

Måling og brug af grundvandspejlinger

Betydningen af arbejdet med pejledata bliver ofte undervurderet i forhold til dets samfundsmæssige nytteværdi. I forbindelse med Den Nationale Grundvandskortlægning og Det Nationale Pejleprogram er der de senere år arbejdet med indsamling, analyse og fortolkning af pejledata.

Der er et stort potentiale for at få meget mere information ud af pejlingerne, end vi får i dag, men der er også usikkerheder, som kan give anledning til bekostelige fejltolkninger.

SUSIE MIELBY

Rationalet i arbejdet med pejlinger

Pejlinger er vigtige, fordi de danner et væsentligt grundlag for at belyse konsekvenser af naturlige og menneskeskabte ændringer i vandets kredsløb, og dermed bidrager til at sikre en bæredygtig udnyttelse af vandressourcen.

Pejlinger er information om grundvandsstanden/-potentialet og er en forudsætning for at få viden om drikkevandsressorens størrelse og beliggenhed, om grundvandets strømning, om grundvandets beliggenhed i forhold til terræn (risiko for oversvømmelser)

og for vurderinger i forhold til nedsivning, sårbarhed og forurening, og for forståelsen af hvordan de forskellige økosystemers fødes med grundvand.

Tendensen de senere år med voldsomme nedbørshændelser – og de forventede klimaændringer – i kombination med byernes for tætning gør det endnu mere vigtigt at have styr på vandkredsløbet og ikke mindst på grundvandsstanden i byerne.

Men hvordan står det så til i forhold til vores viden om grundvandsstanden/-potentialet i Danmark? Det er ikke så simpelt at svare på endda, fordi

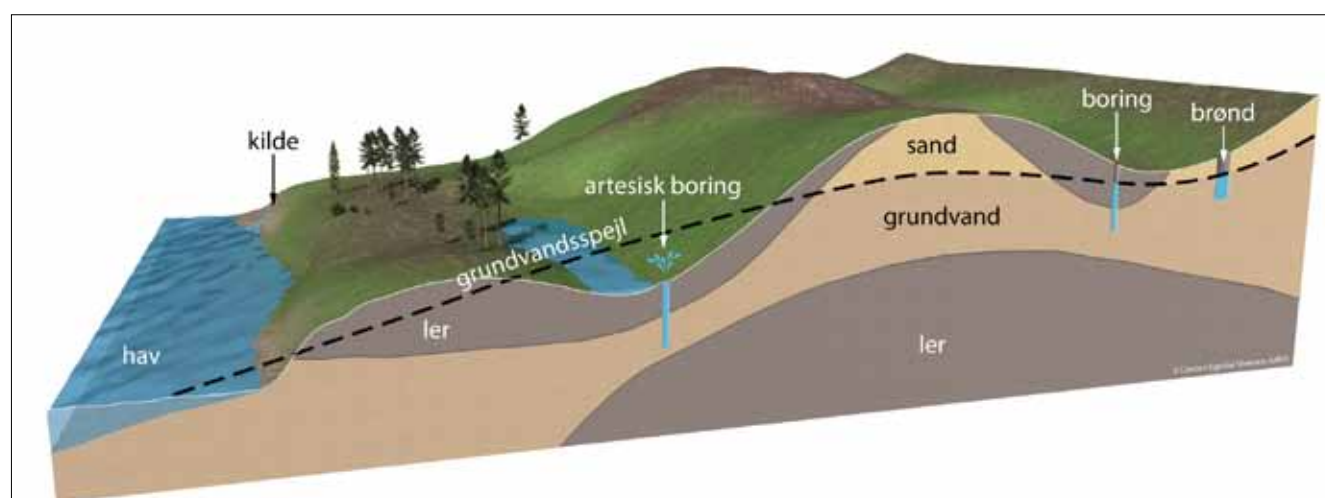
a. der er en naturlig begrænsning af antallet af pejleindtag, fordi målingerne selvsagt kun kan foretages i etablerede borer (typisk

pejleboringer og vandforsyningsboringer).
b. data er behæftet med en betydelig usikkerhed, da et komplekst datasæt og mange målinger stiller meget høje krav til kontinuitet og systematik over tid i dataopsamling og -håndtering. (dataopsamlingen er foregået over mange, mange år).

c. vandkredsløbet er dynamisk og resultatet af mange tusindende års geologiske og klimatiske hændelser

d. der er en naturlig tidlig (korttids og langtids) dynamik i grundvandsstanden/-potentialet, som komplicerer vores fortolkninger

e. menneskeskabte aktiviteter, som sjældent er fuldt dokumenteret, påvirker grundvandsforholdene fx vandindvinding, fyldaflejring og dræninger.



Figur 1. Skitsetegning af potentialforhold i jorden. Grundvandspotentialet måles (pejles) i en boring, ved at fastlægge dybden til vandspejlet i boringen ud fra et givet pejlepunkt, f.eks. brøndkanten.

FAKTABOKS

– Pejlingernes historik i den fællesoffentlige Jupiter-database

1926	Etablering af borearkiv og -tjeneste ved GEUS med den første Vandforsyningslov
1970 ca.	Ved sektorplanlægning blev amterne ressourceansvarlige.
1974 ca.	Etablering af den første boredatabase ved GEUS Indlæsning af lokaliseringsskemaer og boringer Amterne opsamlere pejlinger (synkron, pejleserier) fra eksisterende hydrogeologiske undersøgelser og fra vandværkerne.
1999 -	Dataopsamlingen ved amterne tog for alvor fat med Grundvandskortlægningen, hvor de også selv blev ansvarlige for udførelse af kortlægninger
0-erne	Udarbejdelse af vejledninger mhp harmonisering af GEUS og amternes lokale databaser (ARBI mv) /4/
2006-7	Flytning af (de fleste) amtsdata til GEUS ifm Kommunalreformen Kommunerne bliver ansvarlige i forhold til vandforsyningsloven.
2010-2015	Indlæsning af manglende indberettede data i Jupiter-databasen (undtagen ARBI) /5/ Udarbejdelse af indlæseprogrammer og udtræksprogrammer /5/

Kommentar: Der er ikke samme høje krav til lagring af originale pejledata som til boringsdata, hvilket gør det vanskeligt at kvalitetsvurdere og rette fejl.

Der må påregnes datatab, hver gang der er strukturændringer.

Med Kommunalreformen i 2007 gik ansvaret for pejledata fra de 14 amter til 98 kommuner.

Det var en udfordring for de 14 amter – hvad så for kommunerne?

Fremtid med dataindberetning efter Grundvandskortlægningen?

I denne artikel vil der – med udgangspunkt i ovenstående 5 punkter – blive fokuseret på måling og brug af de pejlinger og serier af pejlinger, som danner grundlaget for henholdsvis kortlægning af grundvandsstanden/-potentialitet og hydrologisk modellering /1, 2, 3/.

Hvad er der behov for?

Dataene i den fælles-offentlige Jupiter-database er udgangspunktet for myndighedernes overvågning og forvaltning og for forskning og undervisning. Det er et kernepunkt, at der er fri og let adgang til gode data.

Data om grundvandsstanden/-potentialitet er kun relevante, hvis vi kan relatere dem til det tidspunkt og det niveau (grundvandsmagasin), de er målt. Og i fortolkningen heraf er det vigtigt at have kendskab til den tidlige variation inden for året og over årene (våde/tørre år).

Den generelle strømning mellem pejleboringer vil ofte blive tolket således, at grundvandet vil strømme ned ad mod lavere potentialer, men det behøver langt fra at være tilfældet.

Og i forbindelse med potentialekortlægning ved hjælp af synkroner målinger i felten, er der som minimum behov for at sammenligne med eksisterende pejledata med hensyn til udvikling over år, årsudsving, magasinforhold, datakvalitet og vandværksdrift (se Figur 1).

Vi har i Danmark nogle lange pejledatase-

rier, som er pejet siden 1950'erne, og her er der en god mulighed for få et indblik i grundvandets reaktionsmønster. Men pejlingerne er håndteret over de mange år og af forskellige personer, og kan af samme grund – trods de bedste intentioner – være af meget svingende kvalitet. Udfordringen er at identificere/rette fejlbehæftede data. Det kan dog være meget kompliceret dels på grund af datamængden og dels på grund af krav til præcis dokumentation.

Pejledataene optræder med forskellige typer af 'fejl', som kan henføres til målefejl, fejl i dataindberetning og datamanagement, og forkert anvendelse/fortolkning af pejlinger (se fx. /4/). Nogle af disse fejl er lette at identificere andre svære, og det er relevant at se på konsekvensen. Vi vil starte med at se på, hvad de enkelte fejl betyder i forhold til pejetids-serierne, og dernæst se på hvad ændringer i potentialitet betyder som helhed: Hvad betyder ændringerne for vurdering af vandressourcen, af strømningens retning, for oversvømmelsesrisiko og for hvordan, vi skal beskytte økosystemer?

Usikkerhed i eksisterende pejleserier

Målefejl og registreringsfejl viser sig normalt ved afvigende data ('outliers') eller forskydning af pejeniveauet i pejetidsserierne, der, hvis de er betydende, er lette at identificere visuelt som maskinelt.

Enkeltstående registreringsfejl ('outliers'), sammenblanding af ro/drift pejlinger og anvendelse af forkerte fortegn viser sig ofte som store afvigelser. Hvis de originale måledata er gemt, vil det ofte være muligt at rette op på data.

Forskydninger i måleniveau som følge af fejl i indmålingen af boringsfikspunkt eller pejlepunkt kan være små, og så er de ikke altid nemme at identificere med det blotte øje eller maskinelt. Hvis beskrivelsen af indmålingerne er gemt, vil der ofte være bedre mulighed for at identificere fejlen og rette op på data.

Brug af pejlinger målt på forskellige årstider, som der ikke tages hensyn til i forbindelse med potentialekortlægningen, kan give fejl i en størrelsesorden på flere meter.

Fejl i magasinfortolkning og boringskonstruktion kan give betragtelige fejl i potentialekortlægningen (størrelsesorden meter).

Usikkerhed i beslutningsprocessen

Selv den mindste ændring i grundvandsstanden kan påvirke vurderinger af strømningens retning inden for større kortområder, hvis vandstanden i pejleboringerne ligger tæt på hinanden, eller målingerne ligger nær vandskel.

Selv en mindre ændring i grundvandsstanden kan påvirke vurderinger af ressourcens størrelse, fordi pejleboringerne, i forhold her til, oftest ligger i relativ stor indbyrdes afstand, og ændringen derved "bredes ud".

Ændringer i grundvandsstanden har betydning for vurdering af strømningens gradienter mellem magasiner, og også for om det enkelte grundvandsmagasin er artesisk, spændt eller frit.

Ændringer i beliggenheden af det terrænnære grundvand har betydning for vurdering af, hvor huse og haver kan oversvømmes, og hvor regnvandet kan nedsives. Ligeledes har de betydning for vurdering af, hvor grundvandet føder vådområder og dermed påvirker økosystemerne. Men de har især betydning for vurderinger i de områder, hvor grundvandsstanden skærer terræn og nedsivning skifter til grundvandsbaseret udstrømning (eller omvendt).

Registrering af pejledata

Igennem årene er der indsamlet betragtelige mængder af pejledata, som nu er registreret i den fælles-offentlige boringsdatabase. Pejlingerne er målt i forbindelse med brøndborernes udførelse af boringer, i forbindelse med hydrogeologiske undersøgelser (bl.a. synkronmålinger), i forbindelse med vandværkernes kontrolmålinger, forureningsundersøgelser og ved forskning og overvågning, se Faktaboks.

Amterne, og senere Miljøstyrelsen og GEUS har gennem tiden udført et stort arbejde med at opsamle og indberette data i forbindelse med Grundvandskortlægningens hydrogeologiske undersøgelser. Der er tale om et omfattende materiale, som nu ligger tilgængelig for omverdenen.

Før kommunalreformen i 2007 havde amterne lokale databaser med pejlinger (primært vandværkernes) og lokaliseringer samt ansvaret for indberetning til Jupiter. I 2007 samledes de lokale databaser i Jupiter-databasen, og amternes opgaver efter vandforsyningsloven overgik til de 98 kommuner.

Der er i stigende omfang i de senere år anvendt loggere til registrering af pejlinger, hvilket har medført en stor stigning i antallet af registrerede pejlinger. Kommunerne har dog kun indberettet et meget begrænset antal pejlinger til Jupiter-databasen efter 2007.

Regionerne udfører pejlinger i forbindelse med undersøgelser efter jordforureningsloven. Indberetning til databasen er frivillig.

Processen fra måling til viden til beslutning

Det Europæiske Miljø Agentur anvender MDIAK-systemet (6) til systematiseret fremme af viden baserede miljøpolitiske beslutninger (se Figur 2).

Inspireret heraf er der nedenfor en 'tilsvarende' beskrivelse af håndteringen og brug af pejlinger:

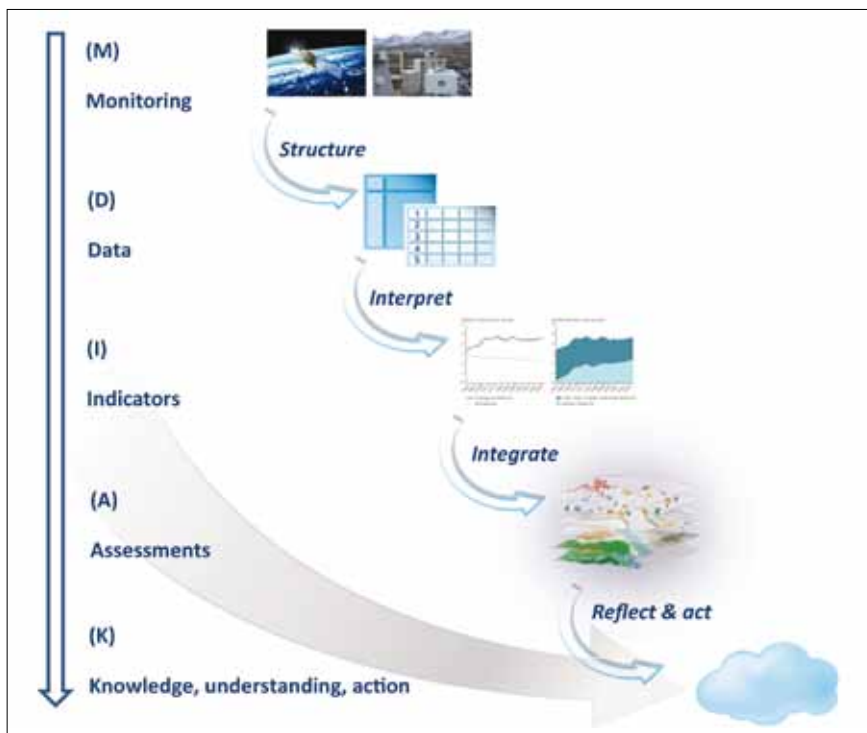
M – Monitering. I forbindelse med lokalisering beskrives og indmåles boringens beliggenhed, fikspunkt og pejlepunkt samt beliggenhed af vandspejl (med håndholdt pejle). I forbindelse med pejlerunder registreres vandspejlet med håndholdte pejle eller med data-loggere, som tappes med jævne mellemrum.

Brøndborere har i dag lovpligtigt indberetningspligt af oplysninger i forbindelse med etablering af indvindingsboringer og permanente boringer. Brøndborere er underlagt lovpligtigt uddannelseskursus.

Det er i dag rekviret af data, der har ansvar for øvrig registrering, digitalisering og indberetning af kvalitetskontrollerede data.

D – Data. Den fælles-offentlige Jupiter-database er baseret på indberetning fra de forskellige ejere af data. Datalagringen skal muliggøre kombination af pejlinger, der er struktureret på en måde, så det er muligt at foretage yderligere processeringer og sammenligninger.

GEUS er ansvarlig for databasemanagement, dvs. indlæse- og udlæseprogrammer, kvalitetskontrol og godkendelse af data ved indlæsning, datastruktur samt vedligehold af den samlede database,



Figur 2. Illustration af MDIAK – kæden og sammenhængen mellem data-viden-beslutning (6).

I – Indikatorer. Indikatorer er data, der er resultatet af udvælgelse, aggregering og fortolkning. Formålet er at opnå kendskab til den valgte indikator udvikling gennem tid og sted, og at kunne kommunikere miljøtilstand og udvikling i en bestemt situation.

Data sammenstilles til tabeller, kort og grafer, hver gang der foreligger ny viden. For pejlinger kan det fx være

- Magasinspecifikke potentialer, dvs., potentialekort
- Repræsentative tidsserier/, fx masterkurver for et magasin
- Tidsserier (studier af påvirkninger af vandspejl: indvinding, dræn, årstid, hav, tørre/våde år, klima, måne, sol)
- Klimanormal sammenligning.

Eksempler på en sådan brug af peyledata kan ses i Vejledning i potentialekortlægning /1/ og i afrapporteringen af Det Nationale Pejleprogram /2/.

A – Assessment. Assessment består af integrerede analyser, synteser og scenarie beregning ved modellering eller tidsseriestudie), der udføres med det formål at kunne analysere miljømæssige processer: hvad der vil ske og hvorfor sker det? Fx, hvor meget ændres vandspejlet og dets strømning i en tænkt tilfælde med nedsivning?

K – Knowledge. Knowledge står for den etablerede indsigt i miljøprocesserne, deres forvaltning og mulige for håndtering. Fx forståelsen af hvad der sker, og muligheden for

at tilpasse handlinger i forhold til politisk målsætning – Hvor kan kommunen reelt planlægge nedsivning af regnvand, når der også skal tages hensyn til grundvandsstigninger?

Konklusioner

I forbindelse med Det Nationale Pejleprogram og Den Nationale Grundvandskortlægning er der indsamlet et omfattende sæt af peyledata, som nu er lagret i Jupiter-databasen. Siden 2007 er pejlinger, der er indsamlet som en del af vandforsyningernes tilladelse kun i begrænset omfang indberettet til Jupiter-databasen. Det kan blive et problem for fremtidige miljøvurderinger, hvis der ikke er data.

Der er et stort behov for at forbedre indlæsefaciliteterne, da de nuværende er forældede og ukomplette.

Peyledataene skal være konsistente, sammenlignelige og gennemskuelige for beslutningstagerne. Allerbedst ville det være, hvis kvalitetskontrol ved indlæsningen af data sikrede, at data af dårlig kvalitet aldrig kommer ind i databasen. Da peyledata allerede indeholder fejl, vil det næstbedste være systematisk og kontinuert at rette fejl i databasen, så de kan luges ud. Peyledata bør altid vurderes i forhold til den tidsperiode, som der skal arbejdes på. Det kan ske ved sammenligning af dataene i den enkelte boring og ved sammenligning af tidsserierne fra forskellige boringer.

En af udfordringerne ved brug af peyledata er, at det kan være fristende at bruge de tilgængelige data frem for de data, som der er

nødvendige at måle for at løse det miljømæssige problem. Det anbefales at anvende konceptuelle modeller til analyse af processen (valg af data og undersøgelse og vurdering af om der er datahuller, som skal udfyldes).

En anden mulighed at designe målenettet ved brug af den omvendte MDIAK kæde:

K: Hvad er der behov for at vide?

A: Hvilke assessments er der behov for?

I: Hvilke indikatorer er der behov for?

D: Hvilke data (database håndtering) er der behov for?

M: Hvilken dataopsamling er der behov for, for at levere de ønskede data

En kapacitetsudbygning i forbindelse med en forbedring af brugernes adgang til pejleboringerne i Jupiter-databasen vil give en bedre udnyttelse af de indsamlede data. Den kan omfatte:

- Et stationskatalog
- Adgang til en log for pejleboringer
- Adgang til udvalgte on-line målinger
- Opsamling af udvalgte lange gode pejletids-serier
- Forbedring af udtræksfaciliteter ('open and effective access')

Referencer

- /1/ Mielby, S., Ditlefsen, C., Olesen, H., 2009. Potentialekortlægning. Vejledning i udarbejdelse af potentialekort, Geo-Vejledning 4. GEUS særudgivelse. 70 pp.
- /2/ Thorling, L., Hansen, B., Larsen, C. L., Larsen, F., Mielby, S., Johnsen, A. R., Trolborg, L., 2016. Grundvand. Status og udvikling 1989-2015. Teknisk rapport, GEUS 2016. 126pp.
- /3/ Mielby, S., 2008. Kriterier for anvendelse af pejleboringer og pejldata i et nationalt pejleprogram. GEUS notat. 32 pp.
- /4/ GEUS, 2017. Vejledning i indberetning af pejldata

(<http://www.geus.dk/DK/services/databank-info/Sider/pejldata-dk.aspx>)

/5/ Mielby, S., Lofquist, L., Sørensen, B. L., Kristensen, M., Møller, I. von Platen-Hallermond, F., Ditlefsen, C., Pedersen, C. B., Vangkilde-Pedersen, T., 2017. Den Nationale Grundvandskortlægning (1999-2015). Sikring af grundvandskortlægningens data – Arvesølsprojektet. GEUS særudgivelse. 63 pp + 8 bilag.

/6/ EEA, 2014. Digest of EEA indicators 2014. EEA Technical report, No 8/2014. 22 pp.

SUSIE MIELBY er seniorrådgiver, Hydrogeolog. Formand for amternes ERFA-gruppe for Lokaliserings- og pejldata, 2003-06. Projektleder ved udarbejdelse af Vejledning i Potentialekortlægning, 2008-09. Ansvarlig for afrapportering af det nationale pejleprogram i GRUMO, 2010-16. Projektleder for Sikring af grundvandskortlægningens data – Arvesølsprojektet, 2011-17. I dag tilknyttet som Emerita ved GEUS.

Bog anmeldelse

Naturhistorier fra bæk og å af Bent Lauge Madsen

Da jeg første gang kom til Virklundlaboratoriet for at undervise i ferskvandsbiologi, opdagede jeg et lille rum med alskens gammelt udstyr, herunder nogle små støvede strømakvarier. Det skulle vise sig at være udstyr benyttet af "Lauge" (som han kendes af de fleste) i forbindelse med nogle af hans årelange studier af dyrelivet i de små bække, der løber til Borresø. Disse og utallige undersøgelser overalt i Jylland danner grundlag for naturhistorierne i denne bog.

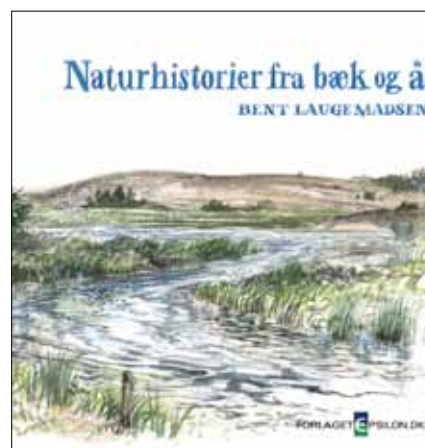
Naturhistorier, fordi der fortælles om dyrene, ikke ud fra et moderne økologisk synspunkt, men som iagttagelser af hvordan dyrene ser ud, hvordan de lever og opfører sig - sat ind i en overordnet sammenhæng i forhold til omgivelserne. Historier, fordi der formidles på en personlig måde. Vi ligefrem fornemmer, hvordan det føles at undersøge driften ved at tælle *Baetis* larver på håndstore sten en kold vinterdag i Skovkilden.

Underliggende for Lauges historier er evnen til at se, at andre sig og at stille spørgsmål, for derefter at undersøge tingene videre i felten eller i laboratoriets små hjemmebyggede akvarier m.v.

Bogen indeholder et væld af historier om biologien hos en lang række velkendte dyr som *Beatis*, *Agapetus*, *Ancylus*, *Rhyacophila*, *Gammarus*, kvægmyg osv., men også af mindre almindelige arter. Man fornemmer, at en af de store interessefelter er hvordan dyrene evner at tilpasse sig og "trække vejret" under vandet. Et område hvor vandkalkene har været i fokus gennem mange år.

Til forståelse af livet under vand er vi forbi pædagogiske forklaringer omkring vanddråber, bobler og overfladespænding i forbindelse med fortællingen om skøjteløberne, ligesom ilt diffusion og osmose forklares, når dyrenes ånding og opretholdelse af saltbalancen forklares. Her må være megen inspiration at hente for naturfaglærere, før turen går ud i felten med ketcher og pincet.

Som gammel ferskvandsbiolog nød jeg at læse kapitlet om nogle af



pionererne indenfor ferskvandsbiologien – lige fra professorer til urmagere og postbude. Deres historie og opdagelser krydret med citater fortælles med stor indsigt og varme. Det er formidling på højt niveau.

Bogen indeholder mere end 650 illustrationer og fotos, langt de fleste står forfatteren selv bag. Overalt i bogen er nyttige henvisninger til andre relevante afsnit i bogen om samme emne. Der er desuden et personregister og et nyttigt stikordsregister, så man kan vælge hvem eller hvad man vil læse om.

Det er en dejlig bog, med utrolig mange fine detaljer og iagttagelser krydret med personlige historier og citater. Bogen anbefales på det stærkeste til alle, som har sans for naturen og det dyre- og planteliv der rører sig derude.

Vi giver den 5 store vandkalve!



Claus Hagebro

ISBN 978-87-995114-9-5

Pris: 365 kr. inkl. moms, 360 sider

Mere end 650 illustrationer

Kapiteltegninger og omslag: Jens Gregersen