

LEKT ÍSLENZKRA JARÐEFNA

Freysteinn Sigurðsson og
Jón Ingimarsson
Orkustofnun
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

VATNAFARSEIGINLEIKAR JARÐLAGA

Lekt (permeabilitet)

Vatn getur streymt í jarðlögum eins og t.d. mól í áreyrum, ungum hraunum, sprungnu bergi eða í opnum sprungum. Eiginleiki jarðlagsins / jarðefnisins til að veita vatni er kallaður "lekt" ("permeabilitet"). Vatnið rennur því greiðar, sem "orkubrattinn" ("energi gradient") er meiri sem knýr það. Í köldu grunnvatni er hann nánast samsvarandi þrýstingsfalli eða halla grunnvatnsborðs í straumstefnuna. Seigja vatnsins og eðlisþyngd minnka við hærra hitastig og rennur þá vatnið að sama skapi greiðara. Þessa munar gætir verulega í jarðhitakerfum, en þar gerir eðlisþyngdarmunur og gufulhutfall aflvakakerfin flóknari. Talað hefur verið um "raunlekt" (e.: intrinsic permeability) jarðлага, sem lektareiginleika þess óháð hitastigi vatnsins. Eining hennar er 1 darcy eða 1 mdarcy. Lekt jarðlags fyrir vökva með ákveðna seigju hefur verið kölluð "streymislekt" (e.: hydraulic conductivity). Hún er mæld í m/s eða cm/s, sem er sama eining og fyrir hraða. Streymislektina er stundum hægt að reikna út úr niðurstöðum dæluprófana o.þ.h. Raunlektina er þá hægt að reikna út, ef hiti og seigja vatnsins eru þekkt. Þegar fengist er við kalt vatn, er hitamunur yfirleitt svo lítill, að hann skiftir ekki máli. Þar er því jafnan átt við streymislekt, í m/s.

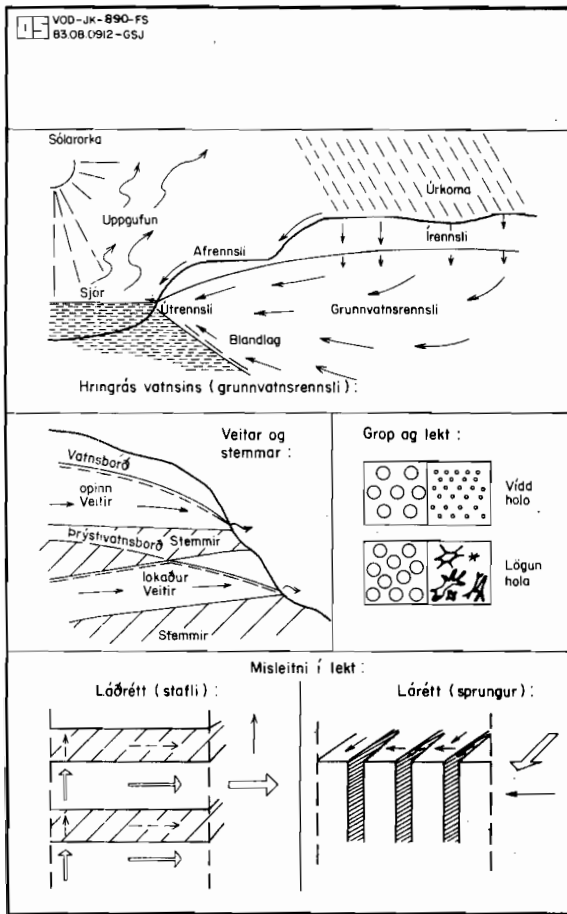
Grop og geymd (porositet, storage)

Vatnið getur einungis runnið í gegnum göt í jarðlaginu og þá þau ein, sem eru samtengd og nógu víð. Blöðrur í basalti eru fæstar tengdar sam-

an og því óvirkar fyrir grunnvatnsstreymið. Sama gildir um holur milli hinna sínu og örfinu korna í leir- og mólulögum. Þau eru svo þröng, að viðloðun vatnsins við holuveggina hindrar rennslið um þær, stundum fullkomlega. Hlutfall holrýmis (holur, glufur, blöðrur o.s.frv.) í jarðlaginu er kallað "grop" ("porositet"), en sá hluti þess, sem grunnvatnið getur runnið um, er kallaður "virkt grop". Grop er mjög mikið í leir, um eða yfir 50 %. Virkt grop getur hins vegar verið sáralítið í honum og lekt nánast hverfandi. Grop í blöðróttu basalti getur verið umtalsvert, 10 - 20 %, þó engin samtengd göt séu í því, nema glufur milli stuðla. Það er því ekkert beint samband milli grops og lektar, en þessa misskilnings hefur víða gætt og gætir enn.

Tæma má vatn úr hinum virka gropuhluta jarðlagsins. Virkt grop er því viss mælikvarði á miðlunarhæfni þess, eða "geymd" ("storage"). Hún er einfaldlega hlutfall af heildarrými jarðlagsins og tjáð í tölum eða prósentum (t.d. 0,15 eða 15 %). Lekt og geymd eru helztu vatnafarseiginleikar jarðлага. Vel lek jarðlög, sem flutt geta mikið vatn, eru kölluð "veitar" ("aquifer"), en þétt jarðlög, sem hindra jarðvatnsrennsli, eru kölluð "stemmar" ("aquiclude"). Í jarðlagastafla, þar sem á skiftast lek og þétt jarðlög, eins og í basalhraunastafla, getur lektin eftir veitunum verið margfalt meiri en þvert á þá, í gegnum stemmana. Þetta veldur "misleitni" ("anisotropi"), þar sem lekt er mikil í fleti jarðlagafatarins en lítil lóðrétt á hann. Misleitni getur einnig orðið vegna jarðlagaskipanar, t.d. þar sem samsíða móbergshryggir eru grafnir í hraunastafla. Ekki sít valda þó sprunguskarar misleitni í jörðu. Lekt-

in er þá miklu meiri í meginstefnu sprungnanna, heldur en þvert á hana.



MYND 1. Vatnajarðfræði. Skýringarmynd (Freysteinn Sigurðsson 1985).

Leiðni (transmissivitet)

Yfirleitt er það grunnvatnsstreymið, sem áhuginn er á, hvort sem það er vegna náttúrulegs streymis eða vegna dælingar úr borholu. Það er ekki einungis háð lektinni (í m/s) og orkubrattanum (t.d. tjáð sem vatnshalli: hæð / lengd, þ.e. m/m) heldur einnig vídd veitisins, sem lýsa má með flatarmáli sniðs þvert á strauminn (í m²). Rennslíð er tjáð í l/s eða m³/s, sem er margfeldi af rennslishraða (m/s) og þversniðsflatarmáli (m²).

Vatn er sjaldan tekið úr öllu þversniði veitis. Oft er boruð hola niður í eða gegnum veitinn. Úrdæling verkar þá í gegnum allan veitinn, en áhrif hennar þverra óðum, þegar fjær dregur í óravíddir hans í lárétta stefnu. Þykkt veitisins hefur því bein áhrif á afköst borholunnar en útbreiðsla hans oftast en hitt ekki. Vatnsgæfni borholunnar er þá háð jarðlagseiginleika, sem kallaður hefur verið "leiðni" eða "vatnsleiðni" ("transmissivitet") og er margfeldi af þykkt veitis og lekt (í m²/s). Þetta er sú stærð, sem hægt er að reikna beint út úr dæluþrófunum. Lektina (streymislekt, í m/s) er svo hægt að reikna út úr leiðninni, ef þykkt veitisins er þekkt og raunlektina (í darcy), ef eiginleikar vatnsins (hiti, seigja, eðlisþyngd) eru þekktir.

LEKTARFLOKKUN JARÐLAGA

Vatnajarðfræði og jarðlagaflokkun

Jarðlög geta verið ákaflega margbreytileg með tilliti til lektar eða geymdar. Flokkun þeirra og útbreiðsla með tilliti til þessarra eiginleika getur því verið verulega frábrugðin annarri jarðfræðilegri flokkun, t.d. jarðsögulegri eða bergfræðilegri. Jarðlag frá árkvartertíma t.d. getur verið þétt jökulberg, óummyndað og lekt grágrýti eða jarðhitaumyndað og þétt basalthraun. Þétt og ósprungið bergstál í hrauni hefur allt aðra lekt en opið og gropið gjallagið á botni þess eða yfirborði, þó hvort tveggja sé bergfræðilega flokkað sem t.d. andesít. Lekt getur verið verulega mismunandi frá einum stað til annars í t.d. áreyrum eða malarhjöllum. Í reynd er yfirleitt verið að leita að lekt einhvers afmarkaðs rýmis í jörðu, sem þá getur verið samsett úr mislekum jarðlögum. Eins er hitt algengt, að fleiri en eins jarðlags gæti við dæluþrófanir og annað lektarmat. Loks eru jarðlög oft dregin saman í syrpur eða myndanir í þeim jarðfræðilegum upplýsingum, sem fyrir liggja. Þær eru einnig samsettar úr misvel lekum jarðlögum. Lektarmat fæst því oftast en hitt við samsetta lekt.

Grop, glufur og sprungur

Setlög (möl, sandur o.s.frv.) eru samsett úr kornum eða bergbrotum. Göt eru á milli kornanna, sem vatn getur runnið um. Harðni setlöginn í

setberg eru eftir sem áður holur á milli kornanna. Sama gildir um ýmsa "hami" ("facies") af móbergi, eins og túff og þursaberg; þau eru samsett úr bergbrotum og göt á milli molanna. Þessi jarðlög eru öll gropin, grop oft 10 - 50 %. Stuðlar og kólfar í hraunum eru þéttir, þó að grop geti verið nokkuð í blöðrum í þeim. Þar hefur vatnið helzt rásir um glufurnar á milli kólfanna. Virkt grop og geymd er lítil í slíkum jarðlögum, sennilega oft 1 - 10 %. Útfellingar og ummyndunarsteindir fylla að meira og minna leyti upp í grop og glufur, ef jarðlög hafa orðið fyrir jarðhitaáhrifum við að grafast djúpt í jörð eða jarðhitarásir hafa legið um þau. Sprungur, tengdar "höggun" ("tektonik"), geta aukið lekt jarðarinnar verulega. Í sjálfu sér breyta þær ekki lekt jarðefnanna / jarðlaganna, en áhrifa þeirra gætir í hinni samsettu lekt, sem er mæld eða metin.

Lekt setlaga

Því stærri, sem kornin eru í setinu, því stærri eru götin á milli þeirra. Komi hins vegar fyrir mikið af fínni kornastærðum í setinu, þá geta þau korn fyllt gjörsamlega upp í götin á milli stóru kornanna. Almennt er nokkur fylgni með mati á seti sem "grófu" eða "fínu" og lekt þess. Hnullungamöl er miklu lekari en fínn sandur. Flokkun við fyrstu sýn fer oft eftir þeim stóru kornastærðum, sem mest ber á. Dæmi um þetta er árset frá dragám og öðrum flóðavötnum. Í seti við gilkafta úir oft og grúir af hnullungum og grjóti. Þetta set hefur hins vegar oft sett til í belg og biðu, þegar ána þraut örendið, þar sem úr vatnshalla dró. Innan um grjótið er þá mól, sandur, mold og "leir", og öllu þvælt saman. Lekt þessa sets getur verið ótrúlega lítil. Fjörusandur er hins vegar oft nærri því einkorna, kornastærðin er sett þar til sem hæfir afli sjávar. Hann er oft hriplekur og áflæðið hverfur næstum jafnarðan ofan í hann.

Lekast er það set, þar sem kornin eru gróf og dreifing kornastærðar lítil. Slíku er einkum til að dreifa í vatnsskoluðu og vatnsbornu seti, þar sem jafnvægi hefur skapast milli kornastærðar og aflrænna aðstæðna. Malarkambar við sjó hafa oft mikla lekt. Sama gildir um malarfjörur við sjó. Fínt set, eins og méla ("silt"), sem sett hefur til neðan-

sjávar í kyrrð og ró, getur verið ákaflega þétt. Slíkt set er uppistaðan í mörgum malarhjöllum á láglandi, sem margur hefur rennt hýru auga til sem vatnsgjafa, þó lek jarðlög í þeim sé einungis malarþekjuhjómið, sem breiðir sig yfir þá. Svona lög eru í reynd stemmar. Vatn getur runnið um sprungur í þeim, hvort sem er á skilflötum eða setningarsprungum. Þau stemma oft upp vatn bak við sig og því getur verið vætl um sprungurnar löngum stundum, þó að jarðlagið sé þétt. Svipað gildir um mélu- eða leirríkan jökulruðning (og jökulberg), Vegna þess að hann er stemmir, getur verið vætl út um sprungur í honum, þó að hann sjálfur hafi hvorki lekt né geymd svo nokkru nemi.

Áreyrar eru einna útbreiddastar vatnsgæfra seta hérlendis. Jökulvötn bera með sér óhemju af seti, en oft er það mjög sandríkt. Lekt þess er því oft fremur lítil. Dragár hrúga fram seti í flóðum og fylla margan dalbotninn. Í því seti minnkar kornastærð yfirleitt eftir því, sem neðar dregur með ánum. Lektin minnkar þá einnig. Hins vegar dregur oft einnig úr kornastærðardreifingu niður með ánum, a.m.k. fyrst eftir að þær koma niður á jafnsléttu. Samspil stærðar korna og dreifingu stærðar valda því, hvar setið er lekast.

Lekt móbergs

Móberg getur verið í ákaflega mismunandi myndum eða hömum (facies). Kubbaberg er vatnajarðfræðilega líkast hraunstáli. Geymdin er lítil og rennsli vatns um glufur milli kólfanna. Lekt getur þó verið veruleg, ef glufurnar eru nógu vel opnar. Svipað er um bólstraberg, einkum ef það er hreint og laust við glerbrotamassa. Í því eru auk þess göt milli bólstrastuðla, milli "laukblaðalaga" í bólstrunum og á milli bólstranna. Bólstraberg getur verið mjög lekt, þegar það er hreint. Ört dregur úr lektinni um leið og meira verður um fínkorna og samrunninn glerbrotamassa á milli bólstranna og inni í þeim. Þannig bólstrabergi svipar til þursabergs um lekt og geymd. "Túff" er nú hérlendis almennt kallað móberg það, sem hefur korn af sand- eða fínmalar stærð sem uppistöðu í "fyllinni" ("matrix"). Lekt getur verið talsverð í því ef það er einkorna og óummyndað. Hitt er þó sýnu

algengara, að gropur ("porur") séu þröngar í því eða jafnvel meira og minna lokaðar af ummyndun. Túff er því yfirleitt frekar lítið lekt.

Samanlagt yfirborð í gropum móbergsins er mikið og bergglerið, sem er aðalefni þess, óstöðugt sem efnisástand. Móberg ummyndast því mjög auðveldlega. Það þéttist því furðu fljótt með aldri, við gröft í meira dýpi, og meiri hita, við upphleðslu og fyrir áhrif jarðhita. Hins vegar er í því mikið um skil- og skriðfleti, auk þess sem það er oft stökkt. Það springur því auðveldlega og við það geta myndast vatnsrásir í móberginu. Eins veldur margbreytileiki þess, að mikið er um lagmót og aðrar misfellur í því, sem einnig geta verkað sem vatnsrásir. Í jarðlagastafla eru móbergslög eða setlög iðulega rök að sjá, en hraunlög þurr. Tvennt veldur þessu einkum: Vatn seytlar úr lekari hraunlögum niður yfir þéttari millilögum; lek hraunlög eru tæmd af vatni en treg lekt og mikil geymd millilaganna veldur því, að lengur seytlar úr þeim.

Lekt basalhrauna

Basalhraun eru einkennisjarðlag Íslands. Þau mynda gamla, tertíera - árkvartera jarðlagastaflann, þau liggja sem útbreidd grágrýtislög inni á milli móbergsfjalla kvartertímans og teygja sig raunar víða út á eldri jarðmyndanir. Nútíma hraun þekja svo stóran hluta landsins á virku gosbeltunum og teygja strauma sína víða langt niður á jafnsléttu. Hraunin geta verið misjöfn að gerð og útliti, en yfirleitt er þétt og stuðlað hraunstál í miðju þeirra og gjallkargalög í botni þeirra og á yfirborði. Kargalög eru gropin og oft uppbotin af skriði hraunstraumsins. Þau eru því full af vatnsleiðandi götum, enda oft hriplek. Skriðfletir og aðrar misfellur auka á lekt ytri byrða hraunstálsins, en annars er lekt í því einkum um glufurnar milli stuðlanna (kólfanna).

Kargalög ofan á apalhraunum eru oft mannhæð á þykkt. Úr lekt þeirra dregur með tímanum vegna veðrunar, ífoks, írennslis og jarðvegsmyndunar. Botnkarginn er því oft meira lekur þó hann sé oft þynnri en á yfirborði. Á helluhraunum vantar oft kargalagið ofan á. Svipað er um mörg dyngjuhraun (ólívin - þóleítt), en þar kemur á móti beltun í upp-

hleðslu þeirra og framstreymi, sem getur aukið á lekt. Glufurýmið í hraunstálinu er lítið. Fering og ummyndun geta því lokað því að kalla, þar sem basalhraun hafa grafizt djúpt í jörð undir yngri jarðlögum. Tertíera basaltið er því yfirleitt þétt, þó landsvæði séu þekkt, þar sem holufyllingar hafa ekki náð að myndast í því. Það berg er sennilega álíka lekt og algengt grágrýti, en svo eru einkum kallaðar jökulskafnar dyngjuhraunabreiður frá kvartertíma. Lekt grágrýtisins er yfirleitt mikil, þó varla komist það í hálfkvisti við nútíma hraun, sem eru lekustu jarðlög hér á landi, sem eitthvað munar um að magni og útbreiðslu.

Grunnvatnið í þeim flæðir fyrst og fremst eftir kargalögum. Lindir spretta því oft upp undan hraunum eða upp í gegnum hraunbrúnina. Í hraunlagastöflum, ungum sem öldnum, er grunnvatnsstreymið mest í lárétta stefnu eftir kargalögum. Miklu minna rennur eftir hraunstálinu. Rennsli niður í staflann (eða upp) er tregt í gegnum þykk hraunstálin, sem eru þar með ráðandi fyrir rennsli í lóðrétta stefnu. Afleiðingin er mikil misleitni, þar sem lektin er e.t.v. allt að hundraðfalt meiri í lárétta stefnu en í þá lóðréttu. Þetta veldur oft vissri lagskiftingu í jarðvatninu, sem stjórnast af rennslinu í hinum vel leku kargalögum. Í borholum geta þau birzt sem "vatnsæðar". Notkun orðsins "vatnsæð" er frá blóðtökumönnum miðalda. Átt er við, þegar stungið er með bor eða brunni á lekum sprungum, lögum eða lagamótum.

MAT OG MÆLINGAR Á LEKT

Helztu aðferðir

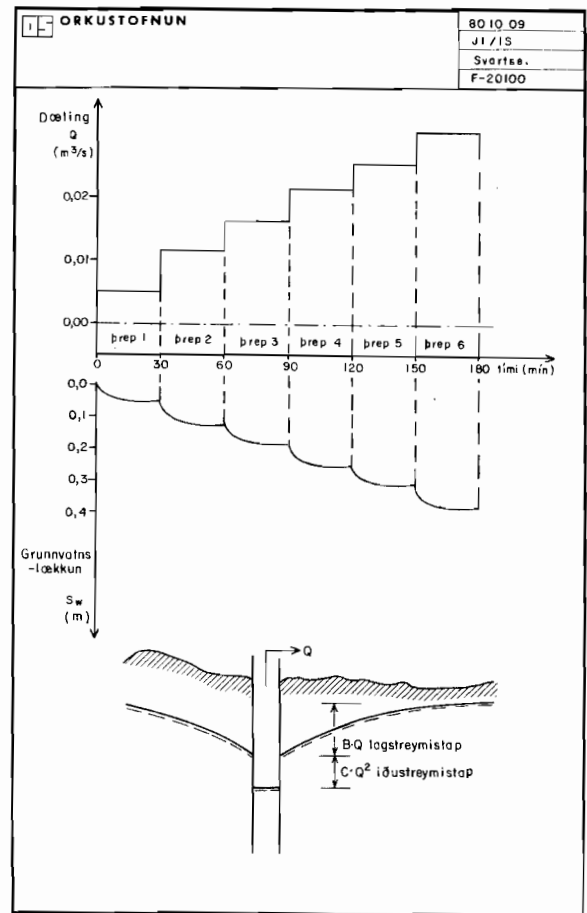
Hægt er að mæla lekt sumra jarðefna á rannsóknarstofum. Þá er tekið viðeigandi sýni og vatn látið streyma í gegnum það. Þetta á einkum við um set og þó fyrst og fremst þau, sem ekki eru alveg hriplek. Lekt jarðlaga við náttúrulegar aðstæður er þó ekki hægt að mæla svona, t.d. lekt í bólstrabergi eða hraunstáli, þar sem lektin stafar af glufum milli kólfa. Mælingar á foldinni byggjast á breytingum í rennsli samfara breytingum á aflvaka rennslisins. Dæling úr borholu veldur breytingu á þrýstingsástandi í grunnvatninu og niðurdrætti um-

hverfis holuna. Jafnframt knýr þessi breyting ákveðið vatnsmagn eða rennsli upp úr holunni. Sambærileg aðferð er að trufla náttúrulegt ástand, t.d. með dælingu í gryfju í jarðlag ofan grunnvatnsborðs, og fylgjast með því hvernig og hversu hratt jafnvægi kemst aftur á. Loks er hægt að reikna fræðilega samband grunnvatnsstreymis, grunnvatnsborðs og leiðni / lektar, t.d. með líkanreikningum. Lektin er mæld svo gott sem beint á rannsóknarstofum, en annars er það leiðnin (transmissivitet), sem er mæld.

Dæluþrófanir

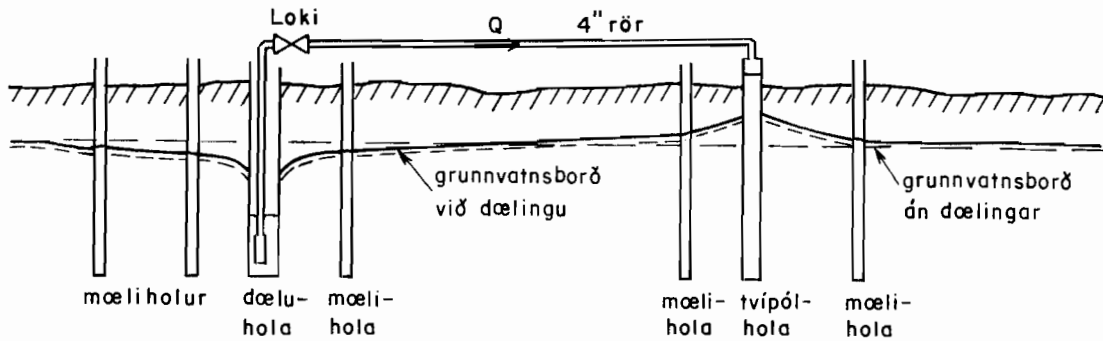
Algengast er að meta lektina (leiðnina) með dælingum úr eða í borholur. Það má gera með ýmsu móti, en úrvinnsla þeirra byggir einkum á tvennu: Annars vegar breytingum á vatnsborði í úr-/idældu holunni sjálfri og hins vegar á áhrifum dælingarinnar á grunnvatnsborðið umhverfis dæluholuna. Vatnsborðsbreyting í dæluholunni er ekki háð jarðlaginu einu, heldur einnig - og ekki síður - frágangi holunnar, áhrifum borunarinnar og áhrifum dælingarinnar. Gert er ráð fyrir því í grunnvatnsfræðunum, að grunnvatnið streymi sem næst í samsíða og samlægum lögum, þ.e. að það sé "laminert". Við aukinn rennslishraða, t.d. vegna snaraukins orkubratta og síþrengds þversniðs við úrdælda borholu, fara að myndast iður og hvirflar í streyminu, þ.e. það verður "turbulent". Við það snardregur úr streymishraða vatnsmassans í straumstefnuna miðað við hraða vatnsgagnanna. Áhrif iðustreymisins verða hverfandi, þegar lengra dregur frá dæluholunni. Við borunina geta gropin og örglufótt jarðlög í veggjum borholunnar þétzt af borsvarfi. Einnig geta sprungur og glufur glennzt upp eða þrýstzt saman vegna hins annarlega þrýstiástands, sem ríkir við borunina. Lekt borholu-veggjanna getur því verið verulega frábrugðin lekt ótruflaðra jarðlaga umhverfis. Frágangur borholunnar, svo sem raufun fóðringar, notkun sigtismal- ar o.fl. getur valdið sambærilegum truflunum. Svona prófanir segja til um afköst borholunnar og leiðbeina um dæluval, fóðringu o.fl. Við þessar prófanir er dæling yfirleitt aukin í þrepum og viðbrögð vatnsborðs borin saman fyrir mismikla dæ-

ingu (þrepadælingar).



MYND 2. Dæluþrófun; þrepadæling - skýringarmynd (Jón Ingimarsson & Jónas Elíasson 1989).

Til að mæla breytingar á grunnvatnsborði umhverfis dæluholuna, verður grunnvatnsborð að vera aðgengilegt, en það er það helzt í þar til gerður mæliholum. Þær er líka hægt að staðsetja þannig, að mælingar nýtist sem best. Þessar prófanir eru miklu áreiðanlegri, hvað varðar lekt jarðlaganna, auk þess sem meta má geymd (virkt grop) út frá þeim. Þær sýna viðbrögð misstörs svæðis, allt eftir því hvað niðurdráttur er mikill og mæling nákvæm. Vel hefur gefizt að dæla upp úr einni



MYND 3. Dæluþrófun; Tvíþólþrófun - skýringar.

holu en ofan í aðra og mæla á milli þeirra (svokölluð tvíþólaðferð). Iðulega þarf að dæla nokkuð lengi, dögum eða jafnvel vikum saman, til að fá nógu nákvæmar niðurstöður, eftir því hver er útbreiðsla veitis, geymd hans eða lekt (langtímaprófanir).

Lekaprófanir

Oft leikur forvitni á lekt ákveðins jarðlags í borholum. Hægt er að loka holunni af, ofan og neðan við jarðlagið (þökkun) og dæla vatni inn í jarðlagið undir auknum þrýstingi. Reikna má lekt í holuveggjunum út frá dældu rennsli og þrýstingi, þó margt geti valdið truflunum við þessa aðgerð og hún sé ekki sérlega ábyggileg (sbr. þrepaðælingar hér að framan). Vatn hripar ákaflega hratt niður í lek jarðlög. Sé lektin lítil, má nota lekahraðann til að meta lektina. Þetta er talsvert gert vegna virkjana og annarra mannvirkja vegna vatnaveitna. Leki niður í jörð, t.d. úr botni uppistöðulóna, er metinn með því að búa til uppistöðu, t.d. með uppýttum görðum, og dæla vatni í unz jafnvægi næst í vatnsborðshæð. Þá lekur úr sem svarar ídælingu. Önnur aðferð er að grafa gryfjur í eða gegnum laus jarðlög, dæla í þær vatni eða úr og fylgjast með vatnsborðsbreytingum, sem segja þá til um útrennsli / írennsli, einkum í lárétta stefnu.

Líkanreikningar

Nota má upplýsingar um grunnvatnsstreymi, grunnvatnsborð og vatnajarðfræðilega gerð veitis

til að reikna lekt hans. Nákvæmastir eru þessir reikningar, þegar gert er reiknilíkan af svæðinu, sem á að samsvara gerð þess með tilliti til leiðni, geymdar, í- og úrennsli, grunnvatnsrennsli og grunnvatnsborðs. Svona reikningar eru auðvitað aldrei betri né nákvæmari en gögn þau, sem þeir byggjast á. Þau eru undantekningarlítið glöppótt, oft ónákvæm og stundum að meira eða minna leyti ágizkun. Svona líkan er einnig alltaf mikil einföldun á raunverulegum aðstæðum. Lektarmat með þessum aðferðum er því jafnan ónákvæmt og getur í vissum tilfellum orðið víðs fjarri sanni. Hins vegar getur það gefið gróft mat á lekt, sem erfitt væri að gera með öðru móti.

Gildi líkanreikninganna liggur fyrst og fremst í því, að upplýsingum um alla helztu áhrifaþætti er safnað saman í einn stað og samstilltar í einu kerfi, þannig að meta má áhrif breytingar á einhverjum þætti, á hvaða stað sem er, á alla hina þættina. Með þessu móti er tryggt, að niðurstöður reikninganna séu í samræmi við allar upplýsingar um vatnasvæðið. Þrátt fyrir alla einföldun og þá óhjákvæmilegu skekkjuvalda, sem því fylgja, þá eru svona líkön fljótverk og traust tæki til að meta áhrif trufluna á náttúrulega hringrás vatnsins, jafnt náttúrulega atburði sem mannglegar aðgerðir.

Náttúrulegar þrýstingsveifur

Náttúrulegir atburðir, eins og jarðskjálftar, loftþrýstingsbreytingar og sjávarföll verka á grunnvatnið og breyta grunnvatnsborði. Dempun og töf

Lekt (m/s)	1	0.1	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Lektin er	Mjög mikil - mikil			Nokkur - lítil			Óveruleg - nánast engin			
Jarðlag	Hrein möl		Hreinn sandur		Fínn sandur, silt			Leir		
	Hraun kargi		Ungt grágrýti		Tertiært basalt			setberg		
	Hraun		basalt		Árkvarter setberg					
	Móberg		bólstraberg b.breksía t.breksía túff							
Aðferð við mat á lekt	Tvíþólprófun			Prepadæling						
	Langtímadæluprófun									
				Með þrýsti- skynjara		Pakkari				
				Gryfjur		Mælingar á óhreyfðum sýnum á tilraunastofu				

MYND 4. Lekt jarðefna og aðferðir við lektarmat.

á sjávarföllum eru háð leiðni og geymd og má því nota mælingar sjávarfalla í borholum í þekktri fjarlægð frá sjó til að meta þessar stærðir. Skyndibreytingar vegna jarðskjálfta eða lægða nýtast best við mat á svokölluðum "lokuðum" ("confined") veitum, sem ekki eru í þrýstijafnvægi við andrúmsloftið.

YFIRLIT UM LEKTARFLOKKUN

Upplýsingar um lekt jarðlaga á þeim grunni, sem að framan greinir, byggjast mest á rannsóknunum og athugunum, sem unnar hafa verið af Orkustofnun og samstarfsaðilum hennar. Þar er einkum um að ræða rannsóknir vegna vatnsaflsvirkjana, jarðhitavinnslu og nytjavatnsöflunar. Einnig er stuðt við upplýsingar um lekt í bergi og seti er-

lendis, þó þær séu ekki alltaf fyllilega sambærilegar af jarðfræðilegum ástæðum. Flokkun sú og mat á lekt, sem hér er dregin saman, er að sjálfsögðu veruleg einföldun á upplýsingasafninu. Hér er einkum miðað við "algeng gildi" á lekt fyrir einstaka jarðlagaflokka, en frávik geta verið mikil og margvísleg. Sama gildir raunar um flokkun jarðlaganna, þar gætir miklu meiri breytileika en hér er sýnt. Þetta yfirlit um flokkun og lektargildi verður því fyrst og fremst að skoðast sem leiðbeinandi en ekki sem algild uppsláttaratriði. Það er ekki hægt að nota þessa samantekt í stað sérstaks lektarmats og/eða mælinga, en það má nota hana til vals á aðferðum, undirbúnings prófunum og til að afla viss yfirlits um líklega lekt og leiðni.

HEIMILDIR

- Árni Hjartarson, Birgir Jónsson, Davíð Egilson, Jón Ingimarsson, Hörður Svavarsson, Snorri Zóphóníasson & Þórólfur H. Hafstað 1983: *Kver með fróðleiksmolum um vatnajarðfræði, dæluþrófun og lektun*. Orkustofnun OS-83022/VOD-12 B. 16 s. viðauki 12 s.
- Árni Hjartarson, Freysteinn Sigurðsson, Þórólfur H. Hafstað 1981: *Vatnsbúskapur Austurlands III. Lokaskýrsla*. Orkustofnun, Reykjavík. (Unnið fyrir Samtök sveitarfélaga á Austurlandi), OS81006/VOD-04. 198 s.
- Árni Hjartarson, Lars Jörgen Andersen, Niels Kelstrup, Jóannes Rasmussen & Wilhelm Struckmeier 1980: *International Hydrogeological Map of Europe*. 1:1.500.000. Explanatory Notes. Sheet B 2 Island. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover; Unesco, Paris. 55 s.
- Freysteinn Sigurðsson 1976: *Straumsvíkursvæði*. Orkustofnun, Reykjavík, (unnið fyrir Íslenska Álfélagið,) OS JKD 7603. 62 s, 24 m.
- Freysteinn Sigurðsson 1985: *Jarðvatn og vatnajarðfræði á utanverðum Reykjanesskaga I: Yfirlitsskýrsla*, 102 s. II-IV: Viðaukar, 186 s. Orkustofnun, Reykjavík. (Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja), OS-85075/VOD-06.
- Freysteinn Sigurðsson 1986: *Hydrogeology and Groundwater on Reykjanes Peninsula*. *Jökull*, 36, s. 11-29.
- Freysteinn Sigurðsson 1987: *Hydrogeology and Geohydrology*. United Nations University, Orkustofnun: Geothermal Training Programme, Reykjavík, Iceland, Report 6, 1987. 28 s. 41 m.
- Freysteinn Sigurðsson & Guttormur Sigbjarnarson 1985: *Groundwater in Iceland*. Paper presented at the Nordic Hydrological Conference, Nyborg, 6.-8. August 1984. Orkustofnun, OS-85038/VOD-02. 13 s.
- Freysteinn Sigurðsson & Kristinn Einarsson 1988: *Groundwater Resources of Iceland. Availability and Demand*. *Jökull*, 38, s. 35-54.
- Guðmundur Kjartansson 1945: *Vatnsfallategundir*. *Náttúrufræðingurinn*, 15, s. 113-126.
- Guttormur Sigbjarnarson 1972: *Vatnafræði Þórisvatnssvæðis*. Orkustofnun. 64 s, 1 kort.
- Jón Ingimarsson 1985: *Determination of Foundation Permeabilities. Methods used in Iceland*. Quintième Congrès des Grandes Barrages. Lausanne 1985. s. 1017-1034.
- Jón Ingimarsson & Jónas Elfsson 1980: *Svartsengi. I: Grunnvatnsrannsóknir vegna ferskvatnsöflunar fyrir varmaorkuver. II: Kort*. Orkustofnun. OS-80031/ROD 12. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja. 86 s. + 7 kort.
- Vatnaskil 1988: *Þórisvatn. Rennsli og grunnvatnshæð á vatnasviði Köldukvíslar og Tungnaár*. Unnið fyrir Landsvirkjun 26 s. Sama: Myndir, 27 myndir og kort. Reykjavík 1988.