

Nyckeln till effektiv sanering av förorenad mark



en ny teknisk plattform för en effektiv digital process har utvecklats just för hanteringen av

TEXT: MATS SVENSSON

Sedan 2013 har Tyréns utvecklat det numera etablerade GeoBIM-konceptet, vilket, med en databas som kärna, möjliggör en effektiv hantering av alla typer av undermarksdata (såsom data avseende geoteknik, förorenad mark, grundvatten, geofysik, berg m.m.). Via en vanlig web-läsare och ett kartgränssnitt möjliggör GeoBIM-konceptet full överblick av alla data från tidigt skede, via projektering och byggande, till överlämnning av alla data som hanterats under projektiden till förvaltande organisation. Utöver ordning och reda på alla data kan en utvald datamängd när som helst exporteras som en skräddarsydd fil till önskvärt specialprogram i branschen. Om en 3D-modell

av undermarken har tagits fram kan denna visualiseras via den webbaserade portalen och därigenom göras enkelt tillgänglig för hela projektorganisationen. Just nu används GeoBIM-konceptet i ca 180 olika projekt, av medarbetare från ca 20 olika organisationer.

Ursprungligen utvecklades GeoBIM-databasen för geotekniska data. Sedan 2019 har en satsning gjorts på att utveckla GeoBIM-konceptet också för förorenad mark. Med standardiserade dataformat, valideringsrutiner vid import till databas och ordning och reda på all information kan man snabbt och enkelt nå data via kartgränssnittet. Därefter är möjligheterna mycket stora att skapa effektiva arbetsflöden såsom att utveckla automatiserade programmoduler för jämförelse mellan olika riktvärden och skapa schaktplaner vid schaktsaneringar.

GEOBIM-KONCEPTET I PRAKTIKEN

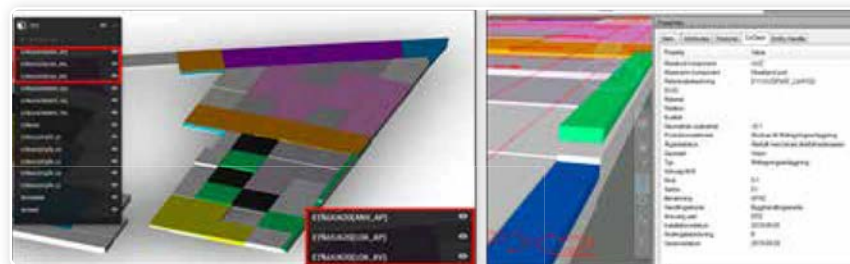
Norra kajen i Sundsvall och Godisfabriken i Gävle (Husbyggaren nr 5, 2019) är stora efterbehandlingsprojekt med schaktsaneringar efter schaktplaner i rutnät där GeoBIM-konceptet har använts. För att få en helt digital kedja lades redan i undersökningsskedet data in via en mobil datainsamlingsapp. Oberoende av enhet kunde data och modeller följas med daglig uppdatering, inklusive 3D-modell. För varje ruta och halvmetersnivå visualiseras aktuell föroreningsnivå och klassning för vidare hantering, se figur 1. I projekten levererar konceptet också en färdig schaktplan som transfereras direkt till respektive grävmaskins digitala maskinguidningssystem. I dessa projekt konstaterades det att med GeoBIM-konceptet är kvalitets- och effektivitetsvinster väsentliga.

FORTSATT DIGITALISERING AV HELA ÅTGÄRDSPROCESSEN

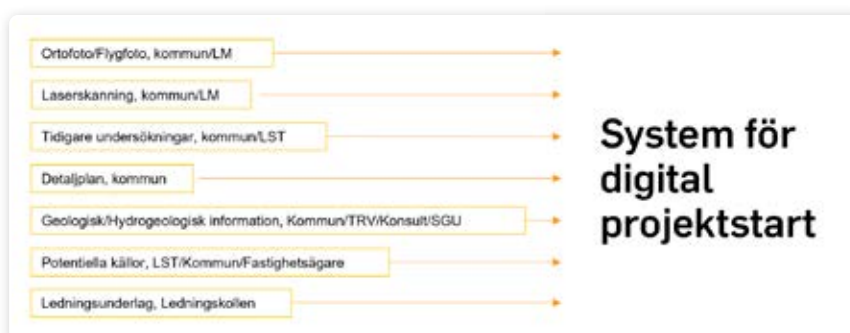
Möjligheterna är stora att ytterligare utveckla GeoBIM-konceptet med tillämpning på förorenad mark-disciplinen. Genom att fortsätta öka digitaliseringsgraden kan resursanvändningen i efterbehandlingsprojekt optimeras. Om man i tidiga skeden samlar all tillgänglig information, samt tar fram och visualiserar modeller kommer de smarta valen att kunna göras tidigare än idag. Syftet är att strömlinjeforma den digitala informationshanteringen i hela saneringsprocessen, både för schaktsanering och för in situ-sanering.

Exempel på utvecklingsmöjligheter är:

- Databas och modell uppdateras uppkopplat och löpande under projekt-tidens gång.
- Oförutsedda objekt eller föroreningar som påträffas under en efterbehandling



Figur 1. Visualisering av föroreningsspridning med tillhörande haltnivåer vid åtgärdsbehandling i form av schakt i rutnät.



Figur 2. Urval av de så kallade kritiska informationsmängder som har identifierats.

kan läggas in i databas och modell momentant.

- Uppgifter om utskiftade massor läggs in efter hand under återfyllning.
- En färdig förvaltningsmodell lämnas över till förvaltaren vid projektets slut.
- Med ett helt nytt verktyg för att styra efterbehandlingsprojekt kommer det också att öppnas möjligheter för de inblandade aktörerna att ta nya roller, och därmed skapas det också möjligheter för nya affärsmodeller och nya eller modifierade upphandlingsformer.

EFFEKTIVISERA, DIGITALISERA OCH KVALITETSSÄKRA

Den metodik och de verktyg som har utvecklats är applicerbara på alla typer av efterbehandling som förekommer idag - schaktsanering med extern deponering eller off site-behandling, on site-metoder (exempelvis jordtvätt) såväl som in situ-behandlingar (exempelvis termisk behandling eller övervakad naturlig självrening). Det primära syftet är att effektivisera, digitalisera och kvalitetssäkra hela kedjan i den process som genomförs när ett förorenat markområde ska åtgärdas, från tidig planering till överlämning av färdigbehandlad fastighet till förvaltande aktör.

FÖRVÄNTADE RESULTAT OCH EFFEKTER

Genom att ha all information samlad i ett gemensamt digitalt verktyg redan från projektstart skapas en markant förbättring av

möjligheten att ha kontinuerlig kontroll på åtgärdsprocessen oavsett skede. Därmed erhålls också en ökad kvalitet på utförande och slutprodukt. Detta i sin tur innebär att en effektivare och mer kvalitetssäkrad efterbehandling uppnås. Effekten blir en ökad samhällsnytta med totalt sett lägre samhällsekonomiska kostnader för efterbehandlingsprojekt.

Det skapas också möjligheter att optimera efterbehandlingsprojekt avseende logistik - tid och resurser - på ett helt nytt sätt. Det ger positiva hållbarhetsmässiga effekter genom färre lastbilstransporter, kortare total projekttid med mera.

KONTROLL HELA VÄGEN

Genom att formalisera indatabehovet för ett projekt avseende källa, format och så vidare se figur 2, upprättas "digitala motorvägar" för att göra de så kallade kritiska informationsmängder som har identifierats tillgängliga för projektet i de gemensamma verktyg som används. Gör man det enkelt att starta ett projekt med en hög digitaliseringsgrad skapas det goda förutsättningar för att upprätthålla hög digitaliseringsgrad genom alla skeden i ett efterbehandlingsprojekt - fält- och laboratorieundersökningar, saneringsåtgärd, förvaltning.

Vid schaktsanering är masshantering central och kostnadsdrivande. En av målbilderna i utvecklingen av verktyget har varit att skapa en digital spegling av den fysiska masshanteringen från projekterade

→ schaktmodeller hela vägen till slutgiltigt nyttjade/deponi. Med kontroll på massorna hela vägen, se figur 3, skulle nedan nyttor uppstå.

- Transparens mellan parter i projektet (trygghet/tillit)
- Aktuell lägesbild för produktionen (hur mycket har vi på upplag, hur mycket har vi skickat, hur mycket har vi kvar)
- Kontinuerlig uppföljning (hur mycket mer/mindre blev det)
- Varudeklaration/dokumentation (dessa massor har hamnat här, dessa är kvarlämnade och så vidare.)

DET DIGITALA VERKTYGET

Den digitala plattformen som har utvecklats har arbetats in i skalet Microsoft 365 och applikationen Teams. Bedömningen är att lösningen ökar tillgängligheten för branschens aktörer eftersom det är ett verktyg som de flesta projektdeltagare har tillgång till samt har erfarenhet av. I figur 4 visas principen för hur verktyget är uppbyggt.

PILOTPROJEKT NYHAMNEN, MALMÖ

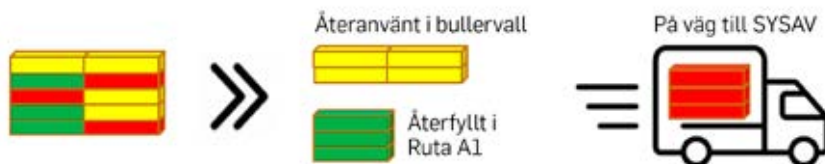
I FoI-projektet har projekt Nyhamnen använts för att testa de digitala verktyg som har utvecklats inom projektet. De datamängder som huvudsakligen bearbetats är:

- Markmiljötekniska data
- Befintliga ledningar
- Befintliga geokonstruktioner

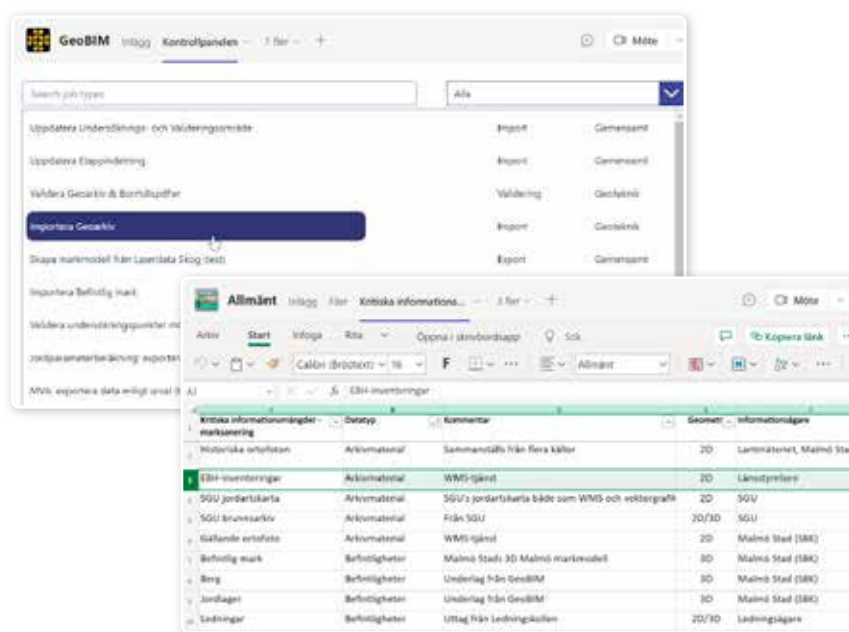
För demonstrationsprojekt Nyhamnen upprättades en princip för hur de kritiska informationsmängderna skulle hanteras i syfte att säkerställa en kontinuerlig digital delning. Informationsmängderna samlades in, ajourhölls och tillgängliggjordes genom en, till stor del, automatiserad process, se figur 5.

För samtliga identifierade kritiska informationsmängder definierades ett överenskommet filformat samt en avsedd lagringsplats. Efter en filuppladdning med nya data triggade användaren ett skript för att importera informationen till projektets databas varefter en automatisering genererade en uppdatering av de informationsprodukter som skapats utifrån den kritiska informationsmängden. Exempelvis en import av uppdaterad markmodell genererade en uppdaterad visning i projektets 2D/3D-vy av projekt-databasen, samt skapade underlag för framtida maskinstyrningsprogram. Alla importer återkopplades till projektet genom så kallade notifieringar.

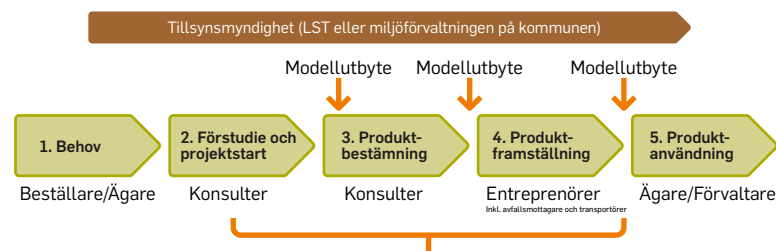
Det arkivmaterial som identifierats som kritiska informationsmängder för en digital projektstart erbjuds i hög grad som tjänster från respektive dataägare. Exempelvis tillhandahåller Länsstyrelsen material från



Figur 3. Principskiss av system för digital kontroll på masshantering genom hela åtgärdsprocessen.



Figur 4. I det digitala verktyget importeras de kritiska informationsmängderna till dedikerade mappar från vilka data hämtas för olika typer av automatiserade analyser, sammanställningar, exporter med mera via den så kallade Kontrollpanelen.



Figur 5 Process för inhämtning av kritiska informationsmängder i projekt Nyhamnen, Malmö.

utförda EBH-inventeringar (förorenade områden), SGU brunnsarkiv och jordartskarta och Lantmäteriet historiska ortofoton. För projekt Nyhamnen kunde samtliga informationsmängder av typen arkivmaterial kopplas in direkt från källan, vilket säkerställer automatiserad ajourhållning, se figur 6.

BEFINTLIGHETER

Kategorin befintligheter utgörs av kritiska informationsmängder vilka kräver projekt-

anpassning och kan således inte hämtas direkt från en utpekad dataägare. Exempelvis kräver ledningsunderlag ett uttag från respektive ledningsägare, geokonstruktioner behöver oftast identifieras ifrån gamla relationsritningar samt en bergmodell tolkas ifrån tidigare utförda undersökningar. För den digitala projektstarten har därför en arbetsmetod upprättats där det i projektets mappstruktur förbereds för hur underlagsfiler skall organiseras, vilken information som behöver sammanställas och auto-

matiska skript kopplats på som kontinuerligt kan generera 2D/3D-objekt utifrån underlaget.

För exempelvis kajkonstruktioner har en styrfil innehållande relevant information för objekten inventerats och digitaliserats. I styrfilen finns egenskaper för kajtyper, spontlängder, stag och ankarplatta med mera, se figur 7. I figur 8 visualiseras aktuell kajspont i originalformat i en 3D-vy.

ANALYS OCH VISUALISERING AV FÖRORENINGSSITUATIONEN

Inom FoI-projektet har också en semiautomatiserad metod för framtagande av miljötekniska markmodeller/föroreningsmodeller upprättats. Genom den goda struktur på data som skapas i den utvecklade databas-baserade plattformen har det varit möjligt att tillgodose de miljögeotekniska experternas önskemål att skräddarsy en export av en indatafil med rätt urval av kritiska informationsmängder för analys i externt statistiskt analysprogram.

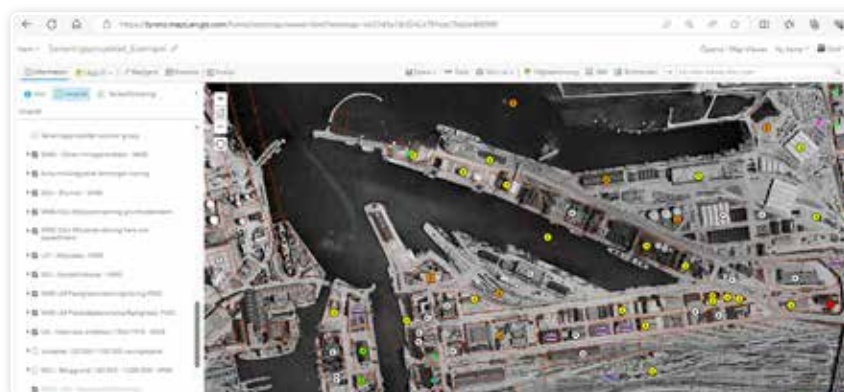
De största vinsterna med den statistiska metod som har tagits fram inom projektet bedöms vara spårbarheten hela vägen till ingående underlagsdata, den rationella och till stor del digitaliserade databearbetningen, samt möjligheten för specialistkompetens att verkligen användas effektivt. Metoden har också visat sig uppskattad både i tidiga projektskederna, för bestämning av volymer, och i senare projektskederna där modellernas informationsinnehåll visade sig leva upp till de informationskrav som ställs för en digital masshantering på site.

Det övergripande syftet med analysen är att kunna få en uppfattning om omfattningen av olika markföroreningar, samt osäkerheten i dess utbredningar och halter. Resultaten kan mer pricksäkert än med traditionell metodik användas för att bland annat planera kompletterande provtagningar, ge förslag på beslutsenheter, upprätta masshanteringsplaner, samt kunna ta fram preliminära kostnader för exploatering.

En bedömning från projektet är att metodiken kommer att bli välanvänd inom branschen och metodiken har redan implementerats i flera pågående projekt.

MILJÖTEKNISK MARKMODELL

Från interpoleringarna har halter för de sex styrande ämnena/ämnesgrupperna med osäkerheten i haltbestämningen hämtats i ett raster med upplösningen 20 m × 20 m × 0,5 m i X-, Y- och Z-led. Avståndet i djupled, 0,5 m, valdes eftersom schaktsaneringar sällan har använder tunnare skikt i sina schaktplaner.



Figur 6. Olika typer av identifierade kritiska informationsmängder samlade i utvecklad plattform, anpassad för uppstart av åtgärdsprojekt förorenad mark.

Varje punkt har getts en avfallsklass med utgångspunkt från den högsta halten för respektive styrande ämne/ämnesgrupp. Vidare har den statistiska osäkerheten i bedömningen beräknats.

Klassningen är automatiserad och ger upphov till ett tredimensionellt dataset med avfallsklass och osäkerhet i varje

punkt. Den miljötekniska markmodellen kan sedan visualiseras för tolkning/bearbetning eller projektering, se figur 9.

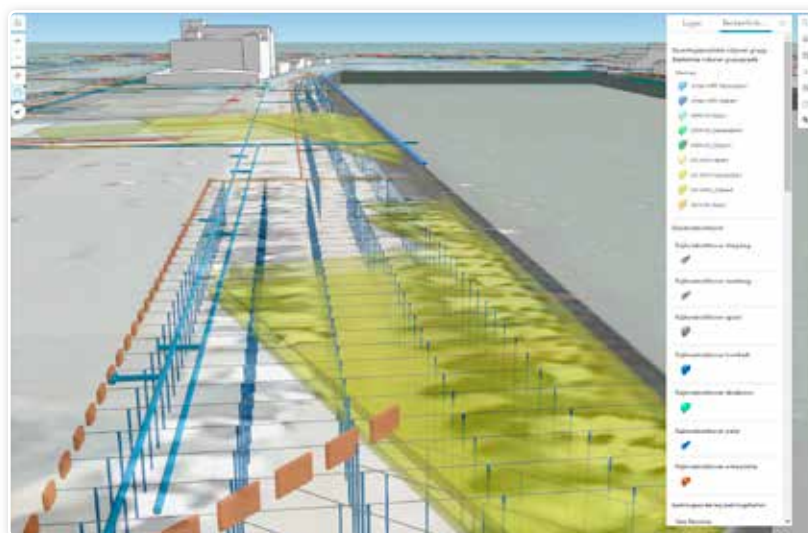
Den miljötekniska markmodellen kan användas på flera sätt:

- Modellen ger ett mått på hur mycket massor av olika avfallsklass som finns inom undersökningsområdet, vilket ger

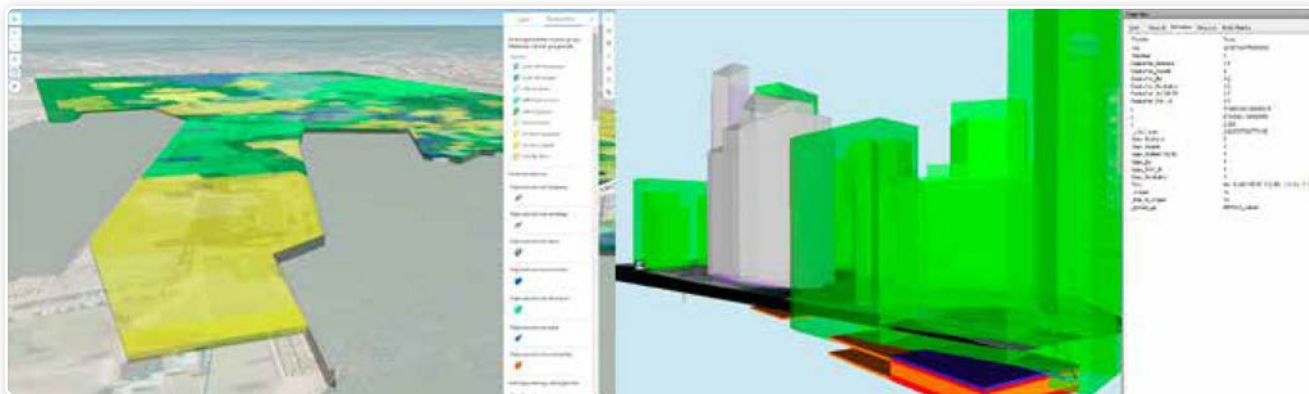
	Kaj					Spont				
	Position	Tid				Position	Spont			
	Kategori	Rektangelareal	Höjdhöjd	Rektangelareal	Stag	Rektangelareal	Spontlängd	Längd	Stag	Stag
1	Kaj 1	10000	10	10	10	10000	10	10	10	10
2	Kaj 2	10000	10	10	10	10000	10	10	10	10
3	Kaj 3	10000	10	10	10	10000	10	10	10	10
4	Kaj 4	10000	10	10	10	10000	10	10	10	10
5	Kaj 5	10000	10	10	10	10000	10	10	10	10
6	Kaj 6	10000	10	10	10	10000	10	10	10	10

	Stag					Ankarplatta				
	Position	Längd				Position	Längd			
	Kategori	Rektangelareal	Höjdhöjd	Rektangelareal	Stag	Rektangelareal	Spontlängd	Längd	Stag	Stag
1	Kaj 1	10000	10	10	10	10000	10	10	10	10
2	Kaj 2	10000	10	10	10	10000	10	10	10	10
3	Kaj 3	10000	10	10	10	10000	10	10	10	10
4	Kaj 4	10000	10	10	10	10000	10	10	10	10
5	Kaj 5	10000	10	10	10	10000	10	10	10	10
6	Kaj 6	10000	10	10	10	10000	10	10	10	10

Figur 7. Styrfil för befintliga kajkonstruktioner.



Figur 8. Visualisering av kajspont med tillhörande stag och ankarplattor i 3D-vy. Exempel från Nyhamnen, Malmö.



Figur 9. Visualisering av den miljötekniska markmodellen i ArcGIS pro (vänster) och Navisworks (höger).

ett grovt mått på efterbehandlingsbehov och omhändertagandekostnad.

- Modellen visar vilka osäkerheter som finns i bestämning av jordvolymerna. Det ger möjlighet att styra kompletterande undersökningar dit, varvid modellen kan förfinas.
- Utifrån modellen kan beslutsenheter för åtgärder pekats ut.
- Modellen kan utgöra ett värdefullt planeringsunderlag och därigenom nyttjas för att optimera planeringen av området ur ett massoptimeringsperspektiv
- Modellen kan nyttjas för scenarioutvärdering där olika förutsättningar avseende planerad marknivå eller styrande riktvärden kan utvärderas
- Modellen kan förfinas och utgöra underlag för exempelvis maskinstyrningsfiler vid entreprenaden.

SAMARBETE MED ENTREPRENÖR

I samarbete med SBUF-projektet Entreprenörsråd (NCC Teknik, 2022) identifierades bland annat potential att få digitala lösningar att arbeta tillsammans för bättre spårbarhet kring massor och de schaktmassor som transporteras bort från byggprojekten. Projektet genomförde en analys av möjligheter som kan uppstå om GeoBIM-konceptet kopplas samman med byggbranschens standard för elektroniska meddelanden, BEAst.

Ett resultat från projektet var en beskrivning av ett nytt arbetssätt för att förenkla delning av information om massor mellan branschens olika aktörer. En av drivkrafterna var också att möjliggöra bättre uppföljning och kontroll av masshanteringen i byggprojekten än vad som tidigare var möjligt.

VIDARE NYTTJANDE AV MILJÖTEKNISKA MODELLER

I projektet har ett gemensamt arbetssätt

mellan projektör och entreprenör utvecklats. Det utvecklade arbetssättet består av följande steg:

1. Här sammanställs data från fältundersökningar och analys svar digitalt.
2. Här genomförs en massklassificering med grundläggande karakterisering av massorna.
3. Här genereras en volymmodell där schaktmassorna i en specifik volym tilldelas ett unikt BEAst artikelnummer utifrån grundläggande karakterisering och materialgenskaper. För miljötekniska modeller behöver huvudsakligen föroreningsgraden och jordartstypen ingå i klassificeringen för att efterföljande steg skall vara möjliga att genomföra. För att möjliggöra denna klassificering måste dessa egenskaper följa med hela vägen från undersökning och framtagande av miljöteknisk markmodell.
4. Platschef och mätare lägger in datan från volymmodellen för att ta fram en plan för schaktningen och en schaktmodell. Här förs artikelnumren vidare till schaktmodellen.
5. Schaktmodellen används i grävmaskinen där rätt artikelnummer registreras för varje skoptag. Massorna vägs i skopan för att kontrollera mängder och för att optimera lastvikten på lastbilen.
- 6+7. Artikel-ID följer sedan med massorna på lastbilen till mottagaren där mottagaren väger massorna och kontrollerar massornas kvalitet. Mottagaren skickar sedan tillbaka denna information, tillsammans med specifikt artikel-ID. Med detta arbetssätt skapas en mycket god spårbarhet kring massorna ur flera aspekter, så som mängden massor som hanteras, kvalitet och vart massorna har skickats och när. Informationen kan delas med flera aktörer i realtid under projektets gång.

SAMMANFATTNING

I detta FoI-projekt har det tydliggjorts att

det i åtgärdsprojekt vid förorenad mark är:

- tekniskt möjligt att digitalt följa och utnyttja både datamängder av karakteren mätdata och förädlade informationsmängder av typen schaktmodeller från planering till förvaltning
- möjligt att effektivisera arbetsflödet och skapa högre kvalitet än med ett traditionellt arbetsflöde. Ett exempel är möjliggörande av avancerad statistisk analys av en föroreningsituation med resulterande ökad precision i bedömd åtgärdsvolym med tillhörande känd osäkerhet.

I projektet har en digital plattform för hantering av kritiska informationsmängder inom området utvecklats i den övergripande plattformen Microsoft 365 Teams, ett verktyg som de flesta aktörer i branschen har tillgång till. Genom att data och framtagna modeller kopplas samman med byggbranschens standard för elektroniska meddelanden BEAst möjliggörs spårning av schaktmassor genom hela processen i ett åtgärdsprojekt. ■

Referenser

1. Svensson M., Friberg O., 2019a, *Effektiv kommunikation av geo-relaterad undermarksinformation i ett LCC-perspektiv*, Grundläggningsdagen 2019, Proceedings, Mars.
2. Svensson M., 2017, *GeoBIM – för effektiv hantering av geotekniska data i projekt och förvaltning*, Bergmekanikdagen, Stockholm, 13 Mars.
3. Svensson M., Friberg O., 2019b, *Nya CoClass-klassningar möjliggör geoteknisk BIM*, Husbyggaren, oktober.
4. Svensson M., Friberg O., Hagerberg D., 2023, *GeoBIM för effektivisering av saneringsprocessen vid förorenad mark*.
5. NCC Teknik, 2022, *Entreprenörsråd för en hållbar masshantering*.

MATS SVENSSON

PhD,
Affärsutvecklare GEO, Tyréns

