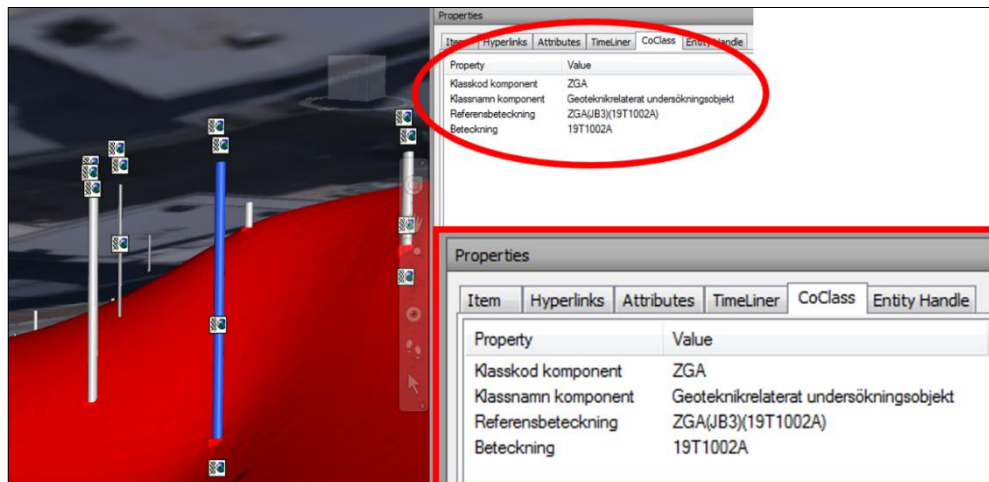


BIM I

UNDERMARKSBYGGGANDE

*VIDAREUTVECKLING AV BIM GENOM
STANDARDISERING AV
UNDERMARKSINFORMATION*



Mats Svensson & Pål Hansson

2019-10-31

Förord

Smart Built Environment (SBE) 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.

BIM i undermarksbyggande är ett av projekten som har genomförts i programmet. Det har letts av Tyréns AB och har genomförts i samverkan med Skanska, Trafikverket och SLL/Trafikförvaltningen.

Smart Built Environment, Sven Tyréns Stiftelse, Trafikverket och SBUF har finansierat projektet.

De värden som skapas genom en anpassning av BIM för undermarken utgörs av information om geologi, geoteknik, grundvatten och föroreningar för anläggningens hela livscykel. För att kunna realisera dessa värden måste informationen vara välordnad och strukturerad. I projektet har bl. a. en standardiserad informations-struktur enligt klassificeringssystemet CoClass utvecklats.

Många olika personer har bidragit till denna rapport och här kan bl.a. nämnas Olof Friberg, Pär Hagberg och David Wesström, samtliga verksamma på Tyréns. Klas Eckerberg på Svensk Byggtjänst har varit till stor hjälp när det gäller uppbyggnaden av CoClass för undermarken.

Mats Svensson & Pål Hansson

Malmö, 2019-10-31

Sammanfattning

Projektet har genomförts inom ramen för Smart Built Environment som är ett strategiskt innovationsprogram, vilket i sin tur är en gemensam satsning mellan Vinnova, Energimyndigheten och Formas. Övriga finansiärer i projektet är Sven Tyréns stiftelse, Trafikverket och Skanska (SBUF). Tyréns har fungerat som värd för projektet.

Syftet med projektet var att åstadkomma en vidareutveckling av BIM (Building Information Modelling) genom standardisering av undermarksinformationen.

I projektet "BIM i undermarksbyggande" har man implementerat geotekniska modeller, uppbyggda med hjälp av klassifikationssystem och formatstandarder, i olika verktyg och testat detta i ett antal pilotprojekt.

Den klassificeringsstandard som har använts för undermarken är CoClass. CoClass är det nya svenska klassifikationssystemet för all byggd miljö. Projektarbetet har lett fram till att även befintlig undermark och undersökningar gjorda i undermarken nu kan klassificeras i CoClass. Detta i sin tur innebär att undermarken med tillhörande undersökningar kan samverka i en gemensam BIM för all byggd miljö.

Arbetet har resulterat i att klassifikationsstrukturer för undermarken och har implementerats i den kommersiella applikationen av CoClass som administreras av Svensk Byggtjänst.

Spridningen av informationen om arbetet och resultatet från projektet har skett via ett stort antal seminarier, konferensbidrag, tidningsartiklar, bloggar samt webbportaler. Spridningen har även skett genom att sammansättningen av projektgrupp och referensgrupp har varit bred och involverat personer från många olika organisationer och företag.

Innehåll

FÖRORD	1
SAMMANFATTNING	2
INNEHÅLL	3
1 BAKGRUND	5
1.1 AVSAKNAD AV STANDARDER	5
1.2 BRISTFÄLLIG FÖRVALTNING.....	5
1.3 GEOBIM – EN BIT PÅ VÄG.....	5
1.4 NULÄGE (VID PROJEKTETS START)	6
1.4.1 Sverige.....	6
1.4.2 Internationellt	6
1.5 RELEVANS.....	6
1.6 SAMHÄLLSNYTTA.....	7
2 SYFTE	7
2.1 RESULTATMÅL	8
2.2 EFFEKTMÅL	8
3 METOD	8
3.1 ARBETSPAKET	8
3.2 ORGANISATION.....	8
3.2.1 Projektgrupp.....	9
3.2.2 Referensgrupp	9
3.2.3 Arbetsgrupper.....	9
4 GENOMFÖRANDE	9
4.1 KARTLÄGGNING OCH ANALYS AV AKTUELLA STANDARDER	9
4.1.1 CoClass.....	10
4.1.2 IFC.....	11
4.1.3 InfraGML.....	12
4.1.4 CityGML.....	13
4.1.5 AGS	13
4.2 UTVECKLING AV INFORMATIONSSSTRUKTURER FÖR UNDERMARKEN	14
4.2.1 Utveckling av informationsstrukturer i CoClass	14
4.2.2 Klassificering – kodsträngar.....	20
4.3 IMPLEMENTERING AV UTVALDA STANDARDER OCH INFORMATIONSSSTRUKTURER I GEOBIM-KONCEPTET.....	20
4.4 PILOTSTUDIER I EXTERNA PROJEKT	22
4.4.1 Pilotstudie – Marieholmsförbindelsen.....	22
4.4.2 Pilotstudie – Nyhamnen.....	24
4.4.3 Pilotstudie – Molnbydepån	26
4.4.4 Pilotstudie – Godisfabriken	28
4.5 IMPLEMENTERING AV PROJEKTRESULTATET TILL SAMHÄLLSBYGGNADSRANSCHEN	30
4.5.1 Konferenser.....	30
4.5.2 Tidskrifter	30
4.5.3 Övrigt.....	30
5 SLUTSATSER	32
5.1 MÅLUPPFYLLELSE.....	32
5.2 RESULTAT	32
5.3 FÖRSLAG PÅ FORTSATT ARBETE	32
REFERENSER OCH PUBLIKATIONER	33

1 Bakgrund

BIM (Building Information Modelling), virtuellt byggande, produktmodeller - namnen är många men syftet är att alla aktörer i samhällsbyggnadsprocessen ska arbeta modellbaserat med gemensam information genom hela byggnads- och anläggningsobjektets livscykel. Idag är BIM oftast en realitet i de flesta husbyggnads- och infrastrukturprojekt. Men den information som hanteras utgörs oftast av byggdelar ovan mark. Delarna under mark, såsom befintlig mark och geokonstruktioner har inte på långa vägar nått lika långt med avseende på BIM-utvecklingen. Här behövs många olika utvecklingsinsatser för att undermarken ska bli en fullvärdig del i en total BIM. Två av de hinder som måste överbryggas är:

- Avsaknad av standarder för företeelser i undermarken
- Bristfällig förvaltning av undermarksinformation

1.1 Avsaknad av standarder

I ett större infrastrukturprojekt är antalet använda geotekniska undersöknings-metoder stort (30-100). Ett fåtal av dem samlas in och levereras i standardiserade dataformat. Antalet programvaror som efter fält- och laboriearbetet ska användas för analys, beräkning, projektering och visualisering baserad på dessa data är också många (20-50). Ovan angivna fakta medför att möjligheten att utnyttja samtliga data för samtolkning etc är långt ifrån optimal. Skälet är brist på gemensamma dataformat och standarder på olika nivåer och teknikområden, vilket alltså medför svårigheter att enkelt kommunicera mellan alla data och olika programvaror. Det finns mycket samhällsnytta att utvinna ur dessa processer om de olika datatyperna och programvarorna kan kommunicera och utbyta information på ett bättre sätt än idag.

1.2 Bristfällig förvaltning

Bristen på gemensamma dataformat och avsaknaden av standarder innebär också i samhällsbyggandet att de ansvariga aktörerna generellt sett har stora svårigheter att förvalta geotekniska data. De inblandade parterna inser idag inte nyttan av att hålla ordning och reda på geotekniska data i förvaltningsfasen. När det gäller förståelsen för nyttan av ordning och reda i undermarksinformationen så finns denna framförallt i projektfasen. Detta gäller på alla nivåer - stora beställare och förvaltare som Trafikverket och SLL, utförare (oftast konsulter), mindre beställare och förvaltare (kommuner) och entreprenörer.

Även informationsutbytet mellan förvaltande organisationer samt mellan förvaltare och näringslivsaktör blir problematisk till följd av bristen på gemensam standard.

1.3 GeoBIM – en bit på väg

En del av dessa brister, som nämns ovan, har tidigare hanterats inom det nationella programmet TRUST - Transparent Underground Structures (Formas Geoinfra-utlysning 2012). I samband med detta program utvecklades det s.k. GeoBIM-konceptet i nära samarbete med branschens aktörer. GeoBIM möjliggör hantering av alla nu förekommande geotekniska undersökningar i en öppen databas, som finns tillgänglig i molnet.

GeoBIM har successivt implementerats i ett antal pågående stora infrastrukturprojekt i Sverige – Varbergstunneln (järnväg), Ostlänken - del OLP4 (höghastighetsjärnväg) och Norrbotniabanan (järnväg) samt ESS (European Spallation Source).

GeoBIM har där möjliggjort att både undersökningsdata och tolkade modeller, s.k. anläggningsmodeller, möter de krav som Trafikverket ställer, att leverans ska göras enl. BIM och i digitala 3D-modeller. Dock innebär dessa s.k. BIM-krav inte att objekten behöver vara

informationsbärande, enbart att de är just ”objekt”. Således saknas det sista och viktiga steget för en ”full” BIM.

1.4 Nuläge (vid projektets start)

1.4.1 Sverige

I Sverige finns idag ingen samordnad förvaltning av geotekniskt relaterade data. Det finns enstaka ”öar” i form av SIG:s Branschens Geotekniska Arkiv (BGA), Stockholms stads Geoarkivet och SGU:s Brunnsarkiv. Dessutom har Trafikverket en databas för enbart internt bruk. Samtliga dessa databaser fyller till olika grad sitt ursprungliga syfte att skapa en överblick av och tillgång till tidigare utförda geotekniska undersökningar, men utan tvivel är det så att ingen av dessa databaser har uppgiften eller kapaciteten att hantera alla de dataformat eller den datamängd som produceras. Ej heller finns det någon utpekad myndighet som har uppgiften att ta det nationella ansvaret.

Det finns i ovan angivna system inte heller någon koppling till, eller möjlighet att uppnå, full BIM-kompatibilitet.

Det GeoBIM-koncept som har utvecklats inom TRUST-projektet hanterar de brister som ovan angivna system har m.a.p.:

- GeoBIM kan hantera alla de dataformat som levereras från geotekniskt relaterade undersökningar i samhällsbyggnadssektorn i Sverige.
- Enkelheten och flexibiliteten i datamodell och i databasstrukturen gör att nya metoder enkelt kan införlivas, liksom modifieringar. Det gör också att mycket stora datamängder kan hanteras med bibehållen effektivitet.
- Tillgången till data via web gör att tillgängligheten av data är mycket stor.

1.4.2 Internationellt

Ur ett internationellt perspektiv är Sverige generellt sett unikt genom att alla ca 150 geotekniska borrhagnar samlar in data (gäller de traditionella sonderings- och provtagningsmetoderna – SGF dataformat) i exakt samma dataformat, vilket utnyttjas av GeoBIM-konceptet. I alla andra länder är dataformat generellt oftast instrumentspecifika. Det brittiska överföringsformatet AGS är ett undantag.

Eftersom GeoBIM-konceptet hanterar ”alla” dataformat har den internationella uppmärksamheten blivit förhållandevis stor. Exempel på kontaktytor är att Singapore Citys BIM-expert har besökt GeoBIM-teamet för att diskutera eventuellt samarbete och att Berlin University of Applied Science, Project management, efter en State of the art-studie avseende Underground BIM, kontaktade GeoBIM-gruppen i samma syfte eftersom GeoBIM-konceptet förefaller vara ledande i världen inom området.

1.5 Relevans

Samhällsbyggnadsbranschen har länge strävat mot ett större utnyttjande av BIM ovan mark, dvs inom husbyggnadssektorn. Där finns det idag kopplingar mellan projekterade byggnader och tex kalkyl- och projektstyrningsverktyg via BIM-objekten och deras förmåga att bära metadata/information. Denna del saknas idag för undermarksobjekt. Teknik och verktyg för detta måste skapas för att hela bygg- och anläggningsprojekt ska kunna ingå i en ”full” BIM. Tydliga exempel på fördelar som skulle uppnås är en optimerad masshantering vid väg- och järnvägsprojekt, förbättrad produktionsplanering vid bergguttag, en säkrare hantering av förorenade massor.

Detta tillsammans med i föregående avsnitt angivna brister avseende undermarksinformation tydliggör både behov av att åtgärda och förbättra befintliga klassificeringssystem, överföringsformat, verktyg och system. Detta för att uppnå en ”full” BIM som innehåller fullständiga objektsstrukturer för anläggningen både ovan och under mark.

1.6 Samhällsnytta

I det ursprungliga GeoBIM-projektet (TRUST / Formas utlysning Geoinfra 2012) var visionen att informationsstrukturen i den utvecklade GeoBIM-databasen skulle bli en svensk nationell databasstruktur för all geotekniskt relaterad information. Efter den inledande framgångsrika implementeringen och de kontaktytor och det intresse som finns kring GeoBIM i branschen bedöms den visionen vara inom räckhåll.

Avsaknaden av en nationell databas kostar samhället stora pengar, i olika form. Två exempel:

1. Alla byggherrar – såväl små kommuner och fastighetsbolag som stora Trafikverket – är inför varje nytt uppdrag intresserade av att veta vad som tidigare finns utfört med avseende på geoteknik inom aktuellt område. Den samlade informationen finns idag inte att tillgå. Detta gäller även mellan olika skeden i tex stora infrastrukturprojekt.
2. Vid framtagning av georelaterade kartor och modeller är allt tillgängligt underlag av stor vikt. Idag baseras de olika typerna av kartor som produceras av SGU på egen kartering till fots och flyggeofysik utförd i egen regi. I enstaka fall används resultat från undersökningar utförda av andra samhällsaktörer. Om alla utförda geotekniska undersökningar fanns samlade i en nationell databas skulle stora pengar kunna sparas, noggrannheten skulle bli bättre och sannolikt skulle kartor och modeller kunna produceras på kortare tid jämfört med idag.

Sammantaget är det inte alls omöjligt att en nationell databas för samhället som helhet skulle kunna spara flera miljoner kr i undersökningskostnader varje år. Därtill kommer tidsvinster och förbättrad kvalité och noggrannhet.

En utveckling av GeoBIM 2.0 skulle utöver utveckling med klassificeringssystemet CoClass och anslutning till internationella formatstandarder ge ovan beskrivna samhällsnyttiga vinster som ”bonus”.

En gemensam informationsstruktur utgör grunden för ett samarbete mellan offentliga aktörer som förvaltar och nyttjar geoteknikrelaterad information samt övriga aktörer då insamlad information kan återutnyttjas i såväl planeringsskede som i projekterings- och entreprenadskede.

Den nationella databasen skulle kunna vara tillgänglig för samtliga medborgare genom ett enkelt webverktyg. Därigenom skulle medborgarinflytandet öka.

2 Syfte

Syftet är att åstadkomma en vidareutveckling av BIM genom standardisering av undermarksinformationen. Detta ska sedan leda till nya innovativa processer och tillämpningar i samhällsbyggandet.

Det finns en stor samhällsnytta att utvinna ur undermarksprocesserna om olika datatyper och programvaror kan kommunicera och utbyta information på ett bättre sätt än idag. För att uppnå full BIM-kompatibilitet, med alla de fördelar det innebär, är en klassificerad och standardiserad informationsstruktur inte bara önskvärt utan ett absolut måste.

I det aktuella projektet ”BIM i undermarksbyggande” ska man, med hjälp av klassifikationssystem och formatstandarder, implementera geotekniska modeller i ett eller flera kommersiella verktyg. Resultatet ska vara allmängiltigt, d.v.s. det ska kunna implementeras i de flesta kommersiella programvaror som stödjer de föreslagna standarderna.

2.1 Resultatmål

Resultatmålen för projektet är:

1. Utveckla och anpassa CoClass för undermarksinformation.
2. Koppla CoClass-klassificering till de objekt som förekommer i undermarken.
3. Kunna integrera undermarksinformation – både data och modeller – med övriga objekt och system inom samhällsbyggnadssektorn – både i Sverige och globalt.
4. Utveckla schema för att kunna representera undermarksinformation enligt den föreslagna InfraGML-standarderna.
5. Föreslå en implementering av undermarksinformation i det standardiserade IFC-formatet.
6. Tillgängliggöra och implementera punkterna 1-5 ovan i samhällsbyggnadsbranschen.

2.2 Effektmål

Om de ovan föreslagna resultatmålen uppnås kan effektmålen bli:

1. Effektivare dataflöden och processer i projekteringsskedet och byggskedet, vilket resulterar i lägre anläggningskostnader.
2. Kraftigt förbättrade system för förvaltning av undermarksinformation, vilket bl.a. förväntas ge lägre kostnader avseende geotekniska undersökningar och projektering.
3. Undermarksinformationen införlivas i kalkylprocesser och produktionsplanering via information i BIM-objekt, vilket förbättrar effektiviteten i alla led i byggprocessen.
4. Förbättrad kvalitet, färre byggfel och oväntade händelser tack vare bättre möjlighet att kommunicera och visualisera undermarksförhållanden i alla skeden.
5. Avsevärt förbättrade möjligheter för medborgarinflytande tack vare att gemensamma dataformat möjliggör utnyttjande av webblösningar för bla 3D-modeller, vilket gör att inga specialprogram behövs för att kunna ta del av informationen.
6. Ordning och reda på undermarksdata möjliggör helt nya möjligheter att arbeta med geostatistiska verktyg, vilket i sin tur möjliggör framtagning av osäkerhetsmodeller, vilket ytterligare i sin tur ger helt nya möjligheter till riskfördelning vid kontraktsskrivande mellan byggherre och entreprenörer.
7. Nya affärsmodeller avseende tjänster och produkter i anslutning till det ”virtuella” undermarksbyggandet.

3 Metod

3.1 Arbetspaket

Metoden som har använts i genomförandet av projektet kan grovt delas i i följande delar:

1. Projektteamet bemannas brett med representanter från hela samhällsbyggnadsbranschen.
2. Kartläggning, inläsning och analys av aktuella standarder för strukturering av undermarksinformation.
3. Urval av standarder för fortsatt klassificering och populering av informations-strukturer avseende undermarken.
4. Implementering av valda informationsstrukturer i GeoBIM-konceptet.
5. Urval av ett antal ”skarpa” pilotprojekt för test av implementerade standarder.
6. Analys av resultatet från pilotprojekten. Resultaten ligger sedan till grund för eventuella justeringar av föreslagna informationsstrukturer.
7. En kontinuerlig implementering och kommunikation av projektresultatet till samhällsbyggnadsbranschen.

3.2 Organisation

Organisationen för att genomföra projektet bestod av en projektgrupp och en referensgrupp. Mats Svensson från Tyréns har verkat som projektledare. Utöver ett antal projekt- och referensmöten har

ett antal olika arbetsmöten genomförts med specialister från branschen. Nedan listas de personer som har medverkat i de olika grupperna.

3.2.1 Projektgrupp

Projektgruppen bestod av Emma Selén – SLL/Trafikförvaltningen, Henrik Franzén – Trafikverket, Mats Svensson – Tyréns, Mats Öberg – SGI, Olof Friberg – Tyréns, Per-Ola Svahn – Skanska, Pål Hansson – Tyréns, Pär Hagberg – Tyréns.

3.2.2 Referensgrupp

Referensgruppen bestod av medlemmarna i projektgruppen kompletterade med Bo Baudin – SKL, Olof Hellborg – SKANSKA, Rickard Mårtensson – PEAB, Susanne Grigull – SGU.

3.2.3 Arbetsgrupper

I projektet genomfördes ett antal arbetsmöten med experter inom olika områden. Här kan nämnas Klas Eckerberg – Svensk Byggtjänst, Maria Åkesson – Tyréns/SGU, David Wesström - Tyréns, Anna Nettelbladt – Bergab, Magnus Svensson – Tyréns, Mikael Törnkvist - Trafikverket, Bengt Åhlén - Trafikverket, Per Lindh – Trafikverket, David Hagerberg – Tyréns och Mattias Lindén - Tyréns.

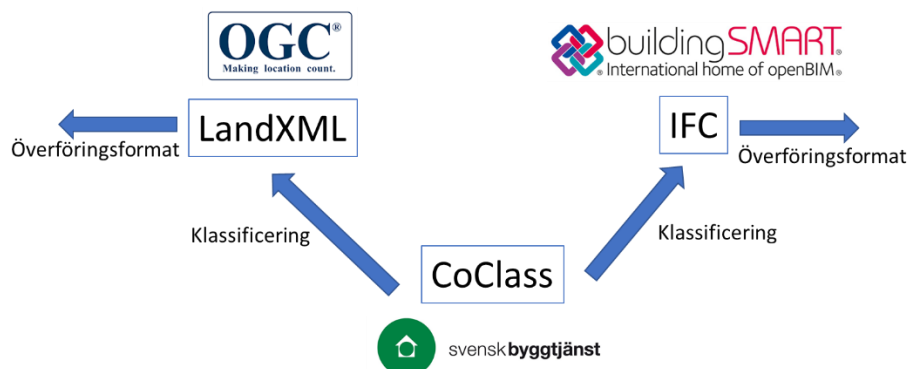
4 Genomförande

4.1 Kartläggning och analys av aktuella standarder

I projektet ingick att undersöka tillgängliga standarder med fokus på klassificering av undermarken. I detta arbete analyserades och testades följande standarder:

- CoClass
- IFC
- LandXML/InfraGML
- CityGML
- AGS

Här är det viktigt att konstatera att CoClass tillhandahåller en gemensam begreppsvärld för klassificeringen av anläggningsinformation medan övriga standarder även innehåller standardiserade överföringsformat för anläggningsinformation. I en framtida vision avseende informationshanteringen inom infrastrukturområdet, så görs klassificeringen av objekten med hjälp av CoClass och övriga standarder hanterar då geometrier, egenskaper och överföringsformat; se figur 4.1.



Figur 4.1 Framtida scenario avseende kopplingar mellan olika standarder.

4.1.1 CoClass

CoClass är ett relativt nytt svenskt klassifikationssystem som är tänkt att hantera all byggd miljö, ovan och under markytan. Klassifikationssystemet ägs av Trafikverket, Svensk Byggtjänst, BIM Alliance Sverige, Swedavia, Trafikförvaltningen Stockholms läns landsting, Sveriges kommuner och landsting och Samverkansforum men förvaltas av Svensk Byggtjänst.

CoClass är tänkt att användas av alla parter i samhällsbyggnadsbranschen under hela byggnadsverkets livscykel – från tidiga skeden till förvaltning och slutligen i rivningsfasen. CoClass utgör en fortsatt utveckling av BSAB och är tänkt att helt ersätta BSAB inom en snar framtid.

Basen för CoClass utgörs av ett antal olika internationella standarder och här kan bl.a. följande nämnas:

- ISO 12006-2 reglerar uppbyggnaden av den allmänna strukturen
- IEC 81346-1 reglerar uppbyggnaden av referensbeteckningar
- IEC 81346-2 innehåller klasserna för komponenter och utrymmen
- ISO 81346-12 innehåller klasserna för system

CoClass kompletterar dessa med tabeller för byggnadsverkskomplex, byggnadsverk och aktiviteter. I många tabeller finns också föreslagna typer av klasser, baserade på svensk praxis.

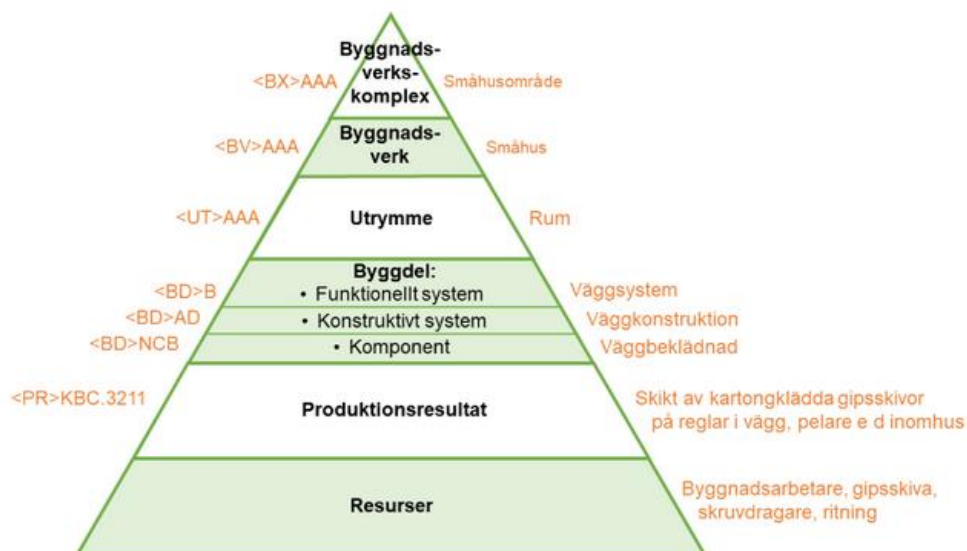
Det finns många fördelar med att använda CoClass men de sex viktigaste är:

- Digitalt – platshållare för digital information
- Gemensamt – samma språk och samma struktur
- All byggd miljö – täcker alla delar av den byggda miljön
- Hela livscykeln – planering, program, projektering, produktion, förvaltning och rivning
- Internationellt – baserat på internationella standarder
- Framtidssäkert – öppna och kombinerbara strukturer, baserade på funktion

Begreppsstrukturen i CoClass utgörs av:

- Byggnadsverkskomplex
- Byggnadsverk
- Utrymmen
- Funktionella system
- Konstruktiva system
- Komponenter
- Egenskaper
- Produktionsresultat
- Resurser

Uppbyggnaden av CoClass illustreras i figur 4.2.



Figur 4.2 Begreppen i CoClass (ISO-12006-2). Källa: Svensk Byggtjänst

En klass i CoClass utgörs av objekt med en eller flera egenskaper. Egenskaperna samlas i olika värdelistor.

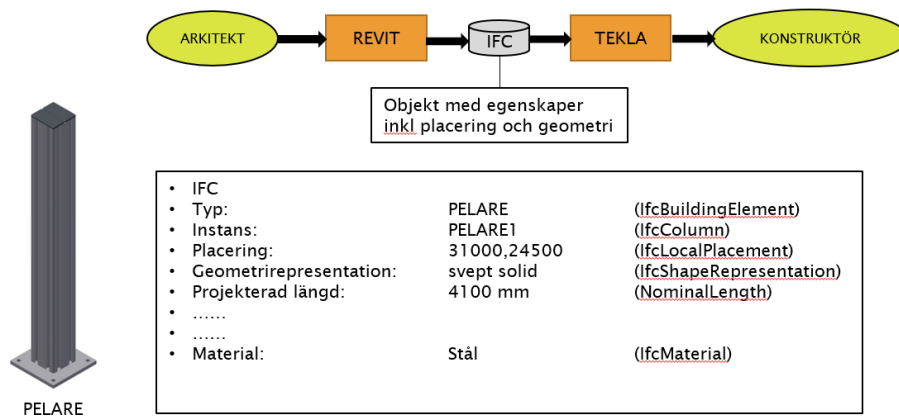
Vid projektstarten innehöll CoClass redan ett antal klasser och begrepp som berörde undermarken men dessa var långt ifrån kompletta. Detta sammantaget med det väldigt flexibla upplägg som utgör en av grundstenarna i CoClass gör det möjligt att på ett effektivt sätt skapa klassificeringsstrukturer för undermarken.

Framtagna begrepp och koder för undermarken framgår av avsnitt 4.2.1.

4.1.2 IFC

IFC står för Industry Foundation Classes och är ett gemensamt "dataschema" som möjliggör informationsutbyte mellan olika datorprogram. Tillämpningarna idag finns inom byggande samt förvaltning och användningen har en koppling till BIM- och CAD-programvaror.

Visionen med IFC är att kunna dela information i ett neutralt format, mellan aktörer och programvaror i ett obrutet informationsflöde i hela livscykelprocessen. Bakom IFC står buildingSMART (International Alliance for Interoperability). Industry Foundation Classes (IFC) är en ISO-standard (ISO 16739:2013). IFC innehåller både en klassificering av objekt samt ett överföringsformat för objekt, deras egenskaper och geometrier. Användningen av överföringsformatet illustreras i figur 4.3.



Figur 4.3 Exempel på informationsöverföring med hjälp av IFC-formatet.

Idag saknas i stort sett klassificering för infrastrukturella objekt. Undantaget är IFCAlignment. Ska man hantera infrastrukturella objekt med IFC idag, så får detta ske med hjälp av generella- eller proxy-objekt. Detta är på sikt ingen hållbar lösning.

Användningen inom infrastrukturområdet är idag marginell. Viss användning förekommer avseende import av geometrier från husbyggnadsområdet. Användningen av dessa modeller blir kraftigt begränsad p.g.a. begränsningar av informationsinnehållet för vissa geometrier.

Vår bedömning är att det idag inte finns någon framkomlig väg att med en rimlig arbetsinsats kunna hantera undermarksdata med hjälp av IFC.

Vår slutsats är därmed att det idag inte finns någon anledning att utveckla någon koppling kring undermarksinformation och IFC utan att invänta nya versioner av IFC, vilka kan innehålla infrastrukturella objekt. Ett eventuellt stöd för denna typ av objekt kan komma i IFC version 5. Men när denna version blir aktuell är för tillfället oklart.

4.1.3 InfraGML

InfraGML står för Infrastructural Geography Markup Language som är en vidareutveckling av LandXML. Bakom InfraGML står OGC (Open Geospatial Consortium). OGC InfraGML standarden beskriver hur formatet stödjer infrastrukturelement specificerade i Landinfra, OGC 15-111r1. I dagsläget är det en väldigt begränsad mängd programvaror som stödjer detta format.

Omfattningen av den konceptuella modellen för mark och infrastruktur är infrastruktuuranläggningar för mark och anläggning. Förväntade ämnesområden omfattar anläggningar, projekt, anpassning, väg, järnväg, undersökning, markfunktioner, markindelning, och "våt" infrastruktur (system för dagvatten, dränering, avloppsvatten, och vattenförsörjning). Den första utgåvan av denna standard är avsedd att stödja alla dessa utom våt infrastruktur. I dagsläget saknas stöd för hantering av geotekniska objekt.

Idag finns det ett mycket begränsat marknadsmässigt stöd för InfraGML. Möjligen kommer krav ifrån Trafikverket och andra myndigheter, nationellt och internationellt att förändra detta och leda till en större acceptans för InfraGML. Vår bedömning är att idag finns det inte någon anledning att utveckla någon koppling kring undermarksinformation och InfraGML.

4.1.4 CityGML

CityGML är bl.a. ett utbytesformat avsett för information om stadsmiljöer och omgivande landskap. Bakom CityGML står OGC:s (Open Geospatial Consortium).

CityGML bygger på standarden ISO TC211. CityGML är uppbyggd av en xml-fil som bär all information. Därutöver krävs det ett objektbibliotek för respektive disciplin som ska hanteras. Dvs att all modellspecifik information finns i CityGML-filen men för att läsa den behövs dessa externa bibliotek. I dagsläget är stödet från olika programutvecklare väldigt begränsat. Standarden utvecklas sakta. Det ligger idag ett förslag till standardändring, CityGML ver 3, redo att antas. Den senaste giltiga versionen av CityGML (ver.2) släpptes 2012. CityGML har en relativt bred användning på marknaden, dock inte vid hantering av undermarksobjekt.

Idag saknar CityGML bibliotek för geotekniska objekt. Detta innebär att CityGML idag inte kan användas för att hantera undermarksobjekt. Det finns visserligen möjlighet att göra egna utökningar av CityGML-standarderna, s.k. ADE (Application Domain Extension). ADE-tilläggen är ofta nationella anpassningar och skulle kunna vara en väg att gå för att uppnå stöd för undermarksinformation i Sverige. Vår bedömning är dock att hantering av undermarksinformation inte bör ligga i en ADE utan inkorporeras i grundstandarderna, speciellt om de ska vara aktuellt för programvaruleverantörer att implementera. Vår slutsats är att det i dagsläget inte finns någon anledning att utveckla någon koppling kring undermarksinformation och CityGML.

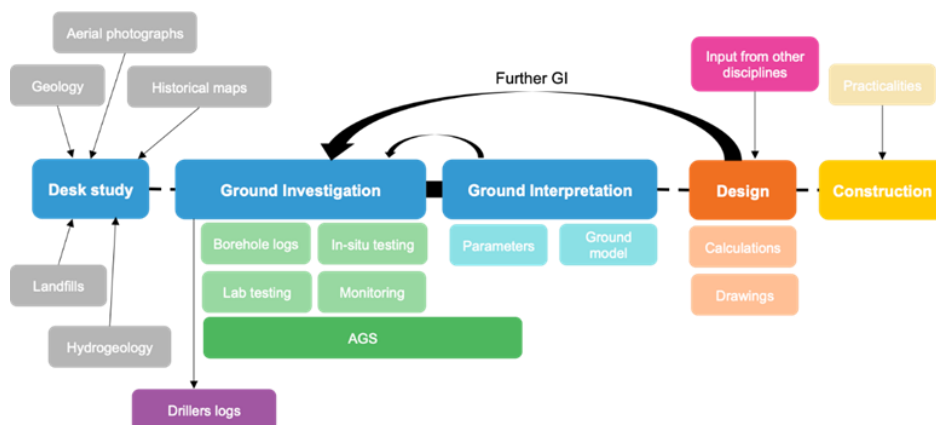
4.1.5 AGS

1991 introducerades textfilformatet .ags av organisationen Association of Geotechnical & Geoenvironmental Specialists (AGS) i Storbritannien. Syftet var att underlätta utbytet av information mellan de olika parterna inom området geoteknik och miljögeo. Målet var att skapa ett format och arbetssätt som är oberoende av verktyg och operativsystem. Under årens lopp har formatet utvecklats och 2017 släpptes senaste versionen, 4.0.4.

Formatet har en bred användning i främst Storbritannien men även i många andra länder. Nackdelen med en eventuell svensk implementation är att standarden inte används i någon större utsträckning här och att den svenska metodiken kring mätdata skiljer sig något ifrån den brittiska.

En annan utmaning med AGS är att precis som med IFC att överföringsformatet är en formaterad textfil vilket medför en stor flexibilitet men också en höga krav på formatering av data.

AGS omfattar idag enbart de objekt som avser de geotekniska och miljögeotekniska undersökningarna. Standarden omfattar inte klassificering av undermarksobjekt, se figur 4.4.



Figur 4.4 Beskrivning av nuläget för AGS data. Källa: AGS hemsida. (<https://www.ags.org.uk/2019/03/data-technology-and-engineering-geology-what-does-the-future-hold/>)

Idag saknar AGS stöd för klassificering av undermarksobjekt och tillhandahåller enbart stöd för undersökningsobjekt. Detta innebär att AGS idag inte kan användas för att klassificera befintlig undermark. Vår slutsats är att det idag inte finns någon anledning att utveckla någon koppling till AGS. Men ett ökat intresse kring internationella projekt kan innebära att en koppling mellan CoClass och AGS avseende undersökningsobjekt kan bli aktuell.

4.2 Utveckling av informationsstrukturer för undermarken

I analysen av de olika tillgängliga standarderna, som redovisas i avsnitt 4.1, så framgår det att i dagsläget är det bara CoClass, som har en tillräckligt bred och flexibel plattform för att på ett hanterbart vis kunna tillhandahålla en standardiserad informationsstruktur för undermarksbyggande. IFC och InfraGML kommer troligtvis om ett antal år kunna erbjuda en motsvarande plattform med infrastrukturella objekt men dessa är inte tillgänglig idag. I fallet med CityGML så är vår bedömning att denna plattform inte kommer att utveckla något stöd för undermarksobjekt. När det gäller AGS så erbjuds idag en plattform för geotekniska provtagningar men det saknas ett upplägg för klassificering av objekt i undermarken. Detta innebär att nu aktuellt projekt har enbart fokuserat på CoClass.

4.2.1 Utveckling av informationsstrukturer i CoClass

Definition av undermark i CoClass föreslås bli ”bärverk av geologiska, hydrologiska och konstruerade formationer under markytan”. Detta utgörs av ett nytt konstruktivt system i CoClass för undermark. Detta system betecknas BA.

Undermarken med tillhörande undersökningar föreslås ingå i följande befintliga klasser av komponenter:

- UU_ Befintlig mark – befintliga fysiska objekt i undermarken
- ZH_ Terrängmodell – objekt för utformning av undermarken
- ZG_ Geoteknikrelaterat undersökningsobjekt – objekt för undersökningar planerade eller gjorda i undermarken

Komponenterna tillhörande klassen UU_Befintligmark föreslås bli följande:

- U__ Hållande objekt
 - **UU_ Befintlig mark**
 - UUA Berg
 - UUB Friktionsjord
 - UUC Kohesionsjord
 - UUD Organisk jord
 - UUE Fyllningsmaterial
 - UUF Osorterad jord
 - UUG Sediment
 - UUH Grundvatten
 - UUI Ytvatten
 - UUK Föroreningar
 - UUZ Obestämd jord

Eventuella undergrupperingar till ovanstående klasser hanteras med hjälp av egenskaper för klasserna UUA-UUF och för UUG-UUK som underklasser.

Underklasser till komponenterna tillhörande UUG-UUK föreslås bli:

- **UUG Sediment** (befintlig mark, under vatten, bildad av lös avlagring, Exempel: dy, gyttja)
 - UUG10 Finkorniga sediment
 - UUG20 Grovkorniga sediment
 - UUG30 Osorterade sediment
 - UUG40 Organiska sediment

- **UUH Grundvatten** (vatten i befintlig mark)
 - UUH10 Fri grundvattennivå
 - UUH20 Trycknivå
 - UUH30 Grundvattenmagasin

- **UUJ Ytvatten** (vatten på befintlig mark)
 - UUJ10 Våtmark
 - UUJ20 Småvatten
 - UUJ30 Anlagda dammar
 - UUJ40 Sjöar
 - UUJ50 Vattendrag
 - UUJ60 Övergångsvatten (hav)
 - UUJ70 Kustvatten (hav)
 - UUJ80 Öppet vatten (hav)

- **UUK Förorening** (kontaminerad befintlig mark)
 - UUK10 Förorening i berg
 - UUK20 Förorening i jord
 - UUK30 Förorening i grundvatten
 - UUK40 Förorening i ytvatten
 - UUK50 Förorening i sediment

- **UUZ Obestämd jord** (befintlig mark av okänd jordart)

Egenskaperna till objekten som tillhör klassen UU_ utgörs dels av sedan tidigare definierade egenskaper, och dels av förslag på nya egenskaper vilka idag saknas i CoClass. De nya föreslagna egenskaperna anges med kursivtext i tabell 4.1 nedan.

Kod i CoClass	Egenskapsnamn i CoClass	Definition i CoClass	GeoBIM
CLCT	Klasskod komponent	Kod som identifierar klass för komponent	Klasskod för objekt i undermarken
CLNT	Klassnamn komponent	Term för klass för komponent	Klasskoden beskriven i text
NERD	Referensbeteckning	Benämning som entydigt identifierar förekomst av funktionellt objekt	Referensbeteckning för objektet/byggdelen
NEGD	GUID	Benämning som ger en globalt unik identitet	GUID (global unik systemidentitet)
MLML	Material	Materialegenskap som anger huvudsakligt material i fast form	Tillämpas olika beroende på vilken huvudklass som avses (för grundvatten och föroreningar anges värdmaterialet)
CNRL	Relation	Uppbyggnadsegenskap som anger relation till andra objekt	Relation till de undersökningspunkter/observationer som har använts vid modelleringen av ytan eller volymen
QYQY	Kvalitet	Kvalitetsegenskap som anger förmåga att uppfylla ställda krav	Kvalitetsklassning av undermarksobjekt med avseende på materialets beskaffenhet (exempelvis för berg: Mycket bra berg, Bra berg, Acceptabelt berg, Dåligt berg, Mycket dåligt berg)
MEUY	Geometrisk osäkerhet	Mättegenskap för osäkerhet i mått- eller lägesangivelse Enhet: m	Osäkerhetsklassning av undermarksobjektet med avseende på objektets tolkade geometri (i dagsläget kommer troligen hela modellen klassas som >1 m) (enligt CAD-lager med CoClass)
PRAY	Produktionsaktivitet	Produktionsegenskap som anger typ av aktivitet	Anger projektspecifikt hur materialet ska hanteras
MDST	Åtgärdsstatus	Metadata som anger åtgärd	Fältet anger status för det aktuella objektet i produktionskedet. Statusen anges enligt CAD-lager med CoClass.
REGY	Geometri	Representation som anger typ av geometrisk beskrivning	Den geometriska representation som gäller för objektet, yta eller volym
NETP	Typ	Benämning som anger typ	Vilken typ av yta eller volym som avses (Min, max, medel, dim, momentant (spec. datum), kan förekomma flera ytor, volymer)
MDPT	Sökväg till fil	Metadata som anger sökväg till fil	Sökväg som anger var informationen finns som beskriver hur modellen för objektet har skapats
PNLV	Nivå	Lägesegenskap som anger läge i vertikalled i förhållande till en referens	Används för ytor för att bestämma läget i vertikalled, 0 för överkant och 1 för underkant
PNSR	Sektor	Lägesegenskap som anger del av projekt	Används för att ange var objektet befinner sig i förhållande till projektets delområde, arbetsområde mm
TPDP	Handlingskedede	Tidsmässig projektegenskap som anger skede för ett dokument i bygg- och förvaltningsprocessen	Här anges i vilket skede som objektet har skapats/ändrats (programskede, systemskede, bygghandlingskede, byggskede, relationskede, förvaltningskede)
MDRP	Ansvarig part	Metadata som anger beteckning för part som ansvarar för information	Här anges initialerna för ansvarig modellör
TOIN	Installationsdatum	Tidsmässig objekttegenskap som anger tidpunkt för installation	Tidsmässig objekttegenskap som anger tidpunkt för etablering av objekt
MDRV	Ändringsbeteckning	Metadata som betecknar senaste ändring	Ändringsbeteckningar anges för varje undermarksobjekt samt en global ändringsbeteckning för hela modellen
MDVD	Versionsdatum	Metadata som anger tidpunkt för senast ändring av version	Datum då objektet ändrades

Tabell 4.1 Egenskaper för befintlig mark

I fallet med klassen ”UUA – Berg” innehåller förslaget att eventuell undergruppering av objekten i denna klass ska ske med hjälp av egenskapen MLML/Material. I tabell 4.2 nedan finns en tänkbar värde lista.

Materialegenskaper för berg - MLML/Material - Materialegenskap som anger huvudsakligt material i fastform
Sedimentära
Sandsten/konglomerat till gråvacka
Silt- och lersten/-skiffer
Kalksten
Magmatiska
Granitoid
Gabbro/diorit
Pegmatit
Basalt, andesit, diabas
Ryolit/dacit
Metamorfa
Metagabbro/-diorit/-anortosit
Metagranitoid (granit-granodiorit-tonalit)
Metavulkanit (ryolit, dacit)
Amfibolit
Metagråvacka (primära strukturer kan identifieras)
Glimmergnejs, granitisk gnejs, migmatitisk (primära strukturer kan INTE identifieras)
Kvartsit
Marmor/dolomit
Eklogit
Övrigt
Obestämt berg

Tabell 4.2 Värde lista för egenskapen ”Materialegenskap” för befintligt berg.

Komponenterna tillhörande klassen ZG_ Geoteknikrelaterat undersökningsobjekt föreslås bli följande:

- Z_ Objekt för utformning, referensobjekt och inmätt objekt
 - **ZG_ Geoteknikrelaterat undersökningsobjekt**
 - ZGA Undersökningspunkt
 - ZGB Undersökningslinje
 - ZGC Undersökningsyta
 - ZGD Undersökningsvolym
 - ZGE Geoteknikrelaterad observation/provtagning

Egenskaperna till objekten som tillhör klassen ZGA-ZGD utgörs dels av sedan tidigare definierade egenskaper och dels av förslag på nya egenskaper, vilka idag saknas i CoClass. De nya föreslagna egenskaperna anges med kursivtext i tabell 4.3 nedan.

Kod i CoClass	Egenskapsnamn i CoClass	Definition i CoClass	GeoBIM
CLCT	Klasskod komponent	Kod som identifierar klass för komponent	Klasskod för undersökningsobjekt
CLNT	Klassnamn komponent	Term för klass för komponent	Klasskoden beskriven i text
NERD	Referensbeteckning	Benämning som entydigt identifierar förekomst av funktionellt objekt	Referensbeteckning för objektet/byggedelen
NEGD	GUID	Benämning som ger en globalt unik identitet	GUID (global unik systemidentitet)
	<i>Beteckning</i>	<i>Benämning som anger identifierande kortform</i>	<i>Beteckning för undersökningsobjektet, som oftast anges i fält.</i>
CNRL	Relation	Uppbyggnadsegenskap som anger relation till andra objekt	(Ex. samlingsprov som gemensamt representerar ett hierarkiskt överordnat objekt)
MDPT	Sökväg till fil	Metadata som anger sökväg till fil	Sökväg som anger var informationen om undersökningsobjektet finns
PRAY	Aktivitet	Produktionsegenskap som anger typ av aktivitet	Här anges vilken undersökningsmetod som tillämpats
PNAL	Altitud	Lägesegenskap som anger höjd i aktuellt höjdsystem	
PNHS	Höjdsystem	Lägesegenskap som anger höjdsystem	
PNCN	Norr-koordinat	Lägesegenskap som anger nordligt värde i aktuellt geodetiskt referenssystem	
PNCE	Öst-koordinat	Lägesegenskap som anger östligt värde i aktuellt geodetiskt referenssystem	
PNRS	Referenssystem	Lägesegenskap som anger referenssystem	
PNSR	Sektor	Lägesegenskap som anger del av projekt	Används för att ange var objektet befinner sig i förhållande till projektets delområde, arbetsområde mm
TOIN	<i>Installationsdatum</i>	<i>Tidsmässig objekttegenskap som anger tidpunkt för installation</i>	<i>Tidsmässig objekttegenskap som anger tidpunkt för etablering av objekt</i>
MDRP	Ansvarig part	Metadata som anger beteckning för part som ansvarar för information	Här anges initialerna för ansvarig person
MDVD	Versionsdatum	Metadata som anger tidpunkt för senaste ändring av version	Datum då objektet ändrades

Tabell 4.3 Egenskaper för geoteknikrelaterad undersökningsobjekt

Egenskaperna till objekten som tillhör klassen ZGE_ utgörs dels av sedan tidigare definierade egenskaper och dels av förslag på nya egenskaper, som idag saknas i CoClass. De nya föreslagna egenskaperna anges med kursivtext i tabell 4.4 nedan.

Kod i CoClass	Egenskapsnamn i CoClass	Definition i CoClass	GeoBIM
CLCT	Klasskod komponent	Kod som identifierar klass för komponent	Klasskod för objektet observation
CLNT	Klassnamn komponent	Term för klass för komponent	Klasskoden beskriven i text
NERD	Referensbeteckning	Benämning som entydigt identifierar förekomst av funktionellt objekt	Referensbeteckning för objektet/byggdelen
NEGD	GUID	Benämning som ger en globalt unik identitet	GUID (global unik systemidentitet)
CNRL	Relation	Uppbyggnadsegenskap som anger relation till andra objekt	Relation till de undersökningpunkter där observationen har genomförts
MDPT	Sökväg till fil	Metadata som anger sökväg till fil	Sökväg som anger var informationen om observationen finns
NETP	Typ	Benämning som anger typ	Vilken typ av observation som har genomförts
<i>DNAS</i>	<i>Analys</i>	<i>Dokumentation i form av vilken analys som har använts för att erhålla ett värde från prov eller observation</i>	<i>Vilken typ av analys som har genomförts på observationen</i>
<i>DNSE</i>	<i>Provvärde</i>	<i>Dokumentation i form av erhållet värde av prov eller observation</i>	<i>Värdet som fås av observationen</i>
<i>DNSV</i>	<i>Provenhet</i>	<i>Dokumentation i form av enhet för erhållet värde av prov eller observation</i>	<i>Enheten för observerat värde</i>
PNTP	Överkant	Lägesegenskap som anger överkant i sekundärsystem	För en observation, som är lägesbunden t.ex. ett prov, anges här provets överkant
PNBM	Underkant	Lägesegenskap som anger underkant i sekundärsystem	För en observation, som är lägesbunden t.ex. ett prov, anges här provets underkant
TOSE	Tidpunkt för provtagning	Tidsmässig objekttegenskap som anger tidpunkt för provtagning	Här anges tidpunkten för observationen
<i>TOAN</i>	<i>Analysdatum</i>	<i>Tidsmässig objekttegenskap som anger datum för provanalys</i>	<i>Här anges tidpunkten för analysen</i>
MDRP	Ansvarig part	Metadata som anger beteckning för part som ansvarar för information	Här anges initialerna för ansvarig person
MDVD	Versionsdatum	Metadata som anger tidpunkt för senaste ändring av version	Datum då objektet observation ändrades

Tabell 4.4 Egenskaper för geoteknikrelaterad observation/provtagning

Komponenterna tillhörande klassen ZH_Terrängmodell föreslås bli följande:

- Z__ Objekt för utformning, referensobjekt och inmätt objekt
 - **ZH_Terrängmodell**
 - ZHA Siluettmodell
 - ZHB Markmodell
 - ZHC Jordmodell
 - ZHD Bergmodell
 - ZHE Grundvattenmodell
 - ZHF Erhållen tunnelkontur
 - ZHG Vattenståndsm modell (Ytvattenmodell)
 - ZHH Sedimentmodell
 - ZHJ Modell med föroreningar

4.2.2 Klassificering – kodsträngar

CoClass kan användas för att identifiera och beteckna objekt och individer. Referensbeteckningen byggs upp som kodsträngar enligt CoClass. Upplägget erbjuder en stor flexibilitet och möjligheter till att anpassa detaljeringsgraden till aktuella projekt. Nedan ges ett antal exempel på referensbeteckningar uppbyggda enligt CoClass.

Exempel 1

En geoteknikrelaterad undersökningspunkt har referensbeteckningen ZGA(CPT)(19T001)+D2.ET3.

- ZG_: Geoteknikrelaterat undersökningsobjekt
- ZGA: Undersökningspunkt
- CPT: Metoden är Cone Penetration Test (enligt SGF)
- 19T001: Beteckning för undersökningspunkten. Sätts oftast i fält.
- D2: Undersökningspunkten finns i delområde 2 (geografisk begränsning)
- ET3: Undersökningspunkten ingår i etapp 3

Exempel 2

Förekomsten av friktionsjord i befintligmark har referensbeteckningen UUB001+D2.

- UUB: Friktionsjord
- 001: jordlager 001
- D2: jordlagret med friktionsjord finns i delområde D2

Exempel 3

Förekomsten av ytvatten i form av en sjö har referensbeteckningen UUU40(VOMB)+D2.

- UUU40: Ytvatten av typen sjö
- VOMB: Namnet på sjön
- D2: sjön finns i delområde D2

4.3 Implementering av utvalda standarder och informationsstrukturer i GeoBIM-konceptet

GeoBIM används för att samla in, analysera och publicera all information relaterad till de geotekniska undersökningsmetoderna. Databasstrukturen i GeoBIM består av objekt med tillhörande egenskaper. Vidare kan det finnas relationer mellan olika objekt. Objekten avser alla tänkbara undersökningsmetoder för geoteknik, förorenade områden, geohydrologi, bergteknik och geofysik.

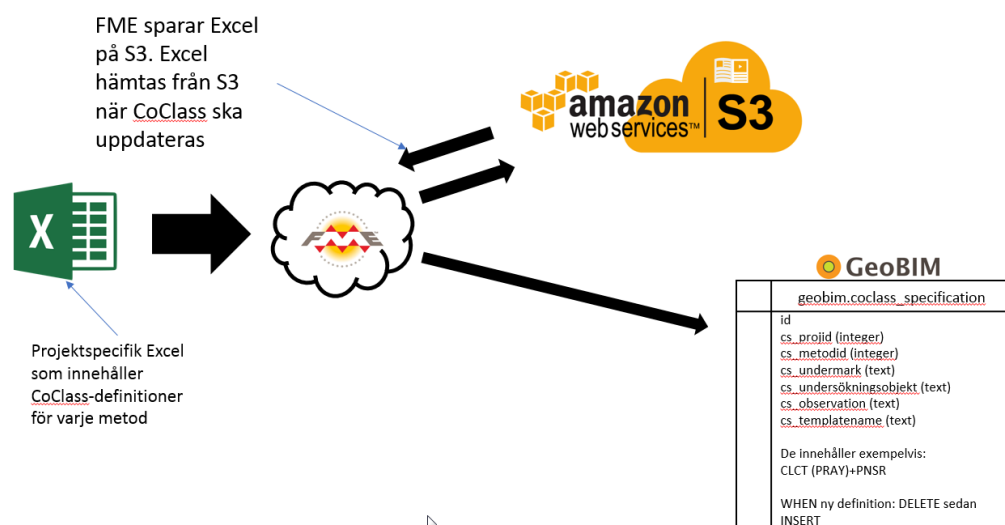
Framtagen informationsstruktur avseende geoteknikrelaterade undersökningsobjekt i CoClass har implementerats för test i GeoBIM. På den objektsstruktur som finns i GeoBIM har CoClass-

strukturen ”mappats”. Mappningen styrs med hjälp av mallar i Excel. Här kan valfria kodsträngar enligt kodstrukturen i CoClass skapas för de olika objekten i GeoBIM. Dessa kodsträngar hanteras som egenskaper i GeoBIM-databasen.

Vissa delar av kodsträngen kan genereras automatiskt med hjälp av data i GeoBIM-databasen. Exempelvis så kan lägesbunden etappindelning hanteras automatiskt genom att objektets (undersökningens) läge finns som en egenskap i databasen och detta läge kan i sin tur jämföras med de geografiska begränsningarna för olika etapper.

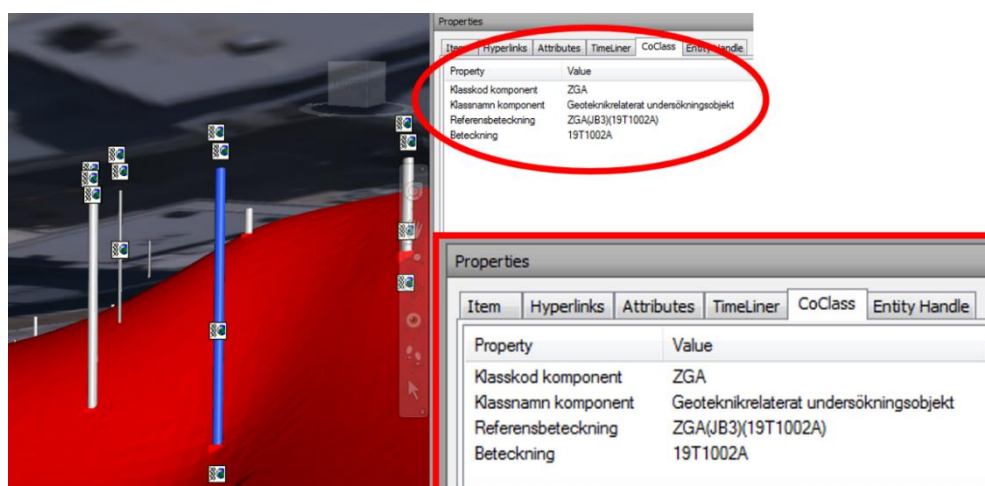
När de olika objekten (undersökningarna) har erhållit CoClass-strängarna, så kan man exportera ut informationen om undersökningarna med hjälp av FME-skript (FME-Feature Manipulation Engine från mjukvaruutvecklaren SAFE Software). Detta innebär att den exporterade informationen kan fås i ett otal olika filformat. Hanteringen illustreras i figur 4.5.

Kodsträngarna kan också användas som lagernamn i CAD-filer av olika slag.



Figur 4.5 GeoBIM-konceptet med CoClass.

Hanteringen av kodsträngar illustreras i figur 4.6.



Figur 4.6 Kodsträng enligt CoClass mappad på komponent/objekt som egenskap.

4.4 Pilotstudier i externa projekt

I utvecklingsprojektet har det genomförts fyra olika pilotstudier kopplade till externa projekt. Nedan redovisas resultatet från dessa studier.

4.4.1 Pilotstudie – Marieholmsförbindelsen



Figur 4.7 Modell över Marieholmsförbindelsen. Källa: Trafikverket.se

Beskrivning av projektet

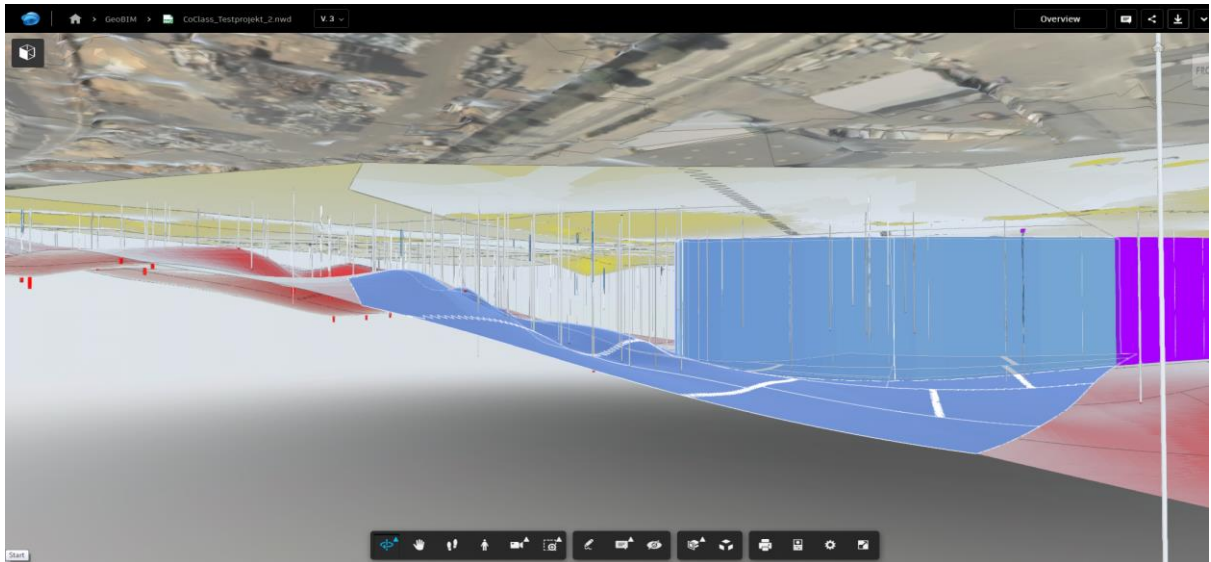
Trafikverkets projekt Marieholmsförbindelsen är ett kombinerat väg- och järnvägsprojekt i Göteborg. Projektet består av Södra Marieholmsbron, en ny järnvägsbro över Göta älv, och Marieholmstunneln, en ny vägtunnel under älven. I anslutning till tunneln byggs två nya trafikplatser i flera plan. Beställare är Trafikverket och huvudentreprenör är SKANSKA. Projektet beräknas vara avslutat 2020.

Geoprojekteringen utfördes av Tyréns enligt traditionellt förfarande. Leveransen bestod av bl.a. ritningar i plan och profil, Geoteknisk PM samt MUR. Totalt hanterades i projektet cirka 2000 geotekniska undersökningspunkter.

Utförda tester i pilotprojektet

I pilotprojektet importerades samtliga geotekniska undersökningspunkter in i GeoBIM-databasen. I GeoBIM-konceptet hanterades även annat projekteringsunderlag till exempel geometrierna för projektets delområdesindelning. Ifrån underlaget med de geotekniska undersökningspunkterna modellerades bergöveryta, överkant lera samt lervolymer; se figur 4.8.

I testet klassificerades med hjälp av CoClass olika typer av undermarksobjekt i form av geotekniska undersökningspunkter, hydrogeologiska installationer och befintlig mark (berg och jordlager). Även klassificeringssystemets hantering av olika geometrityper (punkter, ytor och volymer) och lägen (delområden) testades. Vidare testades klassifikationssystemets hantering av egenskaper, se figur 4.9, dels som kodsträngar för fil- och lagernamn och dels som attribut på objekt.



Figur 4.8 Ortofoto, undersökningspunkter, lermodell (gul överyta och magenta volym) samt bergmodell (röd överyta). Markeringen (blå) visar resultatet för ett urval där CoClass-egenskapen Sektor använts för markering av objekt som ligger inom ett specifikt delområde. (Autodesk360).

Field	Value
Klasskod komponent	ZGA
Klassnamn komponent	Geoteknikrelaterat undersökningsobjekt
Referensbeteckning	11%ZGA(Jb-1)(SK105)
Relation	82531
Beteckning	SK105
Sökväg till fil	https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/tyrensgeobim/documents/30/pdf_bore/SK105.p
Aktivitet	Jb-1
Altitud	-5.57
Höjdsystem	RH 2000
Referenssystem	EPSG:3007
Öst-koordinat	149626.755000
Norr-Koordinat	6401089.006000
Sektor	11
Installationsdatum	2016-11-02
Ansvarig part	OFG
Versionsdatum	2018-02-02

Figur 4.9 Ortofoto, geoteknikrelaterad undersökningspunkt med egenskaper (ESRI ArcGIS).

Resultat och erfarenheter

Tillämpningen av CoClass för klassificering av traditionella geotekniska undersökningar i ett infrastrukturprojekt visar att klassifikationssystemet fungerar väl både för geotekniska undersökningsobjekt och undermarksmodeller.

4.4.2 Pilotstudie – Nyhamnen



Figur 4.10 Modell över Nyhamnen i Malmö. Källa: malmo.se

Beskrivning av projektet

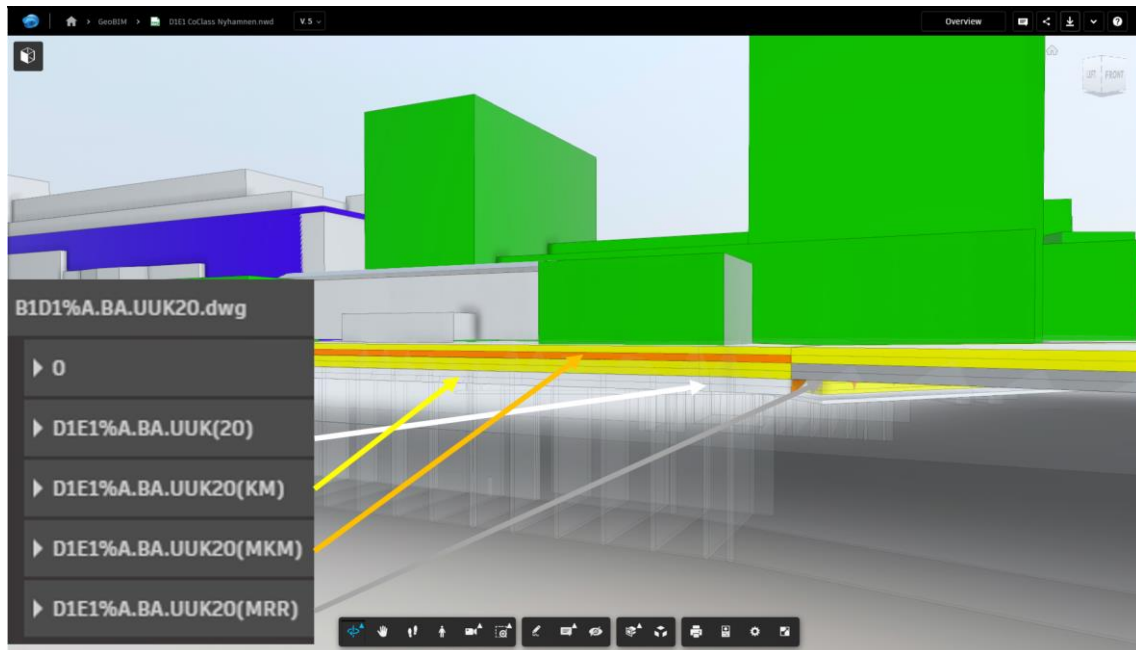
Malmö Stads exploateringsprojekt Nyhamnen är centralt placerat i Malmös hamnområde. Området är en av södra Sveriges mest centralt belägna och kan bli en av stadens nya framsidor. Fullt utbyggt kommer stadsdelen bland annat att innehålla två helt nya öar, 9 000 bostäder och 16 000 arbetsplatser. Nyhamnen beräknas vara helt färdig 2055. Stora delar av marken utgörs av utfyllnadsmassor av olika karaktär.

Delar av den tidiga miljötekniska undersökningen utfördes av Tyréns. Inledningsvis sammanställdes material ifrån tidigare utförda undersökningar i området. Dessa kompletterades, inom ett mindre delområde, med en översiktlig miljöteknisk undersökning.

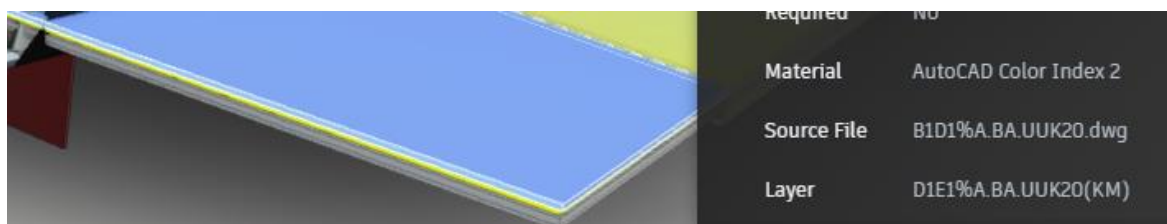
Under inventeringen sammanställdes totalt cirka 1600 geotekniska undersökningspunkter och 130 miljötekniska undersökningspunkter. I Nyhamnen-projektet hanteras informationen i GeoBIM. Ifrån GeoBIM har kartunderlag och undermarksmodeller genererats och nyttjats som underlag för arbetet med fördjupad översiktsplan och tidigt detaljplanearbete.

Utförda tester i pilotprojektet

I testet klassificerades förorenad mark och jordlagerföljder. Dels klassificerades undersökningsresultat och observationer samt yt- och volymmodeller baserade på undersökningsresultaten. Dessa modeller klassades efter huruvida de överskred naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark eller ej. Objekten klassificerades också efter projektets tidiga etappindelning; se figur 4.11 och 4.12.



Figur 4.11 Nyhamnen etapp 1 med jordvolym klassificerade efter naturvårdsverkets generella riktvärden för förorenad mark som en del i en samordningsmodell. Volymerna färgade efter överskridande riktvärde (>MKM = Orange, >KM = gul, >MRR =grå, och <MRR = vit). Befintliga byggnader är ljusgråa och planerade byggnader gröna respektive blåa. (Autodesk360).



Figur 4.12 Nyhamnen etapp 1 med jordvolym klassificerad efter naturvårdsverkets generella riktvärden. Jordvolymen som är markerad (blå) överstiger riktvärde för känslig markanvändning vilket framgår av CoClass-klassificeringen av objektet. (Autodesk360).

Resultat och erfarenheter

Resultatet ifrån testet visar att CoClass uppfyller kraven för klassificering i tidiga skeden innan behovet av projektspecifika typer av objekt har upprättats. Genom att tillämpa CoClass på en generell nivå uppfylls ändå det tidiga skedets krav samtidigt som det blir möjligt att bygga ut klassificeringen efterhand som projektet fortskrider. En viktig erfarenhet ifrån testprojektet är vikten av att kunna ändra lägesegenskapen då exempelvis etapper ofta är föremål för förändringar under tidiga skeden.

4.4.3 Pilotstudie – Molnbydepån



Figur 4.13 Modell av Molnbydepån. Källa: BBH Arkitektur & Teknik

Beskrivning av projektet

Molnbydepån längs Roslagsbanans Kårstalinje, mellan Lindholmen och Ormsta, är en depå för Roslagsbanans fordon, som är under byggnad i Molnby i Vallentuna kommun. Den nya depån, som uppförs under åren 2017–2019, kommer att i en första etapp ge plats för 22 nya tåg. Senare skall tillkomma verkstadskapacitet för 67 tåg och ytterligare uppställningsplatser. Beställare är Trafikförvaltningen Stockholms läns landsting (SLL).

Geoprojekteringen utfördes enligt traditionellt förfarande. Leveransen bestod av bl. a. ritningar i plan och profil, Geoteknisk PM samt MUR. Totalt hanterades i projektet cirka 700 geotekniska undersökningspunkter.

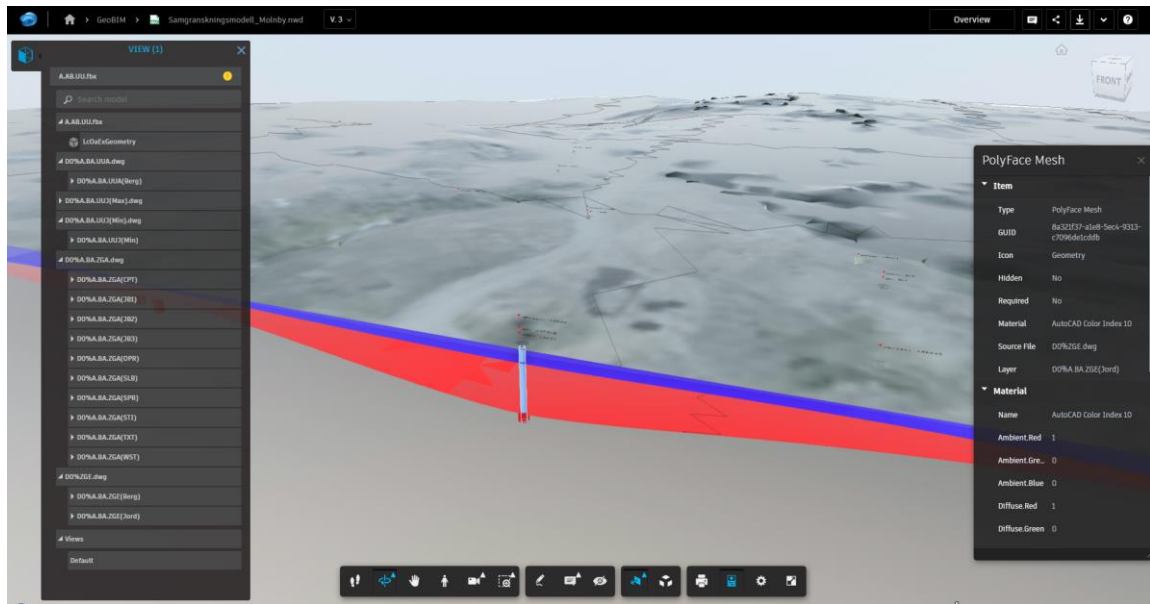
Utförda tester

I testet hanterades dels undersökningar och observationer men också modellerade typer av grundvattennivåer.

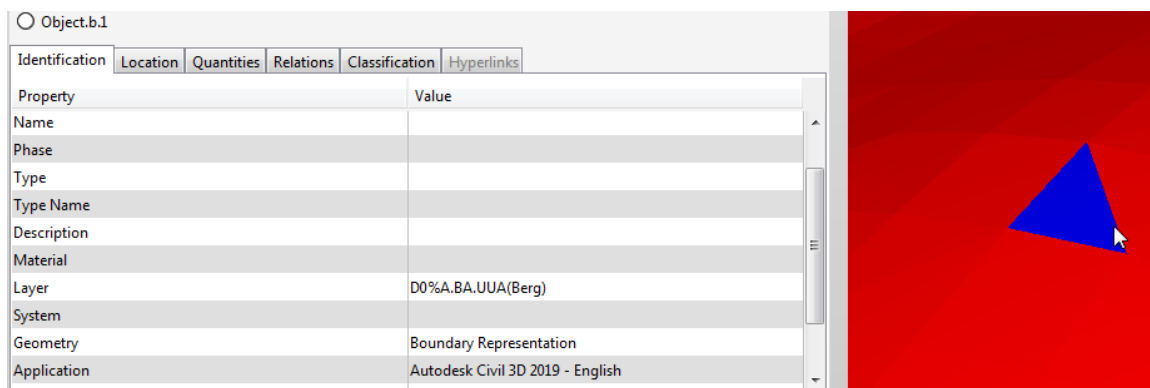
I SLL's Projekt Molnbydepån har CoClass testats med avseende på klassifikationssystemets hantering av hydrogeologiska objekt och egenskaper.

I pilotprojektet importerades samtliga geotekniska och hydrogeologiska undersökningspunkter in i GeoBIM-databasen. Ifrån underlaget med undersökningspunkterna modellerades bergöveryta samt hydrogeologiska ytor (min- och max-nivåer); se figur 4.14.

I testet klassificerades med hjälp av CoClass olika typer av undermarksobjekt i form av geotekniska undersökningspunkter, hydrogeologiska installationer och befintlig mark (berg och grundvatten). Vidare testades klassifikationssystemets hantering av egenskaper dels som kodsträngar för fil- och lagernamn och dels som attribut på objekt.



Figur 4.14 Figur 4.13 Maxnivå för grundvatten (blå yta), bergöveryta (röd yta) och geoteknisk undersökningspunkt av metoden Jb3-sondering (jordborrning grå och bergborrning röd) (Autodesk 360).



Figur 4.15 Bergöveryta klassificerad i IFC-fil efter att ha modellerats i MicroMine och formatkonverterats till IFC med bibehållen CoClass-klassificering. Objektet och egenskaperna visas i Solibri Model Viewer.

Resultat och erfarenheter

Tillämpningen av CoClass för klassificering av hydrogeologiska undersökningar och tillhörande undermarkmodeller visar att klassifikationssystemet fungerar väl även i detta fall. Detta innebär att även grundvattenförekomster nu kan ingå som en del i en full BIM.

4.4.4 Pilotstudie – Godisfabriken



Figur 4.16 Modell av Godisfabriken. Källa: gavlegardarna.se

Beskrivning av projektet

Godisfabriken är det samlande namnet för de hus, gator och parker som anläggs i området mellan Södra Skeppsbron, Styrmansgatan och Tredje Tvärgatan i Gävle. 750 bostäder planeras, liksom verksamhetslokaler, förskola och parkeringshus. Stort fokus ligger på att bygga med höga miljö- och hållbarhetskrav.

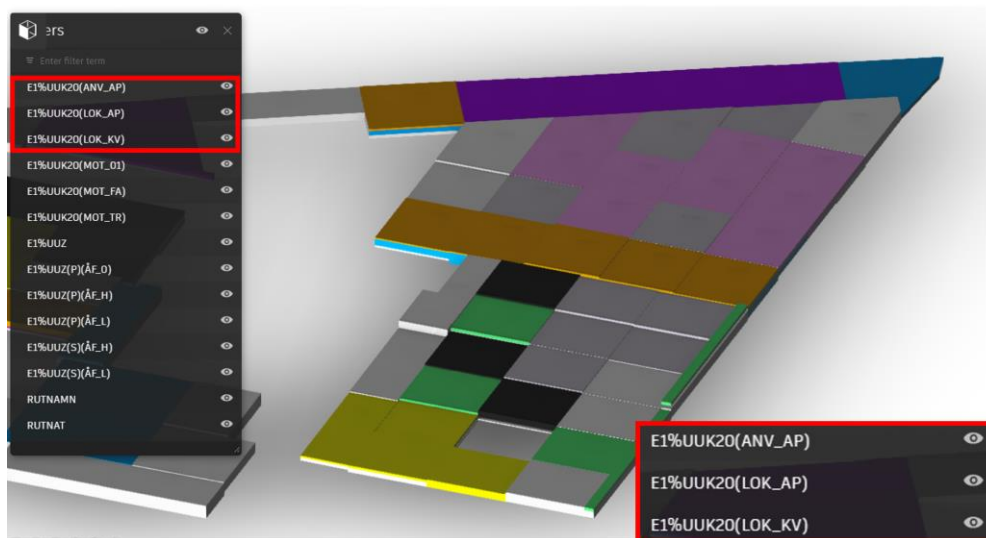
Beställare av projektet är det kommunala fastighetsbolaget Gavlegårdarna AB och markentreprenör är NCC. Tyréns bidrar med teknisk kompetens under hela projekttiden, med utredningar i detaljplaneskedet, projektering av allmän platsmark samt markmiljö och geoteknik. En av projektets stora utmaningar är att marken tidigare nyttjats för garveriverksamhet vilket medfört att stora delar kräver marksanering. Markområdet omfattar cirka 50 000 kvadratmeter.

Genom att kombinera en uppkopplad mobil datainsamlingsapp för fältdata och foto, med tekniken GeoBIM skapas en sluten digital kedja från förundersökning till relationsmodell.

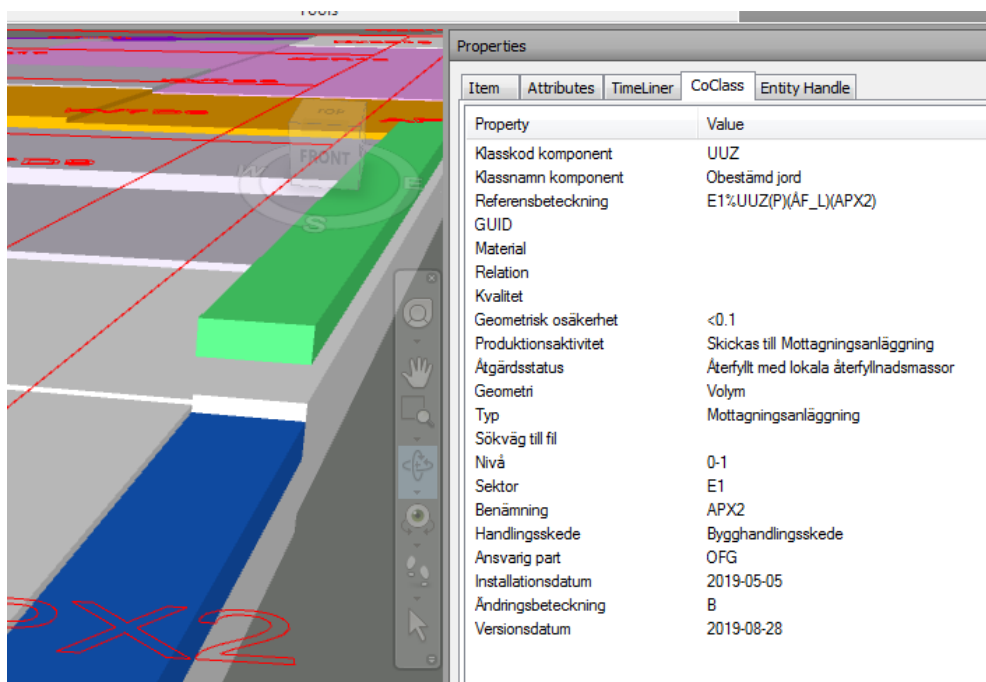
Redan i det inledande planeringsarbetet sammanställdes befintlig information digitalt och nyttjades vid framtagandet av undersökningsprogram. I den förberedande provtagningsfasen grävdes 420 provgropar och 1 200 jordprover analyserades. Det digitala materialet från undersökningsprogrammet var då tillgängligt i en datainsamlingsapp som också nyttjades för dokumentation av data i fält och registrering av prover för laboratorieanalyser.

Utförda tester

I marksaneringsprojektet Godisfabriken i Gävle har varje provtagen volym (20x20x0,5 m³) i geomodellen klassificerats enligt framtagna CoClass-klassningar, se figur 4.17 och 4.18 nedan.



Figur 4.17 Saneringsvolym klassificerade efter produktionsaktivitet exempelvis ANV_AP = Återanvändning på allmän platsmark, LOK_AP = Lokal återanvändning på allmän platsmark och LOK_KV = Lokal återanvändning på kvartersmark (Autodesk360).



Figur 4.18 Saneringsvolym klassificerad efter åtgärdsstatus med egenskaper (Navisworks).

Coclass-testerna utfördes huvudsakligen för att pröva systemets möjligheter att klassificera volymer utifrån deras lägesegenskap (Sektor) och Typ samt Åtgärdsstatus. Eftersom testet utfördes parallellt med det pågående projektet testades också möjligheten att konvertera projekteringsmodeller till format för maskinguidning (.tp3 & .trm) med bibehållen information.

Resultat och erfarenheter

Klassningarna kan i det pågående utförandeskedet användas för att beskriva hanteringen av massor samt status av massor i ett saneringsprojekt. CoClass gav tillräcklig flexibilitet för att anpassa klassifikationssystemet även när ytterligare typer tillkom under projektets gång samt hanterade förtjänstfullt åtgärdsstatusen för volymer som skiftar under saneringens gång. En viktig erfarenhet

ifrån testet är att övergången till filer för maskinguidning ställer krav på tillämpningen av klassifikationssystemet då dessa format är begränsade avseende vilken information objekt kan bära samt vilka geometrityper som kan användas. I detta fall omvandlades volymerna till ytor (underkanter) och egenskapsinformationen överfördes via fil- och lagernamn.

4.5 Implementering av projektresultatet till samhällsbyggnadsbranschen

4.5.1 Konferenser

Under projektets genomförande har deltagarna medverkat vid följande konferenser:

- Samhällsbyggnadsdagarna 1-2 okt, 2018
- InfraBIM Open, Tampere, Finland, 15–16 januari 2019
- Grundläggningdagen Stockholm, 14 mars 2019
- World Tunnelling Congress, Neapel, 19–20 maj, 2019
- 81st EAGE 2019 Annual meeting, London, 2-6 June 2019
- Geophysics for infrastructure planning (EAGE), Delft, September ,2019
- ECSMGE (European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering), 1-6 september, Reykjavik, 2019
- 5th Conference on Engineering Geophysics (ICEG2019),21-24 October 2019 | Al-Ain, UA

Respektive artikel anges i kapitlet Referenser och publikationer.

Konferensbidrag (2 stycken) har även skickats in till InfraBIM Open 2020, Tampere, Finland, men här återstår det att se om bidragen accepteras. Bidragen har titlarna:

- CoClass for geotechnical objects - 3 GeoBIM pilot projects in Sweden
- Effective model-based information exchange between the design phase and the production phase

4.5.2 Tidskrifter

Publicering avseende projektet har skett i följande tidskrifter:

- Geophysics for Urban Underground Space Studies in the Journal of Environmental and Engineering Geophysics (JEEG), Special issue, (review August 2019)
- Bygg och Teknik, januari 2019
- Husbyggnad, oktober 2019
- Bygg och Teknik, januari 2020 (planeras)

4.5.3 Övrigt

Föreläsningar för ingenjörsstudenter avseende projektet har genomförts vid:

- LU/LTH
- Malmö Universitet
- Jönköpings högskola

Information om projektet har publicerats på ett antal olika webbportaler t.ex. på GeoBIM-portalen www.geobim.se; se figur 14.19



GeoBIM 2.0 projektet

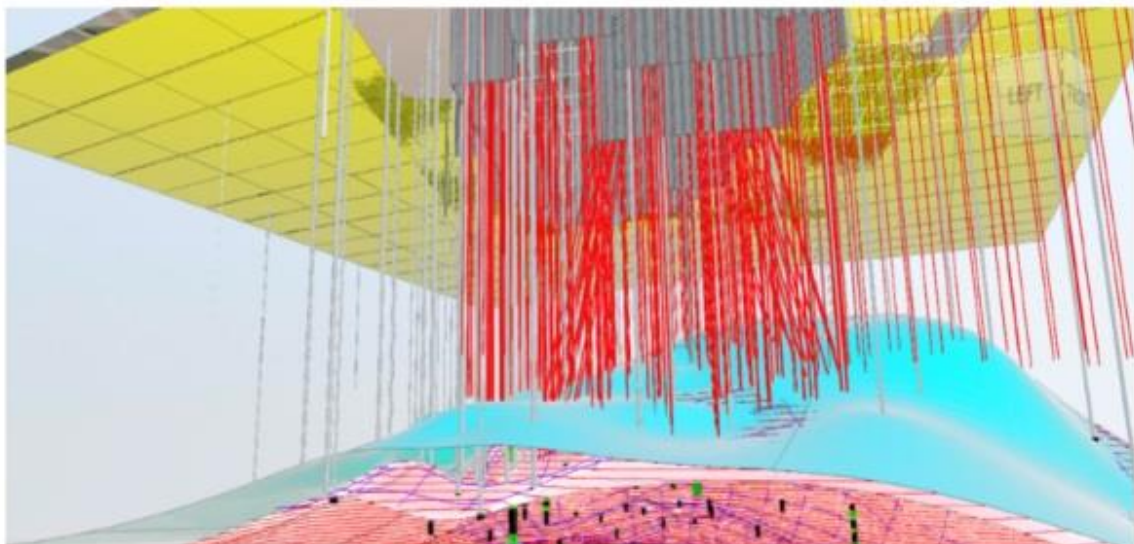
GeoBIM 2.0 projektet, som löper under 2 år, finansieras av Sven Tyréns Stiftelse, Formas, Skanska och Trafikverket. Syftet med projektet är att:

- Utveckla och anpassa CoClass för undermarksinformation
- Integrera undermarksinformation – både data och modeller – med övriga objekt och system inom samhällsbyggnadssektorn, en "full" BIM
- Skapa kopplingar till InfraGML-standarden och det standardiserade IFC-formatet
- Tillgängliggöra och implementera CoClass för undermarksinformation i samhällsbyggnadsbranschen

Figur 4.19 GeoBIM-portalen.

Kommunikation om projektresultatet har också skett via GeoBloggen på Tyréns; se figur 4.20.

Vem förvaltar geomodeller och geokonstruktioner?



Figur 4.20 Geobloggen på Tyréns.

5 Slutsatser

5.1 Måluppfyllelse

Målen i projektet var följande:

1. Utveckla och anpassa CoClass för undermarksinformation.
2. Koppla CoClass-klassificering till de objekt som levereras via GeoBIM-konceptet.
3. Kunna integrera undermarksinformation – både data och modeller – med övriga objekt och system inom samhällsbyggnadssektorn – både i Sverige och globalt.
4. Utveckla schema för att kunna representera undermarksinformation enligt den föreslagna InfraGML-standarden.
5. Föreslå en implementering av undermarksinformation i det standardiserade IFC-formatet.
6. Tillgängliggöra och implementera punkterna 1-5 ovan i samhällsbyggnadsbranschen.

Här kan vi konstatera att målen 1 till 3 är väl uppfyllda. Målen 4 till 5 har inte uppfyllts p.g.a. att analysen visade på att de grundläggande objektsstrukturerna för undermarken saknades och att flexibiliteten i standarden inte möjliggjorde en egen implementering utan stora arbetsinsatser. I fallet med IFC pågår ett standardiserings-arbete för att standarden även ska innefatta infrastrukturella objekt. Mål 6 är väl uppfyllt och stora delar av strukturen för undermarken är implementerad i CoClass och finns tillgängliga via Svensk Byggtjänsts hemsida.

5.2 Resultat

Ett klassificeringssystem, som bygger på CoClass, har tagits fram för undermarks-byggande och är implementerat i den officiella versionen av CoClass. Klassificeringssystemet har prövats genom implementering i ett antal olika system samt i ett antal pilotprojekt. Dessa tester har visat att upplägget fungerar utmärkt. Detta innebär att undermarken blir en fullvärdig medlem i BIM-världen tillsammans med övriga teknikdiscipliner.

Implementeringen i branschen har skett via ett stort antal seminarier, konferensbidrag samt tidningsartiklar och med hjälp av en stor bredd i sammansättningen av projektgrupp och referensgrupp.

5.3 Förslag på fortsatt arbete

Den genomförda klassificeringen av undermarken har inte omfattat geokonstruktioner. Dessa konstruktioner kan vara både befintliga eller avse nya byggdelar. I nuvarande version av CoClass finns byggdelar/komponenter som avser geokonstruktioner men dessa är utspridda i olika komponenttabeller. Vidare kan detaljeringsgraden med avseende på komponenterna var något för grov för att hanteringen av geokonstruktioner ska kunna fungera i praktiken. Här skulle ett fortsatt arbete kunna utgöra en god investering med avseende på digitaliseringen av undermarksbyggandet.

Referenser och publikationer

Buildingsmart. IFC, Industry Foundation Classes (IFC).

<https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>

Eckerberg Klas. 2019. *CoClass - Informationshantering för byggd miljö*. Svensk Byggtjänst. ISBN: 9789173339643.

Eckerberg Klas. 2017. *CAD-lager med CoClass*. Utgåva 4. Svensk Byggtjänst. ISBN: 9789173338479.

Open Geospatial Consortium. CityGML, <http://www.opengeospatial.org/standards/citygml> (och föreslagna förändringar till denna standard tillgängliga på: <https://github.com/opengeospatial/CityGML-3.0>)

Open Geospatial Consortium. LandInfra/InfraGML, <https://www.opengeospatial.org/standards/infragml>

Svenska Geotekniska Föreningen, SGF:s dataformat - Rapport 3:2012

Svensk Byggtjänst. 2005. *BSAB 96. System och tillämpningar*. Utgåva 3. ISBN: 9789173330961

Svensk Byggtjänst. CoClass, det svenska digitala klassificeringssystemet <https://coclass.byggtjanst.se/login>

Svensson M., 2018, Den digitala undermarksrymden - från provtagning till förvaltning, Samhällsbyggnadsdagarna, 1-2 Oktober, Stockholm

Svensson M. & Friberg S., 2019, GeoBIM for full underground BIM design, InfraBIM Open 2019, 15-16 January, Tampere, Finland

Svensson M., Friberg O., 2019, Effektiv kommunikation av geo-relaterad undermarksinformation i ett LCC-perspektiv, Grundläggningdagen, 14 mars, Stockholm

Svensson M., Friberg O., Brodic B., Malehmir A., 2019, Efficient communication of geologically related data and 3D models in tunneling projects, World Tunnel Congress, Napoli, 3-9 May, In proceedings, Naples, Italy

Svensson M., Friberg O., 2019, BIM in Near Surface Geosciences, 81st EAGE Annual Meeting, London, 2-6 June

Svensson M., Friberg O., 2019, BIM – the key for implementation of geophysics in infrastructure planning, 25th Near Surface Geoscience Conference & Exhibition, 8-12 September, The Hague, Netherlands

Svensson M., Friberg O., 2019, Full underground BIM via development of CoClass for geotechnical data, models and objects, European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ECSMGE), 1-6 September, Reykjavik, Iceland

Svensson M., Friberg O., 2019, Non-geophysical challenges for improved use of geophysics in infrastructure planning, 5th Conference on Engineering Geophysics (ICEG2019), 21-24 October, Al-Ain, UAE