

# ekoGeokalkyl

FÖR BYGGBARHET OCH EKOSYSTEMTJÄNSTER



# ekoGeokalkyl

För byggbarhet och ekosystemtjänster

Christel Carlsson, SGI

Jim Hedfors, SGI

Ann-Mari Fransson, SLU

Med stöd från

**VINNOVA**  
Sveriges innovationsmyndighet

 **Energimyndigheten**

**FORMAS** 

**Strategiska  
innovations-  
program**

## Förord

Smart Built Environment är ett strategiskt innovationsprogram för hur samhällsbyggnadssektorn kan bidra till Sveriges resa mot att bli ett globalt föregångsland som realiserar de nya möjligheter som digitaliseringen för med sig. Smart Built Environment är ett av 17 strategiska innovationsprogram som har fått stöd inom ramen för Strategiska innovationsområden, en gemensam satsning mellan Vinnova, Energimyndigheten och Formas. Syftet med satsningen är att skapa förutsättningar för Sveriges internationella konkurrenskraft och bidra till hållbara lösningar på globala samhällsutmaningar.

Samhällsbyggnadssektorn är Sveriges enskilt största sektor som påverkar hela vår bebyggda miljö, men den är fragmenterad med många aktörer och processer. Att förändra samhällsbyggandet med digitaliseringen som drivkraft kräver därför samverkan mellan många olika aktörer. Smart Built Environment tar ett samlat grepp över de möjligheter som digitaliseringen innebär och blir en katalysator för spridningen av nya möjligheter och affärsmodeller.

### **Programmets mål är att till 2030 uppnå:**

- 40 % minskad miljöpåverkan i ett livscykelperspektiv för nybyggnad och renovering
- 33 % minskning av total tid från planering till färdigställande för nybyggnad och renovering
- 33 % minskning av de totala byggkostnaderna
- flera nya värdekedjor och affärsmodeller baserade på livscykelperspektiv, plattformar samt nya konstellationer av aktörer

I programmet samverkar programparter från näringsliv, kommuner, myndigheter, bransch- och intresseorganisationer, institut och akademi. Tillsammans nyttiggör vi den kunskap som tas fram i programmet.

EkoGeokalkyl (tidigare Geoekokalkyl) är ett av projekten som har genomförts i programmet. Projektet har letts av Statens geotekniska institut (SGI) och genomförts av en projektgrupp bestående av representanter från myndigheter (Boverket och SGI), akademi (SLU och Chalmers) och kommuner (Malmö stad, Västerås stad) med kompetenser inom geoteknik, markkemi, växtekologi, beslutsstödsanalys och geografiskt informationssystem (GIS).

Projektet har utvecklat ett GIS-baserat verktyg *ekoGeokalkyl 1.0* för planering av bebyggelse med hänsyn taget till ekosystemtjänster.

Stockholm, 2020-07-31

## Sammanfattning

Behovet av nya bostäder i Sverige är stort och har lett till krav på mer effektiva och digitala planläggningsprocesser. Vid fysisk planering är byggkostnaden viktig och bör utgöra en del i beslutsfattandet. Enligt regeringens etappmål för hållbar stadsutveckling, ska dessutom även stadsgrönska och ekosystemtjänster tas tillvara och integreras i urbana miljöer vid planering, byggande och förvaltning av städer och tätorter.

Markens egenskaper och kvalitet bidrar med grundläggande förutsättningar för främjandet av ett flertal ekosystemtjänster via olika markfunktioner. Vid exploatering i urbana miljöer finns en risk att befintliga markfunktioner och därmed ekosystemtjänster påverkas negativt då t.ex. värdefull mark bebyggs, hårdgörs eller schaktas bort. För att förhindra förluster av värdefulla ekosystemtjänster bör de identifieras och dokumenteras.

Projektet har utvecklat ett GIS-baserat verktyg *ekoGeokalkyl* för planering av bebyggelse med hänsyn taget till ekosystemtjänster. Verktöget identifierar markfunktioner inom ett specifikt planområde, så att dessa kan tas hänsyn till i tidigt skede av planprocessen. I en första version av verktöget *ekoGeokalkyl 1.0* inkluderas två markfunktioner; markens förmåga att understödja vegetation (vegetationspotential) och markens förmåga att infiltrera vatten (genomsläpplighet). Verktöget klassar marken med avseende på de båda markfunktionerna i tre kategorier (*bra, måttlig, dålig*) så att de kan dokumenteras och visualiseras integrerat med byggnadsteknisk utformning.

Den primära målgruppen för *ekoGeokalkyl* är kommunernas enheter för miljö, planering och exploatering. Utvecklingen av verktöget har därför genomförts i nära samverkan med kommunerna för att säkerställa att deras behov tillgodoses. Det framtagna verktöget har testats i två pilotstudier: (i) Smörkajen i Malmö och (ii) Vallby hage i Västerås.

*EkoGeokalkyl* kan betraktas som ett komplement till ett befintligt verktyg *Geokalkyl*, som bedömer kostnader för mark- och grundläggningsarbeten i tidiga planeringsskedet. En analys av ekosystemtjänster med *ekoGeokalkyl* kan utföras separat, men kan också med fördel kombineras med en bedömning av geotekniska kostnader i ett och samma GIS-projekt. Resultatet kan presenteras i 2D- eller 3D-kartor och kan användas som diskussions- och beslutsunderlag vid planläggning och samråd. Verktöget med tillhörande manual finns fritt tillgängligt på SGI:s webbplats.

## Summery

There is a great need for new housing in Sweden which has led to demands for more efficient and digital planning processes. In spatial planning, construction costs are important and should be part of decision-making, and according to Swedish goals for sustainable urban development, also urban greenery and ecosystem services must be utilized and integrated into urban planning, building and managing of cities.

The soil's properties and quality contribute with basic conditions for the promotion of a number of ecosystem services via various soil functions. When exploiting land in urban environments, there is a risk that existing soil functions and thus ecosystem services are negatively affected when valuable land is built on, sealed or excavated. To prevent losses of valuable ecosystem services, they should be identified and documented.

The project has developed a GIS-based tool *ekoGeokalkyl* for physical planning of buildings with regard to ecosystem services. The tool identifies soil functions within a specific planning area, so that these can be taken into account at an early stage of the planning process. A first version of the tool *ekoGeokalkyl 1.0* includes two soil functions; the soil's ability to support vegetation (vegetation potential) and the soil's ability to infiltrate water (permeability). The tool classifies the soil, with respect to the two soil functions, into three categories (*good, moderate, bad*) so that they can be documented and visualized together with technical building design.

The primary target group for *ekoGeokalkyl* is environmental, planning and development departments at the municipalities. The development of the tool has therefore been carried out in close collaboration with the municipalities to ensure that their needs are met. The tool has been tested in two pilot studies in Sweden: (i) Smörkajen in Malmö and (ii) Vallby hage in Västerås.

*EkoGeokalkyl* can be considered as a complement to an existing tool *Geokalkyl*, which assesses costs for geotechnical work for building construction in early planning stages. An analysis of ecosystem services with *ekoGeokalkyl* can be performed separately but can also be combined with an assessment of geotechnical costs in one and the same GIS project. The results can be presented in 2D or 3D maps and can be used as a basis for discussion and decision-making during planning and consultation. The tool with the accompanying manual is freely available on SGI's website.

# Innehållsförteckning

<b>1 BAKGRUND</b>	<b>7</b>
<b>2 METOD</b>	<b>8</b>
2.1 AVGRÄNSNING	8
2.2 GENOMFÖRANDE	8
<b>3 RESULTAT</b>	<b>9</b>
3.1 VERKTYGETS UPPBYGGNAD	9
3.1.1 ARBETSPROCESSEN	9
3.1.2 NÖDVÄNDIG KOMPETENS, MJUKVARA OCH INDATA	10
3.1.3 KLASSNING AV MARKENS GENOMSLÄPPLIGHET	10
3.1.4 KLASSNING AV MARKENS VEGETATIONSPOTENTIAL	11
3.2 PILOTSTUDIER	13
3.2.1 SMÖRKAJEN, MALMÖ	13
3.2.2 VALLBY HAGE, VÄSTERÅS	15
<b>4 FORTSATT ARBETE</b>	<b>17</b>
<b>5 KOMMUNIKATION OCH KUNSKAPSFÖRMEDLING</b>	<b>18</b>
<b>6 REFERENSER</b>	<b>20</b>
<b>BILAGA A. ÖVERSÄTTNING AV JORDARTER TILL GENOMSLÄPPLIGHET</b>	<b>23</b>
<b>BILAGA B. BAKGRUND TILL VALDA KLASSINTERVALL FÖR INGÅENDE PARAMETRAR I VEGETATIONSPOTENTIAL</b>	<b>28</b>

# 1 Bakgrund

Behovet av nya bostäder i Sverige är stort (Boverket, 2018, 2019a) och har lett till krav på mer effektiva och digitala planläggningsprocesser (Prop. 2017/2018:132). Vid fysisk planering är byggkostnaden viktig och bör utgöra en del i beslutsfattandet. Enligt regeringens etappmål för hållbar stadsutveckling, ska dessutom även stadsgrönska och ekosystemtjänster tas tillvara och integreras i urbana miljöer vid planering, byggande och förvaltning av städer och tätorter (Naturvårdsverket, 2019). Boverket har på uppdrag av regeringen tagit fram en vägledning och metodik för att underlätta detta arbete hos kommunerna (Boverket, 2019b, 2019c). För att kunna bevara, utveckla och skapa urbana ekosystemtjänster pågår en utveckling av planeringsunderlag och verktyg (Boverket, 2019d).

Begreppet ekosystemtjänster avser alla de produkter och tjänster som naturens ekosystem ger oss människor. Ekosystemtjänsterna brukar delas in i fyra kategorier (i) *försörjande tjänster*, t.ex. färskvatten, förnybara bränslen, syre, material och livsmedel, (ii) *reglerande tjänster* t.ex. rening av vatten och luft, klimatreglering, erosionskydd, bullerdämpning), (iii) *kulturella tjänster* såsom rekreation, kulturarv, estetiska, kulturella och pedagogiska värden, samt (iv) *stödjande tjänster*, som skapar förutsättningen för andra ekosystemtjänsters funktion, t.ex. jordbildning, fotosyntes, biodiversitet, vatten- och näringscykler (MEA, 2005; TEEB, 2010; CICES, 2011).

Markens egenskaper och kvalitet bidrar med grundläggande förutsättningar för främjandet av ett flertal ekosystemtjänster via olika markfunktioner (Adhikari och Hartemink, 2016). Markens funktion att upprätthålla grönska kan t.ex. ge oss flera olika ekosystemtjänster såsom rekreation, biologisk mångfald, klimatreglering, bullerdämpning etc. Markfunktioner såsom genomsläpplighet och filterkapacitet kan t.ex. bidra med ekosystemtjänsterna dagvattenreglering och fastläggning av föroreningar.

Vid exploatering i urbana miljöer finns en risk att befintliga markfunktioner och därmed ekosystemtjänster påverkas negativt av byggnadstekniska åtgärder, t.ex. då värdefull mark bebyggs, hårdgörs eller schaktas bort. För att förhindra förluster av värdefulla ekosystemtjänster bör de, som ett första steg, identifieras och dokumenteras.

Mark- och grundläggningskostnader står för ca 20% av den totala bygg- och anläggningskostnaden i Sverige (SGI, 1996). I ett regeringsuppdrag 2013-2016 har SGI tagit fram GIS-verktyget *Geokalkyl* som är kopplat till BIM - byggnadsinformationsmodellering. Geokalkyl är utvecklat för att ta hänsyn till geotekniska förutsättningar vid fysisk planering och i tidiga skeden i planprocessen översiktligt bedöma kostnader för olika geotekniska arbeten (SGI, 2016).

Målet med projektet har varit att utveckla ett verktyg *ekoGeokalkyl* som ett komplement till det ursprungliga verktyget Geokalkyl för att möta behov av verktyg som dokumenterar och visualiserar ekosystemtjänster integrerat med byggnadsteknisk utformning för olika exploateringsalternativ. Syftet är att öka kommunernas möjligheter att i tidigt skede av planprocessen planera för värdefulla ekosystemtjänster.

## 2 Metod

### 2.1 Avgränsning

Projektet föregicks av en förstudie med syfte att avgränsa och planera genomförande (Carlsson, 2017). De primära målgrupperna för verktyget är kommunernas enheter för miljö, planering och exploatering. Inom förstudien gjordes en behovsanalys som pekade på kommunernas behov av ett system som sammanställer och integrerar komplex information som rör urbana ekosystemtjänster och markens lämplighet för bebyggelse, så att den kan delas och kommuniceras mellan olika tjänstemän inom kommunen och till kommunens olika målgrupper. Detta för att på bästa sätt stödja en rad olika beslut under planprocessen. Vid behovsanalysen framkom också att planer för grönstruktur och dagvattenhantering finns på många kommuners agenda och har tydliga kopplingar till viktiga ekosystemtjänster. I projektet prioriteras därför utvecklingen av ekoGeokalkyl för att kunna analysera (i) markens förmåga att upprätthålla grönska (markens vegetationspotential) och (ii) hantera regnvatten (markens genomsläpplighet).

### 2.2 Genomförande

Utvecklingen av ekoGeokalkyl har genomförts med stöd av litteraturstudier och i nära samverkan med kommunerna för att säkerställa att deras behov tillgodoses. Det framtagna verktyget har testats i två pilotstudier: (i) Smörkajen i Malmö och (ii) Vallby hage i Västerås. Pilotstudierna genomfördes för att validera verktyget mot verkliga data och identifiera representativa klassningsintervall för de båda markfunktionerna. Under utvecklingsprocessen har verktyget och dess utformning löpande presenterats och diskuterats vid workshops med representanter från olika enheter på kommuner, byggherrar, konsulter samt myndigheter involverade i olika delar av planprocessen. Projektet har drivits av en projektgrupp bestående av representanter från myndigheter (SGI och Boverket), akademi (SLU och Chalmers) och kommuner (Malmö stad, Västerås stad) med kompetenser inom geoteknik, markkemi, växtekologi, beslutsstödsanalys och geografiskt informationssystem (GIS).



## 3 Resultat

Det huvudsakliga resultatet från projektet är verktyget ekoGeokalkyl med tillhörande manual (SGI, 2020). Verktyget har utvecklats med inspiration från liknande planeringsverktyg (Lehmann et al, 2008, Vrscaj et al., 2012) och finns fritt tillgängligt på SGI:s webbplats. EkoGeokalkyl vänder sig framförallt till kommuner som vill planera för eller undersöka påverkan på markfunktioner och därtill knutna ekosystemtjänster vid olika exploateringsalternativ eller vid olika byggåtgärder. Verktyget används bäst i tidigt planeringsstadium för att ge en översiktlig lägesbild av markens kvalitet utifrån ett ekosystemtjänstperspektiv, men är inget projekteringsverktyg. Visualiserade resultat från analys med ekoGeokalkyl bidrar med beslutsunderlag och möjliggör effektiv kommunikation mellan berörda parter. På så sätt kan verktyget bidra till att minska förluster av värdefulla ekosystemtjänster. Nedan följer en sammanfattning av verktygets funktion och uppbyggnad.

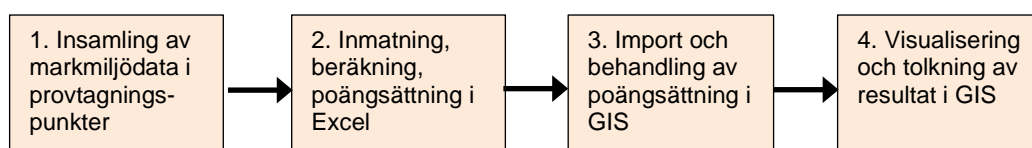
### 3.1 Verktygets uppbyggnad

EkoGeokalkyl 1.0 är ett ArcGIS-baserat verktyg för planering av bebyggelse med hänsyn taget till de ekosystemtjänster som är kopplade till markfunktionerna *genomsläpplighet* ( $G_s$ ) och *vegetationspotential* ( $V_p$ ). Verktyget klassar marken med avseende på de båda markfunktionerna i tre kategorier (*bra*, *måttlig*, *dålig*) så att de kan dokumenteras och visualiseras integrerat med byggnadsteknisk utformning.

EkoGeokalkyl är ett komplement till det större verktyget Geokalkyl, som beräknar kostnader och koldioxidavtryck för mark- och grundläggningsarbeten i tidiga planeringsstadierna (SGI, 2016, 2017). EkoGeokalkyl kan utföras separat, men kan med fördel kombineras med en Geokalkyl i ett och samma GIS-projekt. Resultatet från en analys med verktyget redovisas grafiskt som kartbilder i form av 2D-kartor och/eller 3D-kartor över aktuellt bebyggelseområde.

#### 3.1.1 Arbetsprocessen

Figur 1 beskriver kortfattat arbetsprocessen för analys med ekoGeokalkyl i fyra steg. Arbetsprocessen startar (steg 1) med insamling av nödvändiga markmiljödata för valda geografiska punkter. Med utgångspunkt i ett kalkylblad som innehåller fält för indata, beräkning och poängsättning, görs en samlad poängsättning utifrån markens *vegetationspotential* och markens *genomsläpplighet* (steg 2). Poängen för respektive markfunktion i punkterna interpoleras med lämplig metod beroende på provpunkternas geografiska distribution (steg 3). Därefter visualiseras marken i klasserna "*bra*", "*måttlig*", "*dålig*" på en karta via ArcGIS (steg 4), för vidare tolkning i relation till planerad bebyggelse, andra förutsättningar, eller tillsammans med en utförd beräkning av geotekniska kostnader i Geokalkyl.



Figur 1. Ingående steg för att analysera markfunktioner med ekoGeokalkyl.

### 3.1.2 Nödvändig kompetens, mjukvara och indata

För att använda ekoGeokalkyl krävs kompetens, mjukvara och markmiljödata. Nödvändig mjukvara är (i) ArcGIS Desktop, version 10.5.1 eller senare, samt ArcGIS tillägg 3D-analyst och Spatial Analyst version 10.5.1 eller senare och (ii) Microsoft Excel, version 2010 eller senare. För hantering och bearbetning av informationen i GIS-miljö krävs därför erfarenhet av ESRI:s program ArcGIS Desktop. För det förberedande arbetet med insamling av data behövs även kunskaper i markkemi eller motsvarande. Om analysen ska kombineras med Geokalkyl krävs även kunskaper i geoteknik.

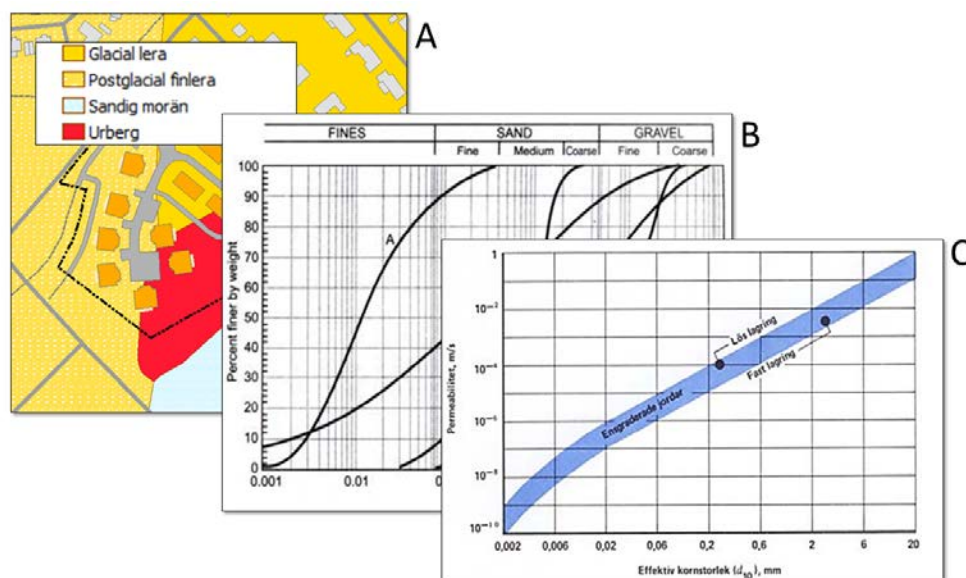
Indata till de jordparametrar som ingår i algoritmerna för att beskriva de båda markfunktionerna hämtas från fältmätningar och kemiska laboratorieanalyser. Om inte nödvändiga uppgifter kan hämtas från befintliga arkiverade miljöundersökningar behöver sådana tas fram. Det kan innebära fältprovtagning av jord med efterföljande kemisk och geologisk karaktärisering. Det finns vägledningar framtagna av Svenska geotekniska föreningen (SGF) som kan utgöra ett stöd vid fältprovtagning och efterföljande jordartsbestämningar samt kemiska analyser (SGF, 2011, SGF 2014a, SGF 2014b, SGF 2016). Generellt gäller att ju bättre kvalitet på indata (tätare provtagningspunkter och högre upplösning i bestämning av jordparametrarna), desto högre precision kan erhållas i bestämningen av markfunktionerna.

Utöver jordparametrar krävs kartunderlag för planerad bebyggelse av byggnader, grönytor och hårdgjorda ytor i ArcGIS polygon shape-format. I manualen till verket finns arbetsprocessen noggrant beskriven, vilka data som behövs och hur de kan inhämtas (SGI, 2020).

### 3.1.3 Klassning av markens genomsläpplighet

I verket bestäms markens genomsläpplighet (hydrauliska konduktivitet) med hjälp av empiriskt framtagna samband mellan jordart (textur) och hydraulisk konduktivitet, via partikelstorleksfördelning (Larsson, 2008, Figur 2). I Bilaga A tabelleras värden på genomsläpplighet för ett antal olika jordarter.

I verket har en klassindelning valts så att marken anses ha *dålig* genomsläpplighet mellan  $1 \times 10^{-11}$  till  $1 \times 10^{-8}$  m/s, *bra* genomsläpplighet mellan  $1 \times 10^{-3}$  till  $1 \times 10^0$  m/s och däremellan *måttlig* genomsläpplighet (Tabell 1).



Figur 2. Markens genomsläpplighet (hydraulisk konduktivitet) bestäms av jordartens effektiva kornstorlek i enlighet med empiriska studier (Larsson, 2008). A) Jordartskarta, B) förhållandet jordartsbenämning och kornstorlek, och C) kornstorlekens genomsläpplighet.

Tabell 1. Klassningsintervall för markens genomsläpplighet ( $G_s$ )

Parameter	Dålig	Måttlig	Bra
$G_s$ (m/s)	$1 \times 10^{-11}$ - $1 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-8}$ - $1 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$ - $1 \times 10^0$

### 3.1.4 Klassning av markens vegetationspotential

Markens *vegetationspotential*,  $V_p$ , beror framförallt på markens näringsinnehåll och vattenhållande förmåga. I verktyget bestäms vegetationspotentialen genom att de ingående parametrarna i formel 1 analyseras enligt rekommenderad metod (Tabell 2) och poängsätts (eng. scoring) enligt Tabell 3. Se Bilaga B för motivering av vald poängsättning. Tabell 4 visar jordartsberoende värden på  $H_{max}$ , som är en ingående parameter i formel 3.

$$V_p = (L + pH + P-AL + N_{min} + K-AL + OC + (2 * vH_{max})) \quad (1)$$

där  $N_{tot}$  respektive  $vH_{max}$  kan beräknas enligt formel 2 respektive 3:

$$N_{tot} = NH_4^+ + NO_3^- + (OC * 0,03) \quad (2)$$

$$vH_{max} = H_{max} * (100 - OC) + H_{max} (OC * 0,3) \quad (3)$$

**Tabell 2. Ingående parametrar för bestämning av markens vegetationspotential**

Beteckning	Enhet	Beskrivning	Rekommenderad analysmetod
Jordart	(-)	jordart	ISO 14668 alt SGU jordartskarta
H <sub>max</sub>	(-)	volymetrisk vattenhållande förmåga (VHF) vid fältkapacitet	Jordartsberoende värden enligt Tabell 2
vH <sub>max</sub>	(-)	maximalt tillgängligt vatten vid omättade förhållanden	Beräknas som viktat H <sub>max</sub> enligt formel 3
L	(vikt%)	lerinnehåll	SS-EN ISO 17892-4:2016
OC	(vikt%)	organisk halt	SS EN 13039
pH	(-)	pH	SS-ISO 10390:20
P-AL	mg/kg	tillgänglig fosfor	SS 28310 + T1
K-AL	mg/kg	tillgängligt kalium	SS 28310 + T1
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/kg	ammonium	ADAS metod 59
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/kg	nitrat	ADAS metod 53
N <sub>tot</sub>	mg/kg	Kväve- total	Beräknas enligt formel 2

**Tabell 3. Poängsättning för ingående parametrar i formel 1**

Parameter	Enhet	Dålig	Måttlig	Bra	Mycket bra
pH <sup>1</sup>	(-)	<4,2 och >9	4,2-5 och 8,5-9	5-6 och 7-8,5	6-7
OC <sup>1</sup>	(vikt%)	<3	3-5	5-10	>10
vH <sub>max</sub> <sup>1</sup>	(-)	<5	5-15	15-30	>30
L <sup>2</sup>	(vikt%)	>20	5-20	(tom ruta)	0-5
P-AL <sup>3</sup>	mg/kg	<20	20-80	80-160	>160
K-AL <sup>3</sup>	mg/kg	<40	40-160	160-320	>320
N <sub>tot</sub> <sup>1</sup>	mg/kg	<1	1	10-40	>40
Poäng		1	2	3	4

<sup>1</sup> Stöd för klassindelning har hämtats ur Brady and Weil, 2002

<sup>2</sup> Stöd för klassindelning har hämtats ur Dexter, 2004 och Eriksson et al., 2005

<sup>3</sup> Klassindelning enligt Egner et al, 1960

**Tabell 4. Översättning till H<sub>max</sub> beroende på jordart enligt Sitch et al (2003)**

Beteckning	Beskrivning	Beskrivning Eng.	H <sub>max</sub>
sa Gr/F	sandig Grus	Medium-coarse	0,130
(gr) Sa, tegel, slagg/F	Fyllning	Coarse	0,110
gr Sa/F	grusig Sand	Medium-coarse	0,100
le Sa/F	lerig Sand	Fine-Medium	0,130
le sa Mu/F	lerig, sandig Mulljord	Fine-Medium	0,135
LeMn/F	Lermorän	Fine-medium-course	0,127
Mu/F	Mulljord	Medium	0,150
Sa/F	sandig Grus	Medium-coarse	0,130
sa mu/F	sandig mulljord	Medium	0,150
Mu	Torv o dyl	Organic	0,300

I verktyget klassas markens vegetationspotential enligt Tabell 5. Med en poängsättning mellan 1 och 4 för de ingående parametrarna i formel 1, kan  $V_p$  maximalt bli 32 och som minst 8. Klassningsintervallen i Tabell 5 är här valts utifrån en bedömning av de olika parametrarnas betydelse för markens kvalitet (Bilaga B). Klassindelningen i Tabell 5 kan eventuellt komma att justeras i takt med att verktyget valideras med hjälp av ytterligare objekt.

**Tabell 5. Klassningsintervall för markens vegetationspotential ( $V_p$ )**

Parameter	Dålig	Måttlig	Bra
$V_p$ (antal poäng)	8-16	17-23	23-32

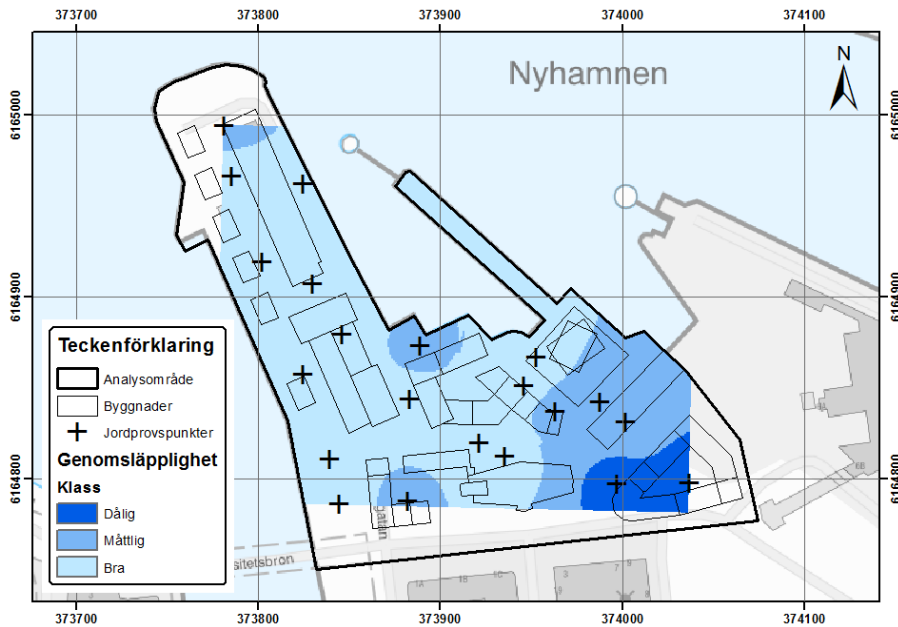
## 3.2 Pilotstudier

För att testa verktygets funktion genomfördes två pilotstudier inom projektet; (i) Smörkajen i Malmö och (ii) Vallbyhage i Västerås. Syftet med pilotstudierna var att validera verktyget mot verkliga data för att säkerställa att framtagna algoritmer och klassningsintervall samt användbarhet och visualisering var tillfredställande. Pilotstudierna beskrivs kortfattat nedan.

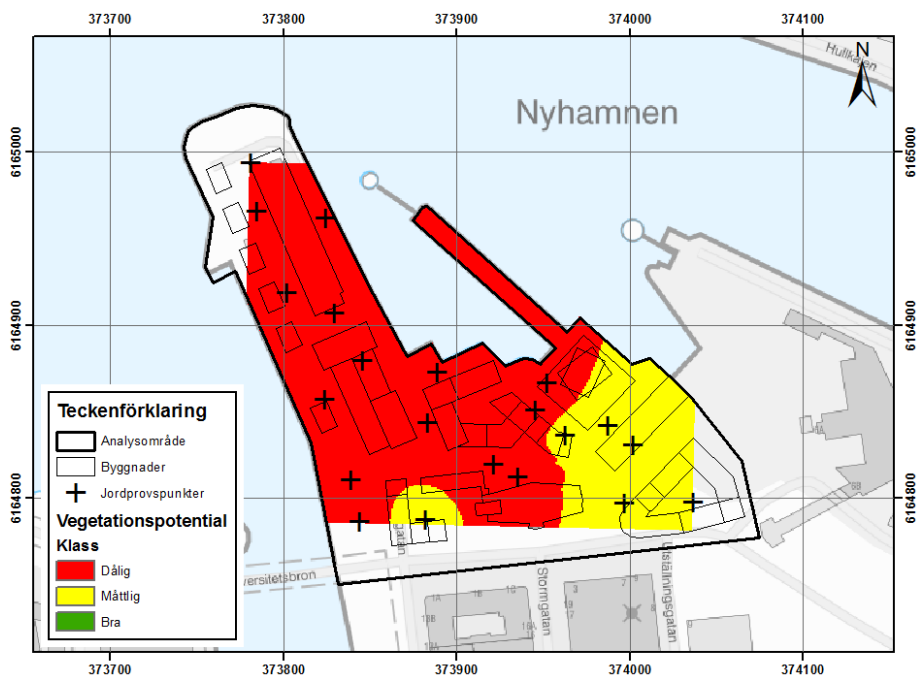
### 3.2.1 Smörkajen, Malmö

Området Smörjkajen utgör etapp 1 av exploateringen av Nyhamnen i Malmö. Översiktsplanen för Nyhamnen antogs 2019 och beskriver en omvandling av Nyhamnen till en nära, tät, grön och funktionsblandad stadsdel (Malmö stad, 2019). Fullt utbyggt förväntas området Nyhamnen ge ca 8 000 nya bostäder och 13 500 nya arbetsplatser och ska innehålla grannskapsparker, en stadsdelspark, gröningar och torg. Området Smörkajen består i dagsläget till största del av asfaltsytor som ska omvandlas till ytor som stödjer ekosystemtjänster.

Nödvändiga markmiljödata från 21 punkter distribuerade över Smörkajen insamlades och användes för att bedöma markens genomsläpplighet och vegetationspotential. Enligt befintliga miljörapporter består marken på Smörkajen till största del av fyllnadsmassor. Analysen med ekoGeokalkyl visade att marken på Smörkajen har bra (hög) genomsläpplighet (Figur 5), men dålig (låg) kvalitet med avseende på vegetationspotential (Figur 6) vilket är rimligt för fyllnadsmassor. Visualiseringen av markfunktionerna, baserade på valda algoritmer och klassindelningar samt vald interpolation, avspeglade den verkliga situationen väl.

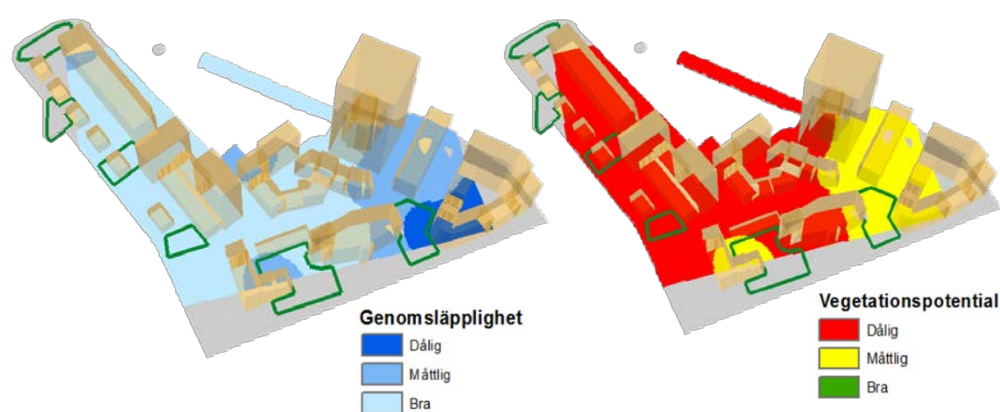


Figur 4. Resultatmap för markens genomsläpplighet baserad på förekommande jordartstyper i 21 provpunkter på Smörkajen, Malmö.



Figur 5. Resultatmap för markens vegetationspotential baserat på miljödata i 21 provtagningspunkter på Smörkajen, Malmö.

När resultatkartorna för genomsläpplighet och vegetationspotential användes tillsammans med planskisser för befintlig och/eller planerad bebyggelse (byggnader, grönytor och hårdgjorda ytor) gavs möjlighet att analysera omvandlingen med hänsyn till befintliga förutsättningar för värdefulla markfunktioner och kopplade ekosystemtjänster (Figur 6).



Figur 6. Resultatkartor för markens genomsläpplighet och vegetationspotential tillsammans med tidiga skisser för planerad bebyggelse på Smörkajen. Kompletterande bildförklaring: byggnader återges i beige kulör, grönytor i grön, hårdgjorda ytor i grå kulör.

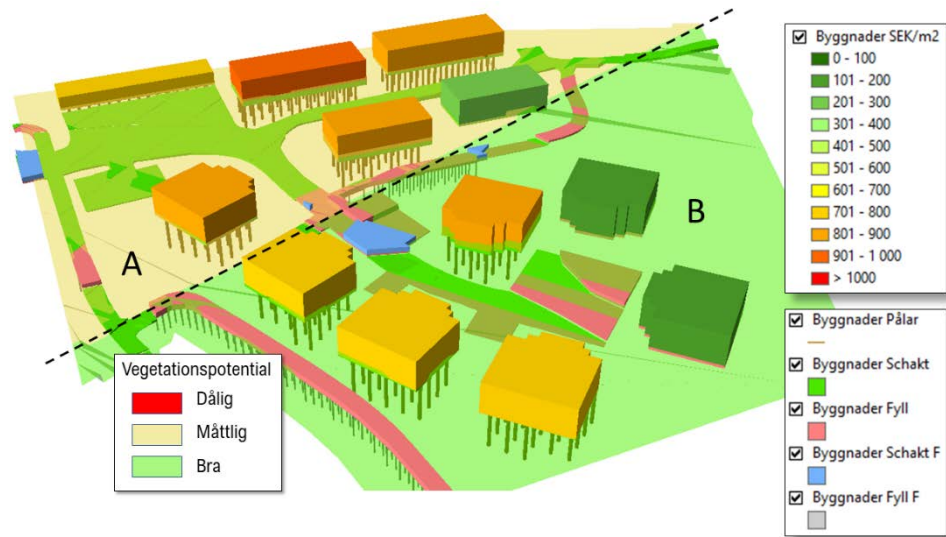
### 3.2.2 Vallby Hage, Västerås

Vallby Hage är ett mindre område i utkanten av Västerås som detaljplaneras för bebyggelse av bostäder (Loxia Group, 2018). Området domineras av gles beväxna ytor med några GC-vägar. Vallby Hage gränsar mot ett befintligt bostadsområde, ett mindre skogsområde samt en trafikringled. Marken består till största delen av lera, men det finns även inslag av sandig morän och urberg. Inom området ska det uppföras villor och radhus.

Området analyserades avseende markens genomsläpplighet och vegetationspotential i kombination med en beräkning av de geotekniska kostnaderna med verktyget Geokalkyl. Analysen visade på *dålig* genomsläpplighet över hela Vallby Hage vilket är rimligt för rådande geologiska förhållande. För analys av vegetationspotential hade pilotstudien endast tillgång till indata från två samlingsprov som representerade två delområden inom Vallby Hage. Vegetationspotentialen var *bra* respektive *måttlig* i delområdena. Figur 7 visar resultat från analys av vegetationspotential, beräkning av grundläggningskostnader samt föreslagen grundläggningsmetod.

Med hjälp av resultatkartorna gavs möjlighet att göra överväganden om placering av bebyggelse och grönytor med hänsyn till markens vegetationspotential och grundläggningskostnader.





Figur 7. Resultatkarta för markens vegetationspotential, geoteknisk kostnad samt grundläggningsmetod för planerad bebyggelse i Vallby Hage, Västerås. Analys av markens vegetationspotential baseras på två samlingsprov som representerar delområde A respektive B. Den streckade linjen anger gränsen mellan delområdena.



## 4 Fortsatt arbete

Pilotstudierna visade att verktyget med de framtagna algoritmerna kunde användas för att beskriva de verkliga markfunktionerna på de två platserna och klassa markens kvalitet utifrån dessa. Men verktyget bör testas på ytterligare objekt för att förbättras och kunna valideras.

Vid en av projektets workshops har det framkommit önskemål om att komplettera ekoGeokalkyl 1.0 med ytterligare prioriterade ekosystemtjänster, men man har även pekat på önskemål om andra funktioner, t.ex. klassning av marken utifrån förekomst av markföroreningar och klimatanpassningsbehov. Önskemål om beräkning och visualisering av positiv klimatpåverkan från urban vegetation har också lyfts, liksom negativ klimatpåverkan av saneringsmetoder.

Det finns ett behov hos kommunerna att samla och digitalisera komplex information om markens kvalitet och lämplighet för byggande i ett och samma GIS-projekt. SGI planerar därför att fortsätta utveckla och implementera ekoGeokalkyl inom ramen för en testbädd med arbetsnamn GeoPlan. Testbädden består av grundverktyget Geokalkyl, inklusive dess befintliga moduler för (i) klimatpåverkan, (ii) återanvändning av schaktmassor, samt (iii) ekosystemtjänster (dvs ekoGeokalkyl), men även kompetenser i GIS, geoteknik och miljökemi. På så sätt kan kommunerna undersöka och visualisera sina fysiska planer i testbädden och samtidigt bidra med idéer och förslag till förbättring som kan leda till en vidareutveckling av verktyget. I dagsläget pågår ett samarbete med två testpiloter för GeoPlan (Eskilstuna kommun och Gävle kommun).

## 5 Kommunikation och kunskapsförmedling

Projektet och verktyget ekoGeokalkyl har presenterats muntligt på ett antal konferenser och möten, men även via SGI:s webbsida. I Tabell 6 redovisas projektets genomförda kommunikations- och kunskapsförmedlingsaktiviteter.

**Tabell 6. Genomförda kommunikations- och kunskapsförmedlingsaktiviteter**

Aktivitet	Målgrupp	Kanal	Tidpunkt	Källhänvisning
Presentation av projektet	Samtliga	Projektwebbplats	Löpande	<a href="http://projects.swedgeo.se/geoekokalkyl/">http://projects.swedgeo.se/geoekokalkyl/</a>
Presentation av projektet	Samtliga	SGI:s hemsida	Löpande	<a href="https://www.swedgeo.se/sv/kunskapscentrum/var-forskning/aktuell-forskning/effektivare-markbyggande/eko-geokalkyl/">https://www.swedgeo.se/sv/kunskapscentrum/var-forskning/aktuell-forskning/effektivare-markbyggande/eko-geokalkyl/</a>
Presentation av verktyg	Kommuner	introduktionskurs i Geokalkyl	löpande	<a href="https://www.swedgeo.se/sv/kunskapscentrum/kurser-och-seminarier/kursutbud/">https://www.swedgeo.se/sv/kunskapscentrum/kurser-och-seminarier/kursutbud/</a>
Presentation av projektet	Bransch	Konferens <i>Arbeta smart inom planering &amp; byggande</i> . Arr: ULI GeoForum m.fl.	8-9 maj 2017	<a href="https://geoforum.se/images/stories/seminarier/arbetasmart17-program-deltagarlista170507.pdf">https://geoforum.se/images/stories/seminarier/arbetasmart17-program-deltagarlista170507.pdf</a>
Presentation av projektet.	Forskare	Konferens <i>AquaConsoil, Sustainable Use and Management of Soil, Sediment and Water Resources</i> . Lyon, Frankrike	26-30 juni 2017	<a href="https://www.aquaconsol.org/Archiv/assets/abstractband-acs_2017_06-22.pdf">https://www.aquaconsol.org/Archiv/assets/abstractband-acs_2017_06-22.pdf</a>
Presentation av Geokalkyl-verktyget	GIS-bransch	ESRI User Conference, San Diego, USA	13-16 juli 2017	<a href="https://proceedings.esri.com/library/userconf/proc17/papers/86_42.pdf">https://proceedings.esri.com/library/userconf/proc17/papers/86_42.pdf</a>

Presentation av projektet och verktyget	Kommuner, konsulter	Soil Security – Ett seminarium om markens värde	5 december, 2017	<a href="http://www2.renaremark.se/event/soil-security-ett-seminarium-om-markens-varde/">http://www2.renaremark.se/event/soil-security-ett-seminarium-om-markens-varde/</a>
Presentation av projektet och verktyget	Bostadsminister Peter Eriksson	Näringsdepartementet, Stockholm	13 februari 2018	Presentationsmaterial SGI Diariernr: 1603-0343
Presentation av projektet och verktyget	Forskare	Seminarium i Lund inom projektet Naturvation	25 april 2018	<a href="https://naturvation.eu/location/europe/se/malmo">https://naturvation.eu/location/europe/se/malmo</a>
Presentation av projektet och verktyget	Kommuner, konsulter, byggherrar	Klimatanpassning Sverige, Stockholm	6 september 2018	<a href="https://www.swedgeo.se/sv/om-sgi/pressrum/aktuellt/missa-inte-klimatanpassning-sverige/">https://www.swedgeo.se/sv/om-sgi/pressrum/aktuellt/missa-inte-klimatanpassning-sverige/</a>
Presentation av Geokalkyl och ekoGeokalkyl-verktygen	Kommuner	Seminarium Nätverket för nya stadsdelar Arr: Fi N 2017:08 Samordning för bostadsbyggande	20-21 maj 2019	<a href="http://www.sou.gov.se/studieresa-till-stockholm-for-natverket-for-nya-stadsdelar-20-21-maj-2019/">http://www.sou.gov.se/studieresa-till-stockholm-for-natverket-for-nya-stadsdelar-20-21-maj-2019/</a>
Presentation av Geokalkyl och ekoGeokalkyl-verktygen	Kommuner, konsulter, byggherrar	Markbyggnadsdagen, Malmö Arr: SGI	5 december 2019	<a href="https://www.swedgeo.se/sv/kunskapscentrum/kurser-och-seminarier/aktuella-kurser/markbyggnadsdagen-2019/markbyggnadsdagen-2019/">https://www.swedgeo.se/sv/kunskapscentrum/kurser-och-seminarier/aktuella-kurser/markbyggnadsdagen-2019/markbyggnadsdagen-2019/</a>
Presentation av projektet och verktyget	Kommuner, konsulter, forskare	Konferens <i>Låt staden grönska</i> – om ekosystemtjänster i staden	6 december 2019	<a href="https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/planering-av-mark-och-vatten/ekosystemtjanster/dokumentation-fran-konferensen/">https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/sa-planeras-sverige/planering-av-mark-och-vatten/ekosystemtjanster/dokumentation-fran-konferensen/</a>
Presentation av testbädd	Samtliga	Swedish Testbeds	Tillsvidare från 2018	<a href="https://swedishtestbeds.com/hitta-testbadd/">https://swedishtestbeds.com/hitta-testbadd/</a>
Toolbox och Manual till ekoGeokalkyl 1.0	Kommuner	SGI:s GIS-hemsida	Tillsvidare från augusti 2020	<a href="http://gis.swedgeo.se/">http://gis.swedgeo.se/</a>

## 6 Referenser

- Adhikari, K. Hartemink, A. (2016). *Linking soils to ecosystem services – A global review*. Geoderma 262:101-111.
- Brady and Weil (2002). *The nature and properties of soils*. Prentice Hall, USA.
- Boverket, (2018). *Behov av nya bostäder 2018-2025*. Boverket rapport 2018:24. <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2018/behov-av-nya-bostader-2018-2025.pdf>
- Boverket (2019a). *Regionala byggbehovsberäkningar 2018–2027*. <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/bostadsmarknad/bostadsmarknaden/behov-av-bostadsbyggande/byggbehovsberakningar/> Hämtad 2020-06-08
- Boverket (2019b). *Ekosystemtjänster i den byggda miljön – vägledning & metod*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/> Hämtad 2020-06-08.
- Boverket (2019c). *Underlag och verktyg för ekosystemtjänster och grönstruktur*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/verktyg/> Hämtad 2020-06-08
- Boverket (2020). *ESTER - verktyg för kartläggning av ekosystemtjänster*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/ekosystemtjanster/verktyg/ester/> Hämtad 2020-06-08.
- Carlsson, C, (2017). *GeoEkokalkyl för byggbarhet och ekosystemtjänster-förstudie*. Smart Built Environment rapport 2016-01678. [https://www.smartbuilt.se/library/3003/slutrapport\\_geoekokalkyl.pdf](https://www.smartbuilt.se/library/3003/slutrapport_geoekokalkyl.pdf)
- CICES (2011). *Common International Classification of Ecosystem Services*. Update European Environment Agency, Nottingham.
- Dexter (2004). *Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth*. Geoderma 120(3-4):201-214.
- Egnér H., Riehm H., Domingo W. (1960). *Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung*. Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler, 26: 199–215.
- Eriksson, J. Nilsson, I., Simonsson, M. (2005) *Wiklanders Marklära*. Lund. Studentlitteratur AB
- Larsson, R. (2008). *Jords egenskaper*. Information 1. Statens geotekniska institut. <https://www.swedgeo.se/globalassets/publikationer/info/pdf/sgi-i1.pdf>
- Lehmann, A., David, S., Stahr, K. (2008). *TUSEC – Technique for Soil Evaluation and Categorization for Natural and Anthropogenic Soils* (English version). Hohenheimer Bodenkundliche Hefte No. 86. <http://opus.uni-hohenheim.de/volltexte/2017/1351/pdf/TUSEC130228.pdf>

Loxia Group (2018) PM Geoteknik, Vallby Hage, Västerås stad, Underlag för detaljplan. Projektnummer 15047.

<https://www.vasteras.se/download/18.7c0d7ca416e44e554808de93/1574858517365/Detaljplan%20dp%201894%20PM%20Geoteknik.pdf>

Malmö stad (2019). Översiktsplan för Nyhamnen. Fördjupning av översiktsplan för Malmö.

<https://malmo.se/download/18.5f28a79170c3b907ef52b4/1584720938513/%C3%96versiktsplan%20f%C3%B6r%20Nyhamnen,%20antagen%20december%202019.pdf>. Hämtad 2020-06-08

MEA, (2005).

<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>

Naturvårdsverket (2017). *Ekosystemtjänsternas bidrag till god urban livsmiljö*. Rapport 6778. Naturvårdsverket, Bromma.

Naturvårdsverket (2019). *Miljömålen. Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2019 – med fokus på statliga insatser*. Reviderad version av Rapport 6890, Naturvårdsverket, Bromma.

Proposition 2017/2017:132. *Digitalisering av grundkartor och detaljplaner*.

<https://data.riksdagen.se/fil/8FE7D8E4-62DD-4FF9-8FCF-5E15770A4ACA/> Hämtad 2020-06-08

SGF (2011). *Hantering och analys av prover från förorenade områden- Osäkerheter och felkällor*. Rapport 3:2011. <https://a-w2m.se/Collaboration/Home.mvc?folderId=0/> Hämtad 2020-06-08.

SGF (2014a). *Fälthandbok för undersökningar av förorenade områden*. Rapport 2:2013 <https://a-w2m.se/Collaboration/Home.mvc?folderId=0/> Hämtad 2020-06-08

SGF (2014b). *Geoteknisk fälthandbok*. Rapport 1:2013. <https://a-w2m.se/Collaboration/Home.mvc?folderId=0/> Hämtad 2020-06-08.

SGF (2016). *Jordarternas indelning och benämning*. Rapport 1:2016. <https://a-w2m.se/Collaboration/Home.mvc?folderId=0/> Hämtad 2020-06-08.

SGI (1996). *Geotekniska skadekostnader och behov av ökad geoteknisk kunskap*. Regeringsuppdrag, 1995-06-01. K94/1825/3, K95/2010/2 (delvis). Dnr 4-9511-570. Statens geotekniska institut, Linköping.

SGI (2016). *Geokalkyl 2.0. Metodbeskrivning och implementering*. SGI Publikation 33, Statens geotekniska institut, Linköping.

SGI (2017). *Geokalkylsystem med hållbarhetskriterier – Komplettering och implementering av Geokalkyl enligt regeringsuppdrag*, SGI Publikation 39, Statens geotekniska institut, Linköping.

SGI (2020). EkoGeokalkyl 1.0. Manual. <http://gis.swedgeo.se/>.

Sitch, S., Smith, B., Prentice, I.C., Arneth, A., Bondeau, A., Cramer, W., Kaplan, J.O., Levis, S., Sykes, M. T., Thonicke, K., Venevsky, S. (2003). *Evaluation of Ecosystem dynamics*,

*plant geography and terrestrial carbon cycling in the LPJ dynamic global vegetation model. Global Change Biology 9:161-185.*

TEEB (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*. P Kumar (ed) Earthscan, London

Vrscaj, B., Vernik, T., Sinkovec, M., Bergant, J. (2012). Urban Sms- Soil Management Strategy. Tools and data description manual.

[http://ww3.umweltbundesamt.at/fileadmin/inhalte/urbansms/pdf\\_files/final\\_results/12b\\_Tools\\_and\\_data\\_description\\_manual.pdf](http://ww3.umweltbundesamt.at/fileadmin/inhalte/urbansms/pdf_files/final_results/12b_Tools_and_data_description_manual.pdf)

# Bilaga A. Översättning av jordarter till genomsläpplighet

**Tabell A.1. EkoGeokalkyls översättning av jordarter i SGU:s jordartskarta till genomsläpplighet,  $G_s$**

KOD	JORDART	$G_s$
1	Torv; mosse	N.A.
2	Torv; blandmyr	N.A.
3	Torv; fattigkärr	N.A.
5	Torv; kärr	N.A.
6	Gyttja	N.A.
7	Svämsediment, ler--grus (postglacialt, yngre)	N.A.
8	Älvsediment, sten--block (postglacialt, äldre)	N.A.
9	Svämsediment, ler--silt (postglacialt, yngre)	N.A.
10	Svämsediment, sand (postglacialt, yngre)	1,00E-04
11	Älvsediment, grus (postglacialt, äldre)	1,00E-02
12	Älvsediment, silt--block	N.A.
13	Flygsand	N.A.
14	Jord (oklassad)	N.A.
16	Lergyttja—gyttjelera	N.A.
17	Postglacial lera, ospecificerad	1,00E-09
19	Postglacial finlera	1,00E-09
20	Postglacial lerig grovsilt	N.A.
22	Postglacial grovlera	1,00E-09
23	Postglacial finsilt—mellansilt	1,00E-08
24	Postglacial silt	1,00E-07
25	Postglacial grovsilt	1,00E-06
26	Finsand	1,00E-05
28	Postglacial finsand	1,00E-05
29	Postglacial mellansand—grovsand	1,00E-04
30	Svallsediment, sand	1,00E-04
31	Postglacial sand	1,00E-04
32	Postglacialt grus	1,00E-02
33	Svallsediment, grus	1,00E-02
34	Svallsediment, sten--block (klapper)	N.A.
35	Svallsediment, sand—block	N.A.
36	Skaljord	N.A.

39	Silt	1,00E-07
40	Glacial lera	1,00E-09
42	Glacial finsand	1,00E-05
43	Glacial finlera	1,00E-09
44	Glacial grovlera	1,00E-09
46	Glacial varvig silt med lerskikt	N.A.
47	Glacial finsilt—mellansilt	1,00E-08
48	Glacial silt	1,00E-07
49	Glacial grovsilt	1,00E-06
50	Isälvssediment, grovsilt—block	N.A.
51	Isälvssediment, sten—block	N.A.
54	Isälvssediment, finsand	1,00E-05
55	Isälvssediment, sand	1,00E-04
56	Isälvssediment, mellansand—grovsand	1,00E-04
57	Isälvssediment, grus	1,00E-02
62	Svämsediment, grus (postglacialt, yngre)	1,00E-02
66	Blockjord	N.A.
75	Torv	N.A.
78	Grovsilt—finsand	1,00E-05
79	Postglacial grovsilt—finsand	1,00E-05
81	Talus	N.A.
82	Vitringsjord, ler—block	N.A.
84	Postglacial sand—grus	1,00E-03
85	Lera	1,00E-09
86	Lera—silt	N.A.
87	Sand—grus	1,00E-03
88	Älvsediment, sand (postglacialt, äldre)	1,00E-04
89	Svallsediment, grus—block	N.A.
90	Okänt	N.A.
91	Vatten	N.A.
92	Sten—block	N.A.
93	Morän, grusig	1,00E-06
94	Morän, lerig sandig	N.A.
95	Morän, sandig	1,00E-07
96	Morän, lerig sandig-siltig	N.A.
97	Morän, sandig-siltig	N.A.
98	Morängrovlera	1,00E-10
99	Moränfinlera	1,00E-10
100	Morän	N.A.



<b>101</b>	Moränlera	1,00E-10
<b>200</b>	Fyllning	N.A.
<b>322</b>	Fyllning, rödfyr	N.A.
<b>823</b>	Diabas	N.A.
<b>849</b>	Rösberg	N.A.
<b>850</b>	Sedimentär berggrund	N.A.
<b>851</b>	Arenit	N.A.
<b>852</b>	Argillit	N.A.
<b>853</b>	Arkos	N.A.
<b>854</b>	Fyllit	N.A.
<b>856</b>	Gråvacka	N.A.
<b>857</b>	Konglomerat	N.A.
<b>859</b>	Lerskiffer	N.A.
<b>860</b>	Sandsten	N.A.
<b>861</b>	Sandsten, Visingsö	N.A.
<b>862</b>	Sandsten, jotnisk	N.A.
<b>863</b>	Sandsten, kambrium-silur	N.A.
<b>864</b>	Siltsten	N.A.
<b>865</b>	Skiffer	N.A.
<b>866</b>	Svartskiffer	N.A.
<b>867</b>	Kalksten	N.A.
<b>868</b>	Kalksten, kambrium-silur	N.A.
<b>888</b>	Berg	N.A.
<b>890</b>	Urberg	N.A.
<b>1950</b>	Kalktuff	N.A.
<b>2306</b>	Bleke och kalkgyttja	N.A.
<b>2372</b>	Gravitationsjord, ospecificerad	N.A.
<b>8114</b>	Jord (oklassad) tidvis under vatten	N.A.
<b>8119</b>	Postglacial finlera; tidvis under vatten	N.A.
<b>8175</b>	Torv; tidvis under vatten	N.A.
<b>8186</b>	Lera--silt; tidvis under vatten	N.A.
<b>8300</b>	Postglacial finsand med skikt av organiskt material	N.A.
<b>8301</b>	Postglacial grovsilt med skikt av organiskt material	N.A.
<b>8800</b>	Älvsediment, finsand	1,00E-05
<b>8802</b>	Älvsediment, grovsilt—finsand	1,00E-05
<b>8803</b>	Älvsediment, grus	1,00E-02
<b>8804</b>	Älvsediment, ler—block	N.A.
<b>8805</b>	Älvsediment, ler—grus	N.A.
<b>8806</b>	Älvsediment, ler—silt	N.A.

8808	Älvsediment, mellansand—grovsand	1,00E-04
8809	Älvsediment, sand	1,00E-04
8810	Älvsediment, silt	1,00E-07
8814	Älvsediment, sten—block	N.A.
8816	Svämsediment, mellansand--grovsand (postglacialt, yngre)	1,00E-04
8817	Svämsediment, silt--sand (postglacialt, yngre)	1,00E-05
8822	Svämsediment, sten (postglacialt, yngre)	N.A.
8823	Älvsediment, sand—block	N.A.
8824	Svämsediment, sand--block (postglacialt, yngre)	N.A.
8901	Postglacial lerig grovsilt—finsand	N.A.
8902	Mellansand—grovsand	1,00E-04
8903	Lerig mellansand—grovsand	N.A.
8919	Vittringsjord, ler—silt	N.A.
8920	Vittringsjord, sand	1,00E-04
8922	Vittringsjord, grus	1,00E-02
8929	Postglacial lerig mellansand—grovsand	N.A.
8933	Älvsediment, ler--silt (postglacialt, äldre)	N.A.
8937	Svämsediment, ler--block (postglacialt, yngre)	N.A.
8956	Isälvsediment, lerig mellansand—grovsand	N.A.
8957	Isälvsediment, lerigt grus	N.A.
8970	Glacialt sediment, silt—sand	1,00E-05
9001	Flygsilt—sand	N.A.
9007	Svämsediment, silt (postglacialt, yngre)	1,00E-07
9008	Älvsediment, silt (postglacialt, äldre)	1,00E-07
9009	Älvsediment, mellansand--grovsand (postglacialt, äldre)	1,00E-04
9010	Svämsediment, grovsilt--finsand (postglacialt, yngre)	1,00E-05
9011	Älvsediment, grovsilt--finsand (postglacialt, äldre)	1,00E-05
9012	Svämsediment, finsand (postglacialt, yngre)	1,00E-05
9013	Flyggrovsilt—finsand	N.A.
9028	Svallsediment, finsand	1,00E-05
9029	Svallsediment, mellansand—grovsand	1,00E-04
9039	Grovsilt	1,00E-06
9040	Glacial mellanlera	N.A.
9049	Isälvsediment, grovsilt—finsand	1,00E-05
9060	Glacial grovsilt—finsand	1,00E-05
9074	Glacial sand	1,00E-04
9093	Morän, lerig grusig	N.A.
9130	Flygfinsand	N.A.
9147	Omväxlande morän med glacialt sorterat sediment, silt--block	N.A.

9173	Morän på glacialt sediment, grovsilt—finsand	N.A.
9183	Morän på vittringsjord, ler—block	N.A.
9191	Is	N.A.
9203	Lerig grovsilt—finsand	N.A.
9206	Glacial styv lera	1,00E-09
9210	Glacialt sediment, lera—finsand	N.A.
9218	Silt på isälvs sediment, sand	1,00E-04
9299	Morän, sand	1,00E-07
9336	Morän, sten—block	N.A.
9792	Moränlera och/eller morän, lerig	1,00E-10
9795	Moränlera och/eller morän, lerig sandig	1,00E-10
9797	Moränmellanlera	1,00E-10
9798	Moränlera, styv	1,00E-10
9800	Morän och/eller vittringsjord, ler—block	1,00E-10
9950	Skålla, sedimentär berggrund	N.A.
9960	Skålla, sandsten	N.A.

## Bilaga B. Bakgrund till valda klassintervall för ingående parametrar i vegetationspotential

Markens potential för att stödja vegetation beror huvudsakligen på dess vattenhållande förmåga och näringsinnehåll. De olika parametrarna som används i verktyget ekoGeokalkyl för att beskriva vegetationspotentialen,  $V_p$ , är lerhalt (L, dvs ett mått på kompakteringsrisk), maximalt tillgängligt vatten ( $vH_{max}$ ), totalhalt tillgängligt kväve ( $N_{tot}$ ), tillgänglig fosfor (P-AL), tillgängligt kalium (K-AL), pH och organisk halt (OC). Vegetationspotentialen bestäms så att de sju parametrarna i ett första steg klassas och poängsätts beroende på dess uppmätta värde i marken. Varje parameter klassas i någon av fyra klasser *dålig*, *måttlig*, *bra* och *mycket bra* och poängsätts enligt: *dålig* (1 p), *måttlig* (2 p), *bra* (3 p) och *mycket bra* (4p). I nästa steg summeras parametrarnas poäng enligt formel 1 i rapporten. I Tabell B.1 (samma som Tabell 3 i rapporten) återfinns för de olika parametrarna klassintervallen med motsvarande poäng 1-4. Nedan beskrivs den teoretiska bakgrunden till valda klassintervall.

**Tabell B.1. Poängsättning för ingående parametrar i formel 1. <sup>1</sup>**

Parameter	Enhet	Dålig	Måttlig	Bra	Mycket bra
pH	(-)	<4,2 och >9	4,2-5 och 8,5-9	5-6 och 7-8,5	6-7
OC	(vikt %)	<3	3-5	5-10	>10
$vH_{max}$	(-)	<5	5-15	15-30	>30
L	(vikt %)	>20	5-20	(tom ruta)	0-5
P-AL	mg/kg	<20	20-80	80-160	>160
K-AL	mg/kg	<40	40-160	160-320	>320
$N_{tot}$	mg/kg	<1	1-10	10-40	>40
Poäng		1	2	3	4

<sup>1</sup> Samma som Tabell 3 i rapporten.

Risken för att en jord blir kompakterad och svår genomtränglig för rötter är starkt relaterad till dess *lerhalt*,  $L$ , (Dexter, 2004). Dexter (2004) fann att en lerhalt på mer än 25 vikt % är mycket dåligt för växters rottillväxt. Rekommendationerna i AMA (2020) anger en gräns på 15 vikt % lera för när jorden anses lämplig att använda i stadsmiljö. I ekoGeokalkyl används ett medelvärde av dessa två bedömningar, dvs 20 vikt % lera, som gräns för när jorden kan anses helt olämplig för att odla växter. En jord som har en lerhalt över 20 vikt % benämns lerjord (Eriksson et al. 2010, Larsson 2008). Den har hög kompakteringsrisk och klassas därför som *dålig* i ekoGeokalkyl-verktyget (Tabell B.1). En jord som har mellan 5 och 20 vikt % lera benämns lerig jord, har måttlig kompakteringsrisk (klass *måttlig*). Jord utan lera anses mycket bra ur

kompakteringssynpunkt och klassas som *mycket bra*. Parametern lerhalt indelas endast i tre klasser (*dålig*, *måttlig* och *mycket bra*).

Även markens *vatteninnehåll* är viktig för växternas rottillväxt och vattenupptag. De huvudsakliga krafter som verkar på vattnet i jorden är gravitationen och de kapillära krafterna i porerna (Marschner 1995). För att kunna suga upp vatten från jorden skapar växter genom sin avdunstning och transpiration ett internt undertryck (dvs en negativ vattenpotential) för att överskrida jordens kapillära krafter. Växterna kan suga upp vatten ner till en viss gräns som kallas vissningsgränsen. Vid detta vatteninnehåll befinner sig växtens sugkraft och jordens kapillära kraft i jämvikt. Under omättade förhållanden definieras det maximala vatteninnehållet som jordens *fältkapacitet* ( $H_{\max}$ ) och är det vatteninnehåll då gravitationen och de kapillära krafterna är i jämvikt, dvs det vatteninnehåll som jordens porer kan hålla kapillärt. Det vatten som är tillgängligt för växterna vid omättade förhållanden, är differensen mellan fältkapaciteten och vissningsgränsen. Det tillgängliga vattnet varierar mellan olika jordar och beror bl.a. på kornstorleksfördelning och organiskt innehåll. Det är svårt och tidskrävande att mäta tillgängligt vatten. I ekoGeokalkyl approximeras därför det tillgängliga vattnet som ett viktat värde på fältkapaciteten ( $vH_{\max}$ ) genom summering av vatteninnehållet i den minerogena och organiska delen av jorden enligt formel 3 i rapporten. Formeln använder (empiriskt) framtagna värden på jordens fältkapacitet ( $H_{\max}$ ) för ett antal jordarter (Sitch et al, 2004). Vid jordens fältkapacitet består ca 30% av porvolymen av vatten (Brady and Weil 2002). I ekoGeokalkyl har gränsen för klassen *mycket bra* därför satts vid >30% (Tabell B.1). Vissningsgräns för flertalet jordar är typiskt ca 5%. I ekoGeokalkyl klassas därför en jord med <5 vol% vatten som *dålig* (Tabell B.1.). Klasserna däremellan har fördelats i lika stora intervall eftersom sambandet mellan tillväxt och vattenhalt kan antas vara linjär i detta spann. Vattentillgången är väldigt viktig för växter och därför har denna parameter värderats dubbelt så mycket som övriga parametrar i formel 1.

Växter behöver tillgång på näring för sin tillväxt. De tre viktigaste näringsämnen för tillväxt är kväve, fosfor och kalium. *Växttillgänglig fosfor* och *växttillgängligt kalium* analyseras rutinmässigt genom s.k. AL-extraktion (dvs extraktion med ammoniumlaktat/ättiksyralösning). Det finns ett etablerat klassningssystem för jordbruksmark utifrån halterna av växttillgänglig fosfor (P-AL) och kalium (K-AL) (Egner et al. 1960). Dessa klasser har använts i ekoGeokalkyl (se Tabell B.1.).

I princip sitter allt kväve i marken bundet till det organiska materialet. Växternas tillgång på kväve beror därför på hur snabbt det organiska materialet bryts ner och frigör kvävet i oorganisk form, s.k. kväveminalisering. Processen är ffa mikrobiellt betingad och tar lång tid att bestämma, men det är möjligt att göra på vissa laboratorier. Ett alternativ är att approximera halten *växttillgängligt kväve* enligt formel 2 i rapporten, dvs som summan av jordens ammoniumhalt ( $NH_4^+$ ), nitrathalt ( $NO_3^-$ ) och en genomsnittlig kvävehalt i det organiska materialet (Brady and Weil, 2002). Ammonium och nitrat är lätta att analysera på laboratorium och kvävehalten i det organiska materialet går att uppskatta. Mängden organiskt kväve i jorden är ca 3% av den organiska halten (Eriksson et al, 2010). Gränsen för när marken kan anses ha *mycket god* växttillgänglighet av kväve är satt till 200 mg/kg (Brady och Weil 2002) och används i ekoGeokalkyl (Tabell B.1). Gränsen för när växttillgängligt kväve kan stödja en vital vegetation är satt till 20 mg/kg och får klass *bra* i verktyget. Vid växttillgängligt kväve under 1 mg/kg anses det begränsande för tillväxten och ger

därför klass *dålig*. Växter har mekanismer för att tillgodogöra sig näring vid låga halter. Sambandet mellan tillväxt (och därmed vegetationspotential) och växttillgängligt kväve är inte linjärt utan exponentiellt (Brady och Weil 2002). Detta avspeglas i klassindelningen (Tabell B.1).

En faktor som påverkar växter på många sätt är *pH* (dvs den negativa logaritmen av vätejonkoncentrationen). *pH* reglerar lösligheten av många näringsämnen och andra föreningar i jord, t.ex. aluminium. Växtpotentialen har ett optimum runt svagt surt *pH* (6,5) och avtar med både högre och lägre *pH*. Det finns högst växttillgänglighet av de flesta näringsämnen vid ett *pH* mellan 6 och 7. I verktyget klassas därför detta intervall som *mycket bra* (Tabell B.1). Jordar med *pH* 5-6 och 7-8,5 klassas *bra*. *Måttligt bra* jordar har *pH* mellan 4,2-5 och 8,5-9. Jordar med *pH* över 9 och under 4,2 klassas som *dåliga*. Generellt kan man säga att i jordar med lågt *pH* blir halten aluminium ett problem för växter och i jordar med högt *pH* blir det brist på järn och fosfor (Brady och Weil, 2002). Ofta har urbana jordar ett högt *pH* på grund av förekomst av betong- och cementrester i jorden som avger föreningar som ger en s.k. "kalkeffekt".

En jord blir mer resilient om den innehåller organiskt material. Organiskt material buffrar mot *pH*-förändringar, har hög vattenhållande kapacitet och gynnar förekomsten av mikroorganismer i jord. *Organiskt bundet kol (OC)* är huvudbeståndsdelen i markens organiska substans. Ofta utnyttjas just därför halten organiskt bundet kol som mätare på markens halt av organiskt material. Naturliga skogsjordar kan innehålla 20-30% organiskt material. Detta förekommer troligen inte i urbana jordar. Forskning om urbana jordars organiska innehåll förekommer i stort sett inte alls men erfarenhet säger att det mycket sällan är mer än 15% och oftast under 5%. I jordbruket är den organiska halten låg och sjunker med att jorden brukas och detta ses som ett problem. Från jordbruket vet man att en ökning av jordens organiska innehåll ger betydande skördeökningar (Lal, 2009) och detsamma kan antas även för urbana jordar. I ekoGeokalkyl klassas en jord med en organisk halt (OC) över 10% som en *mycket bra* jord. Medan en jord med organisk halt mellan 5-10 % klassas *bra*, och mellan 3-5 % *måttligt bra*. Jord med organisk halt under 3% klassas i verktyget som *dålig*.

### Referenser

AMA (2020). *AMA Anläggning 20*. Svensk Byggtjänst AB

Brady and Weil (2002). *The nature and properties of soils*. Prentice Hall, USA.

Dexter (2004). *Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth*. Geoderma 120(3-4):201-214.

Egnér H., Riehm H., Domingo W. (1960). *Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II. Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung*. Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler, 26: 199-215.

Eriksson. J. Nilsson, I., Simonsson, M. (2005) *Wiklanders Marklära*. Lund. Studentlitteratur AB

Lal, R. (2009). *Soils and food sufficiency. A review*. Agronomy for Sustainable Development 29:113-133.

Larson R. 2008. Jords egenskaper. 5e upplagan. Statens geotekniska intitut, Linsköping.

Lindsay WL 1979. Chemical equilibria in soils. The Blackburn Press, Caldwell New Jersey, USA.

Marschner H 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2<sup>nd</sup> edition, Academic press, USA

Neilson, R. P. 1995. A MODEL FOR PREDICTING CONTINENTAL-SCALE VEGETATION DISTRIBUTION AND WATER-BALANCE. *Ecological Applications* 5:362-385.

Sitch, S., Smith, B., Prentice, I.C., Arneth, A., Bondeau, A., Cramer, W., Kaplan, J.O., Levis, S., Sykes, M. T., Thonicke, K., Venevsky, S. (2003). *Evaluation of Ecosystem dynamics, plant geography and terrestrial carbon cycling in the LPJ dynamic global vegetation model*. *Global Change Biology* 9:161-185.



←  
**SMART BUILT  
ENVIRONMENT**  
→

Med stöd från

**VINNOVA**  
Sveriges innovationsmyndighet

 **Energimyndigheten**

**FORMAS** 

**Strategiska  
innovations-  
program**