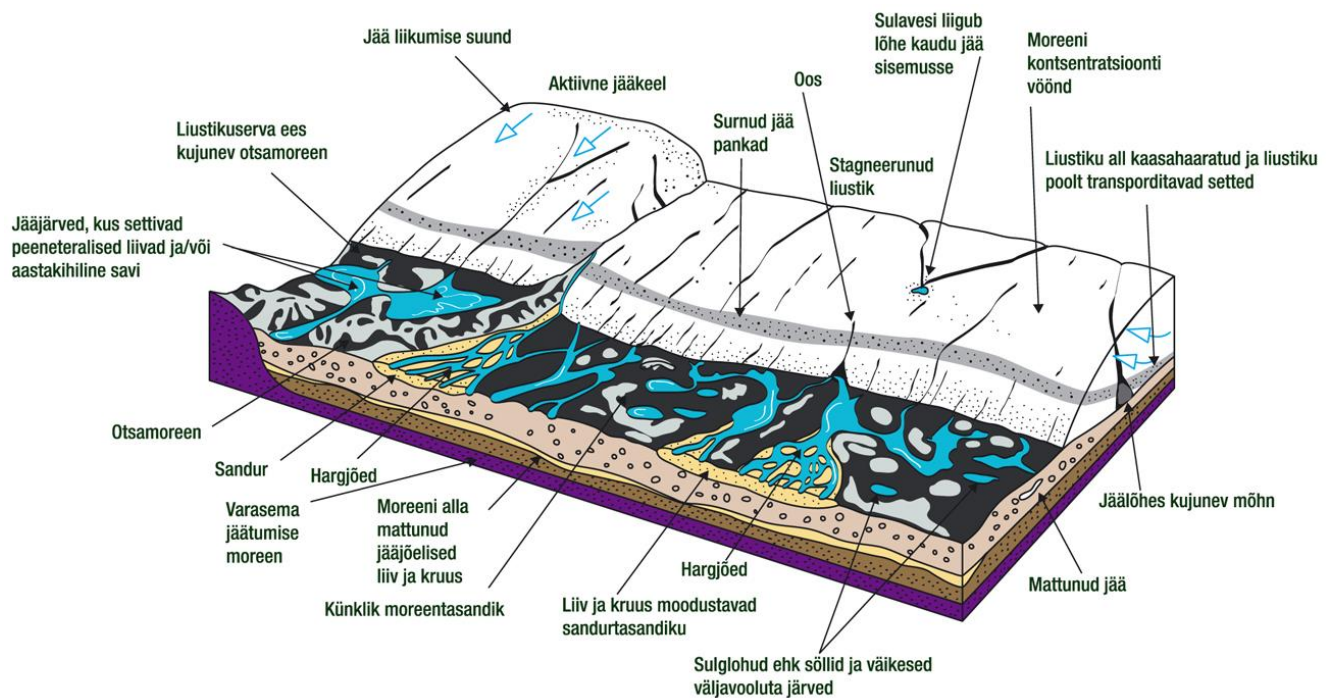


Mida liustikud on meile pärandanud?

Üle kahe miljoni aasta tagasi alanud kvaternaari mandrijäätumise käigus laotusid Skandinaaviast laiali roomanud liustikud valge vaibana üle terve Põhja-Euroopa, tuues endaga kaasa Fennoskandia kaljupõhja materjali. Kui Eesti ala 11 000 aastat tagasi jää alt välja sulas, jäid siia kõik "liustikurändurid", rikastades tänini meie maastikupilti.

Liustik, liikudes üle aluspinna, haarab kaasa seal olevat murendmaterjali ning lihvib ja silub aluspinda. Mehhaaniliselt nõrgemate kivimitega aluspinnalt haarab liustik kaasa rohkem materjali kui vastupidavamate kivimitega aluspinnalt. Nii tekivad kumerad ja nõgusad pinnavormid, mis on enamasti pikliku kujuga ja orienteeritud jää liikumise suunas. **Radiaalsed** on jää liikumise suunas orienteeritud pinnavormid, **marginalsed** aga jää liikumise suunaga risti asuvad pinnavormid. Suuremad jää kulutuslikud nõgusad pinnavormid – **kulutusnõod** ja **kulutusvagumused** – on levinud eelkõige liustiku toitealal. Ilmeka näite kulutusnõgude levikust pakub Soome topograafiline kaart, kus on näha piklike järvede ja järvenõgude radiaalne paigutus jäätumiskeskme (Botnia lahe ümbrus) suhtes.

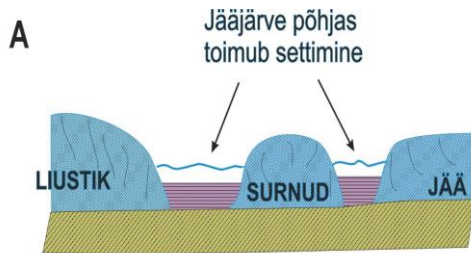
Sulavad liustikud on vorminud meie maastikud. Iga voo, oos, sandur, möhn ja sulglohk on pärandus võimsatest liustikest, mis meie maale liikusid ja siin sulades taandusid.



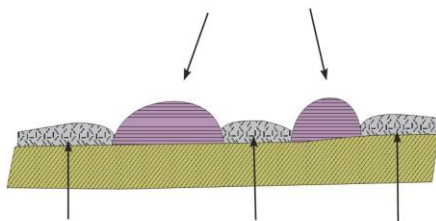
Igal künkal oma nimi

Mõhnad

Mõhnad on liustiku sulamisvee setetest koosnevad ümara või ovaalse põhijoonega künkad. Mõhnad võivad moodustuda jäesulavete setetest ja olla kaetud moreenikihiga. Mõhnad kujunevad liustikuserva lähedal irdjää tingimustes või liustikus olevates lõhedes. Jääpankadevahelises ruumis toimub settimine liustiku sulaveest, kusjuures pankade kohale kujunevad nende sulamise järel mõhnadevahelised lohud.



B Jääpankade sulamise järel moodustuvad jääjärvelistest setetest mõhnad



Jääpankade kohale jäävad madalamad alad või moodustuvad sulglohud, mis tihti ka soostuvad

Kohati võivad mõhnad tekkida ka jääalustes või -sisestes tunnelites, mille laest ja külgedelt väljasulanud moreen võib katta mõhnasetteid. Selliseid vorme nimetatakse **moreenkattega mõhnadeks**. Küllalt laialdaselt on levinud ka mõhnadele sarnase väliskujuga, kuid läbinisti moreenist koosnevad nn **moreenkünkad**. Mõhnad on tavaliselt levinud rühmiti ehk **mõhnastikena**.

Kuju järgi on Eestis enim levinud kungasmõhnad – ümara põhijoonega, 5-25 m suhtelise kõrguse ja 5-25° nõlvakaldega, kihitatud liivast ja kruusast koosnevad ning rühmiti paiknevad pinnavormid. Iisaku ja Mäetaguse ümbruses leidub korrapäraste vöönditena paiknevaid laia tasase laega, jääjärvesetetest koosnevaid **lavamõhnasid**.

Voored on aktiivse jää poolt voolitud moreenist "leivapätsid"

Voored on kulutus-kuhje ehk jää voolimisvormid. Tüüpilised voored on liustiku ja liustiku sulavee setetest koosnevad ning leivapätsi meenutava, pealtvaates ovaalse kujuga künnised, mida on liustiku all voolinud **aktiivne jää**.



Voored, voorestikud, voortevahelised järved

- Voored esinevad valdavalt rühmiti ehk **voorestikena**, kus voored paiknevad üksteisega paralleelselt.
- Voorte pikiteljed näitavad jää liikumise suunda.
- Voori lahutavad üksteisest mitmesuguse sügavusega jääkünde nõod, milles tänapäeval võib esineda pikliku kujuga **voortevahelisi järvi**, nt Saadjärv.
- Voorte kumernõgusad nõlvad on lauged, valdavalt alla 10° kallakusega, ja nende suhteline kõrgus ulatub mõnest meetrist 50-60 meetrini. Kõrgemad kui paarkümmend meetrit on voored siiski vaid üksikutes voorestikes, enamasti jääb voorte kõrgus alla 10 meetri.
- Eesti kõige pikem, Koimula voor (pikkus 13 km ja laius 3,5 km) ning kõige suurema suhtelise kõrgusega (60 m) Laiuse voor on nii Euroopas kui maailmas harvaesinevate mõõtmetega ja kuuluvad nn **hiidvoorte** hulka.
- Voorte erinev kuju ja suurus on tingitud erineva kiirusega liikunud ja lähedega piiritletud jääkeelte erinevast survest aluspinnale. Nõlvade kuju on mõjutanud voortevahelised veekogud.

Voored võivad peita jälgi vanadest jäätumistest

Voorte siseehitus on väga mitmekesine. Nende koostises esineb nii moreeni kui ka liustiku sulaveest pärineva kruusa, liiva ja savi vahekihte ning läätsi. Ühes voores võib leiduda **mitme**

jäätumise moreene, mis näitab, et voorte kujunemine võis toimuda korduvalt ning varasemate jäätumiste ajal tekkinud voored pole hilisemate jäätumiste käigus hävinud, vaid kohati hoopis kasvanud. Sageli on voorte sisemuses aluspõhjakivimeist või ka vanemast moreenist tuum, mille ümber on voorte tekke käigus kuhjatud liustiku- või jääsulavee setteid.

Eesti kõige suuremad voored asuvad Saadjärve voorestikus ehk Vooremaal Tartu ja Jõgeva vahelisel alal. Palju väikevoori on Sakala kõrgustiku äärealadel, Türi ümbruses, Võrtsjärve nõos, üksikuid leidub Lääne-Eesti madalikul ja Harju lavamaal.

Oosid on setetega täidetud liustikujõgede süngid

Oosid ehk vallseljakud on vallikujulised kitsa harjaga järsunõlvallised (10-30°) pinnavormid, mis tekkisid liustikujää pragudes voolanud sulamisvetest jõgede põhja, kui ümbritsevad jääseinad sulasid.

- Ooside pikkus on tavaliselt sajast kuni mõnesaja meetrini, kuid võib ulatuda mitme kilomeetrini. Paljudest oosidest koosnevad ja ulatuslikke jäälöhesid märkivad oosisüsteemid võivad olla kuni 100 km pikkused. Näiteks Kesk-Rootsis Stockholmi läbiv oosisüsteem algab Stockholmist lõunas ja on pidevalt jälgitav kuni Uppsalani. Oosid kujunevad valdavalt liustikesse tekkinud radiaalsetes lõhedes ja tunnelites (radiaalsed ehk **pikioosid**), kuid oosilaadsed vallseljakud võivad moodustuda ka marginaalsena vahetult jääserva ees (marginaalsed ehk **põikoosid**).
- Et oosid tekivad liustikujõe settest ja mitte moreenist, sarnaneb põikooside kujunemine liustikujõe deltade ja sandurite tekkega. Viimastest eristab oose vallilaadne väliskuju, mis tekib paljude liustiku serva ette moodustunud väljakandekuhikute külgsuunalise ühinemise tulemusel (näiteks Palivere servamoodustised Loode-Eestis).
- Ooside koostismaterjali ja morfoloogia varieeruvus viitab erinevatele tekketingimustele.
- Ooside väliskuju tekib alles jääseinte sulamise järel, mil voolukanalit või tunnelit täitnud setted vajuvad laiali ja nõlvad omandavad loomuliku varikalde nurga.



Komeedisarnased oosid

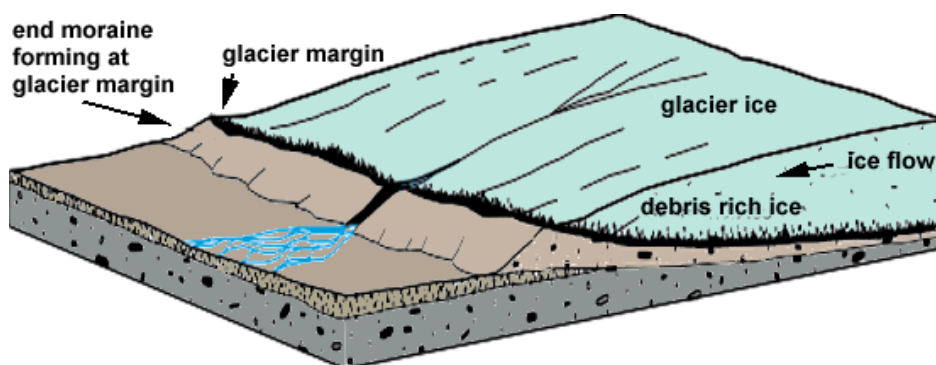
Pikkade vallseljakute kõrval esineb ka kuni paarisaja meetri pikkusi ja 5-15 meetri kõrgusi ebasümmeetrilise pikiprofiiliga oosikuhikuid. Sellised oosid tekivad liustikujõe setete kuhjumisel liustikualuste tunnelite või jääldhede suudmes vahetult liustikuserva ees. Tunnelist või lõhest väljapaiskunud vee voolukiirus väheneb äkitselt ja kaasas kantud setted kuhjuvad väikese lehviku taoliselt vahetult tunneli suudme ees. Ebasümmeetrilise kju tõttu nimetatakse selliseid oose ka **komeetoosideks**. Skandinaavia jäätumisalal leidub komeetoosisarnastest juppidest koosnevaid ja seetõttu korrapäraselt muutuva kõrguse ja laiusega oosiahelikke. Otsakuti liitunud komeetoosidest moodustub oosiahelik liustikuserva järkjärgulise taandumise käigus, kus igal kiire sulamise tõttu veerohkel perioodil tekib üks lüli ahelikust.

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Esker_%28PSF%29.png

Otsamoreenid kujunevad kontaktis liustikuservaga

Otsamoreenid on liustikuservaga paralleelsed künnised, mis kujunevad liustiku sulamisel jääst vabanenud setetest, kui need kuhjuvad vahetult liustiku serva ette.

- Otsamoreenide teke on hästi jälgitav liustikuserva ees, eriti kui see on pikemat aega statsionaarses asendis püsinud. See tähendab, et **jääd sulab sama palju, kui teda peale liigub**.
- Otsamoreenide pikkus ulatub mõnesajast meetrist kümnete kilomeetriteni ja kõrgus mõnest meetrist paarikümne meetrini.
- Et otsamoreenid kujunevad kontaktis liustikuservaga, jääb nende liustikupoolne nõlv tavaliselt järsemaks kui nõlv, kuhu on kantud setteid ka jäasulamisveega.



Küngaste ja orgudega tasandik

Moreentasandikud on kujunenud liustiku ühtlase taandumise käigus, kui jää alt sulab välja põhimoreen, mille paksus on tavaliselt mõni meeter ja mis katab ühtlaselt suuri alasid.

Moreentasandiku teke on erinev otsamoreenide kujunemisest, kus liustikuserv peab mõnda aega paigal püsima või isegi peale tungima.

Moreentasandikud on eriilmelised

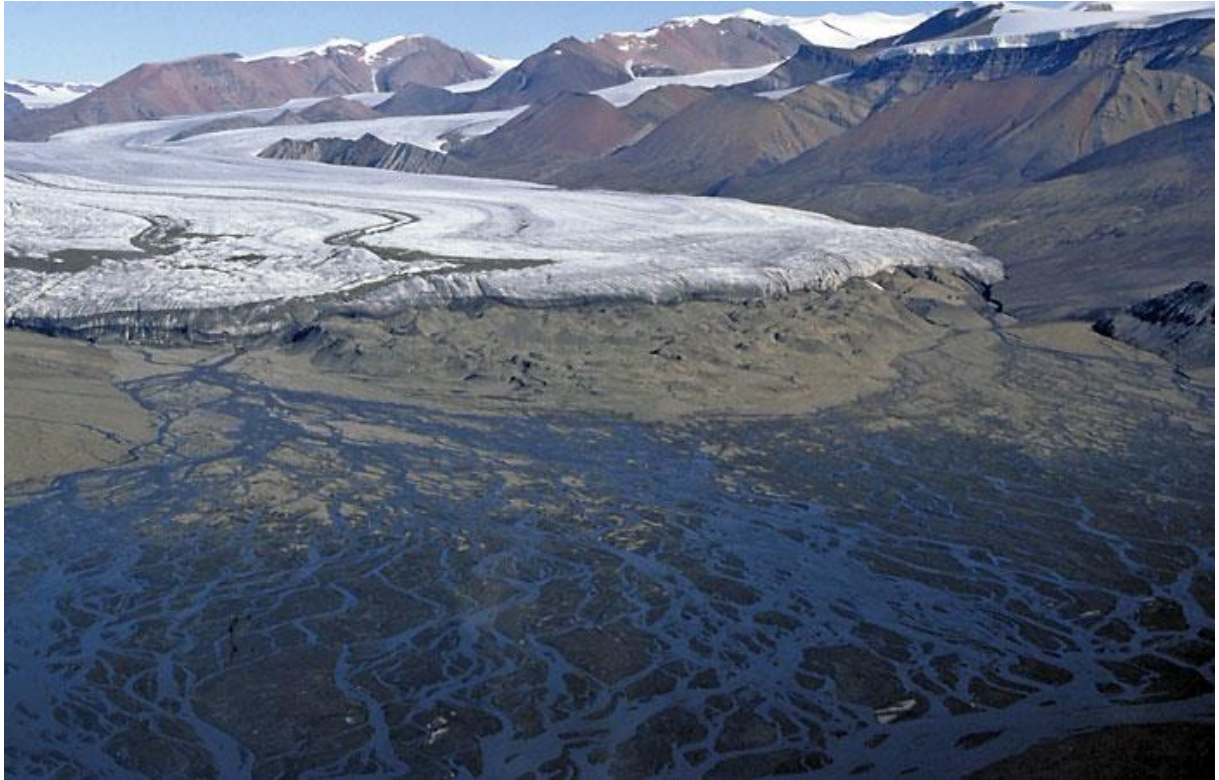
- **Lainja moreentasandiku** pinda liigestavad ebakorrapäraselt mitmesuguse kuju ja suurusega kumerad ja nõgusad pinnavormid, mis tekivad moreeni ebaühtlase paksuse tõttu.
- **Voorestatud moreentasandiku** pinnal on piklikud, ühesuunalised ja korrapäraselt vahelduvad kumerad pinnavormid. See annab märku taanduva liustiku mõningasest aktiivsusest, sest radiaalsed vormid tekivad tavaliselt ladestunud moreeni „voolimisel“ liikuva ehk aktiivse liustiku all.
- **Künklikku moreentasandikku** iseloomustavad kuplilaadsed kumerad pinnavormid ja nendevahelised sulglohud e sõllid, mille kujunemist mõjutavad liustikulõhed ja surnud jää pangad liustikuserva ees.
- **Orustatud moreentasandike** pinda liigestavad orud kujunevad liustiku sulavete tegevuse toimetel.

Liustiku sulavete jäljed - sandurid ja jääjõgede deltid

Liustiku intensiivsel sulamisel võib sulavesi väljuda liustikust kogu liustikuserva ulatuses väiksemate vooludena ja ilma, et kujuneks selge ja sügav äravooluorg. Sarnaselt hargjõgedele need väiksemad sulamisvee voolud kord hargnevad ja siis jälle liituvad, kujundades kaugemas suunas madalduvaid liivast või peenkruusast koosnevaid koonusetaolisi **sandurkuhikuid**. Need võivad omavahel külgepidi liitudes moodustada ulatuslikke lainja kaldpinnaga sandurtasandikke ehk **sandureid**.

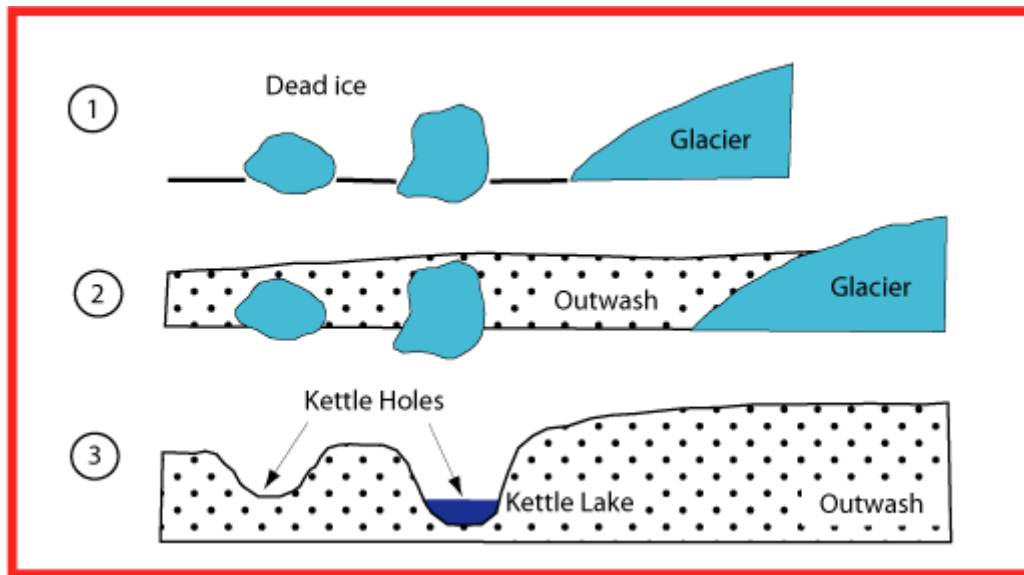
Jääjõelised ehk glatsiofluviaalsed deltid kujunevad liustikujõgede suubumisel liustikuserva ees olevasse jääjärve. Need on glatsiofluviaalsest kruusast ja liivast koosnevad, tänapäeval ümbritsevast alast tihti kõrgemale ulatuvad lainja pinnaga kuhjelised tasandikud. Jääjõgede deltade liustikupoolne nõlv on enamasti selgelt välja kujunenud ja küllaltki järsk (10-20°). Setete paksus võib delta lähimas osas ulatuda mõnest meetrist paarikümne meetrini. Setete terasuurus väheneb kaugema osa suunas kruusast kuni peeneteralise liiva ja aleuriidini.

Glatsiofluviaalse delta kujunemisaegse jääjärve veetaset rekonstrueeritakse delta pealispinna kõrguse järgi. Eestis on Balti jääpaisjärve eri etappide veetaseme kõrgust määratud näiteks Valgjärve, Kemba, Männiku, Nõmme jt glatsiofluviaalsete deltade pealispinna absoluutkõrguse järgi. Balti jääpaisjärve hilisemat taset on määratud Lõuna-Soomes nn Salpausselkä servamoodustiste vööndis eri kõrgusel paiknevate glatsiofluviaalsete deltade pinna järgi.



Sulglohud ja glatsiokarst

Liustikuserva ees ja/või liustike sulamisele järgneva perioodi jooksul on pinnamoe kujunemisel väga oluliseks maapinna sulamisega kaasnevad nõlvaprotsessid ja setete alla mattunud irdjää pankade aeglane sulamine ehk **glatsiokarsti** nähtus. Erineva suurusega irdjää pankad võivad olla mattunud erineva tusedusega settekihi alla ja nende sulamine võib kesta isegi tuhandeid aastaid. Kui jääpanka kohal olev pinnas vajub sulamisest tekkinud tühemikku, siis moodustuvad maapinnale negatiivsed pinnavormid sulglohud ehk söllid. Mõistet glatsiokarst kasutatakse seetõttu, et tekkinud pinnavormid on sarnased karsti langatuslehtritega. Kuna aga glatsiokarsti nähtusega ei kaasne kivimite lahustumist nagu see on iseloomulik karstinähtusele, siis kasutatakse paralleelselt glatsiokarsti mõistele ka mõistet pseudo- ehk ebakarst. Väga iseloomulikud on glatsiokarstilise tekkega nõod näiteks mõhnastikes ja/või künkliku moreenreljeefi aladel, kuid võivad esineda ka üksikute pinnavormide lael näiteks esineb neid sageli voorte lagedel. Sarnaselt mõjutab pinnamoodi ka **termokarsti** nähtus, mis on iseloomulik igikeltsa levikualadele ja kujuneb külmunud maapinna ebahürtlase sulamise tagajärjel. Tekkinud termokarstilistesse nõgudesse kujunevad tihti ka termokarstijärved.



<http://www.landforms.eu/cairngorms/kettle%20hole.htm>



<http://faculty.gg.uwyo.edu/neil/glaciology/photos/kettle1.gif>

Hiiukirnud

Aluspõhjale joana kukkunud või liustikualune survealine jäsulavesi võib teatud tingimustel tekitada omanäolisi poti-taolisi evorsioonilisi pinnavorme, mida kutsutakse **hiiukirnudeks**. Need on ringikujulise avause ja sügava supipaja kujuga õõnsused maapinnas. Hiiukirne esineb erosioonile vastupidavate kivimite levikualal, kus glatsiaalsed setted puuduvad või on väga õhukese kihina ega takista kukkuma või survealise, turbulentselt voolava vee erosioonilist tegevust. Hiiukirnu kulutus toimub veevoolu poolt liikuma pandud munakate ja veeriste abil, mis kuluvad ise ümaramaks ning aluspõhja lohus nagu kuulveskis pööreldes ja tiireldes kulutavad ka lohu sügavaks auguks. Suuremate hiiukirnude põhjast võib praegugi leida

ühtlaselt ümaraks kulunud 'veskikive'. Hiukirnused on Skandinaavia liustiku levikualal leida liustiku kulutusosalal Balti kilbil, Eestile lähemal Soome lahe keskel paikneval Suursaarel. Aluskorra või aluspõhja kivimitesse uuristatud hiukirnude mõõtmed võivad ulatuda mõnekümnesentimeetrisest läbimõõdust ja sügavusest kuni 8 m läbimõõdu ja 15 m sügavuseni. Evorsioonilised vormid ei ole haruldased ka pinnakatte setetes, kus need esinevad nõgude ja lohkudena (näiteks Mägede mõhnastikus, Vooremaal Kassinurmes jm).



Jääkriimud

Liustiku kulutusjäljed võivad olla erineva suurusega. Kõige väiksemateks neist on vaid mõne mm sügavused ja kuni paari meetri pikkused V-kujulise või sujuvama U-kujulise ristlõikega erosioonivaod ehk **jääkriimud** (ingl *striae*); . Jääkriimused ei tekita kivimi pinnale mitte liustikujää ise, vaid selle alumisse ossa külmunud kivimiosakesed, mis üle aluspinna libisedes kriibivad selle pinnale jääkriimused. Radiaalsete vormidena on need tänuväärt materjaliks nii liustiku üldise kui ka lokaalsete liikumissuundade rekonstrueerimisel. Jääkriimud on selgelt jälgitavad vähese pinnakattega või hoopis ilma pinnakatteta aladel, nagu näiteks Soomes ja Rootsis ning Põhja-Eesti karbonaatsel aluspõhjal. Jääkriimused võib kohata ka rändrahnude pinnal, kuid seal on nende orientatsioon rahnude transpordi käigus loomulikult muutunud ega peegelda enam jää liikumise suunda. Jääkriimudele sarnased, veidi suuremad kuni mõnekümne cm laiused ja sügavused liustiku erosiooni vormid on **jääkündeavad** (ingl grooves). Väga põnevad liustiku erosioonivormid on jää ja aluskivimi vahele jäänud kivide veeremisel tekkinud liustiku liikumise suunas ridastikku paiknevad augud või kaarjad lohukesed, mida nimetatakse liustiku **hõõrdelohkudeks** (ingl chatter marks). Ka need vormid on suhteliselt väikesed olles vaid paari cm sügavused ja 10-20 cm pikkused ning arusaadavalt saab neid ühe kivi tekitatult esineda ridastikku vaid üksikud, kuna jääaluse tohutu surve tõttu need jäljed jätanud väiksemad kivid lagunevad väga kiiresti.



http://en.wikipedia.org/wiki/File:Glacial_striation_21149.JPG

Silekaljud

Lisaks hästi tuntud negatiivsetele liustiku kulutusvormidele esineb ka väga erineva suuruse ja kujuga positiivseid jää kulutusvorme. Need kujunevad aluskivimi erineva erosioonikindluse tõttu, kus vähemvastupidavad kivimid liustiku poolt erodeeritakse ja vastupidavamad kivimid kulutatakse, silutakse, lihvitakse tavaliselt jää liikumise suunas orienteeritud pikliku kujuga vormideks. Liustikukeel, mis oma liikumisel jõuab takistuseni, näiteks positiivse pinnavormini, avaldab suuremat survet selle **proksimaalsele** (liustiku liikumisele vastu suunatud) nõlvale ja kulutab selle ajapikku laugeks. Takistuse laele jõudes liustiku surve aluspinnale väheneb ja liustiku edasi liikumine meenutab rohkem tahke keha libisemist mööda aluspinda. See aga põhjustab kujuneva pinnavormi distaalses osas aluskivimist rahnude lahti murdumist/rebenemist ja suhteliselt järsu **distaalne** nõlva kujunemist. Lahtimurdunud rahnud tihti jäävadki distaalne nõlva jalamile kuna jää seal ei ole nii plastne et järsu nõlva jalamilt neid kaasa haarata. Sellise ebäühtlase pikiprofiiliga, mõne kuni mõnekümne meetri pikkusi ja kuni kümne meetri kõrgusi aluspõhja kivimitest kulutusvorme nimetatakse **silekaljudeks** (mõnes piirkonnas on kasutusel ka rahvapärane nimetus oinapead; Eestis kasutatakse säärase liustiku voolitud ja ümbritsevatest aladest kõrgemate aluspõhjaliste kõrgendike kohta nimetust **kõvikud** (Peetri, Mihkli, Salevere kõvik jt) ning enamasti märgivad need ka erosioonile vastupidavamate ja seetõttu vähem kulutatud kivimitüüpide levikualasid. Samasuguse kujuga, kuid suuremaid komeetjaid erosioonilisi jäänukvorme nimetatakse **kaljuvoorteks**. Nii silekaljude kui kaljuvoorte pinnal leidub tavaliselt ka jääkriimuseid ja need pinnavormid annavad näiteks ka iseloomuliku ilme Skandinaavias laialt levinud skäärrannikutele.



<http://brian-mountainman.blogspot.com/2011/07/another-roche-moutonnee.html>

[Liustike pärandus Lõuna-Soomes ja Põhja-Eestis \(2007\)](#)

[Eesti rändkivid \(2007\)](#)