagren importeras med inbyggda ArcMap-funktionen "Load Data".

Analysomr: Detta är avgränsningsytan för beräkningarna. Detta område kommer att klippa höjddata, jordartskarta och de triangelmodeller som genereras. Det är viktigt att det har exakt samma yttre linje som Byggnader, hårdgjorda ytor och grönytorna har tillsammans. Det behöver dock inte vara i 3D och inga attribut behöver fyllas i (gäller även skiktet *jordarter*). Det går bra att byta ut lagret mot en egen fil men det är då viktigt att det döps till exakt Analysomr (gemener och versaler måste även stämma).

Byggnader_3D: För byggnaderna ska en del attribut fyllas i och eftersom det säkert varierar vilket underlag man har tillgång till, så bör funktionen *Load data* användas. Den kan ses om man högerklickar på lagret i ArcCatalog, se bild nedan:



Fördelen med *Load data* är att om det finns information om t.ex. namn på byggnaden i ens egna underlag, så kan man få med det vid inläsningen till underlagsdatabasen, när man kommer till steget där man kan matcha attribut. På så vis slipper man manuellt knappa in alla attribut för alla byggnader.



Följande tabell visar de attribut som ska fyllas i.

Attribut	Beskrivning
Namn	Ange t.ex. villa, industri, skola, butik, sjukhus och ev. ett löpnummer.
Hushöjd (m)	
Höjd UK Bottenplatta (möh)	
Belastning (kPa)	Här bör sakkunnig vara med och bestämma rimligt värde.
Antal källarplan	
Antal våningsplan	
Typ av byggnad	Frivilligt att fylla i

Hårdgjorda ytor_3D: För hårdgjorda ytor behöver bara attribut om Namn och Marknivå fyllas i, men även här kan det vara bra att använda Load data. Tänk på att skapa hål för byggnaderna, alltså en byggnad får inte överlappa en hårdgjord yta eftersom det då kommer att räknas dubbelt.

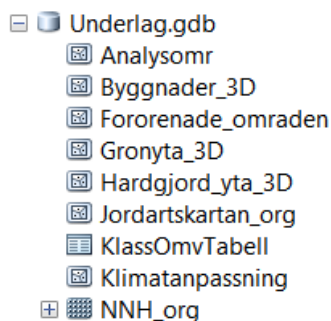
Grönytor_3D: Även för grönytor behöver bara attribut om Namn och Marknivå fyllas i och även här kan det vara bra att använda Load data. Tänk på att skapa hål för byggnaderna även för grönytor.

Förorenade områden: För förorenade områden behöver endast en uppskattad kostnad för sanering anges för varje yta. Dessa ytor kan överlappa byggnader, hårdgjorda ytor och grönytor. Saknas förorenade områden ska filen lämnas tom.

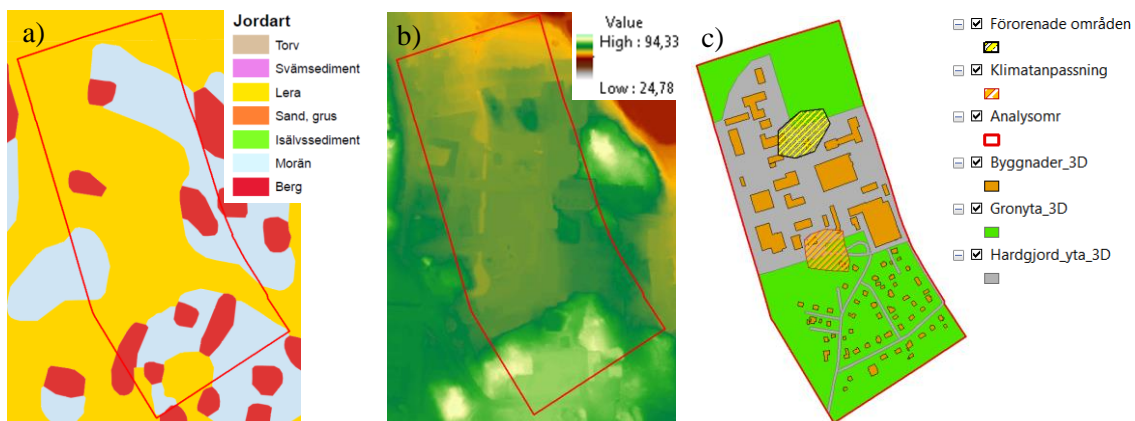
Klimatanpassning: Även för områden som behöver klimatanpassas behöver bara en uppskattad kostnad anges för varje yta. Även dessa ytor kan överlappa byggnader, hårdgjorda ytor och grönytor. Saknas Klimatanpassning ska filen lämnas tom.

Jordartskarta och höjddata: Höjddata levereras oftast som ascii-filer. Dessa ska först konverteras till ett grid och läggas in i Underlag.gdb och döpas till *NNH_org* (gamla namnet på NH). Jordartskartan levereras oftast som shape och ska laddas in i Underlag.gdb och döpas till *Jordartskartan_org*. Både NH och Jordartskartan måste geografiskt täcka in minst hela analysområdet. När NH används utan indelning i höjdzoner kommer medelhöjder sättas per 10x10 m-ruta (eller det som anges i inmatningsdialogen). Detta medför att starkt kuperad terräng blir föremål för mycket schakt och fyllning. Det är tänkvärt att här eventuellt använda sig av Steg 1:2 och 1:3 i Metod A för att komma till ett bättre slutresultat.

Innehållet i Underlag.gdb ska se ut så här när allt underlag förberetts:



Tips: Öppna ett tomt dokument i ArcScene och lägg till byggnader, grönytor, hårdgjorda ytor och NNH_org. Ställ in baseheight enligt höjdattributen och se så att allt ser ut som det är tänkt. Justera höjder vid behov. Glöm inte att spara/stänga ArcScene (och frikoppla datan) för vidare körning i ArcGIS och Geokalkyl.



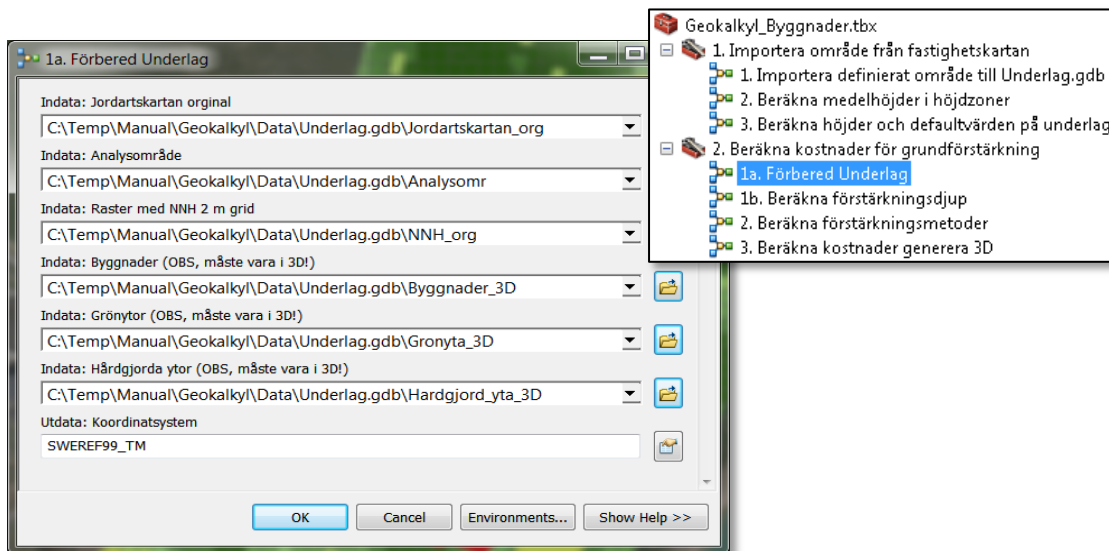
Exempel på underlag och indata som måste förberedas innan körning av Geokalkyl: a) jordarter, b) höjddata, c) planskiss.

BERÄKNINGAR

Följande beräkningar utförs under Block 2 i steg 2:1a, 2:1b, 2:2 och 2:3.

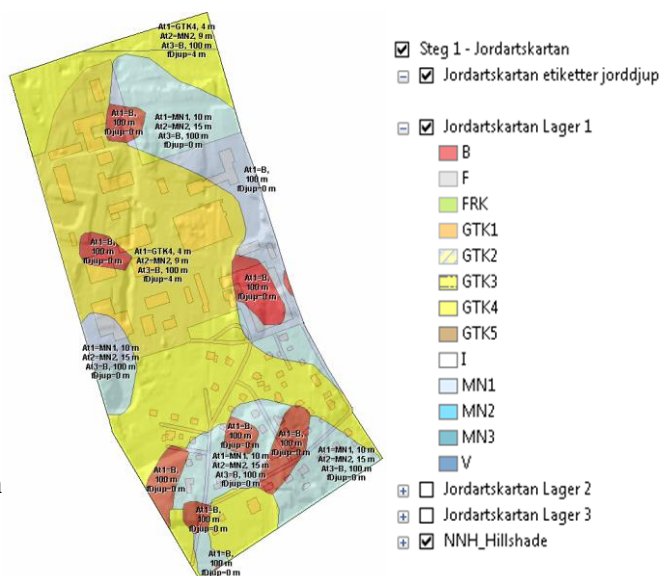
Steg 2:1a – Förbered underlag

I detta steg förbereds underlaget för tolkning av jordartskartan. Öppna verktyget 2:1a. *Förbered Underlag*.



Verktyget är inställt på relativa sökvägar så om inga filer döpts om i *Underlag.gdb* så bör alla sökvägar till underlagen stämma. Om någon inte hittas så peka ut den manuellt. Om annat koordinatsystem än Sweref99 TM används, ändra då Utdata Koordinatsystem, klicka sedan på OK. När verktyget kört klart kan lyrfilen *Steg 1 Jordartskartan.lyr* från mappen Lyrfiler läggas till i kartan.

Tolka jordlagerföljder: Här ska en geotekniker göra sin tolkning av geoteknisk terrängklass och djup för varje jordlager. Vilken klass och defaultdjup som angivits kommer från en klassomvandlingstabell som finns i databasen *Underlag.gdb*. Tabellen översätter jordartskartans namn på en jordart till en klass enligt bilden till höger och sätter ett defaultdjup. Lyrfilen innehåller ett grupplager med 5 lager. De 4 översta lagren (*Jordartskartan etiketter jorddjup*, *Jordartskartan Lager 1*, *Jordartskartan Lager 2*, *Jordartskartan Lager 3*) pekar på samma källa. Det är endast olika attribut från källan som visas.



At1, At2 och At3 som syns som etiketter i kartan är en förkortning för Jordlager 1-3. Etiketterna visar även ifyllt djup för varje jordlager. NNH_Hillshade är en skuggmodell från höjddata som kan vara till stöd vid tolkningen.

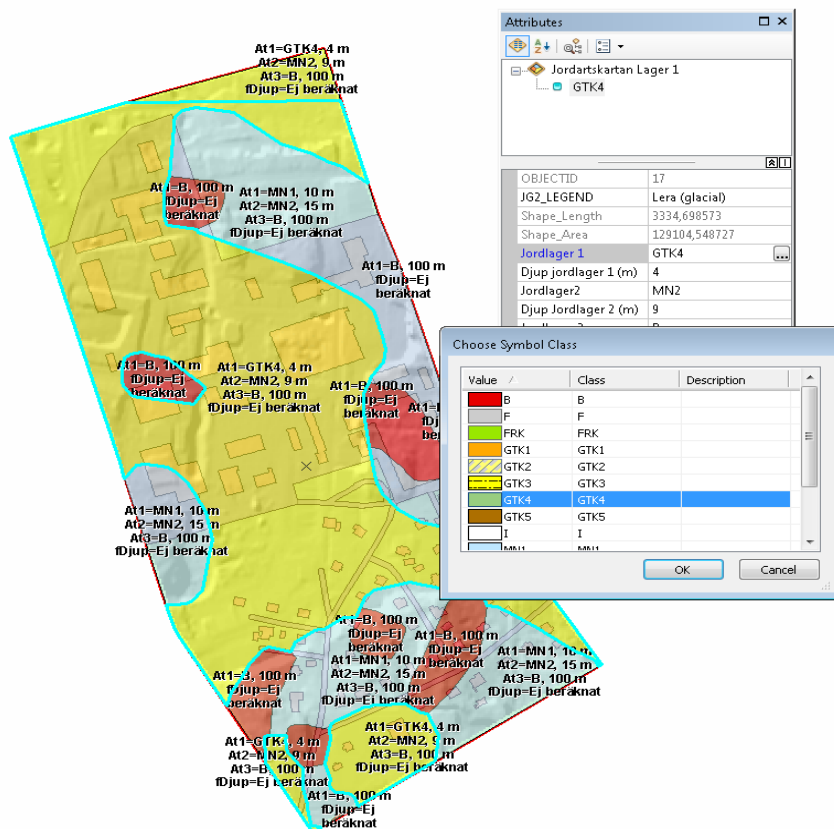


Illustration av eventuell redigering av GTK-klasser mellan Steg 2:1a och 2:1b. Se Tabell 5.2 för beskrivning av GTK-klasser och skillnaden mellan lös- och fast mark.

Följande attribut kan redigeras för varje yta i Jordarterskarta:

Attribut	Beskrivning
JG2_LEGEND	Benämning av översta lagret från jordarterskarta (Ska ej redigeras)
Jordlager 1	Ska tolkas
Djup jordlager 1 (m)	Antal meter ner till lager 2 från befintlig markyta
Jordlager2	Ska tolkas
Djup Jordlager 2 (m)	Antal meter ner till lager 3 från befintlig markyta.
Jordlager 3	Ska tolkas
Djup Jordlager 3 (m)	Antal meter ner som lager 3 sträcker sig (Sätt 100 m om det är berg)
Förstärkningsdjup	Räknas ut med verktyg 2:1b. Beräkna förstärkningsdjup (ska ej redigeras manuellt)

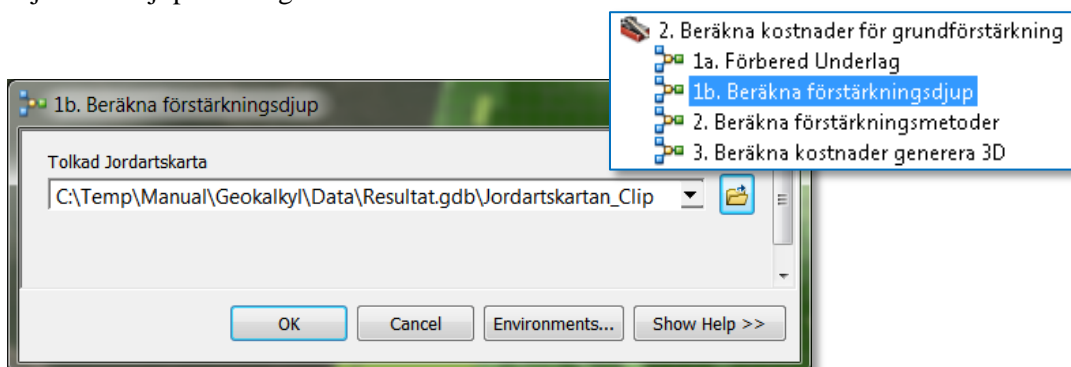
Det är också möjligt att använda klippverktyget för att ange en annan jordlagerföljd i en ursprunglig yta. OBS! Tänk på att Djup jordlager 2 måste vara större än Djup jordlager 1 och Djup jordlager 3 måste vara större än Djup jordlager 2. Inget jordlager skall heller anges under Berg.

Tabell 5.2 Beskrivning av Geotekniska terrängklasser (GTK) och tillhörande symboler.

Marktyp	Geoteknisk terrängklass	Mäktighet	Beskrivning	Symbol
Lös mark	GTK1	<5 m	Älvsediment, silt eller mycket siltig jord i denna klass.	GTK1
	GTK2	5-10 m	MoränLera eller Lera, fast till mycket fast lera. Reducerad skjuvhållfasthet över 60 kPa.	GTK2
	GTK3	10-15 m	Lera--silt (postglacial eller glacial). Lera eller siltig lera med reducerad skjuvhållfasthet över 20 kPa och under 60 kPa.	GTK3
	GTK4	>15 m	Lera--silt (postglacial eller glacial) Lös lera eller sulfidjord. Reducerad skjuvhållfasthet under 20 kPa.	GTK4
	GTK5		Torv (kärr eller ospecificerat) och organisk jord.	GTK5
Fast mark	FRK		Gravitationsjord, sand--block (postglacial eller ospecificerat), flygsand, sten--block (glacial eller postglacial), isälvsediment, sand--block, talus.	FRK
	MN1		Morän, siltmorän, siltig Morän	MN1
	MN2		Morän, sandig eller siltig sandig morän	MN2
	MN3		Morän, sandig eller morän ospecificerat, bottenmorän, mkt blockig morän, blockjord.	MN3
	B		Urberg eller ospecificerat berg.	B
	F		Fyllning	F
	V		Vatten	V
	I		Is	I

Steg 2:1b – Beräkna förstärkningsdjup

När tolkningen av jordlagerföljderna är klar så ska verktyget *2:1b. Beräkna förstärkningsdjup* köras. Det tar oftast bara någon sekund och räknar ut förstärkningsdjupet med hjälp av de jordlagerföljder och djup som angivits.



Även detta verktyg har relativa sökvägar så det ska bara vara att klicka på OK (för att informationen ska framträda/uppdateras, gör en kort panorering i kartan).

The screenshot shows a GIS interface with a soil map. The 'Attributes' window displays the following data for the selected feature (OBJECTID 14):

OBJECTID	14
JG2_LEGEND	Lera (glacial)
Shape_Length	439,750565
Shape_Area	5282,151781
Jordlager 1	GTK4
Djup jordlager 1 (m)	4
Jordlager2	MN2
Djup Jordlager 2 (m)	9
Jordlager 3	B
Djup Jordlager 3 (m)	100
Förstärkningsdjup	4
Shape_Leng	74584,095133

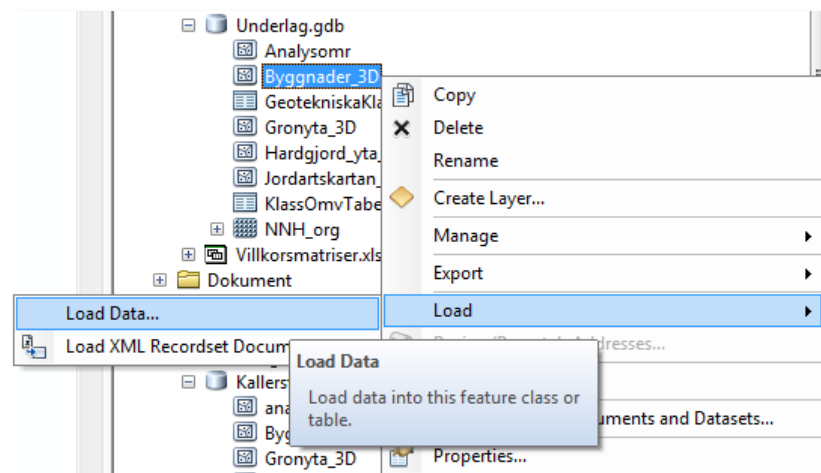
The 'Table' window shows the following data for the selected feature (OBJECTID 14):

OBJECTID	Shape	JG2_LEGEND	Shape_Length	Shape_Area	Jordlag	Djup Jo	Jordlag	Djup Jo	Jordlag	Djup Jord	Förstärkningsdjup	Shape Leng
1	Polygon	Berg, urberg eller ospec.	60,031174	20,490566	B	100	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	0	658,478941
2	Polygon	Berg, urberg eller ospec.	207,620573	2774,4375	B	100	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	0	207,620573
3	Polygon	Berg, urberg eller ospec.	162,083462	1884,96875	B	100	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	0	162,083462
4	Polygon	Berg, urberg eller ospec.	64,073429	71,991752	B	100	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	0	197,231913
5	Polygon	Morän, sandig eller morän o	686,728415	12517,71875	MN1	10	MN2	15	B	100	0	686,728415
6	Polygon	Berg, urberg eller ospec.	282,010917	4608,5625	B	100	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	0	282,010917
7	Polygon	Berg, urberg eller ospec.	143,387912	1487,890625	B	100	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	0	143,387912
8	Polygon	Morän, sandig eller morän o	1515,448636	34433,755946	MN1	10	MN2	15	B	100	0	2025,133484
9	Polygon	Berg, urberg eller ospec.	88,766049	189,708142	B	100	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	0	205,376695
10	Polygon	Berg, urberg eller ospec.	309,916532	4941,1875	B	100	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	0	309,916532
11	Polygon	Morän, sandig eller morän o	192,170547	1819,026594	MN1	10	MN2	15	B	100	0	193,500781
12	Polygon	Berg, urberg eller ospec.	188,008123	2493,53125	B	100	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	0	188,008123
13	Polygon	Morän, sandig eller morän o	360,050928	7347,08651	MN1	10	MN2	15	B	100	0	819,052405
14	Polygon	Lera (glacial)	439,750565	5282,151781	GTK4	4	MN2	9	B	100	4	74584,095133
15	Polygon	Morän, sandig eller morän o	478,602951	10505,218428	MN1	10	MN2	15	B	100	0	1866,958154
16	Polygon	Berg, urberg eller ospec.	284,746938	3502,195631	B	100	<Null>	<Null>	<Null>	<Null>	0	356,800601
17	Polygon	Lera (glacial)	3334,698573	129104,64872	GTK4	4	MN2	9	B	100	4	44650,93836

Verifiera i kartan att förstärkningsdjupen är rimliga och tolka om vid behov och kör verktyg 2:1b. Beräkna förstärkningsdjup igen tills du är nöjd och gå sedan vidare till Steg 2:2.

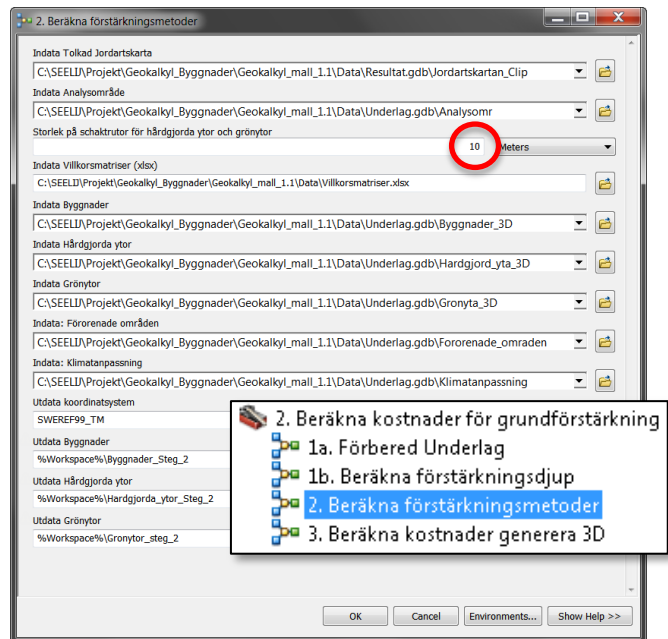
Steg 2:2 – Beräkna förstärkningsmetoder

Nästa steg är att räkna ut förstärkningsmetoder. Verktyget kommer då att använda sig av villkorsmatriserna som finns för byggnader och hårdgjorda ytor i excelarket *Villkormatriser.xlsx* som ligger i katalogen *Data*. Om man vill går dessa att redigera innan verktyget för Steg 2:2 körs.



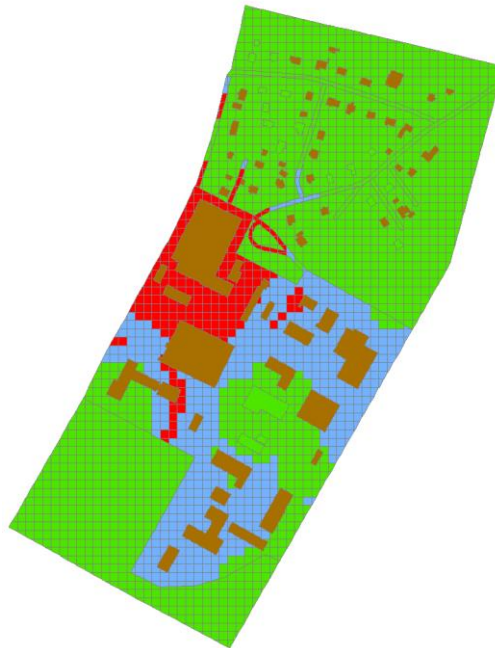
Exempel på villkormatris för GTK1, Silt ur Excelbladet Villkormatriser.xlsx.

Eftersom relativa sökvägar används så behöver man eventuellt bara ändra på två inparametrar, *Storlek på schaktrutor* och *Utdata koordinatsystem*. Eftersom förstärkningsbehovet ofta varierar inom större ytor och för att schakt och fyllning inte ska bli för grovt beräknat delar modellen in grönytor och hårdgjorda ytor i schaktrutor. För varje sådan ruta beräknas ett medelvärde på befintlig höjd utifrån höjddata rakt under/över rutan. För att få ett noggrannare resultat kan man minska storleken på rutorna, 10 m är default. Tänk dock på att det tar betydligt längre tid att köra verktyget om ett lågt värde anges. Rutor mindre än 5x5 m rekommenderas ej. När alla parametrar är ifyllda så klicka på OK.

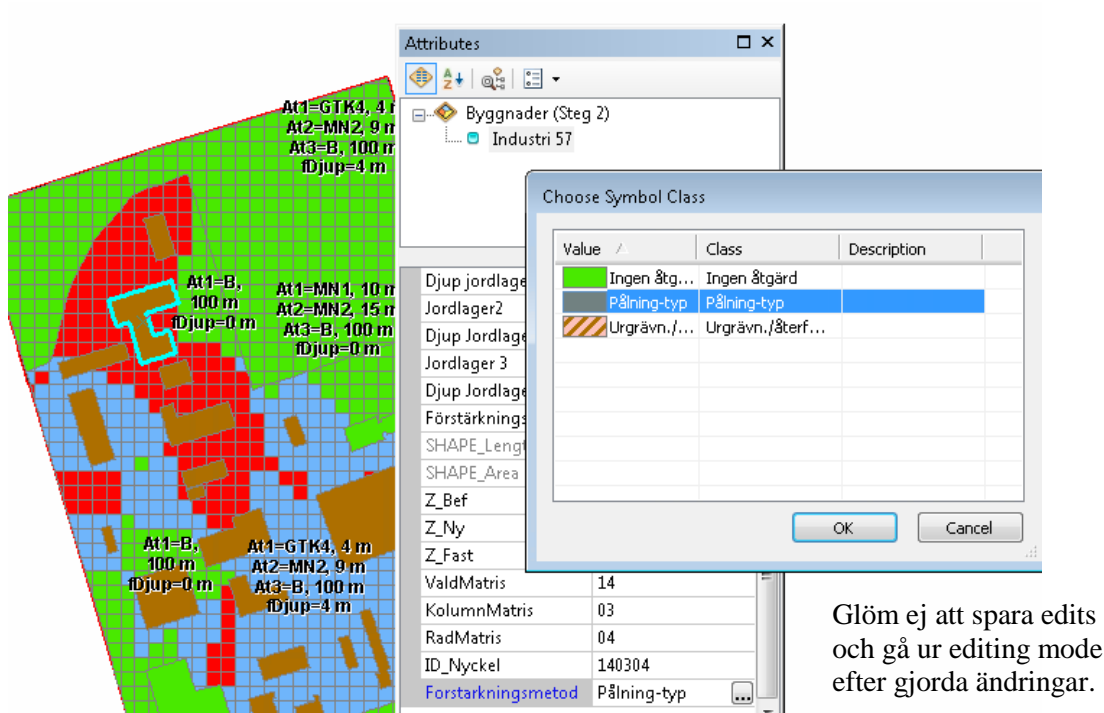


När verktyget körts klart kan lyrfilen *Steg 2 - Förstärkningsmetod.lyr* läggas till i kartdokumentet. Ungefär så här kan kartan se ut.

- Steg 2 - Förstärkningsmetod
 - Byggnader (Steg 2)
 - Förstärkningsmetod
 - Ingen åtgärd
 - Pålnings-typ
 - Urgrävn./återfylln.
 - Hårdgjorda ytor (Steg 2)
 - Förstärkningsmetod
 - Ingen åtgärd
 - Förbelastning
 - KC-pelare
 - Pålnings-typ
 - Urgrävn./återfylln.
 - Grönytor (Steg 2)
 -



Vid behov kan geoteknikern nu gå in och redigera föreslagen förstärkningsmetod. Tänk dock på att kontrollera attributen för byggnaden/hårdgjorda ytan så att inte en orimlig metod för platsen anges.

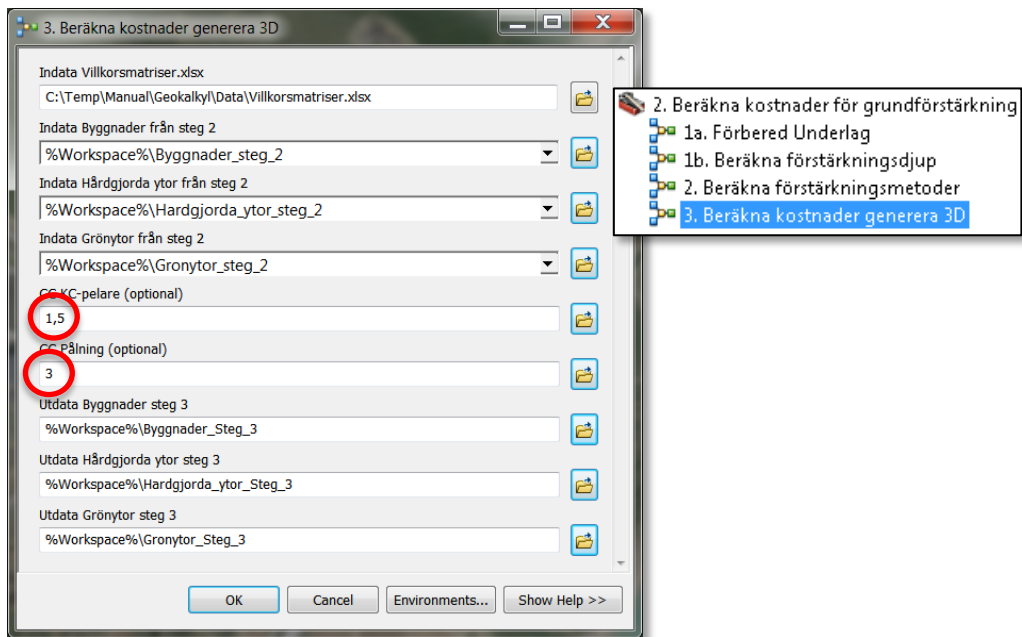


Steg 2:3 – Beräkna kostnader

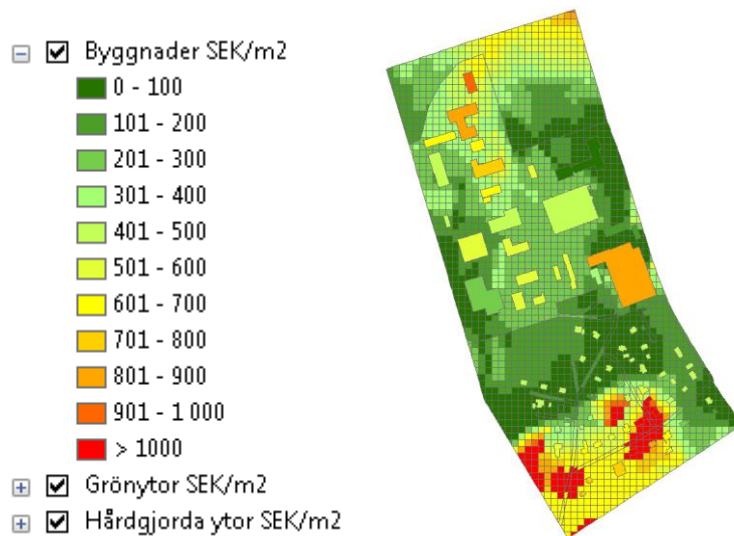
I steg 2:3 beräknas kostnaderna för schakt/fyllning och grundförstärkning. Datat förbereds även för presentation i 3D, å-priser för schakt/fyllning och förstärkningsmetoder hämtas från fliken *Inparametrar* i kalkylbladet *Villkorsmatriser.xlsx* i katalogen *Data*. Dessa kan justeras innan verktyget körs.

Om kostnaden för åtgärd av förorenade områden och klimatanpassningsåtgärder matades in för några områden i underlagsdatabasen kommer dessa här att fördelas ut på de byggnader och områden som tangeras av dessa.

Starta verktyg 2:3 och justera vid behov centrum-centrum måtten på pålar och KC-pelare. Klicka sedan på OK.



När verktyget körts klart kan lyrfilen *Steg 3 - Kostnad SEK_m2 (2D).lyr* läggas till i kartdokumentet. Den visar kostnad SEK/m² för alla ytor med en färgskala (grön-gul-röd) där grönt är en låg och rött är en hög kostnad. Ungefär så här kan kartan se ut i 2D i ArcMap:



Resultatet av Geokalkyl visar beräknad totalkostnad (SEK/m²) för respektive objekt (byggnader, hårdgjorda ytor och grönytor).

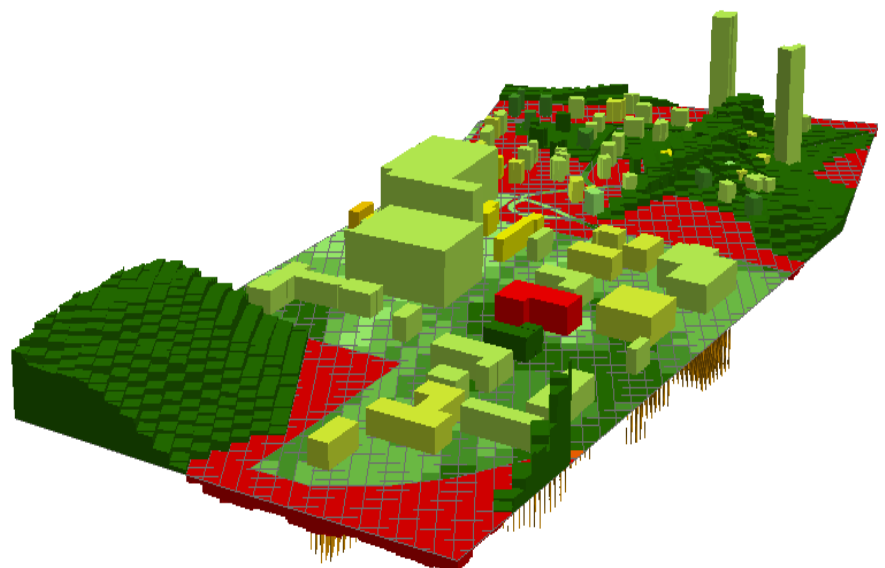
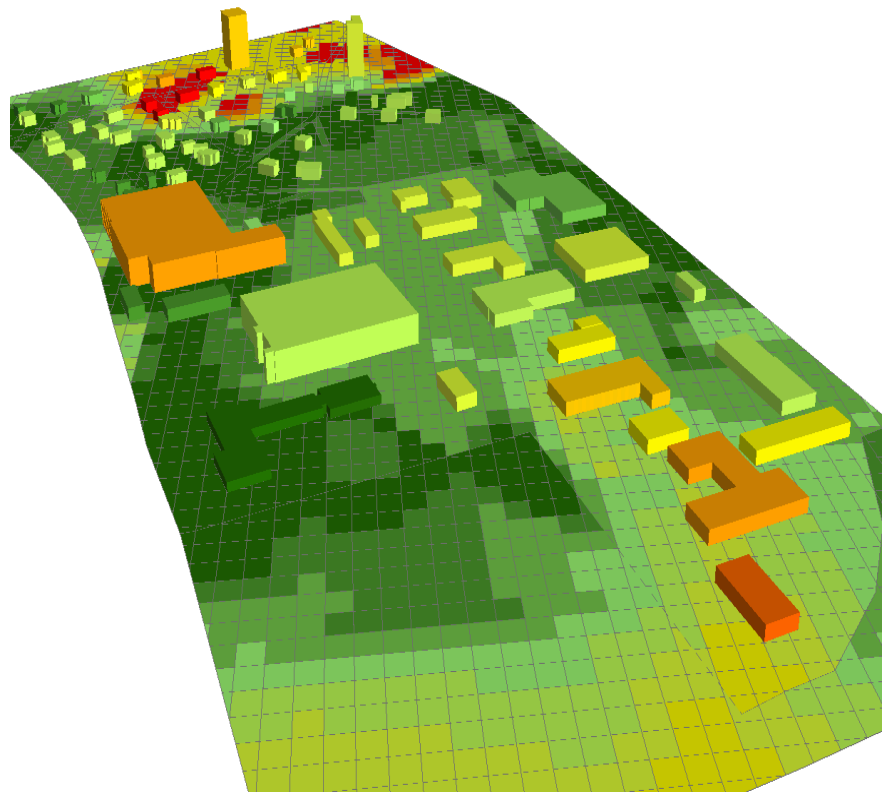
5.3 Redovisning

Resultatet presenteras överskådligt i både kartform (2D eller 3D) och som Excel-rapport. I följande stycken illustreras exempel på *utdata*, både som *grafik* och *text*.

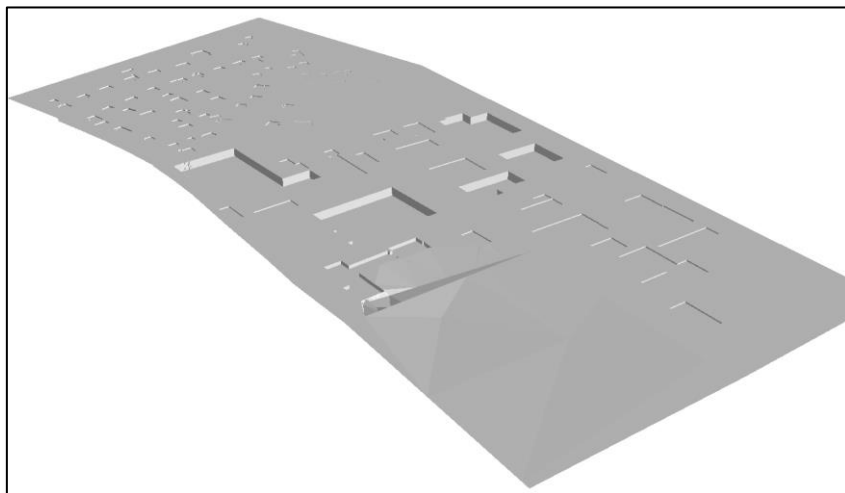
5.3.1 Utdata – grafik

När Steg 2:3 körts klart är det även möjligt att titta på resultatet i 3D. I mappen Lyrfiler finns lyrfiler som går att dra in i ett eget dokument, men det finns även ett förberett kartdokument som heter Geokalkyl_3D.sxd. Nedan (tv) visas vilka lager som finns i kartdokumentet och ett par exempel på hur det kan redovisas i ArcScene. På följande sidor ges ytterligare exempel på grafisk presentation av resultatet.

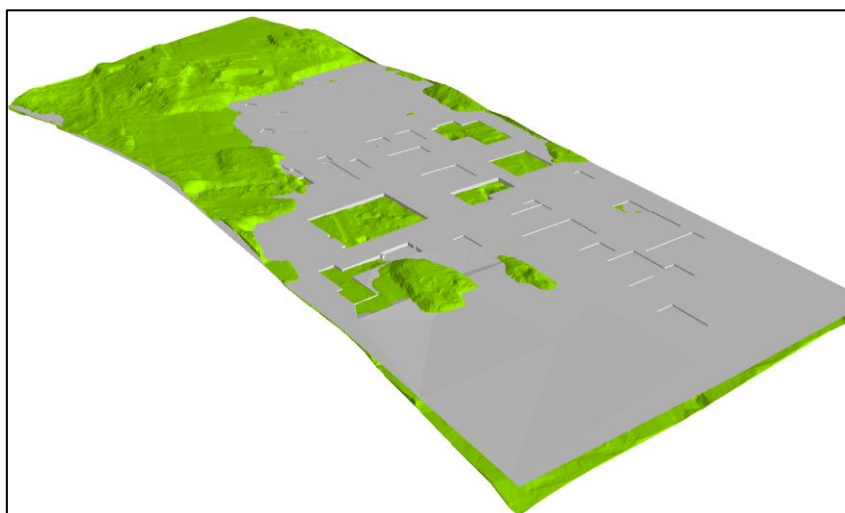
- Steg 3 - 3D Kostnad Sek/m2
 - Byggnader SEK/m2
 - 0 - 100
 - 101 - 200
 - 201 - 300
 - 301 - 400
 - 401 - 500
 - 501 - 600
 - 601 - 700
 - 701 - 800
 - 801 - 900
 - 901 - 1.000
 - > 1000
 - Grönytor SEK/m2
 - Hårdgjorda ytor SEK/m2
- Steg 3 - 3D Hårdgjorda ytor
 - Hårdgjorda ytor KC-pelare
 - Hårdgjorda ytor Pålär
 - Hårdgjorda ytor Förbelastning
 - Hårdgjorda ytor Schakt
 - Hårdgjorda ytor Fyll
 - Hårdgjorda ytor Schakt F
 - Hårdgjorda ytor Fyll F
- Steg 3 - 3D Grönytor
 - Grönytor Schakt
 - Grönytor Fyll
- Steg 3 - 3D Byggnader
 - Byggnader Pålär
 - Byggnader Schakt
 - Byggnader Fyll
 - Byggnader Schakt F
 - Byggnader Fyll F
- Steg 3 - 3D Triangelmodeller
 - Nivå Ny (projekterad)
 - Nivå Förbelastning (Bef +1 m)
 - Nivå Befintlig
 - Nivå Fast mark
 - Nivå Pålning (Fast -3 m)



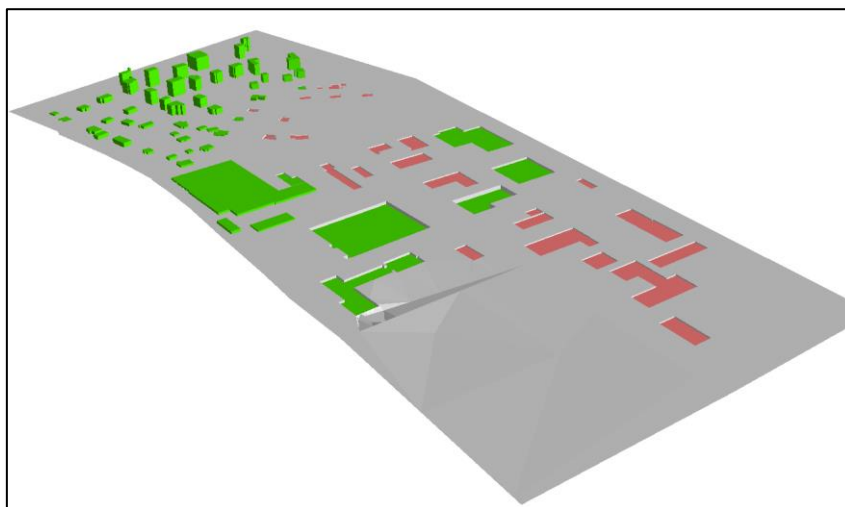
Följande är exempel på detaljerad grafik – visualisering av successiv lagerföljd i BIM-miljö:



Projekterad nivå.

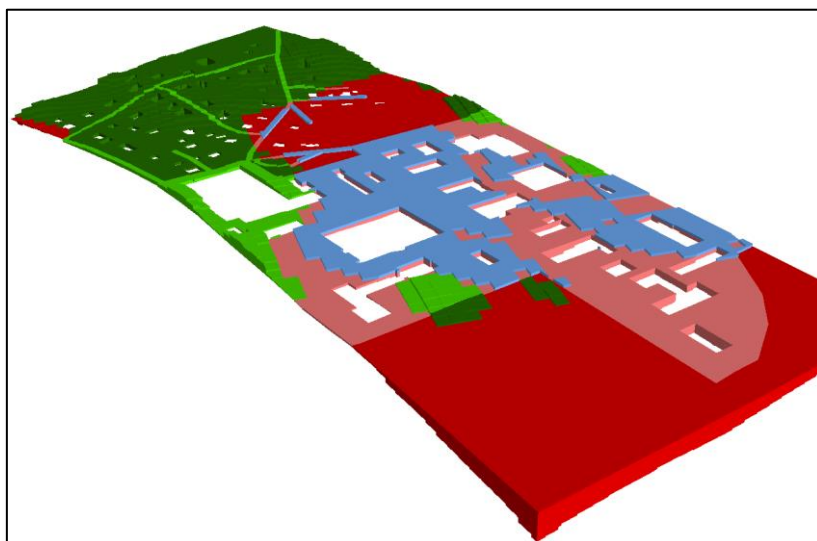


Utgångsnivå och projekterad nivå.



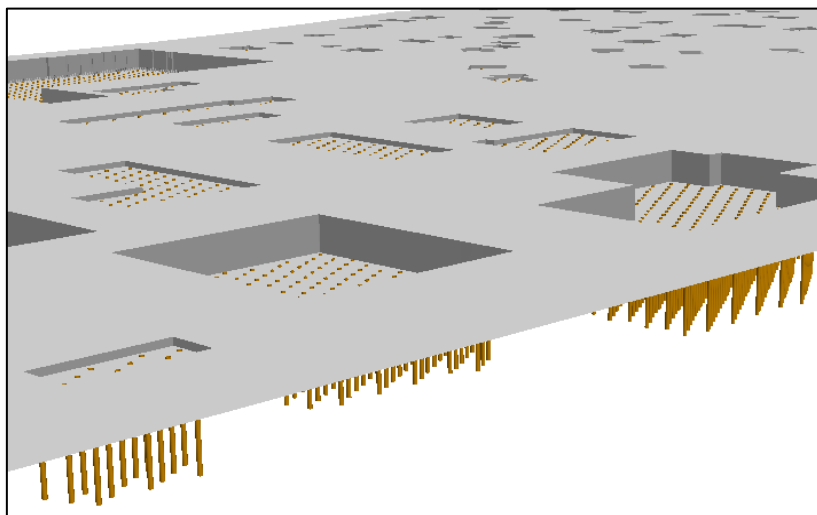
- Byggnader Schakt
- Byggnader Fyll

Projekterad nivå samt schakt och fyllning för byggnader.

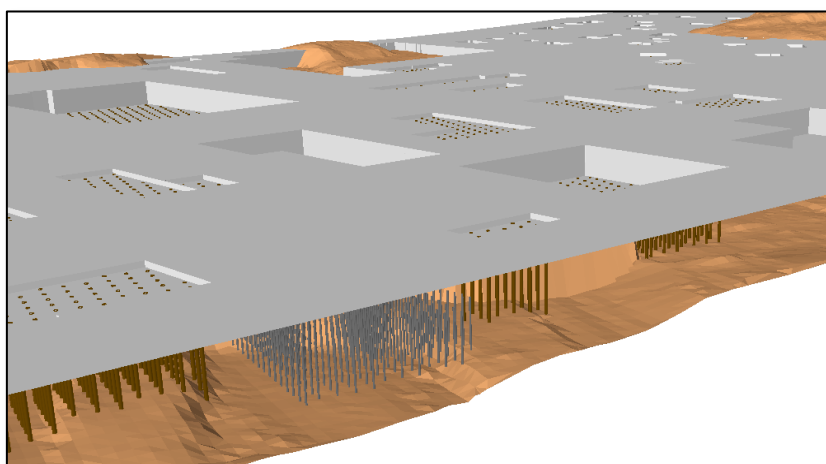


- Hårdgjorda ytor Förbelastning
- Hårdgjorda ytor Schakt
- Hårdgjorda ytor Fyll
- Hårdgjorda ytor Schakt F
- Hårdgjorda ytor Fyll F
- Steg 3 - 3D Grönytor
- Grönytor Schakt
- Grönytor Fyll

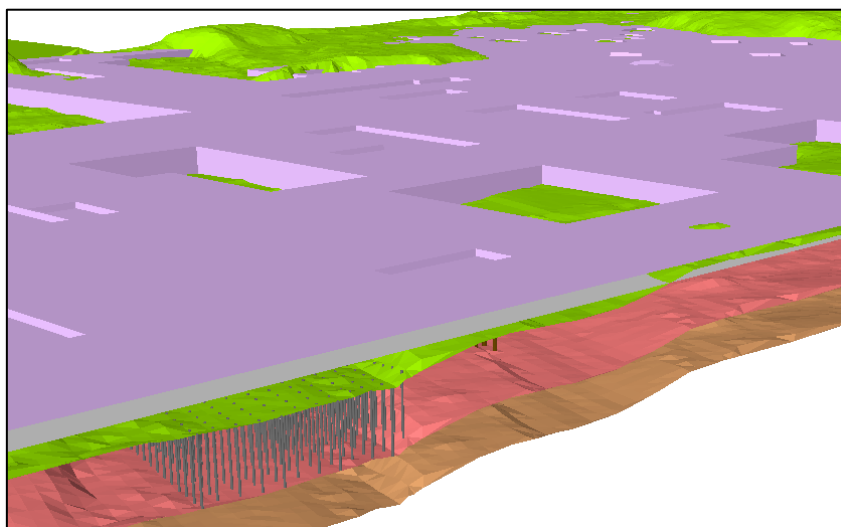
Schakt och fyllning för övriga ytor samt förbelastning.



Projekterad nivå och pålar.

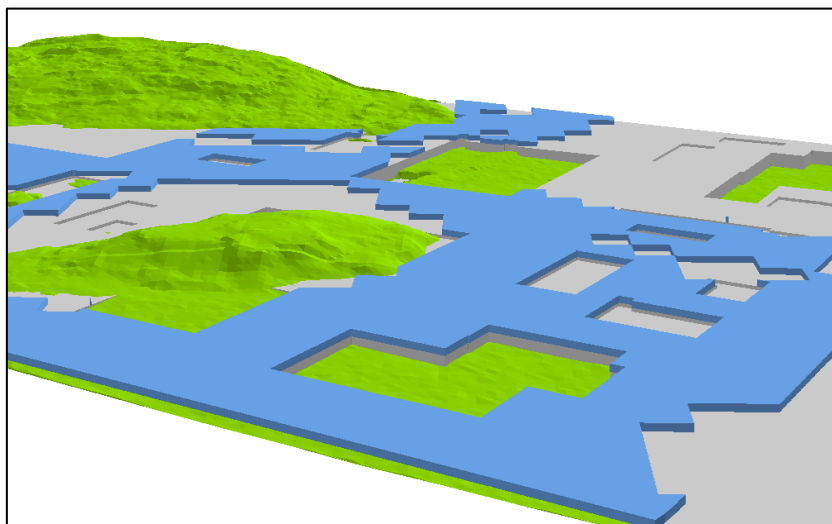


Pålar (bruna), KC-pelare (grå), projekterad nivå (grå ök) och nedre nivå för pålar.

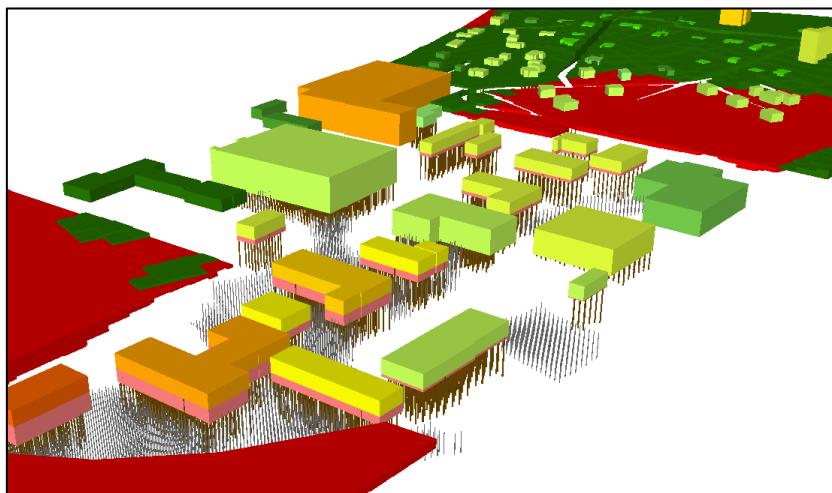


- Steg 3 - 3D Triangelmodeller
- Nivå Ny (projekterad)
- Nivå Förbelastning (Bef +1 m)
- Nivå Befintlig
- Nivå Fast mark
- Nivå Pållning (Fast -3 m)

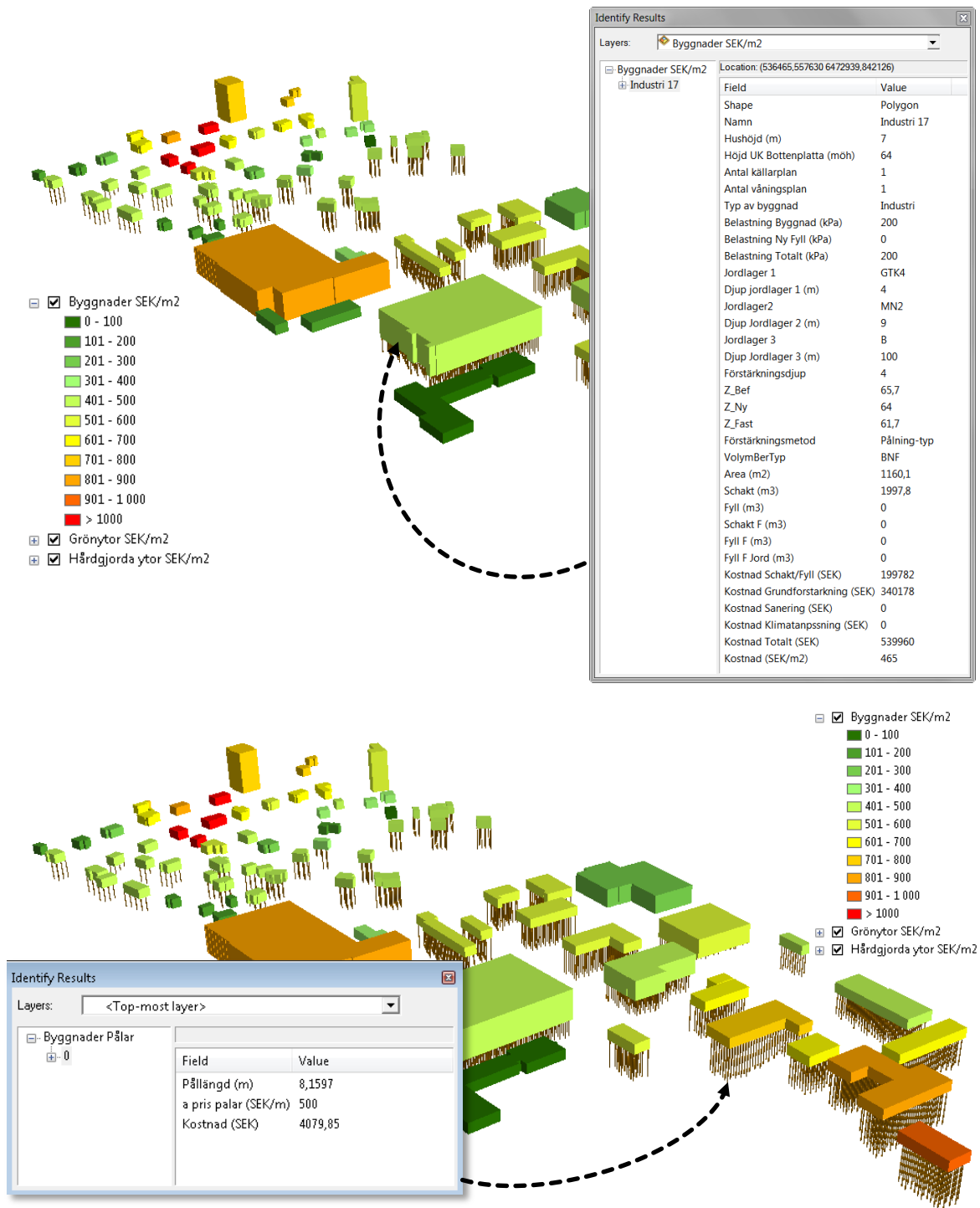
Exempel på variationer av triangelmodeller.



Förbelastning, projekterad och befintlig nivå.



Kombinera, visualisera, exportera och harmonisera för effektivt nyttjande i BIM.



Pålning – byggnader, identifiera objekt och kostnad.

Med identifieringsverktyget kan man direkt peka på ett objekt och få fram information, bl.a. objekttyp, eventuellt namn, om grundläggning kräver schakt eller fyllning, uppdelade kostnader och totalkostnad. Här ser man även om objektet är föremål för eventuella klimatanpassnings- eller saneringsåtgärder.

Geokalkyl byggnader för Grönköping	
Summering kostnader (SEK)	
Kostnad Schakt/Fyll (SEK)	7 164 492
Kostnad Grundförstärkning (SEK)	2 813 904
Kostnad Klimatanpassning (SEK)	951 922
Kostnad Sanering (SEK)	1 848 991
Total kostnad (SEK)	12 779 310
Summering massor (m²)	
Summa Schakt (m ²) (tf)	21 853
Summa Fyll (m ²)	5 032
Summa Schakt förstärkning (m ²) (tf)	0
Summa Fyll förstärkning (m ²)	0

Detaljinformation för de olika objekten hittas under flikarna för respektive skikt (Sammanställning, Byggnader, Hårdgjorda ytor, Grönytor).

	Antal källarplan	Antal våningsplan	Schakt (m3)	Fyll (m3)	Schakt förstärkning (m3)	Fyll förstärkning (m3)	Fyll förstärkning Jord (m3)	Kostnad Schakt/Fyll (SEK)	Kostnad grundförstärkning (m3)	Kostnad Klimatanpassning (SEK)	Kostnad Sanering (SEK)	Total Kostnad (SEK)
Villa 8												
Ingen åtgärd	0	5	1 052	0	0	0	0	105 195	0	0	0	105 195
Villa 80												
Pålning-typ	0	1	104	0	0	0	0	10 363	17 202	0	0	27 565
Villa 81												
Ingen åtgärd	0	1	39	0	0	0	0	3 918	0	0	0	3 918
Villa 82												
Pålning-typ	0	1	0	4	0	0	0	416	24 506	0	0	24 923
Villa 83												
Ingen åtgärd	0	1	168	0	0	0	0	16 824	0	0	0	16 824
Villa 84												
Pålning-typ	0	1	68	0	0	0	0	6 789	18 388	0	0	25 177
Villa 85												
Pålning-typ	0	1	56	0	0	0	0	5 601	29 564	0	0	35 165
Villa 9												
Ingen åtgärd	0	1	46	0	0	0	0	4 598	0	0	0	4 598
(tom)												
(tom)												
Totalsumma	5	93	61 845	12 616	0	0	0	10 048 018	6 348 891	0	0	16 396 909

Exempel på hur fliken Byggnader kan se ut.

	Schakt (m3)	Fyll (m3)	Schakt förstärkning (m3)	Fyll förstärkning (m3)	Kostnad Schakt/Fyll (SEK)	Kostnad Grundförstärkning (SEK)	Kostnad Klimatanpassning (SEK)	Kostnad Sanering (SEK)	Kostnad Totalt (SEK)
Radetiketter									
KC-pelare	0	5	0	0	508	1 387	0	0	1 896
Väg 5									
Förbelastning	0	0	0	0	7	23	0	0	30
KC-pelare	0	198	0	0	19 756	34 356	0	0	54 112
Väg 6									
Förbelastning	0	8	0	0	753	2 022	0	0	2 775
Ingen åtgärd	270	37	0	0	32 521	0	0	0	32 521
Väg 7									
Förbelastning	0	5	0	0	505	1 062	0	0	1 567
Ingen åtgärd	11	3	0	0	1 385	0	0	0	1 385
KC-pelare	0	196	0	0	19 604	36 375	0	0	55 979
Väg 8									
Förbelastning	0	39	0	0	3 883	10 749	0	0	14 632
Ingen åtgärd	277	2	0	0	27 943	0	0	0	27 943
KC-pelare	0	418	0	0	41 763	57 133	0	0	98 895
(tom)									
(tom)									
Totalsumma	26 498	100 842	0	0	13 351 573	7 255 993	0	0	20 607 566

Exempel på hur fliken Hårdgjorda ytor kan se ut.

Radetiketter	Schakt (m3)	Fyll (m3)	Kostnad Schakt/Fyll (SEK)	Kostnad Klimatanpassning (SEK)	Kostnad Sanering (SEK)	Total Kostnad (SEK)
Grönyta 1	49 710	21 184	9 337 994	0	0	9 337 994
Grönyta 2	40 192	603	5 388 066	0	0	5 388 066
Grönyta 3	22 585	34	3 033 215	0	0	3 033 215
Grönyta 4	716	1 280	199 585	0	0	199 585
Grönyta 5	239	152	39 137	0	0	39 137
Grönyta 6	801	116 202	11 700 297	0	0	11 700 297
Grönyta 7	100 241	226	11 546 922	0	0	11 546 922
(tom)						
Totalsumma	214 485	139 680	41 245 216	0	0	41 245 216

Exempel på hur fliken för Grönytor kan se ut.

5.4 Plattform för information och tillgång till Geokalkyl

På SGI:s webbplats, www.swedgeo.se/geokalkyl, finns möjlighet till nedladdning av verktyget Geokalkyl och tillhörande dokumentation. Här kommer även exempeldata och kontaktinformation finnas tillgänglig.

6. Geotekniska faktorer som kan påverka geokalkylen

6.1 Inledning

Geokalkyl ger förslag på lämplig förstärkningsmetod. Förslaget baseras på en bedömd risk för sättningar utifrån den tolkning av jordartskartan som görs, angivna laster från byggnader samt beräknad last från ny fyllningsjord. En mer detaljerad bedömning av sättningarna kan göras enligt Avsnitt 6.2 och resultatet kan användas för att uppskatta om systemet valt rätt förstärkningsmetod i förhållande till den beräknade sättningen.

För att få en mer heltäckande kostnadsbild behöver även andra geotekniska riskfaktorer som kan påverka kalkylen bedömas, såsom släntstabilitet, bärighet, problem relaterande till grundvatten/ytvatten/tjäle samt omgivningspåverkan.

Alla faktorer som har stor kostnadspåverkan bör identifieras och beaktas i samband med upprättandet av Geokalkyl. Kostnader som inte bedöms automatisk av systemet kan specificeras och hanteras under ”övriga kostnader”.

Som stöd för en samlad bedömning av de geotekniskt relaterade kostnaderna kan information från olika geotekniska underlag värderas och användas. I Bilaga 2 finns en checklista som kan användas för att underlätta hantering och bedömning av det geotekniska underlaget. Checklistan är inte fullständig utan måste anpassas till varje specifikt projekt.

6.2 Sättningar

Sättningar i marken under byggnader och markytor kan grovt uppskattas genom Ekv. 6-1.

$$\delta = \frac{h \cdot \Delta\sigma}{M} \quad \text{Ekv. 6-1}$$

där

δ [m]	= sättning
h [m]	= jordlagertjocklek
$\Delta\sigma$ [kPa]	= tillskottsspänning i jordlagret från exempelvis huslast
M [kPa]	= sättningsmodul

Om sättningarna genom den grova uppskattningen inte bedöms som acceptabla kan (om tillräckligt detaljerat geotekniskt underlag finns tillgängligt) en noggrannare uppskattning av sättningar i marken utföras. Som stöd för uppskattning av sättningar och sättningsförlopp kan bl.a. följande litteratur användas:

- *Tillämpningsdokument, EN 1997-1 Kapitel 6, Plattgrundläggning, Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik, IEG, Rapport 7:2008, Stockholm. (IEG 2010b)*
- *Plattgrundläggning, Statens geotekniska institut/Svensk Byggtjänst, Stockholm. (Bergdahl et al. 1993)*
- *Handboken Bygg: Geoteknik, LiberFörlag, Stockholm. (Handboken Bygg 1984)*

Enkla överslagsberäkningar kan utföras för hand eller med datorprogram som Embanko, GeoSuite, Plaxis med flera.

Geokalkyl ger förslag på lämplig förstärkningsmetod utifrån bedömd risk för sättningar baserade på tolkning av jordartskartan, angivna laster från byggnader samt beräknad last från ny fyllningsjord. Sättningsberäkningar enligt detta avsnitt kan ge en bättre bild av de verkliga förutsättningarna och därmed även ett bättre underlag för bedömning av lämplig förstärkningsmetod. Om storleken på sättningarna inte bedöms som acceptabla när de uppskattats med för projektet lämplig detaljeringsgrad kan exempelvis följande åtgärder övervägas för att minska storleken på de uppskattade sättningarna:

- Omplacering av byggnader och anläggningar på fastare jord
- Förändring av höjdsättning för att minska belastning på befintliga jordlager
- Minskning av grundtryck genom att konstruera större grundplattor
- Packning av lösa jordlager
- Byggnader kan grundförstärkas genom exempelvis urgrävning av lös jord, pålning eller lättfyllning. Jämför med vad Geokalkyl eventuellt valt för åtgärd.
- Hårdgjorda ytor kan förstärkas med exempelvis KC-pelare, förbelastning, vertikaldränering eller lättfyllning. Jämför med vad Geokalkyl eventuellt valt för åtgärd.

Resultatet från sättningsberäkningar enligt detta avsnitt kan användas för att uppskatta om systemet valt rätt förstärkningsmetod eller om annan metod bör väljas. Det går i Geokalkyl att manuellt välja annan åtgärd än den åtgärd som anges som default.

6.3 Släntstabilitet

När släntstabilitet bedöms inom området behöver såväl risken för skred, ras, slamströmmar som blocknedfall inkluderas. Risken för stabilitetsproblem bör beaktas för både befintliga och kommande förhållanden. Genom en förenkling av direktmetoden (Janbu 1954) i Ekvation 6-2 kan säkerhetsfaktorn mot släntbrott grovt uppskattas (antaget odränerat brott med stort djup till fast botten under släntfot).

$$SF = \frac{5,5 \cdot c_u}{P} \quad \text{Ekv. 6-2}$$

där

SF [-]	= säkerhetsfaktor
5,5 [-]	= stabilitetsstal (geometrisk formfaktor för slänten)
c_u [kPa]	= medelskjuvhållfasthet längs glidytan
P [kPa]	= pådrivande tryck

Om stabiliteten genom den grova uppskattningen inte bedöms som tillfredställande kan (om tillräckligt detaljerat geotekniskt underlag finns tillgängligt) en noggrannare bedömning av släntstabiliteten utföras. Som stöd för bedömning av släntstabilitet kan bl.a. följande litteratur användas:

- *Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar, Vägledning för tillämpning Skredkommissions rapporter 3:95 och 2:96 (delar av)*, Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik, IEG, Rapport 4:2010, Stockholm. (IEG 2010a)

- *Tillämpningsdokument, EN 1997-1 Kapitel 11 och 12, Slänter och bankar*, Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik, IEG, Rapport 6:2008, Rev 1, Version 2010, Stockholm. (IEG 2008)
- *Anvisningar för stabilitetsutredningar*, Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA, Skredkommissionen, Rapport 3:95, Linköping. (Skredkommissionen 1995)
- *Handboken Bygg: Geoteknik*, Liberförlag, Stockholm. (Handboken Bygg 1984)

Enkla överslagsberäkningar kan utföras för hand eller med datorprogram som GeoSuite, SLOPE/W m.fl.

Om säkerhetsfaktorn inte bedöms som tillfredställande när den uppskattats med för projektet lämplig detaljeringsgrad kan exempelvis följande åtgärder övervägas för att öka säkerheten mot släntstabilitetsbrott:

- Förändra utformning och placering av byggnader och anläggningar
- Förändra höjdsättning av byggnader och anläggningar
- Avlasta jorden genom lättfyllning eller avschaktning
- Stödfyllning
- Nedföra aktuella laster till fastare jordlager genom exempelvis pålar eller KC-pelare. Jämför med vad Geokalkyl eventuellt valt för åtgärd.

Utförandet av nämnda åtgärder fränsett de sistnämnda inkluderas inte i Geokalkylsystemets prisberäkning och bör kostnadsuppskattas och inkluderas under "Övriga kostnader" i de fall de av användaren bedöms vara aktuella.

6.4 Bärighet

Markens bärighet under byggnader kan för en lera grovt uppskattas genom en förenkling av allmänna bärighetsekvationen, Ekvation 6-3 .

$$q_b = 5 \cdot c_u + q_0 \quad \text{Ekv. 6-3}$$

där

q_b [kPa]	= markens bärighet
c_u [kPa]	= jordens odränerade skjuvhållfasthet
q_0 [kPa]	= överlagringstryck på grundläggningsnivån

Om bärigheten genom den grova uppskattningen inte bedöms som acceptabel kan (om tillräckligt detaljerat geotekniskt underlag finns tillgängligt) en noggrannare uppskattning av bärigheten i marken utföras. Som stöd för uppskattning av bärigheten kan bl.a. följande litteratur användas:

- *Tillämpningsdokument, EN 1997-1 Kapitel 6, Plattgrundläggning*, Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik, IEG, Rapport 7:2008, Stockholm. (IEG 2010b)
- *Plattgrundläggning*, Statens geotekniska institut/Svensk Byggtjänst, Stockholm. (Bergdahl et al. 1993)

Enkla överslagsberäkningar kan utföras för hand. Om bärigheten inte bedöms som tillfredställande när den uppskattats med för projektet lämplig detaljeringsgrad kan exempelvis följande åtgärder övervägas för att öka bärigheten:

- Omplacering av byggnader
- Minska grundtryck från konstruktioner genom att öka plattstorleken
- Sänka grundläggningsnivån
- Utskiftning av lösa jordlager
- Föra ner aktuella laster genom pålning. Jämför med vad Geokalkyl eventuellt valt för åtgärd.

Utförandet av nämnda åtgärder fränsett eventuell pålning inkluderas inte i Geokalkyls prisberäkning och bör kostnadsuppskattas och inkluderas under ”Övriga kostnader” i de fall de av användaren bedöms vara aktuella.

6.5 Grundvatten, ytvatten och tjäle

Geotekniska problemställningar relaterade till grundvatten, ytvatten och tjäle bör beaktas och i förekommande fall hanteras för att undvika:

- Erosion av schaktslänter och naturliga slänter
- Att konstruktionen lyfts upp av vattentrycket
- Uppluckring eller upptryckning av schaktbotten/terrassyta
- Tjälskador på byggnader och anläggningar

För att undvika problem relaterade till vatten kan exempelvis följande åtgärder vidtas:

- Länshållning/grundvattensänkning anpassad för det aktuella projektet
- Anpassa placering och utformning av byggnader och anläggningar till förekommande problem
- Utförande av erosionsskydd i schaktslänter och naturliga slänter
- Konstruktioner säkras mot upplyft genom exempelvis bergförankring eller tyngre konstruktion
- Konstruktionen/anläggningen dimensioneras mot tjälskador genom tjälisolering eller djupare grundläggning
- Utförande av tät spont för att hantera grundvatten i schaktgropen

Utförandet av nämnda åtgärder inkluderas inte i Geokalkylsystemets prisberäkning och bör kostnadsuppskattas och inkluderas under ”Övriga kostnader” i de fall de av användaren bedöms vara aktuella.

Nämnda problemställningar och åtgärder finns mer utförligt beskrivna i exempelvis följande litteratur:

- *Tillämpningsdokument, Hantering av vatten, Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik, IEG, Rapport 8:2010, Stockholm. (IEG 2010c)*
- *Länshållning vid schaktningsarbeten, Utgåva 5, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping. (Statens geotekniska institut 2009)*
- *Tillämpningsdokument, EN 1997-1 Kapitel 6, Plattgrundläggning, Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik, IEG, Rapport 7:2008. (IEG 2010b)*
- *Plattgrundläggning, Statens geotekniska institut/Svensk Byggtjänst. (Bergdahl et al. 1993)*
- *Handboken Bygg: Geoteknik, LiberFörlag, Stockholm. (Handboken Bygg 1984)*

6.6 Schakt och fyllning

I Geokalkyl tas hänsyn till den direkta kostnaden av masshantering till följd av positiv eller negativ massbalans. I samband med schakt- och fyllningsarbeten finns det ytterligare aspekter som bör beaktas:

- Jordens/bergets schaktbarhet
- Massbalans
- Erforderliga släntlutningar och dess konsekvenser på omgivningen
- Schaktens påverkan på befintliga konstruktioner och anläggningar
- Hinder i marken (exempelvis befintliga konstruktioner, arkeologi, fyllningsjord, block och sten, kablar och ledningar)
- Uppluckring/uppmjukning av schaktbotten till följd av stor hydraulisk gradient, byggtrafik eller packning

Nämnda problemställningar och relaterade tekniska krav finns beskrivna i bland annat följande litteratur:

- *Schakta säkert, Säkerhet vid schaktning i jord*, Svensk Byggtjänst och Statens geotekniska institut, SGI/ Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF, Stockholm. (Lundström et al. 2015)
- *Packning – handbok om packning av jord- och bergmaterial*, Svensk Byggtjänst, Stockholm. (Forssblad 2000)
- *AMA anläggning 13*, Svensk Byggtjänst, Stockholm. (AMA Anläggning 13 2014)
- *TK Geo 13, Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner*, Trafikverket, TDOK 2013:0667, Borlänge. (Karlsson & Moritz 2014)
- *Provgruppsundersökning*, Vägverket, Publikation 2006:59, Borlänge. (Vägverket 2006)
- *Handboken Bygg: Geoteknik*, LiberFörlag, Stockholm. (Handboken Bygg 1984)

I samband med schakt- och fyllningsarbeten kan det uppstå stabilitetsproblem, se även Avsnitt 6.3 Släntstabilitet.

För att undvika problem i samband med schakt- och fyllningsarbeten kan, om nödvändigt, exempelvis följande åtgärder vidtas:

- Omplacering av byggnader och omgivande ytor
- Ändrad höjdsättning av området
- Byggmetoder anpassas till förekommande jordförhållanden
- Tillfälliga och permanenta stödkonstruktioner

Utförandet av nämnda åtgärder inkluderas inte i Geokalkylsystemets prisberäkning och bör kostnadsuppskattas och inkluderas under ”Övriga kostnader” i de fall de av användaren bedöms vara aktuella.

6.7 Omgivningspåverkan

I samband med markbyggnad bör eventuell omgivningspåverkan beaktas. Omgivningen kan påverkas exempelvis genom:

- Vibrationer från pålning, sprängning, spontslagning, packning, schaktning
- Påverkan på befintliga grundvatten- och ytvattennivåer
- Sättning och hävning av jorden i samband med pålning- och spontarbeten
- Transporter i byggskedet

Nämnda problemställningar finns mer detaljerat beskrivna i bland annat följande litteratur:

- *Handboken Bygg: Geoteknik*, LiberFörlag, Stockholm. (Handboken Bygg 1984)
- *Omgivningspåverkan vid pål- och spontslagning*, Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA, Pålkommissionen, Rapport 95, Linköping. (Hintze et al. 1997)
- *Geodynamik i praktiken*, Statens geotekniska institut, SGI, Information 17, Linköping. (Möller et al. 2000)

För att hantera eventuella problem med omgivningspåverkan bör behov av kontroll- och åtgärdsprogram övervägas med avseende på exempelvis grundvattennivåer, vibrationer och sättningar.

För att undvika problem med oönskad omgivningspåverkan kan, om nödvändigt, exempelvis följande åtgärder vidtas:

- Omplacering av planerade anläggningar och byggnader
- Ändra utformning av byggnader och anläggningar
- Tätspont för att minimera påverkan på omgivande grundvattennivåer
- Anpassade byggmetoder (exempelvis borrarad spont, borrarade pålar och mindre packningsredskap för att minska vibrationer)

Utförandet av nämnda åtgärder inkluderas inte i Geokalkylsystemets prisberäkning och bör kostnadsuppskattas och inkluderas under ”Övriga kostnader” i de fall de av användaren bedöms vara aktuella.

7. Miljöföroreningar från tidigare verksamhet

7.1 Faktorer som påverkar geokalkylen

Om den mark som man planerar att bebygga är förorenad, från t.ex. tidigare miljöfarlig verksamhet, kan detta få omfattande konsekvenser för geokalkylen. Vanliga föroreningar i bebyggda områden är t.ex. petroleumprodukter från bensinstationer, klorerade lösningsmedel från kemtvättar, metaller från ytbehandlingsindustrier, eller tjära, metaller m.m. från gasverk. Om marken utgörs av tidigare deponi (sottipp) finns risk för bl.a. metangasavgång, vilket kan medföra explosionsrisk i husen om marken bebyggs. Ett byggprojekt inne i ett samhälle bör därför alltid omfatta en kontroll av om marken har klassats som förorenad.

Säkraste källan, för att kontrollera om ett markområde kan vara förorenat, är lässtyrelsernas databas över förorenade områden, det så kallade EBH-stödet. Informationen i EBH-stödet är offentlig, och därför tillgänglig för alla. Uppgifterna finns hos respektive kommun och länsstyrelse.

Konsekvenserna, för själva exploateringen, är främst av tre typer:

- Juridiskt ansvar
- Högre kostnader
- Eventuellt längre tid för exploatering

Dessa tre konsekvenser komplicerar exploateringen, men omöjliggör den inte. Ur ett samhällsperspektiv är det ofta önskvärt att ett förorenat område bebyggs, i stället för att t.ex. naturmark eller jordbruksmark exploateras. I vilken grad som byggnadsåtgärderna (schaktning, ledningsgrävning, grundläggning, byggande, etc.) kompliceras beror bl.a. på vilken typ av förorening det är fråga om, hur stor spridning den har och vilken kunskap som redan finns om föroreningssituationen. Generellt gäller också att om föroreningssituationen klarläggs tidigt kommer eventuella saneringsåtgärder att kunna utföras parallellt med övriga exploateringsåtgärder, och därmed inte kräva extra tid. Innebörden och effekten av de tre konsekvenserna beskrivs utförligare nedan.

7.2 Juridiska aspekter

Planläggning och exploatering av förorenade områden styrs, juridiskt sett, av främst Miljöbalken (MB) (SFS 1998:808) och av Plan- och bygglagen (PBL) (SFS 2010:900). Observera att de båda lagarna gäller parallellt och att ingen är överordnad den andra. Ett tillstånd enligt den ena, t.ex. ett bygglov enligt PBL, garanterar inte att kraven i MB är uppfyllda. Vid misstanke om förorening på platsen ska därför tillsynsmyndigheten kontaktas, se vidare nedan.

7.2.1 Miljölagstiftningen

Ansvar för, och hantering av, förorenade områden styrs främst av MB:s 10 kapitlet. Vid byggnads- och entreprenadarbeten i ett förorenat område är exploatören/entreprenören ansvarig för att, i skälig omfattning, utföra, eller bekosta, de efterbehandlingsåtgärder som behövs för att skydda hälsa och miljön i övrigt. Även framtida konsekvenser måste beaktas, t.ex. de framtida boendes hälsa (MB 10 kap 2-4 §§). Observera att det inte finns någon preskriptionstid för detta ansvar (10 kap, 8 §).

Det finns också bestämmelser i MB:s 2 kapitel som har stor relevans, t.ex. ska alla ”som [...] vidtar en åtgärd skaffa sig den kunskap som behövs [...] för att skydda människors hälsa och miljön från skada [...]” (2 kap, 2 §). Vidare ska den som gör en efterbehandlingsåtgärd vidta de föresiktighetsmått som behövs för att förebygga eller hindra skada på människa eller miljö (2 kap, 3 §).

Den som brukar en fastighet, t.ex. bebygger den, har en skyldighet att genast underrätta tillsynsmyndigheten (länsstyrelsen eller den kommunala miljöförvaltningen) om en förorening upptäcks på platsen (10 kap, 11 §). Upplyningsplikten gäller oavsett om området tidigare ansetts förorenat eller inte och plikten är straffsanktionerad.

Det finns vidare ett krav på att lämna in en anmälan till tillsynsmyndigheten om eventuella efterbehandlingsåtgärder, enligt 28 § i Förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd (SFS 1998:899). Tillsynsmyndigheten har då möjlighet att komma med synpunkter på hur arbetena ska utföras. Även detta krav är straffsanktionerat.

Hur omfattande utredningar av föroreningsituationen, och av lämpliga åtgärder, som behöver vidtas avgörs av föroreningens typ, halt och spridning. All kommunikation om detta sker med tillsynsmyndigheten, som kan vara antingen länsstyrelsen eller den kommunala miljöförvaltningen (och i undantagsfall Generalläkaren). Samtliga myndigheterna kan ge besked om vem som är tillsynsmyndighet för den aktuella platsen.

7.2.2 Plan- och bygglagstiftningen

Hur frågan om de förorenade områdena behandlas i de kommunala översiktsplanerna varierar. I många äldre översiktsplaner behandlas den inte alls. I vissa nyare hanteras frågan ingående, och kan t.ex. redovisas i tillägg eller fördjupning till översiktsplanen (t.ex. Länsstyrelsen i Östergötland 2013).

I nya detaljplaner ska frågan om eventuella föroreningar belysas, men i äldre detaljplaner berörs frågan sällan. Kommunen kan bli skadeståndsskyldig om en nyare detaljplan ger en byggrätt som inte kan nyttjas, t.ex. på grund av att marken är förorenad men att detta inte hanterats korrekt i detaljplanen. Oavsett vad som anges i planen, och oavsett planens ålder, så har byggherren/exploatorn ansvar för att byggåtgärden uppfyller kraven enligt Miljöbalken, se ovan.



Figur 7.1 Schaktning och borttransport av förorenad mark. (Foto: SGI)

7.3 Kostnader för åtgärder

Kostnaderna för undersökningar och eventuella åtgärder beror av flera faktorer, som t.ex. vilken typ av förorening som förekommer, i hur höga halter samt vilken spridning de har i djup och sidled. Om marken är förorenad uppstår kostnader för undersökningar, miljöansökningar, rapportering och liknande, men framför allt kan kostnaderna för att sanera området bli höga.

Nedan listas några av de nödvändiga aktiviteterna:

- Kontakt med ansvarig miljömyndighet (kommunen eller länsstyrelsen)
- Utföra undersökning av marken, inklusive eventuellt miljötillstånd för detta
- Utredning av den mest lämpliga efterbehandlingsmetoden
- Anmälan eller tillstånd enligt miljöbalken för åtgärder/ efterbehandlingen
- Utförande efterbehandlingsåtgärder, inklusive löpande kontroller av arbetena
- Eventuellt underhåll av valda åtgärder

Kostnader för åtgärder kan variera stort och går inte att generellt ange med någon större precision innan man har undersökt marken. Enligt SGI:s rapport Erfarenheter från efterbehandling av förorenad mark (Edebalk 2013) varierade kostnaderna för grävsaneringar av nio olika objekt från 300 kr per ton till 3000 kr per ton. Exempel på grävsanering i Figur 7.1. Generellt sett blir kostnaden lägre om saneringen görs i samband med att exploateringsgrävningarna genomförs. Tidig kunskap om föroreningssituationen medför därför ofta att kostnaden kan hållas nere.

För att få en översiktlig uppfattning om kostnaden för ett aktuellt projekt kan flera källor användas, till exempel:

- Kommunens miljökontor och länsstyrelsernas miljöenheter
- Konsultföretag med expertkunskap inom området miljöundersökningar och efterbehandlingsåtgärder

Kostnaderna för saneringsåtgärder anges i Geokalkyl under övriga kostnader.

7.4 Tidsaspekter på förorenade områden vid fysisk planering och exploatering

Tidsåtgången för att hantera problemet med förorening på platsen behöver inte bli så mycket större än om den aktuella marken inte är förorenad. Ett villkor för detta är dock att undersökningar, och beslut om åtgärder, drivs parallellt med övrig planering. Det är därför angeläget, att på ett mycket tidigt stadium, skaffa sig information om ifall marken är förorenad och vilka krav som miljömyndigheterna i så fall kommer att ställa på exploatören.

Det är vanligt att undersökningskostnaden blir lägre om man gör undersökningarna stegvis. På det sättet kan man ofta snäva in både de områden som måste provtas och de ämnen som måste analyseras. Ett sådant tillvägagångssätt tar dock vanligen längre tid och det gör det än mer angeläget att påbörja arbetet med undersökning av platsen tidigt i planeringsprocessen.

8. Klimatpåverkan

8.1 Faktorer som kan påverka geokalkylen

Klimatförändringen med stigande havsnivåer och ökad nederbörd påverkar markförhållandena. Även temperaturen har betydelse genom inverkan på tjäle och markfuktighet, som i sin tur påverkar grundvatten och portryck. Dessa faktorer kan också inverka på stabilitetsförhållandena så att risken för skred, ras, erosion och slamströmmar ökar. Beroende på var man väljer att bygga kan klimatpåverkan bli mer eller mindre påtaglig. Fluktuation i vattennivåer kan uppstå vid hög nederbörd, som ökar flödet i vattendrag eller genom vindar som drar upp havs- och sjövattnivåerna. Vattennivåer som fluktuerar upp och ned kan orsaka erosion på slänterna så att landmassor försvinner och sannolikheten för skred och ras ökar (Figur 8.1). En snabbt sjunkande vattenyta i ett vattendrag minskar den temporärt mothållande kraften vilket kan utlösa skred. Likaså kan en höjd vattenyta eller mycket regn höja grundvattennivån och därmed höja portrycken. Med högre tryck i markens porer kan marken försvagas och bli instabil (Statens geotekniska institut 2014).

Förutom att stabilitetsförhållandena kan påverkas av ökad och minskad mängd vatten, så kan det bli en direkt effekt av översvämning från vattendrag, sjöar, hav och via nederbörd. Översvämning kan drabba bebyggda strandnära områden. Här finns ofta hårdgjorda ytor, vilket gör att vattnet inte kan sjunka ned i marken på ett naturligt sätt, vilket i sin tur kan orsaka översvämningar.

För att motverka översvämningar och försämrade stabilitetsförhållanden måste hänsyn tas till klimatförändringen. Utförda klimat- och sårbarhetsutredningar kan användas som underlag för att få övergripande kunskap om möjlig klimatpåverkan i en viss region, se exempel på klimat- och sårbarhetsutredning i Gävleborgs län (Rydell et al. 2010). Utifrån förväntad klimatpåverkan i regionen kan detaljerade undersökningar utföras för den valda platsen gällande topografi, jord- och vattenförhållanden och belastningssituation.



Figur 8.1 Exempel på erosionskador vid havskust. Stranderosion vid Åhus.
(Foto: Kristianstads kommun)

8.2 Åtgärder vid ett förändrat klimat

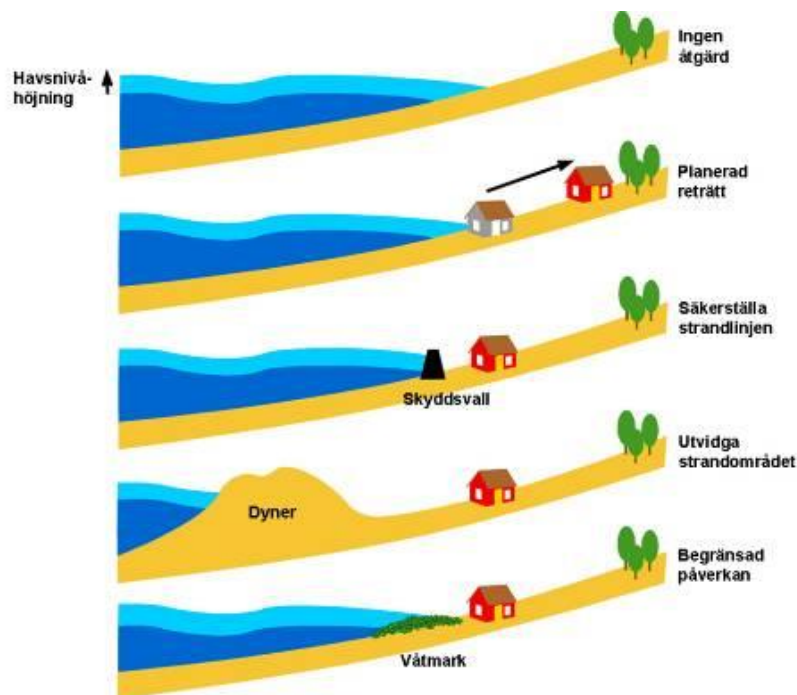
För att undvika negativa effekter av ett förändrat klimat finns det flera strategiska inriktningar man kan välja. Man bör börja med att utreda förutsättningarna för att klimatet ska påverka den studerade platsen. I utredningen kan sannolikheten för klimateffekter identifieras samt de objekt som är sårbara för klimateffekterna, t.ex. utifrån en klimat- och sårbarhetsutredning. Utifrån en sådan utredning kan man planera lämpliga strategier och åtgärder. En bra utgångspunkt är att planera in större säkerhetsmarginaler i den fysiska planeringen samt att planera in förutsättningar för flexibel markanvändning. Med flexibel markanvändning skapar man möjligheter för att sätta in åtgärder även i framtiden.

Här bör också observeras att en viktig uppgift för planeringen är att ge plats för vatten. Nederbörd och vatten från uppströms liggande områden, kommer att rinna ner till området oavsett vilka åtgärder man vidtar. Det räcker därför inte att bara skydda områden från vatten. Man måste även planera för att vatten kan ta vägar som är säkra för en lång rad aspekter, för bostäder, sjukhus, större vägar, markstabilitet etc.

Strategier för anpassning till ett förändrat klimat kan övergripande delas in i (Bergman et al. 2011):

- Reträtt – Strategi som innebär att byggnaden flyttas bort från klimateffekterna
- Skyddsåtgärder – Strategi som innebär att konstruktioner håller klimateffekterna borta från byggnaden
- Återhämtning – Strategi som innebär att byggnaden nås av klimateffekterna men har förmåga att återhämta sig från dem

Strategierna illustreras delvis i Figur 8.2.



Figur 8.2 Alternativa strategier för utveckling och skydd av strandnära områden (Eurosion reports 2004).

Reträtt innebär att man bygger på en annan plats, för vilken man troligtvis inte behöver ytterligare åtgärder mot klimateffekter. De övriga två strategierna innebär att extra konstruktioner måste byggas eller byggnader anpassas. Det finns flera olika typer av fysiska åtgärder inom dessa två strategier.

Exempel på fysiska åtgärder (sammanfattade från Bergman et al. 2011; MSB 2014; SOU 2007:60):

- Vallar
- Byggnad på pelare
- Flytande byggnader
- Byggnader som tål vatten i källaren
- Genomsläpplig markbeläggning
- Transport/hantering av infiltrerat dagvatten
- Ytlig transport/hantering av dagvatten
- Återhållande reservoar
- Multifunktionella ytor/översvämningssytor
- Gröna tak
- Markväxter
- Pumpning
- Höjning av golvnivå
- Tillgång till temporära översvämningsskydd
- Avschaktning
- Stödfyllning
- Kalk-/cementpelare
- Sänkning eller begränsning av grundvattentryck
- Jordspikning
- Erosionsskydd

Förslag på åtgärder inom detta avsnitt gäller eventuella extra åtgärder och extra kostnader för att motverka negativ påverkan av ett förändrat klimat.

Vissa fysiska åtgärder kan fungera fristående, men många fysiska åtgärder fungerar bäst som komplement till varandra då olika åtgärder kan minska negativ påverkan från olika slag av klimateffekter. Som exempel minskar byggnad på pelare sannolikheten för översvämning av byggnaden, men minskar inte sannolikheten för att marken under byggnaden kan påverkas av vattnets effekter med tanke på bl.a. porttryck och stabilitetsförhållanden. Det finns ytterligare fysiska åtgärder med större dignitet, t.ex. stora barriärer vid älvars utlopp, dammar för reglering av stora vattendrag, avledande dammar för slamströmmar och liknande konstruktioner (beskrivs delvis i SOU 2007:60). Dessa åtgärder anläggs oftast inte vid enstaka byggprojekt utan utgör ofta en större satsning för att klimatanpassa ett större område.

Om man väljer att inte utföra fysiska åtgärder för att hantera klimateffekterna kan man beakta mjuka åtgärder. Mjuka åtgärder kan öka kunskapen om problemen eller förbättra beredskapen inför akutinsatser (beskrivs bl.a. i Rydell et al. 2010). En kombination av hårda och mjuka åtgärder kan vara ett enkelt sätt öka säkerheten. Exempel på mjuka åtgärder (Bergman et al. 2011):

- Ha tillgång till varningssystem
- Ta fram handlingsplan
- Ta fram återhämtningsplan
- Informera

Val av strategi och fysiska eller mjuka åtgärder kan innebära mycket olika kostnader. I kostnaderna bör beaktas både investeringskostnad och underhållskostnad. Underhållskostnaden kan i vissa fall bli en stor del av den totala kostnaden eftersom byggnader ofta är tänkta att finnas under lång tid framöver.

8.3 Bedömning av kostnader för åtgärder vid ett förändrat klimat

Beroende på byggprojektets storlek kan kostnaden bli olika stor. Nedan listas möjliga kostnadsposter och förslag på ställen som kan ge en kostnadsuppskattning.

Kostnader förknippas med:

- Utredning av klimateffekters påverkan i det valda området
- Utredning av mest lämplig strategi och åtgärder
- Utförande av strategi och åtgärder samt administrativt arbete kopplat till dessa
- Eventuellt underhåll av valda åtgärder

För att få en generell schablonkostnad för dessa poster kan flera källor användas, till exempel:

- Klimatdata från SMHI
- Översvämningskartering från MSB
- Klimat- och sårbarhetsutredning på länsnivå (finns i de flesta fall) och eventuellt på kommunnivå
- För att mer detaljerat utreda klimatets effekter kan en klimat- och sårbarhetsutredning utföras för det aktuella området. Om SMHI:s klimatdata inte är tillräckligt kan en mer detaljerad klimatanalys utföras där bland annat information om flöden, vattennivåer och regnmängder tas fram.
- För att hitta lämpliga åtgärder kan beslutsanalys/riskvärdering genomföras

Kostnader för erforderliga åtgärder kan bedömmas utifrån annan anläggningsverksamhet. Kostnaderna anges i Geokalkyl under övriga kostnader.

9. Andra faktorer som påverkar kalkylen

Det finns en rad andra faktorer och värden som också påverkar geokalkylen. Ett par av dessa är kulturmiljö-/arkeologiska värden och naturvärden. Även dessa värden skyddas av egen lagstiftning med straffsanktionering i vissa fall.

Information om registrerade kulturmiljövärden kan fås av länsstyrelsen som också kan upplysa om ifall arkeologisk undersökning av platsen måste utföras. Länsstyrelsen, eller kommunens miljökontor, kan också upplysa om de naturvärden och naturskydd som finns på platsen.

Referenser

AMA Anläggning 13 2014, *AMA anläggning 13*, Svensk Byggtjänst, Stockholm.

Arbetsmiljöverket och Statens geotekniska institut 2003, *Schakta säkert – Säkerhet vid schaktning i jord. Tredje upplagan*, Arbetsmiljöverket/Statens geotekniska institut, Stockholm.

Bergdahl, U, Ottosson, E & Stigson Malmberg, B 1993, *Plattgrundläggning*, Statens geotekniska institut/Svensk Byggtjänst, Stockholm.

Bergman, R, Andersson-Sköld, Y, Fallsvik, J, Hultén, C & Elliot, A 2011, *Åtgärdsförslag vid ett förändrat klimat i Sverige – Förändrad nederbörd och vattenståndsnivåer*, Statens geotekniska institut, SGI, Varia 618, Linköping.

Edebalk, P 2013, *Erfarenheter från efterbehandling av förorenad mark, Ett urval av projekt som genomförts med statliga medel 1999-2007*, Statens geotekniska institut, SGI, Publikation 3, Linköping.

EuroSION reports 2004, Living with coastal erosion in Europe, Sediment and space for sustainability, part 1 to 5_8b, <<http://www.euroSION.org>>, Reports on line, [31 mars 2009]

Forssblad, L 2000, *Packning – handbok om packning av jord- och bergmaterial*, Svensk Byggtjänst, Stockholm.

Handboken Bygg 1984, *Handboken Bygg: Geoteknik*, LiberFörlag, Stockholm.

Hintze, S, Liedberg, S, Massarsch, R, Hanson, M, Elvhammar, H, Lundahl, B & Rehnman, S-E 1997, *Omgivningspåverkan vid pål- och spontslagning*, Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA, Pålkommisionen, Rapport 95, Linköping.

Hågeryd, A-C, Viberg, L, Nyberg, H & Angerud, P 2005, *Implementering av beräkningssystemet Geoekonomi, Järnvägen Ostlänken, delen Tullgarn, Norr Vagnhärad, Södermanlands län*, Banverket, B05-2244/BA30, Statens geotekniska institut, SGI 2-0405-0345, Linköping.

IEG 2008, *Tillämpningsdokument, EN 1997-1 Kapitel 11 och 12, Slänter och bankar*, Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik, IEG, Rapport 6:2008, Rev 1, Version 2010, Stockholm.

IEG 2010a, *Tillståndsbedömning/klassificering av naturliga slänter och slänter med befintlig bebyggelse och anläggningar, Vägledning för tillämpning Skredkommissions rapporter 3:95 och 2:96 (delar av)*, Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik, IEG, Rapport 4:2010, Stockholm.

IEG 2010b, *Tillämpningsdokument, EN 1997-1 Kapitel 6, Plattgrundläggning*, Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik, IEG, Rapport 7:2008, Stockholm.

IEG 2010c, *Tillämpningsdokument, Hantering av vatten*, Implementeringskommission för Europastandarder inom Geoteknik, IEG, Rapport 8:2010, Stockholm.

Janbu, N 1954, *Stability analysis of slopes with dimensionless parameters*, Harvard Soil Mechanics Series, 46, Cambridge, USA.

Karlsson, M & Moritz, L 2014, *TK Geo 13, Trafikverkets tekniska krav för geokonstruktioner*, Trafikverket, TDOK 2013:0667, Borlänge.

Lundström, K, Odén, K & Rankka, W 2015, *Schakta säkert, Säkerhet vid schaktning i jord*, Svensk Byggtjänst och Statens geotekniska institut, SGI/ Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF, Stockholm.

Länsstyrelsen i Östergötland 2013, *Förorenade områden i den fysiska planeringen – en vägledning*, Länsstyrelsen i Östergötland, Linköping.

MSB 2014, *Förebyggande, naturolyckor, skred, ras och slamströmmar*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB, <<https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Naturolyckor/Skred-ras-och-slamstrommar/Forebyggande-atgarder-/Finkorniga-jordar/>> [30 oktober 2014]

Möller, B, Larsson, R, Bengtsson, P-E & Moritz, L 2000, *Geodynamik i praktiken*, Statens geotekniska institut, SGI, Information 17, Linköping.

Rydell, B, Hågeryd, A-C, Falemo, S, Södergren, I, Axelsson, J, Eklund, D, Åström, S & Lindberg, A 2010, *Översiktlig regional klimat- och sårbarhetsanalys – naturolyckor för Gävleborgs län*, Länsstyrelsen i Gävleborgs län, Statens geotekniska institut (SGI), SMHI, SGI Dnr 2-0906-0452.

SFS 1998:808, *Miljöbalken*.

SFS 1998:899, *Förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd*.

SFS 2010:900, *Plan- och bygglagen*.

SOU 2007, *Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter*, Statens offentliga utredningar, SOU 2007:60, Stockholm.

Skredkommissionen 1995, *Anvisningar för stabilitetsutredningar*, Ingenjörsvetenskapsakademin, IVA, Skredkommissionen, Rapport 3:95, Linköping.

Statens geotekniska institut 2009, *Länshållning vid schaktningsarbeten, Utgåva 5*, Statens geotekniska institut, SGI, Linköping.

Statens geotekniska institut 2014, *Varför inträffar skred?*, Statens geotekniska institut, SGI, <http://www.swedgeo.se/templates/SGIStandardPage_1062.aspx?epslanguage=SV> [12 november 2014]

Viberg, L & Adestam, L 1979, 'Geoteknisk terrängklassificering för fysisk planering', *Nordiska geoteknikermötet*, 8, Esbo, maj 1979, *Föredrag och artiklar*.

Viberg, L 1984, *Geoteknisk terrängklassificering för fysisk planering*, Statens geotekniska institut, SGI, Rapport 25, Linköping.

Viberg, L, Jonsson, H & Knutz, Å 2000, 'Geoekonomiska kalkyler för vägplanering - en prototyp i GIS', *NGM - 2000 Nordiska Geoteknikermötet*, 13, Helsinki, June 2000.

Viberg, L, Fallsvik, J, Jonsson, H & Karlsson, M 2002, 'Geoekonomi för järnvägsbyggande i tidiga planeringsskedet, Utveckling av statistisk metodik för geoekonomisk analys', *Väg- och Vattenbyggen*, no. 4, pp. 9-13.

Vägverket 1995, *Geoplanering*, Vägverket, Publikation 1995:2, Borlänge.

Vägverket 2006, *Provgropsundersökning*, Vägverket, Publikation 2006:59, Borlänge.

Bilaga 1

Ingående poster för kostnadsberäkning

Bilaga 1.

Ingående poster för kostnadsberäkning

De kostnadsposter (å-priser) som presenteras är schablonkostnader vilka omfattar materialkostnad och komplett arbetsmoment inklusive omkostnader och entreprenörsarvode.

För posterna ”Schakt/Fyll” samt ”Urgrävning” antas att schaktmassorna inte kan hanteras (eller nyttiggöras) inom arbetsområdet och att schaktmassor måste transporteras till extern tipp samt att fyllnadsmassorna måste anskaffas från ett externt upplag. Kostnadsposten omfattar inte kostnaden för transport av massor till/från arbetsområdet.

Schakt/Fyll	
a-pris schakt jord (kr/m ³)	250
a-pris schakt berg (kr/m ³)	300
a-pris fyllning jord (kr/m ³)	270
a-pris fyllning bergkross (kr/m ³)	300

Pålar	
c/c pålar (m)	3,0
Produktionlängd pålar (m)	13,0
Kostnad skarvning (kr)	1000
a-pris pålning (kr/m påle)	700
Fribärande betongplatta kr/platta (Här avses fördyringen per m ² mot att enbart använda en betongplatta på mark)	600

KC-pelare	
c/c KC-pelare (m)	1,5
a-pris KC-pelare (kr/m)	90

Förbelastning	
Höjd Förbelastning (m)	1,0
a-pris förbelastning (m ³)	405

Urgrävning	
a-pris schakt urgrävning (kr/m ³)	250
a-pris fyllning bergkross efter urgrävning (kr/m ³)	300
a-pris fyllning jordmaterial efter urgrävning (kr/m ³)	270

Bilaga 2







Checklista för tidiga planeringskeden

Bilaga 2.

Checklista för tidiga planeringsskeden

Nr	Uppgift	Frågor som ställs	Status (ja/nej)	Check
Punkter som är nödvändiga för att använda geokalkylprogrammet.				
1	Inventering av tillgänglig information	Finns aktuella höjddata och jordartskartor för bedömning av höjdnivåer, jordarter och jorddjup som finns inom det aktuella området? Underlag erhålls via myndigheternas webbplatser (t ex. SGU och Lantmäteriet) eller via webbplatsen för Geodatasamverkan, www.geodata.se . Man kan också söka i GeoLex, som är en gratis tjänst där det finns uppdaterad information för kartor, flygbilder, fastighetsinformation, geodesi och geografiska databaser.	Nej	<input type="radio"/>

Punkter som ger extra information och en bättre tolkning i systemet				
2	Ytterligare bearbetning av information	Besiktning av platsen för att kontrollera handlingarnas giltighet och bedöma specifika förutsättningar som inte framgår av handlingarna.	Nej	<input type="radio"/>
		Inventering av befintliga geotekniska undersökningar i arkiv hos t.ex. kommunen eller konsulter	Ja	<input checked="" type="checkbox"/>
		Finns det information om områdets geologiska historia? Information om exempelvis tidigare skred kan vara värdefullt (Via exempelvis SGI:s skredatabas).	Nej	<input type="radio"/>
		Finns det flygbilder för tolkning och identifiering av exempelvis spricksystem i kalt berg, vegetation mm? Information kan hämtas från bl.a. Lantmäteriet.	Nej	<input type="radio"/>
		Finns det uppgifter om befintliga byggnader och anläggningar? (VA-ledningar, elkablar, broar, mm). Kontakta kommuner	Nej	<input type="radio"/>
		Planeras det för ytterligare byggande av hus, anläggningar och ledningar mm? Kontakta kommuner.	Ja	<input checked="" type="checkbox"/>
		Finns det information om vattenstånd i sjöar och vattendrag se SMHI:s hemsida. Finns det information om grundvattennivåer? Kontakta kommuner.	Ja	<input checked="" type="checkbox"/>

Nr	Uppgift	Frågor som ställs	Status (ja/nej)	Check
Punkter som påverkar resultatet av geokalkylen men som inte beräknas av systemet				
3	Säkerhet	Finns det tillräckligt underlag för bedömning av säkerheten under utförande av projektet, så att skador eller förlust av liv kan undvikas?	Nej	
4	Övriga kostnader	Har det utförts beräkningar av kostnader som inte bedöms av systemet men som kan dock hanteras som övriga kostnader?	Nej	
5	Risakanalys	Har en översiktlig risakanalys (för arbete vid grundläggning, grundvattenssänkning och sprängning) utförts för bedömning av eventuell omgivningspåverkan och risker för skador?	Ja	
6	Miljökonsekvenser	Finns det befintliga föroreningar som kan behöva åtgärdas? Kommer den planerade byggnationen att medföra en risk för förorening av jord, yt- och grundvatten?	Ja	
7	Klimatförändring	Kan det aktuella området påverkas av framtida klimatförändringar? (exempelvis höjda havsnivåer eller ökad/mer intensiv nederbörd, vilket kan orsaka dåliga stabilitetsförhållanden och medföra större risk för ras och skred).	Nej	
8	Osäkerhet	Medvetenhet om de osäkerheter som finns. Exempelsvis: Den geologiska kartans geometri bygger på en äldre kartteknik, vilket innebär att gränserna kan avvika flera tiotal meter från moderna ortogonala kartor. Den geologiska kartans gränser är dessutom interpolerade och generaliserade i stor utsträckning, vilket medför ytterligare en typ av osäkerhet. Känslighetsanalys kan vara ett bra verktyg vid otillräcklig information.	Nej	



Statens geotekniska institut

Postadress: 581 93 Linköping

Tel: 013-20 18 00

E-post: sgi@swedgeo.se

www.swedgeo.se
