

Kvartærgeologiske modeller i grundvandsundersøgelser – en renæssance for geologisk forståelse

NIELS RICHARDT

Richardt, N. 2004-12-20: Kvartærgeologiske modeller i grundvandsundersøgelser – en renæssance for geologisk forståelse. *Geologisk Tidsskrift* 2004 hæfte 2, pp. 3–6, København.

I modsætning til tidligere tider, hvor de kvartære aflejringer ofte fik en stedmoderlig behandling i hydrogeologiske undersøgelser, er der særligt i forbindelse med sårbarhedskortlægninger i de senere år kommet stor fokus på de kvartære aflejringer. Denne fokus udspringer af en erkendelse af, at en god forståelse af den geologiske ramme – og ikke mindst af de kvartære 'dæklag' – er af største betydning for tolkningen af hydrogeologiske og grundvandskemiske resultater og dermed for sårbarhedsvurderinger og ressourcevurderinger. Der er i mange områder opstillet mere eller mindre detaljerede geologiske modeller for de kvartære aflejringer. Datagrundlaget for disse modeller er mangfoldigt fx borer, observationer fra råstofgrave og klinter, geofysiske data, jordartskort, andre eksisterende geologiske kort, geomorfologiske tolkninger, hydrogeologiske data samt grundvandskemiske data. Mens datagrundlaget ofte er sammenligneligt for forskellige kvartærgeologiske modeller, er der store forskelle i tolkningspraksis, der spænder fra mere eller mindre maskinelle tolkninger til tolkninger, der inddrager geologisk viden og geologisk forståelse i tolkningsarbejdet. I det følgende gives nogle eksempler på, hvordan brug af geologisk viden og forståelse i tolkningsarbejdet fører til mere kvalificerede kvartærgeologiske modeller, end mere maskinelle tolkninger kan frembringe.

Det er den samme basale geologiske viden og de samme teknikker, som kan benyttes, når der arbejdes med kvartære aflejringer og med prækvartære aflejringer, selvom kvartæret på grund af en kompleks dannelse og geometri ofte er vanskeligere at håndtere end de prækvartære aflejringer. Nyttige redskaber ved opstilling af kvartærgeologiske modeller er :

- Sedimentologiske modeller (tolkning af aflejringshistorie, -genese og -geometri).
- Identifikation af nøgleflader (fx litostratigrafiske, biostratigrafiske eller sekvensstratigrafiske).
- Modeller for glacialtektoniske forstyrrelser. Forstyrrelserne øger kompleksiteten i opbygningen af

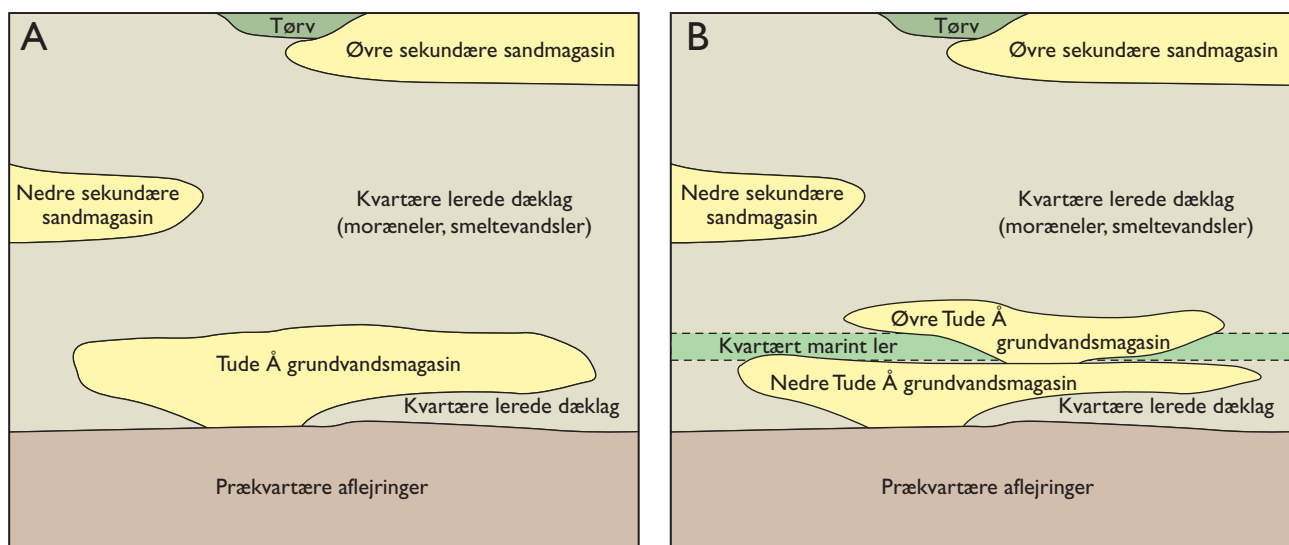
de kvartære aflejringer og betinger potentielt tilstedeværelsen af vinduer i dæklagene over grundvandsmagasiner.

Disse redskaber blev i foredraget ved DGF's grundvandsmøde illustreret med en række eksempler. To af disse eksempler bliver kort omtalt herunder, nemlig en geologisk model fra Vestsjælland, hvor en litostratigrafisk nøgleflade benyttes til at øge modellens detaljeringsgrad, og en geologisk model fra Mellemsverige, hvor tolkning af aflejringshistorie og aflejringsmiljøer tillader opstilling af en meget detaljeret rumlig geologisk model på trods af et sparsomt datagrundlag.

Brug af litostratigrafisk nøgleflade – Vestsjælland

Vestsjællands Amt har udpeget et 225 km² stort område i oplandet til Tude Å nord for Slagelse som et generelt indsatsområde, hvor der skal ydes en særlig indsats for at beskytte grundvandsressourcen. Indsatsområdet omkranser et af Vestsjællands Amts mest betydende regionale grundvandsmagasiner, Tude Å magasinet. Rambøll har i perioden 2001–2003 gennemført en 'fase 2 kortlægning' af Tude Å indsatsområdet. Kortlægningen omfatter blandt andet opstilling af en digital geologisk model, der dækker en væsentligt større del af Vestsjælland end selve indsatsområdet.

Inden fase 2 kortlægningen af Tude Å indsatsområdet gik i gang, var der foruden prækvartære grundvandsmagasiner identificeret ét regionalt kvartært sandmagasin (Tude Å grundvandsmagasin) samt lokale sekundære kvartære sandmagasiner (HOH Vand & Miljø 2000). En konceptuel geologisk model for opfattelsen af områdets kvartærgeologi ses i Figur 1A. Det helt afgørende resultat af det geologiske tolkningsarbejde under fase 2 kortlægningen var en erkendelse af, at der ikke kun er tale om ét regionalt kvartært Tude Å magasin, men om et nedre



Figur 1: Konceptuelle geologiske modeller for Tude Å indsatsområde. A: Konceptuel model inden start på fase 2 kortlægningen (HOH Vand & Miljø 2000). B: Konceptuel model efter identifikationen af en litostratigrafisk nøgleflade, der viser, at der ikke kun findes ét regionalt Tude Å magasin, men derimod to regionale grundvandsmagasiner (Øvre og Nedre Tude Å magasin).

Tude Å magasin og et øvre Tude Å magasin (Figur 1B). Denne erkendelse bygger på kortlægningen af en litostratigrafisk nøgleflade. Der er tidligere fra enkelte blotninger og en række boringer fordelt over en stor del af Vestsjælland beskrevet interglaciale/interstadiale marine leraflejringer (Ødum 1933; Petersen & Buch 1974; Lykke-Andersen 1990). De interglaciale/interstadiale marine leraflejringer er afsat i havet i en mellemistid (interglacial) eller i en relativt varm periode under en istid (interstadial). Aflejringerne er tidligere henført til sidste mellemistid, Eem, og starten af sidste istid, Weichsel (Ødum 1933; Petersen & Buch 1974), men er senere foreslået at stamme fra slutningen af den tredjesidste istid, Elster (Lykke-Andersen 1990).

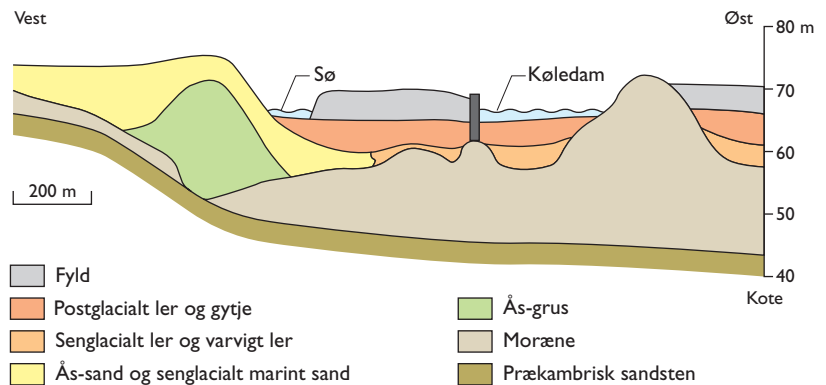
I den geologiske model, der er udarbejdet under fase 2 kortlægningen, er leraflejringerne tolket til at ligge som et generelt få meter tykt markerlag, der kan følges over store dele af Vestsjælland, selvom laget er borteroderet i nogle områder og forstyrret af glacialtektoniske deformationer i andre. Det viser sig imidlertid, at de interglaciale/interstadiale marine leraflejringer i nogle boringer ligger over Tude Å grundvandsmagasinet, mens det i andre boringer ligger under. Der er tale om boringer, hvor leraflejringerne tolkes som uforstyrrede, og hvor leraflejringerne ligger i omtrent samme kote. Den logiske konsekvens af dette bliver derfor, at der ikke findes ét Tude Å grundvandsmagasin, men derimod findes både et Øvre og et Nedre Tude Å grundvandsmagasin. De to regionale grundvandsmagasiner er visse steder i direkte hydraulisk kontakt med hinan-

den, men generelt er de adskilt af de kvartære marine interglaciale/interstadiale lerlag og muligvis også af glaciogene lerlag. Denne erkendelse har naturligvis stor betydning for tolkningen af grundvandsstrømning i området. Den bidrager også til at skabe orden i et ellers vanskeligt tolkbart grundvandskemisk datasæt, idet det viser sig, at de to regionale grundvandsmagasiner har hver deres karakteristiske grundvandskemiske signatur (Nielsen & Richardt 2003). Afvigelser fra de konsistente grundvandskemiske signaturer forekommer i områder, hvor den geologiske model identificerer glacialtektoniske forstyrrelser og dermed en forventning om lækager mellem magasinerne og netop muligheden for afvigende grundvandskemi.

Tolkning af aflejringshistorie og aflejringsmiljø - Mellemsverige

I forbindelse med modellering af vand- og stoftransport mellem grundvand og recipienter i et Midt-svensk industriområde har Rambøll i perioden 2001–2004 opstillet og opdateret en digital geologisk model. Ved den første modelopstilling var datagrundlaget særdeles beskedent, nemlig et topografisk kort, et geologisk jordartskort, ganske få boringer med geologisk information samt en række geotekniske slagsonderinger, der viser grænsen mellem moræne og overliggende ler og tørv. Undersøgelsesområdet ligger imidlertid i et område med en relativt vel-

Figur 2: Geologisk profil fra industriområde i Mellemssverige.



beskrevet ungkvartær geologisk historie. Denne historie inkluderer blandt andet dannelsen af et system af meget spektakulære åse (rullestensåse) fra subglaciale floder, isafsmeltning i et marint miljø i Yoldiahavet med en vandstand på ca. 200 meter over nuværende havniveau (Asklund 1935; Påsse 1996) og en efterfølgende aflejningshistorie præget af Østersøens vandstandsvingninger med Yoldiahav, Ancylussø og Litorinahav (fx Björck 1995). Området blev tørlagt for omkring 6000 år siden (Påsse 1996), og det ligger i dag ca. 70 meter over havet.

På basis af sparsomme data og den omfattende viden om den geologiske historie er der opstillet en rumlig geologisk model, der i Figur 2 ses repræsenteret af et vest-øst profil. Den geologiske historie knyttet til de enkelte lag i modellen er som følger:

- 1: Under isen aflejres moræne direkte på det prækvartære underlag.
- 2: Under isen eroderer en smeltevandsflod og aflejrer grus og sand i en ås.
- 3: Isen afsmelter ved frontal afsmeltning i havet. Havdybden er omkring 130 meter i området. Der aflejres sand og grus nær isranden, især nær gletscherporten, hvor den subglaciale smeltevandsflod udmunder. I større afstand fra isranden aflejres ler og varvigt ler.
- 4: Området forbliver vanddækket, og der aflejres ler og gytje i lavninger. Hurtig regression medfører erosion og omlejring af sediment i højere liggende områder. Fortsat regression resulterer i at området for ca. 6000 år siden dukker op af havet. I lavninger er der søer, hvor der fortsat aflejres ler og gytje.
- 5: I nyeste tid opfyldes store områder, og der etableres industrivirksomhed.

Som det fremgår af Figur 2 er den rumlige geologiske model ganske detaljeret, selv om den er baseret på sparsomme data. Efterfølgende er den oprindelige geologiske model, som ses i Figur 2, for største-

delen blevet bekræftet af omfattende undersøgelser med etablering af mange nye borer med geologisk information, prøvepumpninger etc. Ved at bruge den eksisterende viden om aflejningshistorie og -miljø er det således lykkedes at opstille en detaljeret og pålidelig model på trods af et sparsomt datagrundlag.

Konklusioner og fremtidsperspektiver

De to refererede eksempler viser, at brug af geologisk viden og forståelse i arbejdet med geologiske modeller fører til mere kvalificerede modeller på det givne datagrundlag. Det samme viser en lang række andre geologiske modelarbejder udført i de senere år, hvilket afspejler en heldig tendens i tiden, nemlig at geologisk viden og forståelse prioriteres højt i tolkningsarbejdet. En anden tendens er et ønske om bedre at beskrive – og helst at kvantificere – usikkerhederne på de geologiske modeller, der bliver brugt som udgangspunkt for hydrogeologiske numeriske modeller eller til udpegning af områder, der er sårbare over for forurening med miljøfremmede stoffer. Der arbejdes derfor intenst med fx geostatistiske og stokastiske modelleringer. De nye metoder vil forhåbentlig kunne give os nogle stærke redskaber i tolkningsarbejdet, men de hverken kan eller skal erstatte den geologiske forståelse.

Referencer

- Asklund, B. 1935: Gästrikländska fornstrandlinjer och nivåförändringsproblemen. Sveriges Geologiska Undersökning C391, 119 pp.
- Björck, S. 1995: A review of the history of the Baltic Sea, 13.0-8.0 ka BP. Quaternary International 27, 19-40.

- HOH Vand & Miljø 2000: Vestsjællands Amt. Zonering i 'Tude Å indsatsområdet', Hovedrapport – fase 1, 29 pp. Vestsjællands Amt, Natur & Miljø.
- Lykke-Andersen, A.-L. 1990: Marine aflejringer fra Sen Elster på Sjælland. Dansk geologisk Forening Årsskrift 1987-88, 77-80.
- Nielsen, J. & Richardt, N. 2003: Sammenhæng mellem geologi og vandkemi i geologisk komplekse områder. ATV Møde, Vintermøde om jord og grundvandsforurening, Vingsted-centret 4.-5. marts 2003, Bind II, 377-388. Kongens Lyngby: ATV Jord og Grundvand.
- Petersen, K.S. & Buch, A. 1974: Dislocated tills with Paleogene and Pleistocene marine beds. Tectonics, lithology, macro- and microfossils. Danmarks Geologiske Undersøgelse Årbog 1973, 63-91.
- Påsse, T. 1996: A mathematical model of the shore level displacement in Fennoscandia. SKB Technical Report 96-24, 92 pp. Stockholm: Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co.
- Ødum, H. 1933: Marint interglacial på Sjælland, Hven, Møn og Rügen. Danmarks Geologiske Undersøgelse IV Række 2(10), 44 pp.