

Eetu Kasurinen

# VESIVOIMALAITOKSEN KALATIEN RISKIANALYYSI

Kemijoen Taivalkosken voimalaitos

Diplomityö  
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta  
Tarkastaja: Marja Palmroth  
Tarkastaja: Annina Takala  
Lokakuu 2022

# TIIVISTELMÄ

Eetu Kasurinen: Vesivoimalaitoksen kalatien riskianalyysi  
Diplomityö  
Tampereen yliopisto  
Ympäristö- ja energiatekniikan DI-ohjelma  
Lokakuu 2022

---

Kemijoki Oy on käynnistänyt kalatiehankkeen Kemijoen vaelluskalojen luonnollisen lisääntymisen edistämiseksi. Kalatie on tarkoitus rakentaa Taivalkosken vesivoimalaitoksen yhteyteen, joka on Kemijokea ylävirtaan mentäessä toinen vesivoimalaitos. Tämän työn tarkoituksena oli suorittaa riskianalyysi Taivalkosken kalatiehankkeeseen eli arvioida hankkeesta aiheutuvia riskejä sen tilaajalle Kemijoki Oy:lle. Riskianalyysin toteutus on osa hankkeen riskienhallintaa. Lisäksi teoriaosuuden perusteella verrattiin Taivalkosken kalatien suunnitelmien ajantasaisuutta nykyiseen tietämykseen kalateistä. Riskianalyysi suoritettiin palaverina ja se nojautui asiantuntija-arvioihin. Teoriaosuus sekä Taivalkosken kalatien suunnitelmien arviointi perustui viimeaikaisiin kirjallisuuslähteisiin sekä asiantuntijahaastatteluihin.

Yleisesti ottaen kalatien rakentaminen ja ylläpito ei ole ympäristöllisesti, terveydellisesti tai yhteiskunnallisesti korkean riskiluokan toimintaa. Siihen ei yleensä liity kemikaalivaaraa tai mahdollisuutta ympäristön laajamittaiseen turmelemiseen. Riskianalyysin tulokset olivat odotuksien mukaisia, hankkeesta ei tunnistettu työn tekijän mielestä yllättäviä riskejä. Hankkeesta tunnistettiin yhteensä 36 vaaraa, joista 35 arvioitiin, eli riskien kokonaismääräksi tuli 35 kappaletta. Merkittävimmät riskit liittyivät tekniseen toimivuuteen, sidosryhmiin sekä mahdollisesti muuttuviin kalatalousvelvoitteisiin. Merkittävyydeltään kohtalaisia sekä merkityksettömiä riskejä oli eniten, merkittäviksi riskeiksi arvioitiin kuusi ja vain yksi riski ylitti sietämättömän rajan. Sietämättömäksi riskiksi osoittautui alasvaelluksen epäonnistumisen mahdollisuus, varsinkin smolttien kohdalla. Alasvaelluksen epäonnistuminen on yleinen ongelma kaikissa rakennetuissa joissa, missä pyritään palauttamaan vaelluskalojen luonnollinen elinkierto.

Suunnitelmien ajantasaisuuden arvioinnissa johtopäätökseksi muodostui, että Taivalkosken kalatiehanke on huolellisesti suunniteltu ja perustuu hyvin ajantasaiseen tietämykseen kalateistä. Ainoastaan suunniteltujen virtaamien suuruudet sekä sisäänkäynnin sijoittaminen aiheuttavat epävarmuustekijän kalatien tehokkuuden suhteen. Perusvirtaama kalatiessä on suunniteltu olevan 1–3 m<sup>3</sup>/s riippuen kohdasta ja sitä on tarkoitus lisätä ajoittain 2–4 m<sup>3</sup>/s houkutusvirta-altaan avulla.

# ABSTRACT

Eetu Kasurinen: Risk analysis of fish passage in hydropower plant  
Master of Science Thesis  
Tampere University  
Master's degree in Environmental and Energy Engineering, MSc (Tech)  
October 2022

---

Finnish hydropower Kemijoki Ltd has started a fish passage project to promote natural reproduction of migratory fish in Kemijoki. The fish passage is supposed to be built in connection with the Taivalkoski hydropower plant, which is the second power plant upstream of Kemijoki. The purpose of this work was to perform a risk analysis for the Taivalkoski fish passage project. Purpose of the risk analysis is to identify and assess the risks that targets Kemijoki Ltd. The implementation of the risk analysis is part of the project's risk management. In addition, the Taivalkoski fish passage designs was compared with the current knowledge of fishways. The risk analysis was carried out in brainstorm meeting and was based on expert assessments. The theoretical part and the evaluation of the Taivalkoski fishway plans were based on recent literature sources on the subject and expert interviews.

In general, the construction and maintenance of the fish passage is not a high-risk activity. It usually does not involve a chemical hazard or other possibility of a large-scale damage to the environment. The results of the risk analysis were in line with expectations, no surprising risks were identified in the project according to the person creating this work. A total of 36 risks were identified from the project, of which 35 were assessed, so the total number of risks became 35. The most significant risks were related to technical functionality, stakeholders and potentially changing fisheries obligations. Most of those were assessed moderate and insignificant risks, six were assessed as significant risks and only one risk exceeded the intolerable limit. The possibility of a downstream migration failure, especially for salmonids smolts, turned out to be an intolerable risk. However, according to Kemijoki Oy, the risk has been considered and measures are being planned to make the downstream migration more efficient.

In the evaluation of the up-to-dateness of the Taivalkoski fish passage designs, the conclusion was that the project has been carefully planned and is based on very up-to-date knowledge of fish passages. Only the magnitudes of the planned discharges and the placement of the entrance cause an uncertainty factor regarding the efficiency of the fishway. The basic discharge in the fishway is planned to be 1–3  $m^3/s$ , depending on the location of the passage. In addition, the regular discharge is intended to be increased from time to time by 2–4  $m^3/s$  with the help of the attraction flow pool.

# ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tampereen yliopistolla Welado Oy:n toimeksiantona, joka on puolestaan saanut toimeksiannon Kemijoki Oy:ltä. Haluan kiittää varsinkin Welado Oy:tä diplomityön kirjoittamismahdollisuudesta sekä erikseen Ruusu Kalliota, joka auttoi minua koko prosessin ajan sekä huolehti, että minulla on kaikki tarvittava saatavilla työn toteuttamiseen. Lisäksi Weladolta haluaisin kiittää Tero Leppästä ohjeistuksesta ja loistavista kommentteista. Kemijoki Oy:tä haluaisin kiittää mahdollisuudesta työn kirjoittamiselle sekä vieraanvaraisuudesta heidän tiloissaan tehtyjen vierailuiden osalta. Kiitokset kuuluvat myös Tampereen yliopistolle ja sieltä varsinkin Marja Palmrothille ja Annina Takalalle, jotka antoivat hyviä ideoita sekä kommentteja. Suurta apua sain myös vapaaehtoisesti osallistuneilta Pauliina Louhelta sekä Peter Rivinojalta. Heillä on vahva ja monimuotoinen asiantuntemus kalateistä sekä niihin liittyvistä aiheista.

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. VAELLUSKALAT JA KALATIET .....	3
2.1 Vaelluskalat.....	4
2.2 Vaellusesteet .....	6
2.3 Istutukset .....	8
2.4 Kalatiet.....	9
2.4.1 Tekninen kalatie.....	10
2.4.2 Luonnonmukainen kalatie .....	13
2.4.3 Luonnonmukainen ohitusuoma .....	15
2.5 Tärkeimmät kalatien tehokkuuteen vaikuttavat tekijät.....	15
2.5.1 Kalateiden seuranta ja tilastolliset tutkimukset .....	16
2.5.2 Riittävä virtaama ja virrannopeus .....	17
2.5.3 Sisäänkäynnin sijoittaminen sekä houkutusvirtaama.....	19
2.5.4 Alasvaellus.....	21
2.5.5 Nousun viivästys.....	22
3. RISKIANALYYSI .....	24
3.1 Riskianalyysin vaiheet.....	26
4. AINEISTO JA MENETELMÄT .....	32
4.1 Case Taivalkosken kalatie.....	32
4.1.1 Uudistuvat kalatalousvelvoitteet .....	33
4.1.2 Rakenteet .....	35
4.1.3 Muut huomionarvoiset rakenteet.....	38
4.2 Aineisto ja menetelmät.....	39
4.2.1 Valittu riskianalyysimenetelmä .....	40
4.3 Tutkimusprosessi .....	40
5. TULOKSET .....	43
5.1 Riskiympäristö.....	43
5.1.1 Kalatalousvelvoitteet .....	46
5.1.2 Tehokkuutta mahdollisesti rajoittavat tekijät .....	47
5.2 Riskianalyysin tulokset .....	48
5.2.1 Merkitykseltään vakavimmiksi arvioidut riskit .....	49
5.2.2 Merkitykseltään lievemiksi arvioidut riskit .....	51
5.3 Riskianalyysin yhteenveto työn arviointi .....	52
6. JOHTOPÄÄTÖKSET .....	54
LÄHTEET .....	56
LIITE 1: RISKIENHALLINTASUUNNITELMA .....	61
LIITE 2: TUNNISTETUT MAHDOLLISUUDET .....	66
LIITE 3: RISKIMATRIISI .....	67
LIITE 4: OSALLISTUJAT.....	68

# SANASTO

Alakanava	Voimalaitoksen läheinen alajuoksun alue
Geenipooli	Lajin tai eliöpopulaation geenien joukko
Genotyyppi	Yksilön vanhemmiltaan perimien kaikkien geenimuotojen kokonaisuus
Riski	Määrätyn vaarallisen tapahtuman esiintymistaajuuden ja seurauksen yhdistelmä
Riskilaji	Riskin vaikutuskohde. Riskilajeja ovat esimerkiksi henkilö- ja ympäristöriskit
Riskianalyysi	Saatavissa olevan tiedon järjestelmällistä käyttämistä vaarojen tunnistamiseksi sekä ihmisiin tai väestöön, omaisuuteen tai ympäristöön kohdistuvan riskin suuruuden arvioimiseksi
Patoallas	Voimalaitoksesta ylävirran puolelle muodostunutta vesialuetta
Smoltti	Lohikalan vaelluspoikanen, joka pyrkii ensimmäistä kertaa joesta merelle
Vaara	Mahdollinen vahingon lähde tai tapahtuma
Vaelluskalat	Merestä tai järvestä jokeen lisääntymään vaeltavat kalalajit
Virrannopeus	Uomassa kulkevan veden matka sekunnissa ( $m/s$ )
Virtaama	Vesimäärä, joka kulkee uoman poikkileikkauksen läpi sekunnissa. Virtaama ilmoitetaan yleisesti $m^3/s$ eli kuutiometriä sekunnissa

# 1. JOHDANTO

Vaelluskala on yleisnimitys toiseen elinympäristöön lisääntymään vaeltaville kalalajeille. Tyypillisimmin vaellus tapahtuu merestä tai järvestä jokeen ja sieltä takaisin. Monesti vaelluskaloista puhuttaessa huomio keskittyy merestä jokeen vaeltavaan meriloheen. Vaelluskalojen tilanne on maailmanlaajuisesti hankala, johtuen suurimmaksi osaksi virtavesien valjastamisesta energiantuotantoon vesivoimalaitosten avulla. Vesivoimasta saadaan tärkeää säätövoimaa, jolla pystytään tasaamaan sähköntuotannon ja -kulutuksen sekä sähköverkon taajuuden vaihteluita (Energiateollisuus, 2022). Vedestä saatavalla energialla on kuitenkin käänköpuolensa, sillä joki joudutaan yleensä patoamaan kauttaaltaan vedenpinnan nostamiseksi, jolloin koko joen ekosysteemi häiriintyy. (Hershey, 2021). Pato toimii samalla ylitsepääsemättömänä esteenä ylävirtaan pyrkiville kaloille. Osittainen ratkaisu ongelmaan on kalatien rakentaminen vaellusesteen ohitse. Kalatiet ovat erityisesti vaelluskaloille erikseen rakennettuja pieniä sivuvirtoja tai laitteita, joiden tarkoituksena on mahdollistaa jokea ylävirtaan pyrkivien kalojen pääsy jokeen rakennetun esteen ohitse. Kalateiden virtaamat ovat kuitenkin usein vain murto osa padotun joen virtaamasta, joten niiden toimivuus ei ole itsestään selvä asia, vaan ne täytyy suunnitella huolellisesti (Noonan et al., 2012a).

Patoamisen vaikutukset ovat kiinnostaneet ihmisiä aina 1940-luvun lopulta lähtien, jolloin virtavesiä ryhdyttiin valjastamaan nopealla tahdilla energiantuotannon tarpeisiin. Kiinnostus jatkuu edelleen yleistyvän ympäristötietoisuuden sekä virkistyskalastuksen johdosta, ja viime vuosina onkin alettu tekemään enenevässä määrin toimenpiteitä vaelluskalojen hyväksi. Suomessa on vuonna 2012 julkaistu valtioneuvoston periaatepäätös Kansallinen kalatiestrategia, jonka avulla pyritään ohjaamaan vaelluskalakantojen parannustoimia. Kansallinen kalatiestrategia painottaa suuresti lajien luonnollista lisääntymistä, mutta ei jätä huomiotta istutustoimintaa, joista monien vesistöjen vaelluskalakanat ovat riippuvaisia (Valtioneuvosto, 2012). Lisäksi Maa- ja metsätalousministeriö hallinnoi vaelluskalakantojen elvyttämiseen tarkoitettua NOUSU-ohjelmaa. Sen tavoitteina on parantaa vaelluskalojen luonnollisia elinympäristöjä sekä lisätä kalojen vaellusyhteyksiä. Tarkemmin yksi tavoitteista on pienvesivoimaloiden purkaminen jokiekosysteemien ja vaellusyhteyksien palauttamiseksi (Maa- ja metsätalousministeriö, 2022). Pienvesivoimaloiden osuus vesivoimalla saatavasta energiasta Suomessa ja maailmalla on alhainen verrattuna suurien vesivoimaloiden tuottamaan energiaan. Pienvesivoimaloiden

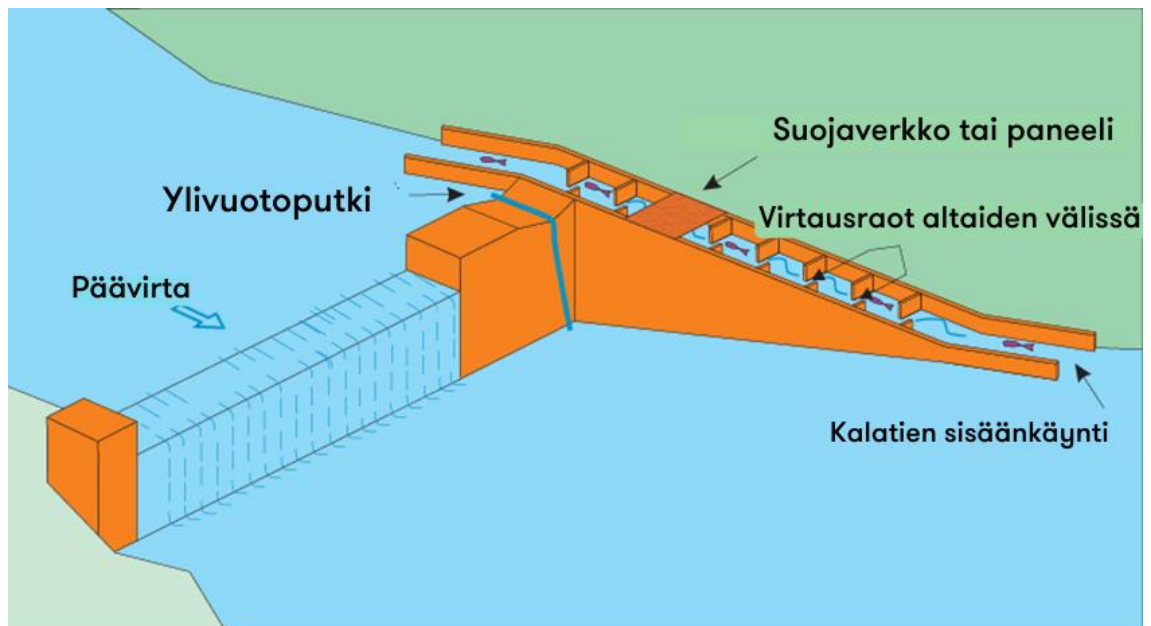
tapauksessa täytyykin pohtia, onko niiden merkitys energiantuotannossa suurempi kuin niiden turmeleman jokiekosysteemin arvo. Myös suurien voimalaitosten tapauksessa tätä samaa seikkaa tulee pohtia, mutta näiden merkitys energiantuotannossa kansallisella tasolla on jo huomattavasti suurempi. Suurten vesivoimalaitosten yhteyteen rakennettavat kalatiet ovat siis yleisesti ottaen perustellumpi ratkaisu kuin pienvesivoimalaitosten tapauksessa. Pienvesivoimalaitosten kohdalla täytyy pohtia, onko niiden yhteyteen järkevää rakentaa kalatietä vai kannattaako voimalaitosrakenteet poistaa kokonaisuudessaan.

Kemijoki on Suomen pisin joki ja se laskee Pohjanlahteen Itämereen. Kemijoki padottiin vuonna 1949 jokisuusta Isohaaran vesivoimalaitoksen johdosta. Tämä esti kokonaan vaelluskalojen kulun joen yläosiin ja sieltä takaisin mereen. Ennen patoamistaan Kemijoki oli yksi Euroopan tuottoisimmista lohijoista, ja lohen nousuvaellus ylettyi koko Suomen poikki Savukoskelle saakka (Niemi, 2021). Isohaaran voimalaitoksen yhteyteen rakennettiin kalahissi vuonna 1951, mutta tämä ei toiminut tarkoituksessaan (Ponnikas et al., 2002). Vuonna 1993 Isohaaran etelärannalle valmistui patorakenteet ohittava Vallitunsaaren kalatie. Tämäkään ei toiminut vaelluskalojen kulkuväylänä tarpeeksi tehokkaasti. Lisäystä kalateihin saatiin vuonna 2012, kun pohjoisrannalle valmistui Isohaaran kalatie, mutta tämänkin toiminta tarkoituksessaan on ollut heikkoa (Jaukkuri et al., 2022). Isohaarasta Kemijokea ylävirtaan mentäessä seuraava kalojen lisääntymisvaelluksen pysäyttävä este on Taivalkosken voimalaitos, missä on tällä hetkellä käytössä hydraulinen Kalasydän-järjestelmä. (Rinnevalli et al., 2020). Kalasydämen lisäksi Taivalkosken voimalaitoksen yhteyteen rakennettavasta kalatiestä on käynnistetty hanke, joka on käynnissä tämän työn kirjoittamishetkellä.

Tämän työn tarkoitus on suorittaa edellä mainittuun hankkeeseen riskianalyysi, mikä pitää sisällään vaarojen tunnistamisen, suuruuden ja seurausten arvioinnin sekä toimenpiteiden laadinnan. Riskianalyysi suoritetaan Taivalkosken kalatiehankkeen tilaajan näkökulmasta, joten siinä tunnistetaan ja arvioidaan vain Kemijoki Oy:lle kohdistuvat riskit. Lisäksi teoriaosuuden perusteella verrataan Taivalkosken kalatien suunnitelmien ajantasaisuutta nykyiseen tietämykseen kalateistä. Työssä on kaksi teoria lukua aiheen taustoittamiseksi. Toisessa luvussa käsitellään kalatien teoriaa ja esitetään tämänhetkisten tutkimusten sekä kokemusten valossa toimivalle kalatielle tyypillisiä piirteitä. Kolmannessa luvussa kerrotaan riskianalyysin tarkoituksesta ja sisällöstä. Neljännessä luvussa selvennetään käytetyt aineistot sekä menetelmät ja viidennessä käsitellään riskianalyysin tulokset sekä arvio suunnitelmien ajantasaisuudesta. Kuudennessa luvussa esitetään työn johtopäätökset.

## 2. VAELLUSKALAT JA KALATIET

Kalatieet ovat vaelluskaloille erikseen rakennettuja pieniä sivuvirtoja tai laitteita, joiden tarkoituksena on mahdollistaa jokea ylävirtaan pyrkivien kalojen pääsy siihen rakennetun esteen ohitse (kuva 1). Yleisesti ottaen vaellusesteenä on pato ja sen yhteyteen rakennettu vesivoimalaitos, mutta myös muut vesistörakenteet saattavat pysäyttää kalojen vaelluksen. Padot rakennetaan usein koskipaikoille, sillä niissä on suurin maaston jyrkkyys. Näin putouskorkeus ja samalla energiantuotanto saadaan maksimoitua. Kaikki lajit eivät ole kyenneet nousemaan alkuperäisestä luonnontilaisesta koskesta, joten koskien ylä- ja alapuolella saattaa olla luonnostaankin eri lajisto tai lajien sisällä erilainen perimä. (Rivinoja, 2022). Tämän johdosta kalatien virtausolosuhteet olisi hyvä rakentaa mahdollisuuksien mukaan jäljittelemään alkuperäisen kosken olosuhteita. Hyvä kalatie siis mahdollistaa monen vaeltavan kalalajin pääsyn esteen ohitse, mutta rajoittaa sellaisten lajien nousua, jotka eivät olisi kyenneet kulkemaan alkuperäisestääkään koskesta. Tämä on kuitenkin vaikeaa toteuttaa, sillä lajien ominaisuudet vaihtelevat suuresti uintikyvyn sekä käyttäytymisen mukaan. Esimerkiksi vaellussiika on huomattavasti heikompi uimari kuin merilohi, eikä kykene nousemaan suuren virrannopeuden omaavia kalateitä.



**Kuva 1.** Kaavamainen kuva kalatien periaatteesta (muokattu: Alvarez-Vázquez et al., 2011)

Kalateiden suunnittelussa on aikojen saatossa ehkä epäonnistuttu useammin kuin onnistuttu eli tehoton kalatie on enemmän sääntö kuin poikkeus, tästä hyvänä esimerkkinä ovat Kemijoen alajuoksulla sijaitsevat Isohaaran ja Vallitunsaaren kalatiet (Jaukkuri et

al., 2022). Kalateiden rakentamisessa on keskitytty enemmän tekniseen puoleen, eikä otettu huomioon käyttäjäkuntaa eli kaloja. Nykyinen suuntaus kuitenkin pyrkii ottamaan huomioon myös biologiset vaatimukset ja vaelluskalojen käyttäytymistä tutkitaan jatkuvasti (Drouineau et al., 2018). Asiaan perehtymättömät näkevät usein kalatien rakentamisen helppona prosessina, mitä se ei kuitenkaan ole. Haastetta kalojen biologisten tarpeiden tyydyttämisen lisäksi tuo se, että kalatie rakennetaan monesti padon rakentamisen jälkeen, jolloin rakentaminen täytyy suorittaa patorakenteiden ja ympäröivän alueen ehdoilla. (Rinnevalli et al., 2020). Teknisten haasteiden lisäksi kalatie pitäisi pyrkiä suunnittelemaan niin, että se tukisi joen ekosysteemiä. Tiettyyn kohteeseen tulevan kalatieratkaisun täytyy siis ottaa huomioon rakenteet, kohdekalalajit, joen olosuhteet sekä työn tilaajan vaatimukset. Nämä kaikki huomioon otettaessa rakennettavasta kalatiestä tulee yleensä ainutlaatuinen, joka ei välttämättä toimisi tai sitä ei olisi edes mahdollista rakentaa muissa olosuhteissa.

## 2.1 Vaelluskalat

Vaelluskalat ovat kalalajeja, jotka vaeltavat lisääntymään toisenlaiseen elinympäristöön. Tyypillisesti vaelluskalat nousevat järvestä tai merestä jokeen lisääntymään. Suomessa esiintyviksi vaelluskalalajeiksi lain perusteella luokitellaan lohi, järvilohi, ankerias, nahkiainen, taimen, sekä nieriän, harjuksen sekä siian vaeltavat kannat (Kalastuslaki, 379/2015). Vaeltavien kalalajien lisäksi muutkin lajit vaihtelevat elinympäristöään vuodenaikojen, elinvaiheiden ja olosuhteiden mukaan (Leaniz & Fuent, 2018). Rakennetuissa sekä rakentamattomissa joissa on yleistä, että kalalajit liikkuvat vuodenaikojen mukaan pääuomasta sivujokiin ja takaisin (Jonsson & Jonsson, 2011) Huomionarvoista on myös varsinkin lohikalajien poikasvaiheen elinympäristön vaihtelut. Varhaisvaiheessa poikaset hakevat suojaa aivan matalista virroista, joihin suuret saalistajat eivät veden vähyyden takia kykene uimaan. Valitettavasti tämänkaltaisia virtaavia matalikkoja ei hidasvirtaisissa patoaltaissa liioin ole. Tutkimusten yhteydessä on kuitenkin huomattu, että merilohi pystyy kutemaan syvempäänkin veteen, kunhan pohjan materiaali on sopivaa ja virtausolosuhteet otolliset. Mätiä on löydetty jopa kolmen metrin syvyydestä, mutta kuoriutuneet poikaset ovat tällöin paljon alttiimpia saalistukselle kuin matalassa vedessä (Linnansaari et al. 2010). Patoaltaalla tarkoitetaan voimalaitoksesta ylävirran puolelle muodostunutta vesialuetta.

Lohen elinkierto on monia vaiheita, jotka ovat havainnollistettuna kuvassa 2. Monilla merestä jokeen vaeltavilla lajeilla kuten meritaimenella vaiheet ovat samankaltaiset. Numero 1 tarkoittaa sukukypsän lohen lisääntymisvaellusta, kudun lähentyessä lohen väriytyminen muuttuu tummemmaksi ja uroksille kasvaa alaleukaan tunnistettava koukku.

Numero 2 kuvaa mätivaihetta sekä vastasyntyntä poikasta, jolla on vielä ruskuaispussi. Numerot 3–4 kuvaavat jokipoikasvaihetta, jolloin poikaset elävät joessa ja kasvavat hiljalleen. Numero 5 kuvaa smolttivaihetta, jolloin poikaset siirtyvät merelle syönnökselle. Tämä tapahtuu noin 2–3 vuoden kuluessa syntymästä. Smoltti tarkoittaa siis lohikalan vaelluspoikasta, joka pyrkii joesta ensimmäistä kertaa merelle. Numero 6 kuvaa merivaihetta, joka kestää ensimmäistä kertaa merelle vaeltavilla smolteilla yhdestä kolmeen vuotta, jonka jälkeen ne palaavat jokeen lisääntymisvaellukselle. Niin merilohen kohdalla kuin muillakin lajeilla, kaikkien näiden vaiheiden on onnistuttava, jotta lisääntyminen voi jatkua kestävästi. (Cefas, 2020) Vaiheiden onnistuminen on myös ekosysteemin kannalta oleellista, sillä ne ovat tärkeä osa vesien monimuotoisuutta ja muodostavat tärkeän linkin eri elinympäristöjen välillä (Koljonen et al., 2021).



**Kuva 2.** Lohen elinkierron vaiheet. Kuvan tekijä, © Robin Ade

Poikaset ovat koko poikasvaiheen ajan erittäin alttiita saalistukselle, minkä lisäksi alusvaelluksen vaarat kuten makean veden vaihtuminen suolaiseen, voimalaitosten turbiinit sekä virtaukset merellä aiheuttavat niille huomattavaa kuolleisuutta (Mobley et al., 2021).

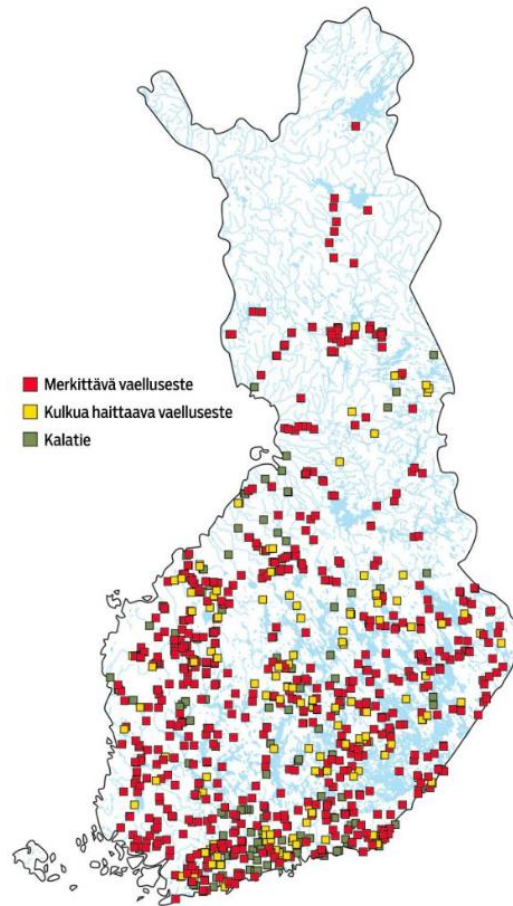
Vaelluskaloista puhuttaessa, huomio painottuu usein merestä jokeen vaeltaviin kalalajeihin ja näistä tarkemmin merilohen sekä meritaimeneen. Suolaisesta makeaan ja toisinpäin vaeltavilla kalalajeilla ylimääräistä stressiä aiheuttaa veden suolapitoisuuden muutos. Tähän muutokseen kalojen on sopeuduttava muuttamalla metaboliaansa, käyttäytymistään sekä hormonaalista toimintaansa (Mobley et al., 2021). Yleisesti ottaen

vaeltavat lajit suorittavat tämän vaihdon asteittain jokisuussa, jotta suolapitoisuuden muutos ei olisi niin jyrkkä. Kuten edellä on mainittu myös joesta mereen vaeltavien smolttien täytyy sopeutua makean veden vaihtuessa suolaiseen. Yksi kiinnostavimmista yksityiskohdista lohen käyttäytymisen muutoksista makeaan veteen tultaessa on syömisen lakkaaminen. Lohi ei siis hanki ravintoa lisääntymisvaelluksellaan, mikä tekee vaelluksesta entistä stressaavamman. (Thorstad et al., 2010) Tämän takia viikkojen viivästykset tai toistuvat ponnistukset vaelluksen aikana voivat olla kohtalokkaita lisääntymisen onnistumiselle sekä kalojen selviytymiselle.

## 2.2 Vaellusesteet

Suurin osa Suomen virtavesistä valjastettiin vesivoiman käyttöön viimeisimpien sotien jälkeen vuosina 1945–1965. Vesivoimalaitoksia ei juurikaan enää 1990-luvun jälkeen ole Suomeen rakennettu (Energiavirasto, 2022). Jokien patoamisen jälkeen kului monta vuotta, jolloin niistä aiheutuvaa haittaa hoidettiin käytännössä pelkästään kalojen velvoiteistutuksin (istutuksista lisää seuraavassa alaluvussa). Asiaan alettiin puuttua vasta 1980-luvun jälkipuolella, jolloin Korkein hallinto-oikeus päätti Kymijoen kalakannoille aiheutetun haitan korvaamisesta kalatievelvoitteilla istutusvelvoitteiden sijasta (Laine, 2006). Perusteena Korkeimmalla hallinto-oikeudella oli, että ajanmukaisilla kalateilla voidaan parantaa vaelluskaloille aiheutuvaa haittaa paremmin kuin kalaistutuksilla. Päätöksen jälkeen Suomeen alkoi ilmaantua kalateitä ja istutusten sijasta luonnolliseen lisääntymiseen alettiin kiinnittämään enenevässä määrin huomiota (Hyytiäinen, 2019).

VESTY-tietokannan mukaan vuonna 2020 Suomessa oli 709 vesivoimalaksi luokiteltavaa vesistö-rakennetta. Näiden lisäksi tietokannan mukaan Suomessa on 5200 rakennetta, jotka luokitellaan padoiksi. Lukuun 5200 ei ole sisällytetty pienempiä vaellusesteitä kuten tierumpuja. (Rinnevalli et al., 2021) Luonnonvarakeskuksen raportin mukaan Suomeen oli rakennettu 174 kalatietä vuonna 2018, joista 88 oli luonnonmukaisia, 26 teknisiä ja 60 muita/yhdistelmiä (Sutela et al., 2018). Lukuun 174 on luultavasti sisällytetty esimerkiksi tierumpujen uudistamisia sekä pohjapatojen muokkauksia vaelluskuntoiksi, sillä Maa ja metsätalousministeriön (2020) mukaan vaellusesteistä vain noin 70–75:een oli rakennettu esteen ohittava kalatieratkaisu vuonna 2020. Todennäköisesti jälkimmäinen arvio hieman yli 70:stä kalatiestä on lähempänä todellista määrää rakenteille, jotka voidaan luokitella kalateiksi. Kalateiden määrää voi arvioida Suomen ympäristökeskuksen vesistökartta palvelusta, missä on karttataso, johon on merkitty vaellusesteitä sekä niiden yhteyteen rakennettuja kalateitä (kuva 3). Vaellusesteen yhteyteen rakennetut kalatiet näkyvät kartassa vihreällä, mutta karttapalvelu ei ota kantaa niiden toimivuuteen.



**Kuva 3.** Suomen merkittävimmät vaellusesteet ja niiden yhteyteen toteutetut kalatiet (Ympäristökeskus, 2022)

Luonnonvarakeskuksen (2018) tekemässä tutkimuksessa selviää, että kalateiden tehokkuuden seuranta on ollut Suomessa heikkoa. Ainoastaan muutaman voimalaitosten yhteyteen rakennetuissa kalateissa on ollut aktiiviset laskurit, joilla on voitu arvioida nousvien kalojen määriä sekä lajistoa. Luonnonvarakeskuksen mukaan Suomessa säännöllistä vuosittaista seuranta on harjoitettu vain seuraavissa kohteissa: Merikoski, Isohaara, Koivukoski ja Korkeakoski. Laskurituloksia on lisäksi olemassa Kissakosken, Vaajakosken, Vakkolankosken sekä Peruskosken kalateistä. Näiden lisäksi satunnaisista kalateistä on tehty tutkimuksia esimerkiksi sähkökalastuksen muodossa, mutta suurimmasta osasta ei ole tutkimustuloksia, joten niiden toimivuutta ei pystytä todentamaan. (Sutela et al., 2018) Kalatieratkaisuiden tehokkuuden ja tekniikan kehittämiseksi niiden seuranta olisi hyvä ottaa osaksi rakentamisprosessia. Tällöin seurannan tuottaman datan perusteella kyettäisiin tunnistamaan ominaisuudet, jotka ovat tehokkaalle kalatielle tyypillisiä (Hershey, 2021).

## 2.3 Istutukset

Toimivat kalatiet ovat välttämättömiä vaelluskalakantojen osittaiselle säilyttämiselle rakennetussa joessa, mikäli vaellusesteen purkaminen ei ole mahdollista. Koko joen poikki rakennettava pato estää täydellisesti kalojen pääsemisen ylävirtaan. Pitkään paikallaan ollut täydellinen vaelluseste on monesti hävittänyt tai heikentänyt joen vaelluskalakannat niin, että istuttaminen on ainoa keino lajien säilyttämiselle. Täysikasvuisten yksilöiden istutukset ovat tarkoitettu yleensä kalastuksellisiin tarkoituksiin.

Istutukset tarkoittavat kalojen mädin, poikasten tai täysikasvuisten yksilöiden asettamista vesistöön. Istutuksilla voidaan siis palauttaa vesistöstä kokonaan hävinnyt alkuperäinen laji, mutta ne eivät itsessään edesauta lajin luonnollista lisääntymistä. Istutusperäiset yksilöt eroavat monesti perimältään sekä käytökseltään enemmän tai vähemmän alkuperäisestä kannasta (Munne et al., 2004). Luonnonmukainen lisääntyminen ja kilpailu ovat välttämättömiä lajin oman geenipoolin sekä elinvoiman säilymiselle. Geenipoolilla tarkoitetaan lajille tai populaatiolle ominaista geenien joukkoa. Kalaiistutukset vaikuttavat usein negatiivisesti lajien väliseen kilpailuun sekä suoraan lajin geenipooliin, sillä istutetut kalat lisääntyvät luonnonkalojen kanssa. Istutetun kalan perimä voi erota luonnonkannasta huomattavasti, varsinkin jos istutuskala on kasvatettu toisaalla. Esimerkiksi täysikasvuinen istutetun kalan ei ole tarvinnut käydä läpi luonnollista karsintaa, jossa tuurin ja hyvän kelpoisuuden avulla kalat voivat selviytyä ohi poikasvaiheen (Lapin ELY-keskus, 2017). Eli huonosti toteutettuina, istutukset muuttavat lajille ominaista geenipoolia, joka on ajan saatossa kehittynyt juuri tietyn joen olosuhteisiin sopivaksi. (Mobley et al., 2021)

Lapin ELY-keskuksen (2017) raportin mukaan Suomessa on vasta 1990-luvulta lähtien alettu kiinnittämään enemmän huomiota kalakantojen perinnölliseen monimuotoisuuteen. Mahdollisimman luonnonkaltaisen ja elinvoimaisen lajin säilyttämiseksi istutukset täytyisi tehdä kyseessä olevan joen poikasilla. Tässäkin tilanteessa poikasten "laitostuminen" huonontaa niiden selviytymistä luonnonolosuhteissa. Laitostumisen tarkoittaa istutettavien kalojen sopeutumista laitostuskasvatukseen, mikä vähentää yksilön kelpoisuutta luonnonolosuhteisiin nähden. Laitostumisen välttämiseksi istutukset voidaan suorittaa mätivaiheessa suoraan lisääntymisalueelle ja parhaassa tapauksessa voidaan käyttää luonnonkaloista peräisin olevaa mätiä. Mäti-istutusten tuottavuus kuitenkin vaihtelee, ja siihen vaikuttaa monet asiat, kuten vesistökohtaiset ominaisuudet. Nykyään Suomessa kalaiistutuksiin pyritään käyttämään saman vesistön kantaa, mutta näin ei ole aina ollut. Tämän seurauksena alkuperäisen genotyypin löytäminen on hyvin vaikeaa tai jopa mahdotonta, sillä eri kantojen geenit ovat jo sekoittuneet toisiinsa (Lapin ELY-keskus, 2017).

Suuri osa Suomessa toteutettavista istutuksista suoritetaan velvoiteistutuksina, mikä tarkoittaa vaellusesteen omistajalle määrättyä velvoitetta istuttaa siitä kärsiviä kalalajeja takaisin vesistöön (Munne et al., 2004). Kaikista istutusten tuomista riskeistä huolimatta Suomen vaelluskalojen tilanne on niin hankala, että istutukset ovat välttämättömiä monien vesistöjen kalakantojen säilyttämiseksi (Sutela et al., 2012).

Luonnonvarakeskuksen suorittamassa tutkimuksessa arvioitiin Kemijoella sijaitsevan Isohaaran voimalaitoksen alakanavan lohimääriä. Alakanavalla tarkoitetaan voimalaitoksen läheistä alajuoksun aluetta. Isohaaran voimalaitospato on mereltä tullessa ensimmäinen vaelluseste kaloille, joten sen alakanavassa olevat vaelluskalat edustavat koko Kemijoen kantaa. Tutkimusta varten merkatusta 699 lohesta vain 5,7 prosenttia oli luonnossa syntyneitä rasvaevällisiä yksilöitä ja loput rasvaeväleikattuja, yhteensä Isohaaran alakanavaan arvioitiin vuonna 2021 nousseen 6800 merilohta (Jaukkuri et al., 2022). Rasvaevä leikataan istutetuilta kaloilta, jolloin ne voidaan erottaa luonnossa syntyneistä. Rasvaevällinen kala ei kuitenkaan takaa, että se olisi alkuperäistä luonnonkantaa oleva yksilö, sillä istutettujen kalojen jälkeläisillä on niin ikään rasvaevä. Kemijoen alkuperäistä kantaa olevat yksilöt ovat hävinneet kokonaan ja jäljellä on vain istutusperää olevia yksilöitä. Huomionarvoista on, että istutettujen merilohien alkuperäinen kanta on peräisin Tornion- sekä Iijoesta, jotka ovat Kemijoen läheisiä virtavesiä ja ne laskevat Perämereen. (Kemijoki Oy, 2022a).

## 2.4 Kalatiet

Euroopan komissio on ottanut kantaa Itämeren lohen heikkoon tilanteeseen julkaisemassaan asetusehdotuksessaan vuonna 2011, missä on ehdotettu elvytystoimenpiteitä Itämeren lohta koskien. Pääosin toimenpiteet rajoittuvat lohen luonnollisen lisääntymisen parantamiseen. Ehdotuksessa vaadittiin velvoitteita jokien smolttituotantokapasiteetin suhteen. Esimerkiksi yksi ehdotuksen kohdista mainitsi: ”Luonnonlohijoissa, jotka eivät ole tämän asetuksen voimaantullessa saavuttaneet 50:tä prosenttia potentiaalisesta smolttituotantokapasiteetista, luonnonvaraisen smolttituotannon on kasvettava jokaisessa joessa 50 prosenttiin potentiaalisesta smolttituotantokapasiteetista viiden vuoden kuluessa tämän asetuksen voimaantulosta ja 75 prosenttiin potentiaalisesta smolttituotantokapasiteetista kymmenen vuoden kuluessa tämän asetuksen voimaantulosta” (Euroopan komissio, 2011). Ehdotus kuitenkin vedettiin pois käsittelystä komission itsensä toimesta vuonna 2020. Ehdotuksen julkaisemisen jälkeisenä vuonna 2012 Suomen valtioneuvosto laati ”Kansallinen kalatiestrategia” periaatepäätöksen, jonka tarkoitus on ohjata kalateiden rakentamista 2020-luvun lopulle saakka. Päätöksessä strategiseksi päämääräksi on asetettu luontaisen lisääntymisen ylläpitäminen ja palauttaminen,

kalaistutuksien sijasta. Tämä tehdään vaellusyhteyksien mahdollistamisella sekä muilla luontaista lisääntymiskiertoa tukevilla toimenpiteillä (Valtioneuvosto, 2012). Strategiassa on mainittu monta erilaista toimintalinjaa, joilla elinvoimaa pyritään parantamaan. Kansallisen kalatiestrategian käynnistämisen jälkeen vuosina 2015–2019 vaikutti Sipilän hallituksen kärkihanke ”Vaeltavien ja uhanalaisten kalakantojen elvyttäminen”. Tällä hetkellä on käynnissä vuosille 2020–2023 on ajoitettu NOUSU-ohjelma, jonka päämääränä on niin ikään lisätä vaelluskalakantojen luonnollista lisääntymistä kalateiden sekä vaellusesteiden purkamisen muodossa. Huomionarvoista on, että edellä mainituissa strategiassa sekä hankkeissa luonnollisen lisääntymisen merkitys korostuu ja siinä merkittävänä tekijöinä ovat toimivat kalatiet. Yhteisenä strategisena päämääränä näyttäisi olevan poikastuotannon palauttaminen jokiin, mikä käytännössä tarkoittaa padottujen jokien osalta toimivien kalateiden rakentamista tai vaellusesteiden purkamista. Suunnitelmissa on myös mainittu istutuksista sekä kalastuksen rajoittamisesta, mutta pääpaino on selvästi lohen ja muiden vaelluskalojen luonnollisen lisääntymisen edistämässä. Viime vuosikymmenen aikana onkin ollut havaittavissa rakennettujen virtavesien hoidon kehittymistä parempaan suuntaan, jossa yleisen mielipiteen sekä valtiollisten strategioiden halut näyttäisivät kohtaavan.

Kalateitä on lukuisia erilaisia aina hisseistä luonnonmukaisiin ohitusuomiin asti. Suurin osa merkittävistä kalateistä on kuitenkin toteutettu teknisesti, eli uoman materiaalina on käytetty muuta kuin luonnon materiaaleja. Seuraavassa alaluvussa käsitellään Suomessa ja ulkomailla eniten käytettyjä kalatietyyppejä, sekä arvioidaan mahdollisuuksien mukaan niiden tehokkuutta kirjallisuuden pohjalta.

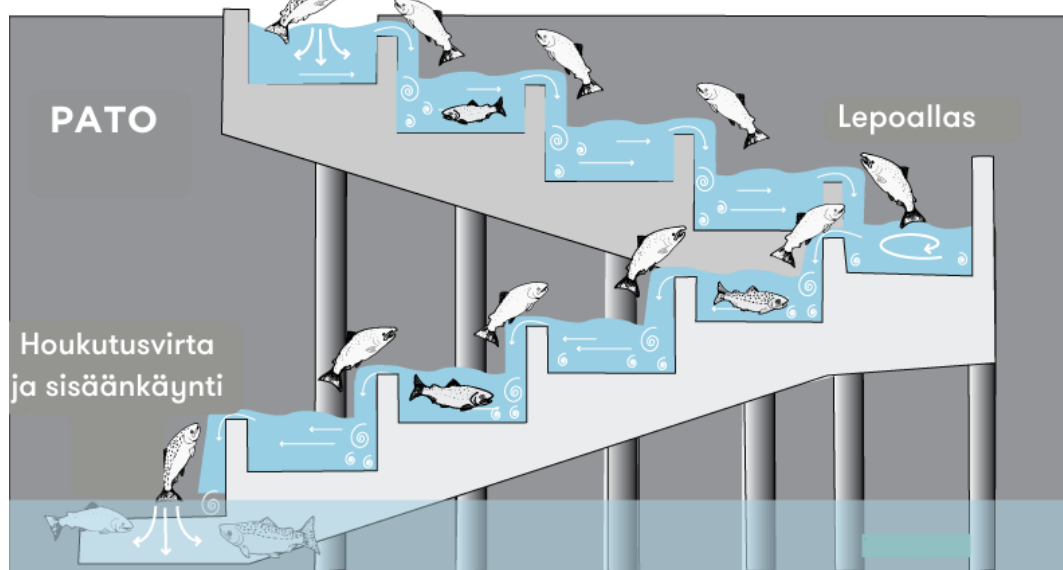
### **2.4.1 Tekninen kalatie**

Tekniset kalatiet voidaan jakaa kahteen luokkaan, itsellään toimiviin sekä avustettuihin ratkaisuihin. Itsellään toimivilla tarkoitetaan ohivirtausta hyväksi käyttävää ratkaisua, jossa kala läpäisee kalatien itsenäisesti uimalla. Avustetussa kalatiessä kala siirretään vaellusesteen yli käyttämällä hydraulista laitetta, mekaanista hissiä tai kiinniottolaitteella ihmisen avustamana. Yleisesti itsellään toimivia ratkaisuja pidetään parempana ratkaisuna, mutta kummallakin tavalla on huonot sekä hyvät puolensa (Noonan et al., 2012). Ei ole myöskään mahdotonta käyttää näitä molempia samanaikaisesti. Kalahissin voi sijoittaa esimerkiksi toiselle puolelle jokea kuin ohivirtausta käyttävän kalatien, mikäli huomataan osan kaloista etsivän nousupaikkaa myös vastarannalta.

Useimmat tällä hetkellä vesivoimalaitosten yhteyteen rakennetuista kalateistä on toteutettu teknisenä ratkaisuna (Oulujokivisio, 2022). Vesivoimaa tuottaessa yhtiölle edullista on pyrkiä käyttämään kaikki veden sisältämä potentiaalienergia tuotantoon, joka

onnistuu paremmin teknisissä kuin luonnonmukaisissa kalateissä. Kalatiehen ohjattavaa ohijuoksutusvettä tarvitaan vähemmän itsevirtaavissa teknisissä kalateissä kuin luonnonmukaisissa ratkaisuisissa. Tämä johtuu suurempien virrannopeuksien käyttömahdollisuudesta teknisissä kalateissä, jolloin kalatien aiheuttama houkutusvaikutus voimallisuuden alakanavassa kasvaa veden liike-energian kasvaessa (Noonan et al., 2012). Tällöin tekniseen kalatiehen saadaan suurempi houkutusvaikutus pienemmällä virtaamalla. Lisäksi teknisen kalatien ajatellaan olevan helpommin rakennettavissa jo olemassa olevien voimalaitosrakenteiden päälle (Kemijoki Oy, 2022a).

Itsellään toimivia teknisiä kalateitä on montaa eri tyyppiä. Monelle tuttu nimitys kalaporras on todennäköisesti tullut yleisestä tavasta toteuttaa tekninen kalatie (kuva 4). Tämä rakenne on tehty portaittain ylöspäin nousevana **allas ja pato** tyylillä, jossa ylempältä tasolta virtaa vettä alemmalle tasolle padon yli (Sutela et al., 2012). Tässä ratkaisussa ongelmana on sen valikoivuus lajeja kohtaan, sillä monet kalalajit eivät hyppää pinnan yläpuolelle ollenkaan ja altaasta toiseen siirtyminen vaatii pientä hyppyä. Patoon voidaan kuitenkin helposti tehdä aukko, josta vesi pääsee virtaamaan seuraavalle tasolle, ja kalat pääsevät etenemään veden alla.

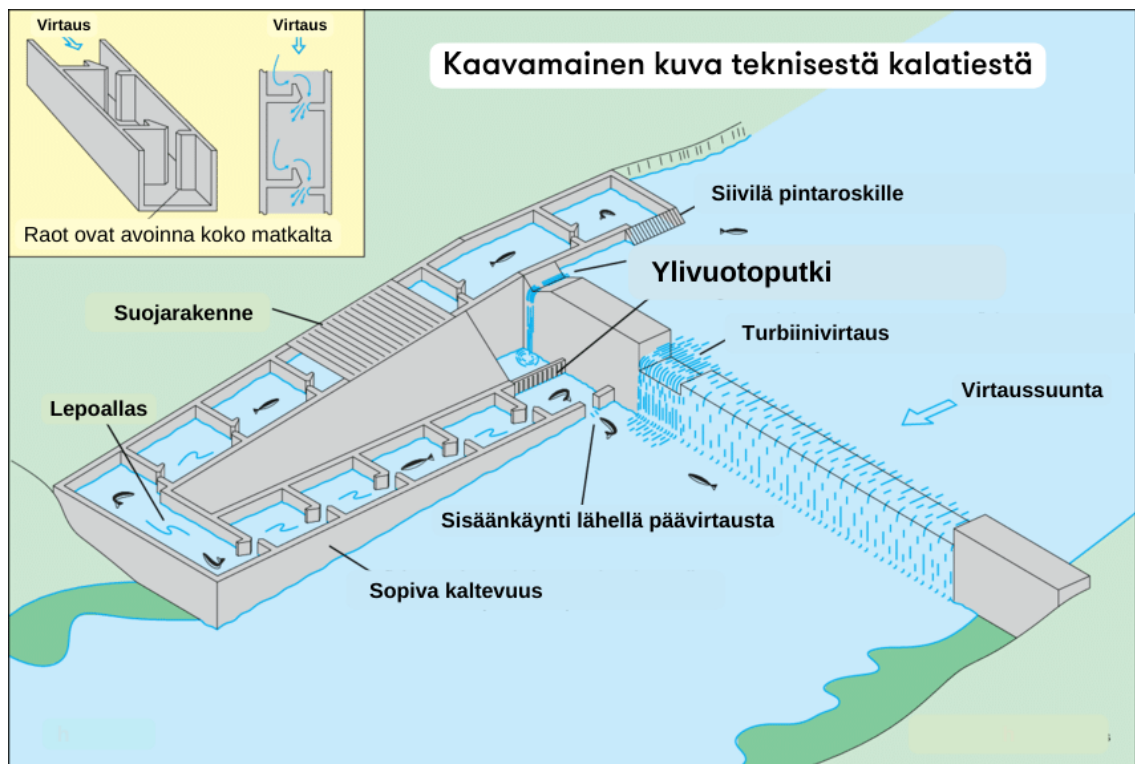


**Kuva 4.** Kaavamainen *allas ja pato* (pool and weir) tyyppisestä teknisestä kalatiestä (Fisheries, 2019)

Toinen yleisesti käytetty ja hyvät ominaisuudet omaava kalatieratkaisu on **pystyrakokalatie**, joka muodostuu niin ikään altaista, mutta altaita yhdistää pystyrako, mistä kalat pääsevät kaikilta syvyyksiltä seuraavaan altaaseen (kuva 5, vasen yläreuna). Veden virtaus on yleensä suunniteltu siten, että altaihin muodostuu niin kutsuttuja akanvirtoja eli pysyviä pyörteitä, joissa vaelluskalat pystyvät halutessaan lepäämään (kuva 5, vasen yläreuna). Lisäksi sopivin välein on yleensä sijoitettu lepoaltaita, mitkä ovat suurempia

kuin muut altaat ja ne ovat nimenomaan tarkoitettu nousun aikaiseen lepäämiseen (kuva 4 ja kuva 5). Luonnonmukaisessa koskessa akanvirtoja syntyy kivien taakse sekä päävirran reunoille. Kokemuksen mukaan koskessa elävät kalat sijoittuvat juuri näihin akanvirtapaikkoihin. (Kanerva, 2015)

Kuvan 5 kalatie on suunniteltu niin, että sisäänkäynti on lähellä turbiinivirtaamaa sekä samalla padon seinämää, mihin ylöspäin pyrkivät kalat yleensä sijoittuvat kohdatessaan voimalaitoksen (Karppinen & Hynninen, 2018). Kuvan padossa ei ole voimalaitosta, mutta turbiinivirtaaman voidaan ajatella olevan sisäänkäynnin viereen sijoittuva suurempi virtaama. Suuren ylä- ja alakanavan korkeuseron johdosta ja sisäänkäynnin sijoittamisen tarpeesta mahdollisimman lähelle pataa, kalatiet ovat rakennettu usein edestakaisin kulkevin rakenteina. Tällä tyylillä kalatien kaltevuutta saadaan pienennettyä sopivaksi ja tilankäyttö minimoitua. Houkutusvirtaaman tulisi olla mahdollisimman suuri, siksi kuvaan merkattu ylivuotoputki on ohjattu kalatien sisäänkäynnille, toisaalta ylivuotovesi voitaisiin ohjata suoraan kalatien alkuun virtaaman lisäämiseksi. Ylipäätään kaikki ohivirtausvesi, jota ei käytetä energiantuotantoon olisi mahdollisuuksien mukaan järkevää ohjata kalatien virtaaman tai houkutusvirtaaman lisäämiseksi.



**Kuva 5.** Havainnollistava kuva teknisestä pystyrako kalatiestä (muokattu: Thorncraft & Harris, 2000)

Mainittujen kalatieratkaisuiden lisäksi on monia muita tapoja toteuttaa itsestään virtaava tekninen kalatie, kuten Denil tai Larinier ratkaisut. Tämän työn tarkoitus ei kuitenkaan ole esitellä kaikkia olemassa olevia kalateitä, joten monet ratkaisut jäävät tarkastelun

ulkopuolelle. Pystyrako sekä allas ja pato tyyliset kalatiet ovat tämänhetkisen tiedon mukaan tehokkaimpien teknisten kalateiden joukossa (Noonan et al., 2012).

**Avustettuja kalateitä** ovat rakenteet, joissa kalan ei tarvitse itse uida noustessaan esteen ohitse. Suomessa kehitetty Kalasydän on avustettu hydraulinen kalatie (kuva 6). Kalasydämen etuina ovat avustetulle ratkaisuille tyypillinen pieni tilan käyttö, mitätön ohivirtausveden tarpeellisuus, liikuteltavuus, maastonmuotojen vaikuttamattomuus sekä soveltuvuus monelle lajille. (Kemijoki Oy, 2022a) Kuvassa 6 näkyy Leppikosken voimalaitokselle asennettu Kalasydän. Toisesta putkesta ohjataan houkutusvirtaama sisäänkäynnille ja toinen putki toimii paineistettuna reittinä ylävirtaan.



**Kuva 6.** Leppikosken voimalaitoksella oleva hydraulinen Kalasydän-järjestelmä. Kuvaaja, © Juha Neuvonen (Kainuun Sanomat 25.8.2021)

## 2.4.2 Luonnonmukainen kalatie

Luonnonmukainen kalatie tarkoittaa ratkaisua, jossa pyritään jäljittelemään kosken alkuperäistä ympäristöä, pienellä virtaamalla. Jäljittely toteutetaan tekemällä uoman muodot luonnollisiksi ja käyttämällä rakennusaineena pääosin luonnollisia materiaaleja. Kuvassa 7 on esitetty luonnonmukaisen kalatien periaate. Virtaamaa hallitaan matalammilla sekä kapeammilla kohdilla ja samalla luodaan erilaisia virtausolosuhteita, samaan tapaan kuin luonnollisessa joessa. Luonnonmukaisten kalateiden heikkous on monesti houkutusvaikutuksen pienuus ja siksi niissä kannattaisi mahdollisuuksien mukaan käyttää hiukan suurempaa virtaama kuin teknisissä ratkaisuisa. (Hershey, 2021) Houkutusvaikutuksen pienuus johtuu matalammasta virrannopeudesta ja siten veden matalammasta liikeenergiasta, eikä siksi erotu niin helposti alakanavan suuremmista virtauksista (Rivinoja,

2022). Virrannopeus tässä yhteydessä tarkoittaa yksinkertaisuudessaan sitä, kuinka monta metriä vesi kulkee sekunnissa ( $m/s$ ). Virrannopeuden pienuus luonnonmukaisten kalateissä johtuu kaltevuudesta, joka on tyypillisesti teknistä kalatietä vähäisempi. Loivuuden takia ja varsinkin korkeiden patojen kohdalla luonnonmukaisista kalateistä täytyy tehdä suhteellisen pitkiä. Loivuutensa johdosta luonnonmukaiset kalatieratkaisut vaativat yleensä paljon tilaa ja siksi niiden tekeminen rakennetulle alueelle on monesti hankalampaa kuin teknisten ratkaisuiden. (Koljonen, 2015)



**Kuva 7.** Havainnollistava kuva luonnonmukaisesta kalatiestä (Muokattu: Thorncraft & Harris, 2000)

Luonnonmukaiseen kalatiehen on mahdollisuus tehdä poikastuotantoalueita, mutta tällöin ympäristövirtaaman täytyy olla oikean suuruinen sekä jatkuva. Ympäristövirtaama tarkoittaa sellaista virtauksen määrää, jonka uoman ekosysteemi tarvitsee menestyäkseen (Olin, 2013). Siihen liittyy myös kalojen kulkemisen onnistuminen molempiin suuntiin. Ympäristövirtaama käsitettä käytetään yleensä puhuttaessa joen ekosysteemistä, mutta sitä voidaan käyttää myös luonnonmukaisten kalateiden kohdalla, sillä keinotekoinen ekosysteemi tarvitsee myös tietyn määrän virtaamaa toimiakseen.

Monessa kohteessa on kuitenkin suotuisampaa tehdä nousumahdollisuus vaellusesteen yläpuolella sijaitseville laajemmille lisääntymisalueille kuin tehdä itse kalatiehen lisääntymisaluita. Luonnonmukaiseen kalatiehen tehtyjen lisääntymisaluiden koko on nimitäin rajoittunut kalatien pinta-alaan, mikä jää parhaimmassakin tapauksessa alle yhteen

hehtaariin. Esimerkiksi Imatralla vuonna 2015 valmistuneella kilometrin mittaisella kaupunkipurolla saatiin taimenelle lisääntymisaluetta 0,37 hehtaaria (Koljonen et al., 2022). Vertailun vuoksi vuonna 2017 Lapin ELY-keskus arvioi Kemijoen alaosalle laskevien sivujokien poikastuotantoalueiden kooksi noin 10 ha. Huomionarvoista on kuitenkin, että Imatran kaupunkipurossa poikastiheydet ovat paikoittain erittäin korkeita (Koljonen, 2015).

### **2.4.3 Luonnonmukainen ohitusuoma**

Käsitteellä luonnonmukainen ohitusuoma pyritään erottelemaan kaksi ratkaisua, jotka eroavat toisistaan virtaaman suuruuden suhteen. Luonnonmukaisena ohitusuomana voidaan pitää kalateitä, joissa virtaama on huomattavasti suurempi kuin tyypillisen luonnonmukaisen kalatien. Lisäksi ohitusuomien virtaamat ovat ympärivuotisia. Käsite ei ole yleisessä käytössä, mutta suuren virtaaman kalateille on perusteltua olla oma nimensä. Erottelu on tarpeellista, sillä joen alkuperäistä ympäristövirtaamaa jäljiteltäessä virtaaman suuruus on avainasemassa. Täysin luonnonkaltainen kalatie voidaan saavuttaa vain tarpeeksi suurella virtaamalla. Ohitusuoman virtaama voi olla jopa 10 % padotun joen virtaamasta. Tyypillisesti tämä tarkoittaa 10–40 m<sup>3</sup>/s virtaamaa, joka vastaa pienen tai keskisuuren joen virtaamaa. Tällöin voidaan puhua hyvin luonnonmukaisesta ratkaisusta, mihin on perusteltua tehdä poikastuotantoalueita eri kalalajeille ja samalla mahdollistaa tehokas kulku vaelluskaloille molempiin suuntiin (Louhi, 2022). Tämänkaltaisen suurella virtaamalla toteutettu ohitusuoma voidaan tarkoituksella tehdä pidemmäksi kuin on tarpeen, jotta voidaan maksimoida lisääntymisalueet, joita on usein niukasti padotuissa joissa. Nimestään huolimatta luonnonmukaista ohitusuomaa ei pidä ajatella pelkkänä vaelluskalaratkaisuna vaan koko joen eliöstöä tukevana luonnollisena elinympäristönä. Suuren turbiinien ohivirtauksen ja sitä kautta taloudellisten tappioiden takia luonnollisia ohitusuomia ei ole Suomessa rakennettu voimalaitosten yhteyteen. Varkauden Ämmänkoskeen on kuitenkin suunnitteilla Suomen ensimmäinen suurella mitoitusvirtaamalla suunniteltu kalatie, jota voitaisiin sen valmistuttua kutsua luonnonmukaiseksi ohitusuomaksi. (Aluehallintovirasto, 2022).

## **2.5 Tärkeimmät kalatien tehokkuuteen vaikuttavat tekijät**

Tehokas kalatie tarkoittaa sitä, että tarpeeksi suuri osa vaellusesteen alapuolelle sijoituneista vaelluskaloista nousee vaellusesteen ohi kalatietä pitkin. Tehokkuuden määrittämiselle ei ole toistaiseksi annettu tiettyä prosenttilukua, mutta monet tutkimukset ovat pyrkinet määrittämään tutkittavien kalateiden läpäisytehokkuuksia. Tehokkuuksien määrittämisessä on kuitenkin omat haasteensa ja tyylejä on monia, eivätkä ne usein ole

vertailukelpoisia keskenään. Lisäksi kalateiden seuranta on ollut maailmanlaajuisesti heikkoa, mikä vaikeuttaa tehokkaan ratkaisun löytämistä entisestään. (Hershey, 2021) Tehokkaan kalatien tunnistaa vasta sen jälkeen, kun se on rakennettu ja otettu käyttöön. Edellyttäen, että kalatien tehokkuudesta tehdään seurantaa esimerkiksi laskurien tai telemetria tutkimusten avulla. Tällä hetkellä ei ole kaikkialla toimivaa ratkaisua, joten kalatie olisi suositeltavaa suunnitella ja rakentaa kyseisen kohteen olosuhteisiin sopivaksi.

### **2.5.1 Kalateiden seuranta ja tilastolliset tutkimukset**

Kuten aiemmin on mainittu, niin kalateiden seuranta on jäänyt usein heikoksi. Standardoimaton seuranta johtaa siihen, ettei tehottomien ja tehokkaiden kalateiden taustalla olevia syitä tiedetä. Hersheyn (2021) meta-analyysin mukaan, kalateiden toimivuuden arviointiin ei ole vielä kehitetty minkäänlaista yhtenäistä arviointitapaa. Analyysissä arviointiin 75:n kalatien läpäisevyyden ja houkuttelevuuden tehokkuutta 18 eri maassa 100 eri kalalajille. Käytetyt arviointitavat kalatien läpäisevyyden ja houkuttelevuuden arviointiin olivat erilaisia meta-analyysiin valittujen tutkimuksien välillä, jonka seurauksena tulokset eivät olleet täysin vertailukelpoisia keskenään. (Hershey, 2021) Analyysissä vertailtiin koottujen tietojen perusteella läpäisytehokkuutta Denil, pystyrako, allas ja pato, kiinniottolaite ja hissi sekä luonnonmukaisissa kalateissa. Yksikään ratkaisu näistä ei osoittautunut selvästi läpäisytehokkuudeltaan paremmaksi kuin muut. Analyysin mukaan allas ja pato kalatiet osoittautuivat kuitenkin läpäisytehokkuudeltaan hieman tehokkaammaksi kuin muut ratkaisut ja Denil kalateiden läpäisytehokkuuksia pidettiin tulosten perusteella muita heikoimpina. Houkuttelevuuden osalta todettiin niin ikään määrittämisen tavalla olevan suuria eroja analyysiin otettujen tutkimusten välillä. Selkeä johtopäätös oli, että luonnonmukaisilla ratkaisuilla oli muita kalateitä huonompi houkuttelevuus. Houkuttelevuuden määrittämisessä kuitenkin törmättiin samoihin ongelmiin kuin läpäisevyyden määrittämisessä. Tavot houkuttelevuuden määrittämiseen vaihtelivat suuresti, eikä kalojen havaitsemiseen ollut käytössä tarpeeksi luotettavia menetelmiä. (Hershey, 2021) Houkuttelevuuden laskemiseen tarvitsee ensiksi tiedon kalojen määrästä alakanavassa, jonka jälkeen täytyisi tietää kuinka moni näistä kaloista lähestyy kalatietä. Tämänkaltaisen luotettavasti tehty houkuttelevuuden arviointitutkimus on siis aikaa vievä sekä kallis tapahtuma.

Toinen Noonan et al. (2012) meta-analyysi tutki kalateiden tehokkuuksia, mitoitusta sekä lajistosta. Meta-analyysin tarkoituksena oli määrittää kalateiden hyvän toimivuuden mahdollistavat tekijät sekä toimivuutta rajoittavat tekijät. Analyysiin sisällytettiin 65 eri tutkimusta ja raporttia kalateista, joissa yllä mainittuja parametrejä on analysoitu. Data rajoitui pääasiassa lohikaloille, mikä on tyypillistä kalateiden tutkimuksissa. Muut lajit

yhdistettiin yhdeksi, niistä olemassa olevan datan niukkuuden vuoksi. Analyysiin sisällytettiin ylöspäin pyrkivien kalojen lisäksi myös alasvaelluksen onnistumisen seuranta. Tutkimuksen yhteenvetona saatiin keskimääräiseksi ylösvaelluksen läpäisyprosentiksi 41,7 % ja alasvaellukselle 68,5 %. Lohikalat käyttivät onnistuneesti kalateitä paljon useammin kuin muut lajit, lohikaloiden ylösvaelluksen läpäisyprosentti oli 61,7 % ja muiden kalojen osalta vain 21,1 %. Alasvaelluksen onnistuminen lohikaloilla oli myös suurempaa 74,6 % ja muilla lajeilla 39,6 %. Läpäisyasteet riippuivat suuresti kalatietyyppien välillä siten, että allas ja pato, pystyrako sekä ja luonnonmukaisilla ratkaisuilla oli suurimmat tehokkuudet, kun taas Denil-ratkaisulla, kalahisseillä ja kiinniottolaitteilla oli heikoimmat tehokkuudet. Analyysissä huomattiin myös ylösvaelluksen tehokkuuden laskevan selvästi kaltevuuden lisääntyessä, mutta tehokkuus lisääntyi yllättäen pituuden ja virrannopeuden lisääntyessä. Nämä tekijät vaikuttivat riippumatta kyseessä olevasta kalatieratkaisusta. (Noonan et al., 2012)

Vertailtaessa eri meta-analyysien tuloksia huomataan selvästi, miten paljon käytetyt laskutavat kalatien tehokkuuden määrittämiseksi vaihtelevat tutkimuksien välillä. Tähän ongelmaan olisi hyvä kehittää jokin yleisesti hyväksytty tapa. Laskutapojen sekä seurannan puutteen lisäksi tutkimusmenetelmien välillä on paljon vaihtelua, mikä vaikeuttaa tulosten vertailua. Varmin tapa kalatien tehokkuuden määrittämiseen, on tietää kalojen määrä alakanavassa ja suhteuttaa saatu määrä siihen monta kalaa nousee kalatien läpi. Tiedon saaminen kalojen määrästä alakanavassa vaatii kuitenkin suurta panosta ja siihen liittyy epävarmuustekijöitä, määrän perustuessa osin arvioihin. Tämän helpottamiseksi uusille tekniikoille sekä tekniikalle olisi tarvetta. Kemijoella Isohaaran voimalaitoksen alakananan lohimäärää arvioitiin vuonna 2021 Luonnonvarakeskuksen toimesta, mikä osoittaa kalojen määrän arvioinnin alakanavassa olevan mahdollista. (Jaukkuri et al., 2022).

### 2.5.2 Riittävä virtaama ja virrannopeus

Yhdet merkittävimmistä tekijöistä kalatien tehokkuudessa ovat virtaaman suuruus ja virrannopeus. **Virtaamalla** tarkoitetaan määrää vettä, joka kulkee uoman poikkileikkauksen ohi sekunnin aikana. Virtaama on sama koko uoman mitalta, ellei siihen liity sivuvirtoja, jota kalatien tapauksessa ei tavallisesti tapahdu. Tähän poikkeuksena ovat rakenteet, jossa esimerkiksi ylijouksutusvettä ohjataan kalatiehen. Virtaama ilmoitetaan yleisesti  $m^3/s$  eli kuutiometriä sekunnissa. Virtaaman suuruuden on huomattu vaikuttavan kalateiden läpäisytehokkuuteen (Wolter & Schomaker, 2019). Esimerkiksi voimakkaan uintikyvyn omaava lohi on tottunut seuraamaan päävirtoja kutuvaelluksellaan, eikä kokemuksen mukaan hakeudu helposti sivuvirtoihin (Jonsson & Jonsson, 2011). Kalatien tapauksessa käykin helposti niin, että sen pieni virtaama sekoittuu turbiinivirroista tuleviin

huomattavasti suurempiin virtaamiin, eikä kala löydä uoma. Tällöin kalatien houkutusvaikutuksen sanotaan olevan huono. Houkutusvaikutuksen puute on todennäköisesti yleinen ongelma, sillä alakanavan virtaamat voivat olla satoja kertoja kalatien virtaamia voimakkaampia. Mikäli kala kuitenkin löytää pieni virtaamaisen kalatien se voi kääntyä takaisin alakanavaan tulkitessaan reitin kelvottomaksi nousun jatkamiselle (Karppinen, 2019).

Optimaalinen tilanne pelkästään kalojen nousua ajatellen olisi todennäköisesti mahdollisimman suurien virtaamien käyttö. Tämä ei kuitenkaan taloudellisesti ole kannattavaa, sillä se lisää turbiinien ohijuoksuuttavaa vesimäärää, mikä vähentää voimalaitoksen energiantuotantoa. (Karppinen, 2019) Yksi ratkaisu on lisätä pelkästään houkutusvirtaamaa, mutta pitää kalatiessä oleva virtaama pienempänä (Louhi, 2022). Toinen ratkaisu on lisätä kalatien virtaamaa hetkellisesti eli tehdä pulsseja, joiden aikana kalatien houkuttelevuus on parempi ja kalat saattavat havaita paremmin muutoksen virtaamassa. Kymijoen Koivukoskella on tehty kokeiluja, joissa lisättiin kalatien virtaamaa hetkellisesti houkutusvaikutuksen luomiseksi. Kokeiluja tehtiin syksyllä vuosina 2019 ja 2021. Vuonna 2019 kokeilujen tuloksena todettiin, houkutusvirran lisäävän nousevien kalojen, varsinkin lohien ja siikojen lukumäärään. Vuonna 2019 Koivukosken kalatiestä nousi 485 kpl taimenia ja lohia, joista jopa 90 % nousi tehtyjen 15 pulssin aikana (Raunio & Kirsi, 2020). Vuoden 2021 pulssituskokeilujen tulokset olivat paljon heikommat. Pulssitusten aikana kalatiestä nousi vain 65 meritaimenta sekä merilohta (Raunio et al., 2022). Molempina vuosina kalatie oli suljettuna kesän aikana, ohijuoksuuttavan veden säästämiseksi. Tämä seikka saattaa vääristää tuloksia, sillä kaloilla ei ollut muuta mahdollista nousuajankohtaa kuin syksyllä pulssitusten aikana. Kokeiluista on kuitenkin tulkittavissa, että voimakkaan virran aikana nousumäärät olivat suuremmat kuin pulssien välissä matalamman virran aikana. Vuosien 2019 ja 2021 väliset erot selittyvät todennäköisesti käytettyjen virtaamien sekä ajankohdan eriyävyyksillä. Vuonna 2021 käytettiin vain 1,2–2,3  $m^3/s$  virtaamia, jotka olivat huomattavasti pienempiä kuin vuonna 2019 käytetyt 5–10  $m^3/s$  virtaamat. Ajankohta oli myös hieman myöhäisempi vuoden 2021 kokeiluissa kuin vuonna 2019. Lisäksi jokeen nousevien kalojen määrät vaihtelevat vuosittain. Kokeilujen tulosten perusteella voidaan kuitenkin tehdä johtopäätös, että pulssituksella suoritettavan houkutusvirtaaman täytyy olla tarpeeksi suuri, jotta kalat saadaan löytämään ja käyttämään kalatietä.

Kirjallisuuden pohjalta on annettu arvioita, joissa kalatien virtaamaksi ehdotetaan noin 5 % joen päävirran virtaamasta. Kuitenkin niin, että kalatien virtaaman suhde päävirtaan on pienempi suuri virtaamisissa joissa ja suurempi pienempi virtaamisissa joissa. Eli mitä pienempään jokeen kalatie tehdään, sitä suurempi virtaama siihen vaaditaan

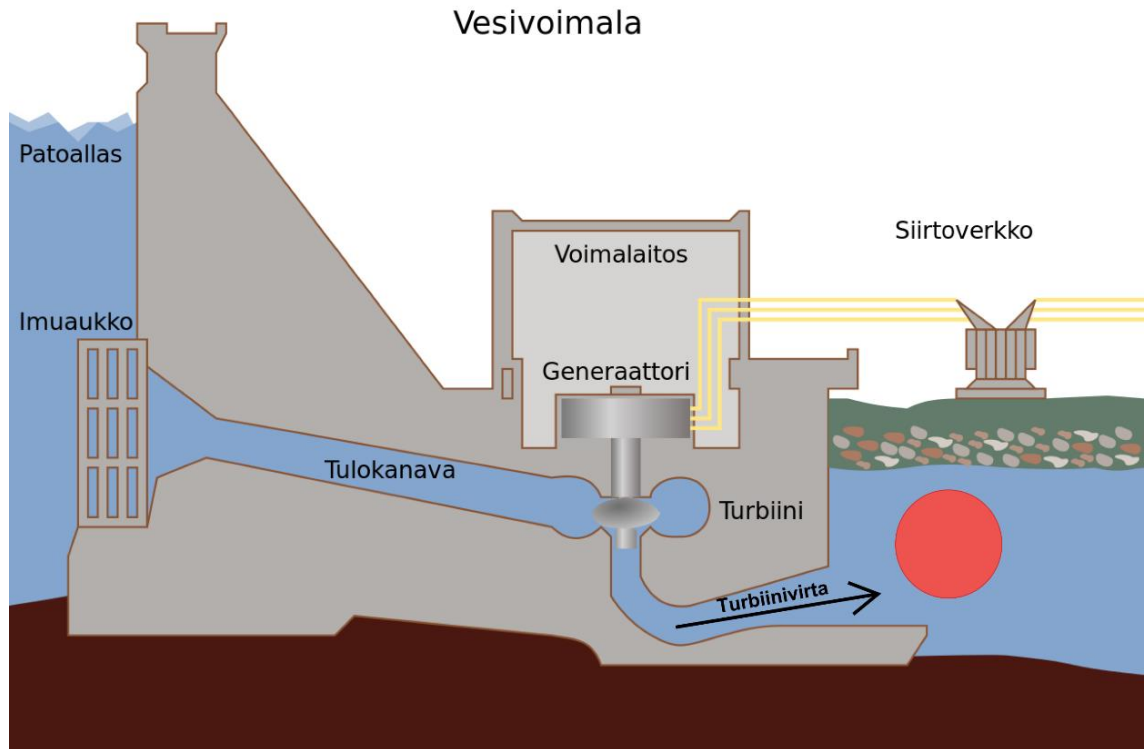
toimivuuden edellyttämiseksi. (Wolter & Schomaker, 2019) Karppinen (2019) ehdottaa jopa 5–10 % virtaamien käyttöä ja vähintään 1–5 % osuutta suhteessa pääuoman virtaamaan. Hän mainitsee lisäksi, että Suomessa kalateiden virtaamat ovat olleet tyypillisesti erittäin pieniä 0,2–1 m<sup>3</sup>/s luokkaa (Karppinen, 2019). Esimerkiksi Kemijoen tapauksessa 1 m<sup>3</sup>/s virtaama tarkoittaisi noin 0,18 % pääuoman keskivirtaamasta.

**Virran nopeus** määräytyy pohjan kaltevuudesta ja muodosta sekä märkäpiirin suuruudesta suhteessa poikkipinta-alaan. Märkäpiirillä tarkoitetaan poikkileikkausta, jossa virtaava vesi koskettaa uoman pintaa ja näin ollen vaikuttaa suoraan veden aiheuttaman kitkan suuruuteen. Virtaaman pysyessä samana virrannopeuteen vaikuttaa uoman poikkipinta-ala, kaltevuus sekä märkäpiirin muodot. (Leppäranta et al., 2017) Näitä säätelemällä voidaan siis muuttaa virrannopeutta kalatiessä. Uomassa virtaavan veden nopeus vaikuttaa voimakkaasti nousevien kalojen lajistoon, sillä uintikyky vaihtelee suuresti lajin mukaan. Kuten kappaleessa 2.4.1 on mainittu suurempi virrannopeus lisää kalatien houkuttelevuutta, mutta suosii voimakkaan uintikyvyn omaavia lajeja kuten merilohta ja meritaimenta (Karppinen, 2019). Huomionarvoista on, että liian nopea virrannopeus saattaa estää kokonaan heikomman uintikyvyn omaavien lajien nousun kalatiestä. Kirjallisuudesta löydetty viitearvolliset virrannopeudet eivät ole kovinkaan suuria. Esimerkiksi teknisiä kalateitä ajatellen tuotetussa ohjeessa mainitaan, että kalatien virrannopeus ei saisi ylittää 2,0 m/s rajaa missään tapauksessa (FAO, 2002). Noonan et al. (2012) kalateitä arvioivassa meta-analyysissä huomattiin, että virran nopeuden kasvu vaikutti positiivisesti varsinkin lohien läpäisytehokkuuteen, jopa 2,5 m/s virrannopeuksilla. Muiden lajien nousutehokkuuteen suurempi virrannopeus vaikutti positiivisesti, mutta selvästi vähemmän. Myös Lapin ELY-keskuksen velvoitehakemuksessa mainitaan, että hyvät merilohelle käytettävät virrannopeudet olisivat 2,0–2,4 m/s luokkaa, mikä tukee muissa kirjallisuuslähteissä mainittuja nopeuksia (Lapin ELY-keskus, 2017).

### 2.5.3 Sisäänkäynnin sijoittaminen sekä houkutusvirtaama

Kalatien sisäänkäynnin sijoittamisella sekä houkutusvaikutuksella on havaittu olevan suuri merkitys kalatien tehokkuuteen. Monessa tutkimuksessa on huomattu varsinkin lohien seuraavan päävirtausta ja näin patoon törmättyään hakeutuvan turbiinivirtojen lähetyville. Tämä on luonnollista käyttäytymistä varsinkin voimakkailta kaloilta, jotka pyrkivät seuraamaan päävirtausta vaelluksellaan. Kuva 8 vesivoimalasta havainnollistaa voimalaitoksen toimintaa sekä turbiinivirtaa. Punaisella kuvaan on merkitty paikka, mihin tutkimuksissa on huomattu lohien sijoittuvan yrittäessään ohittaa voimalaitosta. Telemetriatutkimuksessa Kymijoen havaittiin, että kalatien sisäänkäynti tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle voimalaitosta, kuitenkin niin, että sisäänkäynnistä tuleva virtaus ei

sekoitu turbiinivirtaan. Sekoittumattomuus saavutetaan parhaiten sijoittamalla suuaukko aivan voimalaitoksen seinämän tasalle. (Karppinen & Hynninen, 2018)



**Kuva 8.** Voimalaitoksen kuvituskuva punaisella on merkitty lohien sijoittamispaikka voimalaitoksen alapuolella. (Muokattu: (Tennessee Valley Authority, 2000))

Karppinen (2019) mainitsee, että turbiinien läpi tai patoluukuista voidaan ohjata vettä kalatiehen suulle houkutusvaikutuksen lisäämiseksi, mutta ei pidä järjestelyä erityisen hyvänä, koska se ei lisää virtaamaa itse kalatiessä ja vaatii muutoksia patojärjestelmissä sekä lisää kustannuksia. Karppisen esittämä ratkaisu voisi olla kokeilemisen arvoinen ja taloudellisesti kannattava tapauksissa, joissa turbiinien läpi johdetun veden liike-energia on jo käytetty energiantuotantoon.

Houkutusvirtaama sisäänkäynnillä on tyypillisesti sama kuin virtaama itse kalatiessä. Poikkeuksena ovat kuitenkin rakenteet, joissa vettä ohjataan sisäänkäynnille muualta tai kalatiehen liitetystä houkutusvirta-altaasta (kuva 14). Louhen haastattelun (2022) mukaan suurempia houkutusvirtaamia kannattaisi kokeilla. Hänen arviotaan mukaillen houkutusvirtaaman olisi hyvä olla vähintään noin 8–10 m<sup>3</sup>/s, mutta kalatiessä itsessään ei välttämättä tarvitse olla niin suurta virtaamaa. Myös Lapin ELY-keskuksen velvoitehakemuksessa on mainittu, että houkutusvirtaaman pitäisi olla noin 2–10 % joen pääuoman virtaamasta. Hakemuksen yksi velvoitekohta onkin, että Kemijoelle tuleviin kalateihin tulisi mitoittaa vähintään 20 m<sup>3</sup>/s houkutusvirtaama, mikä vastaa noin 4 % pääuoman virtaamasta. (Lapin ELY-keskus, 2017) Velvoitehakemuksesta on kerrottu enemmän

alaluvussa 4.1.1. Houkutusvirrasta puhuttaessa on kuitenkin muistettava, että nopeuden kasvaessa veden sisältämä liike-energia kasvaa eksponentiaalisesti, jolloin virtaavan veden houkutusvaikutus kasvaa myös eksponentiaalisesti. Eli samalla virtaamalla olevat virtaukset voivat aiheuttaa eri suuruisen houkutusvaikutuksen riippuen virrannopeudesta.

#### **2.5.4 Alasvaellus**

Vaeltavien lajin elämänkiertoon kuuluu palaaminen joesta merelle tai järveen. Tämä alasvaellus on yksi osa lajin selviytymismekanismia ja sen onnistuminen on välttämätöntä lajin selviytymisen kannalta. Varsinkin lohenpoikasten eli smolttien alasvaellus tapahtuu suurilukuisena ja ajoittuu Meri-Lapin joissa yleensä tulva-ajalle toukokuun ja kesäkuun vaihteeseen (Orell et al., 2016). Smoltit kulkevat mieluiten päävirrassa ja sijoittuvat siinä yleensä pintaveteen (Rivinoja, 2005). Pinnassa kulkeminen helpottaa smolttien ohjaamista alasvaellusratkaisuun turbiinien sijasta. Toisaalta päävirtaa seuraavia smoltteja on vaikea houkuttaa pienempi virtaamiseen kalatiehen. Myös aikuisten eli kutevien kalojen elämänkiertoon kuuluu joesta takaisin mereen palaaminen.

Tornio-Muonionjoki ja Ounas-Kemijoki smolttien alasvaelluksen vertailututkimuksessa huomattiin alasvaelluksen olevan huomattavasti haasteellisempaa rakennetussa joessa kuin rakentamattomassa. Lohen smoltteja merkattiin vapaassa Tornio-Muonionjoessa sekä padotussa Kemi-Ounasjoessa. Molemmissa joissa matka merelle oli suunnilleen yhtä pitkä. Merelle päässeitä poikasia oli vapaasti virtaavassa Tornio-Muonio joessa 91 % ja rakennetussa Ounas-Kemijoessa vain 12 %. Smolttien alasvaelluksen kuolleisuuden tarkkaa syytä ei tutkimuksen perusteella pystytä toteamaan, mutta alasvaellus on huomattavasti hitaampaa rakennetuissa joissa. Lisäksi saalistuspaineen on huomattu olevan suurempi rakennetuissa joissa. (Huusko et al., 2016) Viivästyksen ja saalistuspaineen yhdessä ovat toisiaan tukevia tekijöitä, smolttien ollessa suuremman ajan suurentuneen saalistuspaineen vaikutuksen alaisina. Viivästyksen ja saalistuspaineen lisäksi turbiinikuilun lävitse kulkeutuessa hydrostaattinen paine ja mekaaninen rasitus aiheuttavat jonkin verran vaurioita ja stressiä smolteille (Gomez and Sullivan Engineers, 2012).

Tutkimuksissa on huomattu, varsinkin smolttien selviytymistodennäköisyyden olevan korkea turbiinin läpi mentäessä (Vikström et al., 2020). Suuri virtaamisissa vesivoimalaitoksissa turbiinit ja kuilut ovat suurempia, joten mekaanisen rasituksen todennäköisyys laskee. (Karppinen et al., 2022) Vastaavasti kalan suuruuden on huomattu vaikuttavan negatiivisesti selviytymistodennäköisyyteen (Gomez and Sullivan Engineers, 2012; Vikström et al., 2020).

Turbiinityypillä on joidenkin seurantatutkimusten mukaan ollut vaikutusta selviytymisen todennäköisyyteen, varsinkin smolttien osalta. Karppisen (2017) mukaan on todettu, että yleisessä käytössä olevat Kaplan turbiinit aiheuttavat vähemmän kuolemia smolteille kuin toinen yleinen turbiinityppi Francis. Karppisen (2017) tutkimuksessa kyseessä oli kuitenkin pienen mitoitusvirtaaman omaavat turbiinit. Toisessa Francis ja Kaplan turbiinityypien vertailututkimuksessa, jossa turbiinien läpi menevä virtaama oli huomattavasti suurempi kuin Karppisen tutkimuksessa, ei huomattu selvää eroa selviytymistodennäköisyyksissä (Gomez and Sullivan Engineers, 2012). Joidenkin tutkimuksien löytämän selviytymistodennäköisyyksien erot Francis ja Kaplan turbiinien välillä saattavat johtua turbiinien erilaisesta käyttötavasta. Francis turbiineja käytetään yleisesti korkeamman putouskorkeuden omaavissa vesivoimalaitoksissa, mikä lisää paineenvaihtelua ja nopeutta turbiinikulussa. (Gomez and Sullivan Engineers, 2012; Vikström et al. 2020)

Kirjallisuuden perusteella ei voida olla täysin varmoja siitä, mikä aiheuttaa Huuskon (2016) havaitseman smolttien alasvaelluksen suuren kuolleisuuden rakennetussa joessa. Todennäköisesti turbiinien mekaaninen rasitus yhdistettynä alasvaelluksen viivästyksiin ja rakennetun joen suurempaan predaatioon ovat kuolleisuuden taustatekijät. Viivästys taas puolestaan saattaa johtua smolttien vaikeudesta löytää turbiinikanavan sisäänkäynti. Huusko (2018) mainitsee, että tutkimuksia tarvittaisiin turbiinikanavan sisäänkäynnin syvyyden vaikutuksesta alasvaelluksen onnistumiseen sekä smolttien motivaatiosta ohittaa useita voimalaitoksia.

Smolttien alasvaelluksen ajoittuminen osittain tulva-ajan jaksolle, jolloin vettä usein ohijuoksetetaan tulvaluukuista voimalaitoksen kapasiteetin ylittyessä, helpottaa niiden alasvaellusta. Patorakenteen tulvaluukuista kulkeutuminen ei kuitenkaan ole vaaratonta, mutta se saattaisi tarjota mahdollisuuden nopeampaan alasvaellukseen. (Huusko 2018) Lisäksi taloudellisen mahdollisuuden ohjata suurempaa virtausta alasvaellusratkaisuun (kalatiehen) alasvaelluksen ajankohtana. (Kemijoki Oy, 2022a) Tällöin päävirtaa seuraavat smoltit ajautuisivat kalatiehen todennäköisemmin. Lisäksi smolttien alasvaelluksen tehostamiseksi on kehitetty erilaisia tekniikoita (Luonnonvarakeskus, 2017). Näistä yksi on otettu käyttöön Kemijoen läheisellä lijoen Haapakoskella. Ratkaisu on pinnassa sijaitseva ohjausaita, joka ulottuu 1,2–3,0 metrin syvyyteen ja tarkoituksena ohjata smoltit pois turbiinien luota turvalliselle alasvaellusreitille (Pohjois-Pohjanmaan liitto, 2021).

### **2.5.5 Nousun viivästys**

Varsinkin merilohi saattaa nousta kymmeniä kilometrejä päivässä pyrkiessään kutupaikoilleen. Lisääntymisen kannalta nopea kulku onkin oleellista, sillä lohen kunto heikenee ajan kuluessa, koska se ei täydennä energiavarastojaan makeassa vedessä.

Kalatien kautta kulkemisen on huomattu telemetria tutkimuksissa aiheuttavan viivytystä lisääntymisvaellukseen. (Rinnevalli et al., 2020) Viivytyksen aiheuttaa todennäköisesti se, että kala ei löydä kalatien sisäänkäyntiä tai pidä sitä tarpeeksi hyvänä nousureittinä. Kemijoen Isohaaran voimalaitoksella tehtyjen telemetriaseurantojen perusteella kalatien hakeutuvien merilohien viive siitä, kun ne ensimmäistä kertaa havaittiin kalatien sisäänkäynnillä, oli keskimäärin 24 vuorokautta ja meritaimenella 50 vuorokautta (Jaukkuri et al., 2022). Viivytykset lisääntymisvaelluksessa johtaa todennäköisesti ongelmiin varsinkin, jos kala joutuu kulkemaan monen kalatien lävitse. Viivästykseseen liittyy monesti myös edestakaisen liikkeen tekeminen, jolloin kala käy etsimässä sopivaa nousureittiä, mutta epäonnistuttuaan palaa alemmas pois voimalaitoksen läheisyydestä. Vesivoimalaitosten alakanavat ovat monesti perattuja, eikä niissä siten ole kunnollisia levähdyspaikkoja. Rivinoja (2005) mainitsee väitöskirjassaan, että edestakainen liikehdintä kuluttaa nousevilta kaloilta niiden rajoitettuja energiavarastoja.

### 3. RISKIANALYYSI

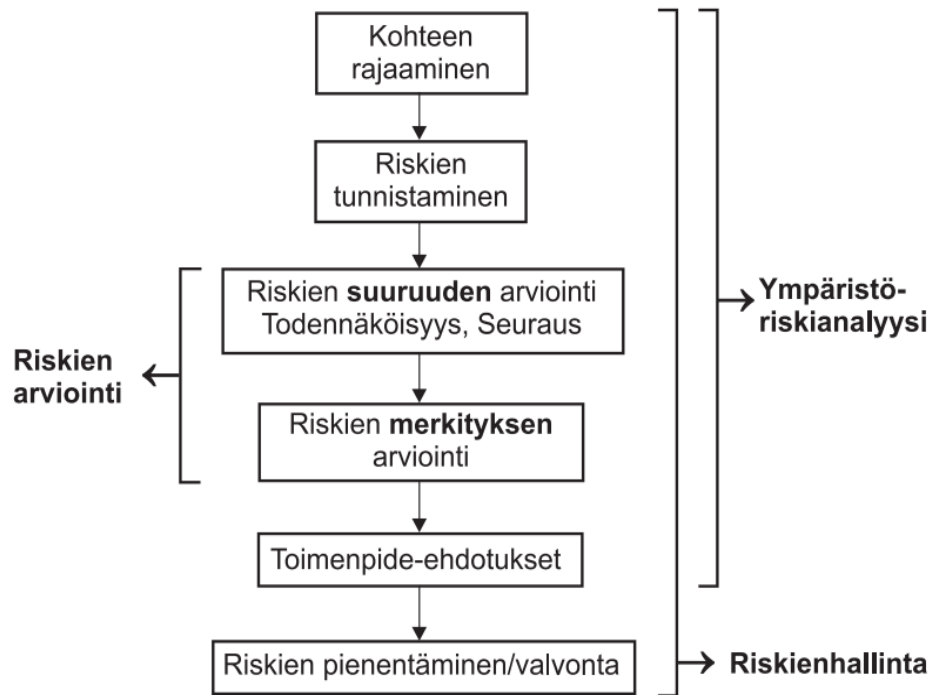
Teknologian tutkimuskeskus (VTT) määrittelee riskianalyysin seuraavasti: ”Riskianalyysi tarkoittaa saatavissa olevan tiedon järjestelmällistä käyttämistä vaarojen tunnistamiseksi sekä ihmisiin tai väestöön, omaisuuteen tai ympäristöön kohdistuvan riskin suuruuden arvioimiseksi. Riskin suuruuteen vaikuttaa tapahtuman todennäköisyys ja seurausten vakavuus.” (Heikkilä et al., 2007). Riskillä tarkoitetaan määrätyn vaarallisen tapahtuman esiintymistodennäköisyyden ja seurauksen vakavuuden yhdistelmää (SFS, 2000). Riskianalyysin tarkoituksena on siis tunnistaa vaaroja ja niistä aiheutuvia riskejä, analysoida niiden vakavuutta ja todennäköisyyttä sekä antaa toimenpide ehdotuksia niiden toteutumisen välttämiseksi. Riskianalyysin johdosta tuotannon tehokkuus saattaa parantua, häiriötilanteet voivat vähentyä ja resursseja saattaa jäädä kohdennettavaksi tärkeämpiin asioihin (Riskienhallintayhdistys, 2022).

Riskianalyysi voidaan tehdä yhtiön halusta hallita riskejä eli ehkäistä ympäristöllisiä, terveydellisiä tai taloudellisia vahinkoja (SFS, 2000). Joskus myös viranomainen voi vaatia toiminnanharjoittajaa kartoittamaan toimintaan liittyvät riskit riskianalyysin avulla. Riskianalyysi on merkittävä osa riskienhallintaa, sillä juuri riskianalyysissä tunnistetaan ja arvioidaan toimintaan liittyvät vaarat. Vaaralla tarkoitetaan mahdollista haitallista tapahtumaa tai onnettomuusmahdollisuutta. Riskiksi vaara muuttuu sen jälkeen, kun sen tapahtuman todennäköisyys sekä seurausten vakavuus on arvioitu. Suomessa voidaan määrätä tehtäväksi ympäristöriskianalyysi ympäristönsuojelulain (86/2000), kemikaaliturvallisuuksilain (390/2005) ja teollisuuskemikaaliasetuksen (59/1999) perusteella (Wessberg et al., 2006). Näiden lisäksi riskianalyysi voidaan määrätä monessa tietoturvaan sekä työntekijöiden turvallisuuteen liittyvissä tapauksissa.

Riskianalyysi on yleisesti ottaen vapaamuotoinen ja sen toteuttamiseksi on olemassa monia erilaisia menetelmiä, esimerkiksi HAZOP, POA, HAZSCAN ja TVA. Jotkin näistä eri menetelmistä ovat tarkoitettu analysoimaan laajemmin kaikkia vaaroja ja jotkut hieman spesifimpiä alueita. Esimerkiksi TVA on lyhenne toimintovirheanalyysistä, mikä käsittelee ihmisten virheiden aiheuttamien vaarojen arvioinnin. POA on lyhenne potentiaalisten ongelmien analyysistä, mitä käytetään paljon riskien tunnistamisvaiheessa. (Väylävirasto, 2020) Riskianalyysimenetelmiä voidaan käyttää erikseen tai yhdessä täydentämään toisiaan. Tässä työssä ei käsitellä kaikkia riskianalyysimenetelmiä. Vain käytetty menetelmä esitellään sekä perusteet tämän valintaan. Riskianalyysin vapaamuotoisuuden johdosta, niiden laadunvalvontaa on ollut vaikeaa seurata, joten Suomen standarditoimistoliitto (SFS) on laatinut ainakin kolme standardia, jotka käsittelevät

riskienhallintaa ja riskianalyysiprosessia, antaen suosituksia analyysin tekoon. Lisäksi Suomen ympäristökeskus on toteuttanut YMPÄRI-hankkeen, jonka tuloksena on tuotettu suositukset ympäristöriskianalyysin laatimiseen. Vaikka YMPÄRI-hankkeessa käsitellään suurimmaksi osaksi häiriöpäästöriskien analyysiä ympäristön näkökulmasta, sen suositukset ovat sovellettavissa muihinkin riskilajeihin. (Wessberg et al., 2006).

Kuvassa 9 on esitetty YMPÄRI-hankkeen näkemys riskianalyysin merkityksestä osana riskienhallintaa. Kuvasta voi nähdä, miten riskianalyysi kattaa melkein koko riskienhallintaprosessin. Monessa lähteessä kuten standardissa SFS-IEC 60300 (2000) on kuvattu riskianalyysi osaksi riskien arviointia, mutta tässä määritelty riskianalyysi sisältää riskien arviointi osuuden. Eli tässä työssä riskianalyysiin käytetään YMPÄRI-hankkeen suosituksia, missä riskianalyysi sisältää riskien suuruuden ja merkityksen arviointi osuudet.

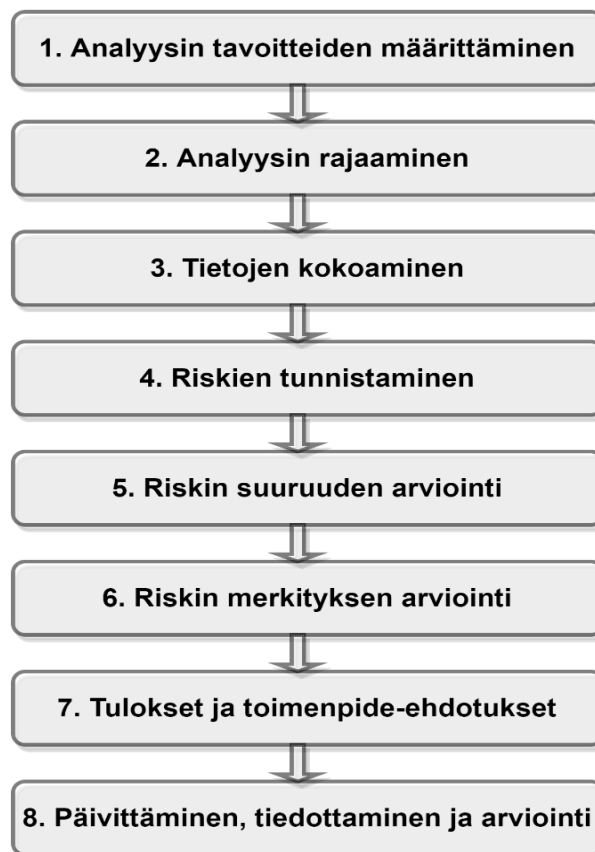


**Kuva 9.** YMPÄRI-hankkeen tulkinta riskianalyysistä osana riskienhallintaa (Wessberg et al., 2006)

Analyysin sisältöön vaikuttaa vahvasti se kuka analyysin on tilannut ja kenelle se on tarkoitettu käytettäväksi. Esimerkiksi viranomaisen veloitteesta tehtyyn riskianalyysiin tulee sisällyttää viranomaisen haluamat asiat, kun taas yhtiön omaan käyttöön tuleva analyysi voi olla vapaamuotoinen sisällön suhteen. Yksinkertaisimmillaan riskianalyysi on keskustelua mahdollisista riskeistä asiantuntevien henkilöiden kanssa ja johtopäätösten muistiinpanemista. Tärkeää on kuitenkin, että kaikilla analyysiin osallistuvilla on tiedossa sen tarkoitus ja tavoitteet. (SFS, 2000; Wessberg, 2006)

### 3.1 Riskianalyysin vaiheet

Kuvassa 10 on kuvattu riskienhallinnan vaiheet yksityiskohtaisemmin YMPÄRI-hankkeen suositusten mukaisesti. Vaiheiden sisältö on muodostettu yhdistelemällä suosituksia kolmen lähteen perusteella, SFS-IEC 60300 Teknisten järjestelmien riskianalyysi (2000), SFS-EN-IEC 31010 Riskienhallinta ja riskien arviointimenetelmät (2019) sekä YMPÄRI-hanke (2006). Pääpaino on kuitenkin YMPÄRI-hankkeen suosituksissa, jossa vaiheet on esitetty selkeästi ja käytännönläheisesti. Lisäksi YMPÄRI-hankkeessa on käytetty lähteinä myös edellä mainittuja SFS standardeja.



*Kuva 10. Riskianalyysin vaiheet YMPÄRI-hankkeen suositusten mukaisesti (Muokattu: Wessberg, 2006)*

**Analyysin tavoitteiden määrittäminen** vaikuttaa analyysin sisältöön ja siihen mitä asioita riskienhallinnassa otetaan huomioon. Jokaisen riskianalyysin tavoite on tietysti riskienhallinta, mutta tavoitteisiin vaikuttaa suuresti se minkä takia analyysi suoritetaan. Kuten ylempänä on mainittu, niin esimerkiksi viranomaisen pyynnöstä suoritettavalle analyysille tavoitteet määräytyvät viranomaisen antamien ohjeiden mukaisesti. (Wessberg et al., 2006)

**Analyysin rajaaminen** suositellaan tehtäväksi tavoitteiden määrittelyn jälkeen, jolloin rajauksia voidaan tehdä asetettujen tavoitteiden perusteella. Analyysissä tulee esittää

selkeästi valitut rajaukset, jotta lukija voi varmistua siitä, mitä riskejä analyysissä on otettu huomioon. Rajauksia voidaan tehdä mielivaltaisesti esimerkiksi jättämällä pois kokonaan tietyt laitteet tai henkilöihin kohdistuvat riskit, kunhan tehdyt rajaukset on ilmoitettu yksiselitteisesti analyysissä. Rajauksia voidaan tehdä fyysisesti esimerkiksi voimailualueen kiinteistöllä esiintyvät vaaralähteet tai immateriaalisesti esimerkiksi voimailuksen vastuualueiden mukaan. (SFS, 2000, 2018; Wessberg et al., 2006);(SFS, 2000).

**Tietojen kokoaminen** on helpompaa ja tehokkaampaa rajaamisen jälkeen, tällöin vältetään analyysin kannalta tarpeettoman tiedon hankinta. Analyysin kannalta on tärkeää oikean tiedon käyttäminen, joten analyysiraportin alussa tulee määritellä kaikki käytetyt tietolähteet. Tietolähteisiin kuuluvat kirjallisten dokumenttien lisäksi analyysiin osallistuneet henkilöt. Käytettäviin tietoihin lukeutuu myös tiedot sisäisistä ja ulkoisista vaaralähteistä. Sisäisiin vaaralähteisiin kuuluvat esimerkiksi putket, koneet ja työvaiheet ja ulkoisiin uhkiin esimerkiksi sääolosuhteet, ilkvallantekijät ja eläimet. Lähtötietoina analyysin suorittamisessa voidaan käyttää esimerkiksi prosessikuvauksia, onnettomuuksien mallinnuksia tai käyttöturvallisuustiedotteita. (Wessberg et al., 2006)

**Riskien tunnistaminen** aloitetaan, kun tarvittavat tiedot ovat koottuna. Riskien tunnistaminen on hyvin keskeinen osa analyysiä, sillä kaikki tunnistamatta jääneet mahdolliset vaaralähteet jäävät ilman tarkempaa analysointia, eikä niihin tällöin pystytä varautumaan. Tehokkaaksi toimintamenetelmäksi on osoittautunut palaveri ”aivoriihi”, jossa on mukana analysoitavan kohteen asiantuntijoita sekä riskianalyysin tekijä. Aivoriihen tarkoituksena on tuoda esille kaikki mahdolliset vaarat, joita kohteessa työskentelevillä tai asiantuntijoilla tulee mieleen ja valita näistä tarkempaan analyysiin laitettavat. Analyysin lopputulosta parantaa, jos henkilöt vierailevat analysoitavassa kohteessa ennen palaveria. Kaikki esille tulleet riskit kannattaa kirjoittaa muistiin, mieluiten taulukkolaskentaohjelmaan, jolloin ne saadaan selkeään järjestykseen ja lisätietojen lisääminen on helppoa (liite 1).

Riskien tunnistamiseen paljon käytetty työkalu on POA eli potentiaalisten ongelmien analyysi. POA on edellä mainitun kaltainen aivoriihimenetelmä, jossa palaverin vetäjänä toimii kyseisen menetelmän tunteva riskinhallinnan osaaja. Vaikka kyseessä on paljolti keskusteluun nojaava menetelmä, on vaaralähteiden tunnistamisen osalta tärkeää kirjata käsitellyt asiat selkeästi kirjalliseen muotoon. Muutenkin aivoriihi tyyliässä vaarajentunnistusmenetelmässä olisi suotavaa käyttää prosessikaavioita, ajatuskarttaa tai asiasanalistaa muistin tueksi. (VTT, 2002a). Esimerkiksi HAZSCAN riskianalyysimenetelmää suoritettaessa yleinen tekniikka on käyttää aktiiviprosessimallia, josta saadaan keskustelun tueksi asiasanoja sekä hyvä yleiskuva koko prosessista (Kallio, 2022).

**Riskin suuruuden arviointi** tarkoittaa YMPÄRI-hankkeen suositusten mukaisesti aikaisemmin tunnistetun vaaran esiintymistodennäköisyyden sekä seurauksen suuruuden arviointia asiantuntijoiden tai määrällisten menetelmien avulla. Määrällisillä menetelmillä tarkoitetaan tässä laskennallisia todennäköisyyksiä, esimerkiksi tilastotietoon perustuva arvio ihmisen virheen todennäköisyydestä tietyssä ajanjaksona. Riskin suuruuden arvioinnissa tarvitsee siis huomioida kaksi pääasiaa, mitkä ovat vaaran toteutumisen todennäköisyys sekä seurausten vakavuus. Todennäköisyyden arvioinnin voi tehdä kolmella eri tavalla tai halutessaan käyttää näitä kaikkia. Todennäköisyyden arvioinnin lähestymistavat ovat esitetty alempana taulukossa 1. (SFS, 2000; Wessberg et al., 2006)

Taulukko 1. *Todennäköisyyden arvioinnin lähestymistavat* (SFS, 2000)

Asianmukaisen historiatiedon käyttö. Esimerkiksi tilastot jo tapahtuneista onnettomuuksista
Tapahtumataajuuksien määrittäminen käyttäen analyttisiä- tai simulointitekniikoita
Asiantuntija-arvioiden käyttö

Monesti vaaran todennäköisyyttä arvioitaessa riittää pelkkä asiantuntijoiden antama arvio, mutta jos tunnistetun vaaran seuraukset arvioidaan vakaviksi, on arvioinnissa syytä käyttää määrällisiä menetelmiä. Todennäköisyyden arvioinnin tuloksena voidaan tehdä luokittelua tapahtuman todennäköisyyden ja siihen varautumisen perusteella (taulukko 2). Luokittelu voi perustua numerointiin esimerkiksi yhdestä viiteen numeroimalla, joista viisi on todennäköisin ja/tai huonoiten varauduttu riski. (SFS, 2000; Wessberg et al., 2006) Riskin todennäköisyyttä arvioitaessa on siis syytä ottaa huomioon senhetkiset riskin hallintatoimet, jotka yleensä pienentävät riskin tapahtuman todennäköisyyttä.

Taulukko 2. *Riskien todennäköisyysluokat YMPÄRI-hankkeen raportista* (muokattu: Wessberg, 2006)

Todennäköisyysluokka	
Useammin kuin kerran kuukaudessa ja/tai riskienhallinta koetaan heikoksi	5
Useammin kuin kerran vuodessa ja/tai riskienhallinta koetaan tyydyttäväksi	4
Useammin kuin kerran 10 vuodessa ja/tai riskienhallinta koetaan tyydyttäväksi	3
Kerran kohteen eliniän aikana ja/tai riskienhallinta koetaan hyväksi	2
Tilanne ennestään tuttu alalla ja/tai riskienhallinta koetaan hyväksi	1

Riskien suuruuden arviointiin liittyy todennäköisyyden arvioinnin lisäksi seurausten arviointi. Seurauksiltaan vakavien tai vähintään vakavimmasta riskistä täytyisi YMPÄRI-hankkeen suositusten mukaan käsitellä yksityiskohtaisemmin. Seurausten arvioinnin

lähestymistavat ja sisällön vaatimukset standardin SFS-IEC 60300 mukaan on esitetty taulukossa 3 alempana.

Taulukko 3. *Seurausanalyysin lähestymistavat (SFS, 2000)*

Perustua aiemmin valittuihin vaaratilanteisiin
Kuvata kaikki vaaran toteutumisesta aiheutuvat seuraukset
Otaa huomioon olemassa olevat varautumiskeinot seurausten pienentämiseksi sekä vallitsevien olosuhteiden vaikutus seurauksiin
Sisältää käytetyt arviointiperusteet, joilla seurauksia on arvioitu
Tarkastella seurauksia heti ilmenevien seurausten lisäksi myös pitkällä aikavälillä
Tarkastella sekundäärisiä seurauksia

Seurauksen arvioinnissa riskit tulisi niin ikään arvioida vakavuutensa mukaan seurausluokkiin. Seurausluokan arvioimisessa seuraukset tulisi ottaa huomioon mahdollisimman objektiivisesti, eikä puntaroida näitä vain yhdestä näkökulmasta. Arvioinnissa pitäisi huomioida esimerkiksi taloudellisten näkökulmien lisäksi myös terveydelliset, ekologiset sekä yhteiskunnalliset näkökulmat. (Wessberg et al., 2006) Seurauksien vakavuusasteikko on syytä sopeuttaa kyseiselle hankkeelle ja yritykselle sopivaksi. Esimerkiksi pienemmille yrityksille talouteen vaikuttavat seuraukset ovat huomattavasti pienempiä kuin suurien yritysten tapauksessa.

Taulukko 4. Riskien seurausmatriisi YMPÄRI-hankkeen raportista (Muokattu: Wessberg, 2006)

<b>Ympäristöriskien seurausten arviointi</b>			
<b>Seuraus</b>	<b>Seurausluokka</b>		
	Lievä	Suuri	Vakava
<b>Ekologinen (Maaperä)</b>	Haitta rajoittuu pienelle alueelle, pitoisuudet alemman ohjearvon alapuolella	Päästö leviää alle 0,5 ha kohdealueesta, pitoisuudet ylemmän ohjearvon alapuolella	Vaikutusalue suurempi kuin 0,5 ha, pitoisuudet ylemmän ohjearvon yläpuolella
<b>(Vesistö)</b>	Haitta vesistöön vähäistä, vesistö palautuu nopeasti	Vesistön palautuminen pitkittynyt, pienet kalakuolemat	Pitkäaikainen haitta ja ekosysteemivaurio, mahdollisia kalakuolemia
<b>Yhteiskunnallinen (Viihtyisyys)</b>	Vähäistä ohimenevää virkistyskäyttöä haittaa	Virkistyskäyttö estyy väliaikaisesti	Virkistyskäyttö alentuu laajoilla alueilla huomattavasti
<b>Pohjavedet ja vedenotto</b>	Ei vaikutusta pohjaveden laatuun kohteen ulkopuolella	Kohteen ulkopuolinen pohjavesi saastunut, vedenottamot suljettava	Pohjavesialue laajasti pilaantunut, vedenotto lopetettava pitkäaikaisesti
<b>Imago</b>	Vaaran toteutumisesta aiheutuu negatiivista keskustelua paikallismediassa	Aihetta käsitellään valtakunnallisesti mediassa	Käsitellään mahdollisesti kansainvälisessä mediassa, toiminnan jatkaminen uhattuna
<b>Talous</b>	Yrityksen itsensä päätettävissä	Yrityksen itsensä päätettävissä	Yrityksen itsensä päätettävissä

**Riskin merkityksen arviointi** tarkoittaa käytännössä riskin todennäköisyyden sekä seurausten yhdistämistä, joiden tuloksena saadaan riskin suuruuden luokka eli merkitys. Hyvän tavan mukaista on, että riskin merkitys on nähtävissä taulukkolaskentaohjelmaan tehdystä tiedostosta värikoodilla. Matriisin avulla arvioitu riskin merkitysluokka väreineen antaa analyysin lukijalle helposti käsityksen merkittävimmistä riskeistä. Riskin merkitysluokka muodostuu riskin tapahtuman todennäköisyydestä sekä riskin seurausten vakaavuudesta. Myös merkittävyyden arvioinnin perustelut on syytä sisällyttää tähän kohtaan. Esimerkki Väyläviraston käyttämästä riskimatriisista on taulukossa 5. Arviointiin käytetyistä riskimatriisista hyvän tekee sen helppolukuisuus, siksi kannattaa käyttää riskien arvottamiseen tuttuja varoitusvärejä, eli vihreää, keltaista ja punaista. Taulukkolaskentaohjelman tiedostoa eli riskienhallintasuunnitelmaa voidaan käyttää esimerkiksi kohteen ensimmäistä kertaa työskentelemään meneville tai päätöksenteon tukena (Wessberg et al., 2006).

Taulukko 5. Väyläviraston käyttämä riskimatriisin merkityksen arvioitiperusteet (Väylävirasto, 2022)

	Ei seurauksia	Lieviä/vähäisiä	Vakavia/merkittäviä	Suuria	Erittäin suuria
Tapahtuman esiintymistiheisyys	Erittäin yleinen	Vähäinen	Kohtalainen	Merkittävä	Sietämätön
	Yleinen	Merkityksetön	Vähäinen	Kohtalainen	Merkittävä
	Satunnainen	Merkityksetön	Vähäinen	Kohtalainen	Merkittävä
	Harvinainen	Merkityksetön	Merkityksetön	Vähäinen	Merkittävä
	Erittäin harvinainen	Merkityksetön	Merkityksetön	Merkityksetön	Vähäinen

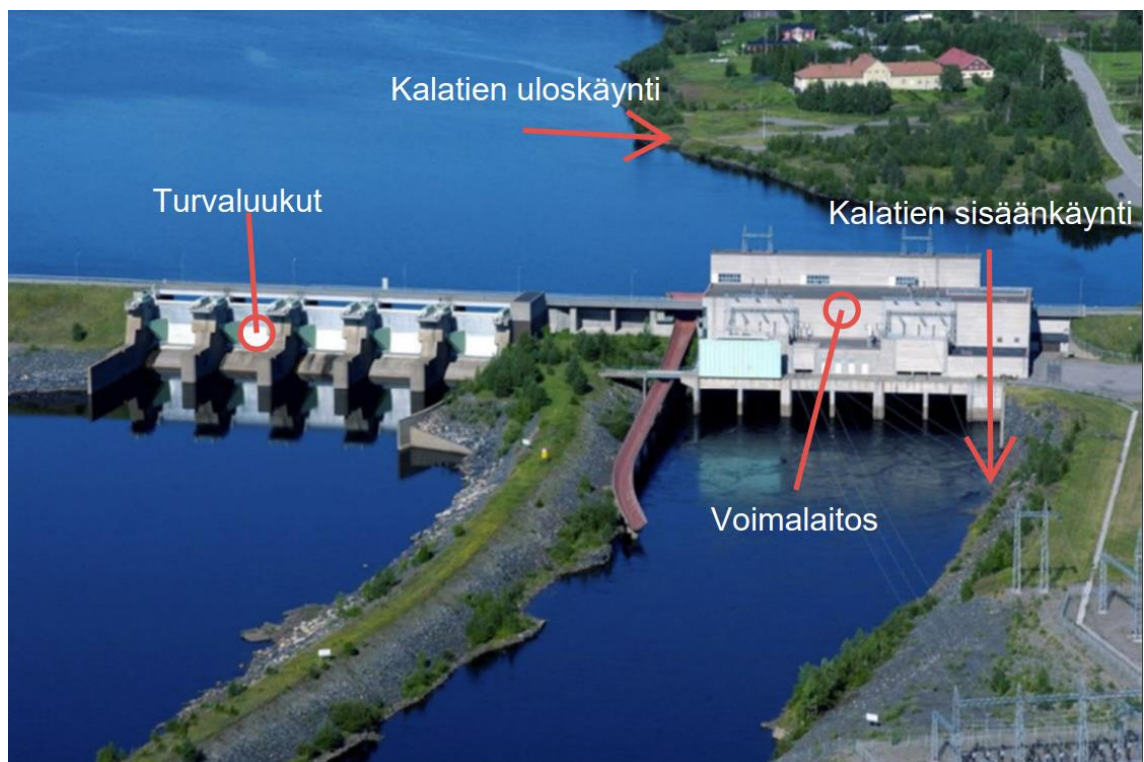
**Tuloksissa ja toimenpide-ehdotuksissa** esitetään yhteenveto riskianalyyssissä tunnistetuista ja arvioituista riskeistä sekä esitetään toimenpide-ehdotuksia niiden hallitsemiseksi. Hyvä tapa on käsitellä vakavimmiksi arvioidut riskit tarkemmin kuin lieväksi arvioidut. Tämä on samalla riskianalyysin yhteenveto, joten se on tärkeä kohta analyysiä käyttävien tahojen kannalta. Yhteenvedossa arvioidaan myös analyysin tuottaman tiedon merkitys sekä luotettavuus. (Wessberg et al., 2006)

**Päivittäminen ja tiedottaminen** on tärkeä osa riskianalyysiä. Tiedottaminen analyysin kohteen kanssa tekemissä oleville on edellytys siitä saatavalle hyödyille. Tämän vuoksi on suositeltavaa tiedottaa tehdystä riskianalyyssistä niin yrityksen sisällä kuin ulkopuolellakin. Varsinkin ympäristöllisten- sekä terveydellisten riskien kannalta tämä voi lisätä yrityksen imagoa vastuullisuuden suuntaan. Analyysin päivittäminen on välttämätöntä varsinkin toiminnan muuttuessa. YMPÄRI-hankkeen suositus on, että analyysi päivitetäisiin muutenkin 3–5 vuoden välein. Tuotetun analyysin heikkoudet on myös arvioitava, jotta siinä ilmeneviä tietoja voidaan soveltaa käytäntöön. Arvioinnin tekee yleisesti ottaen analyysin tekijät. (Wessberg et al., 2006)

## 4. AINEISTO JA MENETELMÄT

### 4.1 Case Taivalkosken kalatie

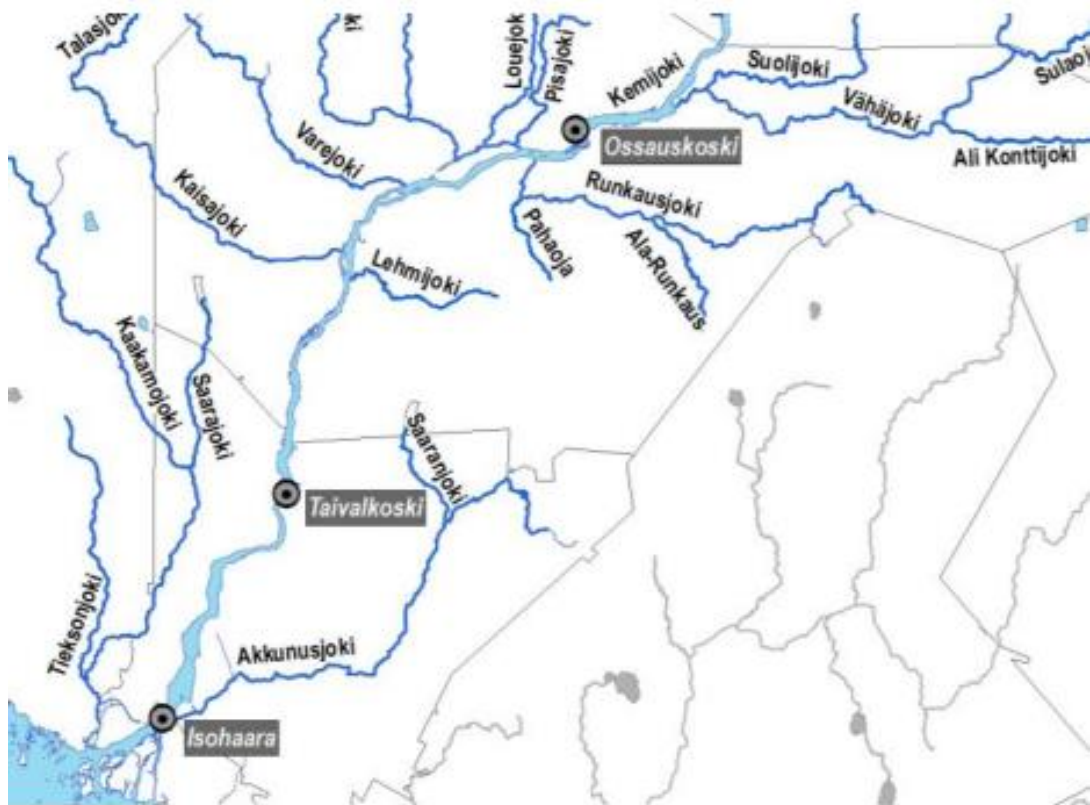
Taivalkosken voimalaitos rakennettiin vuosina 1972–1976 ja se on toinen voimalaitos Kemijokea ylävirtaan mentäessä. Voimalaitoksen pudotuskorkeus on 14,5 metriä ja siinä on kolme Kaplan turbiinia, joiden maksimaalinen mitoitusvirtaama on noin 1000 m<sup>3</sup>/s ja minimaalinen virtaama noin 25–30 m<sup>3</sup>/s. Kuvassa 11 oikealla puolella on nähtävissä voimalaitos, jossa turbiinit sijaitsevat ja sähköntuotanto tapahtuu. Vasemmanpuoleinen rakennelma on osa patoa, joiden turvaluukuista voidaan juoksuttaa vettä tulvatilanteessa tai voimalaitoksen ollessa passiivisena. (Kemijoki Oy, 2022b) Kemijoki nimettiin yhdeksi Valtioneuvoston kalatiestrategian kärkikohteeksi, johtuen vesistön vaelluskalojen poikastuotantoalueiksi soveltuvista alueista. Keskeisenä tavoitteena strategiassa on ollut poikastuotantoalueiden käytön mahdollistaminen voimalaitospatojen ohittavien kalateiden avulla (Jaukkuri et al., 2022).



**Kuva 11.** Taivalkosken voimalaitos sekä suunnitellun kalatien sisään- ja uloskäyntien sijainti (Kemijoki Oy, 2022b)

Taivalkosken voimalaitoksen yhteyteen suunniteltu kalatie on osa monivuotista Kemijoki Oy:n harjoittamaa vaelluskalakantojen elvyttämissuunnitelmaa. Kalatien rakentaminen Taivalkosken voimalaitoksen yhteyteen on erittäin tärkeää varsinkin merilohen ja

meritaimenen kantojen luonnollisen lisääntymisen edistämiseksi, sillä se mahdollistaa kalojen pääsyn useisiin Kemijoen sivuhaarojen poikastuotantoalueihin (kuva 12). Kalatien jälkeen kaloilla olisi yhteys esimerkiksi vuonna 2021 lisääntymisalueita ajatellen kunnostetulle Runkausjoelle. (Kemijoki Oy, 2022a) Lisäksi Taivalkosken voimalaitoksen paikoilta on jäljellä alueita, joita voitaisiin mahdollisesti kunnostaa poikastuotantoalueiksi (Huttula, 2022).



**Kuva 12.** Ala-Kemijoen sivujoet sekä voimalaitokset. Voimalaitokset on kuvattu ympyröillä. (Huttula, 2020)

Taivalkosken voimalaitoksen itärannalle suunnitellun kalatien kokonaispituus olisi tarkoitus olla lähes 700 metriä ja keskimääräinen leveys kolme metriä, pulssien aikainen houkutusvirtaama 3–5 m<sup>3</sup>/s ja normaali virtaama vaihtelee 1–3 m<sup>3</sup>/s välillä.

#### 4.1.1 Uudistuvat kalatalousvelvoitteet

Kansallisen kalatiestrategian käynnistämisen jälkeen kalakantojen luonnolliseen lisääntymiseen on alettu kiinnittää enemmän huomiota myös valtiollisella tasolla. Suuri harppaus tähän oli Lapin ELY-keskuksen vuonna 2017 jättämä hakemus Aluehallintovirastolle, jonka tarkoituksena oli muuttaa Kemijoelle vuosien 1960–1970 välillä annetut kalatalousvelvoitteet. Hakemuksen mukaan tämänhetkinen tilanne ei vastaa enää tuon ajan tilannetta ja velvoitteet on uusittava (Lapin ELY-keskus, 2017). Velvoitehakemus on

tämän työn tekohetkellä viranomaisen käsittelyssä, ja Kemijoki Oy sekä ELY-keskus ovat antaneet omia täydennyksiä sekä muistutuksia Aluehallintovirastolle hakemukseen liittyen (Kemijoki Oy, 2022a).

Alkuperäisessä kalatalousvelvoitehakemuksessa mainitaan, että nykyinen tapa korvata Kemijoen menetetty poikastuotanto istutuksin ei huomioi riittävästi perinnöllistä monimuotoisuutta (Lapin ELY-keskus, 2017). Kemijoki Oy on asiasta samaa mieltä ja siksi Taivalkosken voimalaitoksen suunnittelu kalatiehanke onkin aloitettu jo vuonna 2019 (Kemijoki Oy, 2022a). Kalatalousvelvoitehakemuksessa vaaditaan myös istutusvelvoitteiden uusimista, mutta ne eivät tämän työn kannalta ole oleellisia. Istutusvelvoitteista mainittakoon vain sen verran, että niiden on hakemuksen mukaan tuettava vaelluskalojen kotiuttamista Kemijoen vesistöön (Lapin ELY-keskus, 2017). Lapin ELY-keskuksen hakemuksessa on haettu poikkeuksellisen tarkkoja läpäisyprosentteja Kemijokeen rakennettaville kalateille. Alkuperäisen hakemukseen sisällytetyt vaatimukset ovat esitetty suorana lainauksena alempana (Lapin ELY-keskus, 2017).

- a. *"Kalateiden ja alasvaellusreittien tulee soveltua lohelle ja taimenelle ja ne tulee toteuttaa parhaalla käytettävissä olevalla tekniikalla ja alan parhaita käytäntöjä noudattaen. Luvanhaltijoiden tulee vastata kustannuksellaan kalateiden toiminnasta, ylläpidosta sekä rakenteiden ja virtaamien säädöstä. Luvanhaltijoiden tulee luovuttaa maksutta kalateihin tarvittava vesi, jolla varmistetaan sopiva virtausnopeus kalatiessä ja kalatien suuaukolla joen virtaamasta riippuen.*
- b. *Mitoitusvirtaama, jonka rajoissa kalatietä käytetään, tulee olla vähintään 2 m<sup>3</sup>/s. Kalatiestä tulevan veden lisäksi kunkin kalatien alaosaan tulee johtaa kalojen nousun varmistamiseksi houkutusvettä. Mitoitusvirtaama, jonka puitteissa houkutusvettä käytetään, tulee olla vähintään 20 m<sup>3</sup>/s kutakin yksittäistä kalatietä kohden. Kalojen kulku tulee järjestää kullakin padolla tarvittaessa yhden tai useamman kalatien kautta.*
- c. *Kalateitä ja voimalaitoksia on käytettävä niin, että PVO-Vesivoima Oy:n omistaman Isohaaran voimalaitoksen alapuolelle tulevista lohista vähintään 90 % nousee padon yläpuolelle ja niistä vähintään 75 % nousee Kemijoki Oy:n omistamien Taivalkosken, Ossauskosken, Petäjaskosken ja Valajaskosken voimalaitosten kalateiden kautta Valajaskosken padon yläpuolelle. Tavoitteet tulee saavuttaa 5 vuoden kuluttua siitä, kun kalatiet ovat valmistuneet.*
- d. *Kalateiden tulee olla toiminnassa vuosittain 20.5.–20.10. välisen ajan.*
- e. *Kunkin voimalaitoksen yhteyteen toteutettavan alasvaellusreitit tulee toimia niin, että Valajaskosken yläpuolelle tulevista vaelluspoikasista 60 % selviytyy viiden*

*voimalaitoksen ohi Isohaaran voimalaitospadon alapuolelle. Voimalaitoksia on käytettävä niin, että se tukee vaelluspoikasten selviytymistä jokisuuhun.*

- f. *Tämän päätöksen tultua lainvoimaiseksi voimalaitosten omistajan on viimeistään yhden vuoden kuluessa lainvoimaiseksi tulosta haettava vesilain tarkoittama vesirakentamislupa tässä päätöksessä määrätyille kalateille sekä lupa aloittaa rakentaminen ennen päätöksen lainvoimaiseksi tuloa (valmistelulupa) ja aloitettava myönnettävän rakentamisluvan perusteella ensimmäisen kalatien rakentaminen.*
- g. *Kaikkien kalateiden ja alasvaellusreittien tulee olla rakenteellisesti valmiina ja toiminnassa viimeistään kahden vuoden kuluttua vesirakentamisluvan myöntämisestä.*
- h. *Luvanhaltijat vastaavat tutkimuksesta ja kehittämisestä kalateiden ja alasvaellusreittien toiminnan parantamiseksi vähintään siihen saakka kun lupaehtojen tarkistamishakemus on tullut ratkaistuksi. Tähän käytettävä rahamäärä tulee olla vuosittain vähintään 250 000 euroa kolmen peräkkäisen vuoden liukuvana keskiarvona elinkustannusindeksillä vuosittain tarkistettuna."*

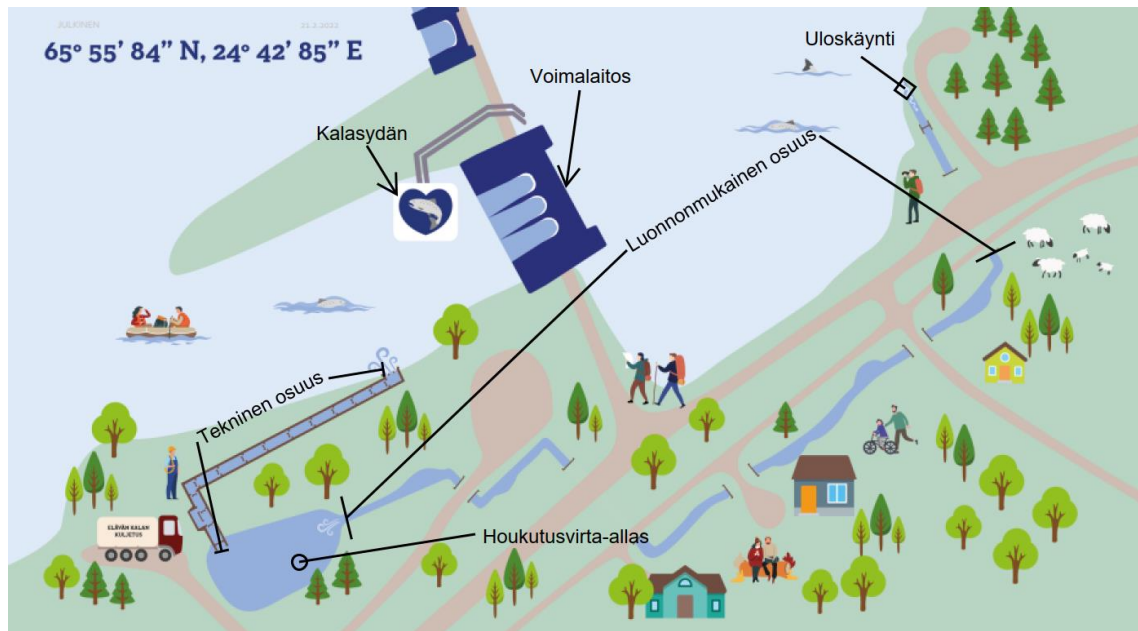
Väärinkäsityksen välttämiseksi mainittakoon vielä, että yllä olevat kohdat ovat hakemusvaiheessa, ja voivat muuttua vielä hakemusprosessin edetessä. Hakemus on ollut tämän diplomityön tekohetkellä jo yli viisi vuotta käsittelyssä, eikä lopullisen päätöksen valmistumisen ajankohdasta ole arvioita. Aluehallintovirasto pyysi Lapin ELY-keskukselta täydennystä hakemukseen vuonna 2019 ja ELY-keskus antoi täydennyksensä vuonna 2020, mutta sisältö ei oleellisesti muuttunut. Aluehallintovirasto kuulutti hakemuksen 18.6.2020 ja Kemijoki Oy jätti kuulutuksen jälkeen muistutuksena oman näkemyksensä asiasta (Aluehallintovirasto, 2020).

#### **4.1.2 Rakenteet**

Kalatien alkuosuus toteutetaan **teknisenä ratkaisuna** (kuva 13). Teknisen osuuden tyyppi on pystyrakokalatie, joka on osoittautunut tutkimuksissa toimivaksi vaihtoehdoksi. (Hershey, 2021) Teknisen osuuden tarpeellisuus Taivalkosken kalatiessä, johtuu tilaajan mukaan alakanavan korkeista penkereistä sekä kallioperästä. Kallioperän ja jyrkän penkereen johdosta paikalle on helpompi toteuttaa tekninen kuin luonnonmukainen kalatieratkaisu (Kemijoki Oy, 2022a). Valintaan vaikuttaa myös teknisten ratkaisuiden parempi houkutusvaikutus luonnonmukaisiin ratkaisuihin verrattuna (Noonan et al., 2012). Teknisen osuuden virtaama normaalitilanteessa on suunniteltu olevan 1–2  $m^3/s$  ja lisääntyen houkutusvirtapulssin aikana arvoon 3–6  $m^3/s$ , kaltevuudeksi on tarkoitus tulla noin 4 %. Houkutusvirrannopeudeksi pulssin aikana on suunnitelmassa ilmoitettu 1,5–2  $m/s$ , mutta

pulssin ulkopuolella virrannopeus on todennäköisesti hitaampi. Mikäli houkutusvaikutuksen huomataan olevan tehokkuuden rajoittava tekijä, suunnitelmissa on varauduttu houkutusvirtaaman suurentamiseen pumppaamalla lisävettä kalatien sisäänkäynnille. Tarvittaville pumpuille on jätetty tilaa sisäänkäynnin läheisyyteen. (Kemijoki Oy, 2022a)

Tekniseen osuuteen on tarkoitus rakentaa suunnitelmien mukaan **kiinniottolaite**, joka tulee sijaitsemaan osuuden yläpäässä ennen houkutusvirta-allasta (kuva 13). Kiinniottolaitteen nostokorista on tarkoitus ohjata tarpeen mukaan kaloja suoraan tankkiautoon, josta niitä voidaan edelleen kuljettaa tutkimustarkoituksiin tai teitä pitkin joen yläosille. Etuna tässä on, että kaloja ei tarvitse erikseen ottaa kiinni ja nostaa kuljetukseen. Perinteinen kiinniotto aiheuttaa todennäköisesti kaloissa stressiä ja sisältää vahingoittumisen vaaran. (Kemijoki Oy, 2022a)



**Kuva 13.** Kemijoki Oy:n kaavamainen suunnitelma Taivalkosken kalatiehankkeesta (muokattu: Kemijoki Oy, 2022b)

**Houkutusvirta-allas** rakennetaan heti teknisen osuuden loppuun eli se sijaitsee luonnonmukaisen osuuden ja pystyrako-osuuden välissä. Houkutusvirta-altaan päätehtävänä on varastoida vettä, jotta tekniseen osuuteen saadaan ohjattua ajoittaista suurempaa virtaamaa. Vaihtelevan ja suuremman virtaaman avulla pyritään saamaan kalatien sisäänkäynti erottumaan turbiinien aiheuttamasta virrasta samaan tapaan kuten aluvussa 2.5.2 on selvennetty. Lisäksi allas toimii samalla levähdyspaikkana kaloille. Houkutusvirta altaan pulssit lisäävät sen alapuolisen teknisen osuuden normaalia virtaamaa 2–4 m<sup>3</sup>/s, joten ajoittaiseksi maksimivirtaamaksi sekä samalla houkutusvirtaamaksi saadaan aiemmin mainittu 3–6 m<sup>3</sup>/s. Allas toimii periaatteella, jossa siihen virtaa täyttövaiheessa enemmän vettä kuin siitä poistuu, eli altaan vesimäärä kasvaa. Pulssin aikana

tämä ylimääräinen vesimassa ohjataan tekniseen osuuteen lisäten sen virtaamaa. Kun altaan vesimäärä laskee tiettyyn arvoon, lisäjuoksutusluukku sulkeutuu ja altaan vesimäärä alkaa jälleen kasvamaan. Altaan tilavuus on noin 5800 m<sup>3</sup> ja tyhjentyminen kestää noin 45 minuuttia ja täyttäminen noin 90 minuuttia, riippuen luonnonmukaiseen osuuteen johdetusta virtaaman määrästä. (Kemijoki Oy, 2022a)

Houkutuspulssin oikeassa ajoittamisessa täytyy ottaa huomioon ainakin kaksi asiaa. Lohen tapauksessa otollisimman nousuajankohdan on huomattu olevan iltapäivästä noin kello 16–17 (Noonan et al., 2012). Myös askel Ounasjoelle III-projektin yhteydessä havaittiin nousuaktiivisuuden olevan suurinta päiväsaikaan. Askel Ounasjoelle projektin yhteydessä tehdyissä telemetria tutkimuksissa havaittiin myös, että kalojen liike Taivalkosken alakanavassa oli vilkkainta suurien virtaamien aikaan. (Lapin ELY-keskus, 2013) Kalojen nousuaktiivisuuden ajoittuminen päivälle sekä suurempien virtaamien ajalle, voi aiheuttaa ongelman kalatien houkutusvirtaaman erottumiselle päävirrasta, sillä sähkön tarve on päivällä suurempaa, milloin myös voimalaitoksen tuotannon optimoimiseksi vettä juoksutetaan turbiinien läpi eniten. Kalatien suunnitelmissa mainitaan, että pulsseille paras hetki olisi alhaisen juoksutuksen hetket, jolloin houkutusvirtaama erottuu parhaiten päävirrasta. Tämä ajattelutapa ei kuitenkaan ota huomioon ylempänä mainittuja löydöksiä kalojen aktiivisuudesta alakanavassa. Lisäksi vesivoimaa käytetään säätövoimana, mikä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että pilvisellä ja tyynellä säällä, kun aurinkovoiman ja tuulivoiman tuotannot ovat pieniä niin vesivoiman juoksutustarve on suurempaa. (Kemijoki Oy, 2022a). Edellä mainittujen asioiden takia optimaalinen ajankohta pulssitukselle joudutaan todennäköisesti määrittämään kokeilujen kautta.

Houkutusvirta-altaan jälkeinen osuus aina viimeiselle tien alitukselle asti pyritään toteuttamaan **luonnonmukaisena kalatienä**, kuten kuvassa 13 on esitetty. Luonnonmukaisen osuuden virtaama tulee suunnitelmien mukaan olemaan 1–3 m<sup>3</sup>/s, vaihdellen houkutusvirta-altaan pulssien mukaan. Kaltevuus vaihtelee 0,5 % ja 4,1 % välillä, eli osuuden virtausolosuhteet ovat erilaiset eri kohdissa. Vesipinnan leveys vaihtelee 3–6 metrin välillä ja syvyys 0,4–1,0 metrin välillä. Luonnonmukaiseen osuuteen on tarkoitus asettaa monipuolisesti erikokoisia kiviä ja pohja sorataan habitaattialueiden sekä poikastuotantoalueiden tarpeita vastaaviksi. Suunnitelman mukaan uomaan sijoitetaan vedenpintaa nostavia kivikynnyksiä, jotka toimivat kaloille levähdyspaikkoina kuten kuvassa 6. Lisäksi uomaan asetetaan sopivilta osin puuainesta ja uoma reunustetaan kosteikkokasveilla. Luonnonmukaiseen osuuteen tulee yhteensä viisi siltarakennetta eli tien alitusta, joista kaksi ovat suuremman seututien alituksia (kuva 13). (Kemijoki Oy, 2022a)

Suunnitelmissa ei ole mainittu virrannopeuksia luonnonmukaiselle osuudelle. Yksinkertaisesti voidaan laskea luonnonuoman virtaaman sekä oletetun veden poikkipinta-alan

avulla suuntaa antavat virrannopeuden osuudessa, laskut eivät ota huomioon virrannopeuden vaihtelua syvyyden mukaan. Lisäksi maksimi ja miniminopeuksia laskettaessa oletuksena pidetään, että suurin syvyys ja leveys sekä pienin leveys ja syvyys osuvat samalle kohdalle.

Minimivirrannopeus luonnollisessa osuudessa:

$$\frac{1 \text{ m}^3/\text{s}}{6 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}} = 0,17 \text{ m/s}$$

Maksimivirrannopeus luonnollisessa osuudessa:

$$\frac{3 \text{ m}^3/\text{s}}{3 \text{ m} \cdot 0,4 \text{ m}} = 2,5 \text{ m/s}$$

Laskuista huomataan, että virrannopeus vaihtelee käytetyillä arvoilla huomattavasti. Suurimmat virrannopeudet ovat todennäköisimmin luonteeltaan hetkellisiä ja sijoittuvat virranhallintarakenteiden kohdalle, joissa vettä ohjataan pienemmistä aukoista. Laskettu maksiminopeus ei ainakaan selvästi ylitä virrannopeuksia, joita on mainittu alaluvussa 2.5.2.

### 4.1.3 Muut huomionarvoiset rakenteet

Kemijoki Oy:n jättämään vesitalouslupahakemukseen ei ole sisälletty talvivirtaamaa, sillä ei ole vielä selvää, onko luonnonmukaiselle osuudelle järkevää toteuttaa poikastuotantoalueita, sen pinta-alan rajoittuneisuuden johdosta (Kemijoki Oy, 2022a). Lisäksi jos luvussa 4.1.1 esitetyt Lapin ELY-keskuksen kalatalousvelvoitehakemuksen tehokkuusprosentit hyväksytään, niin poikastuotantoalueiden tekeminen kalatiehen huonontaa kyseisiä prosentteja, kalojen jäädessä kutemaan kalatiehen. Mikäli talvivirtaamaa kuitenkin tullaan käyttämään, niin luonnonmukainen osuus toteutetaan suunnitelmien mukaan niin, että siihen jää poikastuotantoalueita. Mahdollisen talvivirtaaman suunniteltu suuruus on  $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Vedenkorkeuksia on tarkoitus seurata kalauoman toiminta-aikana yhteensä kuudella automaattisella mittalaitteella, joista tieto menee laitteen automaatiotilassa sijaitsevaan ohjauksyksikköön. Näiden mittalaitteiden tehtävänä on päästää oikea määrä vettä kalatiehen ja pitää virtaama halutunlaisena sekä ajoittaa pulssitus oikealle ajankohdalle. Virtaamien säädön on tarkoitus tapahtua loppukädessä säätöluukkujen avulla, joita on uloskäynnissä, kiinniottolaitteessa sekä houkutusvirta-altaassa. Lisäksi sisäänkäyntiin on tarkoitus asentaa kolme kappaletta sulkuluukkuja. Kuten aiemmin on mainittu niin, mikäli sisäänkäynnin houkutusvirtaamaa halutaan kasvattaa myöhemmin, siihen on varauduttu suunnitelmissa tilavarauksella pumppujärjestelmälle. Pumppujen lisävesi ohjataan

suoraan sisäänkäynnille, joten ne eivät lisää virtaamaa kalatiessä, vaan ainoastaan sisäänkäynnin houkutusvirtaamaa. (Kemijoki Oy, 2022b)

Taivalkosken kalatien suunnitelmiin ei liity alasvaelluksen järjestämiseen liittyviä rakenteita, mutta kalatie itse toimii alasvaellusreitteinä. Kuten alaluvussa 2.5.4 on mainittu, niin alasvaellus ongelma on monisyinen, eikä sen ratkaisemiseen ole tällä hetkellä yleisesti toimivaa ratkaisua. Smolttien kohdalla ohjausrakenteet kalatiehen saattaisivat auttaa smoltteja sekä muita merelle palaavia kaloja löytämään kalatien uloskäynnin ja edistäisi näin vaelluskalojen luonnollista lisääntymistä, mutta näiden toimivuudesta ei ole varmuutta. Taivalkosken voimalaitoksella on kokeiltu vuonna 2021 smolttisydän-järjestelmää, joka toimii samalla tavalla kuin Kalasydän, mutta päinvastaiseen suuntaan. Smolttisydämen tarkoitus on ohjata alasvaeltavat kalat patoaltaasta hydraulista putkea pitkin alakanavaan. Smolttisydän pystytään liittämään osaksi Kalasydän järjestelmää. Vuoden 2021 smolttisydän kokeilut olivat onnistuneita ja Kemijoki Oy on varautunut rakentamaan myös muita alasvaellusrakenteita tarpeen mukaan. (Kemijoki Oy, 2022b).

## 4.2 Aineisto ja menetelmät

Työssä käytetyt aineistot perustuvat Kemijoki Oy:n luovuttamiin tietoihin sekä haastatteluihin kalatie- ja riskianalyysiammattilaisten kanssa. Kemijoki Oy:n antamat tiedot sisälsivät Taivalkosken kalatien tarkat suunnitelmat sekä haastatteluja suunnitelmiin osallistuneiden henkilöiden kassa. Työn tekijän omat kokemukset ja esitiedot aiheesta helpottivat luotettavien lähteiden löytämistä sekä kokonaiskuvan muodostamista. Välttääkseen tukeutumisen pelkästään työn tilaajalta saatavaan informaatioon, haastatteluja pidettiin myös hankkeesta riippumattomien tahojen kanssa. Muita haastatteluihin osallistuneita asiantuntijoita oli Luonnonvarakeskuksesta sekä Sweco Oy:stä. Työn tekijä keskusteli myös muiden Taivalkosken voimalaitoksen läheisyydessä asuvien henkilöiden kanssa. Työn tekijän pohjatieto sekä kiinnostus aiheeseen olivat myös suuressa roolissa työn onnistumisen kannalta. Koulutuksen luoman tiedon lisäksi, käytännön kokemus erilaisista virtavesistä aktiivisen perhokalastusharrastuksen kautta auttoi oikeanlaisen tiedon löytämisessä sekä johtopäätöksiä teossa. Harrastuksien johdosta nimenomaan Itämeren vaelluskalojen käyttäytyminen on tullut hyvin tutuksi. Kirjoittaja on pyytänyt merilohta ja meritaimenta runsaasti Meri-Lapin alueella ja tästä kumpuaa todennäköisesti myös syy juuri tämän diplomityö aiheen vastaanottamiseen.

Aineistohankintamenetelmänä työssä käytettiin asiantuntijoiden puhelin- ja videohaastatteluja. Näiden avulla työhön saatiin käytännön kokemusta kalateistä, pelkän kirjallisuuslähteiden lisäksi. Haastattelut suoritettiin kahden kesken työn tekijän sekä

asiantuntijan välillä. Haastatteluihin osallistui Kemijoki Oy:stä Erkki Huttula ja Jyrki Autti, Sweco Oy:stä Peter Rivinoja ja Suomen Luonnonvarakeskuksesta Pauliina Louhi.

### **4.2.1 Valittu riskianalyysimenetelmä**

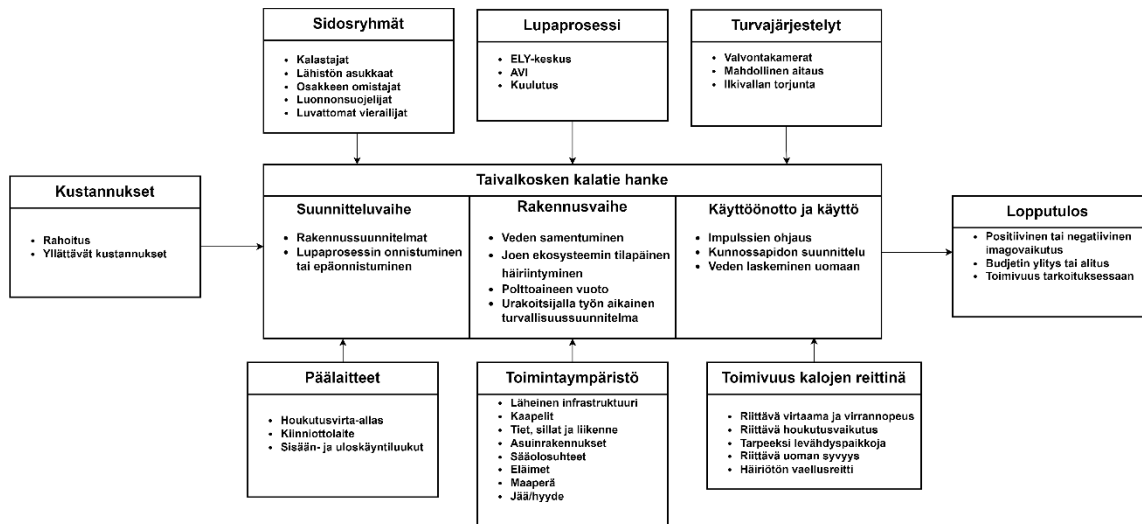
Riskianalyysin toteuttamiseksi valikoitui HAZSCAN riskianalyysimenetelmä. Tämä menetelmä on tarkoitettu analysoimaan riskejä teknisen näkökulman lisäksi myös inhimillisestä näkökulmasta. Kyseessä on siis sosiotekninen riskianalyysimenetelmä. (VTT, 2002b). Menetelmän tarkoitus ei siis ole ainoastaan tarkastella teknisten järjestelmien prosesseja, vaan ottaa niiden lisäksi huomioon organisaationaaliset vaaramahdollisuudet. Työtä tehdessä riskianalyysin kohde on vasta suunnitteluvaiheessa, joten HAZSCANin kaltainen joustava menetelmä mahdollistaa riskien kokonaisuuden hahmottamisen. Kalatien analysoiminen tarkasti ei ole mielekäästä, sillä suunnitelmat saattavat lupaprosessin ja rakennusvaiheen aikana muuttua suurestikin. HAZSCANin ohjenuora noudattaen hankkeesta pystyttiin tunnistamaan organisaatiota uhkaavat imagolliset vaarat, jotka tässä hankkeessa ovat huomattavat, johtuen aiheen herkkyydestä sidosryhmien keskuudessa. Riskianalyysin toteuttamiseen noudatettiin vaiheita, jotka on esitelty aluvussa 3.1. HAZSCAN riskianalyysi prosessi aloitetaan rajaamalla kohde, mikä tässä tapauksessa oli koko Taivalkosken kalatiehanke. Tämän jälkeen hanke jaettiin erillisiin ylä-tason riskilajeihin, joiden alapuolelle listattiin mahdollisia vaaroja. Tämä jako toteutettiin kaavion kuvan 15 mukaisesti. Lisäksi hanke jaettiin suunnittelu-, rakennus- ja käyttövaiheeseen (kuvat 16 ja 17). Jaottelu oli tarpeellinen, sillä eri vaiheiden riskit eroavat suuresti, vaikka niiden aiheuttaja olisi sama. Esimerkiksi kalastajien aiheuttamat riskit ovat täysin erilaiset lupavaiheessa kuin kalatien käyttövaiheessa. Lupavaiheessa riskejä aiheuttavat esimerkiksi lupapäätöksestä valittaminen tai yleinen tyytymättömyys päätökseen, kun taas käyttövaiheessa kalastajien aiheuttamia riskejä ovat salakalastus ja lohien kalastaminen patoaltaassa. Lisäksi Hankevaiheella on luonnollisesti suuri vaikutus valmiin kalatien tehokkuuteen ja hankkeen onnistumiselle. Suunnitelmissa tehdyt virhearviot kantavat helposti hankkeen loppuun asti.

### **4.3 Tutkimusprosessi**

Tutkimusaihe oli annettu Kemijoki Oy:n toimesta Welado Oy:lle ja sitä kautta Weladossa työskentelevälle kirjoittajalle. Näin ollen työn tavoite, eli riskianalyysin tuottaminen oli valmiiksi päätetty, mutta teoriaosuuksien sisältö oli diplomityön tekijän päätöksenteon tulosta. Lisäksi Taivalkosken kalatien suunnitelmien vertailu kirjallisuudesta sekä haastateluilta kerättyihin tietoihin oli työn tekijän päätettävissä.

Tutkimusprosessi alkoi luonnollisesti tavoitteiden ja sisällön tarkemmalla selventämisellä työn tilaajan, yliopiston sekä tuottajan välillä. Työn edistyttyä tarpeeksi päätettiin toteuttaa riskianalyysi palaveri Kemijoki Oy:n tiloissa Rovaniemellä. Ennen palaveria työn tekijä oli suorittanut tietojen kokoamista kirjallisuuden pohjalta sekä puhelinhaastatteluilta Taivalkosken kalatien suunnitteluun osallistuneiden kanssa. Tietojen kokoamisen ansiosta oli mahdollista luoda kuvan 14 aktiivi- ja prosessimalli, sekä kokonaiskuva hankkeesta.

Riskianalyysipalaveri toteutettiin Kemijoki Oy:n kokoustiloissa Rovaniemellä. Palaveri toteutettiin aivoriihenä, josta on mainittu alaluvussa 3.1. Tavoite oli pitää palaveri mahdollisimman vapaamuotoisena, kuitenkin niin, että kaikki riskit käsiteltäisiin. Palaveriin osallistui eri alojen asiantuntijoita, jotka ovat nähtävissä liitteessä 3 (Osallistujat). Riskien tunnistamisen lisäksi tavoitteena oli suorittaa riskien suuruuden sekä merkityksen arviointi. Kaikki aktiivi- ja prosessimallin osa-alueet saatiin käsiteltyä ja niihin liittyvät riskit kirjattua. Tietojen kirjaaminen suoritettiin riskienhallintasuunnitelmaan (Excel-tiedosto), joka on nähtävissä liitteessä 1. Työn tekijälle riskianalyysipalaverin vetäminen oli ensimmäinen kerta, mutta mukana oli Welado Oy:ltä kokenut turvallisuus- ja riskiasiantuntija. Tämä asiantuntija antoi ennakkotietoja riskianalyysipalaverin suorittamisesta, mutta toimi itse palaverissa kirjuriina. Riskianalyysipalaveriin osallistui yhteensä kuusi asiantuntijaa, kirjuri sekä palaverin vetäjä. Asiantuntijoista viisi oli Kemijoki Oy:n työntekijöitä ja yksi oli viestinnän ammattilainen Hill+Knowlton Finland Oy:stä. Kaikki asiantuntijat olivat olleet tiiviisti mukana Taivalkosken kalatiehankkeessa ja muutenkin tekemisissä vaelluskala-asioiden parissa. Heillä oli kuitenkin omat erikoisosaamisalueensa ja tämän takia palaverissa oli luonnollista, että asiantuntijat saivat poimia aluksi itse asiansanan aktiivi- ja prosessimallista (kuva 14). Aihealueen asiantuntija taustoitti sen yhteyden Taivalkosken kalatiehankkeeseen, jonka jälkeen tunnistettiin yhdessä sen aiheuttamat mahdolliset vaarat. Tällä tavoin toimittiin, kunnes kaikki mallin asiansanat olivat käyty läpi. Riskien tunnistamisen jälkeen arvioitiin yhdessä riskien seurausten vakavuutta sekä tapahtuman todennäköisyyttä järjestyksessä. Kaikki tiedot merkattiin riskienhallintasuunnitelmaan (liite 1). Riskienhallintasuunnitelmaan tuli myöhemmin vielä täydennystä kalatieasiantuntijoiden puhelinhaastatteluiden myötä sekä voimalaitoksella vierailun johdosta.



**Kuva 14.** Riskianalyysissä käytetty aktiivi- ja prosessimalli

Aivoriheen jälkeisenä päivänä toteutettiin vierailu Taivalkosken voimalaitoksella Kemijoki Oy:n työntekijän sekä Welado Oy:n riskienhallinnan asiantuntijan kanssa. Vierailu olisi luvun 3 mukaisesti, ollut hyvä toteuttaa ennen riskianalyysin toteuttamista, mutta tähän ei kyetty aikataulullisista syistä. Vierailun aikana tarkkailtiin ympäristöä, johon kalatie on suunniteltu rakennettavaksi. Havainnot kirjattiin ylös ja täydennettiin riskienhallintasuunnitelmaan myöhemmin.

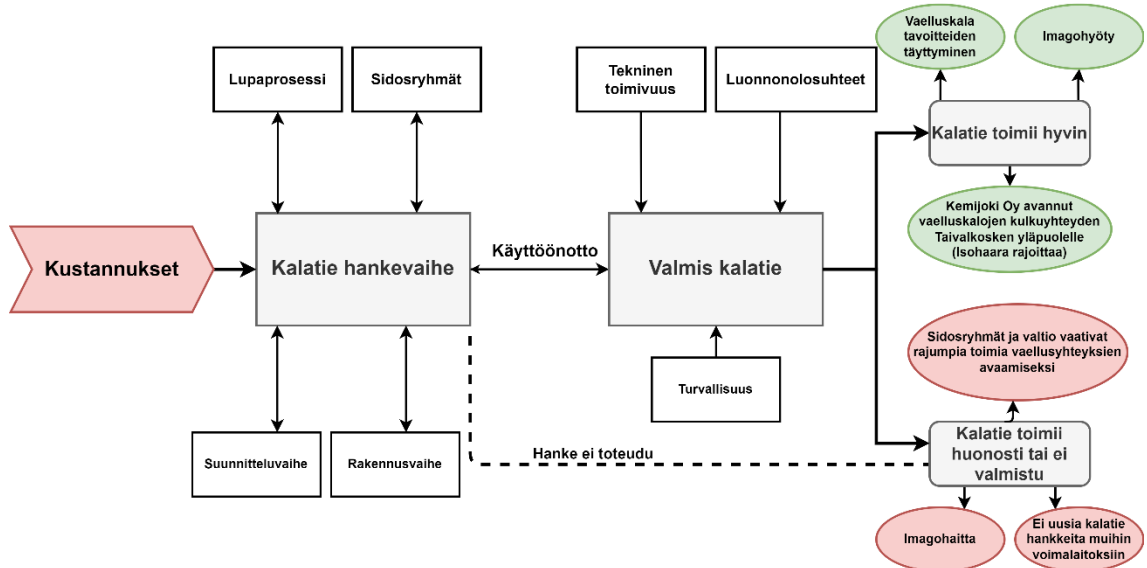
## 5. TULOKSET

Taivalkosken kalatiehankkeen riskianalyysistä puhuttaessa täytyy muistaa, että hanke on lupaprosessivaiheessa ja vesitalouslupahakemus on jätetty vuoden 2022 alussa (Kemijoki Oy, 2022b). Toimintavalmiin kalatien valmistumiseen Taivalkoskelle kuuluu parhaassakin tapauksessa siis vielä aikaa. Tämän johdosta oli tarpeellista jaotella kalatiehen kohdistuvat riskit hankevaiheen riskeihin sekä valmiiseen kalatiehen liittyviin riskeihin. Hankevaiheeseen sisältyy suunnittelu, lupaprosessi sekä rakennusvaihe. Näiden eri vaiheiden merkinnät jouduttiin jättämään riskienhallintasuunnitelmasta (liite 1) pois tulostettavan työn näkyvyyden parantamiseksi. Pelkästään lupaprosessi saattaa jo viivyttää kalatien valmistumista, sillä se sisältää valitusmahdollisuuden. Valitusten johdosta asia kulkeutuu helposti hallinto-oikeuden käsittelyyn, mikä luonnollisesti aiheuttaa osapuolien välillä vaivaa sekä viivästyksiä (Kemijoki Oy, 2022a). Taivalkosken kalatien vesitalouslupahakemus on jätetty Lapin aluehallintovirastoon alkuvuodesta 2022 ja on työn tekohetkellä käsittelyssä.

### 5.1 Riskiympäristö

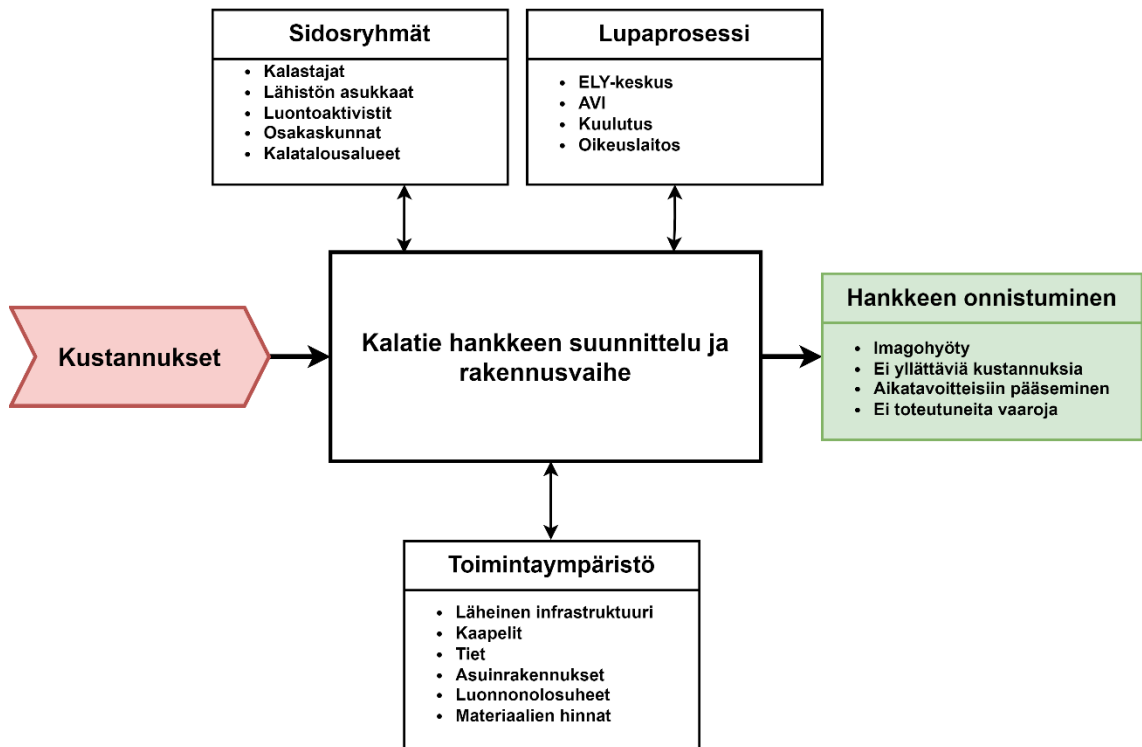
Yleisesti ottaen kalatien rakentaminen ja ylläpito ei ole ympäristöllisesti, terveydellisesti tai yhteiskunnallisesti korkean riskiluokan toimintaa. Siihen ei liity kemikaalivaaraa tai mahdollisuutta ympäristön laajamittaiseen turmelemiseen. Taloudellisesti kalatie aiheuttaa kuitenkin kustannuksia hankkeen toteuttamisvaiheessa ja käytön aikana, ohijuoksuksen sekä kunnossapidon muodossa. Kalatiehen liittyvien riskien suurimmat seuraushaitat esiintyvät todennäköisimmin imagollisissa ja taloudellisissa yhteyksissä. Näidenkin kohdalla on perusteltua olettaa, että seuraukset eivät ole vakavuudeltaan toiminnan jatkamisen kannalta kriittistä. Toki vakavia taloudellisia riskejä voi aiheutua esimerkiksi rakennustöissä tapahtuvista merkittävistä viivästyksistä tai tapaturmista, niin kuin rakennushankkeissa yleensä. Taivalkosken kalatiehankkeessa piilee kuitenkin vakavan imagohaitan mahdollisuus, johtuen yleisestä kiinnostuksesta vaelluskala-asioihin. Hanke on jo valmiiksi suhteellisen hyvin tunnettu varsinkin Meri-Lapin alueella, ja Kemijoen läheisyydessä asuville patoaminen on ollut ja on vieläkin voimakkaita tunteita herättävä aihe (Niemi, 2021). Työn tekijän näkemyksen mukaan Taivalkosken kalatiehankkeessa, ainoa Kemijoki Oy:lle katastrofaalista laatua oleva skenaario voidaankin saavuttaa, mikäli kalatiehanke kariutuu tai se alittaa huomattavasti median ja yleisön odotukset sekä mahdollisesti tulevien uusien kalatalousvelvoitteiden vaatimukset. Pahin seuraus tästä Kemijoki Oy:lle olisi vaellusyhteyden avaaminen Kemijokeen purkamalla vesivoimalaitokset

kokonaisuudessaan (kuva 15). Koko kalatie hankkeessa ei ole toista skenaariota, joka voisi aiheuttaa yhtä vakavan seurauksen. Tämä tapahtuma on kuitenkin hyvin epätodennäköinen, sillä Kemijoesta saatava energia kattaa merkittävän osan suomen energiantuotannosta sekä on osa tärkeää säätövoimaa.

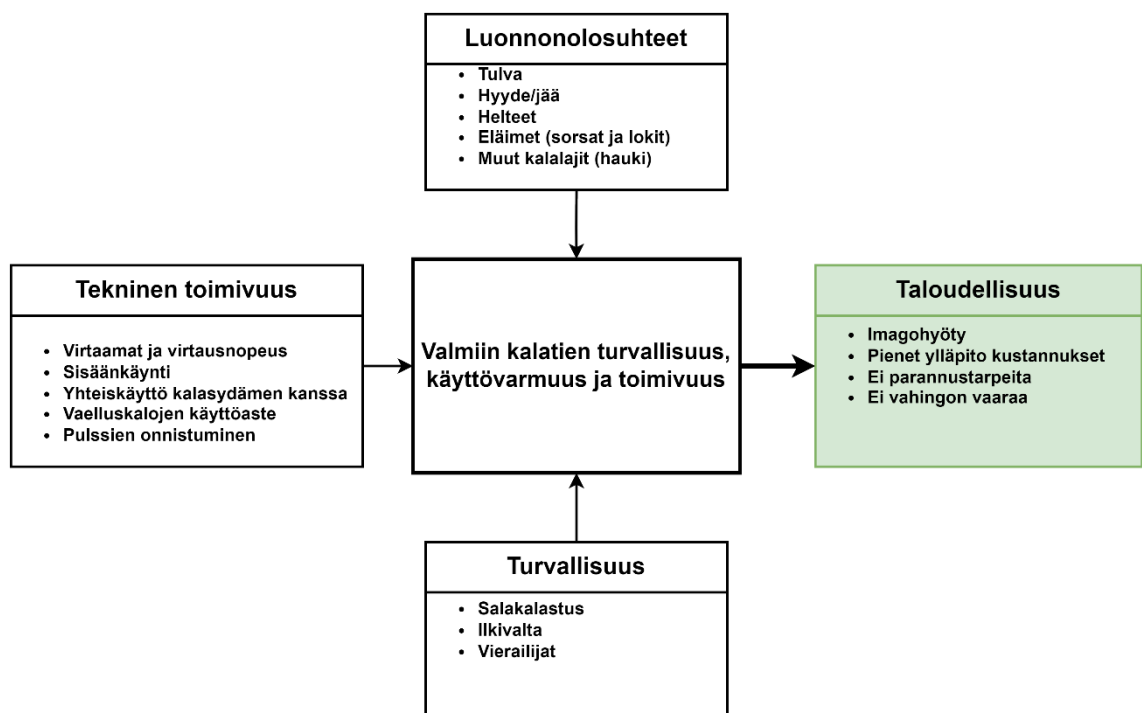


**Kuva 15.** Taivalkosken kalatien ylätason riskit karkeasti esitettynä

Aiheen kokonaiskuvan hahmottamiseksi käytettiin runsaasti kaaviokuvia. Kuvassa 15 on hahmotettu koko hankkeen ylätason riskit ja hankkeen kannalta kaksi oleellista lopputulosta, kalatie toimii halutusti sekä kalatie ei valmistu tai toimii huonosti. Kemijoki Oy:lle kohdistuvat taloudelliset sekä imagolliset hyödyt ja haitat ovat kuvattuina vihreällä ja punaisella värillä. Vihreä väri tarkoittaa Kemijoki Oy:lle kohdistuvaa hyötyä ja punainen mahdollista haittaa. Kuvissa 16 ja 17 jaottelua on tarkennettu, ja niissä on eroteltu hankevaiheeseen ja valmiiseen kalatiehen vaikuttavat riskitekijät. Kuvia 15, 16 ja 17 käytettiin hyödyksi riskianalyysin toteuttamisessa.



**Kuva 16.** Taivalkosken kalatien hankevaiheen riskilajit



**Kuva 17.** Taivalkosken valmiiseen kalatiehen vaikuttavat riskilajit

Erilaiset kaaviokuvat sekä prosessimallit auttoivat kokonaisuuden hahmottamisessa riskianalyysin osallistuneille. Työn tekijä käytti kuvia 15, 16 ja 17 myös oman ajattelun tukena kirjoitus- sekä tiedonhakuprosessissa.

### 5.1.1 Kalatalousvelvoitteet

Luvussa 4.1.1 esitetystä kalatalousvelvoitteiden muutoshakemuksessa olevista kohdista muut ovat työn tekijän näkemyksen mukaan perusteltuja kalateiden kannalta, lukuun ottamatta annettuja prosentteja nousumääristä sekä  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  mitoitusvirtaamaa. Nousuprosentit ovat hakemuksessa erittäin korkeita verrattuna tyypillisten kalateiden läpäisytehokkuuksiin. Kuten alaluvussa 2.5.1 on mainittu, tehokkuuksien arvot riippuvat laskutavasta ja käytetystä menetelmästä. Hakemuksessa mainitaan, että Isohaaran kalateistä täytyisi nousta padon yläpuolelle 90 % sen alapuolelle kerääntyivistä lohista. Luonnonvarakeskuksen raportin perusteella vuonna 2021, nousuprosentti Isohaaran kalateistä nouseville lohille oli kuitenkin vain noin 20 % (Jaukkuri et al., 2022). Kalatietä käyttäneiden lohien määrät tulivat Lohijokitiimi ry:ltä (Jaukkuri et al., 2022). Velvoitehakemuksessa mainitaan myös, että näistä Isohaaran voimalaitoksen yli nousseista lohista 75 % täytyisi nousta Taivaikosken sekä lisäksi kolmen muun voimalaitoksen ohi, aina Ounasjoelle asti (Lapin ELY-keskus, 2017). Tästä laskettuna Isohaaran yläpuolisten voimalaitosten tehokkuudeksi saataisiin keskimäärin 93 %, mikä on hakemuksessa mainitulla laskumekanismilla lähes saavuttamaton suoritus, ottaen huomioon lohien kuolleisuuden patoaltaissa, sekä vaelluksen keskeyttävät yksilöt. Lisäksi annetut prosentit eivät kannusta poikastuotantoalueiden rakentamista viimeisen Valajaskosken voimalaitoksen alapuolelle, sillä kutemaan jääneet yksilöt pienentäisivät nousuprosenttia. Lisäksi Luonnonvarakeskuksen tutkimuksen mukaan koekalastuksessa pyydystettyjen, luonnossa syntyneiden yksilöiden osuus oli hyvin pieni ja istutukset tehdään tällä hetkellä jokisuulle Isohaaran voimalaitoksen alapuolelle. Tämä seikka johtaa siihen, että Kemijoen lohipopulaatiosta suurimmalla osalla on heikko motivaatio nousta ylävirtaan, sillä ne ovat leimaantuneet istutuspaikkaansa jokisuulle (Jaukkuri et al., 2022). Mobley et al. (2021) mukaan merilohelle tyypillistä käytöstä on juuri lisääntymään pyrkiminen samalle alueelle, missä se on syntynyt. Hakemuksessa mainitaan maailmalla olevista joista, jossa on saavutettu yli 90 % tehokkuuksia kalateissä. Näihin on syytä kuitenkin suhtautua varovaisesti, sillä kuten aiemmin on mainittu, tehokkuuksien laskutekniikat eroavat suuresti toisistaan ja esimerkiksi hakemuksessa mainitussa Columbia-joessa on käytökseltään kyseessä täysin eri laji kuin Kemijoessa. Mainittu lohi on Tyynenmeren punalohi, joka kuolee lisääntymisensä jälkeen. Lisääntymiseen kytkeytynyt menehtyminen tekee punalohen nousumotivaatiosta todennäköisesti korkeamman kuin Itämeren lohella, joka voi palata jokeen lisääntymään uudelleen.

Velvoitehakemuksessa mainittu  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  minimivirtaama saattaa tämän työn selvitysten perusteella olla hieman liian pieni varsinkin suuriin jokiin, joissa virtaamat ovat satojen kuutioiden luokkaa. Asiaa on käsitelty aiemmin alaluvussa 2.5.2. Kirjallisuuden ja

haastatteluiden perusteella virtaaman ei kuitenkaan tehokkaan läpäisyn takaamiseksi tarvitsisi olla huomattavasti suurempi. Kalatiet kannattaisi kuitenkin mitoittaa siten, että niissä voidaan käyttää suurempia virtaamia, mikäli huomataan virtaaman olevan rajoittava tekijä kalojen nousulle. Suuremmalle virtaamalle mitoittaminen antaisi säätömahdollisuutta molempiin suuntiin vallitsevien olosuhteiden ja ajankohdan mukaisesti. Mitoitus pitää kuitenkin tehdä siten, että pienemmällä sekä suuremmalla virtaamalla kalatie mahdollistaa kalojen nousun. Teknisistä vaihtoehdoista pystyrako ratkaisu voisi soveltua tämänkaltaiseksi vesimäärältään säädettäväksi kalatieksi (kuva 5), sillä rako päästää suhteessa yhtä paljon vettä, riippumatta pinnankorkeudesta. Luonnonmukaiset vaihtoehdot täytyisi suunnitella siten, että ne olisivat keskeltä syvempiä kuin reunoilta, jolloin pienellä virtaamalla vesi kulkisi keskiuomassa ja suurella virtaamalla veden pinta nousisi vain korkeammaksi.

### 5.1.2 Tehokkuutta mahdollisesti rajoittavat tekijät

Kirjallisuuden sekä haastattelujen pohjalta muodostuneen kokonaiskuvan perusteella esitellään näkemys siitä, mitkä tekijät voisivat rajoittaa Taivalkoskelle suunnitellun kalatien tehokkuutta. Yleisesti ottaen suunnitelmat perustuvat hyvin nykyisiin tutkimustuloksiin ja ratkaisut ovat hyvin perusteltavissa vallitsevan tutkimustiedon avulla. Taivalkosken kalatien suunnitelmissa on otettu huomioon houkutusvirtaaman pulssituksen hyödyllisyys, siihen rakennettavalla houkutusvirta-altaalla, josta on mainittu alaluvussa 2.5.2. Tekninen osuuden sijoittamisella kalatien alkupäähän helpotetaan ennen kaikkea rakentamista jyrkälle penkereelle, mutta se on myös perusteltu ratkaisu ottaen huomioon teknisen kalatien paremman houkuttelevuuden, josta on mainittu alaluvussa 2.4.1. Lisäksi teknistä osuutta on käytetty hyödyksi kiinniottolaitteistoa ajatellen, josta on mainittu alaluvussa 4.2.1. Seurantalaitteistoa kalatien sisään- ja uloskäynneille ei ole vielä suunniteltu, mutta Kemijoki Oy on tietoinen seurannan tärkeydestä ja aikoo asentaa nykyaikaisen laitteiston kalatiehen (Kemijoki Oy, 2022a).

Työn tekijän näkemyksen mukaan ongelmia kalatien tehokkuuteen voi aiheutua liian pienestä virtaamasta sekä houkutusvirtaamasta. Monessa kirjallisuuslähteessä sekä työn aikana suoritettujen haastattelujen pohjalta virtaaman vähäisyys on tunnistettu tehokkuutta rajoittavaksi tekijäksi (Wolter & Schomaker, 2019). Itse kalatien virtaaman lisäksi houkutusvirtaaman pienuus voi aiheuttaa ongelmia kalatien sisäänkäynnin löytämisessä. Kuten alaluvussa 2.5.3 on mainittu, niin kalatien houkutusvirtaaman on ehdotettu olevan joitakin prosentteja pääuoman virtaamasta. Lähteestä riippuen tehokkaaksi houkutusvirraksi on mainittu 2–10 % prosenttia. Kemijoen tapauksessa 2 % tarkoittaisi noin 10 m<sup>3</sup>/s virtaamaa. Työn tekijän arvion mukaan sopiva houkutusvirtaama Taivalkosken

kalatielle olisi 10–20 m<sup>3</sup>/s luokkaa eli noin 2–4 % pääuoman virtaamasta. Houkutusvirtaaman mitoittamisessa täytyy kuitenkin muistaa alaluvussa 2.5.3 mainittu virrannopeuden kasvun aiheuttama suurentava vaikutus houkutusvaikutukseen. Taivalkosken kalatien suunnitelmien mukaan teknisen osuuden virrannopeus houkutuspulssin aikana on välillä 1,5–2,0 m/s, mikä on suhteellisen suuri nopeus ja se saattaa riittää pienemmälläkin virtaamalla tarpeeksi suureen houkutusvaikutukseen. Suunnitelmissa on lisäksi varauduttu rakentamaan lisähoukutusvirtaaman pumppaamiseen tarkoitettu järjestelmä, joka pystyisi kasvattamaan houkutusvirtaamaa aina 20 m<sup>3</sup>/s asti (Kemijoki Oy, 2022a).

Sisäänkäynnin sijoittaminen on tunnistettu tutkimusten perusteella tärkeäksi osaksi kalatien toimivuutta. Kuten alaluvussa 2.5.3 on mainittu niin, sisäänkäynti tulisi sijoittaa mahdollisimman lähelle padon seinämää ja mieluiten sen tasalle. Taivalkosken kalatien suunnitelmissa sisäänkäynti on kuitenkin sijoitettu hieman alavirtaan. Riskinä on houkutusvirtaaman sekoittuminen päävirtaan niin, että kalat eivät löydä sisäänkäyntiä. Kemijoki Oy kuitenkin mainitsi haastatteluissa, että sisäänkäynnin sijoittaminen on mietitty tarkkaan ja apuna on käytetty telemetriaseurannoista saatua dataa kalojen sijoittumisesta alakanavassa (Kemijoki Oy, 2022a).

## 5.2 Riskianalyysin tulokset

Kalatien rakennuttaminen aiheuttaa tilaajalle taloudellisia kustannuksia, joihin liittyy aina riskejä esimerkiksi hankkeen viivästyessä ja kustannusten lisääntyessä. Riskianalyysissä pyritään kartoittamaan mahdollisimman kattavasti riskit, joita voi esiintyä lupavaiheessa, rakentamisen aikana sekä hankkeen onnistuessa tai epäonnistuessa. Huomionarvoista on, että tässä työssä tehty riskianalyysi on suoritettu työn tilaajalle. Tämä tarkoittaa, että riskit on arvioitu Kemijoki Oy:lle koituvan haitan perusteella. Esimerkiksi vaelluskalojen taudit ovat suuri ongelma ja voivat aiheuttaa laajojakin seurauksia, mutta ne tuskin aiheuttavat suurta haittaa nimenomaan Kemijoki Oy:lle, joten niiden merkitys on arvioitu vähäisiksi.

Riskienhallintasuunnitelmaan (liite 1) tunnistettiin yhteensä 36 vaaraa, joista 35 arvioitiin, eli riskien kokonaismääräksi tuli 35 kappaletta. Merkittävyydeltään kohtalaisia sekä merkityksettömiä riskejä oli eniten ja vain yksi riski ylitti sietämättömän rajan. Liitteinä ovat myös työn aikana hankkeeseen tunnistetut mahdollisuudet (liite 2), arviointiperusteet (riskimatriisi) (liite 3) sekä riskien tunnistamiseen sekä analysointiin osallistuneet henkilöt (liite 4).

Varsinaisen riskienhallintasuunnitelman (liite 1) kooste on esillä taulukoissa 6 ja 8, jotka toimivat yhteenvedona työssä. Taulukoista saa käsityksen riskien jakaumasta, mutta ne

eivät kerro syvemmin riskin luonteesta, eivätkä ne sisällä toimenpide-ehdotuksia tai muutakaan lisäinformaatiota. Riskejä ei ole sijoitettu koostetaulukoihin järjestelmällisesti niin, että niistä olisi erikseen luettavissa esiintymistajuuden sekä vakavuuden arviot, kuten taulukosta 5. Riskin kokonaismerkitys on kuitenkin pidetty samana, eli värikoodi on sama kuin riskienhallintasuunnitelmassa. Totuudenmukaisemman käsityksen riskistä saa, kun katsoo liitettä 1. Liitteen taulukossa riskit on esitetty järjestelmällisesti arvioituna syineen, seurauksineen, toimenpide-ehdotuksineen sekä riskiluokkineen. Taulukoissa 6 ja 8 esitetyt riskit löytyvät riskienhallintasuunnitelmasta suunnilleen samalla tekstillä.

### 5.2.1 Merkitykseltään vakavimmiksi arvioidut riskit

Merkittävimmät hankkeen riskit liittyivät, tekniseen toimivuuteen, sidosryhmiin ja muuttuviin kalatalousvelvoitteisiin. Nämä riskit myös nousivat pidetyissä palaverissa ja keskusteluissa toistuvasti esille. Osa taulukossa olevista riskeistä ovat vaikutuksiltaan suuria ja osa välillisiä. Kuten edellä on mainittu, niin liitteen 1 riskienhallintasuunnitelmasta selviää riskin luonne paremmin.

Taulukko 6. Kooste riskienhallintasuunnitelman (liite 1) vakavimmista riskeistä liitteen. Taulukossa esiintymistajuus on pystyakselilla ja seurausten vakavuus vaakakselilla. Väreillä on merkattu riskien merkitystä, joista keltainen on kohtalainen, oranssi merkittävä ja punainen sietämätön riski. Esiintymistajuus kasvaa taulukossa alhaalta ylöspäin ja seurausten vakavuus kasvaa vasemmalta oikealle.

Seurausten vakavuus				
Tapahtuman esiintymistajuus	Ilkivalta, ihmiset heittelevät kalatiehen suurempia roskia.	Isohaarasta ei pääse yli tarpeeksi lohia, joka haittaa Taivalkosken kalatien tehokkuutta.	Sidosryhmiltä tuleva negatiivinen palaute kalatien suunnitelmista tai rakentamisesta.	Alasvaeltavat smoltit tai lisääntymässä käyneet lohet eivät löydä kalatietä ja ajautuvat turbiinien läpi.
	Hyyteen eli suppoajaan kulkeutuminen kalatiehen, joka aiheuttaa jääpatoja tai voi vaurioittaa rakenteita.	Erlaiset intressit joen eri osuuksilla. Joen alkuosassa suhtaudutaan hankkeeseen eritavalla kuin yläjuoksulla.	ELY:n kalatalousvelvoite hakemuksen mukainen velvoite mahdottomista nousuprosenteista	Kemijoen yläjuoksulle leimaantumaton kanta. Kaloilla ei riitä nousuhalukkuus, kalatiestä riippumatta.
	Lähistön asuintalojen jätevesistä kalatiehen ajautuvat haitta-aineet sekä kiintoaines.	Eri tahot, kuten kalastajat, luonnonsuojelujärjestöt, yksittäiset toimittajat, jotka vastustavat hanketta.	Kustannusarvion laatiminen on haastavaa pitkittyvässä hankkeessa ja muuttuvassa maailman tilanteessa.	ELY:n hakemassa kalatalousvelvoitteessa asetetaan teknisiä vaatimuksia, joita valmiilla kalatiellä ei pystytä saavuttamaan.
	Aikataulun ja inflaation myötä hankkeen rakentamiskustannukset kasvavat merkittävästi.	Uoma kulkee ahtaissa putkissa ja teiden ali, mahdollinen häirintä ohikulkijoiden toimesta (ihmiset, eläimet, liikenne).	Salakalastus sekä kalatiessä että Taivalkosken padon altaassa.	Henkilön hukkuminen tai loukkaantuminen kalatiessä.

Taulukko 7. Värien merkitysluokat sekä niihin yhdistetyn toimenpiteen kuvaus

Merkitysluokat	Toimenpide
<b>Sietämätön</b>	Välittömät toimenpiteet
<b>Merkittävä</b>	Toimenpiteet meneillään suunnitteluvaiheessa
<b>Kohtalainen</b>	Toimenpiteet suunniteltava
<b>Vähäinen</b>	Seurataan
<b>Merkityksetön</b>	Ei tarvita toimenpiteitä

**Tekninen toimivuus** nostettiin haastatteluissa merkittävämmäksi riskiksi. Kemijoki Oy:n haastatteluissa tekninen toimivuus sekä tehokkuus olivat tärkein asia koko kalatiehankkeessa. Huonosti toimivasta kalatiestä ei ole juurikaan hyötyä kenellekään ja samalla se aiheuttaa huonoa mainetta ja kustannuksia tekijälleen. Hyvä tekninen toimivuus mahdollistaa kalojen tehokkaan nousun ja hankkeesta saatavat imagolliset hyödyt. Tekniseen toimivuuteen kuuluu virtaama, virrannopeus, kaltevuus sekä muut rakenteelliset ratkaisut. Näistä joku saattaa olla rajoittava tekijä kalatien tehokkuudessa. Esimerkiksi mikäli virrannopeus on liian korkea, kalat eivät pääse nousemaan, vaikka muut mitoituskohtaiset kalatiessä olisivat onnistuneet. Houkutusvirtaaman pienuus saattaa haitata sisäänkäynnin löytämistä kaloilla ja muodostuu näin toimivuuden rajoittavaksi tekijäksi.

Merkittävimäksi riskiksi osoittautui mahdollinen alasvaelluksen epäonnistuminen, varsinkin smolttien kohdalla. Ongelma on haastava ja yleinen kaikissa rakennetuissa joissa (ks. alaluku 2.5.4). Riskiä Taivalkosken voimalaitoksella pienentää suuren virtaaman omaavat turbiinit sekä suhteellisen matala putouskorkeus. Smolttien alasvaelluksen kuolleisuutta Kemi-Ounasjoessa täytyisi saada pienennettyä, osana luontaisen lisääntymiskierron palauttamista. Kemijoki on kokeillut Taivalkosken voimalaitokselle alaluvussa 4.1.3 mainittua smolttisydäntä ja pyrkii löytämään jatkuvasti muitakin ratkaisuja kyseiseen ongelmaan. Myös jäännösriski alasvaelluksen kohdalla jää suureksi, sen toteuttamiseen liittyvien haasteiden johdosta. Jäännösriski tarkoittaa riskin takia suoritettavien toimenpiteiden jälkeen jäljelle jäävää riskin merkityksen suuruutta. Alasvaellusongelmaan pyritään jatkuvasti löytämään uusia ratkaisuja tutkimusten avulla.

**Sidosryhmistä** suurimmaksi riskiksi tunnistettiin yleinen tyytymättömyyden mahdollisuus kaikissa hankkeen vaiheissa, yleisen vesivoimatoiminnan vastustamisen johdosta. (Kemijoki Oy, 2022a). Tämä vastustaminen saattaa johtaa edellä mainittuihin viivästyksiin ja vaikuttaa hankkeen yleiskuvaan. Hankkeeseen kohdistuva negatiivisella huomiolla on luonnollisesti vaikutus myös Kemijoki Oy:n imagoon. Kemijoki Oy:lle hankkeen investointi on suuri ja taloudellisesti tuottamaton, joten sen ajautuminen yleiseen negatiiviseen valoon on epäsuotuisa tilanne, eikä motivoi tekemään jatkossa toimia vaelluskala-asioiden eteen. Sidosryhmiksi on tunnistettu monia toimijoita, kuten kuntia, tutkimuslaitoksia, kalastusoikeuden omistajia sekä paikallisia. Kemijoki Oy on perustanut hankkeelle seurantaryhmän, jossa on mukana edustajia edellä mainitusta sidosryhmistä. Seurantaryhmän perustamisen tarkoituksena on pitää sidosryhmät mukana prosessissa ja antaa ulospäin läpinäkyvää informaatiota koko hankkeen ajan. Tällöin informaation kulku hankkeeseen vaikuttaviin tahoihin pysyy jatkuvana sekä saadaan tärkeää palautetta sidosryhmiltä. Tällä kyseisellä seurantaryhmällä pystytään hallitsemaan varsinkin sidosryhmiin liittyviä riskejä kattavasti ja välttämään hankkeeseen liittyviä väärinymmärryksiä. Kanssakäymisellä seurantaryhmän kanssa kyetään parhaassa tapauksessa hallitsemaan myös muita riskejä sieltä saatavan informaation myötä. Esimerkiksi lupaprosessi viranomaisten kanssa saattaa helpottaa, mikäli molemmat osapuolet ymmärtävät toistensa huolet ja tavoitteet.

Mahdollisesti **uudistuvat kalatalousveloitteet** voivat vaikuttaa hankkeeseen monella tavalla, sillä todennäköisesti Taivalkosken kalatien rakentaminen aloitetaan ennen veloitteiden uudistamista. Riski aiheutuu siitä, mikäli hakemuksen sisältö muuttuu prosessin aikana. Tällöin rakennus- ja suunnitteluvaiheessa muuttunutta sisältöä ei ole kyetty huomioimaan. Pahimmassa tapauksessa valmiista kalatietä ei pystytä enää muuttamaan muuttuneita veloituksia vastaaviksi ja se ei näin täytä sille asetettuja vaatimuksia. Veloitteet aiheuttavat lisäksi riskin, mikäli nykyisessä hakemuksessa olleet tehokkuusprosentit säilyvät muuttumattomana mahdolliseen päätökseen. Tällöin on todennäköistä, että tehokkuusprosentteja ei pystytä täyttämään millään olemassa olevalla kalatiellä alaluussa 5.1.1 mainituista syistä.

### 5.2.2 Merkitykseltään lievemiksi arvioidut riskit

Vakavampien riskien lisäksi riskianalyyssissä arvioitiin paljon merkitykseltään lievempiä riskejä. Kuten aiemmin on mainittu niin näidenkin riskien merkitykset ovat arvioitu Kemijoki Oy:lle aiheutuvan haitan perusteella. Suurin osa lievemmistä riskeistä on esitettyinä koosteena taulukossa 8. Lievemiksi riskeiksi arvioitiin paljon luonnonolosuhteista aiheutuvia riskejä, lukuun ottamatta hytteen kulkeutumista kalatiehen.

Luonnonolosuhteiden arvottaminen merkitykseltään vähäiseksi johtuu todennäköisesti siitä, että ne on otettu huomioon suunnitteluvaiheessa ja rakenteet pyritty suunnittelemaan kestävämmän Suomen olosuhteet. Lisäksi kalatie on helppo sulkea hätätilanteen sattuessa, joten varatoimenpiteet luonnonolosuhteista aiheutuvaan riskiin on valmiina. Lievemmän merkityksen saivat myös osa sidosryhmiin liittyvistä riskeistä, sillä aiemmin mainitulla Kemijoki Oy:n perustamalla seurantaryhmällä pystytään hallitsemaan monia näihin liittyviä riskejä.

Taulukko 8. Kooste riskienhallintasuunnitelman (liite 1) lievemmistä riskeistä. Taulukossa esiintymistäajuus on pysty akselilla ja seurausten vakavuus vaak akselilla. Väreillä on merkattu riskien merkitystä, joista tummanvirheä on merkityksetön, vaaleanvihreä vähäinen ja keltainen on kohdallinen riski.

Seurausten vakavuus				
Tapahtuman esiintymistäajuus	Kalat pysähtyvät hokutusvirta altaaseen, eivätkä pyri enään ylemmäs luonnonmukaiseen osuuteen.	Ympäristön eläimet asettuvat esimerkiksi hokutusvirta-altaaseen.	Viestinnässä epäonnistutaan ja hankkeesta tulee julkisuuteen negatiivisia uutisia.	Lohet nousevat kalatiehen, mutta palaavat takaisin nopeasti, eli sen läpäisevyys ei ole hyvä.
	Viranomaisille ei viestitä hankkeesta lupavaiheessa.	Mielipidevaikuttaja kiinnostuu hankkeesta ja jakaa negatiivisia mielipiteitä hankkeesta.	Pitkä lupahakemusprosessi, valitukset AVI:n päätöksestä tai Vaasan hallinto-oikeuden päätöksestä.	Yksittäiset henkilöt tai yhteisöt, jotka vastustavat hanketta.
	Kasvillisuuden tai rehevöitymisen aiheuttama kalatien tukkeutuminen.	Sedimenttien kulkeutuminen yläjuoksulta joesta kalatiehen.	Sellaisten kalalajien pääsy kalatiestä, jotka eivät edes ennen padon rakentamista päässyt etenemään luonnonkoskessa.	Kalataudit saattavat heikentää kalatien tehokkuutta, sillä alakanavassa olevat kalat eivät jaksa heikentyneenä nousta ylemmäs.
	Kalatie jäätyy ja tukkeutuu -> vesi lähtee leviämään uomasta ympäristöön.	Kukaan ei kiinnostu hankkeesta. Tai kiinnostus lopahtaa hankkeen edetessä.	Vesitalousluvassa esitetään erilaisia mahdollisia vaatimuksia ja velvoitteita kalatietä kohtaan.	Kalojen loukkaantuminen kalatiessä.

### 5.3 Riskianalyysin yhteenveto työn arviointi

Jos taulukossa 6 esitettyjä vakavampia riskejä vertaa lievempien riskien taulukkoon 8 voi nähdä, että sidosryhmiin, lupa-asioihin sekä kalatien tehokkuuteen liittyvät riskit arvioitiin vakavuudeltaan merkityksellisemmiksi. Luonnonolosuhteiden vaikutukset ja tietyt sidosryhmiin liittyvät riskit arvioitiin yleisesti ottaen vähäisimmiksi. Tämä kuvaa hyvin ti-laajaa uhkaavien riskien luonnetta. Riskianalyysin perusteella suurimmat riskit Kemijoki Oy:lle ovat luonteeltaan imagollisia tai juridisia. Imagolle mahdollisesti aiheutuvat seuraukset tunnistettiin suurimmaksi osaksi johtuviksi huonosta kalatien toimivuudesta.

Riittämätön toimivuus koettiin myös Kemijoki Oy:n kanssa käytyjen haastattelujen perusteella suurimmaksi yksittäiseksi riskilajiksi.

Riskien merkityksen arviointi perustui pelkästään asiantuntijoiden arvioihin. Analyysissa ei kyetty käyttämään määrällisiä menetelmiä, hankkeen ollessa vasta suunnitteluvaiheessa. Työn tekijän mielestä riskit arvioitiin lähtökohtaisesti hyvin, mutta asiantuntija-arvioiden käytössä on aina olemassa epävarmuustekijä. Tämä oli kuitenkin luonnollisin tapa suorittaa suunnitteluvaiheessa olevan kohteen riskianalyysi. Riskienhallintasuunnitelman alkuperäinen Excel-tiedosto on toteutettu niin, että sitä on helppo muuttaa jälkeenkäin, mikäli huomataan riskin luonteen muuttuneen. Suunnitelmaan on myös helppo lisätä hankkeen edetessä ilmaantuvia riskejä sekä poistaa niitä. Taivalkosken kalatiehankkeessa saattaa sen edetessä tapahtua asioita, joita on mahdoton ottaa huomioon hankkeen alkuvaiheessa. Tästä syystä riskianalyysin päivittäminen on erityisen tärkeää.

Teoriaosuuden lähteet olivat pääosin suhteellisen tuoreita ja niitä pyrittiin valitsemaan niin, että ne vastaisivat nykytietämystä kalateistä. Kirjallisuudessa kalateistä on tarjolla jokseenkin ristiriitaista tietoa, luvussa 2.5.1 mainitun seurannan vaikeuden johdosta. Lisäksi vedenalaisten tutkimusmenetelmien haasteellisuuden sekä epävarmuustekijöiden takia data ja päätelmät eivät usein olleet johdonmukaisia tutkimusten välillä.

## 6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tarkoituksena oli suorittaa riskianalyysi Taivalkosken kalatiehankkeeseen eli arvioida hankkeesta aiheutuvia riskejä sen tilaajalle Kemijoki Oy:lle. Lisäksi teoriaosuuden perusteella verrattiin varovaisesti Taivalkosken kalatien suunnitelmien ajantasaisuutta nykyiseen tietämykseen kalateistä. Hanke on vasta lupavaiheessa, joten analyysissä ei paneuduttu yksityiskohtaisesti rakennelmiin tai muihin riskilajeihin. Sen sijaan riskejä käsiteltiin ylätasolla, jolla pyrittiin muodostamaan riskiympäristöstä kokonaiskuva.

Riskianalyysissä suurimmiksi uhiksi Kemijoki Oy:lle arvioitiin sidosryhmistä sekä teknisestä toimivuudesta aiheutuvat riskit. Näillä arvioitiin olevan suuri merkitys hankkeesta saatavaan imagohyötyyn tai koituvaan imagohaittaan. Sidosryhmien aiheuttamat riskit kytkeytyvät imagohaittaan vahvasti joka osa-alueella, mutta ne voivat vaikuttaa myös hankkeen aikatauluun, lupaprosessiin kohdistuvien valitusten muodossa. Hanke on jo alkuvaiheesta asti hyvin tunnettu ja mahdollinen kalatien tekninen toimimattomuus aiheuttaisi luonnollisesti negatiivista imagohaittaa. Edellä mainittujen lisäksi esille nousi mahdollisesti uudistuvien kalatalousvelvoitteiden aiheuttamat vaikutukset uudelle kalatielle. Velvoitehakemuksessa on otettu kantaa koko Kemijoelle rakennettaviin kalateihin ja mahdollinen päätös tulee voimaan Taivalkosken hankkeen ollessa valmis tai kesken-eräinen.

Taivalkosken kalatiehanke on huolellisesti suunniteltu ja perustuu hyvin ajantasaiseen tietämykseen kalateistä. Ainoastaan tuloksissa mainitut virtaaman suuruudet sekä sisäänkäynnin sijoittaminen aiheuttavat epävarmuustekijän kalatien tehokkuuden suhteen. Hankkeen suunnittelussa on ollut mukana kalatie asiantuntijoita ja tämä näkyy suunnitelmien hyvästä laadusta sekä siitä, miten Kemijoki Oy:n sisällä ollaan tietoisia hankkeeseen liittyvistä asioista. Mainitsemisen arvoista on myös tilaajan läpinäkyvyys hankkeen suhteen. Kemijoki Oy on perustanut seurantaryhmän, jossa on mukana kuten kuntien edustajia, tutkimuslaitoksia, kalastusoikeuden omistajia sekä paikallisia. Seurantaryhmällä pystytään pitämään sidosryhmät ajantasaisena hankkeen etenemisestä, hallitsemaan suuri osa riskeistä sekä välttämään hankkeeseen liittyviä väärinymmärryksiä. Kanssakäymisellä seurantaryhmän kanssa voidaan myös saada tärkeää informaatiota, jotka voivat vaikuttaa hankkeen onnistumiseen.

Kalateiden tutkimus kehittyy jatkuvasti ja uusille tutkimusmenetelmille on tarvetta. Tarvetta olisi standardoidulle tavalle määrittää kalatien houkutus- sekä läpäisytehokkuutta. Tehokkuuksiin liittyen uusia tekniikoita tarvittaisiin kalojen määrien laskemiseksi patojen

alakanavissa. Luonnonvarakeskuksen suorittama Kemilohi-tutkimus oli esimerkillinen kartoitus lohien määrästä Isohaaran alakanavassa. Ratkaisuja tarvittaisiin myös smolttien alasvaelluksen kuolleisuuden vähentämiseksi.

## LÄHTEET

Aluehallintovirasto. (2020). Kemijoen ja Raudanjoen voimalaitosten kalatalousvelvoitteiden muuttaminen, Aluehallintoviraston Vesi- ja ympäristölupien tietopalvelu, saatavissa: <https://ylupa.avi.fi/fi-FI/asia/1376705>

Aluehallintovirasto. (2022). Järvilohen ja taimenen elinolot paranevat Varkauden Ämmäkoskessa, Tiedote 24.3.2022 – Aluehallintovirasto. Saatavissa: <https://avi.fi/tiedote/-/tiedote/69936043>

Heikkilä, A., K., Murtonen, M., Nissilä, M., Virolainen, K., & Päivi Hämäläinen, V. (2007). Riskianalyysien laatu: vaatimukset tilaajalle ja toteuttajalle. Teknillinen tutkimuskeskus.

Alvarez-Vázquez, L., Martinez, A., Vázquez-Méndez, M., & Vilar, M. (2011). The importance of design in river fishways. *Procedia Environmental Sciences*, 9, 6–10. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2011.11.002>

Drouineau, H., Carter, C., Rambonilaza, M. et al. (2018) River Continuity Restoration and Diadromous Fishes: Much More than an Ecological Issue. *Environmental Management* 61, 671–686. <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0992-3>

Cefas, (2020). Salmon Life Cycle. Viitattu: 13.6.2022. Saatavissa: <https://www.cefas.co.uk/iys/salmon-life-cycle/>

Energiavirasto. (2022). Energiaviraston voimalaitosrekisteri. Viitattu: 11.6.2022

Erkinaro, J. (2019). Rakennettujen jokien tutkimuskokonaisuudet (esitelmä), saatevarjat I-III. Luonnonvarakeskus

Euroopan komissio. (2011). Asetusehdotus (2011/0206). Itämeren lohikannan ja kyseistä kantaa hyödyntävien kalastuksien monivuotisesta suunnitelmasta.

FAO. (2002). Fish passes - Design, dimensions and monitoring.

Fisheries, N. (2019). Adult Upstream Passage on the West Coast | NOAA Fisheries. Saatavissa: <https://www.fisheries.noaa.gov/west-coast/endangered-species-conservation/adult-upstream-passage-west-coast>

Gomez and Sullivan Engineers, (2012). Estimation of survival of adult american shad passed through francis and kaplan turbines, Conowingo hydroelectric project. Ferc project number 405.

Hershey, H. (2021). Updating the consensus on fishway efficiency: A meta- analysis. Saatavissa: <https://doi.org/10.1111/faf.12547>

Huttula, E. (2020). Esitelmä, vaelluskalafoorumin kokous 8.6.2020.

Huttula, E. (2022). Kemijoki Oy:n puhelinhaastattelu.

Huusko, R., Hyvärinen, P., Jaukkuri, M., Mäki-Petäys, A., Orell, P., & Erkinaro, J., Meer, O., Laaksonen, T. (2016). Lohen vaelluspoikasten alasvaellus rakennetussa ja luonnontilaisessa joessa. Vertailututkimus Kemi-Ounasjoessa ja Tornion-Muoniojoessa. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 38/2016. Saatavissa: [https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/537205/luke-luobio\\_38\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/537205/luke-luobio_38_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Huusko, R. (2018). Downstream migration of salmon smolts in regulated rivers: factors affecting survival and behaviour. Doctoral thesis, University of Oulu

Hyytiäinen, R. (2019). Suomen jokien padot ja kalatiet 1900–2017 – aikasarja kaloille vaelluskelpoisten jokiuomien muutoksista. Pro Gradu, Itä-Suomen yliopisto.

Jaukkuri, M., Orell, P., Jääskeläinen, J., Mäntyniemi, S., Rinnevali, R., & Meer, O. van der. (2022). Kemilohi, Isohaaraan palaavan lohipopulaation koko ja lohien haakeutumisen kalateihin vuonna 2021. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 34/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki s.28.

Jonsson, B. & Jonsson, N. (2011) Ecology of Atlantic Salmon and Brown Trout: Habitat As a Template for Life Histories. Vol. 33. [Online]. Dordrecht: Springer Netherlands.

Kalastuslaki 379/2015. (2015). <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150379>

Kallio, R. (2022). Welado Oy:n haastattelu.

Karppinen, P., Helminen, J., Hynninen, M., Keskinen T. & Vehanen T. (2022). Taimenen vaelluspoikasten kuolleisuus ja käyttäytyminen Hietaman- ja Leuhunkosken voimalaitoksilla, FRESHABIT -projektin Saarijärven reitin alasvaellustutkimus. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 19/2022.

Karppinen, P. (2019). Kalateiden toimivuuden parantaminen ohijuoksutusvirtaamia hyödyntämällä-uuden kalatietyypin kehittäminen. Kala- ja vesijulkaisuja nro 262.

Karppinen, P. & Hynninen, M. (2019). Lohen vaelluspoikasten käyttäytyminen ja kuolleisuus Kymijoen länsihaaran alaosalla. Kala- ja vesijulkaisuja nro 272. Kala- ja vesitutkimus Oy.

Karppinen, P., & Hynninen, M. (2018). Lohen nousuvaellus ja käyttäytyminen Kymijoen länsihaaran voimalaitoksilla syksyllä 2018.

Karppinen, P., Vähä, J. & Vehanen, T. (2017) Lohen vaelluspoikasten käyttäytyminen ja kuolleisuus Mustianjoen voimalaitoksilla. Länsi-Uudenmaan vesi ja ympäristö ry, julkaisu 281/2017

Kemijoki Oy. (2022a). Kemijoki Oy:n haastattelut.

Kemijoki Oy. (2022b). Taivalkosken vaelluskalaratkaisu - Kemijoki Oy. Viitattu 1.4.2022. Saatavissa: <https://www.kemijoki.fi/toimintamme/taivalkosken-vaelluskalaratkaisu.html>

Koljonen, S. (2015). Kalatiestä kohti koko virtavesiympäristön huomioivaa ratkaisua - ohitusuomat toimivat monella tavalla. Ympäristökeskus.

Koljonen, S., Kurhinen, J., Vehanen, T., Van Ooik, T., Rankila, M., Sarnola, T., Rannikko, L., Ruotsalainen, H., Linjama, T., Haakana, H. & Ilmonen, J. (2021)

Kalatieiden tai luonnonmukaisen ohitusuoman tilaajana toimiminen: Kokemuksia ja vinkkejä käytännöistä. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 32/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 38 s

Kuusisto, E. (1991). Voimaa koskesta. Suomen vesivoiman rakentamisen vaiheita. Suurpadot – Suomen osasto Ry

Laine, A. (2006). Kymijoen vaelluskalojen nousureittien avaamisen kustannusten ja hyötyjen arviointi. Pro Gradu, Helsingin Yliopisto.

Lapin ELY-keskus. (2013). ASKEL OUNASJOELLE III. Technical Economic Fishway Feasibility Assessment final report. Lapland Centre for Economic Development, Transport & Environment/Kemijoki Oy.

Lapin ELY-keskus. (2017). Kemijoen Isohaaran, Taivalkosken, Ossauskosken, Petäjäskosken, Valajaskosken, Vanntauskosken, Pirttikosken ja Seitakorvan sekä Raudanjoen Permantokosken voimalaitosten kalatalousvelvoitteiden muuttaminen. (Hakemus).

Leaniz, C. G. de, & Fuent, J. de la. (2018). Restoring river continuity Webinar: Fish passes: design, construction & maintenance. Saatavissa: YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=qsawo7RKkpl>

Leppäranta, M., Virta, J., & Huttula, J. T. (2017). Hydrologian perusteet. 1. painos. Helsinki: Helsingin yliopisto, Fysiikan laitos.

Linnansaari T, Keskinen A, Romakkaniemi A, Erkinaro J, Orell P. (2010) Deep habitats are important for juvenile Atlantic salmon *Salmo salar* L. in large rivers. *Ecology of Freshwater Fish* 2010: 19: 618–626.

Louhi, P. (2022). Haastattelu sekä Tampereen yliopistolle pidetty luento.

Luonnonvarakeskus. (2017). Smolttien alasvaellus Ongelmia ja ratkaisumahdollisuuksia, Iijoki Foorumi 18.5.2017.

Maa ja metsätalousministeriö. (2020). Virtavesien kunnostaminen ja kalatiet. Viitattu: 18.5.2022. Saatavissa: <https://mmm.fi/vaelluskalat/virtavedet>

Maa- ja metsätalousministeriö. (2022). Vaelluskalaohjelma NOUSU - Maa- ja metsätalousministeriö. Saatavissa: <https://mmm.fi/vaelluskalat/vaelluskalaohjelma>

Mobley, K. B., Aykanat, T., Czorlich, Y., House, A., Kurko, J., Miettinen, A., Moustakas-Verho, J., Salgado, A., Sinclair-Waters, M., Verta, J. P., & Primmer, C. R. (2021). Maturation in Atlantic salmon (*Salmo salar*, Salmonidae): a synthesis of ecological, genetic, and molecular processes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 31(3), 523–571. Saatavissa: <https://doi.org/10.1007/s11160-021-09656-w>

Munne, P., Pirttijärvi, J., Tuikkala, A., Janhonen, I., Kilpinen, K., Liukkonen, M., Pasternack, M., Rahkonen, R., Leskelä, A., Juola, M., Korhonen, K., & Nybacka, K. (2004). Kalaistutusten kehittämistyöryhmä, Maa- ja metsätalousministeriö. Työryhmämuistio MMM 2004:6.

Niemi, T. (2021). Dokumenttisarja - Lohen surma. Yle arena. Saatavissa: <https://arenan.yle.fi/audio/1-50811082>

Noonan, M. J., Grant, J. W. A., & Jackson, C. D. (2012). A quantitative assessment of fish passage efficiency. *Fish and Fisheries*, 13(4), 450–464. Saatavissa: <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2011.00445.x>

Olin, S. (2013). Ympäristövirtaama- käsitteen esittely. Vaelluskalafoorumi 24.04.2013, Suomen ympäristökeskus.

Orell, P., Vehanen, T., Jaukkuri, M., Huusko, R., Meer, V. der, Huusko, A., & Lahti, M. (2016). Kollaja -hankkeen vaikutukset lijoen Kollaja-hankkeen vaikutukset lijoen vaelluskalakantojen elvyttämiseen. *Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus* 25/2016.

Oulujokivisio. (2022). Tutkimustietoa kalojen käyttäytymisestä tarvitaan toimivien kalateiden rakentamiseksi | Oulujoen vesistöalueen vesistövisio. Viitattu: 1.6.2022. Saatavissa: <https://oulujokivisio.com/2022/01/18/tutkimustietoa-kalojen-kayttayty-misesta-tarvitaan-toimivien-kalateiden-rakentamiseksi/>

Pohjois-pohjanmaan liitto. (2021). Smolttien alasvaellusratkaisut Haapakoskella - Pohjoisen puolesta avoimessa yhteistyössä. Viitattu: 1.6.2022. Saatavissa: <https://www.pohjois-pohjanmaa.fi/kehittaminen/omat-hankkeet/iijoen-vaelluskalahanke-2020-2022/smolttien-alasvaellusratkaisut-haapakoskella/>

Ponnikas, J., Reinikainen, K., Hepola, M., Leppänen, T., Laine, A., Niva, T., Mäki-Petäys, A., Erkinaro, J. (2002) Loikkaako lohi Ounasjokeen. Vaelluskalojen palauttaminen Kemi-/Ounasjokeen, Esiselvitys. Lapin ympäristökeskus.

Rakennustuoteteollisuus. (2019). SFS-EN IEC 31010:2019.

Raunio, J., Hyrsky, M., & Kirsi, J. (2022). Vaelluskalojen määrän arviointi Koivukosken ja Korkeakosken haarassa sekä kalateissa vuonna 2021. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimusraportti no 552/2022.

Raunio, J., & Kirsi, J. (2020). vaelluskalojen määrän arviointi Koivukosken ja Korkeakosken kalateissa vuonna 2019. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimusraportti no 470/2020.

Rinnevalli, R., Orell, P., & Jaukkuri, M. (2020). Patoaltaasta kalasydämeen: lohien telemetriaseuranta Kemijoella. TYÖRAPORTTI 27.11.2020, Luonnonvarakeskus.

Riskienhallintayhdistys, S. (2022). PK-RH riskienhallinta - Riskienhallinnan hyödyt. Viitattu: 2.4.2022. Saatavissa: <https://pk-rh.fi/riskienhallinta/riskienhallinnan-hyodyt.html>

Rivinoja, P. (2005). Migration Problems of Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) in Flow Regulated Rivers. Doctoral thesis Swedish University of Agricultural Sciences.

Rivinoja, P. (2022). Sweco Oy:n Puhelinhaastattelu.

SFS. (2000). SFS-IEC 60300-3-9 LUKU 9: TEKNISTEN JÄRJESTELMIEN RISKI-ANALYYSI.

SFS. (2018). SFS-ISO 31000:2018. Riskienhallinta. Ohjeet.

- Sutela, T., Vehanen, T., Jaukkuri, M., Tuohino, J., & Orell, P. (2018). Kalateiden toimivuuden seuranta. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 65/2018 Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-676-6>
- Pentti, K. (2015). Suuri Suomalainen perhokalastuskirja.
- SYKE. (2020). Luonnonmukaiset ohitusuomat ja kalatiet. SYKE. Viitattu: 2.5.2022. Saatavissa: [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesistöjen\\_kunnostus/virtavesien\\_kunnostus/luonnonmukaiset\\_ohitusuomat\\_ja\\_kalatiet](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/vesi/vesistöjen_kunnostus/virtavesien_kunnostus/luonnonmukaiset_ohitusuomat_ja_kalatiet)
- Tennessee Valley Authority. (2000). How hydroelectric power works.
- Thorncraft, Garry., & Harris, J. H. (2000). Fish passage and fishways in New South Wales - a status report. Technical Report 1/2000: Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology Technical Report
- Thorstad, E. B., Whoriskey, F., Rikardsen, A. H., & Aarestrup, K. (2010). Aquatic Nomads: The Life and Migrations of the Atlantic Salmon. In *Atlantic Salmon Ecology* (pp. 1–32).
- Rinnevalli, R., Artell, J., Iho, A, Konu, H., Pokki H., Ahopelto, L., Ojanen, H, Kuoppala, M., Koljonen, S. & Louhi, P. (2021) Vaellusesteiden purkaminen osana vaelluskalojen elinympäristökunnostuksia. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 29/2021. Luonnonvarakeskus.
- Valtioneuvosto. (2012). Kansallinen kalatiestrategia. Valtioneuvoston periaatepäätös 8.3.2012.
- Vikström L, Leonardsson K, Leander J, Shry S, Calles O & Hellström G. (2020) Validation of Francis-Kaplan turbine blade strike models for adult and Juvenile Atlantic Salmon (*Salmo Salar*, L.) and Anadromous Brown Trout (*Salmo Trutta*, L.) passing high head turbines. *Sustainability* (Basel, Switzerland). 2020;12(16):6384–.
- VTT. (2002a). Teknologian tutkimuskeskus. POTENTIALISTEN ONGELMIEN ANALYYSI.
- VTT. (2002b). Teknologian tutkimuskeskus. HAZSCAN-turvallisuusanalyysimenetelmän kuvaus.
- Väylävirasto. (2020). Ohje riskienhallinnan menetelmistä. Väyläviraston ohjeita 51/2020.
- Wessberg, N., Molarius, R., Seppälä, J., & Silvo, K. (2006). Häiriöpäästöjen ympäristöriskianalyysi, YMPÄRI-hankkeen suositukset. Suomen ympäristö 2 | 2006. Saatavissa: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22913.45929>
- Wolter, C., & Schomaker, C. (2019). Fish passes design discharge requirements for successful operation. *River Research and Applications*, 35(10), 1697–1701. Saatavissa: <https://doi.org/10.1002/RRA.3399>

# LIITE 1: RISKIENHALLINTASUUNNITELMA

Riskiarvioinnin kohde: Taivalkosken kalatehänke											
KEMIJOKI											
RISIKILAJI	VAARAN/ONGELMAN/VAHÄRIÖN JA VAA RATILANTEEN (RISKIN) KUVAUS	VÄLITÖMÄT SYITÄ JA HYÖTYVAIKUTTAVAT TEKIJÄT	SEURAUKSET	NYKYISET TOIMENPITEET / NYKYIEN VAARAILMINEN	TODENNÄKÖISYYS	VAIKAVUUS	SUURUUS	TOMENPITTEEN KUVAUS	JÄÄNNÖS-RISKIN TODENNÄKÖISYYS	JÄÄNNÖS-RISKIN VAIKAVUUS	JÄÄNNÖS-RISKIN SUURUUS
	Sidosryhmittä tuleva negatiivinen palaute kalaten suunnitelmista tai rakentamisesta.	Jotkin sidosryhmittä suhtautuvat negatiivisesti vesivoimaan ja vastustavat kaikkea vesivoimayhtiöiden toimintaa lähtökohaltaisesti.	Negatiivista palautetta ja julkisuutta -> vaikkua -> hankke viivästyy, mistä aiheutuu negatiivisia vaikutuksia julkisuuskuvalle laajemmin yleisön kannalla.	Seurantarhymän kokoonpano, seurantarhymä toimii lupa- ja rakentamisvaiheissa sekä mahdollisesti myös käyttövaiheissa. Ryhmässä on viranomaisia, tukkimuslaitoksia, kuntien edustajia, sekä kalastusosaston omistajia. Ryhmä keskustelee hankkeesta määrärahojen ja siten jaetaan mielipiteitä ja saadaan suoraa palautetta.	5	3	MERKITTÄVÄ	1) Seurataan mediaa ja reagoidaan, mikäli sille esitetyt väitteet eivät perustu faktoihin. 2) Järkuve, aktiivinen ja avoin viestintä eri medioissa. 3) Järkuve vuoropuhelu sidosryhymien kanssa.	4	3	KOHTALAINEN
Sidosryhmittä				Vaelluskalatyöryhmällä tiedotetaan hankkeen etenemisestä ja teknisistä yksityisohdista. 2018-2019 taliteessa tehty yleisökyseily siitä, minkälainen kalate olisi paras ratkaisu. Kalatalousalueiden sekä kuntien edustajia on vierailuttu Taivalkosken voimalaitoksella.	5	3	MERKITTÄVÄ		4	3	KOHTALAINEN
	Lähisön toimijoille ja asukkailla saatava negatiivinen palaute.	Rakennusvaiheen toimenpiteet.	Ei todettu olevan riski, koska lähisön toimijat (naapurit, kunnat ja kalatalousalueet) ovat suhtautuneet positiivisesti hankkeeseen.	Kuntien (Tervolan ja Kemminaan), naapurien ja kalatalousalueiden kanssa on keskusteltu ja he suhtautuvat positiivisesti.	-	-	-		-	-	-
Sidosryhmittä				Pöytätyön yllä jatkuvaa vuoropuhelua myös lupahakemuksen käsittely- ja mahdollisen valtuuskokouksen aikana. Yhteistyö Lapin ilion Vaelluskalatyöryhmän kanssa.	4	3	KOHTALAINEN	1) Avoimuus ja jatkuva viestintä			
Sidosryhmittä				Seurantarhymän kokoonpano, seurantarhymä toimii lupa- ja rakentamisvaiheissa sekä mahdollisesti myös käyttövaiheissa. Ryhmässä on viranomaisia, tukkimuslaitoksia, kuntien edustajia, sekä kalastusosaston omistajia. Ryhmä keskustelee hankkeesta määrärahojen ja siten jaetaan mielipiteitä ja saadaan suoraa palautetta.	4	3	KOHTALAINEN		3	3	KOHTALAINEN
Kustannukset	Alkulaulun ja inflaation myötä hankkeen rakentamiskustannukset kasvavat merkittävästi.	Inflaatio tai alikalkulointivästy.	Budjetissa ei pysytä.	Rakennusvaihe tarkoittaa aloittaa mahdollisimman nopeasti.	4	2	VÄHÄINEN	Rakennuslupamäärien uudelleen arviointi ennen rakentamisen aloittamista.	2	2	MERKITYKSETÖN
Kustannukset	Kalate ei toimi halutulla tavalla, eli kalat eivät löydä suuaukkoa, liian pieni virtaama kalateissa tai liian suuri virtaamopeus.	Liian pieni houkutusvirtaama, kalat eivät löydä suuaukkoa, liian pieni virtaama kalateissa tai liian suuri virtaamopeus.	Investointi menee hukkaan.	Tutkimusten ja kehitystyon kautta pyritään löytämään sopivimmat ratkaisut vaelluskalateiden elvyttämiseksi.	3	5	MERKITTÄVÄ	Muutetaan kalateita mahdollisuuksien mukaan esimerkiksi pumppaamalla lisää houkutusvirtaamaa.	2	5	MERKITTÄVÄ

Kustannukset	Kustannusarvioon liittävät avon.	Kustannusarvio on pyydytty sekä suunniteltajalta (Sveco) että paikallisilta rakennuttajilta. Lisäksi vastaavista hankkeista koostuu omaavilta rakennusyrityksiltä on pyydytty kustannusarvioita.	3	3	KOHTALAINEN	1) Arvioidaan riskivarauksia materiaalien ja työn hinnan nousun veralla. 2) Arvioidaan kustannukset uudelleen ennen investointipäätöksen tekoa.	2	3	VÄHÄINEN
Lupaproessi	Pitä lähtökäytösprosessi, valitukset AV:n päätöksistä tai Vaasan hallinto-oikeuden päätöksistä.	Hankke viivästetty ja hankkeen suunnitteleminen muun muassa tiedotamalla hankkeen etenemisestä. Seurantarayhmiä perustettu, jossa on edustajia eri sidosryhmissä.	4	2	VÄHÄINEN	Viestimän avulla pyritään tiedottamaan, että prosessi ei ole pitkittynyt Kemijoki Oy:n toimesta.	3	2	VÄHÄINEN
Lupaproessi	El.Yn hakeman kalatalousvelvoitteen saavuttamattomat vaatimukset kalatalousvelvoitteen päättämisen ajankohita vaikuttaa suuresti riskin vakavuuteen.	Pyritään yhteistyöllä vaikuttamaan kalatalousvelvoitteen lopulliseen päätökseen niin, että ne olisivat toteutettavissa.	3	5	MERKITTÄVÄ	Muutetaan suunniteltuja kalatien mahdollista. Jos ei ole niin kalatietä pyritään muuttamaan niin, että se tähtäisi veloitteet.	3	5	MERKITTÄVÄ
Lupaproessi	Viestiluvuissa esitään erilaisia mahdollisia vaatimuksia ja veloitteita kalatietä kohtaan.	Vaalmuusin ei pystytä vastaamaan tai kalatietä suunnitelmia joudutaan muuttamaan.	1	3	MERKITYKSETÖN	Muutetaan kalatietä vastaamaan veloitteita tai vaihdetaan päätöksiä.	1	3	MERKITYKSETÖN
Sidosryhmät / Lupaproessi	El.Yn kalatalousvelvoitteen muutosvaatimuksen mukainen mahdollinen veloitte nousuprosentista (koskee vain lohja) ja kalatietä. (Jokainen kalatiet tulee hakea omalla lupanaan.)	Seläiset nousuprosentitveloitteet, joihin ei viroanomaisen kanssa ja saadaan yhteisymmärrys toteutettavissa olevista vaatimuksista.	4	4	MERKITTÄVÄ	Joudutaan esimerkiksi rajoittamaan kalatietä Kemijoen ja Ounasjoessa.	3	4	KOHTALAINEN
Sidosryhmät / Viestintä	Mielipidevalikuta ja kiinnostuu hankkeesta ja jalea negatiivisia mielipiteitä hankkeesta.	Ernäällä varautuminen mahdollisiin stenaarioihin viestintäsuunnitelmissa.	4	2	VÄHÄINEN	Pyritään avoimella viestimällä tuomaan julkisuuteen kalatien positiivisia vaikutuksia ja vastaamaan julkisuudessa esitettyihin väitteisiin.	3	2	VÄHÄINEN
Sidosryhmät / Viestintä	Kukaan ei kiinnostu hankkeesta.	Pyritään tunnistamaan mielipidevalikuttajia, toimittajia jne. jolla voi olla merkittävä vaikutus hankkeen maagole.	1	3	MERKITYKSETÖN	Vainstuminen jälkeen voidaan myös tiedottaa loppuvaiheesta ja herättää kiinnostus uudelleen.	1	3	MERKITYKSETÖN
Sidosryhmät / Viestintä	Viestimän epäonnistuminen	Lupaproessit pitkittyyt, koska viroanomaisilla ei ole ennuudestaan tietoa hankkeesta viestimä ei jostain syystä ole saavuttanut heitä.	1	2	MERKITYKSETÖN		-	-	-

Sidosryhmät / Viestintä	Viestinnässä epäonnistutaan ja hankkeesta pääsee julkisuuteen negatiivisia uutisia.	Viestinnässä epäonnistutaan ja hankkeesta on julkisuudessa negatiivisia uutisia.	Viestinnässä epäonnistutaan ja hankkeesta on julkisuudessa negatiivisia uutisia.	Ennalla varautuminen mahdollisiin skenaarioihin viestintäsuunnitelmassa. Pyritään tunnistamaan mielipidevaikuttajia, toimittajia, jne. jolla voi olla merkittävä vaikutus hankkeen imagoille.	2	4	KOHTALAINEN	Reapoidaan uutisoihin sekä mielipidevaikuttajien parhailla mahdollisella tavalla	2	4	KOHTALAINEN
Sidosryhmät / Viestintä	Eri tahot, kuten kalastajat, luonnonsuojelijat, yksittäiset toimittajat, jotka vastustavat hanketta.	Vaelluskalakeskustelut ovat herkkiä aiheita.	(1) Yleinen mielipide Kemijoki Oy:stä heikkenee. (2) Ei päästä valkoimaan omaista mielestä parasta kumppania jatkossa yhteistöihin.	Ennalla varautuminen mahdollisiin skenaarioihin viestintäsuunnitelmassa. Viestinnässä on tunnistettu mielipidevaikuttajia, toimittajia, jne. jolla voi olla merkittävä vaikutus hankkeen imagoille.	3	3	KOHTALAINEN	1) Oma proaktiivinen viestintä mahdollisuusten mukaan ennakoiden, ja myös varautuen mahdollisiin negatiivisiin tilanteisiin. Pyritään tarjoamaan tietoa eri sidosryhmille sopivaa kanavia pitkin. 2) Käydään keskustelua omilla kasvoilla kriittisiä kommentteja antavien kanssa esim. sosiaalisessa mediassa, vastataan mielipidekirjoituksiin, sähköpostikeskusteluja, puhelimitse.	2	3	VÄHÄINEN
Toimivuus kalojen reitillä	Isobaarasta ei pääse yli tarpeeksi lohia, jolloin Taivaalkosken kalatien tehokkuutta ei voida osoittaa.	Taivaalkosken voimatalokseen yli ei voi päästä kuin ne lohet, jotka ovat jo päässeet Isohaaraan yli.	Taivaalkosken kalten läpäisee vain vähäinen määrä lohia.	Yhteistyö Lapin lillon Vaelluslajalyörymän kanssa.	5	3	MERKITTÄVÄ	Avoinella viestinnällä pyritään selittämään tilannetta yleisölle.	4	3	KOHTALAINEN
Toimivuus kalojen reitillä	Kasvisuuden tai rehlevöitymisen aiheuttama kalatien tukkeutuminen.	Karrikkeen kulleutuminen kalatiehen ja sitä kautta yllinäärin ravinteita.	Kalatie tukkeutuu -> kalat eivät pääse nousemaan.	Kalatie yhtenemään talveksi, hillitsee rehlevöitymistä. Huuollolla pidetään huolta kalatien kunnosta.	1	3	MERKITYKSETÖN	-	-	-	-
Toimivuus kalojen reitillä	Teknisen osuuden soraaminen aiheuttaa psystrakojen tukkeuman.	Teknisen osuuden soraaminen niin kuin suunnitelmissa mainitaan.	Kalatie tukkeutuu -> kalat eivät pääse nousemaan.	-	2	2	MERKITYKSETÖN	Harkitaan lisäitävien kiven pois jättämistä kalatiestä.	1	2	MERKITYKSETÖN
Toimivuus kalojen reitillä	Kalatalousvelvoitteissa ei oltu otettu kantaa kalatie ratkaisuun, mutta esimerkiksi houkutusvirtaamasta sekä lohien nousuprosenteista oli mainittu	AVT eli aluehallintovirasto	Tutkimusten ja kokeilujen avulla on pyritty selvittämään sitä, mitkä menetelmät toimivat parhaiten kalojen siirtämisessä patojen yli.								
Toimivuus kalojen reitillä	Salakalastus sekä kalatessa että Taivaalkosken pataaltaassa.	Salakalastus on ollut todellinen ongelma Taivaalkosken alapuolella. Kalatie voi houkuttaa tätä toimintaa.	(1) Kalatien hyödyt jäävät saavuttamatta ja investointi menee hukkaan. (2) Mahdollisiin kalatalousvelvoitteen nousuprosenttivaihteluihin ei päästä.	Kinnottolaitteella otetaan kiinni ja siirretään kalat kutualueelle Ounasjokeen.	4	3	KOHTALAINEN	Vaivontakamerat, alta tai jotain muita turvatoimia.	2	3	VÄHÄINEN
Toimivuus kalojen reitillä	Loma kulkee ahtaissa putkissa ja teiden ali, mahdollinen häiriintä ohikulkijoiden toimesta (ihmiset, eläimet, ilkenne).	Tien alitukset sekä kalatien sijainti suoraan pihatien ja yleisen tien veressä.	Lohet, arkoina kaloina säikkivät evätkä nouse kalatielta pihän.		3	3	KOHTALAINEN	Laitetaan kalatien päälle suojaverkko tai peittävä kasvusto ympärille.	2	3	VÄHÄINEN

Toimivuus kelojen reitillä	Kalat pysähtyvät houkutusvirta alabaaseen, eivätkä pyri enään ylempiin luonnonmukaiseen osuuteen.	Kalat eivät nouse kalateitä pitkin padon yli.	Luen asiantuntijat eivät kokeneet houkutusvirta-alaista ongelmaksi, kalat voivat hakeutua pysähtyneeseen leppämaahan.	1	3	MERKITYKSETÖN	Alabaaseen voidaan tarvittaessa terästä virtaus.	1	3	MERKITYKSETÖN
Toimivuus kelojen reitillä	Virtaaman pitemminen talvella.	1) Lehinön asukkaat valittavat. 2) Patro- ja liikeneturvallisuuksi	Talvella kalat lähtevät leppämaahan vedestä. Kalat on nousujohtu.	1	1	MERKITYKSETÖN	Virtaamaa ei pidetä talvella.	1	1	MERKITYKSETÖN
Toimivuus kelojen reitillä	Sedimenttien kulkuminen yläjuoksulta josta kalateihen.	Tulva-alla purkidaata joen sedimenteistä melko hyvin.	-	1	2	MERKITYKSETÖN	-	-	-	-
Toimivuus kelojen reitillä	Alasveaivat smolli tai lisääntymässä käyneet kalat eivät löydä kalateitä	Viivästyneet, mekaaninen rasitus turbiineissa sekä saalisitus	Smolittuudhän	5	4	SIETÄVÄTÖN	Alasveaivuratkaisu smolleille, jotta ne löytävät kalateien. Esimerkiksi ohjaukselta	4	4	MERKITTÄVÄ
Toimivuus kelojen reitillä	Kalojen loukkaantuminen kalateissä.	Terävät ja karkeat rakenteet voivat teoreettisesti vahingoittaa kaloja. Tästä ei kuitenkaan ole kirjallisuudessa raportoitu ja sitä pidetään yleisesti hyvin epätodennäköisenä.	Vaurio kalan rauhkaan, josta voi syntyä letaali tulehdus tai tartunta.	1	2	MERKITYKSETÖN	-	-	-	-
Toimivuus kelojen reitillä	Selaisten kalajien pääsy kalateistä, jotka eivät edes ennen padon rakentamista pääsyt eteenpäin luonnonkoskessa.	Kalateiden rakentaminen liian helposti kuljettavaksi	Yläkanavan lajiston muuttuminen	3	2	VÄHÄINEN	Kalateitä ei rakenneta liian helposti, jotta vain ne lajit, mitkä luonnonaan pystyvä nousemaan käytävä kalateitä	-	-	-
Toimivuus kelojen reitillä	Keräjoessa ei enään ole luonnonmukaista kantaa, jolla olisi lemautunut voimaitosten yläpuolelle. Kaloilla ei riittä nousehalukkuus, kalateistä riippumatta.	Luonnonkannan puuttuminen	Kalatalousvelvoitteiden läpäisyprosentteihin ei päästä, sillä kalat eivät halua nousta yllemmä.	4	4	MERKITTÄVÄ	Istutuksien ja kiinnitöitäteillä tehtäviä kuljetuksia voimaitosten ylä	4	3	KOHTALAINEN
Toimivuus kelojen reitillä	Lotat nousevat kalateiden, mutta pääaavat takaisin nopeasti, eli sen läpäisevyys ei ole hyvä.	Jos kala havaitsee vaikean kondan kalateissä se voi käännyä takaisin ja pelata alkanavaan. Tutkimuksissa on huomattu lämmätkaltaista käytöstä	Pyritään suunnittelemaan kalate niin hyvin, että ei tule kalalle niin sanottuja vaikeita kohtia.	3	4	KOHTALAINEN	Jos huomataan tällainen vaikea kohta kalalle, sitä voidaan yrittää muuttaa.	3	3	KOHTALAINEN

Heiklön hukkuminen tai loukkaantuminen kalateissä.	Tekniseen osuuteen joutuminen on vaarallista. Ruudissa oli kuolemantapaus teknisessä kalateissä	Pahimmillaan heiklön kuolema	Tekninen osuus sijaitsee voimalaitosalueella, johon ei ulkopuolisilla ole pääsyä	1	5	KOHTALAINEN	Suojataan kalate niin, että sinne ei ole pääsyä	1	5	KOHTALAINEN
Heiklön hukkuminen tai loukkaantuminen kalateissä.	Kalateidit saattavat heikentää kalatien tehokkuutta, sillä alakanavassa olevat kalat eivät jaksakaan heikentyneenä nousta ylemmäis.	Ajottain runsaat kalateidit, kuten loiset	Heikentyneiden yseliöiden huonopi nousumotivaatio	2	3	VÄHÄINEN	-	-	-	-
Heiklön hukkuminen tai loukkaantuminen kalateissä.	Varjostuksen puute	Suuremmasta valon määrästä johtuen periyton leven on todettu olevan yleisin kasvillisuustyppi luonnomukaisissa kalateissä.	Tehtiä leivimassa saattaa vaikuttaa virranopeutta hidastavasti tai voi estää hepekkään veden pääsyn sorakon sisään.	3	1	MERKITYSETÖN	Jos talviviltaamaa ei pidetä, ei aiheuta ongelmia kutsoraikolle.	3	1	MERKITYSETÖN
Heiklön hukkuminen tai loukkaantuminen kalateihin.	Hyiseen eli suppojaan kulkeminen tai muuostuminen kalateihin.	1) Lähistön asukkaat vaillitvat. 2) Pato- ja liikemeturallisuusriski, kun vedet vaavat ympäristöön.	Pieri talviviltaama tai ei ollenkaan virtaamaa talvisin.	3	3	KOHTALAINEN	Kalatein luoklaymin eteen jonkinlainen hyiteen esto rakennelma.	2	3	VÄHÄINEN
Heiklön hukkuminen tai loukkaantuminen kalateihin.	1) Jos lähistön talot eivät ole viemäristöverkon piirissä. 2) Jäa vieitä suunitellun kalatein suuntaan ja ilkavedet ajautuvat lomaan oja pitkin.	Lilavesi voi huonossa tapauksessa konsentroitua kalateihin ja tehdä siitä apottain kelvottoman nousuoman.	Selvitetään onko asuintalot viemäristöverkon piirissä.	3	3	KOHTALAINEN	Ojat tukitaan ja ilkavesijärjestelmiä parannetaan asukkaiden toimesta	2	3	VÄHÄINEN
Ympäristön eläimet asettuvat esimerkiksi houkutusvirta-alaaseen	Houkutusvirta-alaaseen asetutvat vesilinnut, petoleikat tai vedessä saalistavat nisäkkäät kuten saukko.	Rursaina voivat vaikuttaa lichen nousua tai heikentää tehokkuutta	Säännöllinen tarkkailu	2	3	VÄHÄINEN	Puhdistetaan halteksi asti esiintyvät lajit	2	2	MERKITYSETÖN
Ilkveilla, ihmiset heittelevät kalateihin suurempia roskia.	Luonnomukainen osuus on alitaaton.	Kalatein toiminta häiriövy, eikä kalat pääse nousemaan.	-	3	3	KOHTALAINEN	Valvontatimerat, altaus tai suoja verkko uoman ylle.	1	3	MERKITYSETÖN

## LIITE 2: TUNNISTETUT MAHDOLLISUUDET

MAHDOLLISUUS	MAHDOLLISUUDEN KEKSIJÄ	TOTEUTTAMISEN KUSTANNUKSET	MAHDOLLISUUS JA SEN SEURAUKSET	LISÄTIEDOT / HUOMIOITA	Lupavaihe	Rakennusvaihe	Käyttövaihe	Yleinen
Sisäänkäynnistä ylävirtaan sijoitettava kalojen lepopaikka esimerkiksi betoninen seinä	Eetu Kasurinen	Vähäiset jos alakanavan virtaamaa saadaan pienennettyä asennuksen ajaksi	Vaelluskalojen hakeutuminen lepäämään päävirrasta, jolloin löytävät kalatien suuaukon	Lepopaikaksi käy mikä vain rakenneleima tai artikkeli, mikä estää veden virtausta ja samalla muodostaa ylävirtaan suuntauneita virtauksia		x	x	
Huoltovarmuuden korostuminen julkisessa keskustelussa ja säätävoiman tarpeen kasvu vihräessä siirtymässä.	Kemijoki Oy	Mittättömät, koska julkisen viestinnän suuntaa pitää vain muuttaa	Positiivisempi näkökulma vesivoiman suhteen	Ei liity varsinaisesti kalatiehankkeeseen				x
Yritysvastuun ja luonnon monimuotoisuuden lisääminen.	Kemijoki Oy	Kalatiehankkeista ja muista monimuotoisuutta lisäävistä asioista tiedottaminen	Positiivisempi näkökulma Kemijoki Oy:n ja vesivoiman suuntaan	Ei liity varsinaisesti kalatiehankkeeseen				x

# LIITE 3: RISKIMATRIISI

## Riskin suuruuden arviointi

Riskin todennäköisyys <i>Kriteeristö ja todennäköisyyden vaihteluavallit tarkennettu projekti-kohtaisesti</i>
<b>5 Erittäin yleinen</b> Esiintyy ainakin 10 kertaa vuodessa tai riski toteutuu lähes varmasti, 70-100 %
<b>4 Yleinen</b> Esiintyy ainakin kerran vuodessa tai riskin toteutuminen on todennäköistä, 50-70 %
<b>3 Satunnainen</b> Esiintyy ainakin kerran 10 vuodessa tai esiintyy ainakin kerran hankkeen aikakaaren aikana tai riskin toteutuminen on mahdollista, 20-50 %
<b>2 Harvinainen</b> Esiintyy ainakin kerran 100 vuodessa tai esiintyy ainakin kerran hankkeen aikakaaren aikana tai riskin toteutuminen on epätodennäköistä, 5-20 %
<b>1 Erittäin harvinainen</b> Esiintyy harvemmin kuin kerran 100 vuodessa Teoreettinen, ei tiedetä tapahtuunsa rakentamisen tai käytön aikana tai riski toteutuu erittäin epätodennäköisesti, 0-5 %

Tapahtuman esiintymistiheys	Ei seurauksia	Lievivähäisiä	Vakavamerkittäviä	Suuria	Erittäin suuria	Toimenpideluokat					
						V luokka	IV luokka	III luokka	II luokka	I luokka	Tuokka
Erittäin yleinen	Vähäinen	Kohalalainen	Merkittävä	Sielämätön	Sielämätön	Vaihtomat toimenpiteet					
Yleinen	Merkitykseltön	Vähäinen	Kohalalainen	Merkittävä	Sielämätön	Toimenpiteet meneillään olevassa suunniteluvaliheressa					
Satunnainen	Merkitykseltön	Vähäinen	Kohalalainen	Kohalalainen	Merkittävä	Toimenpiteet suunniteltava					
Harvinainen	Merkitykseltön	Merkitykseltön	Vähäinen	Kohalalainen	Merkittävä	Seurataan					
Erittäin harvinainen	Merkitykseltön	Merkitykseltön	Merkitykseltön	Vähäinen	Kohalalainen	Ei tarvita toimenpiteitä					

Vaikutus	Seurauksen vakavuus (Negatiivisten vaikutusten suuruus/vakavuus)				
	1 Erittäin lieviä / vähäisiä	2 Lieviviähäisiä	3 Vakavia / kohalaisia	4 Suuria	5 Erittäin suuria
<b>Taloudelliset vaikutukset</b> (ml lomaisuus)	Erittäin vähäisiä omaisuus- tai liikelomintavahinkoja Ei / erittäin vähäisiä vaikutuksia kustannuksiin < 50 000 €	Vähäisiä omaisuus- tai liikelomintavahinkoja Lieviä vaikutuksia kustannuksiin 50 000 - 100 000 €	Kohalaisia omaisuus- tai liikelomintavahinkoja Kohalaisia vaikutuksia kustannuksiin 100 000 - 500 000 €	Suuria omaisuus- tai liikelomintavahinkoja Merkittäviä vaikutuksia kustannuksiin 500 000 - 1 000 000 €	Erittäin suuria omaisuus- tai liikelomintavahinkoja Erittäin suuria vaikutuksia kustannuksiin Yli 1 000 000 €
<b>Aikataulu- ja toiminnallinen vaikutus</b>	Haittaa suunnittelun / urakoiden toteutusta Erittäin lieviä vaateita Ei / erittäin vähäisiä vaikutuksia toiminnallisiin tavoitteisiin	Haittaa suunnittelun / urakoiden toteutusta Lievitä vaateita Vähäisiä vaikutuksia toiminnallisiin tavoitteisiin	Haittaa suunnittelun / urakoiden toteutusta Kohalaisia vaateita Kohalaisia vaikutuksia toiminnallisiin tavoitteisiin	Hanke viivästyy kaukaiden suurien vaateita Erittäin suuria vaikutuksia toiminnallisiin tavoitteisiin, vaikuttaa huomattavasti laatuun	Hanke viivästyy useita vuosia Erittäin suuria vaateita Erittäin suuria vaikutuksia toiminnallisiin tavoitteisiin, vaikuttaa huomattavasti laatuun
<b>Imaginoinen</b>	Ei / erittäin lieviä vaikutuksia maineeseen	Vähäisiä vaikutuksia maineeseen	Kohalaisia vaikutuksia maineeseen	Suuri vaikutus maineeseen	Erittäin vakavia vaikutuksia maineeseen
<b>Ympäristö</b>	Erittäin vähäisiä ympäristövahinkoja tai haittaa, erittäin helposti korjattavissa	Vähäisiä ympäristövahinkoja, lieviä haittaa, helposti korjattavissa	Kohalaisia ympäristövahinkoja / kohalaisia haittaa, korjattavissa	Suuria ympäristövahinkoja, huomattavaa ja laajaa haittaa, korjattavissa	Erittäin suuria ympäristövahinkoja, vakavaa pitkävaikutteista haittaa, vaikeasti korjattavissa

## LIITE 4: OSALLISTUJAT

NIMI	ORGANISAATIO	OSAAMISALUE	ROOLI KALATIEEN RISKIANALYYSISSÄ
Kari Pehkonen	Kemijoki Oy	Patoturvallisuus	Asiantuntijana avoimissa
Sakari Pyhäjärvi	Kemijoki Oy	Lupa-asiat sekä maankäyttö	Asiantuntijana avoimissa
Erkki Huttula	Kemijoki Oy	Vaeluskala-asiat	Asiantuntijana avoimissa
Ismo Heikkilä	Kemijoki Oy	Projektipäällikkö	Asiantuntijana avoimissa
Salla Uotila	Hill+Knowlton Finland Oy	Hankkeeseen liittyvä viestintä	Asiantuntijana avoimissa
Ruusu Kallio	Welado Oy	Riskienhallinnan asiantuntija	Kirjurina sekä asiantuntijana avoimissa
Eetu Kasurinen	Welado Oy	Diplomityön tekijä	Aivoirihien ohjaaja
Jyrki Autti	Kemijoki Oy	Kalaveloitteet ja kalakantojen tutkimus	Asiantuntijana avoimissa
Peter Rimoja	Sweco Oy	Kalatie asiantuntija	Puhelinhaastattelu
Pauliina Louhi	Luonnonvarakeskus	Kalatie asiantuntija	Puhelinhaastattelu