

# Metodbeskrivning

# Geokalkyl Infrastruktur - tidiga skeden

Version 3

2018-03-01



Titel: Geokalkyl Infrastruktur - tidiga skeden, Metodbeskrivning

Utgivningsdatum: 2018-03-01

Utgivare: Trafikverket

Kontaktperson: Åsa Lindgren, Lovisa Moritz

Uppdragsansvarig: Åsa Lindgren

Tryck:

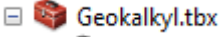
Distributör: Trafikverket, 781 89 Borlänge, telefon: 0771-921 921.

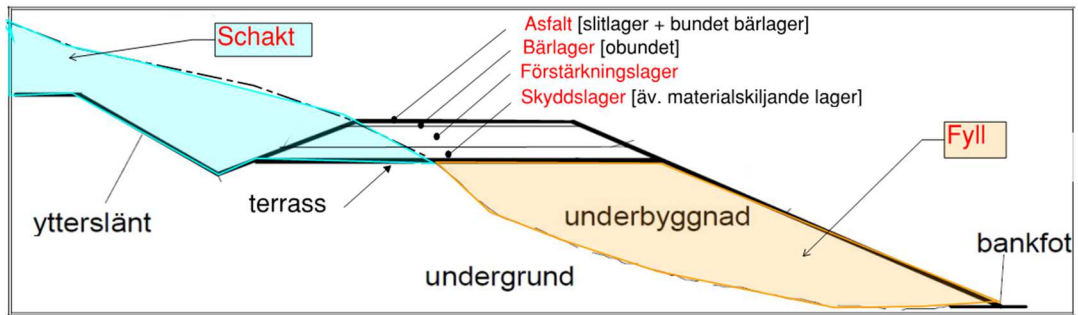
## Innehåll

Bakgrund och syfte.....	7
Förutsättningar .....	7
Målbild .....	7
Kompetens .....	8
Mjukvaror.....	8
Kartunderlag.....	8
Allmän mappstruktur .....	9
Arbetsprocessen för Geokalkylverktyget.....	9
Allmänt.....	9
Val av korridor.....	10
Steg 1. Projektering av anläggning samt och sammanställning underlag i ArcMap ...	10
Steg 2. Indata till Excelverktyget.....	11
Steg 3. Sammanställning och redovisning av resultat .....	11
Steg 4. Jämförelse och utvärdering av linjealternativ.....	11
Anpassningar i verktyget Geokalkyl .....	12
Allmänt.....	12
Tolkning av jordmodell från jordartskartan .....	12
Begränsningar i modellen .....	14
Fördelar med modellen.....	15
Excelverktyget .....	15
Allmänt.....	15
Inläsning i Excel .....	16
Omtolkning av geologisk modell i Excel.....	16
Beräkning geoteknisk förstärkning .....	17
Inparametrar till Excelverktyg.....	18
Beräkning masshantering.....	18
Övriga kostnader .....	19
Sammanställning.....	19
Sammanställning och redovisning av resultat .....	20
Jämföra och utvärdera resultat.....	23
Bilagor .....	23

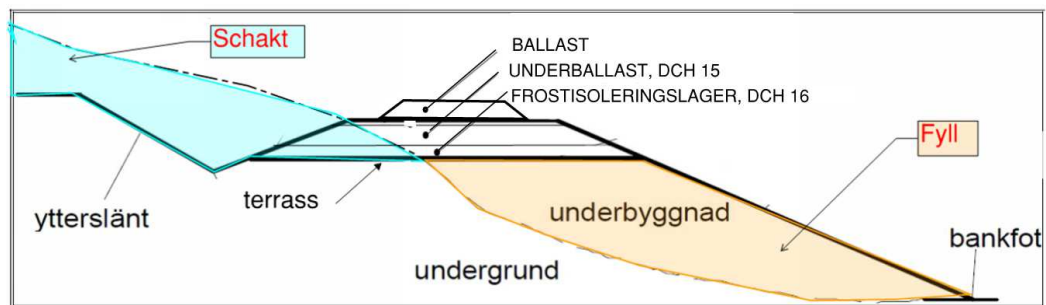


## Begreppsförklaring

Begrepp	Förklaring
<b>Attribut</b>	Information eller data som finns i ett fält och som är kopplat till ett geografiskt objekt.
<b>Toolbox</b>	En verktygslåda i ArcGis som innehåller verktyg, modeller och skript vilket kan användas i olika spatiala analyser. Symboliseras som en röd verktygslåda i GIS miljön: 
<b>Lyrfiler</b>	Lyrfiler används för att ställa in hur olika objekt ska visas i GIS-miljön, ex. ställer in förvalda färger, former och namn.
<b>Lager (GIS)</b>	GIS-miljön byggs främst upp av olika lager. Det är dessa som ex. bygger upp en karta och hur den visas. I ArcMap hanteras lager i lagerhanteraren (Table of Contents)
<b>Shape och Feature class</b>	Dataformat som används i GIS där olika geografiska objekt kan skapas. Objekt som kan skapas är : polyline, points, polygon
<b>Dwg</b>	Dataformat som används i CAD miljö. Formatet kan användas direkt i GIS men bör konverteras om analys ska ske på lagret.
<b>WMS-tjänster</b>	Lantmäteriets visningstjänster för kartor och bilder. Dessa är kompatibla med GIS och kan läggas till i kartfönster. Vissa kartor/tjänster är låsta och kräver inloggning.
<b>ArcGIS</b>	Programvara utvecklad av ESRI och innehåller bland annat programmen ArcMap och ArcScene. ArcMap används till karthantering och analyser med visualisering i plan (2D). ArcScene används till analyser visualisering i 3D.
<b>GDB</b>	Förkortning för geodatabas. En geodatabas i GIS används för lagring av geografiska data samt utökar möjligheten för användning av de data som lagras i databasen.
<b>Terrass</b>	Se principskiss väg/järnväg
<b>Överbyggnad</b>	Samlingsnamn för material ovan terrass, se principskisser
<b>Asfalt</b>	Se principskiss väg
<b>Bärlager</b>	Se principskiss väg
<b>Förstärkningslager</b>	Se principskiss väg
<b>Skyddslager</b>	Se principskiss väg
<b>Ballast</b>	Antas vara av typ makadam, se principskiss järnväg
<b>Underballast</b>	DCH.15, se principskiss järnväg
<b>Frostisoleringslager</b>	DCH.16, se principskiss järnväg
<b>CO2-ekv</b>	Är ett mått på utsläpp av växthusgaser.
<b>Fall A</b>	Massor som erhålls och används för anläggningen inom arbetsområdet.
<b>Fall B</b>	Massor som erhålls utifrån eller som körs från arbetsområdet.



*Principskiss väguppbyggnad.*



*Principskiss järnvägsuppbyggnad*

## Bakgrund och syfte

Behov av att ta fram ett verktyg för att enkelt kunna jämföra olika infrastrukturprojekt har varit grundläggande för Trafikverkets planering i tidiga skeden.

ÅF har tillsammans med Sweco på uppdrag av Trafikverket tagit fram ett verktyg för att, inom valda korridorer, kunna jämföra alternativa linjeföringar av långsträckta infrastrukturobjekt, såsom vägar eller vägar. Utgångspunkt för jämförelsen har varit anläggningskostnad, klimatbelastning och energiåtgång för arbetet att uppföra anläggningen. Fokus för framtagandet av verktyget har legat på geotekniska grundförstärkningar och masshantering.

Genom att gå igenom varje alternativ och se var de stora kostnaderna för masshantering och geotekniska förstärkningsåtgärder uppkommer kan projektörer med den nya informationen eventuellt justera profilen eller flytta linjen i plan för att få ner kostnad, energiförbrukning och CO<sub>2</sub>-utsläpp, eller för att få en bättre massbalans. Man får även ett bättre underlag för kommande steg i planeringen för att veta var geotekniska undersökningar bäst behöver göras.

En av Geokalkyl största fördelar är att kostnader och energiåtgång för de geotekniska förstärkningsmetoderna hanteras mer ingående, som annars vanligen hanteras schablonmässigt och därför riskerar att avvika stort ekonomiskt sett.

Tidigare arbeten som gjorts inom detta område beskrivs bl.a. i Trafikverkets (tidigare Vägverkets) publikation 1995:2. Leif Viberg, SGI, har även tagit fram ett verktyg för geotekniska kostnadsberäkningar i en modell, kallad geokalkyl, på beställning av banverket. I denna handling beskrivs bl.a. vilken indata som behövs i programmiljön och vad som krävs för genomförandet av delmomentet samt hur data förs vidare till nästa moment.

## Förutsättningar

### Målbild

Geokalkyl är inte ett komplett kalkylprogram utan ska ses som ett komplement och input till andra kalkylprogram som klimatkalkyl och succesiva kalkyler av ett specifikt projekt.

Geokalkyl är främst avsedd för att användas i tidiga skeden i Trafikverkets planeringsprocess. Exempelvis i en fördjupad åtgärdsvalsstudie med nybyggnad (Steg 4) och vid val av korridor/linje i en väg-/järnvägsplan (Plantyp 4).

För att kunna använda Geokalkyl på ett ändamålsenligt sätt skall det finnas ett väldefinierat behov av att anlägga en långsträckt infrastrukturförbindelse mellan två målpunkter, t.ex. två orter. Man väljer att studera antingen en vägförbindelse eller en järnvägsförbindelse mellan dessa målpunkter.

Några av fördelarna med att använda geokalkyl är att man snabbt kan:

- Tolka jordartsförhållanden för ett projekt, med stöd av bra kartunderlag

- Få ut mängder och massbalans för hantering av jord och berg
- Erhåller en anläggningsmodell och jordlager i 3D som visar på markbehovet
- Få föreslagna Geotekniska grundförstärkningar
- Erhåller en anläggningskalkyl där kostnad och klimatpåverkan beräknas
- Beroende på vad som efterfrågas så kan resultat och nyckeltal redovisas på olika sätt.

Verktöget ger också en god möjlighet för överskådlig redovisning på GIS-kartor. Olika alternativ kan jämföras direkt med avseende på kostnader, klimatbelastning eller energiåtgång.

## Kompetens

För att kunna nyttja verktöget optimalt krävs det att användaren innehar vissa kompetenser. Rekommenderade kompetenser enligt nedan:

- Användaren bör ha baskunskap och viss vana av GIS (främst programmiljö för ArcGIS).
- Utförs projektering i GIS miljö bör användaren även besitta grundläggande kompetens angående väg- eller järnvägsutformning.
- En erfaren geotekniker, helst med erfarenhet från det område som studeras och som skall utföra den geotekniska tolkningen och vid behov styra val av förstärkningsmetoder i verktöget.

## Mjukvaror

Följande programvaror behövs för att kunna genomföra metoden:

<u>Program</u>	<u>Version</u>
ArcGIS for Desktop	10.3 eller högre
ArcGIS tillägg 3D-analyst	
ArcGIS tillägg spatial-analyst	
Microsoft Excel	2013 eller högre
Excel tillägget Power Map	

## Kartunderlag

För att Geokalkyl ska kunna genomföras krävs minst följande underlag:

<u>Underlag</u>	<u>Format</u>	<u>Leverantör</u>
Höjddata	Raster, NH 1x1m	Lantmäteriet
Jorddjupskarta	Raster	SGU
Jordartskarta	Shp	SGU
Fastighetskarta	Shp	Lastmäteriet



I det fall det finns geoteknisk information tillgängligt, såsom geotekniska undersökningar, kan den tolkade modellen av jordlagerföljderna som används i verktyget förbättras. Tillgängliga geotekniska undersökningar kan laddas in som underlag i kartmiljön, exempelvis via koordinater som punkter, inläsning av CAD-filer (ex. DWG/DGN) eller genom georeferering av ex. en pdf-ritning.

## Allmän mappstruktur

Mappstrukturen består av fem huvudmappar, innehållet och tänkt användning för dessa beskrivs i figuren nedan.

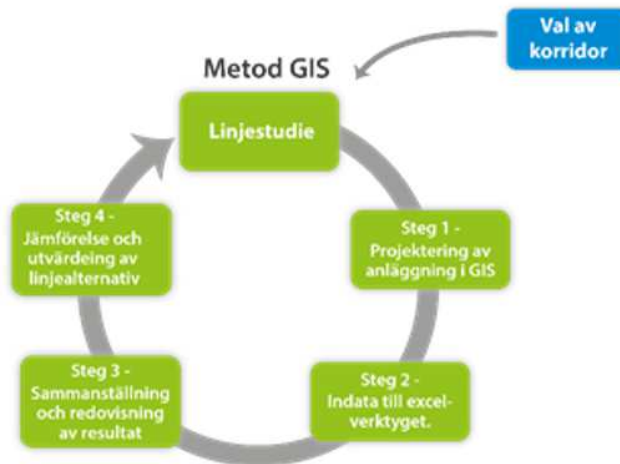
<b>1_Dokument</b>	Här lagras manual med bilagor och övriga stöddokument	
<b>2_Underlag</b>	Här kan ursprungligt underlag som laddas ned lagras	
<b>3_Metod_GIS</b>	Arbetsmapp för GIS projektering. Här ligger verktygslådan och underlag för GIS projektering	
<b>4_Excelverktyg</b>	Arbetsmapp för beräkningsverktyget i Excel. Exempelmall finns i mappen.	
<b>5_Resultat</b>	Här lagras slutresultatet av geokalkylen	

Figur 1. Mappstruktur för Geokalkyl Infrastruktur Version 3. Denna mallstruktur är förberedd och tillhandahålls vid nedladdning av verktyget.

## Arbetsprocessen för Geokalkylverktyget

### Allmänt

I grunden utgår arbetsprocessen från Trafikverkets publikation 1995:2, Geoplanering. Modellen täcker in dels vägplaneringsdelen samt den indelade delen av vägprojekteringen. Verktyget kan även användas för planering av järnväg. Följande steg behandlas av modellen i den metod som tagits fram:



Figur 2. Arbetsprocessen för Geokalkyl.

## Val av korridor

Förarbetet innan verktyget kan användas utgörs av en analys av korridoralternativ, som är objektsspecifik. Utgångspunkten för analysen är plankarta i GIS-miljö där tillgänglig relevant information läggs in. Friheten är stor om vilken information som skall lyftas fram under denna process. Eventuellt avsätts områden som rödskrafferas och därmed spärras för linjeföring över området, det går även att lyfta fram vissa områden/platser som måste passeras.

Ett antal korridorer tas fram, inom vilka projektering av enstaka linjer, t.ex. väglinjer kan utföras. Särskilda önskemål, beskrivs också, som t.ex. ifall vissa kombinationer av korridoralternativ skall beaktas. Korridoralternativ namnsätts och rangordnas.

Verktyget Geokalkyl kan nu användas för att jämföra de olika alternativen med avseende på kostnad, CO<sub>2e</sub>-förbrukning eller energiåtgång för utförandeskedet.

## Steg 1. Projektering av anläggning samt och sammanställning underlag i ArcMap

Optimering av linjealternativ för respektive korridoralternativ kan utföras med konventionell projektering i CAD, varefter projekterad lösning läses in i ArcMap i form av en 3D-polyline. Alternativt kan projektering/optimering av linjealternativ utföras med enbart GIS-verktyg för projektering.

Till GIS-verktyget finns en Excel-fil med namn *Inparametrar.xlsx* som styr indata till verktygen i GIS, vad gäller dimensioneringsförutsättningar och val av normalsektion för vägen eller järnvägen. I filen visas även kriterier för de val av anläggningar som verktyget gör i korsningspunkter med andra vägar och järnvägar, såsom t.ex. broar eller trafikplatser, som verktyget väljer.

Ett arbetsmoment i ArcGIS-miljön utgörs av en tolkning av jordarter och jordlagers mäktighet med utgångspunkt från jordartskartan och jorddjupskartan samt att erfarenheter från området och eventuella undersökningar kan föras in. Resultatet av denna tolkning lagras i databasen och används i kommande steg. Tolkningen genererar även en 3D-modell för mark, jordlager och bergnivå.

Efter alla moment i GIS-verktyget är körda genereras data in till Excelverktyget, i form av två mängdrapporter innehållandes information om projekterad anläggning, typsektioner samt jordlager.

För mer information kring arbetet i ArcGIS, se *Bilaga 1*.

## **Steg 2. Indata till Excelverktyget**

Indata till Excelverktyget erhålls från steg 1 ovan i form av mängdrapporter. En mängdrapport hanterar data gällande anläggningen och markförhållanden (Resultat\_Väg/Järnväg.xls). Den andra mängdrapporten (Resultat\_Övriga\_Kostnader.xls) innehåller information om bland annat konstbyggnad och anläggningar för korsande vägar och vatten.

Excelverktyget utför beräkningar av kostnad, CO<sub>2</sub>e och energi för hela anläggningen. Val av geotekniska förstärkningar görs automatiskt med utgångspunkt från profilhöjd, typ av jord i undergrund och tjocklek på lösa jordar. Projektet erhåller även en massbalans och redovisning av klimatpåverkan.

Möjlighet finns även i Excelverktyget att göra manuella val av exempelvis grundförstärkningar, avstånd till täkter, kostnader samt ingående data och emissionsvärden för klimatpåverkan.

För mer information om hur beräkningar utförs och hur Excelverktyget är uppbyggt, se *Bilaga 2* och Excelverktyget.

## **Steg 3. Sammanställning och redovisning av resultat**

Resultat av beräkningar kan åskådliggöras i en interaktiv karta i Excel. Därutöver redovisas beräkningarna i en resultatflik i excelverktyget, där summeringar görs av exempelvis kostnader, schakt, fyll, energiåtgång samt CO<sub>2</sub> utsläpp. Resultat av beräkningar kan även läsas in åter i ArcMap för redovisning i grafisk form.

## **Steg 4. Jämförelse och utvärdering av linjealternativ**

Dels kan olika alternativa linjer studeras och utvärderas genom kalkylens resultat men även en och samma linje kan utvärderas genom att antaganden för anläggningen justeras.

Exempel på justeringar som kan göras för en linje är valda grundförstärkningar och hur dessa är beräknade med exempelvis c/c-avstånd för pålmetoder och typ av lättfyllning etc. På detta sätt kan samma linje jämföras där exempelvis olika valda grundförstärkningar ger olika kostnader och klimatpåverkan.

Möjlighet finns även till att projektanpassa kalkylen där exempelvis avstånd till berg/jord-täkt kan justeras samt justera hur stor del av återfyllt fyllmaterial i underbyggnad eller återfyllt material i, samband med massutskifning, som skall utgöras av bergmassor.

Utvärdering av resultat kan leda till slutsatsen att en linje förordas och eller att det kan finnas anledning att förändra linjedragningen för att erhålla ett bättre resultat.

## Anpassningar i verktyget Geokalkyl

### Allmänt

Geokalkyl hanterar typsektioner för både väg och järnväg där dessa går att justera. På så sätt kan en sträckindelning skapas med olika typsektioner.

Geokalkyl hanterar även korsande anläggningar och konstbyggnader där dessa är tolkningsbara och kan projektanpassas. Den tolkningen kommer synas i en mängdrapport kallad Övriga kostander.xls där typ av anläggning, sektionsangivelser och mängder finns förtecknade.

I Geokalkyls Excelverktyg finns många justerbara parametrar för både masshantering och grundförstärkningar, se *Bilaga 2-4* för mer information.

En av Geokalkyls största fördelar är även den inläsning och tolkning som kan göras för jordarter och jorddjup. Dels kan man på ett enkelt sätt få mer verklighetstroga tolkningar som föreslagna grundförstärkningar och masshantering svarar mot och dels får man ut 3D-modeller för tolkningarna för jord och berg. För mer detaljer se nedan.

### Tolkning av jordmodell från jordartskartan

För att förbättra tolkning av jordmodellen inför projekteringen samlas relevant bakgrundsdata och läses in i GIS-miljön. Exempel på kartdata som kan vara bra stöd, utöver jordartskartan och de data som används i Geokalkyl, är resultat från tidigare genomförda markundersökningar, CAD-underlag och flygfoton av olika slag.















Som indata till modellen kommer i första hand information från jordartskartan och jorddjupskartan (SGUs jordartskarta). Verktyget kan hantera tre jordlager, eller två jordlager + underliggande berg. Med utgångspunkt från förklaringsstexten (legenden) har en sammanslagning gjorts av likartade jordarter med avseende på geotekniska egenskaper, d.v.s. med avseende på byggbarheten. I verktyget används ett begrepp; "attribut" eller "jordartsattribut" för de benämningar som ansatts för sammanförda jordartstyper med likartade egenskaper. Dessa jordartsattribut används för beskrivningen av den geotekniska modellen i excelverktyget. T.ex. har jordarter med grövre kornstorlek, med relativt sett god byggbarhet, sammanförts till ett samlingsbegrepp, "Friktionsjord", som är ett exempel på ett jordartsattribut i modellen.

Uppdelning har även gjorts av några jordarter med sämre egenskaper med avseende på byggbarhet och användbarhet för anläggningen. Bland annat har finkorniga jordar av lera delats upp i "Geoteknisk klass" 2 till 4 (attribut GTK2 till GTK4) beroende av vilka hållfasthetsegenskaper som jordarten bedöms ha. Indelning av moränjord sker i tre klasser (MN1, MN2 och MN3). Indelningen av dessa grundar sig på vilken kornfördelning som moränen har (materialtyp), och därmed hur användbara massorna är för anläggningen.

Som defaultvärde för jorddjup av de två övre jordlagren i jordmodellen anges en fördelning mellan dessa två, i förhållande till totalt jorddjup enligt jorddjupskartan. Indelningen av jordarter i jordartsattribut och principer för default-val av jordartsdjup för de övre jordlagren framgår av filen "Inparametrar", flik "klassomvandlingstabell jordarter". Man har möjlighet att ändra dessa förvalda värden.

De övre jordartsattributen i det fall de tillhör materialtyper med sämre byggbarhet tilldelas ett förvalt djup, som används som en ansats vid fortsatt beräkning av underliggande jordlager. Verktuget hanterar i dagsläget tre jordlager. Vidare möjlighet till tolkning både med avseende på attribut och jorddjup kan göras i GIS-miljön som beskrivs i *Bilaga 1*.

Tabell 1. Beskrivning av geotekniska terrängklasser som används i Geokalkyl.

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

### Begränsningar i modellen

Underlaget till modellen som tas fram i geokalkyl, gäller för användande i tidiga skeden och kan inte jämföras med ett färdigt projekteringsunderlag.

Syftet med verktyget "Geokalkyl" är främst att jämföra olika alternativa linjedragningar med avseende på miljöpåverkan, energiåtgång eller kostnad. Vid jämförelsen är det tillräckligt att underlaget för de olika alternativen har likartad noggrannhet.

En begränsning som görs i modellen är att den inte tar hänsyn till bergkvaliteten, d.v.s. hur användbart berget är efter krossning.

Ytterligare förenklingar som gjorts är att modellen hanterar broar och tunnlar genom schabloner.

## Fördelar med modellen

Att metoden i ett tidigt skede utan större förberedande jobb kan generera en kalkyl med mängder, förslag på förstärkningsåtgärder, tolkade jord- och berglager samt kostnader och klimatpåverkan för dessa.

Modellen stöder användning av både projekterad linje från CAD samt egen framtagen linje i GIS.

Metoden hanterar både väg och järnväg samt ett flertal olika typsektioner för respektive anläggning.

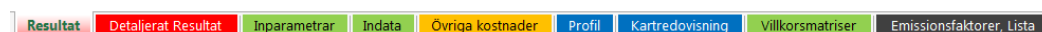
Kalkylen baserar klimatpåverkan utifrån mängder av material och maskin förbrukningar. Möjlighet finns att justera material och på det sättet ändra och jämföra utfallet för klimatpåverkan.

Modellen tillhandahåller 3D-modeller avseende projekterad anläggning och den yta den tar i anspråk samt 3D-modeller för jord- och berglager.

## Excelverktyget

### Allmänt

Verktyget är indelat i flikar. Som standard visas 8 stycken flikar, enligt figur 1 nedan.



Figur 1. Flikar i Excelverktyget Geokalkyl Väg/Järnväg.

Innehållet i flikarna är uppbyggda för att kunna vara självlärande. Information finns tillgänglig i celler som kan ändras i form av vidhängande kommentarer. En cell med en kommentar har en röd triangel uppe i högra hörnet, när muspekaren hålls över en sådan cell så dyker en kommentarruta upp som ger vägledning. De ofärgade cellerna i utdraget från Excelverktyget nedan (figur 3) har en kommentar knuten till respektive cell. Alla gula och orangea celler i verktyget är redigerbara, övriga innehåller formler och är låsta. Vissa gula celler har en rullningslist med fasta värden, andra är fritext. Tänk dock på att inte försöka skriva text där det ska vara numeriska värden.

AMA-kod	Fall A	Ange värde
CBB.111	Schakt jord Fall A [kr/m <sup>3</sup> ]	60
CBC.111	Schakt berg Fall A [kr/m <sup>3</sup> ]	200
CEB.11212	Fyll jord Fall A [kr/m <sup>3</sup> ]	80
CEB.1111	Fyll berg underbyggnad Fall A [kr/m <sup>3</sup> ]	200
	Ballast, ÖB (0-90mm) [kr/m <sup>3</sup> ]	240
	Underballast DCH 15, ÖB (0-90mm) [kr/m <sup>3</sup> ]	250
	Underballast DCH 16, ÖB (0-250mm) [kr/m <sup>3</sup> ]	100
	Avjämningslager, (0-90mm) [kr/m <sup>3</sup> ]	150
	Lastfördelande Lager, (0-250mm) [kr/m <sup>3</sup> ]	120

Figur 3. Exempel på kommentar och redigerbara fält.

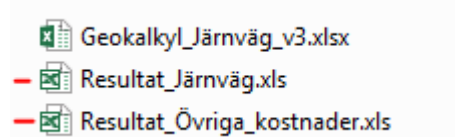
Generellt har eftersträvat att ange defaultvärden för kostnader och energiåtgång i alla led.

Kostnad och klimatpåverkan beräknas för varje punkt enligt det förvalda sektionintervall (t.ex. var 20 m), oberoende av intilliggande punkter. Beräkningar görs även med avseende på masshantering och då tas hänsyn till förekomst av berg och jordartsklasser enligt den tolkning som utförts. En kontroll görs även huruvida de tre lagerna är fall A eller Fall B (Fall A massor hanteras inom projektet, Fall B massor transporteras in eller ut från projektet).

### Inläsning i Excel

Excelverktyget läser automatiskt in skapade mängdrapporter som indata. För att detta ska fungera på bästa sätt ska mängdrapporterna *Resultat\_Väg/Järnväg.xls* och *Resultat\_Övriga\_kostnader.xls* öppnas först och därefter öppna Excelverktyget *Geokalkyl\_Väg/Järnväg\_v3.xlsx*. Därmed läses informationen för ett linjealternativ in, med data från punkter längs linjen med ett förvalt sektionintervall. Sammanställning av indata till Excelverktyget framgår av *Bilaga 2*.

OBS! För att verktyget ska kunna läsa in mängdrapporterna måste dessa ligga under samma mapp, enligt figur 4 nedan.



Figur 4. Lagring av Exceldokument ska ske i samma mapp för det alternativ man studerar. Mängdrapporterna bör öppnas först, markerade med rött innan beräkningsverktyget öppnas.

### Omtolkning av geologisk modell i Excel

Jordartsprofilen kan förutom i tidigare skede i GIS-miljön även omtolkas i excelverktyget. Detta görs i så fall i fliken *Indata* där möjlighet finns att ändra jordartsattribut och djup för respektive jordlager.

Viktigt att tänka på vid omtolkning av ett andra och tredje lager är att B (berg) får inte ha underliggande lager. Som default, i det fall ingen omtolkning utförts i GIS-miljön, är lager 2 (under det översta jordlagret) ansatt till morän och det tredje, dvs det understa lagret ansätts som berg. Defaultvärden för djup, för dessa två undre lagren, styrs av djupet för ovanliggande lager. Alla djup och attribut kan därefter manuellt ändras, d.v.s. kan skrivas över med nya djup och eller attribut. Det finns dessutom rullist med förvalda värden att tillgå i respektive cell.

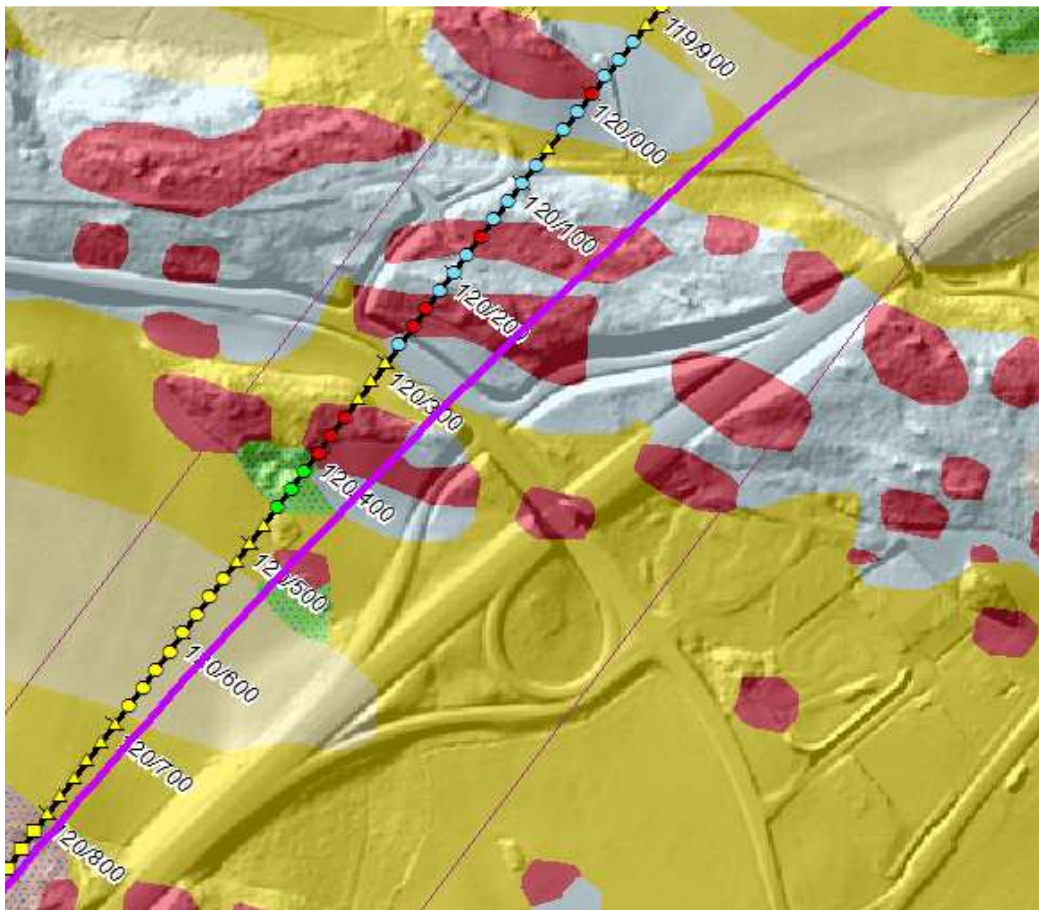
När tolkningen för en sektion gjorts visas eventuell förstärkningsmetod i kolumnen *Förstärkningsåtgärd*. Föreslagen förstärkningsåtgärd styrs även av vilket förstärkningsdjup och hProfilplan (bankhöjd) som gäller för sektionen. Det är möjligt att manuellt justera en förstärkningsåtgärd till en annan i den röda kolumnen ”*Manuell Förstärkningsåtgärd*”. I första hand rekommenderas dock förvald inställning när det gäller förstärkningsåtgärd, då dessa följer de beräkningsprinciper som redovisas under flik *Villkorsmatriser*. Vilka metoder



som kan väljas styrs av en rullningslist med förvalda värden. Man kan även se kostnaden i SEK under kolumnerna *Summa SEK*, förbrukningen i kWh under kolumnerna *Summa kWh* och utsläppet av kg CO<sub>2</sub>ekv under kolumnerna *Summa CO<sub>2</sub>ekv*. Mer om beräkningarna beskrivs längre fram.

Som stöd för tolkningarna i Excel finns filen *Profil*, där man kan se jordartsattributens tjocklek inlagda på en längdprofil längs aktuell linje. Ändringar i filen *Indata* slår igenom i filen *Profil*.

För att underlätta tolkningen bör den som utför arbetet ha ArcMap (2D) alternativt ArcScene (3D) öppet sida vid sida med Excel. Vad man väljer att ha med i kartan är valfritt. I ArcMap brukar en terrängskuggning med en lätt genomskinlig jordartskarta ovanpå vara en bra bakgrund. För att orientera sig längs sträckan kan lagret *Centrumlinje\_rutt\_X* användas för att få ut sektionerna längs linjen enligt bilden nedan (det genereras av verktyget i modelbuilder). I ArcScene går det att lägga in anläggningsmodell, markmodell samt tolkade jordlager som 3D-lager (TIN).



Figur 5. Exempel på kartstöd i ArcMap.

### **Beräkning geoteknisk förstärkning**

Beräkning av geoteknisk förstärkning görs i samband med att geologiska tolkningen utförs, varvid en möjlig förstärkningsmetod väljs automatiskt enligt filen *Villkorsmatrix*. Villkoren som styr valen av förstärkningsåtgärd är

bankhöjd, typ av jord i undergrunden samt jorddjup. Principer och gränser för valda förstärkningsmetoder framgår av profilskisser ovan respektive tabell.

Beräkningar av kostnad respektive klimatpåverkan för respektive förstärkning sker per sektion. Principen för förstärkningsmetoderna har varit beräkna antal och/eller volymenheter som behöver förstärkas under banken, d.v.s. den volym av svag undergrund, som påverkas av ovanliggande bank och behöver förstärkas. I *Bilaga 2* redovisas de antaganden och förenklingar som gjorts vid beräkning omfattningen av de geotekniska förstärkningsåtgärderna.

### **Inparametrar till Excelverktyg**

Genomgående har defaultvärden valts för energiåtgång respektive för kostnader. Energiåtgång och CO<sub>2</sub>-ekv förbrukning baseras på betraktelser för energiåtgång för en tänkt maskinpark för att utföra arbetet med schakt, fyllnads, kross och transportarbete.

Kontroll av ingående defaultvärden har även skett mot Trafikverkets eget framtagna beräkningsverktyg för CO<sub>2</sub>-utsläpp "Klimatkalkyl", och revidering skett vid behov.

Inparametrar för å-priser, energi/enhet och CO<sub>2</sub>/enhet finns sammanställda under flik *Inparametrar*. Posterna är grupperade med underrubriker för förstärkningsmetoder eller för t.ex. schakt/fyll. Varje posts å-pris är knuten till en kostnadsbärande AMA-kod, enligt AMA Anläggning 2013. Kostnader som anges under flik *Inparametrar* har huvudsakligen ursprungligen baserats på prissatta mängdförteckningar från ett större infrastrukturobjekt i norra Sverige, utfört åren kring 2010. Finns tillgång till prisdatabaser kan priserna justeras med avseende på var i landet respektive objekt finns. Kostnaden för transport inom projektet tas med i beräkningen för fyll.

Priserna som anges i Kostnader/priser kan justeras under flik *Inparametrar*. De gula och orangea fälten kan justeras. Kostnader för schakt-/ fyll för jord- respektive bergvolymerna samt övrigt kan utläsas under filken Indata, se *Bilaga 2* för mer information.

### **Beräkning masshantering**

Excelverktyget räknar på energiåtgång, CO<sub>2</sub>e-utsläpp och kostnad för masshantering. Verktyget tar hänsyn till schakt, fyll, transporter, krossning, utläggning och packning för berg eller jord inom anläggningsområdet. Externa transporter beräknas också.

Det som ligger till grund för massberäkningen är dels schakt- och fyllvolymerna som kommer från mängdrapporter från GIS-verktyget, samt även schakt och fyllvolymerna som tillkommer för utskiftningar.

Hänsyn tas även till hantering av eventuellt inkommande och utgående massor till och från objektet (**Fall A** och **Fall B**). När det gäller fyllmassor, berg eller jord som körs in till objektet (fall B-massor) så baseras de priserna på kostnader inom anläggningen, dvs Fall A-priser, som ges ett tillägg, en schablonkostnad,

som beror på vilket avstånd det är till täkt för jord respektive berg. Avståndet till täkt är också en inparameter.

Vid beräkningar av volymer för massutskiftningar antas marken i sektion vara horisontell. Kontroll skall göras så att schakt och fyllvolymner ej medräknas på avsnitt med tunnel respektive bro.

## Övriga kostnader

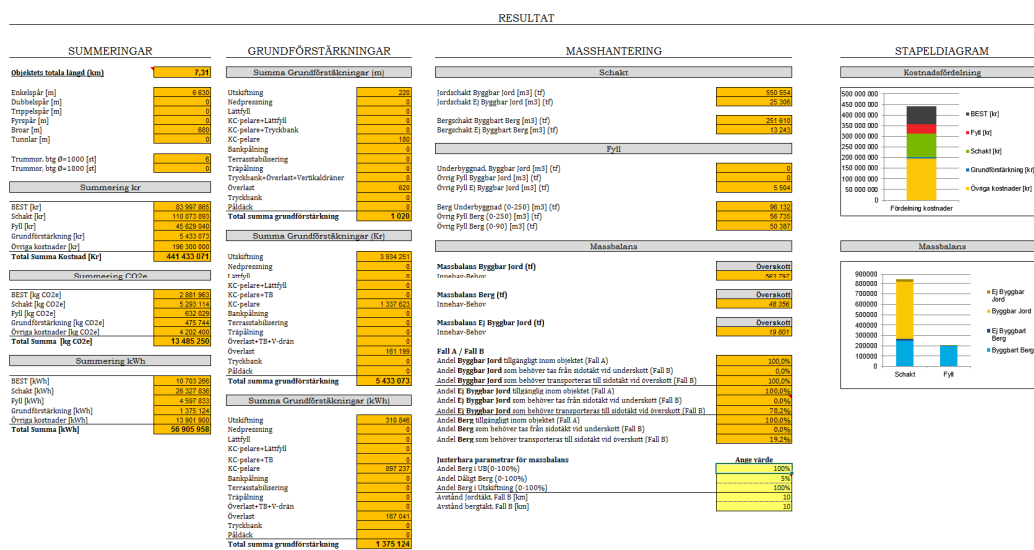
I Excelverktyget finns en flik som heter *Övriga kostnader*. Kostnader och klimatpåverkan beräknas där för de intolkade korsande anläggningarna. Här kan även manuella poster för broar, trummor, omläggning av vägar, räckan etc. skrivas in och ingå i kalkylen.

Se *Bilaga 2* för mer information.

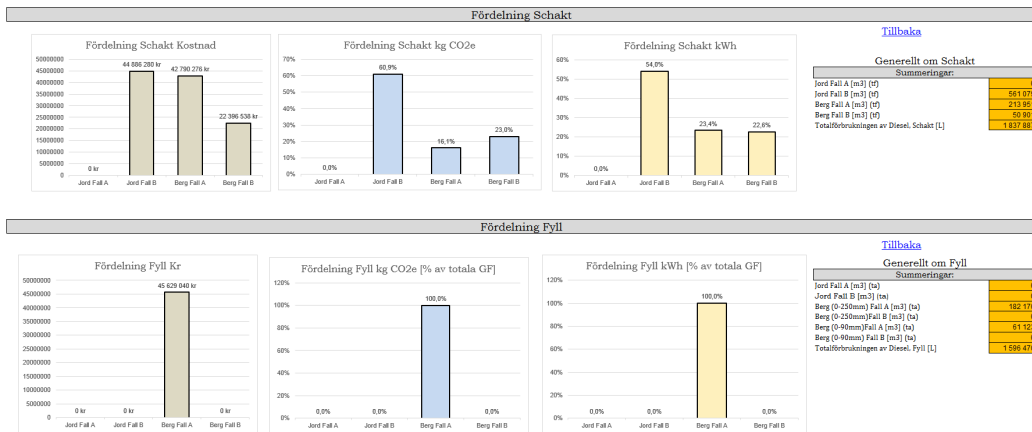
## Sammanställning

I fliken *Resultat* och *Detaljerat Resultat* redovisas resultatet av kalkylen för det studerade linjealternativet. Kostnad och klimatpåverkan redovisas summerat samt även uppdelat, i huvudsak på förstärkningsåtgärder och masshantering. Fliken *Detaljerat Resultat* redovisar resultatet grafiskt och presenterar även nyckeltal för grundförstärkningar och masshantering.

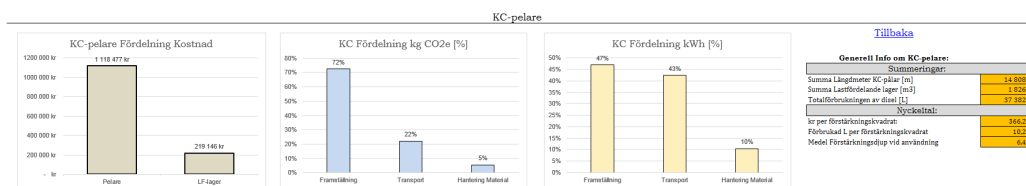
Resultaten kan med fördel skrivas ut och sammanställas via Excel. Figur 6-8 nedan visar exempel på presentation av resultat.



Figur 6. Exempel på summeringar ur fliken *Resultat*.



Figur 7. Exempel på resultat och fördelning generell masshantering i fliken Detaljerat Resultat.

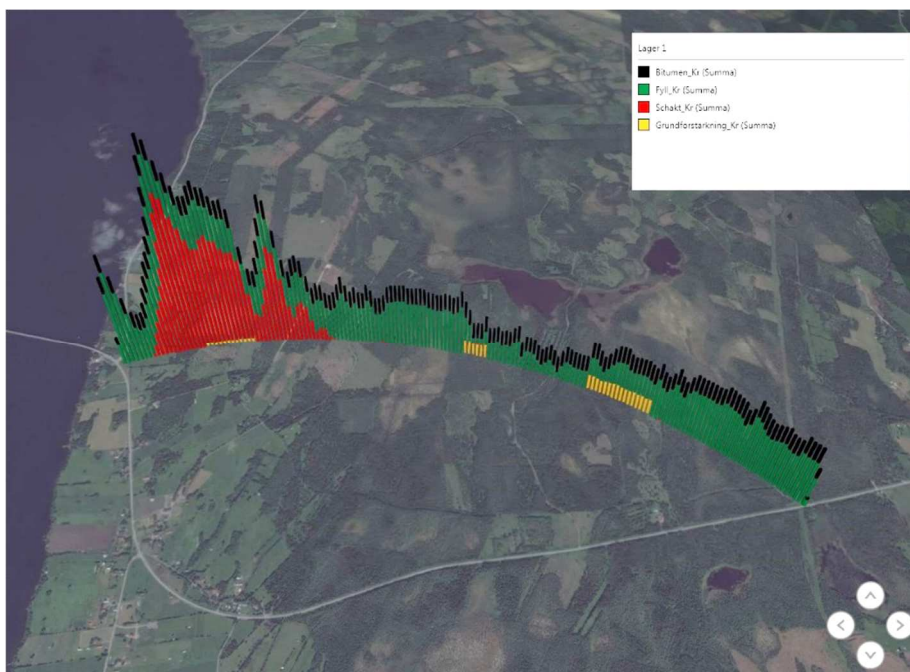


Figur 8. Exempel redovisning av resultat för förstärkningsmetoden KC-pelare i fliken Detaljerat Resultat.

## Sammanställning och redovisning av resultat

Excelverktyget ger goda möjligheter att sammanställa och presentera resultatet för en Geokalkyl Infrastruktur. Dels finns summeringar av kalkylens olika delar samt beräkningsuppdelning per sektion.

I Bilaga 2 finns tre förordade sätt att presentera resultat. Nedan redovisas exempel på redovisning.

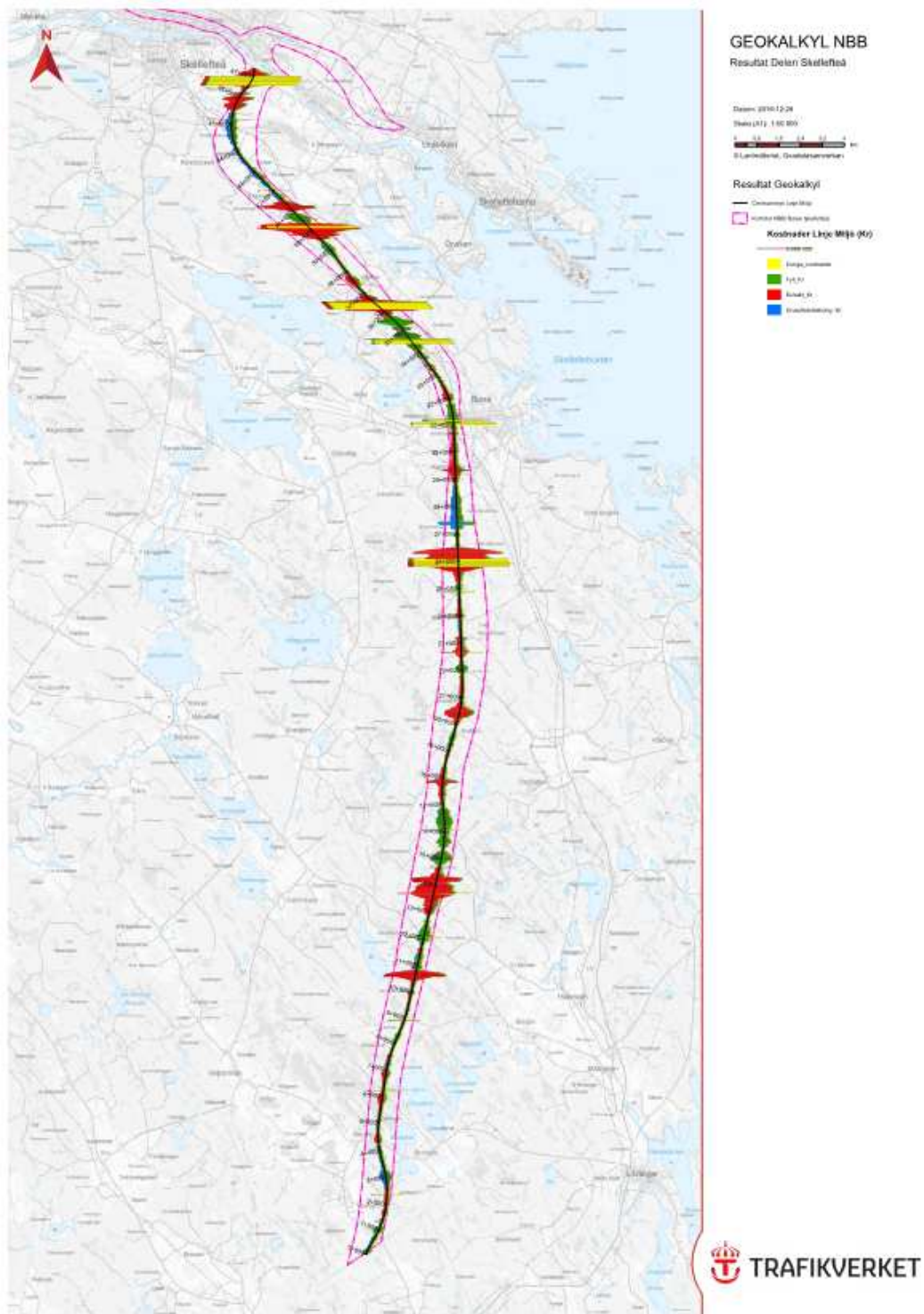


Figur 9. Exempel på kartredovisning från Excel.

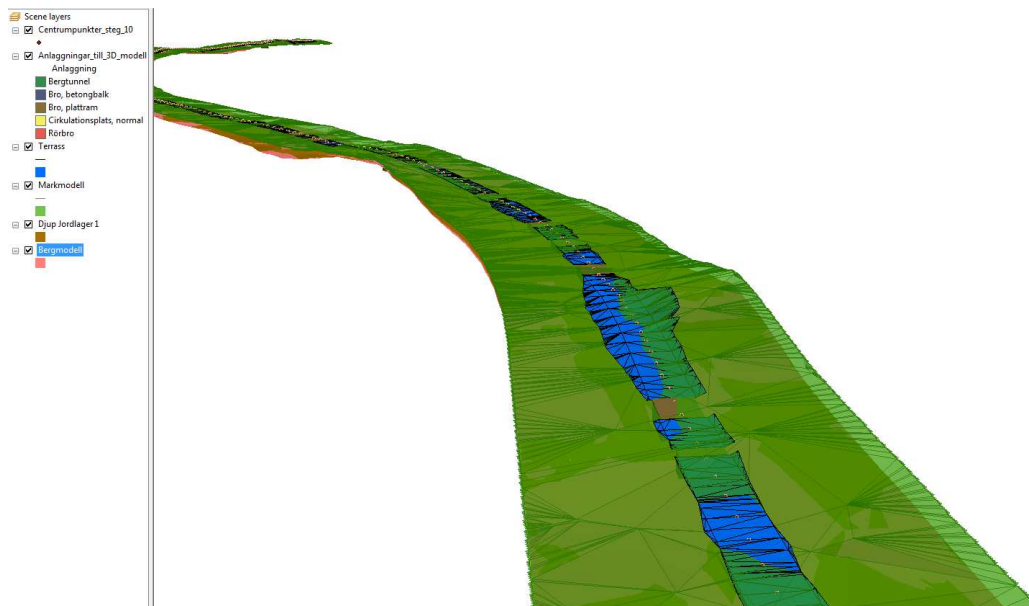


Figur 10. Exempel på kartredovisning av resultat från GIS-miljö.





Figur 11. Exempel på kartredovisning av resultat från GIS-miljö.



Figur 12. Exempel på 3D-modeller från GIS-verktyget

## Jämföra och utvärdera resultat

Alternativ bör jämföras och ”problemområden” identifieras där vidare arbete och justering kanske kan lösa att ex. kostnaderna och energiåtgången är så hög i vissa delområden längs sträckan.

Genom att gå igenom varje alternativ och se var de stora kostnaderna för masshantering och geotekniska förstärkningsåtgärder uppkommer kan projektören med den nya informationen eventuellt justera profilen eller flytta linjen i plan för att få ner kostnad, energiförbrukning och CO<sub>2</sub>-utsläpp, eller för att få en bättre massbalans. Man får även ett bättre underlag för kommande steg i planeringen för att veta var geotekniska undersökningar bäst behöver göras.

## Bilagor

Bilaga 1	Handhavande i ArcGIS
Bilaga 2	Beräkningsverktyg Excel
Bilaga 3	Geotekniska grundförstärkningar
Bilaga 4	Masshantering



Trafikverket, 781 89 Borlänge. Besöksadress: Röda vägen 1  
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 0243-795 90

[www.trafikverket.se](http://www.trafikverket.se)