



KARST EESTIS

Tallinna Tehnikaülikooli Geoloogia Instituut
Turu Ülikooli geoloogiaosakond

KARST EESTIS

Tallinn 2007

**Karst Eestis.
MTÜ GEOGuide Baltoscandia.
Tallinn, 2007.**

ISBN 978-9985-9867-6-9

Koostas: Enn Pirrus
Täname: Hella Kink
Ants Talioja
Toimetaja: MTÜ GEOGuide Baltoscandia
Kujundus: Andres Abe
Joonised: Heikki Bauert
Fotod: Heikki Bauert
Esikaas: Tuhala nõiakaev
Tagakaas: Karstijäänuk Kostivere karstialal

© MTÜ GEOGuide Baltoscandia, 2007



Raamatu väljaandmist kaasfinantseerisid:
Euroopa Regionaalarengu Fond, Eesti Vabariigi
Siseministeerium ja TTÜ Geoloogia Instituut
INTERREG IIIA Lõuna-Soome ja Eesti programmi
raames.

Kõikjal, kus maapõues leidub kergesti lahustuvaid kivimeid – soola, kipsi, marmorit, lubja- või dolokive – mõjutab neid maapinda imbuva vesi. Sademete vesi tungib ülalt kivimi pooridesse ja lõhedesse ning alustab neis aeglasemat liikumist rõhtsuunas. Siin hakkab vesi lahustama ümbritseva kivimi vähem vastupidavaid mineraale. Lahustunud komponendid kantakse vooluga kivimist välja ja neist järele jäänud tühemikke mõjutab uus vesi. Kivimisse tekivad konarlikud uured, avardub pooriruum, laienevad lõhed, kujunevad erikujulised õõnsused ja omavahel ühendatud voolukanalid. Protsessi arenedes võivad tekkida koguni ulatuslikud koopasüsteemid ja maa-alused veekogud. Tühemike õhukeseks kulunud laed võivad sisse variseda ja niiviisi jõuavad maapinnale mitmesugused langatused, kuhu omakorda saab hõlpsasti neelduda maapinnal liikuv vesi. Nähtuste kogumit nimetataksegi **karstiks**, protsessi ennast aga **karstumiseks**. Nimetus pärineb Balkanilt Sloveenia lubjakiviplatoolt, kus need nähtused on laialt levinud. Kohalikus kõnepruugis nimetati ala küll Krasi mägedeks, kuid geoloogilises kirjanduses võeti käibe saksakeelse mugandusena nimetus **Karst**.

Kivimites liikuv vesi tekitab maapõues muutusi, mis kujundab ka maapinnal omapäraseid pinnavorme ning veeko-

gusidki. Seepärast on karsti vajalik hästi tunda ka praktilises majandustegevuses, et ära hoida sellega seonduvaid ebameeldivusi.

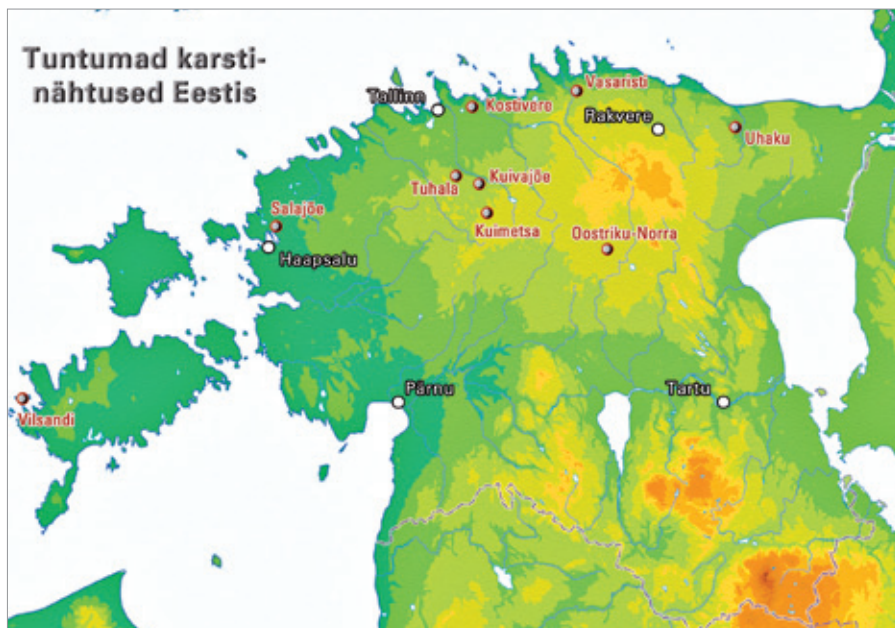
Eesti maapõues puuduvad küll eriti kergesti lahustuvad soolad ja kips, kuid siin on olemas mitmesaja meetri paksuseni ulatuv lubja- ja dolokivide lasund, milles levivad samalaadsed karstinähtused, kuigi ehk mõnevõrra vaoshoitumalt. Pindalaliselt on karst Eestiski laialdaselt levinud, haarates kogu Põhja-Eesti paelava. Karsti ilmingud avalduvad siin kord tugevamini, kord nõrgemini, kuid nähtuse vertikaalne levik sügavuse suunas jääb üsna piiratuks.

Karstumise intensiivsus sõltub paljudest teguritest. Eelkõige kivimite iseloomust ja piirkonna geoloogilisest ehitusest. Seejärel vee sissepääsust kivimitesse ja liikumise võimalustest neis. Siis veel vee lahustamisvõimest ehk agressiivsusest, mis omakorda oleneb kliimast ja muudest teguritest. Kõik loetletud asjaolud on omavahel tihedalt seotud, kuid esiplaanile tõuseb üks oluline ühishõue – karstistumisprotsess vajab kindlasti intensiivset veevahetust kivimis. Kui see nõue on täidetud, piisab ka väheagressiivsest veest ja küllaltki vastupidavatest kivimitest. Siiski määrab nimetatud tegurite koosmõju karsti arenemise kiiruse ja selle poolt tekitatud vormide eripära.

Peamised karstivormid

Kõige lihtsamaks karstivormiks tuleb lugeda konarlikuks söövitatud kivimi pealispinda, mis kannab nimetust **karr** (*karrid, karristumine*). Enamasti tekitab karre pinna- või sademevesi kokkupuutel lubjakivi rõhtsa välispinnaga. Ulatuslikumaid karriväljasid kohtame murrutatavatel paerandadel (Saaremaal, Vilsandil), õhukese mullakihi alla maetult aga enamikul Eestimaa loopealsetel. Viimasel juhul tõstab vee lahustamisvõimet lubjakivi suhtes mullast pärinev happeline orgaaniline aine. Karride seas eristatakse nii korrapäratult konarlikke pindmisi kui ka lõhesid järgivaid püstiselt vööndilisi vorme.

Teise laialt leviva iseloomuliku karstivormi moodustavad **avardunud kivi-lõhed**. Just algselt olemasolevatesse lõhedesse saab siseneda sademevesi, alul aeglaselt immitsedes ja lõhepin-dasid pikkamööda söövitanes ning neid sedavõrd avardades, et edaspidi pääseb vesi siin juba kiiremini liikuma ja karstumist intensiivistama. Lõhedes toimuvat võib vaadelda kui karride kujunemist vertikaalpindadel. Siiski on selles tajutav eripära. Nimelt toimub söövituskonaruste kujunemine siin valdavalt risti kivimi kihilisusele, mis muudab lahustumise ebaühtlaseks. Ühes kihis toimub see kiiremini, teises, näiteks suure savilisandiga vahekihis, märksa aeglasemalt. Seetõttu muutu-





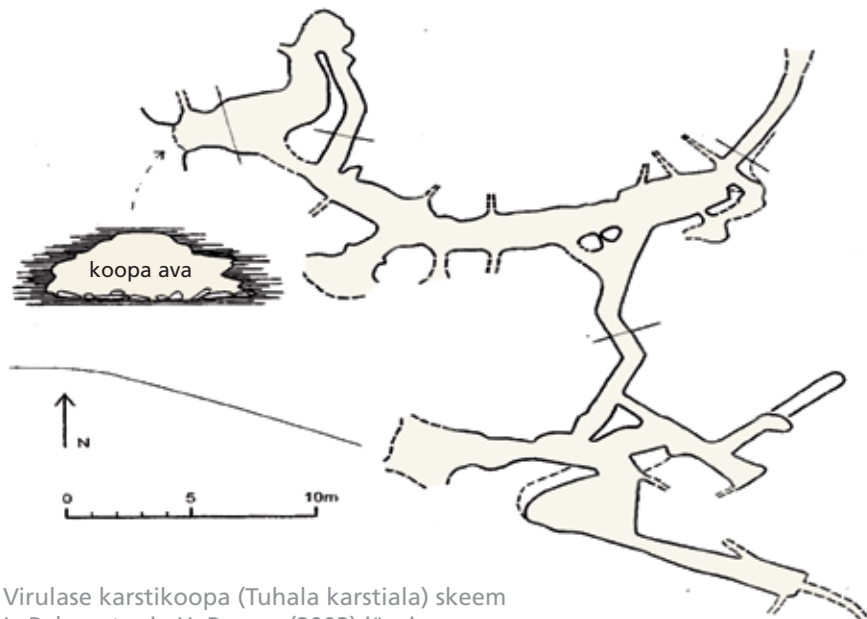
Karriväljad Vilsandil. Fotod I. Tuuling



vad protsessi arenedes algselt tasased lõhepinna korrapäratuteks: lõheruumis vahelduvad laiemad ja kitsamad kohad, mida omakorda muudavad keerukamateks külgedelt varisevad tükid ja koorumisvormid. Lõhede hargnemis- ja ristumiskohtades on need nähtused eriti soositud, mistõttu siin võib tekkida ka suuremaid tühemeid – **karstikoo- paid**. Koobastest hargnevad tihti erisuunalised käigud, käikude liitumisel kujunevad keerukad **tunnelkoobaste süsteemid**, mis on karsti arengu loomulikuks tulemiks.

Veevaesel ajal võivad kujunenud koopad olla kuivad, veerikkal ajal aga täituda tervikuna või osaliselt veega.

Koobaste liitumisel ja sobiva põhjakaalde olemasolul hakkab vesi neis voolama, moodustades kindlasuunalise maa-aluse veevoolu – **salajõe**. Salajõed tõstavad tugevasti veevahetuse intensiivsust maapöues ja hoo- gustavad teistegi karstivormide arengut. Maapealsetest jõgedest erinevad salajõed selle poolest, et nad ei voola lahtistes sängides, vaid pealt kaetud tunnelites. Seetõttu on kevadine suurvesi neis nagu veetorustikuski tugeva surve all ja purskub siit mõnikord välja jõulise püstise vooluna. Teame seda hästi karstiallikale rajatud Tuhala Nõiakaevu näitel. Eestis on salajõgesid üsna palju: Kostivere-Jõelähtme,



Virulase karstikoo- pa (Tuhala karstia) skeem
L. Palumetsa ja H. Proosa (2003) järgi



Pärast kuni 1,5 km pikkust teekonda maa all, tõuseb Salajõgi uuesti maapinnale suure karstiallikana lääne pool Linnamäe – Dirhami maanteed, nn. Tiberna augus



Salajõe maapealne voolusäng
kevadise suurvee ajal

Kuivajõe, Kuimetsa, Vasaristi ja Tuhala Harjumaal, Salajõgi Läänemaal, Lauka-Pihla Hiiumaal, Kaljaoja Saaremaal, Räpu oja Põhja-Viljandimaal, Keerba-Serga Meremäe lähistel Võrumaal jt. Enamasti ei anna nad välja küll tõeliste jõgede mõõtmeid, vaid on pigem lõhedesse surutud ojanired, mis sageli hargnevad omakorda veelgi väiksematesse, rööbiti kulgevatesse vooluteedesse. Maasiseseid vooluteid tajume peamiselt vaid neelukohtade ja suurte allikate läheduse järgi. Kõrvuti voolavate salajõgedega pole välistatud ka mõnede seisvate veekogumite, tinglike *salajärvikute* olemasolu kusagil maapõues, kuid nende eksisteerimisvõimalus siinsete koopatühemete väikeste mõõtmete tõttu on väga ebatõenäoline. Otseseid teateid neist Eestis ei ole.

Kohtades, kus lõhesüsteemides liikuv karstivesi pääseb maapinnale, kuju-

nevad veerikkad, kuid väga muutliku väljavooluga *karstiallikad*. Väljavoolav vesi moodustab mõnikord suuremaid või väiksemaid, alatisi või ajutisi *karstijärvikuid*. Nendega lõpebki karstumisprotsessi tekitav maa-alune veeringlus ja allikatest saavad alguse juba pinna-vee vormid – ojad ja jõed. Sageli ei märkagi me maapõuest väljuvaid veevoole – suur osa allikatest avaneb veekogude põhjas või igritseb maapinnale varjatult nõlvade rohurindes. Siiski on paljud karstiallikad oma veerohkusega meelde jäävad ja hästi tuntud, sageli ka veevarustuses kasutamist leidnud (näiteks kalakasvatustes). Lõhetunnelites on karstivesi enamasti surve all, mistõttu väljavool ilmub end, vähemasti kevadel, tüüpiliste tuousallikatena, mille lubjamudasel põhjal võib sageli näha mullitavaid “keemis-kohti” – grifoone.

Norra allikajärv Endla looduskaitseala lääneserval







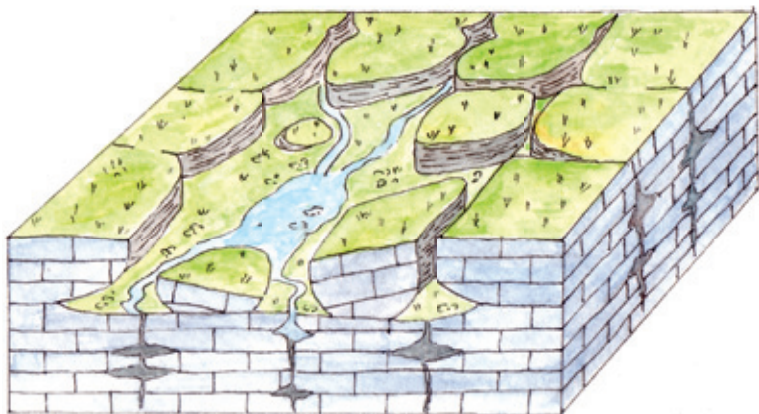
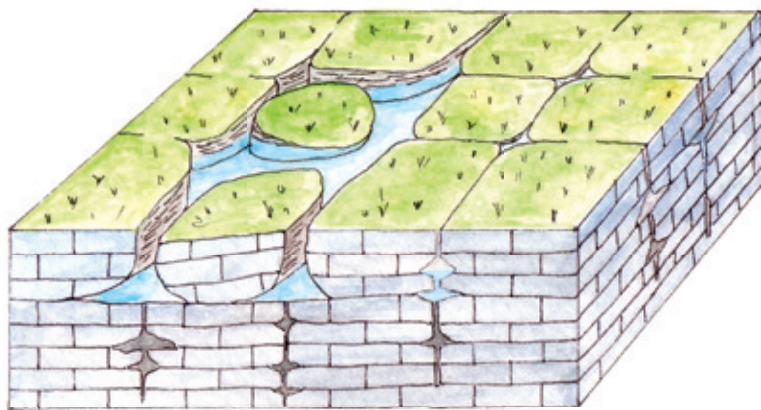
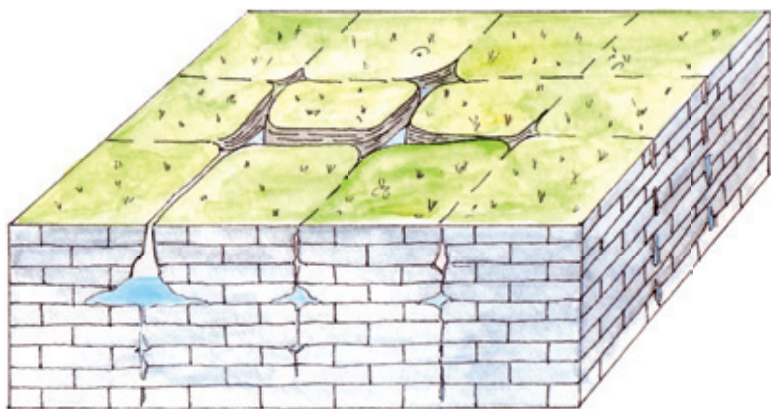
Maa-aluste karstivormide kõrval on Eestis hoopis tuntumad kohad, kus pinnavesi neeldub suurel hulgal karsti-õõnsustesse. Enamasti on need lehtrikujulised või piklik-ovaalsed lohkvormid maastikul, kuhu kevadeti koonduvad vihma- ja lumesulaveed, tekitades neis mõne aja püsiva järvekese. Veerikkuse kadudes järveke kaob ja temas olev vesi neeldub lohu põhjas olevasse avasse, tehes seda mõnikord suure kohinaga ja pannes neeluava kohal keerlema sinna kandunud puu- ja oksarisu. Vee neeldumine lehtritao- lise süvendi põhjas on kordumatu vaatepilt ja tekitab mõnikord paraja kõhedustunde. Rahvas nimetab neid

kohti kurisuudeks (maapõue *kuri suu*) ja siit on tuletatud ka eestikeelne erialatermin *kurisu* (kirjutatakse ühe u-ga lõpus). Ka on nende neeldumiskohtade jaoks kasutatud nimetusi “kuristik” ja “urge” ning sellenimelisi külasid ja talusid leidub paljudes kohtades üle Eestimaa. Nii on karst jätnud oma jälje ka meie kultuuripilti, rääkimata mitmetest neelukohtadega seonduvatest huvitavatest rahvapärimustest.

Oma olemuselt on kurisud karsti- maastikule iseloomulikud langatus- lehtrid suurte karstitühemite kohal. Vanematel karstialadel paiknevad nad lausa ridamisi salajõgede voolusängide kohal. Kurisu põhjas asuv neelukoht



Pugemiharü Aravete kurisus, Tapa – Paide maantee ääres



Karstivälja kujunemine Ü. Heinsalu, 1977 järgi (joonis G. Bauert)

on sageli paekiviääristusega auguna nähtav ja siitkaudu pääsebki vesi hõlpsasti lubjakivi lõhedesse oma edasist lahustamistööd tegema. Neeldumisava kannab tabavat nimetust *pugem*, sest kivitükkide ja ava ees pidama jäänud puurisu vahelt peab maapõue sisenev vesi tööpoolest läbi pugema.

Karstivee neelukohti – kurisuid – on Eesti paelaval palju ja nad on vee omapärase käitumise tõttu elanikkonnale hästi tuntud ja teada. Just seepärast on siinset karsti olnud võimalik täpsemalt kaardistada ning selle nähtuse seaduspärasusi selgitada. On ju loomulik, et iga neelukoha juures tekib küsimus, kuhu vesi siit kaob. Otsingud lähikon-

nas viivad ka väljavoolude leidmisele ja maa-aluste vooluteede täpsemale selgitamisele.

Pikemat aega eksisteerinud karstialade juures võivad lähestikku asuvad kurisud omavahel liituda, moodustades maapinnal suuremaid *karstiorg*e. Tekke algstaadiumis kujuneb tavaliselt ridamisi asetuvate langatustega astmeline org (Uhaku), mõnikord ka radiaalselt kujunenud liitlehter (Virulase org Tuhalas), hilisemas faasis aga ovaalne liuataoline orund, mille piires üksiklangatused pole enam eristatavad. Mõnikord jääb sellise *langatusala* keskel või nõlval püsima mõni *jäänukvorm*, mille maa-pealsed protsessid on omapäraseks loo-



dusskulptuuriks kujundanud. Tuntuim niisugustest on Kostivere karstiväljal paiknev seenekujuline Kivilaud.

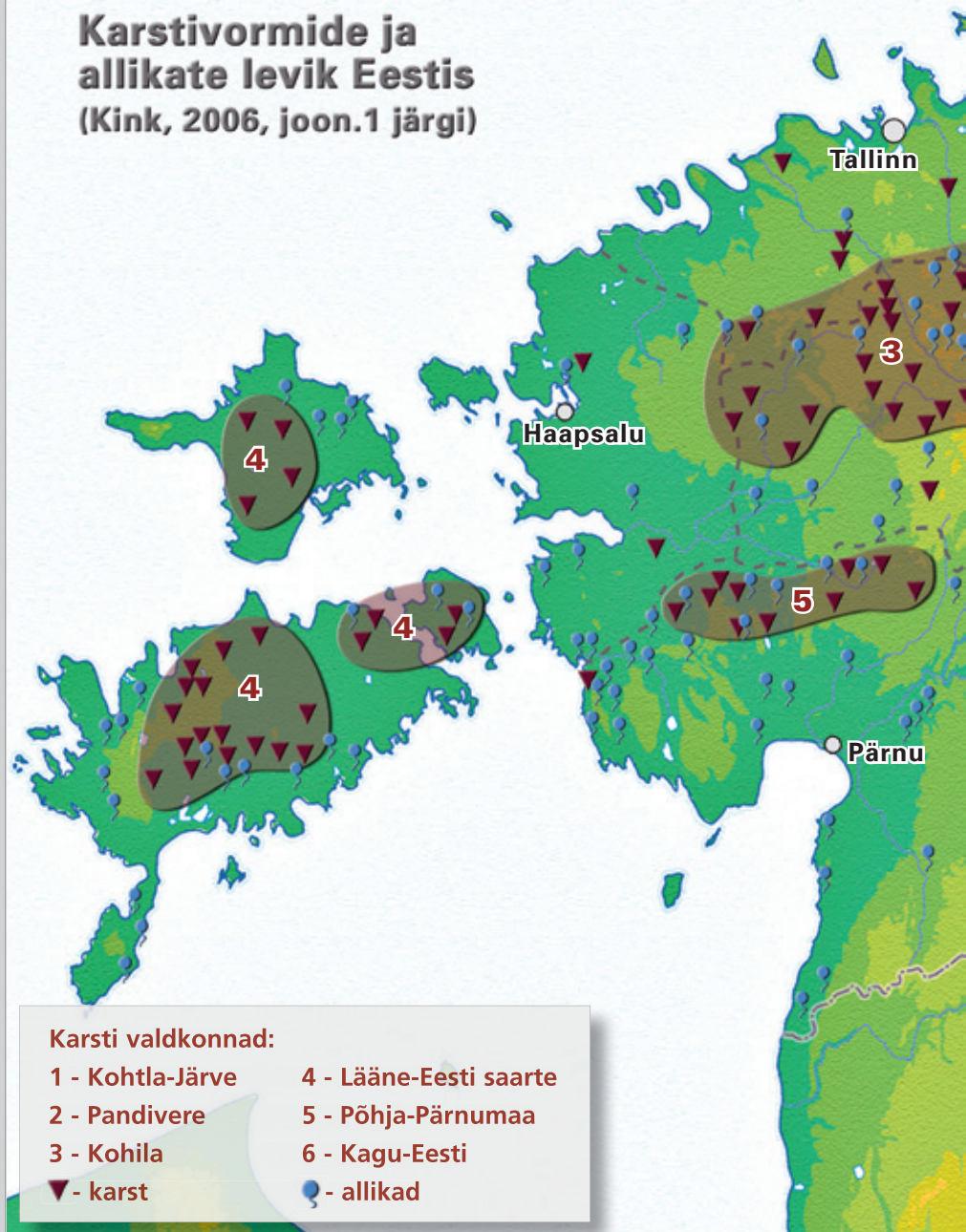
Karstiorgude tunnuseks on nende tagasihoidlikud mõõtmed, mis harva lähenevad kilomeetrile, eelkõige aga sulglohuline olemus – see on läbi-voolu puudumine. Mõnel juhul on neil orgudel järsud nõlvad või kastjas üldkuju, kuigi need tunnusjooned ajapikku pehmenevad või kaovad hoo-
pis. Iseloomulik on karstiorgudele neis kevadeti tekkiv järveke, mis suveks kaob. Enamasti niidetakse oru põhjal siis heina, sest sesoonselt kõikuv veetase ei lase neil nõgudel eriti võsastuda. Suuremaid karstiorgu on rohkesti

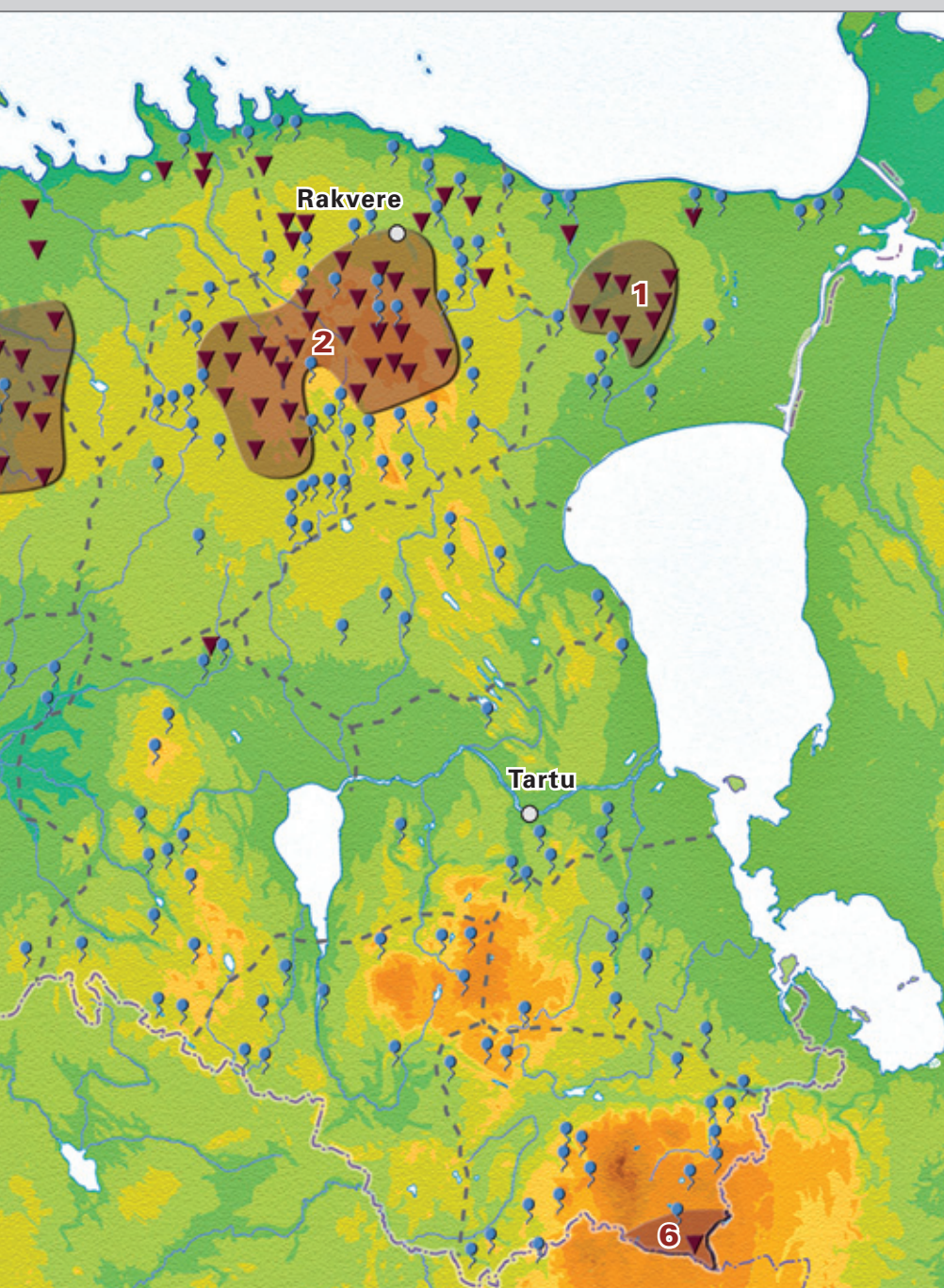
Pandivere kõrgustiku piires, aga ka Märjamaa lähikonnas, kus rahvasuu hüüab neid *järtadeks*. Ü.Heinsalu (1977) arvates on suuremate karstiorgude puhul tegemist viimase jääaja eelsete vanade karstivormidega, mis hiljem on allunud liustikukulutusele, kuid real juhtudel säilitanud siiski oma karstikanalite süsteemi ja mõnikord elustunud ka kaasaegse karstina.



Karstivormide ja allikate levik Eestis

(Kink, 2006, joon.1 järgi)





Karst levib Eesti paealal just neis paigus, kus nähtuse arenguks on olemas vajalikud eeldused. Üheks soositud kohaks on astanguliste paejärsakute lähedus. Viimaseid on paelava piires üsna palju, sest neid on siin kujundanud Läänemere varasemate staadiumide rannamurrutus. Astangud soodustavad vee liikumist vertikaalsuunas, astanguserval moodustub paelasundis palju avalõhesid, mis lasevad vee hästi lubjakivilasundi sisemusse ning astanguliste looduslike barjääride ette kujunevad sageli soomassiivid, mis annavad siin liikuvale veele kõrgema lahustamisvõime orgaaniliste hapete lisandi näol. Nende tingimuste kokkulangemine võimaldab astangute lähikonnas eristada koguni iseseisvat karstitüüpi (Pirrus 2005). Erandiks sellest on ehk kõige võimsam astanguline vorm põhjarannikul – Balti klint, mille serval karst ei ole just eriti silmapaistvalt levinud. Põhjuseks võib siin olla vee kiire pindmine äravool suure kallakuse tõttu, aga ka soode puudumine astanguserva vahetus ääristuses.

Muidugi levib karst ka teistsugustes tingimustes, kuid iseloomulik on ta peaaegu kõikjal ümbrusest kõrgemal paiknevatele paelava piirkondadele – aluspõhjalistele kõvikutele või kõrgustikele. Siin tagatakse karstiveele vajalik

püstsüüaline liikumistee, samuti ei ole need alad kaetud paksema pinnakattega, mis raskendaks sademevee kiiret imbumist lubjakivilasundisse. Seetõttu on klassikaliseks karstipiirkonnaks just Pandivere kõrgustik, kus peaaegu kogu sademetevesi neeldub paelasundi lõhesse, moodustamata pindmisi äravoolusänge püsivama ojade-jõgedevõrgu näol. Paepinda imunud vesi jätkab siit teekonda kivimi lõhesüsteemides ja leiab äravoolu kõrgendiku nõlvadel avanevates veerohketes allikates, andes alguse paljudele Põhja-Eesti jõgedele (Keila, Pirita, Jägala, Selja, Kunda, Pedja, Põltsamaa). Karsti sage esinemine on omane ka teistele kõrgematele paealadele – Jõhvi aluspõhjalisele kõrgendikule, Saaremaa keskkõrgustiku piirkonnale ja isegi Eesti kagupiirile ulatuva Devonilise paelava servale. Ü. Heinsalu (1977) on jaotanud Eesti karstiilmingud küllaltki selgepiirilisteks valdkondadeks ja provintsideks, mida hilisema andmestiku valgusel on ka pisut täpsustatud (Kink 2006; joon. 1).

Kuigi karsti leviku seos kõrgemate paealadega on ilmselge, ei saa alahinnata ka teist kontrollivat tegurit – karstumiseks sobivate kivimite olemasolu neil. Ilmselt on see üheks põhjuseks, miks karstinähtused on laialdaselt levinud nii Loode-Eestis Harju- ja Raplamaa piirivööndis kui ka läänesaartel (Hiiumaa, Vormsi, Muhu), kus seos aluspõhjaliste

kõrgendikega ei ole nii ühene. Ja olgugi, et karstinähtusi on Eestis registreeritud peaaegu kõigi paelasundi lademetes avamusel, eristuvad nende seas siiski mõned lademed, milles protsess areneb eriti innukalt. Ilmselt on siin määravaks tõkestava savilisandi vähene hulk või selle jaotumiseärasused kivimis, aga ka kivimi algne tühemelisus. Nii tõstab Ü.Heinsalu (1977) karstisoodsamate lademetena esile Ordoviitsiumi ladesutus Aseri, Lasnamäe, Rakvere, Nabala, Vormsi, Pirgu ja Porkuni lademed, Siluri ladesutus Juuru, Raikküla, Jaagarahu ja Paadla lademe. Mõistagi on karstisoodsamate lademetes loetelu siiski vaid orienteerivat laadi, sest kivimite konkreetsed iseärasused on iga üksuse piires veel tugevasti varieeruvad.

Karst ja kivimite lõhelisus

Et vesi pääseks kivimisse ja toimuks selle osakeste lahustumine, on tarvis vaba ruumi kivimi tahkete mineraal-osakeste vahel. Lahustumisvõimelised kivimid – soolad, kips, paekivid jt on aga ise keemilise tekkeviisiga tihedad kivimid, millel looduslik poorsus puudub või on sedavõrd väike, et vee liikumine neis on võimatu. See tunnus eristab karstilembeseid settekivimeid teistest settelistest kuhjatistest – liivast, kruusast, savist, milles terade vahele jääb alati vaba pooriruumi. Neis pääseb

vesi paremini toimima ja leiab aset ka mõnede komponentide lahustamine, kuid karsti siin siiski ei teki. Pude setend langeb koheselt kokku, moodustamata iseloomulikke karstivorme: karre, koo-paid, salajögesid, langatusi jt. Niisiis on karst võimalik üksnes kõvades kivimites ja peaaegu ainsaks võimaluseks vee sissetungimiseks neisse on kivimitesse tekkivad lõhed ja praod. Nii see ka alati on: iga maakoore tahke kivimkeha lõhestub kunagi ja kusagil väiksemateks plokkideks ning nende vahele tek-kivatesse pragudesse saab siis siseneda agressiivne vesi.

Ka võimas lubjakivilasund Eesti alus-põhjas kujutab endast jäika plaati pehmemate settekivimite vahel. Pika arenguloo kestel on see plaat allunud mitmesugustele pingetele ja painetele, mille tulemusel on ta üsna tugevasti pragunenud ja lõhenenud. Näeme neid lõhestumisi igal paepinnal, eriti sel-gesti aga hambulise katkejoonena pae-kalda või kivimurru püstseina ülaserval. Lähemal vaatlusel selgub, et lõhed kivimis ei paikne sugugi juhuslikult ega korrapäratult. Hoopis vastupidi, nad moodustavad püstiseid tasapin-dasid, mis asetsevad üksteise suhtes peaaegu risti, ühed suunatud loodesse, teised kirdesse. Jääb mulje, et neid on tekitanud ühekorraga justkui mingi ühtne loodusjõud. Ja nii see ongi. Põhja ja lõuna suhtes diagonaalselt

orienteeritud lõhesüsteeme nimetatakse **diaklasslõhedeks** ja nende teke seotakse üldplanetaarsete põhjustega, esmajoones maakera pöörlemisel tekivate pingetega. Niisugused lõhesüsteemid ulatuvad ilmselt suurtesse sügavustesse, kuid seal on nad maasisese rõhu tõttu tihedalt suletud ja praktiliselt nähtamatud. Ilmsiks tulevad need lõhesüsteemid üksnes lasundi ülaosas ja maapinnal, kus nad maasisese rõhu alt vabanevad. Karsti seisukohalt on oluline, et paelasundi ülaosas on nad alati olemas, avanedes kord vähem, kord enam ja võimaldades sissepääsu kivimisse ka lahustava toimega veele. Sügavuse suunas need lõhed sulguvad ja piiravad seega karstinähtuste leviku allapoole.

Püstiste lõhestumiste kõrval levivad paelasundi ülaosas ka rõhtsuunalised lõhesüsteemid. Kihiliste paelasundite puhul on eeldused selleks üksteisest eristuvate kihipindade näol kõikjal olemas ning pruugib vaid vertikaallõhel plokkidevaheline seostatus lõhkuda, kui vabaneb kivimi sisepinge ja kihid saavad üksteisest veidi eemalduda. Nii ei tule karsti puhul arvestada üksnes vee liikumist püstistes lõhesüsteemides, vaid ka imbeid mööda kihipindasid. Siiski tuleb silmas pidada, et lubjakivide kihipinnad on enamasti kaetud savikirmetega ning seetõttu on vee liikumine neid pindasid mööda raskendatud ka kihipindade üksteisest eemaldumise korral. Igal

Lõhedevõrgustik Kostivere
mahajäetud karjääris



juhul tuleb karsti olemuse käsitlemisel kivimite lõhelisuse iseloomu alati silmas pidada.

Kõik eelnevast tulenev sunnib vaatlema karstiilmingute käitumispilti teadaolevate lõhesüsteemide suhtes. Maapealsete karstivormide joonelist paigutust ja salajõgede suundi jälgides saab Eestis teha üldise järelduse, et läänepoolses Eestis järgib karst enam lõhede loodesuunda, idapoolses rohkem kirdesuunda (Pirrus 2005). Et teised suunad on peaaegu esindamata, siis selles kajastub algse diaklasslõhelisuse otsustav mõju siinse karsti arengu loole. Konkreetsete vormide juures on pilt aga üsna muutlik ja see seaduspära alati selgel kujul ei avaldu.

Karsti vanus

Karstiilmingute geoloogilise vanuse üle pole just lihtne otsustada. On ju Eesti paelava erinevatel aegadel olnud kestvalt pindmiste protsesside meelevallas, sageli ka suhteliselt kõrgele tõstetud ümbritsevate veekogude suhtes, mis on üheks hädavajalikuks eelduseks karstivormide tekkel. Seega võis karst siin areneda erinevatel aegadel, ka enne viimast mandrijäätumist.

On olemas siiski mitmeid tunnuseid, mis lubavad Eesti karsti lugeda väga

nooreks, suures enamuses jääajajärgseks nähtuseks. Kõigepealt on väheusutav, et võimsad, mitu korda üle Eesti liikunud mandriliustikud jätsid puutumata siin varasematest karstiilmingutest nõrgestatud paelasundi. Kõik mandrijäätumisega seonduv, aga ka rohkete lihvitud paeplaatide ja jääkriimude jäljed räägivad üheselt aluspõhja pealispinna ulatuslikust kulu- tusest mandrijää pealetungidel. Teise võtme kaasaegse karsti hilise kujunemise mõistmiseks annab karstinähtuste ilmne seos aluspõhja kõrgendikega, mis valdavas osas on just viimase jääaja kujundatud. Täiesti loomulik, et alles mandrijää alt vabanenud paealal sai karstumine hakata arenema ja seda niipea, kui need alad tõusid kõrgemale suurte sulaveekogude ja Läänemere varasemate staadiumide veetasemest. Alles siis muutus võimalikuks intensiivne veevahetus püstsuunalistes lõhedes. Lõhed ise vabanesid jääsurve alt ja avanesid pinnaveele, algne taimestik hakkas tootma happelist ja süsihappe- rikast vett, jahe kliima soodustas CO₂ püsivust lahuses, tõstes seega toimiva vee agressiivsust. Puudus kõrgem taimkate, mis sidunuks osa sade- vett, viimane sai imbuda tõkestamatult aluspõhja. Õeldu põhjal võibki oletada, et siinsete karstinähtuste areng algas Eestis ligemale 10 000-14 000 aastat tagasi ja jätkub tänaseni, kontrollituna juba mõnevõrra muutunud tegurite

poolt (sood, metsad, jõgedevõrk, inimtegevus jt). Sellest lühikesest ajast piisab ilmselt kõigi siinsete karstivormide moodustumiseks. Protsessi kiirusest annavad tunnistust ka viimaste aastakümnete vältel registreeritud rohked pinnalangatused. Eesti karsti noorusest räägib kaudselt ka nähtuste väike sügavus (5-8 m), otsesemalt aga fakt, et karstitühemites ei leidu vanemaid settemoodustisi, sh ka kergesti tuntavat jäätumisaegset moreeni.

Muidugi ei saa täielikult eitada ka varasemaid ilminguid ja mõjutusi. Eespool oli juba vihje suurematele karstiorunditele, mille algpõjuseks võis olla varasem karstilangatus või nõrgestatud paelasundisse liustiku poolt kulutatud nõgu. Võib olla ka veelgi vanemaid karstumisnähtusi, näiteks mõned sügavamal paiknevad karstiilmingud, mis on ette tulnud põlevkivi kaevandamisel Kirde-Eestis. Üksikud neist on täidetud Devoni-aegse liiva-savitäidisega, teised aga halli, ilmselt lubjakivide lahustustjääki kujutava savimassiga. Viimased seonduvad enamasti suuremate tektooniliselt lõhestatud võõnditega kivimis ning nende tekkedetailide ja kujunemisaja kohta on raske midagi kindlat öelda. Igall juhul kujutavad kõik süvakarsti leiud Eestis mineviku jälgi ja esindavad nn **survad karsti**, mille vormide moodustumine on lõppenud ja vesi neis enam aktiivselt ei tegutse.

Niisiis on valdav osa Eesti karstiilmingutest nooruslike joontega ning arengujõuline tänapäevalgi. Vaatamata karstinähtuste laialdasele levikule on siin siiski kõiki nende tüüpvormide üheskoos leida suhteliselt harva. Sageli on neeldumiskohad – kurisud ja väljumisalad – allikad üksteisest sedavõrd kaugel, et pole üheskoos vaatlustega haaratavad. Karstivee maa-alused liikumistrassid on tihti täpsemalt piiritlemata ja suuresti oletatavad. Siiski on Eestis ka üksikuid piirkondi, kus mitmed nähtused on küllalt ilmekalt esindatud ja kompaktsest koos, kus neid saab hästi vaadelda ja karstiprotsessi igakülgsest tundma õppida. Nimetame neid karstialadeks või karstiväljadeks. Mõistlik on neid kaitsta omapoolsete moonutuste eest ja tutvustada loodusehuviliste laiale ringile.

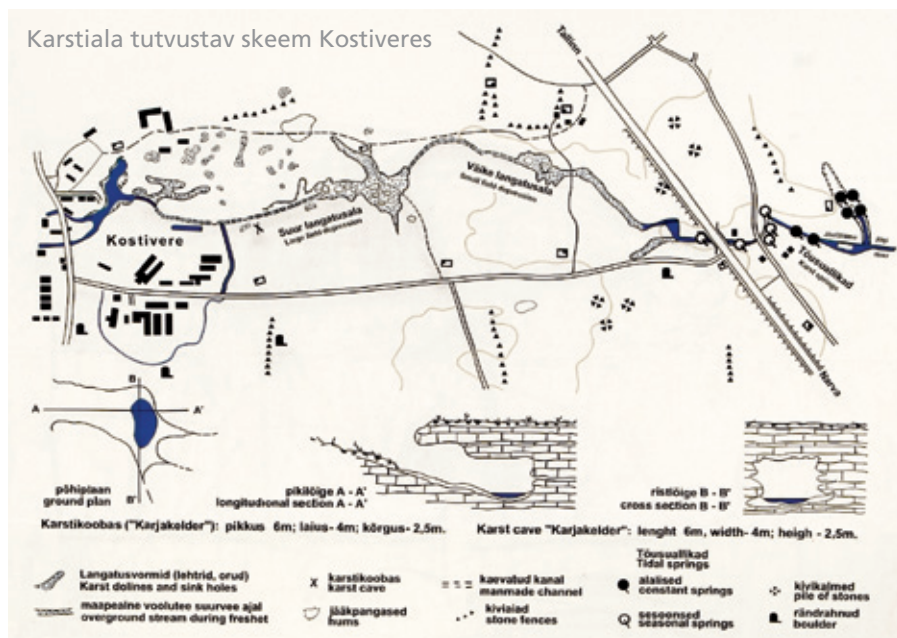
Ilmekamad karstialad

Kõige kergemini ligipääsetav ja kätterviklikult vaadeldav on **Kostivere karstia** Tallinn-Peterburi maantee ääres ca 20 km kaugusel Tallinnast. Siin, õhukese pinnakattega paeplatool madala vagumuse kohal voolas pärast Läänemere taandumist Jõelähtme jõgi. Tasapisi veehulk jões vähenes ja veevaesel ajal neeldus kogunisti paelõhesse, jättes maapealse voolusängi

hoopis kuivaks. Jätkates maa-alust tee-konda, uuristas vesi lõhede seinu ja muutis oma voolutee avaramaks ning tegutseb selles tänaseni. Jõe neeldumiskohta näeme karstivälja lõunaosas Kostivere asulas, kus sopilise kurisu kohal püsib enamasti väike järveke. Vee kiiremaks edasisuhtumiseks raiuti pool sajandit tagasi paesse kanal, mis ulatub siit karstivälja keskmesse – maastikuliselt huvitavale **Suurele langatusalale**. Langatusala on tekkinud kahe tugevasti karstunud lõhesüsteemi ristumispaias ja selle piires näeme järskude veerudega madalamale laskunud langatusorgusid ning nende servadel püstseinalisi 2-4 m kõrguseid jäänukpankasid, mis on kohati

viltu vajunud. Paepangad moodustavad siin pilkupüüdvaid astanguid, sildu ja koopaid-tunneleid. Silmapaistvaim nende seas on seenekujuline üksikvorm **Kivilaud**, mida ei jäta pildistamata ükski fotoaparaadiga külastaja. Ka väljaspool langatusala kohtab näiliselt tasasel rohumaal mitmeid sirgjooneliselt kulgevaid avalõhesid – nn **karstikraave**.

Suurest langatusalast mõnedsajad meetrid põhja pool paikneb vähemilmekas **Väike langatusala**. Siitpeale on jõesäng peaaegu alati kuiv ja täitub veega vaid lühikesel kevadisel suurveeperioodil. Uue ja vana maantee vahel võib mõnikord kohata mõnd ajutist





Kurisu Kostivere karstiaial

allikatki, kuid peamine väljavool maa-alusest voolukanalist toimub vanast maanteetrassist veidi põhja pool. Siin on ruumi avarale allikalisele märgalale, mis annab vee siit jätkuvalt Jõelähtme jõe maapealsele voolusängile.

Kostivere karstiaala veetase kõigub aastas umbes 5 m. Maa all kulgev voolutee on küll mitmeharuline, kuid nüüdseks sedavõrd avardunud, et edasine karstumine on hääbumas ja uusi langatusi ei näi siin tekkivat.

Kostivere karstiaala on riikliku tähtsusega maastikukaitseala, vajalikult hooldatud ja koos lähedalasuvate muinaskalmetega ning Jägala joaastanguga pakub loodushuvilistele palju vaatamisrõõmu.

Teine tähelepanuväärne vaatluskoht on **Tuhala karstiaala**, mis asub Tallinnast 35 km lõuna pool, Tuhala ja Kata küla piirkonnas. Ka siinsel maastikualana kaitstaval karstiväljal on näha üheskoos palju erinevaid karstivorme, alates ilmekatest neelukohtadest, salajõe veevooludest ja nende poolt kujundatud langatusorgudest kuni tegutsevate karstiallikateni välja. Viimastest on kahtlemata paeluvaim aeg-ajalt rakestisest "ülekeev" Sulu talu Nõiakaev, mille tegutsemist käivad kevadeti imetlemas tuhanded inimesed.

Tuhala karstiaala on näide kaasajalgi arenevast karstinähtest, erinevalt Kostiverest, kus protsess näib põhi-





Tuhala jõe kuiv säng suvel.
Vasakul tagaplaanil Ammaauk

osas olevat vaibunud. Nii on viimastel aastakümnetel siin mõndagi juhtunud: muutunud neelukohtade välisilme, tekkinud ootamatuid ja ohtlikkegi langatusi.

Ühes neist hukkus 1978. aastal hobune, teine tekitas 1981. aastal varingu asfaltkattega maanteel, kolmas ohustas elektriliini posti 1977. aastal. Lisandunud on uus neelukoht – Äiaaук (1972). Kõige tähelepanuväärsem Tuhala karstiväljal on võimalus jälgida karstisüsteemide järk-järgulist täitumist kevadise suurveega, mis loob ettekujutuse maa-aluste kanalite omavahelistest ühendusteedest. Nii neeldub veevaesel ajal Tuhala jõgi juba esimestes karstivälja pugemetes kuivsängi põhjas (Ollani urked). Veerikkuse suurenedes jõuab osa sellest kanjoniilaadsesse lõhekoo-
bastega Ämmaaуku karstivälja lõuna-

piirdel. Kui ka selle neeluava võimsus on ammendunud, hakkab vesi täitma suure Virulase langatusala lehterjat süvendit (500 x 300 m), mille põhjas on ligemale 80 pugemit. Nendest tuntumad on nimelised Hundikuristik, Kirstuaук ja Püksireie org. Suurt vee-
tulva ei suuda needki vastu võtta ja nii kujuneb Virulase süvendis kevadeti järv sügavusega kuni 7 m. Järvepind
uputab ka ühe suurematest pugemitest – Virulase koopa suudme ja vesi
täidab kogu 50 m pikkuse koopa-
tunneli. Veetaseme tõusul koopasuust 2,35 m kõrgemale hakkab “keema”
ka Nõiakaev – sellest algab tugeva sur-
vega väljavool, mis ujutab üle ka kaevu-
ümbruse madalama lohu. Virulase
orundi täitumisel võib alata siit ka
ülevool Kuie 2 km pikkuse loode-
suunalisse kuivsängi ja veega täituvad



Ämmaaуku suurvee ajal

ka Vanakubja ning Postimäe karstiorud, mis püsivad kevadiste järvikutena mõnda aega. Veesurve maa-alustes karstikanalites tõuseb silmnähtavalt ja ilmutab end ka püsivalt tegutsevates Veetõusme väljavooluallikates, kus sel ajal võib näha lausa veekuhikuid suuremate väljavoolude kohal.

Kogu Tuhala karstiala hüdraulika on siin hästi tajutav, veehulkade järgi ka täpsemalt arvatav ja kõike seda teades on karstiala õpetlik külastada igal aastaajal.

Kolmanda omapärase karstialana väärivad esiletõstmist **Kuimetsa-lida urked** Raplamaa kirdepiiridel. Siin on peamiseks vaatamisväärsuseks rida-misi paiknevad koopailmingud, mis kujutavad endast maa-aluste karstiõõnsuste sisesevarisenud võlve. Siingi

voolab maa all kevadeti veerikas oja, mis varasemal ajal põhjustas ulatuslikke üleujutusi ja langatusi. Koopad on madalavõitu, enamikku neist pääseb vaid kummargil või roomates. Nad paiknevad maapinnast vaid 2-5 m sügavusel, lagedel ja seintel paljandumas Porkuni lademe hästilahustuv lubjakivi. Ü.Heinsalu (1987) loendas siin 12 üksikkoobast ja andis neile ka tabavad nimetused. Varem oli koopaid rohkem, kuid karstiala lääneosas on need osaliselt kinni varisenud. Suuremaid koopaid on kasutatud muinasaja pelgupaikadena, millest kõnelevad ka ajalooallikad.

Kuigi maa-aluse oja voolusäng on mitmete koobaste põhjas nähtav ja vee-sulina järgi tajutav, on Kuimetsa karstiala väljavool hajutatud üsna suurele



alale ja ümbruskonna allikate otsene seos karsti tuumalaga on vaid oletatav. Kahtlemata toidab karstiõõnsuste vesi siiski Atla jõe vesikonda.

Ilmeka maa-aluse karstivooluga saab tutvuda veel **Salajõe karstialal** Linnamäe lähedal Läänemaal. Paraku on siin nähtav üksnes rabast saabuva Salajõe neeldumiskoht võsastuma kippuva kurisu näol otse Linnamäe-Dirhami maantee ääres, kuid allikaline väljavool nn Tiberna aukude näol mõnisada meetrit lääne pool on kõrges rohurindes üsna vähemärgatav. Suvisel ajal on augud ka kuivad, nagu siit edasi suunduv maapealne voolusängi. Nähtavasti valgub Salajõe vesi siis üksnes sügavamate paelõhede kaudu otse Silma looduskaitseala merelahtedesse-abajatesse.

Kirde-Eestiski leiame hästi vaadeldava **Uhaku karstiala** Lüganuse lähedal Ida-Virumaal. Siinseteks toredaks vaatamisväärsuseks on kevadise suurvee ajal väikejoad, mis tekivad ühe kurisu täitumisel veega ja selle ülevoolamisel teise neelulehtrisse. Joaastangud on küll vaid 1,2-1,5 m kõrgused, kuid nad on ainsad Eestis, mis pole otseselt seotud Põhja-Eesti klindijärsakuga. Suvisel ajal avaneb rohkesti ridamisi paiknevaid väikseid neelulehtreid Erra jõesängi põhjas, kust vesi valgub lõhede kaudu Purtse orgu, väljudes Kõrgekalda paljandiseinas mitme ojani-rena. Vaid kevadisel ajal täituvad veega ka suured kurisud, sealhulgas ilmekas 250 m pikkune Pikkhaud. Just siis on õige aeg teha väike peatus Kiviõli linna viival asfaltteel, et heita pilk ka sellele huvitavale loodusvormile.



250 meetri pikkune Pikkhaud

Varem oli Uhaku karstiala reostunud Kiviõli õlivabrikute tööstusjääkidega, kuid tasapisi taastub nüüd siin looduslik olustik. Kavas on moodustada karstiväljal maastikukaitseala.

Karstinähtusi on rohkesti mujalgi Eestis. Huvitavaid ilminguid on Hiiumaal, Rapla ümbruses ja isegi Kagu-Eestis paikneval Devonil lubjakivide väikesel avamusel. Paraku kalduvad karsti tekitatud pinnavormid kiiresti võsastuma ja on seetõttu üsna varjatud. Kohalik rahvas tunneb neid aga hästi just kevadise suurvee eripärase käitumise järgi maastikul.

Karsti praktiline tähtsus

Karsti ulatuslik levik Eesti paelaval toob vältimatult kaasa ka praktilisi probleeme, osalt ebameeldivaid, osalt kasutoovaid.

Kahtlemata tuleb karsti arvestada **ehitustegevuses**. Süvendite rajamisel maapõue võib ootamatult sattuda karstitühemetele, mis võib kaasa tuua ebameeldivaid tõrkeid ja põhjustada lisakulutusi. On teada üksikuid juhtumeid, kus karstiõnused on tekitanud ootamatusi (Lustiveres Põltsamaa lähisel Kohtla-Järvel jt). Et karstiga keerukamaid probleeme ei teki, seda näitab ka suurte liiklusmagistraalide lõikumine

karstivöönditega (Kuivajõe Tallinn-Tartu maantee, Jõelähtme Tallinn-Narva ja Uhaku Kiviõli-Kohtla-Järve teel). Korralikult truubistatud läbivoolude korral ei ilmne teedeehituslikke kahjustusi ka pikema aja kestel. On teada vaid ootamatu teekattelangatus Kolu-Kohila maantee Tuhalas. Enam ebameeldivusi põhjustab ehitustegevuses karstikanalites liikuv vesi, mis võib ettearvatult uputada süvendeid ja tekitada suurt veekadu rajatavates veehoidlates.

Mõistagi on karst suureks ebameeldivuseks **maavarade kaevandamisel**. Seda on tõdetud nii lahtistes karjäärides, kus intensiivne vee sissevool karstivöönditest põhjustab suuri lisakulutusi, kui ka allmaakaevandustes, kus lisanduvad laepüsivusprobleemid või isegi vajadus jätta kasutamata osa maavaravarust. Sellega on olnud tegemist põlevkivi kaevandamisel, kus on ette tulnud mitmeid suuri karstivööndeid, mis järgivad ümbritsevate lubjakivide tektoonilist rikutust ja nende ulatuslikku lõhestatust. Sageli on karstumine rikkunud nende läheduses ka põlevkivi enda: leostanud välja orgaanilise aine, oksüdeerinud selle mustaks, moonutanud algse kihilisuse jne. Karstivee põhiline ebameeldivus on siiski selle intensiivne sissevool karjääridesse ja kaevanduskäikudesse, mille tõkestamiseks on tarvis teha märgatavaid lisakulutusi. Probleeme on

olnud põlevkivi kaevandamisel, kus kaevanduskäikudest väljapumbatav vesi sattus paesse rajatud äravoolukraavide põhjast uuesti läbi kaevanduslagede tagasi kaevandusse. Nii on tulnud mõned kraavipõhjad koguni betoneerida (Sompa-Ojamaa).

Siiski on karsti tähendus kõige suurem just üldises **veemajanduses** ja selle hindamine siin vastandlikke mõtteid tekitav. Nii on karstiõnsusi juba ammusest aegadest kasutatud liigvee ärajuhtimiseks kõlvikutelt – paljud paelavale rajatud kuivenduskraavid on suunatud karstikurisutesse. Ühelt poolt on see ju hea, sest niiviisi täienevad pidevalt piirkonna põhjaveelarud, teisest küljest võib avatud drenide kaudu maapõue suunatav vesi kanda sinna ka äärmiselt kahjulikku reostust, eriti suurfarmide ja tugevasti väetatavate põldude piirkonnast. Karsti kaudu liikuv veel puudub ju isepuhastusvõime, sest siin pole olemas looduslikke liivafiltreid, nagu see on omane poorsetele purdpinnastele.

Ulatuslikku mõju avaldavad karstinähtused regionaalsele veetarbimisele. Karstivesi lubjakivilõhedes on hüdrauliselt omavahel seotud paljudes madalates paepinda rajatud salvkaevudes, viimased on omakorda tihedas seoses lähikonna pinnaveekogude või laialdaste toitealadega. Metsade-soode innukas kuivendamine on viinud pal-

jude kaevude kuivaksjäämisele veevaesetel aegadel, kevadise suurvee ajal aga võivad need reostuda sissekantava mulla, orgaanika ja isegi elustikuga. On teada juhtumeid, kui ajutistesse karstijärvedesse ilmuvad püsivate veekogude kaladki (kogred Savalduma karstialal). Viimasel ajal on tekitanud terava poleemika turbatootmise kavandatud laiendamine Mahtra soostikus ja suure paekarjääri rajamise plaan Nabala ümbrusse Rapla- ja Harjumaa piiril. Veetaseme alandamine neis paigus kutsuks esile mitte ainult unikaalse Tuhala karstia la hääbumise, vaid ilmselt ka piirkonna paljude kaevude kuivaksjäämise. Nende nähtuste korvamine normaalse veevarustuse tagamiseks ulatuslikul alal nõuaks suuri väljaminekuid. Kaevude kõrval mõjutab karstivesi ka allikaid – nende väljavoolu vähenemine muudaks jõgede veeolustikku, mille tagajärjed avalduksid suurte pindaladel. Samas on jahe karstialikate vesi väga sobiv kalakasvatustele ja leiabki kasutamist mitmetes selle suunalistes ettevõtmistes Lääne-Virus ja Saaremaal.

Siit nähtub, et igasugune veeolude reguleerimine karsti levialal nõuab suurt tähelepanu ja tekkivate tagajärgede õiget ning keskkonnateadlikku hindamist, seega hüdrokeoloogilise olustiku hoolikat jälgimist ja uurimist karstilembesel maastikul.

KIRJANDUST

Heinsalu, Ü. 1977. Karst ja looduskeskkond Eesti NSV-s. Tallinn, Valgus. 96 lk.

Heinsalu, Ü. 1987. Eesti NSV koopad. Tallinn, Valgus. 160 lk.

Kink, H. 2006. Veeobjektid "Eesti Ürglooduse Raamatus". Tallinn, TA Kirjastus. 144 lk.

Orviku, K. 1929. Uhaku. Kirde-Eesti karstiala stratigraafiast ja geomorfoloogiast. Tartu Ülikooli Geoloogia Instituudi Toimetused, 14. Tartu. 43 lk.

Pae, T. 2007. Uhaku, Kirde-Eesti avastamata uhkus. Eesti Loodus, 4, 24-25.

Palumets, L., Proosa, H. 2003. Virulase karstikoobas Tuhalas. Rmt.: Eluta loodusmälestiste uurimine ja kaitse. Tartu-Tallinn, TA LK Komisjon. 64-74.

Pirrus, E. 2005. Aluspõhjaastangute karst – Põhja-Eesti paelava iseloomulik geotoop. Eesti Geogr. Seltsi Aastaraamat, 35. Tallinn, Eesti Ensüklopeediakirjastus. 66-75.

Pirrus, E. 2003. Kagu-Eestiski on karstivorme. Eesti Loodus, 12, 48-49.

Pirrus, E. 2004. Pisut karstist. Keskkonnatehnika, 1, 12-14.

Pirrus, E. 1995. Põhjavesi pinnamoe kujundajana Eestis – Ülo Heinsalu elutöö. Rmt.: Teaduse ajaloo lehekülgi Eestist, XI. Tallinn, TA Kirjastus. 203-211.

Talioja, A. 2001. Tuhala. Tallinn, Maalehe Raamat. 112 lk.

SÕNASELETUSI

Diaklasslõhe – maakoore tektoonilistest pingetest tekitatud ulatusliku lõhedesüsteemi üksikvorm kompaktses kivimis

Dolokivi – kaltsiumi ja magneesiumi süsihappesoolast (Ca/MgCO_3) moodustunud kivim

Järta – kevadeti ajutise väikejärvena eksisteeriv karstipõhjaline märgala Märjamaa ümbruses

Jäänukvorm – karstilangatuse keskel või äärtel varasema asendi säilitanud kivimiplokk

Karr – lahustumisprotsessidest konarlikuks söövitatud kivimi pind

Karstumine – kivimite osaline lahustumine maapõues liikuva vee toimel

Karstiala – karstinähtuste levikupiirkond

Karstivöönd – pikisuunas leviv vertikaalselt lõhestatud karstuv kivimikompleks

Karstiväli – pindmiselt nähtavate ilmekate karstivormidega piirkond

Kurisu – vee lehtrikujuline neeldumiskoht maapõue, tavaliselt karstiõõnsuse lae sissevarisemiskoht

Langatusala – ulatuslikuma karstiõõnsuse lae varinguala

Lubjakivi – kaltsiumi süsihappesoolast (CaCO_3) ja vähesest savilisandist koosnev kivim

Paas – lubjakivi ja dolokivi ühisnimetus, mõlemad võivad alluda karstumisele

Pugem – avaus kurisu põhjas või astangu jalamil, kus vesi neeldub maapõue

Salajõgi – maa-alune vee voolutee, tavaliselt tugevasti karstunud lõhekanalite süsteem

Urge – pinnavee neeldumiskoha rahvalik nimetus, kasutatakse tihti pugemi-kurisu kohta

(koostanud S. Randla)

LEPPEMÄRGID

- karstioq



- ①

