

Hydrogeologiske forhold ved valg av jordresipient for avløpsvann

Av Simen Ensby

Simen Ensby er leder for Service- og oppdragsavdelingen ved Styringsutvalget for jordforskning.

I de siste 5—10 årene er det vist en økende interesse for å nytte stedegne, naturlige løsmasser som rensedium og resipient for slamavskilt husholdningskloakk og sigevann fra avfalls- og slamdeponier. Infiltrasjon er blitt akseptert som en metode for begrensnig av forureningsbelastningen på overflateresipienter.

Jordresipientenes effektivitet avhenger av mange faktorer, men de viktigste er:

- a) Vannets oppholdstid i løsmassene
- b) Løsmassenes kjemiske miljø
- c) Det infiltrerte vannets mengde og sammensetning.

Resipientområdenes egnethet kan avgjøres på grunnlag av hydrologiske feltundersøkelser og relativt enkle laboratoriebestemmelser og beregninger. De viktigste hydrogeologiske forholdene er:

- a) Jordartenes permeabilitet
- b) Den umettede sonens mektighet, utstrekning og grad av lagdeling
- c) Grunnvannets strømnings- og potensialforhold.

Artikkelen presenterer aktuelle fremgangsmåter for bestemmelse av disse forholdene ved infiltrasjon av avløpsvann.

GRENSEBETINGELSER

Et resipientområde må innfri visse hydrogeologiske grensebetingelser før detaljerte feltundersøkelser og beregninger kan igangsettes. Følgende forhold må avklares:

- a) Løsmassenes dannelsesmåte for foreløpig vurdering av infiltrasjonskapasiteten.
- b) Topografiske forhold som gir begrensninger i høyeste akseptable grunnvannstand.
- c) Horisontale og vertikale inhomogeniteter i løsmassene som kan medføre markerte endringer i permeabilitet og utnyttbart jordvolum.
- d) Eventuelle grunnvannsutttak via brønner eller grunnvannstilførsel fra regulerte vassdrag som kan påvirke grunnvannstandens naturlige fluktasjonsmønster.
- e) Forekomster av positive og negative hydrologiske grenser som utvider eller avgrenser influensområdet.

Styringsutvalget for jordforskning har de siste 3 årene undersøkt et stort antall naturlige løsavsetninger med tanke på infiltrasjon av fra 5 til 70 m³ slamavskilt

råkloakk pr. døgn. Av 46 undersøkte lokaliteter var a og b de mest vanlige grensebetingelsene.

TOPOGRAFISKE FORHOLD

De topografiske forholdene er avgjørende både for utformingen av infiltrasjonsanleggene og for resipientenes hydrauliske kapasitet. Breelv- og elveavsetningene har, med unntak av rullesteinsåsene, tilnærmet horisontale overflater. I moreneområdene kan helningsforholdene variere mye både lokaltopografisk og regionalt. I mange tilfeller er mektigheten også svært begrenset slik at infiltrasjon i bratte dalsider bør unngås hvis uønsket grunnvannsutslag er en grensebetingelse.

DEN UMETTEDE SONEN

Når det infiltrerte vannet perkulerer gjennom den umettede sonen skjer det en lang rekke reaksjoner som bevirker nedbrytning, binding, oppløsning og nøytralisering av forureningssementene. Rent hydraulisk tjener sonen både som transportmedium og magasin. For jordens renseevne er vannets oppholdstid i den umettede sonen av stor betydning. Samtidig må den effektive magasineringssevnen være tilstrekkelig for å unngå vannoppstuvning.

Sonens vertikale og horisontale begrensninger er viktige å kjenne — om dette er lite permeable lag, grunnvann, overflatevann eller fjell. Sonens magasineringsegenskaper bestemmes på grunnlag av grensebetingelsene, grad av lagdeling, permeabilitet og effektiv porøsitet. Begrensningene bestemmes direkte i felt ved sjaktninger, boringer, i veiskjæringer, kildeutspring o.l. Permeabilitet og effektiv porøsitet bestemmes utfra korngraderingskurver og permeabilitetstesting av masse-

prøver fra representative lokaliteter og nivåer.

Ved vurdering av den umettede sonens permeabilitet må en bygge beregningene på situasjoner analoge til strømning innen grunnvannssonen (mettet strømning).

Under mettet strømning kan permeabilitetskoeffisienten (k) bestemmes på grunnlag av kordgraderingskurver etter Hazens formel $k = d_{10}^2 \cdot 10^2$ (d_{10} er største kornstørrelse for partikler som utgjør de minste 10% av en masseprøve).

Darcy's lov, $v = k \cdot i$ (v = brutto strømningshastighet, k = permeabilitetskoeffisienten og i = den hydrauliske gradient) utgjør det matematiske beregningsfundamentet. Beregningsmåten medfører at den funne oppholdstiden vil være mindre enn den reelle.

I godt sorterte jordarter kan magasin-kapasiteten bestemmes utfra effektiv porøsitet. Beregninger etter Richter og Limich (1975) sammenholdt med data fra våre oppdrag har vist at porøsiteten kan bestemmes relativt nøyaktig på grunnlag av permeabilitetskoeffisienten. Dataene viser at verdiene ligger lavere enn de en ofte finner i litteraturen. Det er ikke påvist normallagrede avsetninger med høyere effektiv porøsitet enn 21%.

Strømningshastigheten og den effektive porøsiteten må korrigeres for løsmassenes lagringsfasthet. Spesielt i morene og breelvavsett materiale kan lagringsfasthet påvirke strømning- og magasineringssevnen.

Lagringsfastheten må bestemmes ved kvalifisert skjønn i felt. Kombinasjonen av data om løsmassenes lagringsfasthet og sortering kan uttrykkes i en korreksjonsfaktor som trekkes inn i Hazens formel for beregning av permeabilitetskoeffisienten. Faktoren kan variere fra 1,5 i godt sorterte, løst lagrede avsetninger til 0,5

i dårlig sorterte avsetninger med stor lagringsfasthet. (Langguth og Voigt, 1980).

Av de 46 undersøkte resipientområdene hadde 36% av moreneavsetningene stor lagringsfasthet, 55% middels og 9% liten lagringsfasthet. De tilsvarende tallene for brelvavsetninger var 0, 13 og 87%.

OVERGANGSSONEN

Lav horisontal permeabilitet, liten mektighet på grunnvannssonen og store naturlige fluktuasjoner i grunnvannstanden kan begrense mulighetene for infiltrasjon i ellers godt egnede avsetninger. Det infiltrerte vannet kan forårsake heving av grunnvannspeilet med uønsket vannutslag eller oversvømmet avløpsanlegg som resultat. Redusert mektighet på den umettede sonen gir lavere renseseffekt i resipienten. Grunnvannstandens naturlige fluktasjonsmønster avgjør infiltrasjonsstedets egnethet da den bestemmer overgangssonens utbredelse og den hydrauliske gradienten. Grunnvannstanden viser et regelmessig fluktasjonsmønster, for infiltrasjonsmagasin er mønsteret avhengig av vassdragenes vannføring og i selvmatende reservoarer de stedlige avsmeltnings- og nedbørforholdene avgjørende i tillegg til hvor i nedbørfeltet en observasjon blir gjort (inn-/utstrømningsområder).

De hydrauliske betraktningene kan gjøres på grunnlag av hydrogeologiske data både fra grunnvannssonen og den umettede sonen. Kjenner en grensebetingelsene, høyeste gradient, nedbørfordeling samt naturlig grunnvannstrømning pr. tidsenhet, kan tilført vannmengde settes opp mot de kapasitetsberegningene som blir utført for grunnvannssonen. Overstiger den tilførte vannmengden sonenes hydrauliske kapasitet vil en få oppstuvning. Opp-

stuvningen effektueres av høy frekvens av lite permeable lag i vertikalprofilen og negative hydrologiske grenser.

GRUNNVANSSONEN

Sjelden eller aldri vil et infiltrasjonsanlegg fungere optimalt med total nedbrytning og tilbakeholdelse av forureningskomponenter i den umettede sonen. Delvis rensed avløpsvann vil derfor nå den vannmettede sonen og transporteres med grunnvannsstrømmen (konveksjon). Under strømmingen vil det skje en fortykning og ytterligere binding av forureningsstoffene til jordpartiklene. Graden av binding avhenger av transporthastigheten. Ved de praktiske resipientundersøkelsene er de viktigste opplysningene om grunnvannsreservoaret knyttet til data om reservoartype, permeabilitets-, og strømnings- og potensialforholdene.

Strømning kan bestemmes som bruttohastighet, nettohastighet og punkthastighet. Ved praktiske undersøkelser nyttes bruttohastighet som matematisk uttrykk sammenhengende mellom hastighet, løsmasseegenskaper og grunnvannsgradient (laminær strømning). Bruttohastigheten defineres som grunnvannsstrømmen gjennom et tverrsnittsareal bestående både av porer og partikler. Løsmassenes tekstur knyttes derfor til både permeabilitet og effektiv porøsitet også i grunnvannssonen. I moreneområder og finkornige jordarter kan grunnvannssonens hydrauliske forhold bestemme infiltrasjonshastigheten. Oppstuvning og høyning av grunnvannspeilet effektueres av grunnvannssonens begrensning.

Transmissiviteten (T) er den viktigste parameteren ved grunnvannsundersøkelser. Parameteren beregnes etter formelen $T = k \cdot M$ (M er det vannførende lags mektighet) og kombinerer data om hyd-

raulisk gradient, permeabilitet og mektighet. Transmissiviteten defineres som den vannmengde som pr. tidsenhet strømmer gjennom et 1 m bredt vertikalt tverrsnitt av det vannførende lag under en hydraulisk gradient på 1. Summert over hele reservoarbredden vil derfor den totale gjennomstrømningsmengden kunne bestemmes. Beregningsmåten kan ved endel øvelse også overføres til en total resipientbetraktning.

Grunnvannsreservoarenes hydrauliske parametre bestemmes best ved prøvepumping. I moreneområder er dette vanskelig gjennomførbart, men i breelv- og elveavsetninger kan prosedyren med fordel nyttes enten som fullskala prosedyre eller som spesifikk pumping. Transmissivitets- og magasinkoeffisienten kan beregnes på grunnlag av grunnvannstandsenkninger som funksjon av tiden og/eller avstanden fra pumpestedet (brønn) samt utgått vannmengde. I homogene avsetninger kan dataene fra slike undersøkelser også nyttes for den umettede sonen.

Transmissiviteten beregnes etter formelen

$$T = \frac{0,3665 \cdot Q}{2 \cdot \pi \cdot \Delta S}$$

(Q = utpumpet vannmengde pr. tidsenhet og ΔS er grunnvannstandsenkningen over en dekade når senkningsdata plottes mot observasjonsbrønnenes avstand

fra pumpebrønn i semi-logaritmisk papir) (Andersen og Haman, 1970). Kombineres de to beregningsmåtene for T kan en få en god kontroll av de fremkomne data og dette kan danne grunnlaget for beregning av mektighet og/eller brutto strømningshastighet.

Den hydrauliske gradienten inngår i alle bestemmelser av hydrauliske parametre, strømningshastighet og -retning. Definert grunnvannspeil må høydebestemmes på minst 3 lokaliteter, i gravde sjakter, observasjonsbrønner eller kilder. Gradienten må sees i sammenheng med tidligere observerte grensebetingelser. Vannspeilets helning kan gi viktige informasjoner om forekomsten av lite permeable lag, demmende fjellterskler og kommunisering med tilliggende vassdrag.

I moreneområder vil lite permeable lag som oftest bestemme gradienten. Spesielt i dalsider finner en gradienter som for terrenget. I andre avsetninger kan slike lag bevirke temporær grunnvannsoppstiving. I avsetninger der grunnvannspeilet fluktuerer med vassdrag kan gradienten være liten (0,5—3%), men strømningshastigheten allikevel stor (trykkavlastning).

Strømningsretningen bestemmes ved konstruksjon av sk. hydrologisk trekant. Retningsbestemmelsene må utføres nøyaktig i resipientområder der infiltrasjonen utgjør en potensiell fare for forurensning av drikkevannskilder.

LITTERATUR

- Andersen, L. J. og Z. Haman, 1970: Nye metoder for prøvepumping af borer og grundvandsreservoarer. København 1970.
 Ensby, S. og J. C. Købler: Kriterier for valg av jordresipient for avløpsvann (in prep.).
 Hydén, H. 1981: PM angående påverkan på grunnvattenstånd vid avloppsinfiltation. Konsept til SNV's avloppsinfiltasjonsgruppe.
 Langguth, H.-R. og R. Voigt, 1980: Hydrogeologische Methoden. Berlin 1980.
 Richter, W. og W. Lillich, 1975: Abriz der Hydrogeologie. Stuttgart 1975.