

## Joet jäätyvät – mutta miten?

BELTAOS, SPYROS (2013; toim.). *River ice formation*. 552 s. Committee on River Ice Processes and the Environment, Edmonton.

Jokijää on kaikille suomalaisille tuttua. Itselleni jokijääsanasta syntyy talvinen mielikuva, jossa peltojen keskel-

lä mutkittelee jäätynyt jokiuoma ja valkea lumivaippa peittää jääkannen. Tällainen näkymä herättää yleensä kysymyksen lähinnä siitä, kantaako jää jo hiihtäjän tai kulkijan painon. Ryhdyttyäni tutkimaan jokijään ympäristövaikutuksia viime syksynä aloin perehtyä jokijään muodostumiseen ja sen vaikutuksiin syvällisemmin.

Mieleeni nousi lisäkysymyksiä: miten joki jäätyy, miten jääkansi kasvaa ja sulaa, ja mitkä tekijät vaikuttavat jääpatojen syntyyn. Arvioimani teos vastaa näihin kysymyksiin. Kirja kuvaa yksityiskohtaisesti jokijään muodostumista sekä jäätymisvaiheessa syntyvien jääpatojen fysikaalisia prosesseja kaavojen ja havainnollisten kuvien kera. Se johdattelee lukijan pohtimaan millaisia vaikutuksia joen jäätymisellä on esimerkiksi tulvarisktiin, kalojen elinoloihin, vesivoiman tuotantoon tai uoman morfologiaan.

Teoksen julkaisija on kanadalainen yhteistyökomitea Committee on River Ice Processes and the Environment, joka edistää monin tavoin jokijään tutkimusta. Sisällöstä vastaavat pääosin pohjoisamerikkalaiset jokijään huippututkijat. Teoksen on asiantuntevasti toimittanut yhtenäiseksi Spyros Beltaos Kanadan ympäristövirastosta. Spyros vaikuttaa myös Victorian yliopiston dosenttina kylmien alueiden joki- ja ilmastotutkimuksen alalla ja on julkaissut uransa aikana mittavan määrän tutkimustuloksia erityisesti jokijäästä ja jääpadoista.

Kirja on mainio yhteenveto jokijään muodostumiseen vaikuttavien prosessien fysikaalisesta ja empiirisestä tutkimuksesta. Teoksessa on omat lukunsa esimerkiksi lämpötaseista, jäätyypeistä, jäätymisvaiheen padoista, jään paksumuskasvusta sekä jään vaikutuksesta sedimenttien kulkeutumiseen ja kaloihin. Lisäksi siinä käsitellään mahdollisia toimenpiteitä jokijään kontrolloimiseksi ja haitallisten jääpatojen ehkäisemiseksi. Jäänlähtö on rajattu teoksen ulkopuolelle, sillä Beltaos on koennut kyseisestä aiheesta teoksen vuonna 2008.

Joki voi jäätyä usealla tavalla. Reunajäättä, pinta- ja pohjajäättä sekä hyydettä muodostuu tietyissä olosuhteissa. Olipa jokeen muodostuva jää mitä tyyppiä tai kombinaatiota tahansa, yksi jokijään keskeisistä vaikutuksista on uoman vedenjohtokyvyn pieneneminen. Joessa oleva jää siis nostattaa joen vedenkorkeutta, mikäli virtaama ei muutu.

Reunajää muodostuu aluksi uoman reunoihin, alueille joissa virtausnopeus on pieni. Reunajää kasvaa sopivissa olosuhteissa sekä leveyttää että paksumutta. Keskeisiä tekijöitä reunajään muodostukselle ovat virtausnopeus, veden lämpötila, pakkasumma, uoman muoto ja vedessä olevan hyyteen määrä.

Hyyde on veden seassa olevaa lumi- ja jääsohjoa tai hyhmää, joka syntyy, kun jokivesi on alijäähtynyttä ja turbulentiasta. Hyyde voi tarttua reunajäähän ja siten nopeuttaa sen kasvua. Hyyde on myös riskitekijä. Se voi tarttua uoman pohjaan, erityisesti kiviin, ja muodostaa pohjajäättä, tukkia vedenottoaukkoja tai aiheuttaa suurina kasuumina hyydepatoja ja joen tulvimista. Kirja valottaa hyydekiteiden syntyä, kasvunopeutta sekä niiden kulkeutumista joessa ja jään alla.

Pintajäättä jokeen syntyy, kun pintavesi on jäähtynyt jäätymisspisteeseen ja virtausnopeus on niin pieni, että syntyvät jääkiteet jäävät pinnalle eivätkä sekoitu hyyteeksi veden sekaan. Yhtenäisen jääkannen muodostuminen nopeutuu, mikäli uoman poikki jäätyy jääsillakkeita, jotka pysäyttävät pinnalla kulkeutuvat jään etenemisen. Suomessa muutamilla hyydepatojen riskialueilla, kuten Kokemäenjoessa ja Kymijoen, keinotekoisina sillakkeina käytetään uoman poikki asennettavia jääpuomeja, jotka nopeuttavat pintajään muodostumista. Hyyteen muodostus loppuu sen myötä, kun jokea peittää eristävä jääkansi. Järvissä tai hitaasti virtaavissa joen suvanto-

kohtissa jääkansi voi muodostua hyvinkin nopeasti, yhdessä illassa. Pohjajään (*anchor ice*) muodostus edellyttää joessa voimakasta veden sekoittumista ja se on tyypillistä koskipaikoissa Suomessaakin. Pohjajäästä on olemassa melko vähän maasto- tai laboratoriotutkimuksia, vaikka se vaikuttaa muun muassa pohjaeliöistöön ja kalojen kutualueisiin virtavesissä.

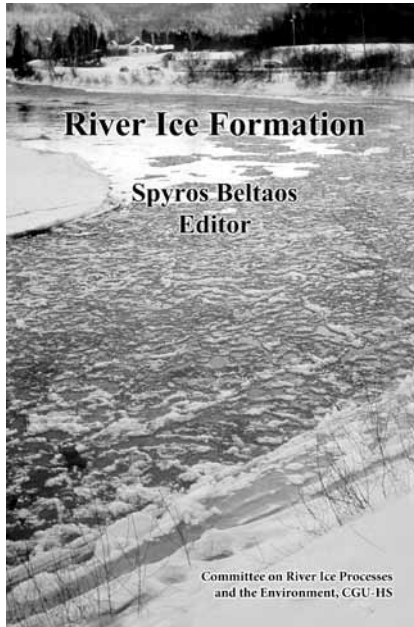
Paannejäättä (*aufeis, naled*) voi muodostua esimerkiksi pieniin puroihin olemassa olevan jääkannen päälle. Suomen suurimmissa joissa vähämerkityksisestä paannejäästä on kirjassa oma lukunsa.

Hyydepatot ovat aiheuttaneet tänä vuonna talvitulvia eri puolilla Suomea, sillä pitkään jatkunutta lauhaa ja sateista jaksoa seurasivat tammikuussa kovat pakkaset. Suuren virtaaman takia jokiin ei muodostunut yhtenäistä jääkantaa ja hyydettä syntyi paljon. Aineellisilta vahingoilta ei myöskään kokoa-

naan välttytty, vaikka hyydepatoja purettiin tammikuussa räjäytyksillä.

Jääpato syntyy tyypillisesti kohtiin, joissa uoman kaltevuus muuttuu jyrkästä loivaksi. Otollisia paikkoja ovat uoman haaraumakohdat tai kapeikot, joihin jää ja jäälautat alkavat kasaantua. Jäätymisvaiheessa syntyvien erityyppisten jääpatojen syntyyn vaikuttavat mekanismit kuvataan kirjassa yksityiskohtaisesti; esimerkiksi se, kasaantuuko ylävirrasta kulkeutuva jää paikallaan olevan jään reunaan vai painuuko se jääkannen alle kulkeutuen eteenpäin. Teos esittelee jääpadon koon ja paksuuden sekä jääpatojen aiheuttaman virtausvastuksen laskentatavat useisiin tutkimuksiin tukeutuen.

Sää vaikuttaa ratkaisevasti jokijääprosesseihin. Ilmassa tapahtuvat muutokset vaikuttavat siten myös jokien jäätilanteeseen. Ilmaston lämpeneminen saattaa lyhentää jokien jääpeitteistä aikaa. Vaikutussuhde ei kuitenkaan ole yksiselitteinen, kun tarkastellaan yhden ilmastoparametrin sijaan kahden tai useamman tekijän yhteisvaikutusta. Pienentyvät syysvirtaamat voivat edesauttaa jokien nopeampaa jäätymistä. Lisäksi kokonais- ja talvisadan lisääntymisen arvioidan runsasjärvissä vesistöissä kasvattavan virtaamia. Tämä voi lisätä hyydetulvien todennäköisyyttä, vaikka lämpötilat yleisesti nousisivat.



Teoksen johdannossa viitataan tuoreisiin yhteenveto-artikkeleihin ilmastomuutoksen vaikutuksista jokiympäristöihin, mutta aiheeseen ei pureuduta tarkemmin. Ilmastomuutoksen vaikutuksia jokiympäristöön tutkitaan nykyään tiiviisti ja kirjoittajien suunnitelmissa on muutama vuoden kuluttua laatia aiheesta oma teoksensa.

Arvioitava teos avartaa näkemään, miten moninaisia tekijöitä jokijään syntyyn ja kasvuun liittyy. Uoman muoto ja koko, veden ja ilman lämpötila, auringon säteily, tuuli, sadanta ja tietysti virtausnopeus vaikuttavat kaikki osaltaan jokijäähän. Vaatii taitoa ja osaamista ymmärtää eri tekijöiden merkitys ja niiden vuovaikutussuhteet. Tämän monimutkaisen asiakokonaisuuden hallintaan kirja antaa hyviä eväitä. Jään ja jääpatojen aiheuttamien tulvien ennakointi numeerisilla laskentaohjelmilla on huomattavasti monimutkaisempaa kuin sulan ajan tulvien ennustaminen. Alati muuttuvan jokijään synnyn ja sulamisen numeerinen mallinnus perustuu monin osin empiirisiin kaavoihin, joita ei voi yleispätevästi soveltaa kaikkiin kohteisiin. Esimerkiksi reunajään, pohjajään ja erityisesti jääpatojen ennustamisessa käytettäviä menetelmiä on syytä kehittää. Pelkästään reunajään muodostuksesta kirja esittelee neljä erilaista empiiristä kaavaa, joissa virtausnopeus, ilman ja veden lämpötilaero, uoman leveys tai poikkileikkaus, tai tuulen nopeus vaikuttavat joen jäätymiseen. Yleispätevää jokijäämallia ei edelleenkään ole saatavissa. Numeerisiin malleihin viitataan kirjassa useissa asiayhteyksissä, mutta kokonaisuutta olisi täydentänyt, jos kirjaan olisi sisällytetty luku tämänhetkisen numeerisen jokijään mallinnuksen mahdollisuuksista, rajoitteista ja kehitysnäkymistä.

Teos luo tiiviin mutta kattavan katsauksen jokijääprosessien tutkimukseen. Lähdeluettelo sisältää yli 700

viitettä. Kiinnitin erityisesti huomiota viittauksiin, joissa on mukana suomalaisia kirjoittajia. Niitä löytyy kirjasta yllättävän vähän. Tulos kuvastaa sitä, että jokijään tutkimus on Suomessa erittäin kapean joukon harteilla. Suomen kylmä ilmasto ja sijainti pohjoisen napapiirin molemmin puolin tarjoaisivat sopivia jokijään tutkimuskohteita laajemmallekin tutkijajoukolle.

Erilaisten fysikaalisten ja empiiristen kaavojen runsaus tekee teoksesta paikoitellen raskaasti lähestyttävän niille, jotka eivät ole tottuneet kaavoja lukemaan. Toisaalta teksti on sujuvaa ja selkeää. Kirjoittajat lisäksi elävöittävät muutamia kaavoja laskentaesimerkkien avulla. Näistä on mahdollista oppia, että esimerkiksi vesisade ei juuri vaikuta jokiveden lämpötilaan. Sen sijaan, jos sama vesimäärä sataa jokeen lumena, voi se pudottaa jokiveden lämpötilan nolleen, koska lumi sulassa viilentää jokivettä tehokkaasti.

Kaikkiaan teos on oiva tietopaketti jokijäästä. Ainakin tutkijat, opettajat ja opiskelijat löytävät siitä oman taustansa ja tarpeiden pohjalta monitasoisesti hyödyllistä tietoa.

## KIRJALLISUUS

Beltaos, S. (2008). *River ice breakup*. 480 s. Water Resources Publications, Highlands Ranch.

MARIA KÄMÄRI

*Vesikeskus, Suomen ympäristökeskus  
Kirjoittajan väitöstutkimusta rahoittaa  
Maj ja Tor Nesslingin säätiö*