

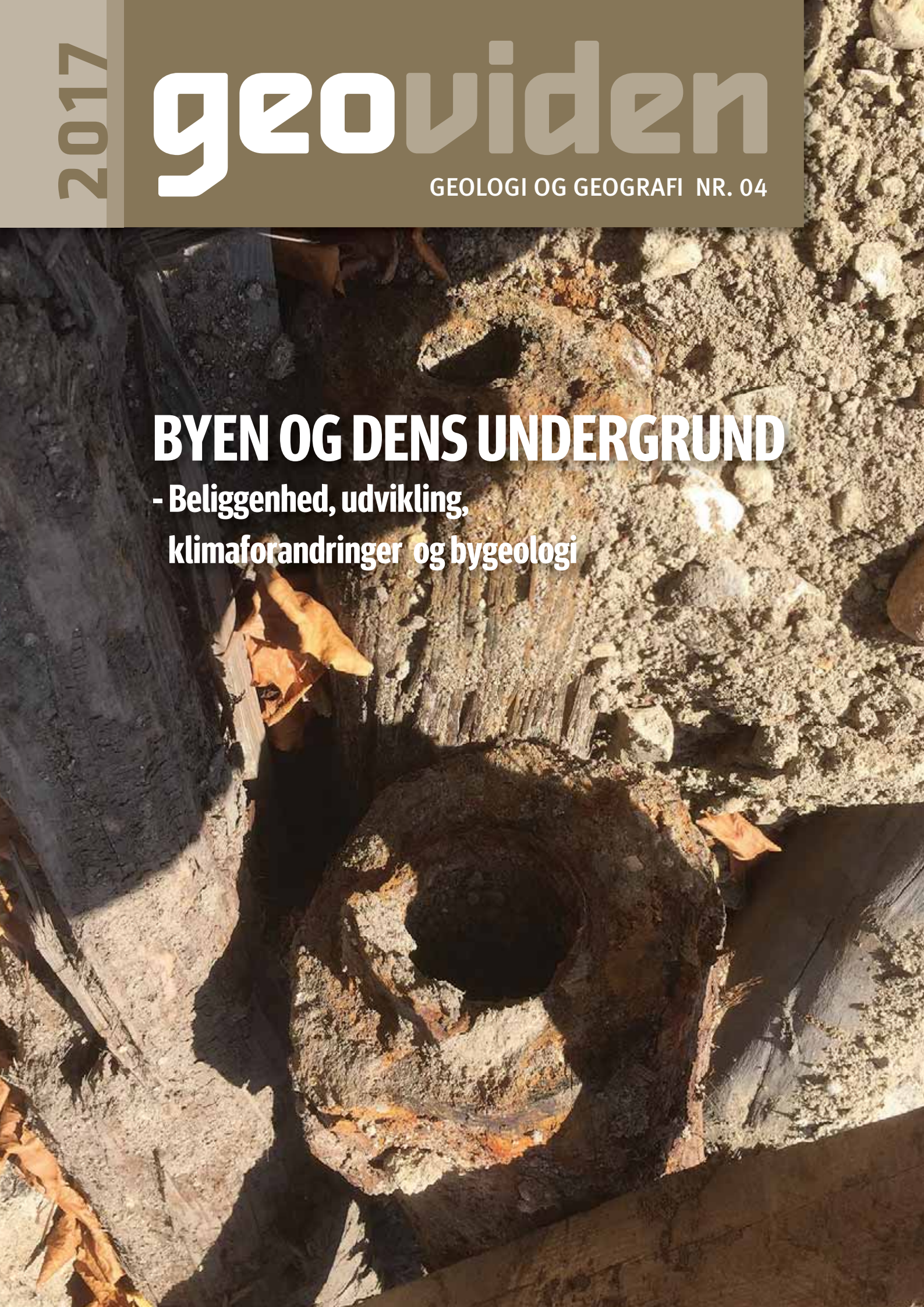
2017

# geoviden

GEOLOGI OG GEOGRAFI NR. 04

## BYEN OG DENS UNDERGRUND

- Beliggenhed, udvikling,  
klimaforandringer og bygeologi



# BYEN OG DENS UNDERGRUND

## - Beliggenhed, udvikling, klimaforandringer og bygeologi

I Danmark er der siden 1998 gennemført en omfattende og i international sammenhæng unik grundvandskortlægning. Denne kortlægning er primært rettet mod det åbne land og de grundvandsressourcer, som Danmarks vandforsyning er baseret på.

Danmarks byer er imidlertid i vækst og det sammen med klimaændringerne betyder, at der nu også er fokus på indretningen af byerne, så de bliver bæredygtige og robuste over for fx den øgede mængde nedbør. Viden om undergrunden under byerne og planlægningen af udnyttelsen af den er derfor vigtig.

For at forstå betydningen af viden om undergrunden i byerne vil vi først beskrive baggrunden for, at byerne geografisk ligger, som de gør, og hvordan byerne udvikler sig og dermed påvirker undergrunden. Herefter ser vi på den mangfoldighed af interesser i byerne, som knytter sig til geologien – og hydrogeologien – under dem. Størrelsesforholdene og de menneskeskabte aflejringer (antropogenet) gør det til en speciel opgave for geologerne at kortlægge og opstille modeller for byområdets geologi.

Ydermere vil vi give forskellige nationale og internationale eksempler på bygeologiens relevans for de mangeartede problemstillinger, der skal håndteres og forvaltes i byerne. Sluttelig diskuteres de behov, muligheder og udfordringer, der er for at få en sammenhængende planlægning og administration af bygeologiske data.

### Behovet for viden om byernes undergrund

Byernes befolkningstilvækst og stigningen i nedbør og ekstremhændelser som følge af ændringerne i klimaet har medført, at der inden for de senere år er opstået et behov for et forbedret planlægningsgrundlag for byernes udvikling.

Udviklingen medfører, at der bliver behov for at udnytte pladsen bedre (by-fortætning) og at flere og flere bygninger placeres under jorden (parkeringsanlæg, energianlæg m.v.). Ændringer i vores adfærd og arealanvendelse kombineret med stigende nedbørsmængder

*Figur 0. Det hydrologiske kredsløb begynder med at nedbøren falder inden for et opland. Noget af nedbøren omdannes til fordampning, noget strømmer til vandløb og andet infiltrerer (siver ned) til grundvandsmagasiner og derfra kan det løbe til havet eller pumpes op til vandforsyning. Byens placering ved hav og å betyder på samme tid en mulighed for lettilgængelig transport ad søvejen og forsyning af byen med ferskvand. Men det betyder også, at byen er udsat for oversvømmelse fra begge sider; fra havet, fra stigende grundvandsstand og fra vandløbet – i værste fald alle hændelser samtidig.*

*Illustration: Carsten E. Thuesen, GEUS.*



**Susie Mielby**  
Hydrogeolog,  
seniorrådgiver, emer., GEUS  
smi@geus.dk

**Johannes de Beer**  
Hydrogeolog,  
forsker, NGU  
hans.debeer@ngu.no

**Tom M. Pallesen**  
Geolog,  
senior projektleder, I-GIS A/S  
tmp@i-gis.dk

**Jeroen Schokker**  
Geolog, phd,  
seniorgeolog, TNO  
jeroen.schokker@tno.nl

**Peter B.E. Sandersen**  
Geolog,  
seniorrådgiver, GEUS  
psa@geus.dk

og -intensitet medfører også, at der sker en påvirkning af grundvandet, så der samtidig skal tages højde for ændringer i grundvandsstrømning og grundvandsstanden i byernes undergrund. Dertil kommer, at øget befæstelse af arealerne (bebyggelse, asfaltering, flisebelægning m.m.) som følge af byudviklingen i flere områder fører til, at større mængder overfladevand skal transporteres væk på grund af reducerede muligheder for naturlig nedsivning.

Der er behov for at byerne tilpasser sig og bliver mere modstandsdygtige over for klimaforandringerne. Det betyder, at kommuner og vandselskaber i dag har opgaver inden for klimatilpasning, fx regnvandshåndtering, etablering af vedvarende energianlæg og ændringer i infrastrukturen. Ligesom tilpasningen af byerne til væksten og det ændrede klima, fx højere befæstelsesgrad som følge af store anlægsopgaver, stiller langt højere krav til detaljeret viden om de geologiske forhold i undergrunden. Manglende viden om undergrunden og manglende hensyn til det urbane vandkredsløb medfører risiko for fejl i planlægning og investeringer.

Det er en central samfundsmæssig opgave at få bolig- og erhvervsområder, nybyggeri, infrastruktur (fx veje, jernbaner, elektriske kabler og rørledninger) og beskyttelse af kulturarv og grønne områder til at hænge sammen, så byerne sikrer borgernes tryghed, er sunde og rare at bo og opholde sig i, samtidig med at de er modstandsdygtige og bæredygtige. Sidstnævnte forudsætter, at de valgte løsninger tager højde for forholdene i undergrunden.

Forskellige jordarter besidder forskellige egenskaber, såvel geologisk, hydrogeologisk og geoteknisk. Jordlagenes egenskaber er styrende for grundvandets strømning. Derfor er de geologiske rammer helt centrale for planlægningen, herunder strømningsberegninger.

Geologer og ingeniører har gennem mange år foretaget en systematisk kortlægning af jordlag og grundvandsressourcer uden for byerne, men der har ikke været foretaget en tilsvarende systematisk kortlægning af undergrunden i byområderne. I Danmark findes der beskrivelser af, hvordan planlægning og myndighedsarbejde skal udføres i det åbne land, fx grundvandskortlægning, som skal munde ud i lokale planer for de forskellige områder. Der findes ikke i dag en tilsvarende

## DGU/GEUS og bygeologien

I slutningen af 1960'erne oplevede GEUS (daværende DGU/Danmarks Geologiske Undersøgelse) en stigende efterspørgsel på viden om byernes undergrund, specielt i relation til tilstedeværelsen af blødbundsområder, som kunne give funderingsmæssige udfordringer. Denne opgave blev taget op af geolog Ellen Louise Mertz. Fra 1969 til 1985 udgav DGU de såkaldte 'bygeologier' om 10 provinsbyer, forfattet af fru Mertz. Fru Mertz stoppede sit arbejde som 87-årig. Serien fortsattes af tidligere direktør for GEUS, dr. phil. Ole Berthelsen med to publikationer i hhv. 1987 om Aalborg og i 1995 om den nordlige del af Sokkelund Herred. Herefter stoppede den systematiske sammenstilling og publicering af bygeologiske data.

Men i de senere år har GEUS igen beskæftiget sig med behovet for viden om og metoder til kortlægning af undergrunden i vores byer, og hvordan vi kan anvende denne viden.

Et af GEUS' internationale projekter, Sub-Urban (EU COST Action TU1206 Sub-Urban), har handlet om at forbedre kendskabet til undergrunden i byerne, og hvordan vi kan bruge denne viden i byernes fremtidige planlægning og administration. Et andet projekt, VTU-projektet i Odense, har taget sit udgangspunkt i behovet for at nedsive overskydende regnvand og har gået ud på at tilvejebringe en tredimensional geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb – en model, der samtidig kunne imødekomme Odense Bys øvrige behov for geologisk modellering af undergrunden.

Dette nummer af Geoviden er baseret på det arbejde, som er udført i forbindelse med VTU-projektet 'Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb' og EU COST projektet TU1206: 'Sub-Urban – A European network to improve the understanding and use of the ground beneath our cities' ([www.sub-urban.eu](http://www.sub-urban.eu)).

planlægning, som integrerer planer for undergrundens anvendelse og vandkredsløbet under byområderne.

Der er tre hovedårsager til at beskæftige sig mere med bygeologisk viden:

- For at sikre, at beboelseshuse og andre byggerier kan (for-)blive funderet på en solid grund uden fare og risiko for jordskred, sætninger og lignende, er det nødvendigt med et forbedret kendskab til det materiale, som undergrunden udgøres af, både hvad angår egenskaber og udbredelse. Denne viden kan også bruges til at sikre, at nedsivningsanlæg placeres på områder, hvorfra det er muligt for vandet at infiltrere (sive ned) til dybere lag og bidrage til grundvandsdannelse.
- Konflikter mellem forskellige anvendelser af byrummet forøges, når byens vækst og fortætning medfører kamp om pladsen – både over og under jorden. Kortlægning af undergrunden under byerne kan minimere risikoen for disse konflikter.
- Der er behov for løbende at vurdere og inddrage byudviklingens indvirkning på miljøet

og klimaændringernes følgevirkninger. Det kan ske ved hjælp af opstilling af overvågning og ved modeller for fx arealanvendelse, infrastruktur, vandindvinding og infiltration af regnvand.

Geologisk/hydrologisk kortlægning og modellering betyder nye måder at arbejde på og brug af nye typer af data, fx viden om dybden af bygningskonstruktioner, kloakledninger og tunneller. Modelleringen af bygeologien – herunder *antropogenet*, som vi kalder det jordlag, der er påvirket af menneskelig aktivitet – er samtidig anderledes og mere datatungt, end vi hidtil har været vant til, fordi der kræves en høj detaljeringsgrad i modellerne.

### Byernes beliggenhed og undergrund

#### Geografisk placering i landskabet

Siden tidernes morgen har vores forfædre haft brug for adgang til drikkevand/ferskvand og for let at kunne transportere sig rundt. Mange byer er derfor grundlagt tæt ved åer og hav, og dermed i bunden af det hydrologiske opland,

se figur 0, side 2. Og det er stadig attraktivt at bo med havudsigt og i gåafstand til vandet, uanset at disse byområder ofte ligger der, hvor vandløb og hav mødes i en lav kote. Det er med andre ord attraktivt at bosætte sig netop der, hvor klimaændringer kan give problemer i forbindelse med havstigninger, højt grundvandspejl og vandløb, der løber over deres bredder.

### Det geologiske udgangspunkt

Geologien under de danske byer og deres opland udgør en meget væsentlig del af de naturgivne forudsætninger for byen og byens vandkredsløb. Det hydrologiske opland strækker sig op mod vandskellet og ligger ofte oven for den enkelte by. Grænsen for oplandet ligger således ofte langt uden for byernes grænse, se figur 0.

Landskabets udformning og de øvre jordlags egenskaber er i høj grad bestemmende for vandets muligheder for at sive ned og strømme af. Et terræn, der er karakteriseret af store hældninger kombineret med et højt indhold af ler i de øvre jordlag, betyder som regel, at der er en stor overfladeafstrømning. Modsat sker der en øget nedsivning af nedbøren til undergrunden, hvis terrænhældningerne er mindre og de øvre jordlag har en større andel af sand. Vandets transportveje og den hastighed, hvormed det bevæger sig i den øverste umættede zone er således overvejende lokalt betinget. Vandets bevægelse i den dybere, mættede zo-

ne er oftest styret af mere regionale hydrogeologiske forhold. Kendskabet hertil er helt nødvendigt, som grundlag for mere detaljeret geologisk kortlægning og modellering inde i byerne.

Tektonisk set ligger Danmark i en zone med ringe aktivitet, men saltdiapirer (tidl. salthorste, aflejringer i den dybere undergrund, som bevæger sig opad), landhævning/senkning og omsætning af organisk materiale, som følge af ændringer i grundvandsstanden, kan forårsage sætninger.

Inden for byområdet kan delområder med selv mindre tykkelser af organiske aflejringer eller fede lerjorde, eksempelvis plastisk ler, give geotekniske problemer for bygningsfundering. Problemerne øges ved ændringer i grundvandsstanden.

### Antropogenet under byen

Det er hovedsageligt de menneskeskabte konstruktioner og aflejringer, antropogenet, der gør, at kortlægningen af byernes 'geologi' afviger fra kortlægningen af andre områder. I byerne udgøres antropogenet overvejende af bebyggelse og andre bygningsværker, infrastruktur (veje, ledninger m.v.) samt fyld.

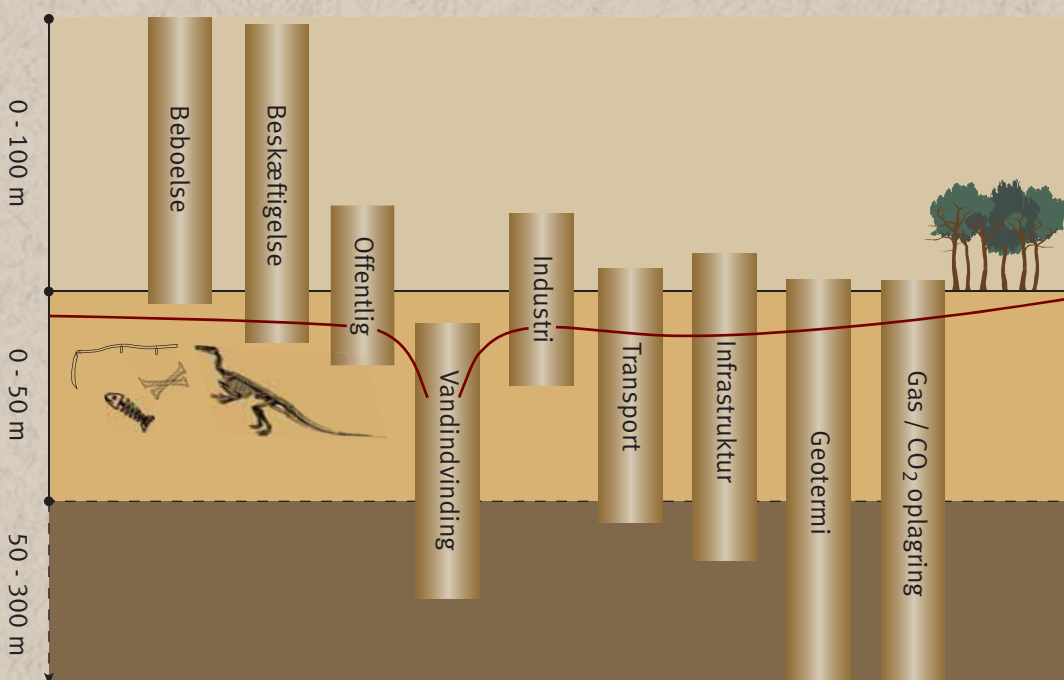
Karakterisering af arealanvendelsen kan omfatte geografisk beliggenhed, befolkningstæthed, befæstelsesgrad og byområdets type (bykerne, høj/lav beboelse, sommerhuse, industri mv.). Karakterisering af bebyggelse og andre bygningsværker omfatter tillige dybde,

mens karakterisering af infrastruktur også omfatter type og form (vandledning, kloakker, gasedning, veje, jernbaner, tunneller, spuns-vægge mv.). Standard fyldlag omkring nyere bygninger, bygningsværker og infrastruktur, som fx kloakker, består typisk af sand eller grus, som kan være vandførende og derfor have betydning for den naturlige grundvandsstrømning. På den anden side vil dybe bygninger, bygningsværker og tunneller kunne ændre, forsinke eller helt forhindre strømningen.

Tidligere arealanvendelse vil forekomme som menneskeskabte reminiscenser i de fyldlag, der findes under byen i dag. Det kan fx være arkæologiske efterladenskaber (organisk materiale, potteskår, redskaber, mursten), spor efter tidligere landbrugsaktiviteter (organiske aflejringer, pesticider, mv.), tidligere bygninger og vejanlæg (mursten og brokker), krigsefterladenskaber og deponier fra industri (kemikalier).

Ved vurderingen af de enkelte elementers betydning for opbygningen af undergrunden og vigtighed for grundvandet strømning indgår en karakteristik af de ovennævnte typer, deres alder, form, størrelse, mængde og dybde.

På figur 1 nedenfor er vist forenklet, hvordan forskellige arealanvendelser fordeler sig i undergrunden i byområdet. På figur 2, side 5 er vist, hvorledes det antropogene lag ligger oven på de geologiske lag, og hvor de visse steder har erstattet den tidligere geologi under byen.



Figur 1. Nutidens anvendelse af undergrunden fordelt efter dens type og placering i forhold til terræn.

Efter Evans et al., 2009.



Figur 2. Forenklet billede af undergrunden under et byområde. De originale geologiske lag (grønne, røde og brune) er erstattet og suppleret af menneskeskabte aflejringer, der består af fyld (beige) og bygninger, borer, rørledninger, kloakker m.v.

Kilde: P. Sandersen og S. Mielby, GEUS.

## Byområdernes udvikling og påvirkninger

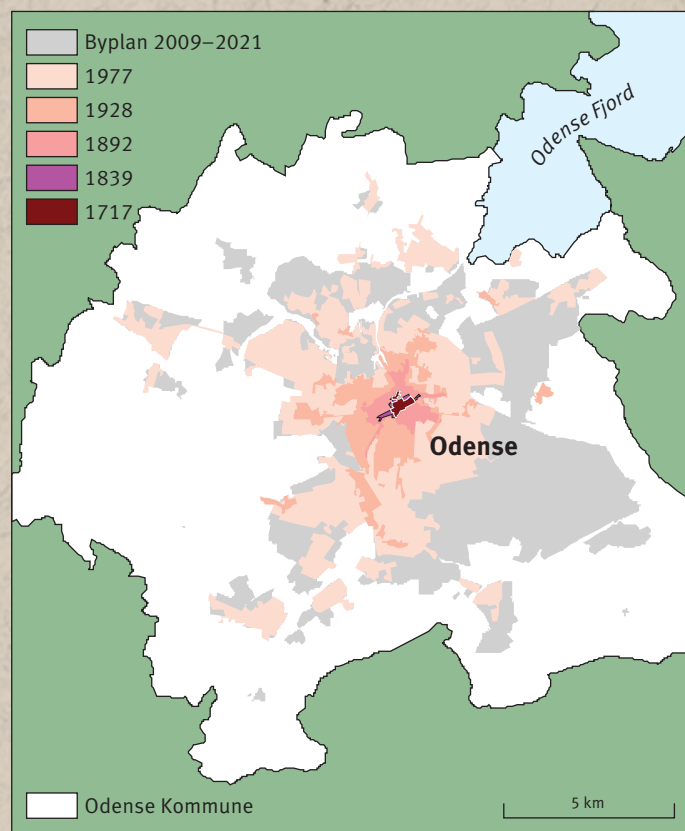
### Udbredelse og historik

De geologiske aflejringer ændrer sig langsomt med tiden, mens byområderne og de menneskeskabte aflejringer forandrer sig hurtigt. Ligesom ved geologien er det nødvendigt for fortolkningen af de menneskeskabte aflejringer at kende omfanget af forandringer hen over forskellige tidsperioder – altså at kende historikken.

På figur 3 er vist udbredelsen af Odense By til forskellige tidspunkter inden for de seneste 300 år. Det ses, at Odense By for 200 år siden kun dækkede et ganske lille område. I slutningen af 1800-tallet begyndte Odense By at ekspandere, og frem til 1977 skete der en stor vækst, som jfr. Kommuneplanen for 2009-2021 forventes at fortsætte.

Langt størsteparten af byernes udbredelse er foregået inden for de seneste 200 år (områder med grå, lys og mørkere hudfarve samt rødlig), hvor

- Landbefolkningen flyttede fra landet og ind til byerne (urbanisering).
- Vådområder blev drænet, og vandløb blev sløjfet og rørlagt, hvorved daværende vådområder blev udtørret.
- Der forekom et stigende omfang af forureninger i forbindelse med industrialiseringen. Fra starten af 1980'erne begyndte en omfattende oprydning af industriområder og deponier, som den dag i dag langt fra er færdig.
- Indvindingen af grundvand til husholdninger og industri steg, indtil vandsparehensyn og udflytning af industriområder (ofte på grund af forurening) igen satte en dæmper for indvindingen i byområderne.



Figur 3. Udviklingen af byområdet inden for Odense Kommune.

Efter Gert Laursen, Odense Kommune.

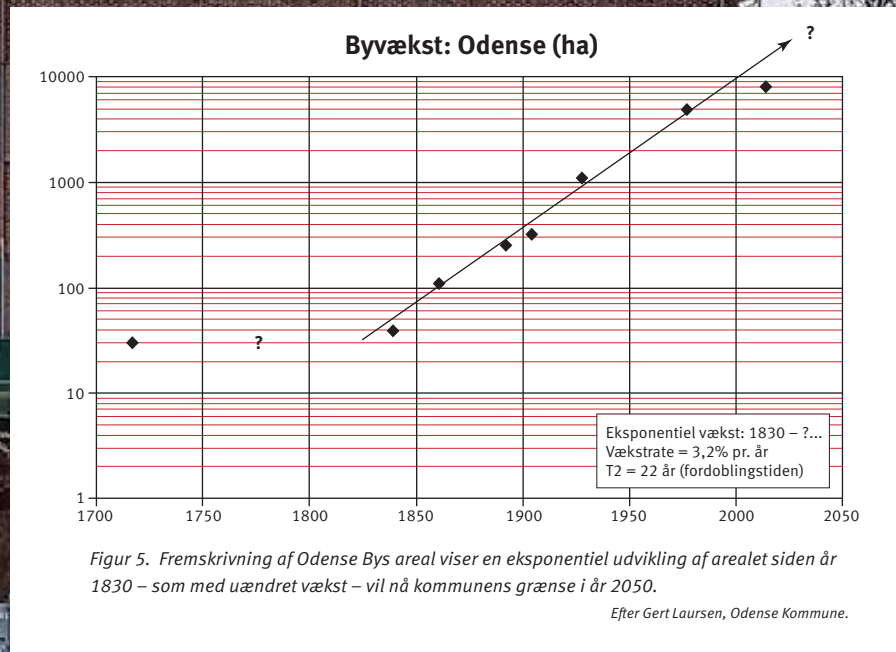
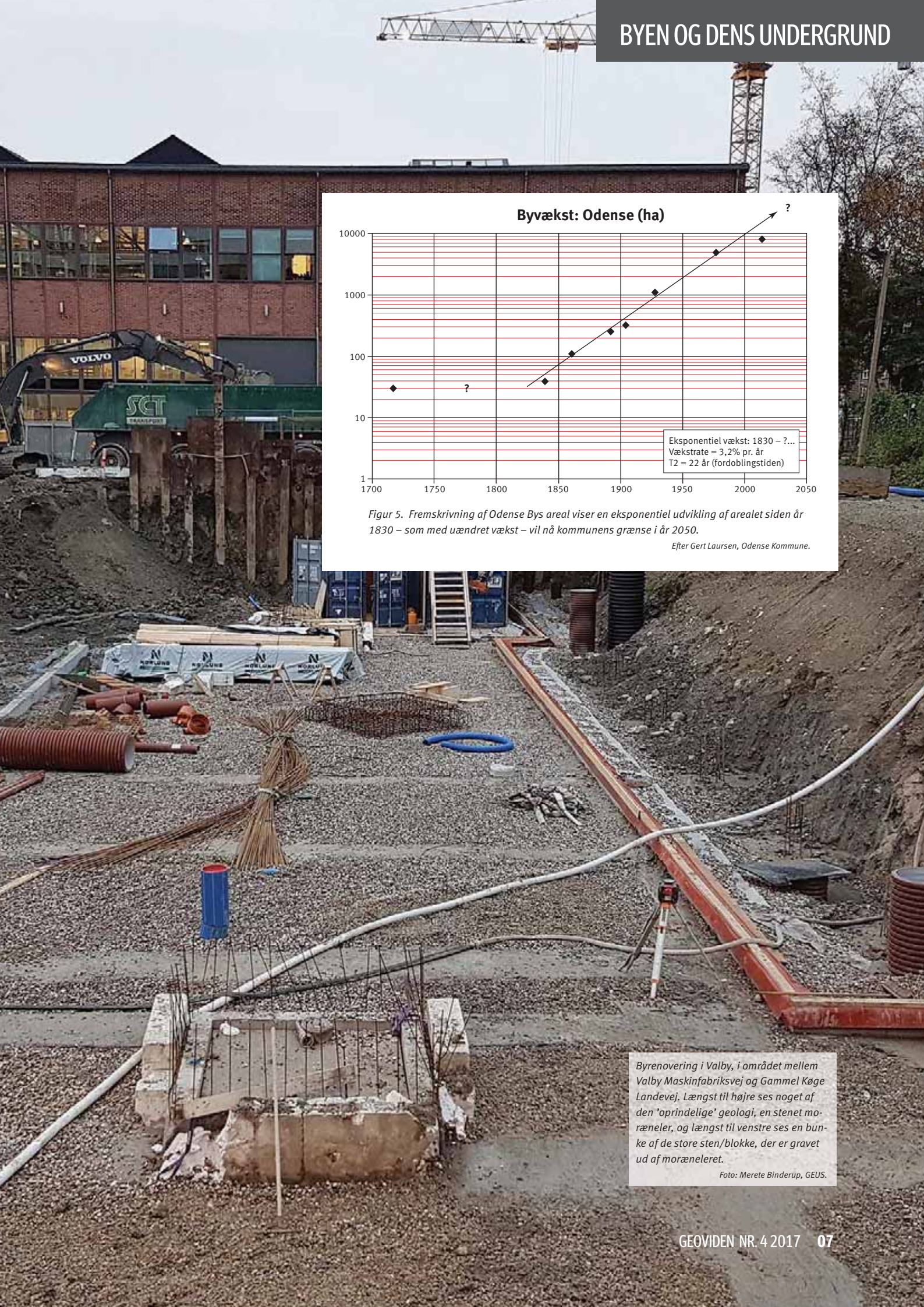
- De befæstede områder voksede og infrastrukturen udbyggedes. Konstruktionerne i jorden forankredes og moderniseredes i takt med den teknologiske udvikling.
- Indførelse af planloven medførte, at byerne i højere grad blev opdelt i adskilte sektorer for erhverv, industri samt tæt og spredt bebyggelse.

Den antropogene lagserie i forskellige dele af byernes undergrund har derved fået forskellig historik og en typologi, der afspejler forskellige arealanvendelser på det tidspunkt, hvor byudviklingen har foregået. I princippet vil der i bykernen være mulighed for, at undergrunden er påvirket af samtlige nævnte scenarier, mens kun de seneste vil forekomme i byområdets yderkant.



Figur 4. Illustration af udviklingen af påvirkning af grundvandsstanden i et byområde. Rød streg viser grundvandsstand ved stigende indvinding, Gul streg viser grundvandsstanden ved nedsat indvinding og blå streg effekten af lokalt aftedet regnvand (LAR).

Illustration: Carsten E. Thuesen, GEUS.



*Byrenovering i Valby, i området mellem Valby Maskinfabriksvej og Gammel Køge Landevej. Længst til højre ses noget af den 'oprindelige' geologi, en stenet moræneler, og længst til venstre ses en bunke af de store sten/blokke, der er gravet ud af moræneleret.*

*Foto: Merete Binderup, GEUS.*

## Fremtidens byer

Kendskabet til den tidlige udvikling af byen er et vigtigt grundlag for at forstå og bevare historien og for at kunne tilpasse sig til fremtidens ændringer. Fremtidsscenarioet for Odense By, se figur 5 side 7, viser fx, at med en udvikling af byens areal i samme takt som hidtil, vil bygrænsen nå kommunegrænsen i år 2050, med mindre der sker en regulering i planlægningen.

Undergrunden byder på mange muligheder for innovative og bæredygtige løsninger til klimatilpasning, energilagring og arealanvendelse.

Da fremtidens byer samtidig skal have grønne områder og være behagelige at bo i, er fortætning af byen både i højden og under jordoverfladen en måde at undgå, at byen breder sig på, fx ved at udbygge parkeringsarealer, kældre, veje, jernbaner, indkøbscentre under jorden, sådan som det ses i Montreal, London, Oslo osv., samt i Odense, i Thomas B. Thriges Gade, se længere fremme.

## Menneskeskabte påvirkninger af grundvand og overfladevand

Alle de menneskeskabte aktiviteter påvirker mere eller mindre grundvandsstanden, den overfladenære grundvandsafstrømning og overfladeafstrømning (se figur 4 side 6) på følgende måder:

- Byudvikling med den øgede befæstelse inden for de sidste 200 år giver en ændret infiltration og fordampning samt øget overfladeafstrømning.
- Dræning af vådområder giver øget overfladenær afstrømning.
- Vandindvinding påvirker både grundvandsstrømning og grundvandsstanden.
- Afledning af overfladevand via ledningsnettet medfører en sænkning af grundvandsstanden, fordi det afledte vand ikke når ned i grundvandsmagasinet.
- Etablering af store bygninger, rørledninger, tunneller, veje m.v. ændrer den overfladenære afstrømning og grundvandsstrømning.
- Ledninger og dræn, som lægges i ledningsgrave udfyldt med sand og grus, kan bidrage til ændringer i grundvandsstrømningsretning og -hastighed, fordi de kan fungere som 'kanaler' og dræn.
- Nedsivning af overskydende regnvand giver stigende grundvandsstand (**Lokal Afledning af Regnvand/LAR-løsninger** m.v.).

Ændringer af allerede eksisterende indgreb (i vandets naturlige kredsløb) har selvfølgelig også konsekvenser for vandføring og grundvandsstand.

## Påvirkninger i det hydrologiske opland

Stigende nedbørsmængde og -intensitet som følge af et ændret klima kan medføre en stigende grundvandsstand og en stigende afstrømning via vandløbene. Når man skal vurdere effekten af de menneskeskabte påvirkninger af oplandet, er det derfor også nødvendigt at inddrage effekten af forventede klimaændringer.

Vigtige spørgsmål til håndtering af klimaændringernes påvirkninger af byens vandkredsløb er:

- Hvor i oplandet får et ændret klima en effekt på grundvandsspejlet og afstrømningen?
- Hvor er det muligt at nedsive tag- og overfladevand for at mindske og forsinke den overfladenære afstrømning?
- Hvor i oplandet sker der en påvirkning af grundvandsspejlet og afstrømningen som konsekvens af de forsøg, man gør på at håndtere effekterne af klimaændringerne?

Man skal også huske på, at vandløbenes vandføring normalt reagerer hurtigt på en udefrakommende kortvarig hændelse – eksempelvis et skybrud – mens grundvandet normalt reagerer langsomt og med langvarige ændringer.

Det åbne land, der ligger oven for byerne, forvaltes med et helt andet sigte for øje end beskyttelse af byerne. Her er det naturen, vandindvinding, dræning, mv., der er i fokus. I takt med udviklingen i arealanvendelsen i oplandet er der ofte sket en vækst af de befæstede arealer; landbrugsjord er blevet drænet og vandløb rettet ud, lagt i rør eller har fået vegetationen beskåret (grødeskæring). Herved løber vandet hurtigere af, hvilket øger risikoen for hyppigere og mere voldsomme oversvømmelser af de lavtliggende byområder. Situationen forventes at blive forværret i takt med klimaforandringerne.

Det hydrologiske kredsløb er som udgangspunkt en ligevægtstilstand mellem nedbør, fordampning, overfladeafstrømning, nedsivning og grundvandsstrømning, med solen som drivkraft. En hvilken som helst ændring i

det hydrologiske opland vil betyde forandringer hen mod en ny ligevægtstilstand.

Ændringerne i grundvandsstanden er langsigtede og ud over klimaet bestemt af de geologiske forhold, elementerne i det antropogene lag, samt af de menneskeskabte indgreb. I mange tilfælde vil man først se effekten af et indgreb mange år senere og i andre områder i det hydrologiske opland end der, hvor indgrebet blev udført.

## Bygeologisk kortlægning

Når man skal vurdere virkningen af forskellige ændringer i de lokale geologiske forhold, er det vigtigt at have et detaljeret kendskab til byens terrænnære geologi og hydrogeologi, se figur 6 side 9. Desuden kræves et geologisk/hydrogeologisk modelværktøj, der er egnet til at opstille detaljerede geologiske modeller.

## Baggrund – Hvorfor geologiske modeller i bymiljøet?

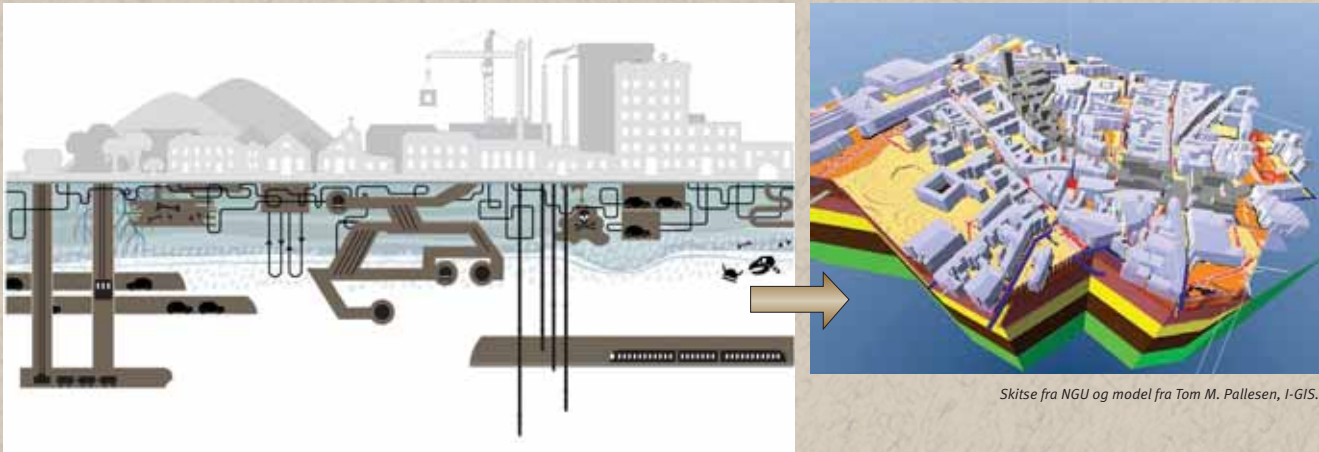
I de sidste mange år er der foretaget en del lokale, hydrogeologiske modelleringer i byområderne i forbindelse med oprensning af forurenede arealer, ved håndtering af overfladevand og grundvand, ved store byggeprojekter, i forbindelse med dybe såvel som terrænnære geotermiske anlæg, ved projekter vedrørende beskyttelse af kulturarven m.v.

De enkelte modeller er traditionelt set udviklet til specifikke, lokale formål og baseret på hvert sit datasæt. Der har kun været en ringe eller næsten ingen genanvendelse af modellerne, og hver ny modellering er typisk begyndt fra bunden. Det betyder både, at modellerne har haft en kortvarig levetid og at modelresultaterne ikke kan sammenlignes.

Denne praksis er i konflikt med ønsket om en hensigtsmæssig planlægning og administration af byens areal, fordi der ideelt set kræves pålidelige og ensartede oplysninger om byens undergrund. Arealanvendelsen og klimaet ændrer sig, og det er vigtigt at kunne følge op på konsekvenserne heraf. Derfor må hovedfilosofien være at etablere et teknisk grundlag for at opnå de bedst mulige og (tættest på) reproducerbare resultater til planlægning og dermed mulighed for styring af hele byens vandkredsløb.

Ud fra en helhedsbetragtning vil det i byerne være ideelt at arbejde på at opbygge og vedligeholde én og kun én geologisk model af undergrunden, der kan danne baggrund for:





Skitse fra NGU og model fra Tom M. Pallesen, I-GIS.

Figur 6. Illustration af menneskeskabte aktiviteter i byens undergrund og den 'tilsvarende' bygeologiske model.

- Tredimensional planlægning og administration af arealanvendelsen i byrummet
- Fundering af byggeri og andre konstruktioner
- En detaljeret hydrogeologisk modellering, som giver et godt grundlag for vurdering af grundvandets strømning i den umættede og mættede zone. Dette er væsentligt i mange aspekter af arbejdet i byrummet.

For eksempel kan små og tynde jordlag og menneskeskabte elementer i undergrunden have stor indflydelse på lokale strømningsmæssige forhold.

Jo bedre, den bygeologiske model repræsenterer virkeligheden, desto mere sikre bliver de hydrologiske beregninger, og des bedre kan

man styre den overordnede vandbalance. Man vil også lettere kunne forudsige og imødegå problemer med både grundvand og jordbundsforhold. Et detaljeret kendskab til de bygeologiske forhold kan derfor give en stor økonomisk gevinst og samtidig medvirke til at mindske risikoen for oversvømmelse af lavtliggende bygninger m.v.

Odense By/Kommune har fungeret som pilotområde for udvikling af en 3D-model (se boksen til venstre), der forbinder allerede indsamlede hydrogeologiske data med de data, der kræves for at håndtere vand på og lige under terræn. De resultater og erfaringer, der er høstet i forbindelse med den bygeologiske modellering, har været brugt i flere projekter, både nationalt og internationalt.

**Tekniske udfordringer med data**

Succes med byplanlægning og administration i byerne forudsætter hurtig og nem adgang til information af god kvalitet. Der er behov for data om infrastruktur og bygninger til at forbinde det kunstige, menneskeskabte lag med den underliggende geologi, og for at kunne arbejde på forskellige skalaer, der spænder fra bygningsareal over bykvarter, vandkredsløb og byplan.

Databehandlingen i projekter, der arbejder med hydrogeologisk modellering, er generelt meget tidskrævende og forudsætter en stram organisering. Det gælder særligt i byområderne på grund af den store mængde antropogene data af forskellige typer. Det er vigtigt at analysere de tilgængelige data for at mindske tidsforbruget på de relevante data-sæt, på at udarbejde datastrategier (fx kvali-

**3D geologisk/hydrostratigrafisk modellering**

En 3D geologisk model er en rumlig gengivelse af undergrundens jordlag, hvor disse enten vises med afgrænsende lagflader eller som stakke af regulære eller irregulære kasser (voxler). Lagene eller kasserne får egenskaber alt efter om der er tale om sand, grus, ler eller kalk. I forbindelse med grundvandskortlægningen i Danmark er de fleste geologiske modeller lavet som lagmodeller med et varierende antal lag.

De geologiske modeller bliver typisk lavet på digital form, så de senere kan indgå i computerbaserede modelberegninger af fx grundvandets strømning. Til det formål bliver den geologiske model lavet om til en såkaldt hydrostratigrafisk model, hvor der fokuseres på jordlagenes vandførende egenskaber, altså om de kan tjene som grundvandsmagasiner eller om de har karakter af vandstandsende lag.

Grundlaget for den geologiske modellering er primært offentlige boredata (GEUS' Jupiter-database og lokale databaser), geofysiske data (primært GEUS' GERDA-database) og højdedata for terrænet. Hertil kommer Jupiter-databasens mere grundvandsrelaterede data og grundvandskemiske data, som også indgår i de geologiske tolkninger.

Den danske geologi i de øverste ca. 300 meter er stedvist meget kompleks på grund af gletsjernes forstyrrelser under istiderne. Det kræver derfor mange data og en stor geologisk viden at samtolke alle informationerne til en sammenhængende, rumlig model for undergrunden. Selvom undergrunden virker uforanderlig, så betragter geologer en geologisk model som noget, der løbende udvikler sig og har behov for opdatering. Dette skyldes primært, at der hele tiden kommer nye data og ny viden, som gør os klogere på undergrundens opbygning, men specielt i byområderne sker der faktisk ændringer i den overfladenære geologi fra dag til dag i forbindelse med de antropogene aktiviteter.

tetsklassifikation og anvendelighed af de enkelte datasæt) og på udvikling af applikationer, der kan håndtere data.

Baseret på erfaringer med dataanvendelse og -tilgængelighed gives i det følgende en summarisk oversigt over typiske data i byområder:

- De geofysiske metoder, som ofte bruges til geologisk kortlægning uden for byerne, er vanskelige at benytte inde i byerne på grund af pladsmangel, mange ledningsnet og måleteknisk støj. Derfor er der ofte kun få geofysiske målinger.
- De geotekniske boredata er særligt vigtige, fordi de dækker den øverste del af undergrunden og indeholder mange detaljer. I Danmark foregår indberetningen til den fælles-offentlige boringsdatabase (Jupiter) på frivillig basis. Og da de geotekniske sel-

skaber ofte betragter disse data som deres private ejendom, bliver de kun delvist indberettet og kun i visse tilfælde digitaliseret. Geotekniske data skal være lagret i standardiserede digitale formater, for at de kan være anvendelige og genbruges i fx modellering. Geotekniske data er derfor ofte tidskrævende og dyre at anskaffe eller i værste fald ikke fuldt tilgængelige for alle.

- Information om underjordiske menneskeskabte strukturer findes i forskellige offentlige databaser (LedningsEjerRegistret/LER, Bygnings- og BoligRegistret/BBR, m.v.), men vil ofte kunne fremskaffes i en bedre kvalitet hos kommunerne og i forsynings-selskaberne. Der er tale om meget store datasæt. Ved modellering af det antropogene lag er det vigtigt at anvende de eksisterende standard-dataformater for byg-

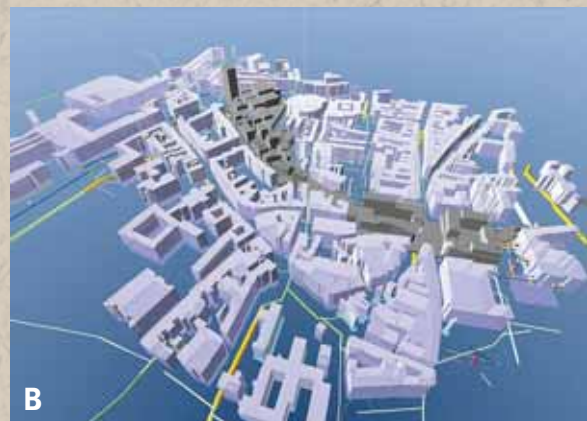
nings- og infrastrukturdata for at kunne anvende metoderne og dermed gøre fremtidige opdateringer nemmere at udføre.

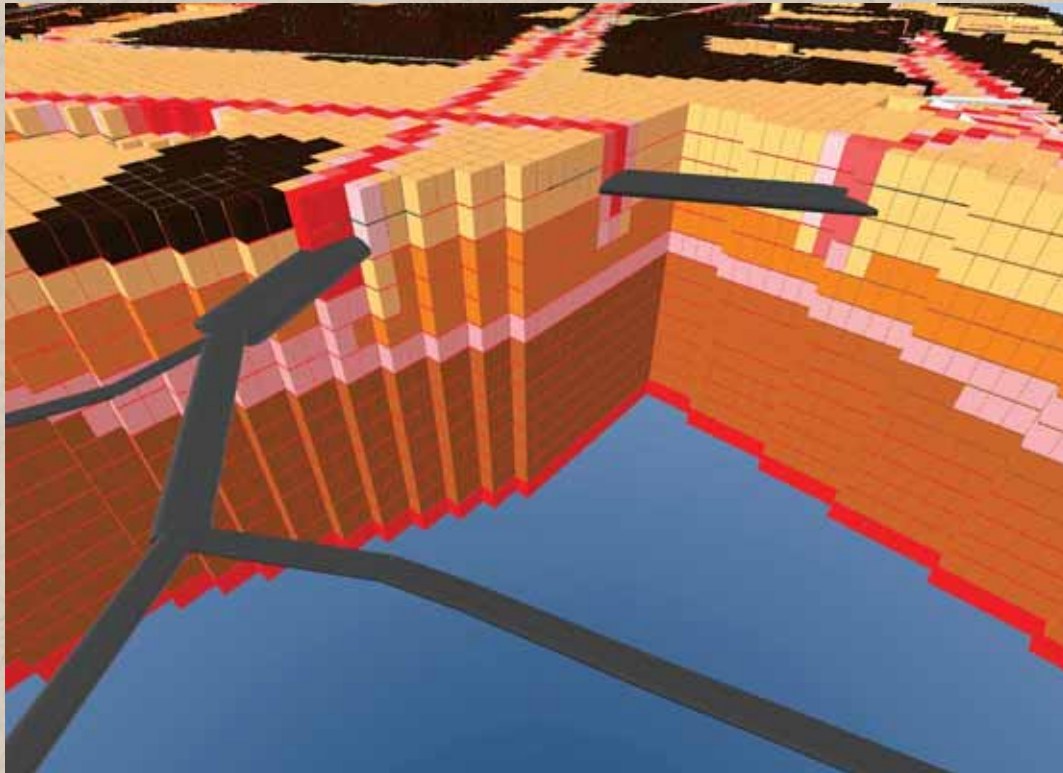
- Der findes i øjeblikket ikke en integreret model, der kan bruges som værktøj til at samle og håndtere alle nødvendige data og viden i skalaer, der passer til byens behov. Hvis planlæggere og hydrogeologer effektivt skal kunne udveksle viden og data for at gennemføre en bæredygtig byplanlægning og -forvaltning er en sådan model nødvendig.
- I Odense-projektet har der været behov for at udvikle specielle datamodeller for at kunne bruge lokal viden om anvendelse af grusfyld i udgravninger af betydning for grundvandsstrømmen under huse og langs rørledninger, se figur 7. Datamodeller som disse er nyttige, når der mangler informationer i datasættene.



Figur 7. Stor kloakledning med grusfyld.  
**A.** Konstruktion af en  $\varnothing$  2500 mm kloakledning i bunden af en 8 meter dyb ledningsgrav.  
**B.** Beliggenhed af kloakledninger med overliggende byggeri. Odense. De forskellige farver er udtryk for forskellige dimensioner/typer af ledningerne.

Foto: VandCenter Syd.  
Model fra Tom M. Pallesen, I-GIS.





Figur 8. Modellering af infrastruktur. Figuren viser en detaljeret modellering af spildevandsledninger med permeabelt fyld omkring ledningsudgravningerne. Spildevandsledningerne er vist som grå linjer (der 'stikker ud' af kasserne), og sand-/grusfyld omkring dem er vist med røde kasser (voxler).

Model fra Tom M. Pallesen, I-GIS.

### Applikationer til håndtering af antropogene data

Til håndtering af antropogene data og kortlægning af det menneskeskabte lag er der udviklet en række applikationer i modelleringsværktøjet *GeoScene3D*. Disse gør det muligt at håndtere den store datamængde og at kortlægge forskellige slags strukturer (fx de ovenfor beskrevne udgravninger i Odense-projektet, se også figur 8).

### Modellering i Odense By – som eksempel

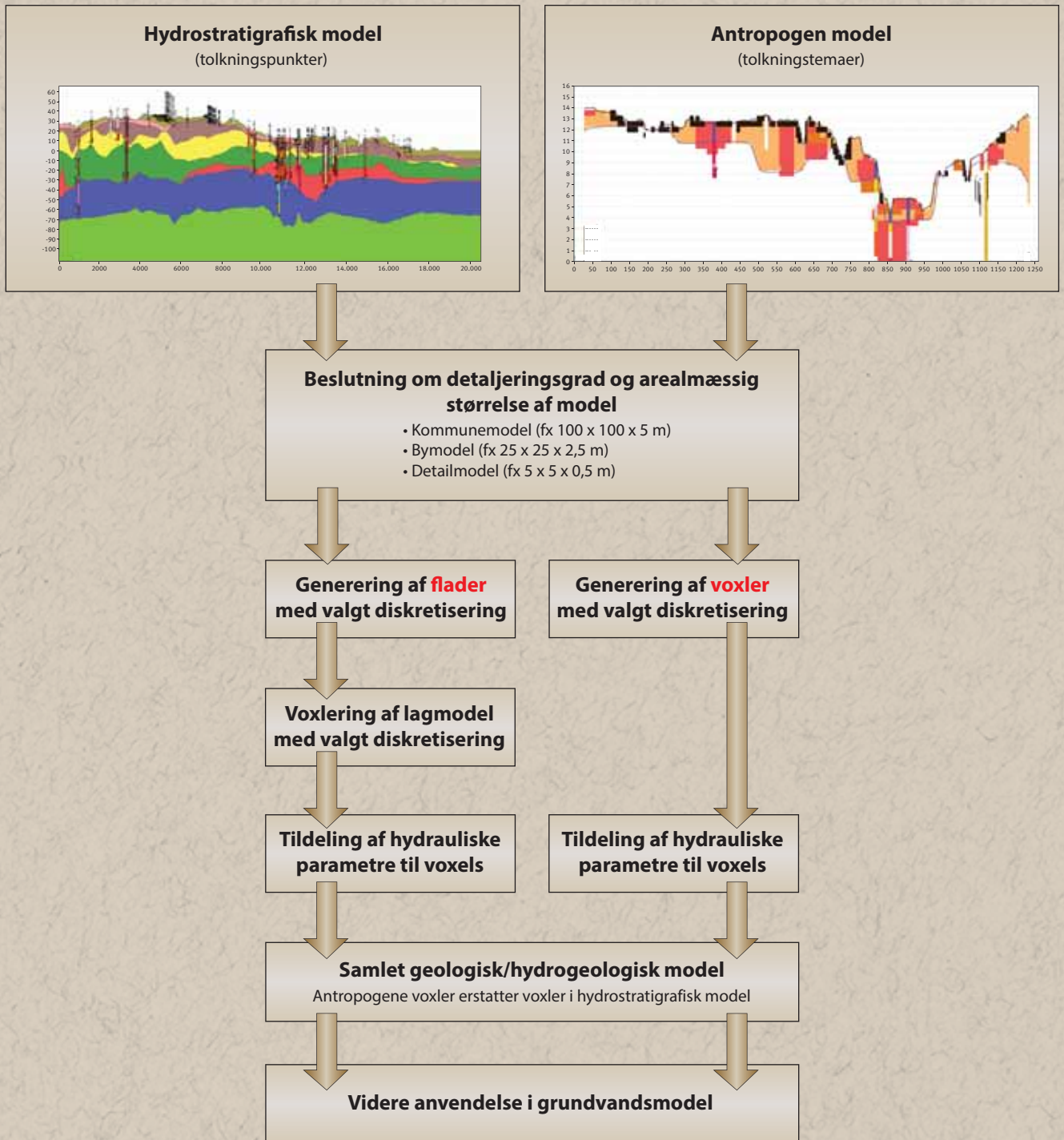
En bymodel, der har fokus på de øverste dele af undergrunden, skal omfatte både de betydende geologiske lag og de betydende menneskeskabte elementer. Fordi de to datasæt har forskellig karakter, er der behov for forskellige kortlægnings- og modelleringsmetoder.

Til kortlægning af den oprindelige geologi blev anvendt en 'standard rammemodel', hvor kortlægningen af laggrænser var baseret på borningsdata, geofysiske data og digitale terrændata. Den geologiske models lag af sand, ler og kalk blev herefter omsat til grundvandsmagasin og mellemliggende lerlag i en såkaldt *hydrostratigrafisk* model, se boksen side 9.

Til kortlægning af det antropogene lag blev der anvendt informationer om tykkelse og karakter af de menneskeskabte fyldlag fra borer, suppleret med information om fyldet i udgravningerne omkring undergrundens infrastruktur. Sidstnævnte krævede både detaljerede data om alder, karakter og rumlig udstrækning af de enkelte dele af infrastrukturen, samt en specifik viden om anvendte standarder for udfyldning af udgravningerne. Da de menneskeskabte lag og den hydrostra-

tigrafiske model til sidst blev 'smeltet sammen', blev dele af de oprindelige geologiske lag erstattet med antropogene lag. Resultatet, en *voxelmodel*, er vist i figur 9 side 12. *Voxel* er betegnelsen for en 3D-gridcelle, der er en regulær eller irregulære kasse. Eftersom den geologiske og hydrostratigrafiske model og voxel-modellen er konstrueret forskelligt, var det vigtigt at vælge en fælles opløsning for at muliggøre en integration. Opløsningen skulle på en gang opfylde de nødvendige krav til detaljer, og ikke overstige computerens beregningskapacitet. Figur 10 og 11 viser resultatet af arbejdsprocessen for detailmodelleringen af det antropogene lag (side 13).

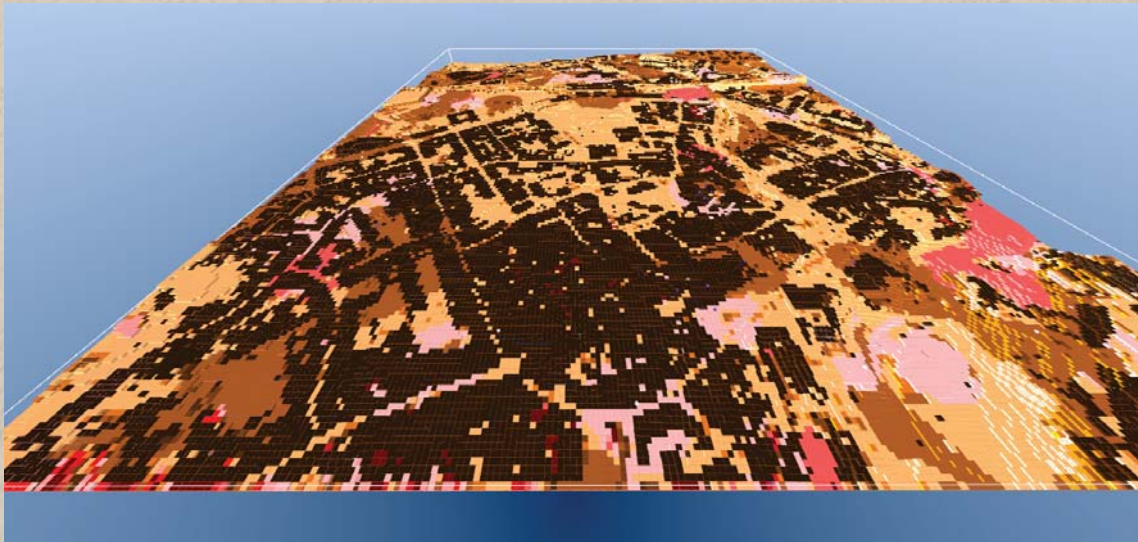
Den hydrogeologiske model var på færdiggørelsestidspunktet i 2015 det bedste grundlag for strategisk planlægning og styring af udnyttelsen af undergrunden i Odense Kommune.



Figur 9. Arbejdsprocessen for sammenlægning af den hydrostratigrafiske model med den antropogene voxel-model. Denne arbejdsgang kan bruges, hver gang en ny model bliver konstrueret.

Diskretisering er et udtryk for, hvor detaljeret modellen er.

Kilde: P. Sandersen og S. Mielby, GEUS.



Figur 10. Antropogen modellering med indarbejdelse af kældre m.m. De brune farver er ler, røde er sand og sortbrune svarer til hydraulisk set uigennemtrængelige lag (fx bygningskældre og fundamenter).

Kilde: Palleesen og Jensen, I-GIS.



Figur 11. A. Huse og ledningsnet. B. Antropogent lag (huse og fyld). C. Samlet bygeologisk model.

Model fra Tom M. Palleesen, I-GIS.

På trods heraf viste studier af forskellige områder af byen, at detaljerne i modellen meget ofte er utilstrækkelige, når man arbejder på matrikelniveau. Det anbefales derfor – når nye modelområder startes op – at det så hurtigt som muligt vurderes, hvorvidt den opnåelige detaljegråd kan matche formålet med planlægningen og administrationen. Måske er en supplerende dataindsamling nødvendig for at opnå tilstrækkelig viden for at kunne træffe beslutninger og udføre konsekvensanalyser.

### Fremtidig opdatering og vedligehold

Et optimalt planlægningsgrundlag forudsætter at modellen holdes opdateret, og at den nyttiggør alle eksisterende og nye data. Det er en afgørende pointe, at modellen udgør grundlaget for den fremtidige dataopsamling og -udbygning, og at den optimerer den samlede ramme for forvaltningen af vandkredsløbet.

Normalt indsamles nye data i byerne i forbindelse med nye byggeprojekter. Denne proces indebærer imidlertid ikke en samtidig, systematisk kortlægning i byskala. For at have det bedste planlægningsværktøj er der behov for, at 3D-modellen løbende ajourføres og forbedres med de nytilkomne data.

En praksis, eventuelt i form af lovgivning, der sikrer åben adgang til data og håndtering af dem (som fx set ved det hollandske BRO: 'Dutch Key Register for the Subsurface'), samt

vedligeholdelse af den geologiske bymodel, er nødvendig for at have den rigtige type information, der er forberedt til og er tilgængelig for fremtidig planlægning og administration.

I Danmark er der flere andre dele af den offentlige forvaltning, der opererer i byområdernes undergrund, eksempelvis bygningsadministration, vej- og jernbanebygning, museer, forsyningsselskaber, regioner m.v. Disse instanser benytter alle i stor grad geotekniske data. Der foreligger således et potentiale for samarbejde om den samme adgang til geotekniske data og bygeologisk kortlægning og modellering.

### Eksempler på kortlægning og modellering af undergrunden

I det følgende gives en række eksempler på, hvordan geologiske data er anvendt og modelleret i bybilledet:

#### Vurdering og planlægning af nedsvinningsmuligheder

I Skibhuskvarteret, Odense, planlægges fremtidig håndtering af regnvand lokalt, herunder lokal nedsvinning af regnvand på de enkelte matrikler. Der er udført detaljeret geologisk kortlægning med henblik på at dokumentere potentialet for nedsvinning. Området er detailmodelleret med fokus på hydrauliske ledningsevner. Den detaljerede hydrogeologiske model

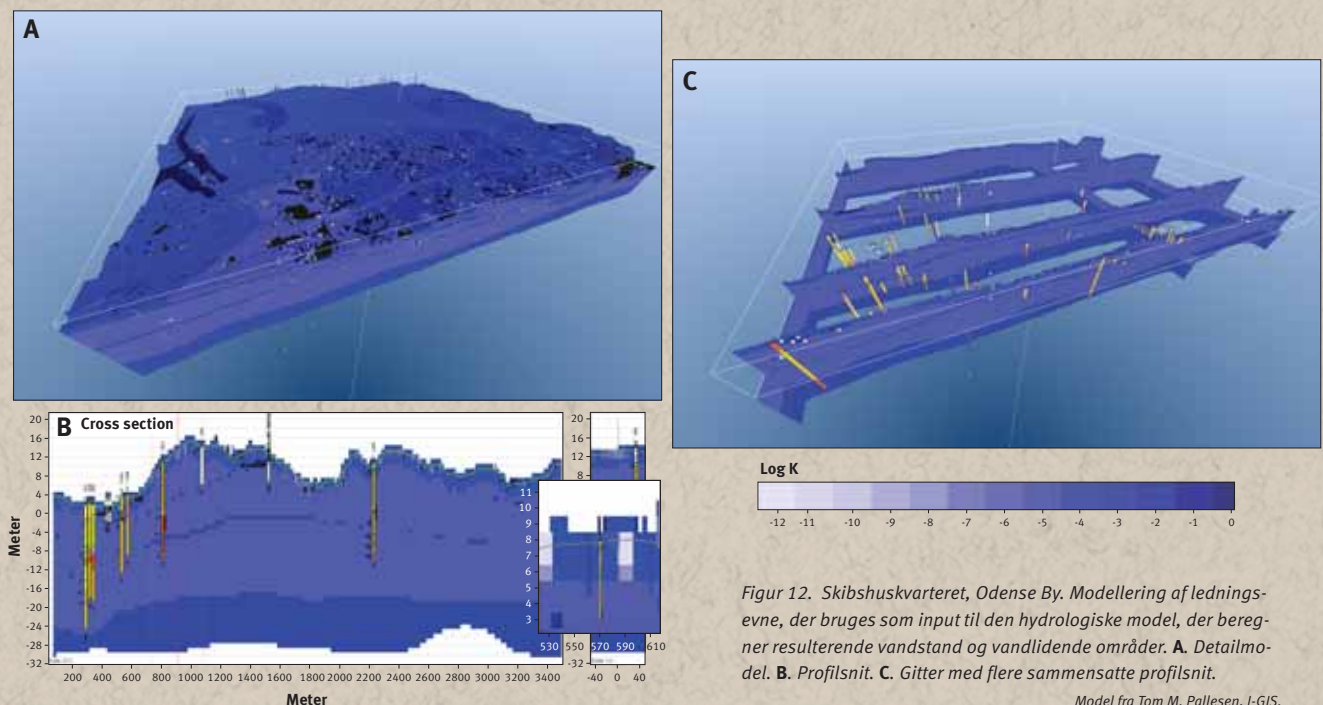
bruges til at beregne resulterende vandstand og vandlidende områder, se figur 12 nedenfor.

### Byplanlægningsprojekt

Ved Thomas B. Thriges Gade i Odense etableres en omfattende vejunderføring og et stort parkeringsanlæg. I den forbindelse er der lavet en geologisk pilotmodel af undergrunden ved Thomas B. Thriges Gade med henblik på at visualisere projektets effekt på grundvandsstrømning. Figur 13 side 15 viser de eksisterende og nye huse over fyldlaget og geologien. Modellens fokus var indirekte hydrauliske ledningsevner i form af sand-/lerforhold i de forskellige aflejringstyper.

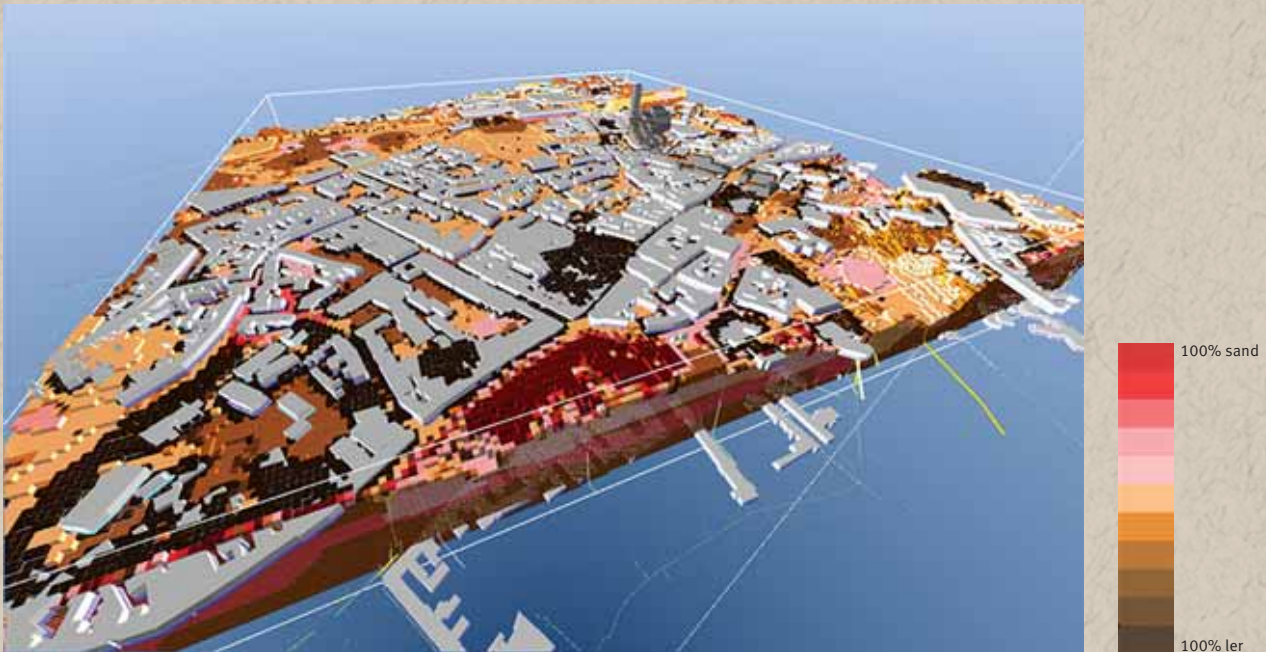
#### Eksempel fra Oslo på kortlægning af stabilitetsforhold

Centrale dele af Oslo By er bygget på tykke aflejringer af sætningfølsomt marint ler, aflejret efter sidste istid. Det marine ler er aflejret ovenpå et grundfjeld med stærkt varierende topografi og med op til 100 meter dybe render formet under sidste istid. Der er endvidere blevet aflejret flere meter savsmuld fra tidligere skovdrift og transport af træ via elven. Udbygning af Oslo By har medført deponering af store mængder fyld (grus og knust stenmateriale) som fundament for veje og bygninger i samme område.



Figur 12. Skibhuskvarteret, Odense By. Modellering af ledningsevner, der bruges som input til den hydrologiske model, der beregner resulterende vandstand og vandlidende områder. A. Detailmodel. B. Profilsnit. C. Gitter med flere sammensatte profilsnit.

Model fra Tom M. Pallesen, I-GIS.



Figur 13. Forsøgsmodellering af undergrunden ved Thomas B. Thriges Gade i Odense. Der er rørunderføringer i 15 meters dybde. Mørk grå (nederst til venstre og ca. midt i billedet) er planen for Thomas B. Thriges Gade byggeriet. Lys grå er eksisterende bebyggelse og brun-rød viser de underliggende sand-/lerlag.

Model fra Tom M. Pallesen, I-GIS.

Oslo Centrum – især Bjørvika-området og Oslo Centralstation – har derfor en særlig ustabil undergrund. Specielt der, hvor de tykke lag af savsmuld ligger begravet under jordoverfladen, vil en sænkning af grundvandsstanden potentielt medføre store sætninger. Der foregår en stor sætning af jordlagene i midtbyen på hele 12 til 18 mm/år, se figur 14 side 16. Det har stor økonomisk betydning for Oslo By, fordi sætningerne har omfattende konsekvenser for eksisterende – og særligt ældre – bygninger i området. Og opførelse af ny bebyggelse er omfattet af store udgifter til pilotering.

### Beskyttelse af kulturarv

Centrale dele af Oslo By består af historiske bygninger (ca. 3.000 beskyttede bygninger), som er delvist bygget på træfundamenter ned til grundfjeldet, eller som 'flydende' fundamenter i leret. Stabiliteten af disse fundamenter, og dermed bygningerne, er afhængig af undergrundens stabilitet og ikke mindst grundvandets niveau. Der hvor grundvandsstanden synker, så træfundamenterne tørlægges, forårsager forrådnelsesprocesser stor skade på bygningerne. Desuden findes der store mængder arkæologisk kulturarv i undergrunden, eksempelvis træbåde og bygninger. En stor del heraf består af organisk materiale, som er meget sårbart overfor ændringer i vand-

indhold. Meget af dette materiale er automatisk fredet ved lov i Norge. Tilsammen udgør underjordiske kulturlag Norges største fredede kulturminde, og de findes mest i Norges 8 middelalderbyer. Derfor er det vigtigt, at bykommunerne har en holistisk planlægningstilgang, hvor undergrunden og dens (hydrogeologiske) egenskaber bliver vurderet i kommuneplanerne, også med henblik på at bevare kulturarven; de historiske bygninger såvel som de arkæologiske kulturlag.

### Planlægning og administration af byernes undergrund

Det er anslået, at 2/3 af verdens befolkning inden år 2050 vil bo i byområder. Samtidig står vi over for en stadigt voksende befolkningmængde og dertil kommer udfordringer med klimaændringer, som har effekt på det urbane vandkredsløb.

I *Sub-Urban-projektet* har 30 europæiske lande samarbejdet om at tilvejebringe det vidensgrundlag om undergrunden, der kræves i byplanlægning og administration af byområder i fremtiden.

Arbejdet har taget udgangspunkt i byernes specielle behov og omfatter fagområderne: undergrundens information og planlægning, dataopsamling og -behandling, 3D geo-

logisk modellering, grundvandsovervågning og -modellering, geotermisk overvågning og -modellering, geotekniske data, naturkatastrofer, geokemisk kortlægning og kulturarv. Vejledende principper og gode eksempler er samlet for hvert fagområde til brug for planlægningen af den urbane undergrund (se også boksen: Her kan du læse mere).

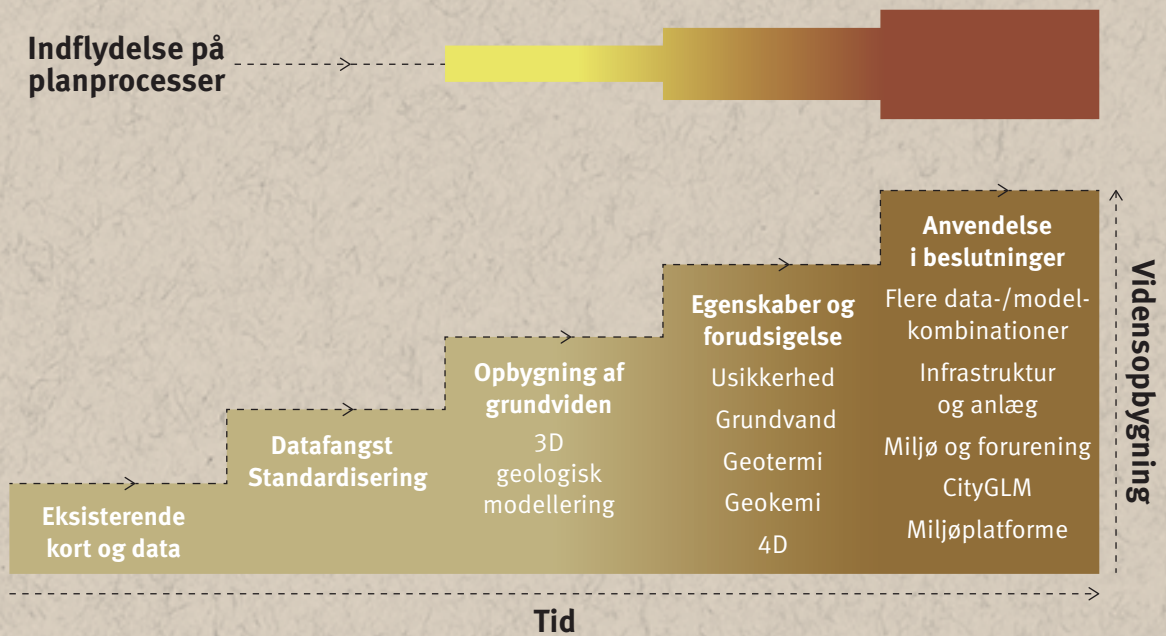
Erfaringerne fra *Sub-Urban-projektet* viser, at viden om arealanvendelsen og geologien under vore byer i mange år først har været inddraget i planlægnings- og beslutningsprocesserne, når der er opstået problemer. Det gælder såvel i Danmark som i resten af Verden.

Væsentligst for byplanlægning og administration er det strategiske planlægningsniveau, tematisk indhold, organisation, lovgivning og beslutningsgang; og hvordan den information, der befinder sig under jordoverfladen i øjeblikket bruges på ledelsesniveau og strategisk planlægningsniveau – samt potentialet for forbedring af denne information, se figur 15, side 16. I vid udstrækning er tilvejebringelsen af de informationer, der er nødvendige på forskellige planniveauer, et spørgsmål om passende skala, tid og rettidighed, men også kommunikation og samarbejde mellem planlægningsdelen og geovidenskaben er væsentlige.



Figur 14. Data fra Sentinel-1 satellit opsamlet mellem 26. december 2014 og 28. oktober 2016 viser at dele af Oslo Centralstation synker 10-15 mm/år i den synsretning, som satellitten ser bygningen fra. Dette oversættes til en vertikal sænkning på 12-18 mm/år.

Reference: ESA SEOM INSARAP study/InSAR Norway project, NGU/Norut/PPO.labs  
Contains modified Copernicus Sentinel data (2014-16)



Figur 15. Processer til vidensopbygning starter normalt med eksisterende kort og data og bevæger sig fra venstre mod højre, og i takt hermed øges indvirkningen på planprocesserne.

Reproduceret med tilladelse fra Diarmad Campbell, British Geological Survey/NERC.





*Dyb udgravning i det centrale Århus. Her er geologien kompleks, som det ses i væggen under bygningerne.*

*Foto: Peter Sandersen, GEUS.*

Gennem mange år har planlægningsgrundlaget været baseret på traditionelt kortmateriale og dermed todimensionale informationer, som ikke tilstrækkeligt viser den rumlige dimension af undergrunden og de tidlige ændringer.

Generelt mangler der geologiske data og modeller i byområderne. Til planlægnings- og administrationsformål er der et voksende behov for tværfaglige relationer, og således også for at bruge nye værktøjer til at integrere forskellige typer af bydata.

I forbindelse med bygningskonstruktioner udføres normalt adskillige geotekniske boringer, som er værdifulde for den urbane kortlægning og modellering og som bør indsamles, digitaliseres, administreres og vedligeholdes. I rapporteringen fra *Sub-Urban-projektet* gives eksempler på forskellige databaser til håndtering af geotekniske data. Håndtering af og adgang til de store datamængder er et emne af stigende interesse i samfundet.

De geologiske modeller har ikke hidtil været en typisk del af byernes planlægnings-

proces. I stedet danner de grundlag for anvendelse med forskellig fokus. Men adgang til, samt god praksis og vedligeholdelse af 3D bygeologiske modeller bliver stadig mere aktuelt.

Administrationen af grundvandsressourcer bliver stadig vigtigere for at kunne følge op på virkningerne af klimaændringer og menneskeskabte aktiviteter, eksempelvis vandindvinding, og konsekvenserne heraf.

3D-bygeologiske modeller kan benyttes til mange andre formål i forbindelse med administrationen af byens undergrund. Eksempelvis kan modellerne bidrage til en mere sikker byudvikling, hvis byerne er beliggende i områder, der er udsat for naturkatastrofer, ligesom de er vigtige redskaber ved håndtering af jordvarme, forureninger og i beskyttelsen af kulturarv. Ovenstående eksempel fra Oslo illustrerer nogle af de forskellige udfordringer og planlægningsbehov. Ofte er det ikke nok for planlæggeren at beskytte selve det sted, der er udsat for potentiel skade, da handlinger 'langt væk' – naturlige eller menneske-

skabte – også kan forårsage skade fx på grund af ændringer i grundvandsstanden.

Afslutningsvis kan der peges på fire hovedpunkter, som vil hjælpe med at forbedre tilvejebringelsen af data og anvendelsen af den viden om undergrunden, der er nødvendig for at forbedre nøjagtigheden og effektiviteten i forvaltningen. Disse punkter omfatter:

- Udnyttelse af den viden og det håndværk, som planlæggere og videnskabsfolk har udviklet over tid.
- Åben adgang til relevante data og opdateret viden.
- Et koncept for en integreret datamodel (GeoCIM, se boksen side 18).
- Et tættere samarbejde mellem planlæggere og geovidenskabsfolk.



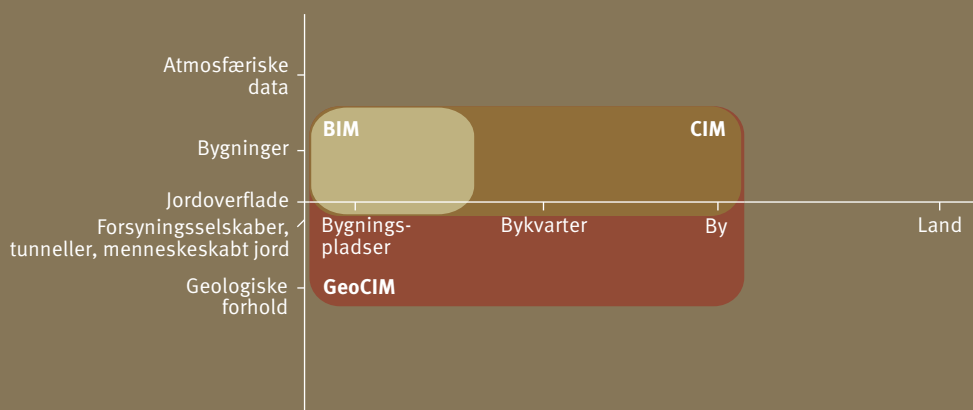
## GeoCIM – Geo City Information Modelling

Der findes i dag ikke en model, der i fuld skala muliggør en fuldstændig informationsudveksling mellem de forskellige brugere af byens rum over og under terræn. For at dække alle disse facetter, er begrebet *GeoCIM* blevet udviklet i Sub-Urban-projektet. Ved at tage udgangspunkt i *BIM-konceptet* (Building Information Modeling), er der kommet langt større vægt på undergrunden:

GeoCIM er en proces, der involverer tilvejebringelse, deling, integration og styring af digitale præsentationer og funktionelle egenskaber med (mindst) følgende lag af bymiljø:

- Overfladelag; naturlige og menneskeskabte elementer på jordoverfladen
- Antropogene lag under jordoverfladen; menneskeskabt jord, begravet infrastruktur, fundamenter
- Naturlige lag og emner under jordoverfladen; geologiske lag, naturkatastrofer og -processer

GeoCIMs er 3D eller 4D digitale præsentationer, som kan udveksles til støtte for rumlig beslutningstagning i byområder. GeoCIMs kan håndtere meget forskellige skalaer, opdateringer i forskellige lag og har et fleksibelt, brugervenligt output (se figur 16 nedenfor). GeoCIM kan bruges af enkeltpersoner, virksomheder, offentlige myndigheder og forskere til planlægning, design, konstruktion, drift og vedligeholdelse af forskellige fysiske infrastrukturer og ressourcer i byerne, såsom vand, varme, økosystemer, el, kommunikation, transport og bygninger. Levetiden for anvendelsen af GeoCIMs er tæt forbundet med levetiden i byplanlægning, som typisk er 5 til 10 år.



Figur 16. BIM (Building Information Modelling), CIM (City Information Modelling) og GeoCIM vist med geografisk skala (x-aksen) og forskellige temaers beliggenhed i forhold til terræn (y-aksen). BIM er en model, som muliggør udveksling af data ved planlægning og konstruktion af byggeri.

Kilde: Sub-Urban, 2017.

*Udgravning til parkeringskælder i den nordlige del af Thomas B. Thriges Gade i Odense. Det er såkaldte sekantpæle, der armerer væggene.*

*Foto: VandCenter Syd/Bo Jørgensen.*

## Her kan du læse mere

**COST Action 1206 Sub-Urban – A European network to improve the understanding and use of the ground beneath our cities**

[www.cost.eu/COST\\_Actions/tud/TU1206](http://www.cost.eu/COST_Actions/tud/TU1206) indeholder beskrivelse af projektet og dets deltagere

### **Sub-Urbans egen hjemmeside**

findes på <http://sub-urban.squarespace.com/>

På denne hjemmeside finder man WG1 Summary status rapport: "Out of Sight - Out of mind?"

WG1 Detaljerede rapporter fra forskellige byer: City Studies

WG2 Summary rapport med bedste praksis: 'Opening up the subsurface for the cities of tomorrow'

WG2 Detaljeredefagrappporter:

Good Practice / Best effort

WG3 'Sub-Urban Tool-Box'

Short term scientific missions med erfaringsudvekslinger: STSM-Rapporter

Short term scientific mission i Odense

Diverse Artikler og abstracts

### **VTU- projektet – Udvikling af en 3D geologisk/hydrogeologisk model som basis for det urbane vandkredsløb**

Afrapportering med **Synteserapport og delrapporter** for projektet findes på [www.geus.dk/DK/water-soil/mapping/Sider/byens\\_geologi\\_vand.aspx](http://www.geus.dk/DK/water-soil/mapping/Sider/byens_geologi_vand.aspx)

### **GEUS hjemmeside med adgang til Boredatabase**

**Jupiter** findes på [www.geus.dk/DK/data-maps/jupiter/Sider/default.aspx](http://www.geus.dk/DK/data-maps/jupiter/Sider/default.aspx)

### **I-GIS hjemmeside med oplysninger om modelværktøjet GeoScene3D**

findes på [www.geoscene3d.com/](http://www.geoscene3d.com/)

## Kære undervisere i geo-fagene

Vi er i gang med at evaluere Geoviden og vil sætte pris på dine svar på følgende spørgsmål:

1. Hvilke fag underviser du i og på hvilket niveau?
2. Bruger du Geoviden i undervisningen? Som en del af undervisningsmaterialet eller som baggrundsviden? Hvor ofte benytter du bladet?
3. Hvis nej – hvad skal der til, for at du vil bruge det?
4. Forslag/ønsker?

Vi hører også gerne fra læsere, der ikke underviser.

Alle svar, der er sendt til [geoviden@geus.dk](mailto:geoviden@geus.dk) senest d. 1. februar 2018 vil blive inddraget i vores videre arbejde med Geoviden.

Tak for de svar, vi har fået allerede. Det er et forholdsvist beskedent antal, hvorfor vi har lavet en ny deadline.

Mange tak for hjælpen  
Redaktør Merete Binderup

# GEOCENTER DANMARK

## GEOCENTER DANMARK

Er et formaliseret samarbejde mellem de fire selvstændige institutioner De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), Institut for Geoscience ved Aarhus Universitet samt Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, samt Geologisk Museum (Statens Naturhistoriske Museum) begge ved Københavns Universitet. Geocenter Danmark er et center for geovidenskabelig forskning, uddannelse, rådgivning, innovation og formidling på højt internationalt niveau.

## UDGIVER

Geocenter Danmark.

ISSN 1604-6935 (PAPIR)

ISSN 1604-8172 (ELEKTRONISK)

## REDAKTION

Geoviden – Geologi og Geografi redigeres af Seniorforsker Merete Binderup (ansvarshavende) fra GEUS i samarbejde med en redaktionsgruppe. Geoviden – Geologi og Geografi udkommer fire gange om året og abonnement er gratis. Det kan bestilles ved henvendelse til e-mail: [geoviden@geus.dk](mailto:geoviden@geus.dk) og på [www.geocenter.dk](http://www.geocenter.dk), hvor man også kan læse den elektroniske udgave af bladet.

**Produktion:** Annabeth Andersen, GEUS.

**Tryk:** Rosendahls - Schultz Grafisk A/S.

**Forsidefoto:** Gammel vandledning, lavet i egetræ, Thomas B. Thriges Gade, Odense.

**Foto:** VandCenter Syd/Johan Linderberg.

**Reprografisk arbejde:** Annabeth Andersen, GEUS.

**Illustrationer:** Forfattere og Grafisk, GEUS.

Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.



GEUS

DE NATIONALE GEOLOGISKE UNDERSØGELSER  
FOR DANMARK OG GRØNLAND (GEUS)

Øster Voldgade 10  
1350 København K  
Tlf: 38 14 20 00  
E-mail: [geus@geus.dk](mailto:geus@geus.dk)



INSTITUT FOR GEOVIDENSKAB OG  
NATURFORVALTNING (IGN)

Øster Voldgade 10  
1350 København K  
Tlf: 35 32 25 00  
E-mail: [ign@ign.ku.dk](mailto:ign@ign.ku.dk)



INSTITUT FOR GEOSCIENCE (IG)

Aarhus Universitet  
Høegh-Guldbergs Gade 2, B.1670  
8000 Aarhus C  
Tlf: 89 42 94 00  
E-mail: [geologi@au.dk](mailto:geologi@au.dk)

GEOLOGISK MUSEUM (SNM)

Øster Voldgade 5-7  
1350 København K  
Tlf: 35 32 23 45  
E-mail: [snm@snm.ku.dk](mailto:snm@snm.ku.dk)

DANMARK

PP

Magasinpost UMM  
ID-nr. 46439