

Mat-2.4177 Operaatiotutkimuksen  
projektityöseminaari

**Väliraportti: Jokisysteemin  
vesivoimatuotannon simulointi**

*Projektipäällikkö:  
Vili Ojala*

*Ryhmän jäsenet:  
Viivi Halla-aho  
Sampo Kaukonen  
Jukka Koskenranta*

*Yhteyshenkilö:  
Anssi Käki (UPM)*

31.3.2014

# Sisällysluettelo

## Sisällysluettelo

### 1. Projektin status

#### 1.1 Tavoitteiden päivitys

#### 1.2 Tulokset

##### 1.2.1 Mallinnus

##### 1.2.1 Kirjallisuuskatsaus

### 2. Projektin aikataulun ja työnjaon päivitys

### 3. Riskien arviointi

# 1. Projektin status

Projekti on edennyt pääasiassa suunnitelman mukaisesti ilman suurempia ongelmia. Tavoitteisiin ja riskeihin on tullut hieman muutoksia. Projektin ensimmäiset vaiheet, aineistoon tutustuminen ja kirjallisuuskatsaus on saatu päätökseen ja mallinvalinta on päästy aloittamaan. Tulokset-osiossa käsitellään kunkin vaiheen tuloksia tarkemmin. Projekti jatkuu mallinvalinnalla ja tarkennuksella ja jos aikaa jää niin teemme myös simulink-mallin.

Projektin aikana olemme olleet viikoittain yhteydessä toimeksiantajan yhteyshenkilöön ja sieltä kautta on tullut lisää aineistoa ja tarkennuksia tavoitteisiin.

## 1.1 Tavoitteiden päivitys

Projektin tavoitteita on muutettu jonkin verran. Simulointimallin tekeminen Simulinkillä ei tule olemaan välttämätöntä, vaan riittää että saadaan kullekin joen pätkistä oma aikasarjamallinsa. Yksi projektimme tavoitteista oli pohtia, miten mallejamme voitaisiin hyödyntää UPM:n optimointimallissa. Tämä tavoite on jäänyt nyt pois. Tärkeää olisi keskittyä mallinnettavan joen tärkeimpiin osuuksiin ja kehittää mallit muutamalle tavanomaiselle tapaukselle, joissa mallille olisi käyttöä. Ei ole siis välttämätöntä tehdä koko vuoden kattavaa mallia kaikkia tilanteita varten. Lisäksi tekemämme huomioidut virtauksen dynamiikasta erilaisissa tilanteissa olisivat toimeksiantajalle tervetulleita.

Saimme myös lisäpyynnön tutustua HEC-RAS-nimiseen ohjelmistoon, jonka arveltiin olevan potentiaalinen ratkaisu mallinnusongelmaamme. Ohjelmisto perustuu kuitenkin fysikaalisiin malleihin, jotka vaativat paljon parametreja, joten siihen tutustuminen jätettiin vähälle huomiolle.

## 1.2 Tulokset

### 1.2.1 Mallinnus

Erilaisten mallien testaaminen manuaalisesti Matlabin System Identification Toolboxin avulla havaittiin aikaavieväksi, joten mallinvalintaa on koetettu automatisoida Matlab-skriptin avulla. Skripti testaa ARX-aikasarjamalleja erilaisilla parametreilla ja listaa sovitetun ja p-arvon perusteella parhaat mallit. Tarkoituksena on parantaa vielä mallinvalinnan kriteerejä ja laajentaa skripti toimimaan myös muille kuin ARX-malleille.

Osalle joen pätkistä on löytynyt jo kohtuullisia ARX malleja. Ongelmana on että sama malli ei toimi hyvin ympäri vuoden, vaan yhdelle joen pätkälle tarvitaan useampi malli mallintamaan erilaisia tilanteita ja olosuhteita. Normaalitytilanne on sellainen, jossa veden määrä on kohtuullinen ja joki ei ole jäässä. Tämän lisäksi tarvitaan malli ainakin ajalle, jolloin vettä on vähän tai kun joessa on jäätä. Jos nämä mallit eivät kykene kuvaamaan joenpätkän toimintaa tarpeeksi kattavasti, luodaan uusia malleja tarpeen mukaan.

Kullekin joenpätkälle luodaan siis useita malleja erilaisia olosuhteita varten. Joen juoksuksista vastaavan henkilön täytyy itse päättää, mitä mallia kuuluisi milloinkin käyttää. Valinnan helpottamiseksi hän voi ennustaa vedenkorkeutta jokaisella mallilla jatkuvasti ja valita päätöksenteon tueksi sen mallin, joka on antanut parhaan ennusteen lähiaikoina.

### 1.2.1 Kirjallisuuskatsaus

Kirjallisuuskatsausta varten luettiin veden virtauksen mallinnukseen liittyviä artikkeleita. Joukossa oli niin luonnonvesistöihin kuin keinotekoiisiinkin vesiväyliin tehtyjä tutkimuksia. Pääasiassa mallit voidaan jakaa kahteen luokkaan: fysikaaliset ja tilastolliset mallit.

Fysikaalisissa malleissa käytetään fysikaalisista ilmiötä kuvaavia yhtälöitä mallin luomiseen. Yhtälöt ovat usein hankalia ratkaista ja ne vaativat vesistön ominaisuuksien, kuten joen geometrian, tarkkaa tuntemusta. Nämä seikat tekevät fysikaalisista malleista haastavia käyttää ja sivuutamme ne siksi tässä projektityössä.

Tilastolliset mallit taas pohjautuvat systeemin fysikaalisista ominaisuuksista tehtyihin aikasarjoihin. Tämän aineiston pohjalta voidaan sitten mallintaa systeemiä tilastollisin menetelmin, esimerkiksi aikasarjamallein. Menetelmiltään nämä ovat yksinkertaisempia, mutta eivät tuloksiltaan niin tarkkoja kuin fysikaaliset mallit.

Kirjallisuuskatsauksessa löydetyt tapaukset eivät täysin vastaa tämän projektin ongelmaa, eikä siksi valmiita malleja voida suoraan käyttää. Kirjallisuudesta löytyneitä hyviä ideoita, joita meidän mallissamme tai tämänkaltaisissa ongelmissa ylipäänsä voitaisiin hyödyntää, olivat omien mallien muodostus erilaisille virtauksille, parametrien estimoinnin rekursiivisuus ja robustisuus.

## 2. Projektin aikataulun ja työnjaon päivitys

Projektisuunnitelmassa esitetystä aikataulusta ollaan hieman jäljessä. Kirjallisuuskatsaus saatiin loppuun viikkoa arvioitua myöhemmin. Mallinvalinta on edelleen kesken ja se on hieman jäänyt aikataulusta. Mallin toteutusta lopulliseen muotoon esimerkiksi Simulinkillä on jo tutkittu etukäteen. Projektin päivitetty aikataulu on esitetty taulukossa 1. Tummillä väreillä on esitetty kunkin vaiheen suunniteltu ajoitus ja toteutuneet lisäykset käytettyyn aikaan on merkitty vaaleammin sävyin.

Ryhmä on tavannut säännöllisesti kaksi kertaa viikossa projektin teon merkeissä. Tällöin tehdään yhdessä projektia ja keskustellaan esimerkiksi huomatuista ongelmista. Lisäksi töitä on tehty itsenäisesti tapaamisten ulkopuolella. Tapaamisia on tarkoitus jatkaa ainakin kaksi kertaa viikossa ellei useamminkin projektin loppuosan ajan.

Taulukosta 2 löytyy työnjako projektin loppuosaa varten. Työnjako on tällä hetkellä sellainen, että jokainen tekee mallinvalintaa mutta eri tilanteille. Kaikki osallistuvat myös loppuraportin kirjoittamiseen.

Taulukko 1: Projektin aikataulu. Myöhästymiset suunnitelmasta on merkitty vaaleammalla värillä taulukkoon.

Viikko	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Kirjallisuuskatsaus ja aineistoon tutustuminen																			
Mallinvalinta																			
Mallin tarkennus ja toteutus lopulliseen muotoon																			
Tulosten analysointi ja raportointi																			

Taulukko 2. Työnjako loppuprojektin ajaksi

Tehtävä	Kuka tekee
Mallinnus	Kaikki
Jääkansi	Sampo
Niukka vesitilanne	Jukka
Tasainen profiilijajo	Vili ja Viivi
Raportointi	Kaikki

### 3. Riskien arviointi

Projektisuunnitelmassa käsitellyt riskit eivät ole onneksi suuremmalti konkretisoituneet. Olemme pitäneet tiiviisti yhteyttä toimeksiantajaan väärinkäsitysten välttämiseksi ja tavoitteiden selkeäksi rajaamiseksi. Projekti ei ole juurikaan viivästynyt ryhmän jäsenten estymisen tai johtamisen epäonnistumisen vuoksi, mutta työnjako on ollut haastavaa.

Työkalujen käyttämisen opettelu on ollut toisinaan haasteellista ja vienyt runsaasti aikaa. Matlab ei ole osoittautunut parhaaksi työkaluksi aikasarjojen estimointiin ja testaukseen. Automaattista mallin etsintää ei olla pystytty hyödyntämään tehokkaasti. Sen sijaan Identification Toolbox on saatu toimimaan oikein, mutta sen käyttö on hidasta käsityötä.

Olemme alkaneet epäillä virtausdatan luotettavuutta. Siinä tiedettiin olevan virheitä erityisesti suurilla virtauksilla, mutta kuvittelimme, että virhe on niin pieni että se ei vaikuta mallinnukseen. Virtauksia ei mitata suoraan, vaan ne ovat estimoidaan tuotannosta ja estimaatti on epätarkka suurilla virtauksilla. Nyt epäilemme että virheet virtausaineistossa voivat aiheuttaa merkittäviä virheitä mallinnuksessa.

UPM:n asiantuntija epäilee, että runsas juoksutus saattaa aiheuttaa voimalaitoksen altaan pinnan taipumista. Veden korkeus mitataan läheltä patoa ja veden mahdollinen taipuminen vaikeuttaa luotettavien mittausten tekemistä. Eli on myös syytä epäillä vedenpinnan korkeuden arvojen paikkansapitävyyttä, kun juoksutus on suurta.