

SIGURD HUSEBY: AUSTAD

BESKRIVELSE TIL VANNRESSURSKART "GRUNNVANN
I LØSAVSETNINGER" - BLAD 1412 I 1:50 000.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
MEDDELELSER FRA VANNBORINGSARKIVET
Spesielle rapporter, nr. 7

Oslo, 15. april 1978.

Av "Meddelelse fra Vannboringsarkivet, spesielle rapporter", er hittil utkommet:

Nr. 1	Hægebostad,	1411 IV	1976
" 2	Vinstra,	1718 II	"
" 3	Bygland,	1512 IV	"
" 4	Otta,	1718 IV	1977
" 5	Hedalen,	1716 II	" , 1. rev. 1978
" 6	Skåbu,	1718 III	1978
" 7	Austad,	1412 I	"

INNHALDSFORTEGNELSE

GENERELL DEL (REDIGERT AV SIGURD HUSEBY)

	Side
A. RESSURSKARTLEGGING	
1. Innledning	5
2. Vannressurskart	5
3. Vurderingsgrunnlaget for temakart 1:50 000	7
4. Temakartets innhold	8
5. Sammenfatning	8
B. GENERELT OM GRUNNVANNSFORSYNING	
B.1. <u>Grunnvann</u>	9
1.1. Grunnvannets plass i kretsløpet	9
1.2. Grunnvann i fjell	10
1.3. Grunnvann i løsavsetninger	12
1.4. Kilder	14
1.5. Grunnvannets naturlige kvalitet	16
1.6. Forurensning av grunnvann	17
B.2. <u>Vannbehov</u>	18
2.1. Behovsvurdering og forbruk	18
2.2. Husholdningsforbruk og forbruk til husdyrhold	19
2.3. Offentlig forbruk	20
2.4. Industriens forbruk	20
2.5. Lekkasjer	21
2.6. Forbruksprognoser	21
B.3. <u>Grunnvannsundersøkelser.</u>	22
3.1. Innsamling av bakgrunnsmateriale	22
3.2. Oversiktsbefaring	23
3.3. Geofysiske målinger	23
3.3.1. Seismiske undersøkelser	23
3.3.2. Elektriske undersøkelser	23
3.4. Sonderboringer	24
3.5. Undersøkelsesbrønner	24
3.6. Prøvetaking og analyser	24
3.7. Prøvepumper	25
3.7.1. Vurdering av kvalitetsendringer	25

	Side
3.7.2. Beregning av hydrauliske parametre	26
3.8. Sporstoffundersøkelser	26
B.4. <u>Grunnvannsutnyttelse.</u>	27
4.1. Gravde (sprengte) brønner	27
4.2. Borebrønner i fjell	27
4.3. Rørbrønner	28
4.4. Pumper og utjevningsbasseng	30
4.5. Beskyttelse av grunnvannsforekomster	30
B.5. <u>Definisjoner.</u>	31
5.1. Geologiske begreper	31
5.2. Ordliste	33
5.3. Litteraturreferanser for hovedavsnitt A & B	33
5.4. Supplerende lesning	34
SPESIELL DEL, INNHOLDSFORTEGNELSE	35

A. RESSURSKARTLEGGING.

1. Innledning.

De senere års befolknings- og miljødebatt har også i Norge ført til en økende interesse for kartlegging av de naturlige ressurser.

Norges geologiske undersøkelse (NGU) har siden opprettelsen i 1858 arbeidet med kartlegging av berggrunn og løsmasser. I den første tiden ble det lagt mest vekt på almenvitenskapelige resultater, men senere er arbeidsoppgavene utvidet med sikte på praktisk og økonomisk utnyttelse av våre geologisk betingete naturressurser. Som eksempler på dette kan nevnes registrering og vurderinger av malmer, ikke-metalliske mineraler, bergarter, løsavsetninger for forskjellige formål (byggegrunn, tilslagsmaterialer, dyrkningsgrunnlag, avfallsdeponering etc.) og grunnvann.

Ideelt sett burde det som grunnlag for samfunnsplanlegging bl.a. foreligge detaljerte registreringer og vurderinger av hele naturgrunnlaget (geologi, hydrologi, klima, flora, fauna etc.). Dette kan neppe gjøres innenfor tidsrammer som er nødvendige for at planene skal kunne påvirke utviklingen. Man må derfor søke et grunnlag som kan oppnås fort nok - og som samtidig er tilstrekkelig detaljert til å tjene formålet. Dette gjøres ved både

- a) å prioritere enkelte fagområder eller tema, (f.eks. vannressurser) og
- b) å avveie innsatsen innen de prioriterte områder mot realistiske mål.

2. Vannressurskart.

Et vesentlig bidrag i ressursplansammenheng i vårt land er Stortingsmelding nr. 107 (1974-75): "Om arbeidet med en landsplan for bruken av vannressursene" (Miljøverndepartementet).

I grunnlagsmaterialet for denne melding ligger også vannressurskart i målestokk 1:250 000 med tema "grunnvann". De kartblad som foreligger (fig. 1) gir generelle opplysninger om hvor grunnvannsforekomster kan forventes innenfor "Landsplanens" høyest prioriterte områder. Målestokken 1:250 000 gir imidlertid ikke detaljeringsmuligheter til rimelig praktisk anvendbarhet. NGU's Hydrogeologiske seksjon vil derfor utarbeide temakart "Grunnvann i løsavsetninger" i målestokk 1:50 000. Disse skal kunne tjene som grunnlag for arealdisposisjonsplaner av typen generalplan, fjellplan eller tilsvarende nivå.

Hvilke arealer som primært skal dekket av disse kartblad prioriteres i samråd med fylkene og Miljøverndepartementet.

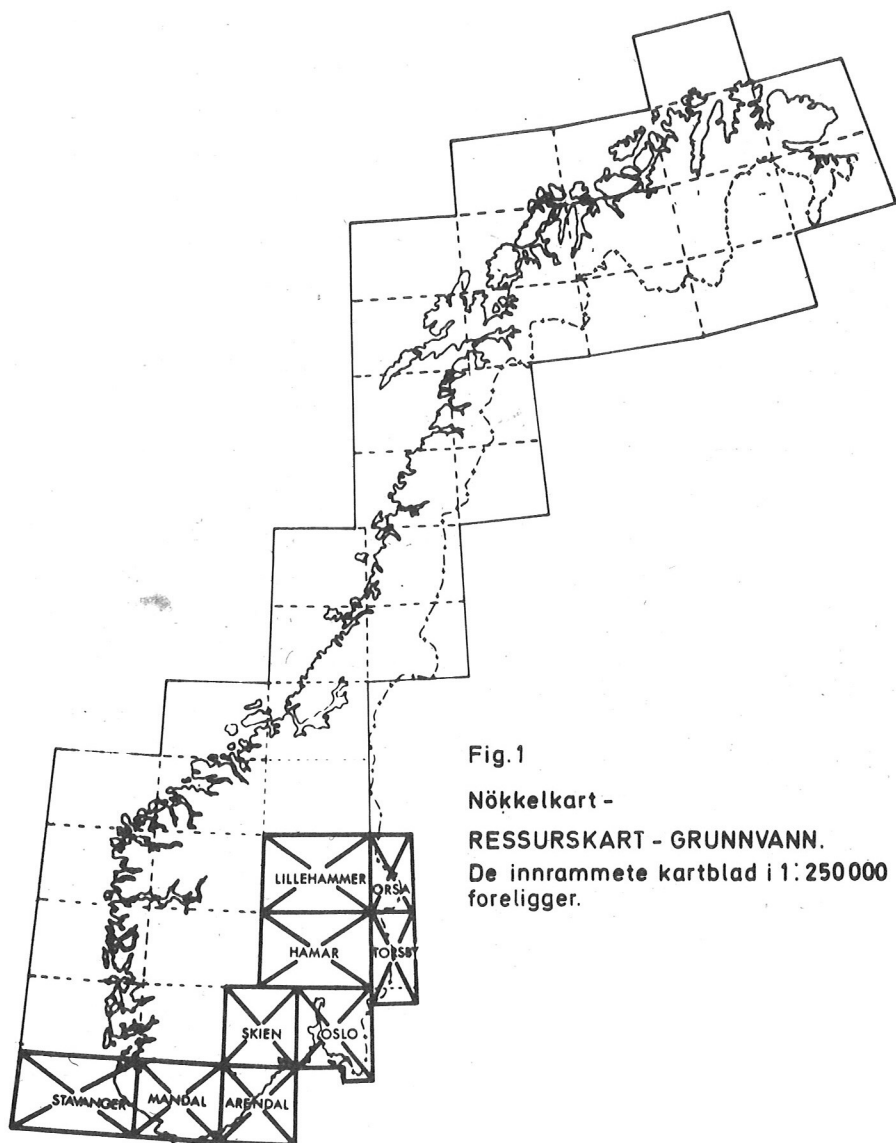


Fig.1

Nøkkelt -

RESSURSKART - GRUNNVANN.

De innrammete kartblad i 1:250 000 foreligger.

3. Vurderingsgrunnlaget for temakart 1:50 000.

Som basis for disse kart benyttes topografiske kart i serien AMS 711, 1:50 000 (med UTM-rutenett) fra Norges geografiske oppmåling (NGO).

Våre registreringer og vurderinger legges inn på kartet etter analyse av tilgjengelig flyfotomateriale, opplysninger i NGU's vannboringsarkiv, faglige rapporter, publiserte geologiske arbeider og egne feltarbeider. Områder som er avmerket på kartet skal som hovedregel være oversiktsmessig befart. Unntaksvis angis med eget tegn områder som er positivt vurdert etter ren flybilledetolkning, men dette skal bare forekomme når forekomsten ligger uveisomt til og evt. utnyttelse antas langt frem i tiden.

I tillegg til de forutsetninger som vurderes ved oversiktsbefaringen er de reelle muligheter i ethvert punkt innenfor de avmerkete områder på kartet avhengig av en rekke egenskaper som må utredes ved dypsnitt-undersøkelser (profiler) i avsetningen. Av slike egenskaper kan nevnes kornstørrelse, mektighet, permeabilitet, vannkvalitet etc., og den vanligste undersøkelsesmetodikk er boring med uttak av vann og masseprøver for analyse. Som man vil forstå - er det en markert økning i kostnader om dypsnitt-undersøkelser skal inngå i vurderingsgrunnlaget for temakartene. Etter vår vurdering vil det være riktig å utføre slike undersøkelser når man trenger opplysningene

- a) fordi utnyttelse er aktuelt,
- b) for vurdering av alternativ til andre vannkilder, og
- c) som del av vurderingsgrunnlaget om arealene skal disponeres for andre formål.

Vi vil gjøre oppmerksom på at nye opplysninger som følge av fremtidige boringer og geofysiske undersøkelser forutsettes inntatt på kartene. Den teknikk som benyttes for sammen-tegning og reproduksjon gjør det relativt enkelt og rimelig å ajourføre for utgivelse av reviderte utgaver.

4. Temakartets innhold.

Kartet vil primært an vise områder hvor feltmessig observerbare forutsetninger for grunnvannsuttak (løsmassenes karakter, utbredelse, mektighet og vannstandsrelasjoner) etter hydrogeologens vurdering er tilstede.

På kartet legges også inn borpunktslokaliteter og geofysiske profiler med henvisninger til nærmere opplysninger i avsnitt C i denne beskrivelse, samt eksisterende produksjonsbrønner (rørbrønner) som er kjent av oss.

Visse forenklinger i avmerkningene kan bli foretatt.

F.eks. vil grunnvannsmulighetene bli avmerket selv om de er nedbygget (av tettsteder etc.) og terrengdetaljer som er for små til å kunne avmerkes i sann målestokk (f.eks. enkelte berggrunnsblotninger) kan bli utelatt. Tegnet for saltvannsfare benyttes også når nøyaktige grenser for saltvannsinntrengning som følge av grunnvannsuttak ikke kan forutsis.

Grunnvannsressurser i fast fjell eller i utpregete myrområder er ikke vurdert for dette temakartet.

Vi vil gjøre spesielt oppmerksom på at løsavsetninger som egner seg til grunnvannsuttak ofte er egnet til en rekke andre samfunnsnyttige formål - f.eks. uttak av grus, god byggegrunn, avløpsdeponering o.s.v.

Egenskaper ved løsavsetningene som vil kunne ha betydning for andre anvendelsesområder enn grunnvannsuttak er ikke vurdert for dette kartverket.

Vi forutsetter at kartene utgis med beskrivelse. Denne organiseres i en generell del med sikte på å gi generell grunnvannsinformasjon, - og en spesiell del som skal utdype opplysningene om de enkelte kartblad.

5. Sammenfatning.

Temakart 1:50 000 "Grunnvann i løsavsetninger" tar - sammen med beskrivelse - sikte på å gi såvidt uttømmende opplys-

ninger at de kan tjene som grunnlag for generalplan eller andre arealdisposisjonsplaner på samme nivå.

Ved utgivelsen av kartet dekker man etter vår vurdering et viktig samfunnsplantrinn med rimelig innsats. Kartet vil også gi brukerne mindre kostnader ved grunnvannsundersøkelser idet undersøkelsesrutinene forkortes.

B. GENERELT OM GRUNNVANNSFORSYNING.

B.1. Grunnvann

1.1. Grunnvannets plass i kretsløpet.

Hovedtrekk i vannets kretsløp er skissert på fig. 2.

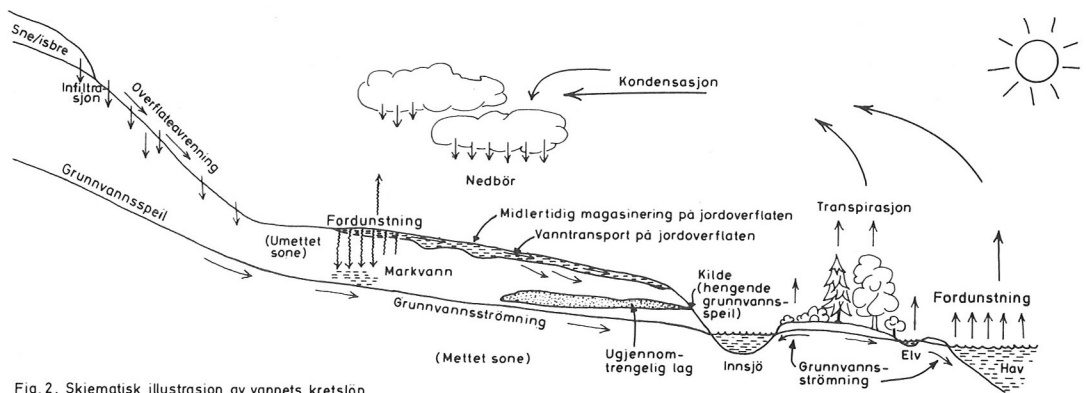


Fig. 2. Skjematisk illustrasjon av vannets kretsløp.

Grunnvann inngår som en del av kretsløpet. Under et visst nivå - som kalles grunnvannsspeilet - er alle sprekker og hulrom fylt med vann. Grunnvannsspeilet skiller mellom mettet og umettet sone (fig. 3).

Grunnvannet dannes ved infiltrasjon av overflatevann - det vil si at vann direkte fra nedbør eller med tilskudd fra nedbør eller med tilskudd fra vassdrag trenger ned gjennom umettet sone til grunnvannssonen.

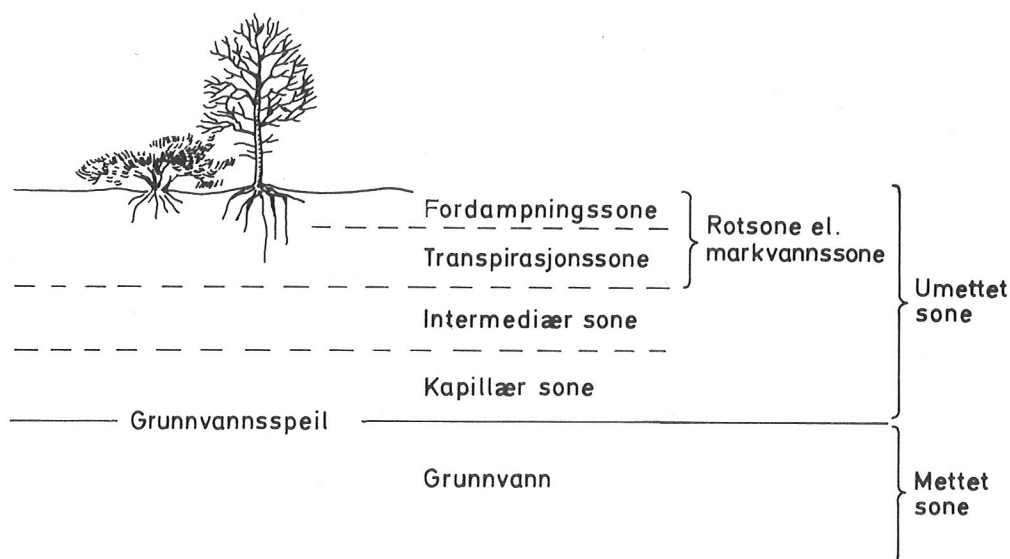


Fig. 3. Alminnelige betegnelser ved inndeling av jordprofil.

Grunnvannsspeilets helling og dyp under jordoverflaten er avhengig av en rekke faktorer knyttet til bl.a. terrengformasjonene, klima, grunnens beskaffenhet, infiltrasjon fra vassdrag o.s.v. I løsmasser hvor det er god forbindelse mellom hulrommene mellom kornene vil det opptre et sammenhengende grunnvannsspeil. I fjell, hvor vannet finnes i sprekker, vil grunnvannsspeilet være brutt av mellomliggende tette fjellpartier, og dypet ned til vannet kan variere fra sprekk til sprekk.

Grunnvannet vil bevege seg fra høyere- til lavere- liggende nivå under påvirkning av tyngdekraften. Bevegelseshastigheten dirigeres først og fremst av forholdet mellom påtrykket (høydeforskjellen) og motstanden (bl.a. friksjon) som ytes av partiklene i avsetningen. I en åpen fjellsprekk vil vannet kunne bevege seg nesten like raskt som i et rør, i en grovkornet løsavsetning noen få meter pr. døgn og i en fin-kornet jordart bare få millimeter pr. døgn.

1.2. Grunnvann i fjell.

Nyttbart grunnvann i fjell i Norge finnes nesten utelukkende i sprekker da volumet av de porer (hulrom) som

finnes vanligvis er svært lite. Større, dyptgående sprekker i fjellet er for en stor del dannet for lang tid tilbake, i perioder da Skandinavia var mer utsatt for jordskorpebevegelser enn i dag. Bergartenes evne til å holde sprekkenes åpne kaller vi kompetanse. En kompetent bergart, f.eks. gneis eller granitt, vil kunne holde sprekker åpne ned til i alle fall 200-300 m's dyp. I inkompetente bergarter f.eks. fyllit - er det derimot sjelden å finne åpne sprekker under 20-30 m's dyp.

Størrelsen av nedbørsfeltet, landskapsformene, samt overdekning som forsinker og utjevner direkte overflateavrenning, er viktige faktorer for en god tilførsel av vann til fjellsprekkenes.

Når man skal bore etter vann i fjell er det viktig å krysse sprekkesonene på riktig dyp (se fig. 4), samt passe på at nedslagsfeltet er tilstrekkelig renslig.

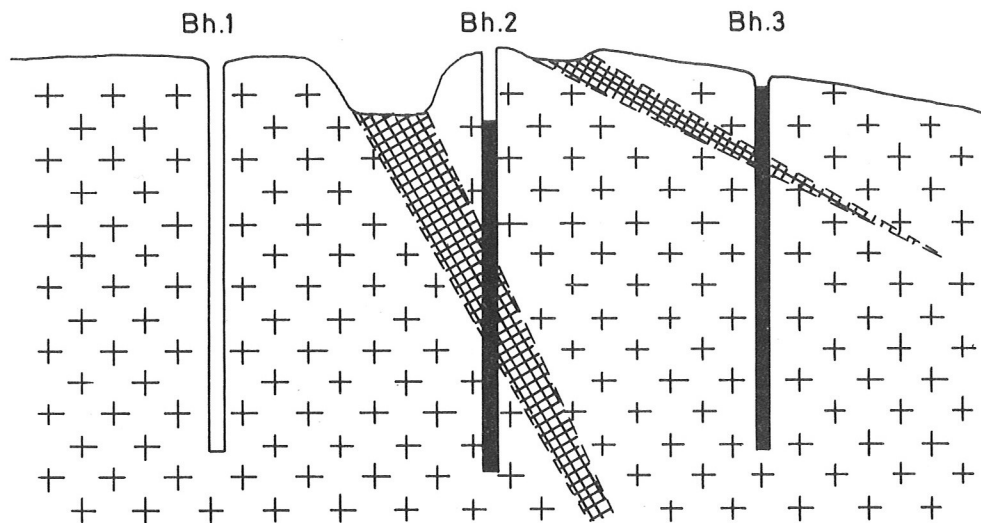


Fig. 4. Grunnvannet blir stående i forskjellige høyder i de ulike sprekkesystemene i fjell. Borhull 1 er tørt, i borhull 2 står grunnvannsspeilet dypt, men magasinet er stort, og i borhull 3 står grunnvannsspeilet høyt, men magasinet i sprekken er lite.

Ved boring etter vann i fjell brukes i dag mest luftdrevne maskiner med både slag og rotasjon. Borhulls-diameter er vanligvis 110 mm, og borhulldyp på mellom 40 og 80 m med vannføring mellom 500 og 2000 liter pr. time (l/t) er alminnelig forekommende. En del steder (f.eks. deler av Sørlandskysten, Vestlandet og Trøndelag) vil 0-500 l/t være vanlig mens det i enkelte lavabergarter (i Vestfold) ofte forekommer mer enn 5000 l/t pr. borhull.

1.3. Grunnvann i løsavsetninger.

Grunnvann i løsmasser forekommer i hulrommene (porene) mellom de partikler løsavsetningene er bygget opp av. Partiklenes form, størrelse, pakning og fordeling er medbestemmende for avsetningenes

- a) porøsitet - et mål for hvor mye vann avsetningen kan inneholde, og
- b) effektiv porøsitet - et mål for hvor mye uttagbart vann avsetningen kan inneholde, og
- c) permeabilitet - et mål for avsetningenes evne til å slippe gjennom vann.

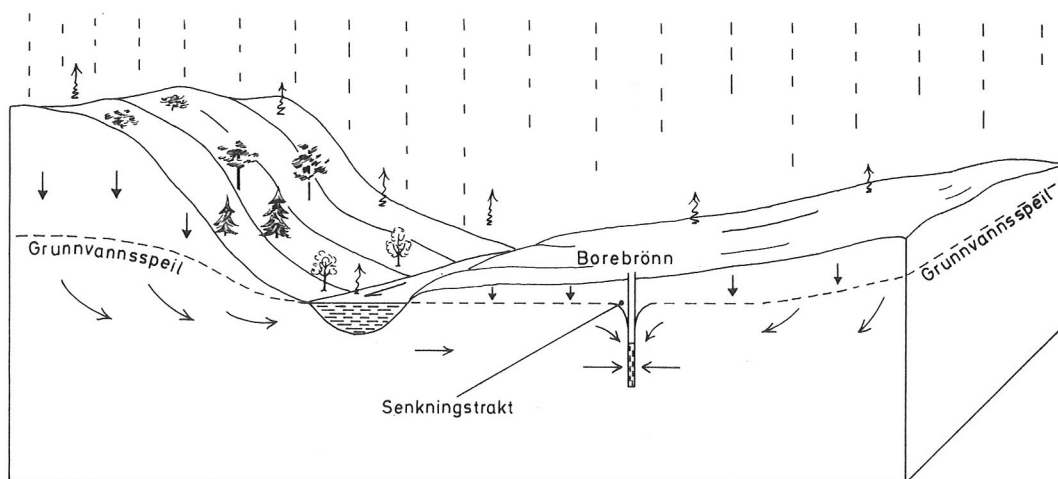
Partiklenes egenskaper er i sin tur betinget av deres geologiske dannelseshistorie. Innlandsisen som dekket største delen av Norge for vel 8000 år siden førte med seg alle kornstørrelser fra leirpartikler til store blokker. Den la materialet usortert fra seg når den smeltet vekk og i disse moreneavsetningene er derfor plassen mellom større korn opptatt av mindre - og dette fører til liten effektiv porøsitet og dårlig permeabilitet.

Gunstig effektiv porøsitet og god permeabilitet finnes først og fremst i avsetninger som er transportert og avsatt ved rennende vann (fluviale avsetninger). En elv har ved en bestemt hastighet og vannføring evne til å transportere materiale opptil en viss kornstørrelse. Avtar hastigheten - f.eks. ved at elva renner ut i en innsjø - får vi en sortering ved at det grove materialet

avsettes først mens finstoffet svever med strømmen videre ut i vannet.

For at en avsetning skal kunne utnytted med permanente grunnvannsuttak må det selvfølgelig kunne dannes nytt grunnvann til erstatning for det som brukes. Vi snakker her om to typer.

- a) selvmatende magasiner - hvor nydannelsen skjer ved nedbøren alene, og
- b) infiltrasjonsmagasiner - hvor grunnvannsstanden kommuniserer med tiliggende vann og vassdrag og nydannelse kan få tilskudd ved infiltrasjon (fig. 5).



||| Nedbør, ~~~~ Total fordunstning, — Avrenning, → Infiltrasjon, —→ Grunnvannsstrømning
Fig. 5. Illustrasjon av infiltrasjonsmagasin.

Som eksempel på et stort selvmatende felt skal nevnes Jessheim-Gardermoen-området, mens infiltrasjonsmagasinene opptrer alminnelig i sentrale dalbunnsfyllinger over hele landet.

Grunnvannsdannelsen kan økes kunstig ved å pumpe overflatevann opp i infiltrasjonsbassenger i egnede løsavsetninger. Dette gjøres en rekke steder i verden som ledd i vannbehandling (rensetiltak) og utnyttelse med økonomiske, sikkerhetsmessige og kapasitetsmessige gevinster.

1.4. Kilder.

- 14 -

Der terrengoverflaten skjærer grunnvannsspeilet vil grunnvann komme frem i dagen og vi får en kilde (ile, olle, oppkomme etc.).

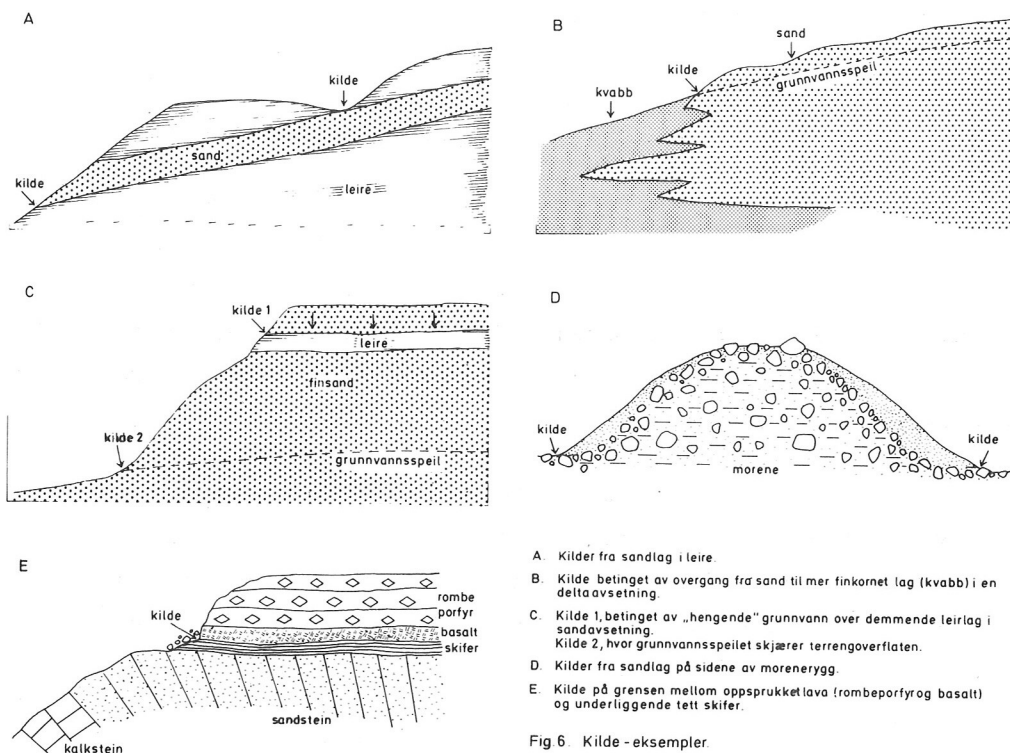
Vi kan inndeke kilder i

- mineralkilder, - som inneholder mer enn 1000 mg oppløste mineralsalter pr. liter,
- termalkilder, - varme kilder, - med temperatur min. 10° høyere enn stedets årsmiddeltemperatur, og
- vanlige kilder, med tilnærmet årskonstant vannføring og jevn temperatur nær stedets årsmiddel.

Som eksempel på mineralkilder kan nevnes Farriskilden ved Larvik, termalkilder er ikke kjent i Norge.

Om man vil nytte kilder til vannforsyning er det viktig å kjenne kapasiteten gjennom hele året. Kildenes kvalitet bør også undersøkes ved kjemiske og bakteriologiske analyser.

I fig. 6, er vist noen eksempler på hvordan kilder opptrer.



- A. Kilder fra sandlag i leire.
B. Kilde betinget av overgang fra sand til mer finkornet lag (kvabb) i en deltaavsetning.
C. Kilde 1, betinget av „hengende“ grunnvann over demmende leirlag i sandavsetning.
Kilde 2, hvor grunnvannsspeilet skjærer terrengoverflaten.
D. Kilder fra sandlag på sidene av morenerygg.
E. Kilde på grensen mellom oppsprukket lava (rombeporfyr og basalt) og underliggende tett skifer.

Fig 6. Kilde - eksempler.

Parameter		Generelle krav	Spesielle krav
<u>Mikrobiologiske</u>			
[E. coli	pr. 100 ml	0	
[Koliforme bakterier	pr. 100 ml	0	
<u>Fysikalske</u>			
Fargetall	mg Pt/l	<15	<5 for fullrenset
Turbiditet	FTU	< 1	<0,5 for hurtig sandfilter
Temperatur	°C	<10	<0,3 for fullrenset
Lukt/smak	-	ingen	
<u>Uorganisk kjemiske</u>			
Aluminium	mg Al/l	-	<0,1 for fullrenset
Ammonium	mg N/l	<0,08	<0,4 for kloramindes
[Arsen	mg As/l	<0,01	
[Bly	mg Pb/l	<0,05	
[Bor	mg B/l	<0,3	
[Fluorid	mg F/l	<1,5	
[Jern	mg Fe/l	<0,2	<0,1 for fullrenset <0,05 for jernreduksjon
[Kadmium	mg Cd/l	<0,005	
Kalsium	mg Ca/l	<35	
Karbondioksyd	mg CO ₂ /l	<5	
Klorid	mg Cl/l	<100	
Kobber	mg Cu/l	<0,05	<1,0 etter 10 timer
[Krom (VI)	mg Cr/l	<0,05	
[Kvikksølv	mg Hg/l	<0,0005	
Magnesium	mg Mg/l	<10	
Mangan	mg Mn/l	<0,1	<0,03 for manganreduksjon
[Nitrat	mg N/l	<2,5	
[Nitritt	mg N/l	<0,05	
[Oksygen, oppløst	% metn.	>70	
[Selen	mg Se/l	<0,01	
[Sink	mg Zn/l	<0,3	<1,0 etter 10 timer
[Sulfat	mg SO ₄ /l	<100	
[Surhetsgrad	pH	8,0-8,5	
[Sølv	mg Ag/l	<0,05	
<u>Organisk kjemiske</u>			
[Cyanid	mg CN/l	<0,01	
Fenoler	mg C ₆ H ₅ OH/l	<0,001	
Ligniner	mg/l	<2	
Mineraloljer	mg/l	<0,001	
Permanganattall	mg KMnO ₄ /l	<15	<10 for fullrenset
Tensider	mg/l	<0,1	
[Pesticider, totalt	mg/l	<0,01	
[Organiske fosfater og klorerte hydrokarboner	mg/l	<0,001	

Tabell 1. Kvalitetskrav til drikkevann (kranvann) (1). (For de kjemiske parametre gjelder kravene totalinnholdet). Hygienisk viktige parametre (stoffer) er merket med klamme [, avmerkningen i tabellen er gjort av oss etter SIFF's tekstanmerkninger.

1.5. Grunnvannets naturlige kvalitet.

Kvalitetskriterier må sees i forhold til brukers ønsker eller krav til vannets egenskaper. Det kan f.eks. stilles andre krav til vaskevann i galvanoteknisk industri enn i et meieri.

Statens institutt for folkehelse (SIFF) har under Helse- direktoratet utarbeidet krav til drikkevann (kranvann) (1), tabell 1, side 15. Kravene kan inndeles i to hovedgrupper:

- a) Hygieniske kvalitetskrav
- b) Bruksmessig viktige krav

Alle vannkilder bør derfor analyseres med hensyn på innhold av visse bakterier (bakteriologisk analyse) og en rekke kjemiske stoffer (kjemisk analyse). Hygieniske kvalitetskrav må anses som absolutte, mens det for enkeltvannforsyninger kan lempes noe i å oppfylle bruksmessige krav.

Grunnvannets kvalitet er et resultat av opptak og avgivelse av stoffer fra omgivelsene. Under hele dannelsesprosessen fra utgangssammensetningen på overflaten gjennom umettet sone og ned i grunnvannssonen, vil det foregå endringer i stoffinnhold, men de største forandringer inntreffer i øverste del av umettet sone (markvannssonen).

Grunnvannet vil vanligvis ha god kvalitet- det vil si at innholdet av de forskjellige stoffene ligger innenfor de grenseverdier som settes i kvalitetskravene. Enkelte stoffer kan imidlertid i bestemte geologiske miljø bli opptatt i uønskete mengder. Grunnvann fra områder med kalkrike jord- eller bergarter vil være hardt. Dette fører til at såpe skummer dårlig og kalsiumkarbonat kan felles som belegg i gryter og på varmeelementer i varmtvannsberedere etc.

Vond lukt, høye innhold av jern og mangan og "dødt" vann

(surstoffmangel) kan forekomme hvor grunnvannet blir stående avstengt i avsetningen.

Fluor er et grunnstoff som kan ha gunstig innvirkning på tannhelsen. Det er naturlig anriket i bergarter i enkelte strøk av landet.

Metallioner som sink, bly, kobber og kadmium er det vanligvis svært små mengder av i grunnvannet, men de kan være lokalt anriket nær malmforekomster. Tungmetallene er som kjent giftige selv i relativt små konsentrasjoner.

Grunnvann har vanligvis underskudd på oksygen og det er gjerne surere enn bruksmessig ønskelig (pH 8,0-8,5) untatt i våre mest kalk-rike bergartsmiljøer (f.eks. Hedmark og Hadeland).

Et godt grunnvann er vanligvis sterilt (bakteriefritt).

1.6. Forurensning av grunnvann.

Forurensning er et svært vidtfavnende begrep. I drikkevannssammenheng kan nevnes:

- a) Sterk gjødsling og utledning av avløpsvann kan tilføre vannkildene uønskete mengder nitrogenholdige forbindelser (f.eks. nitrat) og mikroorganismer (tarmbakterier etc.).
- b) Under uheldige sammentreff mellom grunnforhold, utspredning og klimatiske forhold kan bruk av plantevernmidler (pesticider) forurense vannkildene.
- c) Ved brudd på lagertanker eller transporthavari kan petroleumsprodukter (bensin, oljer etc.) kunne tilføres vannkildene.
- d) Ved uhell kan forurenset industriavløpsvann, avfallsprodukter eller andre industrielle stoffer tilføres vannkildene.

- e) Etter lang tids påvirkning kan sur nedbør føre til endringer i vannforekomstenes egenskaper og sammen-setning. Påvirkningsgraden er imidlertid sterkt avhengig av det geologiske miljø og virkningen langt mer avdempet for grunnvann enn for overflatevannets vedkommende.

Generelt sett er grunnvannsforekomstene bedre beskyttet mot tilfeldige forurensninger enn overflatevann. Beskyttelsen ligger primært i løsmassenes evne til å filtrere, binde til seg, bryte ned og utveksle stoff med det vann som passerer gjennom avsetningen. Lang oppholdstid i umettet sone vil dessuten hindre spredning av forurensningene og avskjære mikroorganismenes nærings-tilgang, samtidig som det gir tid og mulighet til å fjerne tilfeldige forurensninger i løsmasseprofilen før de når ned til grunnvannsspeilet.

Av dette følger at beskyttelsen er spesielt god i områder med tykke, finkornete løsavsetninger i umettet sone, men også vegetasjonsdekke og relativt tynne morenelag gir god beskyttelse i sammenhengende dekke.

Beredskapsvurderinger bør inngå når man vurderer vannkilderalternativer, i den forbindelse minner vi om at radioaktivt nedfall holdes effektivt tilbake i øverste del av jordsmonnet.

B.2. Vannbehov.

2.1. Behovsvurdering og forbruk.

All utbygging krever en analyse av vannbehovet for vurdering av vannkilde og beregning av tekniske tiltak. Som grunnlag for beregningene benyttes begrepet spesifikt vannforbruk. Dette angis i liter pr. person pr. døgn (l/p.d) og fremkommer som vannforbruket i et middeldøgn dividert på antall personer.

Som kjent varierer forbruket også til døgnetts forskjellige tider slik at man har behov for døgnutjevning. For de fleste grunnvannsforsyningsanlegg, f.eks. borebrønner i fjell, hvor man har konstant tilrenning til brønnpunktet og er avhengig av pumpedrift til enhver tid, bør utjevningsbehovet vurderes spesielt grundig.

Forbruket kan inndeles i:

- a) Husholdningsforbruk, herunder også hagevanning og bilvask.
- b) Forbruk til husdyrhold.
- c) Offentlig forbruk - herunder vann til skoler, sykehus, offentlige bad, spyling av gater, vanning av parker og brannslukking.
- d) Industriens forbruk.
- e) Lekkasjer.

2.2. Husholdningsforbruk og forbruk til husdyrhold.

Husholdningsforbruket i norske byer og tettsteder anslås til 100-175 l/p.d. Generelt kan sies at husholdningsforbruket er noe høyere for større tettsteder enn for mindre. Det er imidlertid liten grunn til å anta at husholdningsforbruket på landsbygda i dag er vesentlig lavere enn i tettstedene.

Det er få målinger utført i Norge som kan legges til grunn for en prognose av det fremtidige husholdningsforbruk. Antar vi samme årlige forbruksstigning som Sverige, ca. 2,5 l/p.d, vil vi i år 2000 ha et husholdningsforbruk på ca. 250 l/p.d.

Erfaringsmessig vil enebolig med egen vannforsyning være godt dekket med en vannkilde som yter ca. 100 l/t, mens gårdsbruk krever 100-300 l/t avhengig av husdyrholdets størrelse. Ved god utjevningsskapasitet vil borhullstyelser ned mot halvparten av disse verdiene være tilstrekkelig.

Vannforbruk anslått for husdyrhold fremgår av tabell 2.

	l/døgn
Hest	30-60
Melkeku	45-130
Gris	15
Sau	8
Geit	6
Fjærkre	0,2

Tabell 2. Vannforbruk ved husdyrhold (2).

Maks. vannforbruk i drivhus anslås til å være ca. 3 l/m² d.

Vannforbruker i fritidsbebyggelse er sterkt avhengig av om vannet er lagt inn i hyttene eller ikke. For planleggingsformål antas hytter med full sanitær standard og innlagt vann å ha et spesifikt forbruk som tilsvarer moderne helårsboliger, altså ca. 175 l/p.d. Tilsvarende antas forbruk på opptil 40 l/p.d, for hyttebebyggelse uten innlagt vann.

2.3. Offentlig forbruk.

En oversikt over diverse offentlige forbruk er gitt i tabell 3 side 21. Tallene er veiledende, og det er store variasjoner fra sted til sted.

Det er grunn til å anta at det offentlige forbruk vil stige. Anslås det i dag skjønnsmessig til 70 l/p.d, vil det i år 2000 sannsynligvis være på minst 100 l/p.d.

2.4. Industriens forbruk.

For 44 vannverk på Østlandet foreligger det oppgaver over målt vannleveranse til industrien (3). I middel var det industrielle forbruket i 1966, 196 l/p.d.

Det er grunn til å tro at de rensekravene som nå stilles til industriavløpsvann, i første omgang vil føre til en reduksjon av vannforbruket. Senere vil nok forbruket igjen øke, men det vil neppe overskride 300 l/p.d. i år 2000.

Forbrukssted	Liter/døgn
Skoler pr. elev	50
Sykehus pr. seng	600
Pleiehjem pr. pasient	350
Militærforlegning pr. person	250
Svømmebasseng- fornyelse pr. m ³	100
Campinghytte- teltplass pr. person	100
Brannvann	Ubetydelig på
årsbasis, (men ofte vesentlig for ledningsdimensjonering).	

Tabell 3. Diverse offentlig forbruk.

2.5. Lekkasjer.

Beregninger som er gjort for 96 norske vannverk viser at lekkasjene i middel tilsvarende 21,5 % av totalforbruket. Andre undersøkelser har vist vesentlig høyere lekkasjetap (30-50 %).

Ved intensiv lekkasjesøking og utbedring burde det være mulig å redusere det midlere tapet på ledningsnettet totalt sett til 60 l/p.d. (2).

2.6. Forbruksprognoser.

I tabell 4 er gitt en oversikt over del- totalforbruk. Det presiseres at oppgavene kun må oppfattes som veiledende da det i Norge er foretatt få undersøkelser som kan tjene som basis for antagelsene. (Grunnlagsmaterialet er hovedsakelig hentet fra boken "Vannforsynings-

anlegg) (2).

	I dag l/p.d.	år 2000 l/p.d.
Husholdningsforbruk	175	250
Offentlig forbruk	70	100
Industriens forbruk	200	300
Lekkasjer	120	60
Totalt forbruk	565	710

Tabell 4. Antatte verdier for delforbruk nå og i år 2000. Totalforbruket refererer til forbruk i tettsteder.

B.3. Grunnvannsundersøkelser.

3.1. Innsamling av bakgrunnsmateriale.

En grunnvannsundersøkelse starter med et studium av de opplysninger som måtte foreligge om det aktuelle område.

Det er i første rekke geologiske kart som gir oversikt over de avsetningstyper (f.eks. morene, glasifluviale, og fluviale avsetninger) som finnes i området.

Flybilledestudier er også en viktig del av forarbeidet. Bildene finnes vanligvis i målestokk 1:ca. 30 000 eller 1:ca. 15 000 og bør gi stereoskopisk dekning. Sammenholdt med evt. økonomisk kartverk i 1:5 000 og NGO's kartblad i serien AMS 711, 1:50 000 vil man få den nødvendige topografiske og geografiske oversikt i tillegg til opplysninger om geologien.

Videre samles og vurderes de opplysninger som foreligger i publikasjoner, Vannboringsarkivet, rapporter og dagbøker fra tidligere feltarbeider i området.

Meteorologiske oppgaver for området innhentes.

3.2. Oversiktsbefaring.

Etter studium av bakgrunns materialet foretas befarings- og undersøkelser av området. Avgrensninger av aktuelle undersøkelses- og områder gjøres etter hydrogeologiske vurderinger kombinert med områdehygieniske og tekniske vurderinger.

Oversiktsbefaringen er et meget viktig ledd i undersøkelsesprosedyren idet den i de aller fleste tilfelle vil klargjøre om det har hensikt å fortsette undersøkelsene samt hvilke tiltak som bør igangsettes.

3.3. Geofysiske målinger.

I enkelte tilfelle (i store avsetninger uten eller med få data om dypere snitt) kan geofysiske metoder tas i bruk for å finne frem til det gunstigste område for nærmere undersøkelser. Slike undersøkelser kan være aktuelle også etter at sonderboringer og undersøkelsesbrønner er utført på punkter i feltet.

3.3.1. Seismiske undersøkelser.

Impulsene fra en sprengladning (eller et kraftig slag) forplanter seg med ulik hastighet i ulike jord- og bergarter. Ved å plassere lyttetasjoner (geofoner) i visse avstander fra skuddpunkter på en profillinje kan bølgenes hastighet bestemmes. Impulsene omsettes og registreres på en film (seismogram) som fremkalles i feltet.

Seismiske undersøkelser gir vanligvis opplysninger om dypet til grunnvannsspeilet og dyp til fjell, men bør absolutt sammenholdes med boringsresultater. Eventuelle strukturer i berggrunnen (sprekkesoner etc.) vil også komme frem ved tolkning av seismogrammene.

3.3.2. Elektriske undersøkelser.

Metoden er basert på elektriske motstandsmålinger og man forutsetter en sammenheng (riktignok indirekte) mellom kornstørrelse og motstand i de forskjellige lag

i avsetningen. Ved å tilføre en kjent strømstyrke og ved å variere avstanden mellom elektrodene kan motstanden beregnes. Metoden forutsetter plan-parallelle lag i avsetningen. Kombinert med korrelasjonsboringer og god kunnskap om de geologiske forhold kan man danne seg et bilde av evt. lagfølge, lagmektigheter, dyp til grunnvannsspeil og dyp til fjell.

3.4. Sonderboringer.

Når undersøkelsesområdet er fastlagt tas det ut punkter for sondering. Sondering innebærer at man med slagbor-maskin slår ned stenger av 1 m's lengde som skrus sammen etterhvert. Ved sonderingen kan man få opplysninger om løsmassenes karakter, dyp til eventuelle skiftinger i lagfølge nedover i avsetningen, dyp til fjell og grunnvannsspeil.

3.5. Undersøkelsesbrønner.

Undersøkelsesbrønn anlegges i et eller flere punkter der sonderingene har gitt indikasjoner på muligheter for uttak av grunnvann. Dette er en enkel og billig undersøkelse ettersom brønnen består av et filter (vanligvis en sandspiss, d.v.s. et perforert rør på ca. 1 m's lengde) som slås ned i avsetningen med slagbor-maskin og forlenges ved å skru på rørlengder (vanligvis 2 m) etterhvert. Normalt benyttes 5/4" sandspiss og rør i undersøkelsesbrønnene. Om vannbehovet er relativt lite, opptil ca. 200 l/min kan undersøkelsen utføres med 2"- sandspiss og rør, som senere kan benyttes som produksjonsbrønn om undersøkelsen gir positivt resultat.

3.6. Prøvetaking og analyser.

Undersøkelsesbrønnen slås ned for å ta ut sand- og vannprøver fra avsetningen samt prøvepumpe for kapasitetsvurdering.

Massen kan spyles opp med vann, blåses opp med trykkluft eller pumpes opp med slampumpe.

For å oppnå representative prøver bør vannprøvene pumpes ut. Av dette følger at avstanden fra overflaten ned til grunnvannsspeilet ikke må overstige praktisk sugedyde-ca. 7,5 m.

Prøvetakingene gjøres med jevne mellomrom (vanligvis 1-2 m) nedover i profilet for å studere eventuelle variasjoner i løsmassenes sammensetning og endringer i vannets kjemi. Samtidig med prøvetakingene måles den vannmengde pr. tidsenhet som pumpes ut på de forskjellige dyp.

Sandprøvene analyseres med hensyn på kornstørrelse og kornenes fordeling (kornfordelingsdiagram) mens vannprøvene går til kjemisk analyse.

De oppnådde vannmengder, kornfordelingsanalysene og de kjemiske analysene danner grunnlaget for vurdering av en eventuell produksjon, anbefaling om brønntype, dimensjon, filtertype, filterlengde, filterplassering, slisseåpning og forventet kapasitet. Man får også gode opplysninger om hvilken råvannskvalitet (kjemisk) som kan ventes.

3.7. Prøvepumper.

For større vannforsyninger kan det være aktuelt å foreta videre undersøkelser ved prøvepumper. Disse bør foretas på brønner som er dimensjonert for den fremtidige produksjon. Prøvepumpene utføres for to formål:

3.7.1. Vurdering av kvalitetsendringer.

Brønnen pumpes med maksimalt uttak og vannprøver for kjemiske og bakteriologiske analyser tas programmessig over en nærmere fastlagt tidsperiode (vanligvis et år).

Eventuelle vannbehandlingstiltak (f.eks. avherding, lufting, jernfelling, pH-justering, klorering) for å bringe vannkvaliteten i overensstemmelse med Helse- direktoratets forslag til kvalitetskrav for drikkevann