



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

VESILIIKUNTAKEKKUKSEN VEDENKÄSITTELYJÄRJESTELMIEN VEDENKÄYTÖN SELVITYS

Markku Honkanen

Opinnäytetyö
Kesäkuu 2018
Talotekniikka
LVI



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutus
Talotekniikka

HONKANEN, MARKKU

Vesiliikuntakeskuksen vedenkäsittelyjärjestelmien vedenkäytön selvitys

Opinnäytetyö 54 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Kesäkuu 2018

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin vesiliikuntakeskuksen vedenkäsittelyjärjestelmien veden käyttö kahdeksan kuukauden ajalta. Tarvittavat tiedot selvitykseen saatiin pääasiassa kohteen kiinteistöautomaatiosta. Lisäksi allashalleissa suoritettiin ilman olosuhdemittauksia veden haihtumisen arvioimiseksi uima-altaista sekä tehtiin vedenkäsittelyjärjestelmiin tulevien- ja poistuvien uima-allasvesien määrämittauksia.

Työssä tietolähteenä käytettiin LVI-kortistoa, Sosiaali- ja terveysministeriön asetuksen 315/2002 soveltamisopasta sekä muuta vedenkäsittelykirjallisuutta. Suuren laskutoimitusmäärän vuoksi laskentaan ja tulosten yhdistämiseen käytettiin Excel-tilukkolaskentaohjelmaa.

Raportissa esitetään tulokset vedenkäsittelyryhmittäin, lisäksi verrattiin veden häviöiden suhdetta järjestelmiin tulevan veden määrään. Laskennassa ja selvitystyössä olleista epävarmuustekijöistä huolimatta selvitys onnistui hyvin.

Raportista saatujen tulosten perusteella on tarkoitus myöhemmin hallita paremmin veden häviöitä vedenkäsittelyjärjestelmistä ja optimoida korvausveden käyttöä. Projektin toisessa osassa on tarkoitus kehittää kiinteistöautomaatioon järjestelmä, josta saadaan enemmän ajantasaista tietoa korvausveden määrästä ja uima-allasvesiin tulevasta rasi-
tuksesta. Tulevassa projektissa on syytä pohtia ja arvioida korvausvesimäärän vähentämisen vaikutusta uima-allasvesien laatuun.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services Engineering
Building Services

HONKANEN MARKKU

A Study on the Water Usage in the Water Treatment Systems of a Water Sports Center

Bachelor's thesis 54 pages, appendices 5 pages

June 2018

The aim of this thesis was to study the usage of water in the water treatment systems of a water sports center for a period of eight months. The information required for the study was collected primarily from the center's building automation systems. Additionally, measurements of the condition of the air were carried out in order to evaluate the evaporation of pool water, as well as the measurements of incoming and outgoing water quantity of the water treatment systems.

The source of information was HEVAC Building Services Information Files, the application guide of the Act 315/2002 by the Ministry of Social Affairs and Health, and other literature on water treatment. Due to the great number of calculations, Excel spreadsheet software was used for calculations and for combining the results.

This report presents the results by water treatment groups. Finally, the validity of the study is estimated by comparing the ratio of water loss with the water entering the systems. Despite the uncertainties regarding the calculations and the investigation process, the report was successful.

The report is intended to be used in the future for better management of water loss from the water treatment systems, as well as to optimize the use of supplement water. The second part of the project aims to develop a system for the building automation system to make it possible to collect more up-to-date information on the amount of supplement water and on the strain on the pool water. In the future projects, it is necessary to consider and evaluate how reduction of water supplement level affects the quality of pool water.

Keywords: water treatment, swing baths, replacement water, evaporation

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	UIMA-ALLASVESIEN KÄSITTELY	7
2.1	Vedenkäsittelyn yleisperiaatteet	7
2.1.1	Uimaveden laatu.....	12
2.1.2	Laitoksen säännöllinen käyttötarkkailu ja omavalvonta	12
2.2	Altaiden ja allasvesijärjestelmien allas- ja käsittelykuormitukset	13
2.2.1	Allaskuormitus	13
2.2.2	Käsittelykuormitus	13
2.2.3	Asiakkaiden laskennallinen uintimäärä altaissa.....	14
2.3	Vedenhäviöt järjestelmistä.....	14
2.3.1	Haihtuminen.....	15
2.4	Suodattimien huuhtelut	16
2.5	Uimareiden mukana altaasta lattiakaivoihin poistuva vesi.....	17
2.6	RO-laite.....	17
2.7	Korvausvesi	17
3	VESILIIKUNTAKESKUS AALTOALVARI.....	19
3.1	Yleistietoa AaltoAlvarista.....	20
3.2	Kohteen uima-altaat ja vedenkäsittelyjärjestelmät	22
3.2.1	VKR 1. Uintialtaat: 50m ja 25m	24
3.2.2	VKR 2. Kylpylä	24
3.2.3	VKR 3. Kylmäaltaat.....	25
4	TUTKIMUS	26
4.1	Allas- ja käsittelykuormitusten tulokset	26
4.1.1	Uintikertojen laskennan yhteenveto.....	26
4.1.2	Allaskuormitus	28
4.1.3	Käsittelykuormitus	29
4.2	Haihtuminen.....	30
4.3	Suodattimien huuhtelut	35
4.4	Muut häviöt.....	39
4.4.1	RO-laite	39
4.4.2	Uimareiden mukana altaasta lattiakaivoihin poistuva vesi	40
4.5	Korvausvesimäärän selvitys	40
4.6	Erillisten laitteiden lisäämä korvausvesi.....	41
4.6.1	Otsonaattorin käyttämä jäähdytysvesi	41
4.6.2	VKR 3 kylmäkoneen lauhdutusvesi.....	42

5	TULOKSET	43
5.1	VKR 1	43
5.2	VKR 2	44
5.3	VKR 3	45
5.4	Kokonaiskulutuksen yhteenveto.....	46
6	POHDINTA.....	47
	LÄHTEET.....	49
	LIITTEET	50
	Liite 1. Excel laskentataulukko, haihdunta. 1 (2)	50
	Liite 2. Mittauspöytäkirja	52
	Liite 3. Ilman olosuhdemittari. Trotec T200	53
	Liite 4. VKR 1. Huuhtelupäiväkirja	54

1 JOHDANTO

Tässä insinööriyön raportissa esitetään vesiliikuntakeskuksen kolmen vedenkäsittelyjärjestelmän vedenkäyttö kahdeksan kuukauden ajalta. Kohteesta selvitetään kiinteistöautomaatista saatavien tietojen, mittausten ja laskemien perusteella vedenhäviöt, sekä tuleva korvausveden määrä järjestelmiin. Lopuksi arvioidaan selvityksen luotettavuutta vertaamalla vedenhäviöiden suhdetta järjestelmiin tulevan veden määrään.

Työ on ensimmäinen osa projektia, jossa on tarkoitus luoda kiinteistöautomaatioon ohjelma, jolla korvausveden käyttöä voitaisiin hallita. Tästä syystä raporttiin on selvitetty myös allas- ja käsittelykuormitukset, sekä kerrotaan vedenkäsittelyn yleiset periaatteet, tavoitteet sekä uima-allasveden laatuksiteerit.

Ilman tutkittua tietoa vedenhäviöistä ja korvausveden määristä ei ole järkevää tehdä muutoksia nykyisiin korvausveden käyttömääriin. Koska raportin tulosten perusteella on jatkossa tarkoitus hallita ja mahdollisesti vähentää vedenkäyttöä, on toimenpiteitä tehtäessä syytä arvioida ja pohtia toimenpiteiden vaikutusta olosuhteisiin eli veden laatuun. Suuren allasveden haihtumisen vuoksi veden laadulla on iso merkitys myös allashallien sisäilmastoon.

Opinnäytetyön tekijällä on yli 20 vuoden kokemus AaltoAlvarin vedenkäsittelyjärjestelmien hoidosta, huolloista ja historiasta. Vedenkäsittelyn periaatteiden, laitteistojen ja kiinteistön ja sen automaation tuntemisesta on suuri hyöty raporttiin tarvittavien tietojen hakemisessa ja selvittämisessä.

2 UIMA-ALLASVESIEN KÄSITTELY

Uimahallien vedenkäsittely on prosessitekniikkaa. Uimahallin tai kylpylän vedenkäsittelyjärjestelmään tuodaan yleensä kunnan vesijohtoverkostosta raaka-aine eli talousvesi. Tätä uimahalleissa ja kylpylöissä paljon käytettyä raaka-ainetta voidaan juoda, mutta uintikelpoista se ei ole ilman käsittelyä. Talousvettä ja likaantunutta uima-allasvettä joudutaan käsittelemään usealla eri tavalla, jotta se täyttää Sosiaali- ja terveysministeriön uima-allasvesiasetuksen (STM asetus 315/2002) vaatimukset.

Em. asetuksesta on tehty soveltamisopas (Uima-allasveden laatu ja valvonta. Soveltamisopas 2/2017. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto (Valvira)), jossa annetaan selkeitä ohjeita myös käytännön työhön. Tämä opas onkin erinomainen perustietolähde alalla toimijoille sekä kaikille vedenkäsittelystä kiinnostuneille.

Vedenkäsittelyn tavoitteena on luoda turvallinen, terveellinen ja miellyttävä uintikokemus uima-altaassa käyvälle asiakkaalle. Veden tulee olla puhdasta ja lämpötila tulisi olla käyttötarkoitukseen sopiva.

Vedenkäsittelyllä tarkoitetaan allasveden laadun ylläpitämistä moitteettomana erottamalla vedestä mekaanisesti tai kemiallisesti epäpuhtauksia, laimentamalla epäpuhtauksien määrää korvausvedellä, tuhoamalla vedessä olevia mikrobeja desinfioimalla, säätämällä veden pH-arvoa, kierrättämällä vettä altaiden ja vedenpuhdistuslaitteiden välillä sekä lämmittämällä tai jäädyttämällä vettä. Soveltamisohje (2/2017, 18)

LVI-ohjekortin (22-10386/2005, 1) mukaan vedenkäsittelyn tärkein tavoite on veden terveydellisen laadun turvaaminen. Vedestä ei saa aiheutua uimareille sairauksia tai muuta terveydellistä haittaa.

2.1 Vedenkäsittelyn yleisperiaatteet

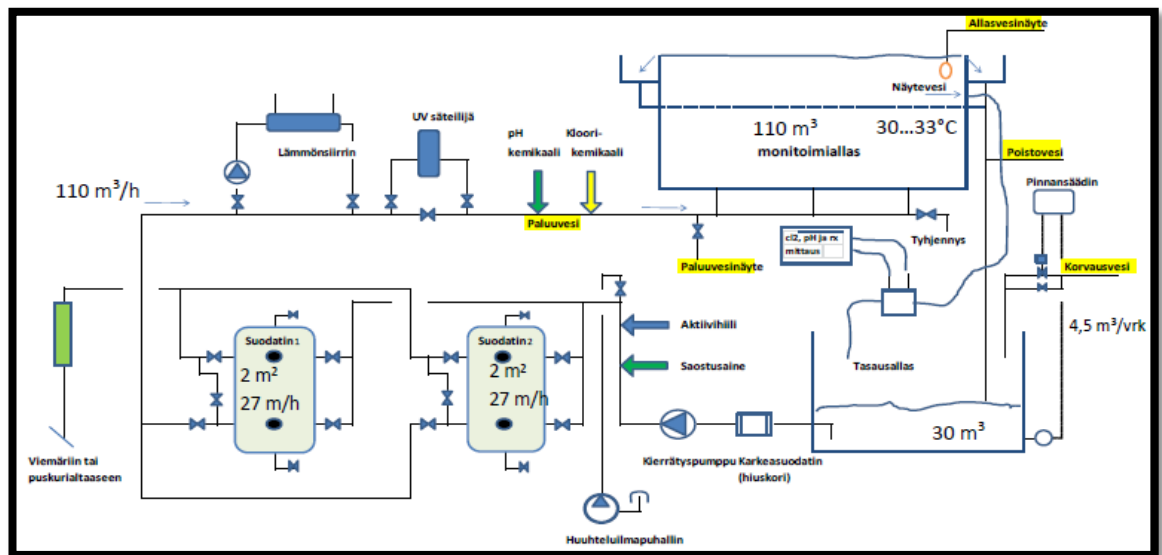
Uima-allasvesien käsittelyprosessi perustuu veden jatkuvaan kierrätykseen ja käsitteilyyn. Sama vesi kiertää jatkuvasti altaasta käsittelyyn ja käsittelystä takaisin altaaseen.

Vettä käsitellään vedenkäsittelyprosessissa mekaanisesti, kemiallisesti, fotokemiallisesti sekä lämpötilaa muuttamalla.

Uudemmat vedenkäsittelyjärjestelmät ovat nykyisin melko pitkälle automatisoituja. Käytännössä automatisointi tarkoittaa, että prosessi toimii kiinteistöautomaation ohjaamana. Käyttöhenkilökunnan töihin kuuluu käyttötarkkailuun liittyvät työt, kohdassa 2.1.2 kerrotaan lisää käyttötarkkailusta.

Laitoksen ylläpitäjän on järjestettävä allasveden kierrätys, korvausvedenotto ja poistoveden käsittely sekä desinfiointi siten, että tämän asetuksen mukaiset laatuvaatimukset täyttyvät altaan kaikissa osissa kävijämäärästä riippumatta. Veden kierrätyksen yhteydessä olevan vedenkäsittelyn on oltava riittävän tehokas poistamaan myös sellaisia eliöitä ja niiden kesto-omuuksia, jotka eivät tuhoudu klooridesinfioinnilla (STM asetus 315/2002).

Kuvassa 1 on esitetty kaavio yhden uima-altaan vedenkäsittelyn perusjärjestelmästä.



KUVA 1. Kaavio vedenkäsittelyn perusjärjestelmästä. Soveltamisohje (2017/2, 17).

Kaavion mukaiset vedenkierrätyksen vaiheet ovat tasausaltaasta lähtien:

- Karkeasuodatus
 - Karkeasuodattimen tehtävänä on poistaa isoimmat roskat esim. laastarit ja vesileikkivälineiden palaset altaasta tulevasta vedestä. Karkeasuodatin

sijaitsee ennen pumppua. Kuvan 1 kaaviossa se on tasausaltaan ja pumpun välissä. Parempi paikka sille on oman kokemuksen mukaan tasausaltaaseen tulevassa putken päässä, jos se on huollon kannalta mahdollista. Kun sijoituspaikka on ennen tasausallasta, tasausaltaan puhdistamisen tarve vähenee.

- Veden pumppaus
 - Isommissa järjestelmissä on yleensä kaksi rinnankytkettyä pumppua, pienempiin riittää yksi. Kahden pumpun järjestelmässä toisen pumpun vikaannuttua, voidaan toimintaa vielä jatkaa, kunnes toinen pumppu saadaan takaisin käyttöön.

Avosuodatusjärjestelmissä pumppaus on suodatuksen jälkeen, monikerrossuodattimissa (umpinaiset säiliöt, painesuodatus) pumpput ovat ennen suodatusta. Pumppuina käytetään kloorivedelle soveltuvia keskipakopumppuja.

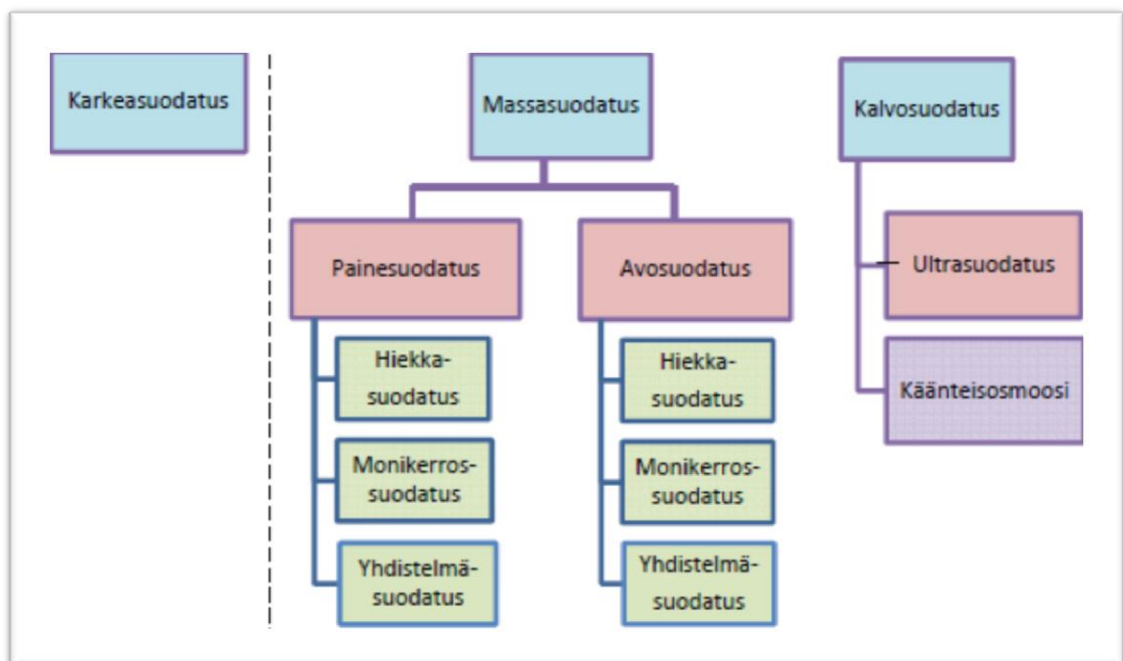
- Saostus
 - ”Saostus yhdistettynä suodatukseen on yleisimmin käytetty perusmenetelmä, jolla voidaan poistaa tehokkaasti epäpuhtauksia allasvedestä” (Soveltamisohje 2017/2, 42).

LVI-ohjekortin (22–10386/2005, 6) mukaan kolloidisen (hienojakoiset hiukkaset) orgaanisen aineen poisto tehokkaasti onnistuu vain saostuskemikaalin käytöllä. Aktiivisena aineena saostuksessa on yleensä alumiini. Se neutraloi kolloidien sähkövaraukset, jolloin ne yhdessä syntyvän hydroksidisakan kanssa muodostavat suurempia hiukkasia ”flokkeja”. Syntyvä saostuma voidaan poistaa suodatuksella.

Saostusaine syötetään veteen ennen suodatusta. Saostuksen toimintaa ja suorittamista on ohjeistettu mm. Soveltamisohjeessa 2017/2 sekä LVI-ohjekortissa 22–10386/2005.

- Suodatus
 - Suodatus on aina vedenkäsittelyjärjestelmän tärkein perusosa, sen avulla lika-aineita kerätään suodattimiin, josta ne poistetaan viemäriin huuhtelun avulla. Suodatusjärjestelmiä on useita erilaisia. Järjestelmä valitaan aina kohteen ja käyttötarkoituksen mukaan. (Soveltamisohje 2017/2, 42).

Karkeasuodattimen jälkeen olevat suodattimet jaotellaan yleensä kolmeen ryhmään: avosuodattimiin, painesuodattimiin ja kalvosuodatukseen. Kuvassa 2 Muhonen (2012,7) on esittänyt uima-allasvesien vedenkäsittelyssä käytettyjen suodattimien jaottelun.



KUVA 2. Uima-allasvesien vedenkäsittelyssä käytettyjen suodattimien jaottelu (Muhonen 2012,7).

- Lämmitys tai jäädytys
 - LVI-ohjekortin (22–10386/2005, 6) mukaan allasveden jäähtyminen johtuu pääosin veden haihtumisesta allastilaan.

Uima-allasvesi lämmitetään vedenkäsittelytiloissa kiinteistön allaslämmitysverkostoon kytketyllä levylämmönvaihtimella. Kylmältäan vesi jäädytetään yleensä kylmäkoneella.

”Jos korvausvetenä käytetty talousvesi on riittävän kylmää, niin sitä voidaan kierrättää kylmäaltaan kautta ja siirtää muihin järjestelmiin korvausvetenä” (LVI-ohjekortti 22-10386/2005).

- UV-käsittely
 - UV-käsittely on ns. fotokemiallinen menetelmä. LVI-ohjekortti (22-10386/2005, 9) jaottelee fotokemiallisen menetelmän kolmeen alueeseen seuraavasti;
 - Fotonit rikkovat suoraan eräitä kemiallisia sidoksia saaden aineen hajoamisprosessin alkuun.
 - Toisaalta ne hajottavat hypokloriitti-ionin klooriradikaaleiksi, jotka ovat erittäin reaktiivisia. Mekanismissa UV-valo toimii ”katalyyttinä” kloorin reaktioiden suhteen.
 - Ne vaurioittavat mikrobien DNA:ta estäen niiden lisääntymisen (sillä on hyvä desinfiointikyky).

Laite sijoitetaan kuvan 1 mukaisesti altaalle menevään putkistoon suodatuksen jälkeen joko koko- tai osavirtaamalla.

- Kemikaalien syöttö (Desinfiointi ja pH-arvon säätö)
 - Soveltamisopas (2017/2, 42) sanoo desinfioinnista ja pH-arvon säädöstä seuraavasti;

Kloorikemikaalina käytetään nestemäistä natriumhypokloriittiliuosta tai allasveteen liuotettua kalsiumhypokloriittia. Kloorikemikaalit annostellaan aina allaskohtaisesti kloorisäätimien mittaustulosten ohjaamina, siten että vapaan kloorin pitoisuudet altaissa ovat asetuksen mukaiset. Allasveden vapaan kloorin määrä riippuu allasveden pH-arvosta ja lämpötilasta.

pH:n säätökemikaalit annostellaan allas- tai vedenkäsittelyryhmäkohtaisesti pH-säätimien mittaustulosten ohjaamin. pH-arvon säätöön käytetään yleensä rikkihappoa.

2.1.1 Uimaveden laatu

Uimahallien ja kylpylöiden vedenlaadun valvontaa ohjaa Sosiaali- ja terveysministeriön asetus STM asetus (315/2002) uimahallien ja kylpylöiden allasvesien laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. Asetuksen mukaan vedenlaatua valvoo kunnan terveysviranomainen.

Ennen 2002 tullutta asetusta uima-allasvesien laatuvaatimustenä käytettiin Lääkintähallituksen ohjekirjettä 3/1988. (Opetusministeriön liikuntapaikkajulkaisu nro 67. Uimahallien veden laatu ja käsittely. 2002, 6).

Taulukossa 1 ovat allasveden mikrobiologiset ja fysikaaliskemialliset laatuvaatimukset (STM asetus 315/2002).

TAULUKKO 1. Veden laatuvaatimukset

	Allasveden laatuvaatimukset	Yksikkö
Mikrobiologiset muuttujat ¹⁾		
Heterotrofinen pesäkeluku 22 ± 2 °C	< 100	pmy/ml
Heterotrofinen pesäkeluku 36 ± 2 °C	< 100	pmy/ml
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ei osoitettavissa	/100 ml
Fysikaalis-kemialliset muuttujat		
Sameus	≤ 0,4	FTU
pH-arvo ²⁾	6,5-7,6	
Sidottu kloori	≤ 0,4	mg/l
Vapaa kloori ³⁾		
Kun pH ≤ 7,3	≥ 0,3	mg/l
Kun pH > 7,3	≥ 0,4	mg/l
Lämminvesialtaat ⁴⁾	≥ 0,6	mg/l
Kaikki altaat ⁵⁾	≤ 1,2	mg/l
Nitraatti	≤ 50	mg/l
KMnO ₄ -luku	≤ 10	mg/l
Urea	≤ 0,8	mg/l
Trihalometaanit (THM) kloroformina ⁶⁾	≤ 50	µg/l

2.1.2 Laitoksen säännöllinen käyttötarkkailu ja omavalvonta

Allasveden laadunvalvonnan pääpaino on laitoksen omassa käyttötarkkailussa, jonka varmistuksena toimii viranomaisvalvonta. Riittävän kattava allasveden käyttötarkkailu on olennainen osa laitoksen laatuvaatimusten täyttämistä (Soveltamisopas 2/2017, 38).

Käytännössä se tarkoittaa lähes kaikkien vedenkäsittelyyn liittyvien toimenpiteiden kirjaamista käyttö- tai käyttötarkkailupäiväkirjaan.

2.2 Altaiden ja allasvesijärjestelmien allas- ja käsittelykuormitukset

2.2.1 Allaskuormitus

Allaskuormituksella tarkoitetaan altaassa tai altaissa käyvien uimareiden määrää, jaettuna altaan tai samassa vedenkäsittelyryhmässä olevien altaiden koko vesitilavuudella (kaava 1).

Kaava 1. LVI-ohjekortti (22–10386/2005, 5).

Allaskuormitus (K_u) on M/V (1)

Jossa M on kuormitetuimman kuukauden keskimääräinen kävijämäärä päivässä [hlö/d] ja V on käsittelykierron kokonaisvesimäärä [m^3].

(Opetusministeriön liikuntapaikkajulkaisussa nro 67. 2002, 18). allaskuormitus on nimellä uintikuormitus, mutta kaava ja laskenta on sama kuin. (LVI-ohjekortissa 22–10386/2005).

Allaskuormituksen taso arvioidaan seuraavasti (LVI-kortti 22–10386. 2005, 5):

- pieni $K_u \leq 0,2$
- kohtuullinen $K_u \leq 0,5$
- tavanomainen $K_u \leq 1$
- suuri $K_u > 1$

2.2.2 Käsittelykuormitus

Käsittelykuormituksella tai kylpijäkuormituksella arvioidaan veden kierrätysmäärää vuorokaudessa tai altaan aukioloaikana, suhteessa altaassa tai altaissa käyvien uimareiden määrään. (kaava 2).

Kaava 2. (Opetusministeriön liikuntapaikkajulkaisu nro. 67. 2002,19).

Käsittelykuormitus (K_k) on M/Q (2)

Jossa M on kuormitetuimman kuukauden keskimääräinen kävijämäärä päivässä [hlö/d] ja Q on kiertoveden virtaama [m^3/d].

”Monessa julkaisussa on esitetty, että kylpijäkuormituksen K_k pitäisi olla otsonointihalleissa $<0,6$ hlö/ m^3 sekä saostuksen ja suodatuksen käsittävissä halleissa $<0,5$ hlö/ m^3 ” (Opetusministeriön liikuntapaikkajulkaisu nro 67. 2002, 18).

2.2.3 Asiakkaiden laskennallinen uintimäärä altaissa

Altaissa käyvien uimareiden laskennallinen määrää on ohjeistettu mm. sovellusoppaan (2/2017) liitteessä 12 esitettyyn laskentaan:

Uimareiden hetkellinen määrä lasketaan kaikista altaista esim. tunnin välein, uimahallin aukioloaikana tai viikon ajalta. Altaan prosentuaalinen kävijäosuus saadaan laskemalla ko. altaan hetkittäiset uintimäärät yhteen viikon ajalta ja jakamalla se kaikkien altaiden uintimäärien summalla.

Laskennalla selvitetään asiakkaiden jakauma eri altaisiin, jota verrataan ko. vuoden vilkkaimman kuukauden kävijämäärään, joka saadaan esim. kassajärjestelmästä. Näistä tiedoista saadaan selvitettyä prosentuaalinen uimareiden jakauma altaissa sekä laskettua kaavojen 1 ja 2 mukaiset allasvesi- ja käsittelyrasitukset altaissa ja allasvesijärjestelmissä.

2.3 Vedenhäviöt järjestelmistä

Vettä häviää järjestelmistä haihtumalla, suodattimien huuhteluissa sekä jonkin verran uimareiden mukana. Lisäksi vedenkäsittelyjärjestelmissä voi olla laitteita jotka käyttävät talous- tai allasvettä.

2.3.1 Haihtuminen

Haihtumisen selvittämiseksi on käytetty LVI-ohjekorttia 06-10451/2009. (Uimahallien ja virkistysuimaloiden LVIA-suunnittelun ohjetta laskea vedenhaihdunta altaista ja allaslastiloista). Vaikka LVI-ohjekortissa on laskennan perusteena allashallien ilmanvaihdon mitoitus, soveltuu se sellaisenaan myös veden haihtumisen arviointiin altaista.

Märiltä pinnoilta ilmaan haihtuvan veden massavirta lasketaan kokemusperäisten kaavojen perusteella. Eri laskentakaavat antavat toisistaan poikkeavia lopputuloksia. Tähän ovat syynä kaavoissa käytettävät kokemusperäisesti määritellyt kertoimet. Haihtuvan vesimäärän laskentatapa perustuu saksalaiseen standardiin VDI 2089 / Blatt 1 / Entwurf. September 2008. (LVI-ohjekortti 06-10451/2009, 4)

Kaava 3 on em. standardin mukainen laskentatapa.

$$q_{vm} = A \cdot \frac{B_p}{R \cdot T} \cdot P_v - P_i \quad (3)$$

Jossa	$q_{vm} =$	haihtuvan veden massavirta [kg/h]
	$A =$	altaan vesipinta-ala [m ²].
		Vesiliukumäen haihtumista laskettaessa, $A =$ vesivirran keskileveys \cdot liukumäen pituus [m ²]
	$B_p =$	kokemusperäinen haihtumiskerroin [m/h]
	$R =$	vesihöyryn kaasuvakio = 461,52 [J/kg K]
	$T =$	ilman ja veden lämpötilojen keskiarvo [K]
	$P_v =$	kylläisen ilman vesihöyryn osapaine allasveden lämpötilassa [Pa]
	$P_i =$	allastilan vesihöyryn osapaine [Pa]

Kaava 4 perustuu VDI 2089 kaavan lähtötietoihin. Kaava 4 on yksinkertaistettu versio kaavasta 3.

$$q_{vm} = A \cdot B_x \cdot (X_v - X_i) \quad (4)$$

Jossa	$q_{vm} =$	haihtuvan veden massavirta [kg/h]
	$A =$	altaan vesipinta-ala [m ²]
	$B_x =$	kokemusperäinen haihtumiskerroin [m/h]

$$X_v = \text{kylläisen ilman vesisisältö allasveden lämpötilassa} \\ [\text{kg/kg}_{\text{kuivaa ilmaa}}]$$

$$X_i = \text{ilman vesisisältö (=allastilan ilman keskimääräinen vesisisältö),} \\ [\text{kg/kg}_{\text{kuivaa ilmaa}}]$$

”Laskentakaavojen kertoimiin on sisällytetty itse altaasta aiheutuvan haihtumisen lisäksi haihtuminen altaan loiskekouruista, allastilan märiltä oleskelutasoilta, uimarien märältä iholta ja uima-asuista sekä kosteudentuotto uimarien hengitysilmosta” (LVI-ohjekortti 06-10451/2009, 4).

Haihtumiskertoimet ovat taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Haihtumiskertoimet

Haihtumiskertoimet b_p ja b_x	Kaava 1	Kaava 2
Allastyyppi	b_p [m/h]	b_x [kg/m ₂ s]
peitetty	0,7	0,00022
ei käyttäjiä	7	0,0022
yksityisallas	21	0,0066
syvyys yli 1,35 m	28	0,0087
syvyys alle 1,35 m	40	0,0125
aaltoallas aaltokäytöllä	50	0,0156
vesiliukumäki ja vesiliukumäen alastuloallas	50	0,0156

2.4 Suodattimien huuhtelut

Suodattimien tehtävänä on suodattaa uimavedestä niihin jäänyt lika-aines ja suodattimien huuhteluissa pyritään poistamaan niihin jäänyt lika-aines. Suodattimet huuhdellaan vastavirtahuuhteluina, jolloin veden virtaussuunta on vastakkainen normaalitilanteeseen nähden. Huuhteluvetenä käytetään yleensä uima-allasvettä, jolloin huuhteluun käytetty vesi poistuu järjestelmästä ja tilalle otetaan korvausvettä.

Sovellusopas (2/2017) suosittelee huuhteluväliksi korkeintaan yhtä ja maksimissaan kolmea viikkoa. Huuhteluväli on kuitenkin aina laitokohtainen ja siihen vaikuttaa laitoksen mitoitus sekä kävijämäärät. Lisäksi käytössä voi olla ilmahuuhtelu. Ilmahuuhtelu suoritetaan ennen vesihuuhtelua.

”Ilmahuuhtelun tarkoitus on irrottaa suodatinrakeiden pinnalta rasva ja muu sinne tarttunut lika, jotta se voidaan huuhdella vedellä pois. Liian vähäinen ilmahuuhtelu aiheuttaa rakeiden pinnalle jäävän lian vähittäisen kertymisen kuukausien tai vuosien aikana aiheuttaen puhdistustuloksen heikkenemisen” (LVI-kortti 22-10386. Uima-allasvesien käsittely. 2005, 7).

2.5 Uimareiden mukana altaasta lattiakaivoihin poistuva vesi

Altaasta uimareiden mukana häviävää vesimäärää lattiakaivoihin on arvioitu Opetusministeriön liikuntapaikkajulkaisussa 67 (Uimahallien veden laatu ja käsittely. 2002, 18). Uimareiden mukana altaasta poistuvan veden määräksi on arvioitu 3 litraa/uimari. Määrä sisältää myös loiskekourujen ohi menevän veden.

2.6 RO-laite

Uima-allasvesien suodatusjaottelun mukaan (kohta 2.1) RO-laite luetaan kalvosuodatuksi. RO-laitteen (reverse osmosis, käänteisosmoosi) käyttämä vesi jakaantuu käsittelyssä kahteen osaan, jotka ovat käsitelty vesi (permeaatti) ja jäljelle jäänyt epäpuhtauksia sisältävä vesi (konsentraatti), joka ei läpäise kalvoa. Konsentraatti eli likainen vesi ohjataan yleensä viemäriin ja lasketaan allasveden häviöihin.

2.7 Korvausvesi

Vedenhäviöt vedenkäsittelyjärjestelmistä korvataan ns. korvausvedellä. Korvausvetenä käytetään yleensä talousvettä (vesijohtovesi). Vedenkäsittelyjärjestelmissä tasausallas toimii vedenmäärän tasapainottelijana. Tasausaltaan pinnakorkeuden mittauksen mukaan järjestelmiin johdetaan tarvittaessa lisää vettä.

Korvausveden pääasiallinen tarkoitus on siis korvata järjestelmistä poistunut vesi. Veden riittävällä uusimisella pidetään uimaveteen kerääntyvät haitalliset aineet, jotka eivät poistu käsittelyssä, riittävän alhaisella tasolla

Soveltamisohje (2/2017, 44) suosittelee veden vaihdoksi esimerkiksi 30 l/hlö/d: Vettä tulee johtaa altaaseen sen verran, että veden laatu pysyy hyvänä.

Korvausvedeksi voidaan laskea myös erillisten vedenkäsittelylaitteiden järjestelmiin tuottama vesi. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi otsonaattorin jäähdytysvesi ja kylmälaitteen vesilauhdutteen kylmäkoneen tuottama vesi.

3 VESILIIKUNTAKESKUS AALTOALVARI

Selvityksen kohteena on arkkitehti Alvar Aallon suunnittelema vesiliikuntakeskus AaltoAlvari, entinen Jyväskylän uimahalli (kuva 3). Uimahallirakennuksen ensimmäinen osa valmistui 1955.

AaltoAlvari sijaitsee Jyväskylän keskustan välittömässä läheisyydessä, yliopistokampuksen ja Hippoksen liikuntakeskuksen välissä.



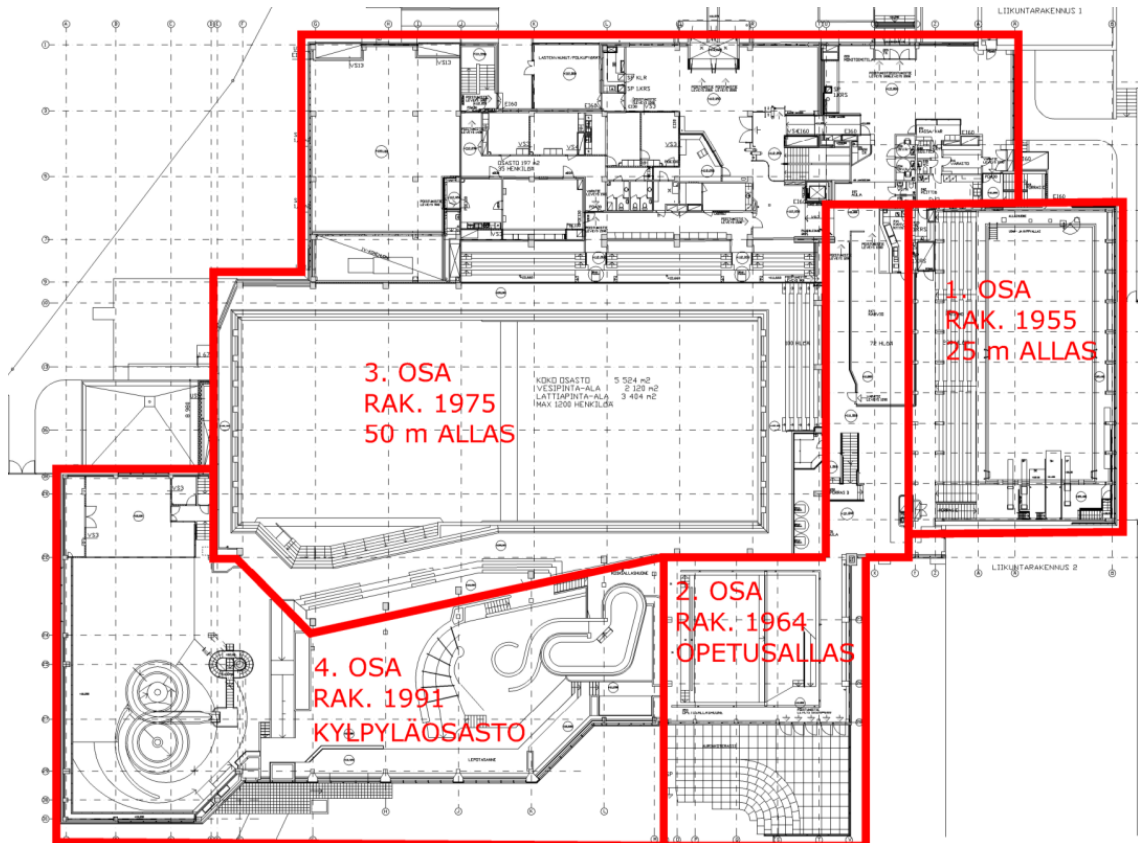
KUVA 3. AaltoAlvari. Kuva (Commons.Wikimedia.org. 2018).

Kuvasta 4 nähdään uimahalliin tehdyt laajennukset ja niiden ajankohta. 1955 valmistui 25-metrin allas, lasten allas 1964, 50-metrin allas 1975 ja kylpyläosa 1991 (Kontinaho & Weijo. Ramboll 2017, 5).

Ensimmäinen peruskorjaus on tehty vuonna 1998, jolloin korjattiin 25-metrin allasosasto ja miesten pesu- ja pukutilat. Viimeisin peruskorjaus valmistui vuonna 2013, 1975 rakennettuun osaan.

Tällä hetkellä vuonna 1991 valmistuneeseen kylpyläosaan tehdään tarveselvitystä, jossa tämän opinnäytetyön tekijä on mukana kiinteistön käyttäjän ominaisuudessa.

Alustavan aikataulun mukaan tarveselvityksen pitäisi valmistua 2018 kevään aikana ja hankesuunnittelu 2018 loppuun mennessä. Suunnittelu ajoittuisi vuoteen 2019 ja rakentaminen vuosille 2021–2022.



KUVA 4. AaltoAlvarin allastason pohjapiirustus ja laajennukset (Kuva: Kontinaho & Weijo. Ramboll 2017, 5)

Kiinteistöä hallinnoi Jyväskylän kaupungin Tilapalvelu ja vuokralaisena toimii Jyväskylän kaupungin Liikuntapalvelut.

Tilapalvelu on kaupungin omistama liikelaitos ja vastaa hallinnassaan olevien julkisten kiinteistöjen ja huoneistojen arvosta, tuottavuudesta ja tehokkaasta käytöstä (Jyväskylän Tilapalvelu 2018).

Jyväskylän kaupungin liikuntapalvelut edistää Jyväskylän asukkaiden hyvinvointia tuottamalla liikuntapalveluja (Jyväskylän kaupunki 2018).

3.1 Yleistietoa AaltoAlvarista

Vesiliikuntakeskus on rakennettu neljään kerrokseen, kellari, pesuhuone- / välitaso, allastaso, sisääntulo ja katsomon ylätaso.

2011 tehdyn rakennuslupahakemuksen (2011—116) mukaan rakennuksen laajuustiedot ovat

- Kerrosala 9455 m²
- Kokonaisala 14707 m²
- Tilavuus 100250 m³

Altaiden vesipinta-ala on yhteensä 2124 m², taulukko 3 (Tuomisto, R & Iso-Aho, J. 2018, 19).

TAULUKKO 3. Altaiden vesipinta-alat (Tuomisto, R & Iso-Aho, J. 2018, 19).

VESIPINTA-ALA KOKO RAKENNUS, NYKYTILANNE		
Allastasokerros	aaltoallas	404,28
Allastasokerros	koskiallas	132,45
Allastasokerros	luola-allas	54,57
Allastasokerros	25 metrin allas	257,49
Allastasokerros	50-metrin allas	1 044,66
Allastasokerros	kylmäallas miehet	17,57
Allastasokerros	kylmäallas naiset	16,04
Sisääntulokerros	lastenallas	149,14
Sisääntulokerros	poreallas	47,96
-----		2 124,16

Verrattaessa taulukon 3 yhteenlaskettua pinta-alaa uimahalli- ja kylpyläteknisen yhdistyksen ry:n pitämään uimahallirekisteriin (UKTY. Suomen uimahallit ja kylpylät. uimahallirekisteri), AaltoAlvari on vesipinta-alaltaan Suomen viidenneksi suurin uimahalli. Em. rekisterin mukaan suurin on Mäkelänrinteen uintikeskus Helsingissä (3520 m²). Rekisterissä on siis ainakin AaltoAlvarin osalta vanhentuneita tietoja, myös vesipinta-alan osalta (1944 m²).

Kiinteistö on liitetty Jyväskylän Energia Oy:n sähkö-, -vesi- ja kaukolämpöverkkoon. Jyväskylän Energia Oy on Jyväskylän kaupungin omistama liikelaitos.

Taulukossa 4 esitetään kiinteistön veden, sähkö- ja lämmitysenergiankulutukset sekä kävijämäärät kolmelta edelliseltä vuodelta.

TAULUKKO 4. AaltoAlvarin veden, sähkö- ja lämmitysenergian kulutukset 2015–2017.

	Vesi m ³ /a	Sähkö MWh/a	Lämmitys MWh/a	Kävijämäärä asiakasta/a
2015	45 579	2 562,6	5 629,2	358 293
2016	42 919	2 591,8	5 729,7	365 880
2017	45 359	2 546,0	6 037,4	383 623

Tiedot veden ja energioiden käyttömääristä on haettu Enegia Oy:n Enerkey palvelusta.

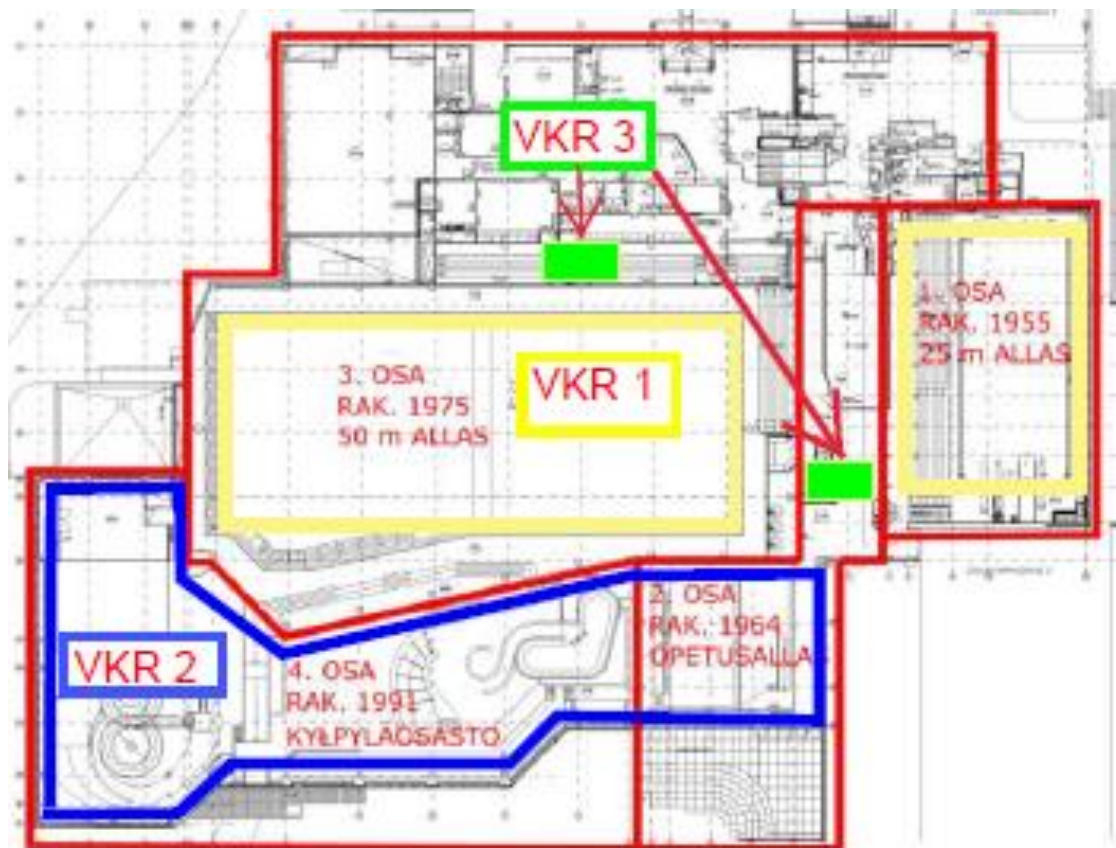
Taulukkoon 5 on kerätty tiedot kävijämääristä kolmelta edelliseltä vuodelta kuukausittain. Lisäksi on kävijämäärät kuluvan vuoden neljältä ensimmäiseltä kuukaudelta.

TAULUKKO 5. Kävijämäärät

AaltoAlvarin kävijämäärät				
	2015	2016	2017	2018
Tammikuu	39 431	39 634	44026	44841
Helmikuu	39 990	41 801	39563	40300
Maaliskuu	44 911	40 259	45617	42310
Huhtikuu	35 684	37 709	36172	40640
Toukokuu	23 823	25 547	28085	
Kesäkuu	14 766	17 067	17761	
Heinäkuu	0	111	60	
Elokuu	10 475	14 321	15160	
Syyskuu	33 669	35 805	39561	
Lokakuu	43 239	42 411	43702	
Marraskuu	41 105	41 656	43458	
Joulukuu	31 200	29 559	30458	
Yhteensä	358 293	365 880	383623	

3.2 Kohteen uima-altaat ja vedenkäsittelyjärjestelmät

AaltoAlvarissa on 8 uima-allasta, jotka on yhdistetty kolmeen eri vedenkäsittelyryhmään (VKR) altaiden vedenlämpötilan mukaan seuraavasti. Kuvassa 5 on esitetty vedenkäsittelyryhmien (VKR) sijoittuminen kiinteistöön.



KUVA 5: Vedenkäsittelyryhmiin (VKR) kuuluvien altaiden sijoittuminen kiinteistöön.
(Kuva: Kontinaho & Weijo. Ramboll 2017, 5, muokattu)

- VKR 1. Uintialtaat: 50m ja 25m (27 °C)
- VKR 2. Kylpylä: aalto-, koski-, pore- ja opetusallas (30 °C)
- VKR 3. Kylmäaltaat: naisten- ja miesten kylmäallas (10 °C)

Vedenkäsittelyjärjestelmien yhteinen vesitilavuus on noin 3600 m³ ja yhteen laskettu pinta-ala 2124 m².

Allasvesienlämmitys hoidetaan allaskohtaisilla lämmönvaihtimilla, jotka sijaitsevat lämmönjakuhuoneessa.

3.2.1 VKR 1. Uintialtaat: 50m ja 25m

Altaiden vedenkäsittely on uusittu v. 2012. Vedenkäsittelyprosessissa on viisi avohiekkasuodatinta. Yhden suodatusaltaan pinta-ala on 12 m².

Prosessissa on seuraavat vaiheet:

- karkeasuodatus
- tasausaltaat
- saostus
- avohiekkasuodatus
- kierrätyspumppaus
- lämmitys
- pH:n säätö, rikkihappo
- jälkidesinfiointi kloorilla (natriumhypokloriitti)
- UV-valo kummallekin altaalle erikseen

3.2.2 VKR 2. Kylpylä

Kylpylä on rakennettu v. 1991. Vedenkäsittelylaitteistoa on uusittu ja kunnostettu tarpeen mukaan.

Vedenkäsittelyprosessissa on kolme monikerrossuodatinta, otsonointi ja käänteisosmoosilaite. Otsonointilaitteistoon kuuluu otsonigeneraattori, reaktiosäiliö ja neljä hiilisuodatinta.

Opetusaltaan vedenkäsittelyä on uusittu v. 2006, ja yhdistetty kylpylän vedenkäsittelyryhmään. Vauvauinnin aikana altaassa on suljettu kierto, oma suodatus ja lämmönvaihdin. Vesi lämmitetään vauvauinnissa 33 °C:een.

RO-laite eli käänteisosmoosi on lisätty järjestelmään vuonna 2008. Laite on hankittu poistamaan nitraatteja vedestä.

Prosessi perustuu jatkuvaan kierrätykseen, jossa on seuraavat vaiheet:

- karkeasuodatus
- tasausallas
- kiertopumppu
- monikerrossuodatus 3 kpl
- otsonointi
- saostus
- aktiivihiilisuodatus 4 kpl
- käänteisosmoosilaite
- lämmitys
- pH:n säätö, rikkihappo
- jälkidesinfiointi kloorilla (natriumhypokloriitti)

3.2.3 VKR 3. Kylmäaltaat

Miesten kylmäallas on uusittu 2017, samalla järjestelmän tasausallas on tehty suuremaksi ja vedenkäsittelytekniikkaa on uusittu.

Vedenkäsittelyprosessissa on yksi monikerrossuodatin.

Prosessi perustuu jatkuvaan kierrätykseen, jossa on seuraavat vaiheet:

- karkeasuodatus
- kierrätyspumppaus
- saostus
- monikerrossuodatus
- jäähdytys
- PH-säätö
- jälkidesinfiointi kloorilla (natriumhypokloriitti)

Lisäksi kaikkiin altaisiin ja vedenkäsittelyjärjestelmiin lisätään tarvittaessa levän poistoainetta ja entsyymiä kemikaalipumppuilla tai tarvittaessa käsin. Levän poistoainetta tarvitaan keväällä ja kesällä altaissa, joihin aurinko pääsee paistamaan. Entsyymi vähentää altaiden vesirajaan muodostuvaa likaa.

4 TUTKIMUS

4.1 Allas- ja käsittelykuormitusten tulokset

AaltoAlvarissa käyttöastetta seurataan kerran vuodessa. Uinninvalvojat laskevat uimarit altaista tunnin välein, viikon ajalta. Viikko valitaan marraskuun ja maaliskuun väliltä, kun altaiden käyttö on normaalia, yleensä se on helmi- tai maaliskuu.

Laskennan yhteenveto- ja kuormitustietojen laskenta on tehty Excel ohjelmalla. Taulukoissa oleelliset tulokset esitetään oranssilla pohjalla.

Kylmääaltaiden osalta laskentaa on jouduttu osittain soveltamaan, koska miesten kylmäallas on ollut poissa käytöstä syksystä 2016 elokuuhun 2017. Syynä oli altaan rakenteiden uusiminen. Järjestelmän tasausallasta suurennettiin kesällä 2017, jolloin järjestelmän kokonaisvesitilavuus kasvoi. Samalla vedenkäsittelytekniikkaa on uusittu. Laskennan lähtötiedoissa on siis syksyn 2017 tilanne. Miesten kylmäallas on mukana virtuaalisena alkuvuoden osalta.

Mainittakoon uimareiden laskennasta vielä kylmääaltaiden osalta, että nyt 2018 maaliskuussa tehdyssä laskennassa on saatu ensimmäistä kertaa suhteellisen luotettavia tuloksia, johtuen parantuneesta kameravalvonnasta ja uinninvalvojien kiitettävästä aktiivisuudesta. Aikaisemmat tulokset ovat olleet enemmän arvioita.

Molemmat kylmääaltaat sijaitsevat pesutiloissa, joten niitä valvotaan käytännössä ainoastaan kameroiden avulla.

4.1.1 Uintikertojen laskennan yhteenveto

Yhteenvetotaulukossa 6 on summattu päivittäinen, tunnin välein tehty uimareiden laskenta päivittäiseksi, jaoteltuna jokaiselle altaalle ja allasvesiryhmälle. Allas- ja allasryhmä kohtainen prosentuaalinen jakauman tulos on ko. altaan tai allasryhmän uintikerat jaettuna koko viikon kaikkien altaiden uintikerroilla.

TAULUKKO 6. Uimareiden laskennan yhteenveto

Yhteenveto / prosentuaalinen jakauma 2017 Alvari										
Altaat								Yht.	Jakauma altaille %	
	ma	ti	ke	to	pe	la	su		Allas	VKR
50	562	525	464	601	512	205	333	3202	33 %	43,7 %
25	184	222	176	159	144	53	110	1048	11 %	
Aalto	203	198	158	199	312	325	330	1725	18 %	41,0 %
Opetus	147	174	182	149	193	194	219	1258	13 %	
Pore	56	62	26	48	82	55	58	387	4 %	
Koski	99	60	76	64	67	127	124	617	6 %	
Kylmä N.	126	113	89	77	170	54	125	754	8 %	15,3 %
Kylmä M.	84	138	81	94	163	82	95	737	8 %	
Yht.	1461	1492	1252	1391	1643	1095	1394	9728	100 %	100 %

Yhteenvetotaulukosta 6 saatavia tuloksia käytetään allas- ja käsittelyrasituksien ja uimareiden mukana altaasta poistuvan vedenmäärän laskentaan, sekä vedenkäytön arviointiin/uimari.

Taulukko 7 on vertailutaulukko, jossa vertaillaan vuoden 2016 ja 2017 prosentuaalisen jakauman eroja.

TAULUKKO 7. Vertailutaulukko

Altaat	2016		2017	
	Jakauma altaille %		Jakauma altaille %	
	Allas	Järjestelmä	Allas	VKR
50	40 %	50,1 %	33 %	43,7 %
25	11 %		11 %	
Aalto	23 %	47,3 %	18 %	41,0 %
Opetus	14 %		13 %	
Pore	4 %		4 %	
Koski	7 %		6 %	
Kylmä N.	3 %	2,6 %	8 %	15,3 %
Kylmä M.	0 %		8 %	
Yht.	100 %	100 %	100 %	100 %

Miesten kylmäallas on ollut poissa käytöstä vuonna 2016 altaan rakenteiden korjauksen vuoksi. Siitä syystä sarakkeessa on 0%.

Aikaisempien vuosien tapaan uimarit ovat jakautuneet melko tasaisesti miesten- ja naisten kylmäaltaisiin, kuten vuonna 2017. Huomattavaa kuitenkin on kylmäaltaiden uinti-

kertojen huomattava kasvu. Tämä johtuu edellisten vuosien allaslaskennan epävarmuudesta.

Jos arvioidaan että, vuonna 2016 jakauma olisi miesten ja naisten kylmäaltailla noudattanut samaa suhdetta aikaisempien vuosien tapaan, niin vuoden 2016 kylmäallasjärjestelmän yhteinen prosentuaalinen uintikäyntimäärä olisi ollut noin 5%.

Kylmäallasjärjestelmän osalta nousua on siis noin 10 prosenttiyksikköä, mikä on huomattava, etenkin suhteutettuna järjestelmän vesimäärään.

Kylmäaltaiden uinti määrien huomattava nousu luonnollisesti vähentää muiden järjestelmien osuutta kokonaismäärästä. Muissa järjestelmissä eli uintialtaissa (50m/25m) ja kylpylässä lasku on molemmissa noin 6 prosenttiyksikköä.

Muilta osin tulokset noudattavat aiempia vuosia. Uintialtaiden- ja kylpylän vedenkäsittelyryhmien suhde on muuttunut 0,1%. Altaiden välillä eroavuuksia on vuosien välillä enemmän. Eniten on vähentynyt 50 metrin uintiallas 7% ja aaltoallas 5%. Suurin syy muutoksiin näissä altaissa saattaa selittyä erilaisten ryhmien käynneillä.

Aaltoaltaassa iso käyttäjäryhmä on vesijumppaajat ja uintialtaissa kilpauimarit ja peruskouluryhmät ja muut opiskelijat. Näiden ryhmien läsnä- tai poissaolo selittää ainakin osan allaskohtaisista eroista vuosien välillä.

4.1.2 Allaskuormitus

Taulukossa 8 on esitetty kohteen allaskuormitukset. Keskimääräinen kävijämäärä on kuormitetuimman kuukauden (maalikuu 2017) kävijämäärä jaettuna saman kuukauden päivien määrällä.

Allaskuormituksen tulokset on laskettu kaavalla 1. Laskemiseen tarvittavia tietoja on haettu taulukoista 3, 5 ja 6.

TAULUKKO 8. Allaskuormitus

Allaskuormitus Alvari 2017 ($K_u = M/V$)						
	V		M		Ku	
	Allastilavuus		Kävijämäärä		Maaliskuu 2018	
	m ³	m ³	hlö/kk	hlö/vrk	31	
Altaat	Allas	VKR	45 617	1472	Allas	VKR
50	2100		484	643	0,23	0,23
25	675		159		0,23	
VKR 1			2775		0,23	
Aalto	430	770	261	603	0,61	0,78
Opetus	100		190		1,90	
Pore	50		59		1,17	
Koski	190		93		0,49	
VKR 2			0,78			
Kylmä N	30	60	114	226	3,80	3,76
Kylmä M	30		111		3,72	
VKR 3			3,76			

Kylmäaltaiden allaskuormitus on huolestuttavan korkea. Altaiden veden laadussa onkin ollut ongelmia urean ja sitoutuneen kloorin osalta. Kuormitus on niin suuri, että se vaatii esim. huuhteluiden lisäämistä eli veden vaihtoa ongelmien poistamiseksi.

Myös osassa kylpylän altaista (opetus- ja poreallas) suurta kuormitusta, mutta näissä altaissa tilannetta helpottaa yhteinen vedenkäsittely (VKR 2) kahden muun altaan kanssa. VKR 2 yhteinen kuormitus on alle 1 eli tavanomainen.

4.1.3 Käsittelykuormitus

Taulukossa 9 on esitetty kohteen käsittelykuormitukset. Keskimääräinen kävijämäärä on kuormitetuimman kuukauden (maaliskuu 2017) kävijämäärä jaettuna saman kuukauden päivien määrällä.

Käsittelykuormitukset on laskettu kaavalla 2. Laskemiseen tarvittavia tietoja on haettu taulukoista 5 ja 6. Altaiden tilavuudet on selvitetty kohteen vedenkäsittelymateriaaleista.

TAULUKKO 9. Käsittelykuormitus

Käsittelykuormitus Alvari 2017 ($K_k = M/Q$)							
Allas	Käsittelykierron aika			Kiertovirtaamat		Käsittelykuormitus	
	hlö/vrk		h: min	m ³ /h	m ³ /vrk	Allas	VKR
50	484	7,0	7:00	300	7200	0,07	0,07
25	159	6,8	6:45	100	2400	0,07	
Yht.	643				9600		
Aalto	261	3,2	3:11	135	3240	0,08	0,09
Opetus	190	2,0	2:20	49	1176	0,16	
Pore	59	1,4	1:25	35	525	0,11	
Koski	93	3,2	3:10	60	1440	0,06	
Yht.	603				6381		
Kylmä N	114	3,0	3:00	10	240	0,48	0,47
Kylmä M	111	3,0	3:00	10	240	0,46	
Yht.	226				480		

Altaiden ja järjestelmien käsittelyrasitukset ovat pieniä <0,5 hlö/ m³.

4.2 Haihtuminen

Tässä työssä haihdunnan laskemiseen on tehty Excel-laskentataulukko (Liite 1), johon on myös lisätty LVI-ohjekortin (06-10451/2009, 4) mukainen laskentakaava allashallin ilmapirran mitoitukseen mahdollista myöhempää käyttöä varten. Haihdunnan laskemisessa on käytetty molempia LVI-ohjekortin laskentakaavoja. Lopputulokset ovat näiden tulosten keskiarvo.

Taulukossa 10 on laskennassa käytetyt haihtumiskertoimet ja niitä vastaavat altaiden käyttötunnit.

Tasausaltaista ja avohiekkasuodattimista tapahtuvaa haihtumista ei ole otettu huomioon selvityksessä. AaltoAlvarissa vedenkäsittelytiloissa sijaitsevat tasausaltaat ja avohiekkasuodattimet ovat peitetty polykarbonaattilevyillä, valokatteella, pressuilla tai uretaanilevyillä. Haihdunnan määrä on marginaalinen verrattuna allastiloissa tapahtuvaan haihduntaan.

TAULUKKO 10. Haihtumiskertoimet ja käyttötunnit.

	Haihtumiskertoimet				Altaiden käyttötunnit			
	Kaava 1		Kaava 2		Ma-pe		La-su	
	B _p	B _{p2}	B _x	B _{x2}	h _K (B _p)	h _{EK} (B _{p2})	h _K (B _p)	h _{EK} (B _{p2})
50	28	7	0,00870	0,00220	15	9	10	14
25	28	7	0,00870	0,00220	15	9	10	14
Aalto	50	7	0,01560	0,00220	10	14	9	15
OpetusA	28	7	0,00870	0,00220	15	9	4	14
OpetusA ₂	28		0,00870				6	
Pore	40	7	0,01250	0,00220	14	10	9	15
Koski	50	45	0,01560	0,01405	9	15	9	15
Kylmä N	28	7	0,00870	0,00220	15	9	10	14
Kylmä M	28	7	0,00870	0,00220	15	9	10	14

Taulukossa oleva h_K on tuntikerroin, jolloin allas on käytössä ja h_{EK} on tuntikerroin, kun allas ei ole käytössä. Haihtumiskertoimien lyhenteet on kerrottu kaavojen 1 ja 2 yhteydessä.

Opetusaltaalla järjestetään lauantaisin vauvauinti (syyskuu - toukokuu), jossa veden lämpötila nostetaan kolmeksi tunniksi $+30\text{ C}^\circ$:a $+33\text{ C}^\circ$: n. Vauvauinnin aikana altaalla on oma kierto, koska muuten samalla lämpiäisi koko kylpylän vedenkäsittelyjärjestelmään kuuluvat altaat. Vauvauinnin loputtua opetusallas palautuu kylpylän kiertoon ja lämpimämpi vesi sekoittuu kaikille kylpylän altaille. Tämä on huomioitu laskemalla ko. altaalle kuudelle tunnille (la-su sarakkeeseen) oma haihdunta, eli 1 h 30 min. ennen ja jälkeen vauvauintia.

Laskennan lähtötietoina tarvitaan allashallin ilman ja veden lämpötila [C°] ja ilman suhteellinen kosteus [%] sekä altaan pinta-ala [m^2]. Lähtötietojen perusteella selvitettävät ilman vesisisältö ja vesihöyryn osapaineet on laskettu Vaisalan laskurilla (Humidity Calculator 5.0).

Kaavan 2 ilman vesisisällön laskentaan, ei Vaisalan laskuri suoraan anna tulosta oikeassa muodossa (kg/kg kuivaa ilmaa). Laskuri antaa ilman absoluuttisen kosteuden muodossa [g/m^3], joten tulos on jouduttu jakamaan kyseisen ilmaolosuhteen tiheydellä [g/m^3].

Kiinteistöautomaatiosta on saatavilla allashalleista ja ilmanvaihdon paluuilmaasta lämpötila sekä suhteellinen kosteuden arvo, mutta näillä kahdella mittauspisteellä saattaa olla

huomattava ero. Tämä johtuu allashallien osalta mittauspisteiden sijoittelusta ja ilmanvaihdon osalta allashallien painesuhteista. AaltoAlvarissa ei ole rakenteilla rajattu eri altaita eikä allasosastoja, pois lukien kylmääaltaat. Periaatteessa siis koko uimahalli on yhtä allasosastoa, joten eri ilmanvaihdon vaikutusalueilta, painesuhteista ja ilman virtauksista riippuen allashallien ilmat sekoittuvat jossain määrin.

Tästä syystä laskennassa on käytetty allashallien ilman olosuhteina mitattuja arvoja (Liite 2, mittauspöytäkirja), koska altaiden reunalta mitatut arvot kertovat paremmin olosuhteesta, jossa haihdunta tapahtuu. Mittaukset on tehty noin 1,2 metrin korkeudelta, altaan reunalta. Uintialtailla mittauksia tehtiin 6 kappaletta (altaiden kulmista ja yhdet pitkiltä sivuilta) ja muilta altailta 1-4 mittausta. Laskennassa käytetyt olosuhdetiedot ovat esitetty mittauspöytäkirjan lisäksi taulukossa 11 (laskennassa käytetyt olosuhteet ja yhteenveto tuloksista).

Mittauksiin käytettiin Trotec T200, lämpö- ja kosteusmittaria, jonka tekniset tiedot ja kuva on liitteessä 3.

Uima-altaiden veden lämpötila pysyy melko vakiona, lukuun ottamatta kylmääaltaita, joissa vaihteluväli on noin $\pm 1 \text{ C}^\circ$ ($+9,5 \text{ C}^\circ$ - $+11,5 \text{ C}^\circ$), keskiarvona käytetty $10,5 \text{ C}^\circ$. Järjestelmän kylmäkone lähtee käyntiin lämpötilassa $11,5 \text{ C}^\circ$ ja pysähtyy $9,5 \text{ C}^\circ$.

Uima-allasvesien lämpötilat ovat haettu kiinteistöautomaatiosta. Mittauspisteet sijaitsevat altailta vedenkäsittelyyn palaavissa putkissa.

Laskennassa käytetyt ilman ja veden olosuhteet on esitetty taulukossa 7, laskuesimerkin jälkeen.

Lasketaan esimerkkinä 25 m altaan haihdunta kaavalla 3.

$$q_{vm} = 257,5 \text{ m}^2 \cdot \frac{28 \text{ m/h}}{461,52 \text{ J/kg} \cdot \text{K} \cdot 301,0 \text{ K}} \cdot (3684 \text{ Pa} - 1758 \text{ Pa})$$

$$= 99,96 \text{ kg/h} \approx 100 \text{ kg/h}$$

Ja vastaava lasku kaavalla 4.

$$\begin{aligned}
 q_{vm} &= 257,5 \text{ m}^2 \cdot 0,0087 \text{ kg/m}^2\text{s} \cdot \left(0,0229 \text{ kg/kg} - 0,0109 \text{ kg/kg} \right) \\
 &= 0,0270 \text{ kg/s} = 97,3 \text{ kg/h}
 \end{aligned}$$

Tulokset ovat siis yhdeltä tunnilta altaan ollessa käytössä, haihduntakertoimilla 28 m/h (B_p) ja 0,0022 kg/m²s (B_x). Laskettaessa arkivuorokauden ajalta haihtumaa, sama lasku tulee toistaa ”ei käyttäjiä” haihduntakertoimilla 7 m/h (B_{p2}) ja 0,0022 kg/m²s (B_{x2}) ja kertoa saadut tulokset altaan ollessa käytössä (15 h) sekä ”ei käyttäjiä” tunneilla (9 h). Kaavalla 3 saadaan ”ei käyttäjiä” tulokseksi 24,99 kg/h \approx 25 kg/h, eli nyt voidaan laskea arkivuorokauden kokonaishaihtuma:

$$q_{vm/Avrk} = \left(99,96 \text{ kg/h} \cdot 15 \text{ h} \right) + \left(24,99 \text{ kg/h} \cdot 9 \text{ h} \right) = 1724 \text{ kg/Avrk}$$

Laskutoimenpiteet pitää toistaa viikonlopun (la-su) tunneilla ja kaavalla 4 sekä laskea näistä keskiarvo, niin saadaan viikon ja tarvittaessa kuukauden haihtuma selvitettyä. Taulukossa 11 on esitetty yhteenveto kaavoilla 3 ja 4 saaduista keskiarvotuloksista.

TAULUKKO 11. laskennassa käytetyt olosuhteet ja yhteenveto tuloksista.

LASKENNASSA KÄYTETYT OLOSUHTEET JA YHTEENVETO TULOKSISTA								
	[C°]		RH [%]	Pinta-A	Tulokset			
	Ilma	Vesi	Ilma	[m ²]	kg/d (ma-pe)	kg/d (La-su)	lisäl./vko	kg/viikko
50	27,9	27,3	40,2	1044,7	7622	5969		50046
25	28,2	27,5	45,8	257,5	1704	1334		11188
VKR 1				1302,2	9325	7303		61233
Aalto	28,3	30,0	45,3	404,3	4180	3880		28659
Aalto _{tot}					4380	4080	1400	30059
Opetus	30,4	30,1	38,8	149,1	1252	546		7350
Opetus ₂	30,4	33,0	38,8			282		563
Opetus _{tot}					1252	827		7913
Pore	29,8	30,1	46	48	420	316		2733
Koski	29,4	30,1	44,7	187,1	1800	1800		12602
Koski _{tot}					1868	1868	473	13075
VKR 2				788,5	7920	7091	1873	53780
Kylmä N	23	10,5	22,3	16	36	36		251
Kylmä M	23,5	10,5	26,8	17,6	30	30		212
VKR 3				33,6	66	66		464
YHTEENSÄ				2124	17311	14461	1873	115477

Taulukossa on esitetty keskimääräiset haihtumat arkipäiviltä ja viikonlopun päiviltä, eli tulokset ovat kahden eri haihduntakertoimen ja niitä vastaavien tuntien tulos, kaavojen 3 ja 4 keskiarvoina. Opetusaltaan kohdalla on vauvauinnin aiheuttama olosuhdemuutos, siis 6 tunnin ajalta veden lämpötilaa nostettu +3 C° (Opetus₂).

Viikkotulokset ovat arkipäivien ja viikonloppupäivien summa. Vedenkäsittelyryhmien (VKR) tulokset ovat kaikkien ko. allasvesiryhmään kuuluvien altaiden summa.

Aalto- ja koskialtaalle on lisätty yksittäisten laitteiden viikolta laskettu summa. Lisälaitteet ovat aaltoaltaan vesiputous ja koskialtaan liukumäen yöajalta laskettu haihtuma. Liukumäki alkaa porealtaasta ja päättyy koskialtaaseen. Porealtaan yöaikainen vedenkierto on järjestetty siis liukumäen kautta, aukioloaikaan myös altaan loiskekouruista. Virtaamaa vähennetään yöaikana reilusti, mutta allas siis toimii LVI-ohjekortin (06-10451/2009) ohjeen mukaan liukumäkenä ja vesiliukumäen alastuloaltaana, jolloin myös yöaikaisen haihduntakertoimen pitäisi olla 50 m/h (B_{p2}) ja kaavan 4 mukaan 0,0156 kg/m²s (B_{x2}). Nämä korkeimmat kertoimet nostaisivat ko. altaan laskennallisen haihdunnan kohtuuttoman suureksi, kun altaan pinta-alakin on melko iso. Tästä syystä liukumäelle on laskettu erikseen LVI-ohjekortin mukaan yöajalle yksittäisen laitteen

aiheuttama haihdunta ja altaan kiinnioloajan haihduntakertoimena on käytetty ”ei käyttäjiä” -kertoimia.

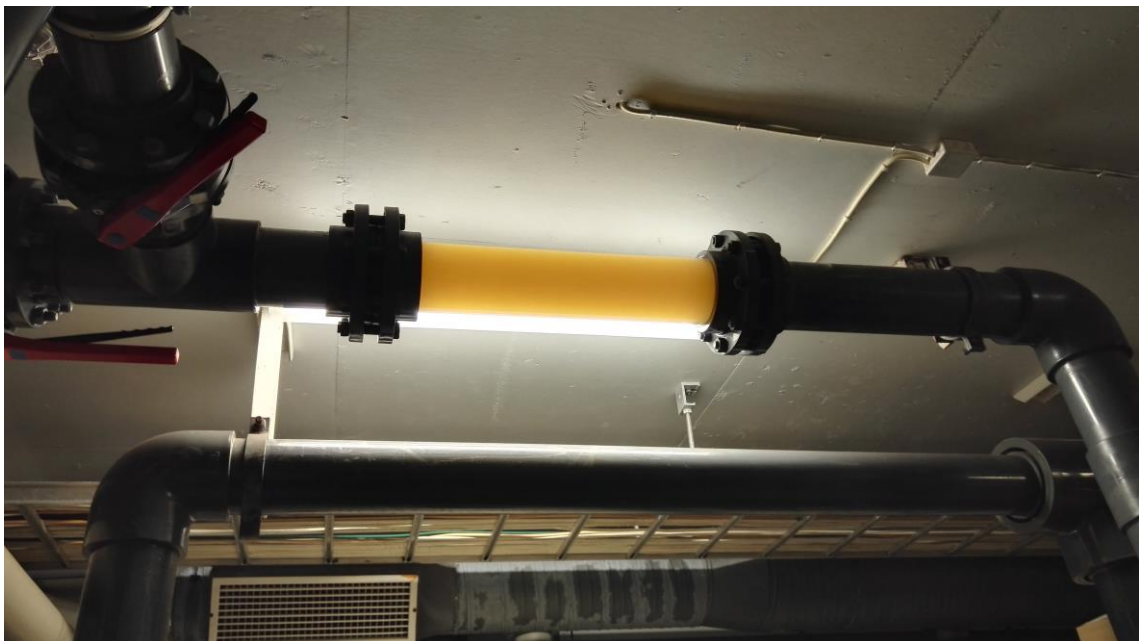
Laskennallinen haihdunta vesiliikuntakeskuksen uima-altaista on yhdessä viikossa 115 477 kiloa vettä, joka tarkoittaa tilavuudeksi muutettuna esim. veden lämpötilassa 28,5 C° (tiheys 1,00391 dm³/kg) noin 116 m³ vettä.

4.3 Suodattimien huuhtelut

Kohteen kaikissa järjestelmissä huuhteluun käytetään uima-allasvettä. Vesi otetaan joko tasausaltaasta tai VKR 1:ssä erillisestä huuhteluvesialtaasta. VKR:ssä 1 ja 3 on käytössä myös ilmahuuhtelu.

VKR:ssä 2 ja 3 toimenpide on täysin manuaalinen, eli virtaussuunnan vaihto tehdään käsin venttiilejä sulkemalla ja avaamalla. Huuhtelun tulosta seurataan näköputkesta (kuvat 6 ja 7) veden värin ja sameuden perusteella. Huuhtelu lopetetaan, kun vesi on riittävän kirkasta.

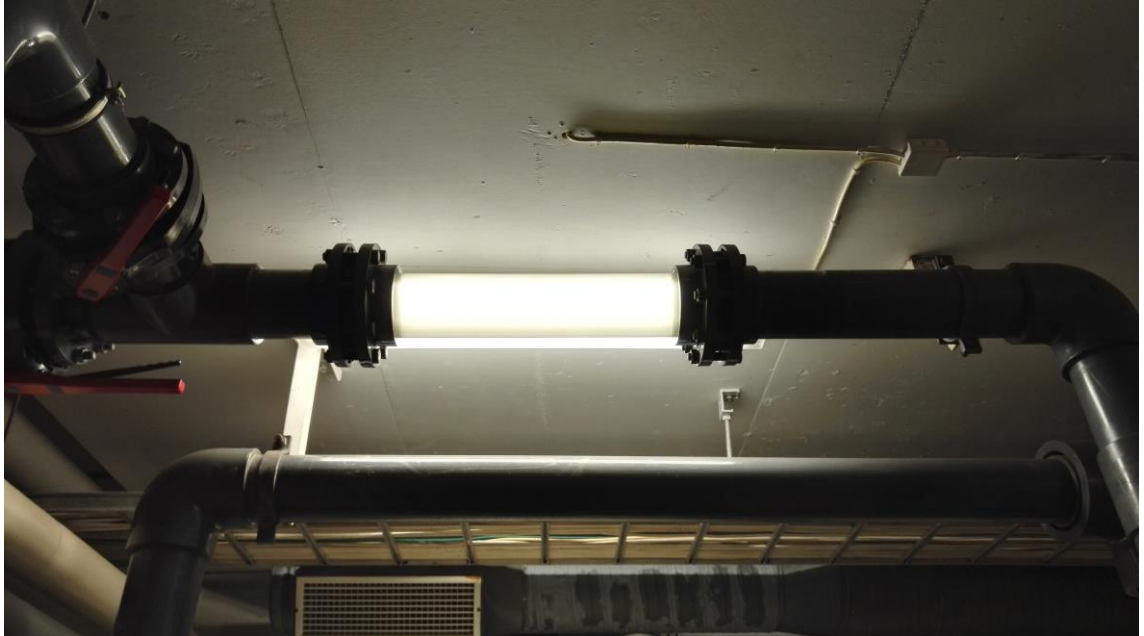
Kuvissa 6 ja 7 on esimerkki VKR 2 huuhtelun näköputkesta, joissa on esitetty tilanne monikerrossuodattimen huuhtelun alku- ja loppuvaiheesta.



KUVA 6. Huuhtelun näköputki. Huuhtelun alkuvaihe.

Kuvassa on tilanne huuhtelun alkuvaiheesta, jossa vesi on melko sameaa ja likaista. Aikaa on kulunut noin 1 minuutti aloituksesta.

Kuvassa 7 on tilanne samasta huuhtelutoimenpiteestä noin neljä minuuttia myöhemmin.

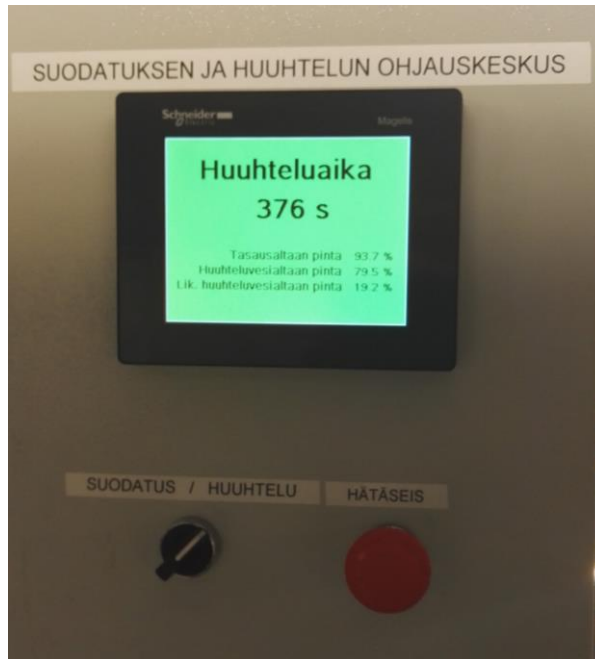


KUVA 7. Huuhtelun näköputki. Huuhtelun loppuvaihe.

Huuhtelun loppuvaiheessa vesi alkaa olla silminnähdn kirkasta, aikaa kulunut noin 5 minuuttia ja vettä mennyt noin 10 m³. Kylpylässä osa huuhteluvvedestä menee suoraan viemäriin ja osa likaisten huuhteluvesien puskurialtaaseen, josta se pumpataan hitaasti lämmöntalteenottolaitteeseen (Termihaukka).

Huuhteluun käytetty aika on riippuvainen suodattimen likaisuudesta ja suodattimen likaisuus johtuu altaasta tulevasta lika-aineksen määrästä (uimarit) sekä huuhteluvälien pituudesta. Huuhtelussa veden virtaama on vakio.

VKR 1:ssä huuhtelutoimenpide on puoliautomoisoitu, joka tarkoittaa sitä, että toimenpide suoritetaan ohjauskeskuksesta (kuva 8) vedenkäsittelyn laittilassa. Huuhteluohjelmaan on asetettu vakioajat ilma- ja vesihuuhteluille. Ilmahuuhtelu aika on 120 s. ja vesihuuhtelun kesto 390 s. Vesihuuhtelun osalta aika lyhenee, jos huuhteluvessiallas ei ole täynnä.



KUVA 8. Suodatuksen ja huuhtelun ohjauskeskus

Suodattimien huuhteluihin käytetty vesimäärä on selvitetty mittaamalla erillisestä huuhteluvessialtaasta tai allasvesijärjestelmän tasausaltaasta pinnankorkeuden muutos huuhtelun aikana. Lisäksi toimenpiteeseen käytetty aika kirjattiin ylös. Mittaus on tehty yhdelle suodattimelle jokaisesta kolmesta vedenkäsittelyjärjestelmästä. Kylpylässä mittauksia on kolme ja muissa järjestelmissä yksi. Tulokset ovat taulukossa 12, jossa on myös yhteenveto tuloksista.

Suodattimet huuhdellaan vilkkaimpina aikoina noin kerran viikossa ja muina aikoina hieman harvemmin sekä aina tarvittaessa. Liitteessä 4 on esimerkki (kuva) VKR 1:n huuhtelupäiväkirjasta.

TAULUKKO 12. Tulokset huuhteluvesien käytöstä.

HUUHTELUT syyskuu- huhtikuu 2017-2018							
		Vedenkäsittelyryhmät					
		VKR 1	VKR 2			VKR 3	
		Suodatin	Suodattimet			Suodatin	
		avohiekka	monikerros	hiili	op-allas	Yht.	monikerros
KK	m ³ /huuhtelu	36,6	12,3	11,1	0,8		1,5
	s/huuhtelu	390	360	420	300		180
Syys	Kpl/kk	9	7	6	4		3
	m3/kk	329,4	86,1	66,6	3,2	155,9	4,5
Loka	Kpl/kk	14	9	9	5		5
	m3/kk	512,4	110,7	99,9	4,0	214,6	7,5
Marras	Kpl/kk	13	13	4	4		4
	m3/kk	475,8	159,9	44,4	3,2	207,5	6
Joulu	Kpl/kk	14	13	4	3		4
	m3/kk	512,4	159,9	44,4	2,4	206,7	6
Tammi	Kpl/kk	14	11	7	5		5
	m3/kk	512,4	135,3	77,7	4,0	217,0	7,5
Helmi	Kpl/kk	12	11	6	3		4
	m3/kk	439,2	135,3	66,6	2,4	204,3	6
Mailis	Kpl/kk	12	9	4	4		4
	m3/kk	439,2	110,7	44,4	3,2	158,3	6
Huhti	Kpl/kk	8	9	7	5		5
	m3/kk	292,8	110,7	77,7	4,0	195,4	7,5

Taulukossa tummanharmaalla pohjalla on huuhteluihin menevä aika (s) sekä veden mitatut keskiarvomäärät (m³). Mittaukset on tehty maaliskuu- ja huhtikuun aikana. Ajankohta sopii asiakasmäärien ja oman kokemuksen perusteella hyvin keskimääräiseksi huuhteluajan pituudeksi. Maaliskuu on yleensä ollut asiakasmääriltään vilkkain kuukausi ja huhtikuussa asiakkaiden käynnit putoavat ja melko paljon. Eli huuhtelu-aika voi VKR:ssä 2 ja 3 vaihdella kuukausittain melko paljon esim. VKR 2:ssa monikerros-suodattimen huuhtelun pituus vaihtelee oman kokemuksen ja mittausten perusteella välillä 4-7min. Laskennassa on käytetty mitattua arvoa.

Vaaleammalla pohjalla ovat huuhtelupäiväkirjoista lasketut huuhtelukerrat ja keskiarvolla VKR 2:n eri suodattimien välitulokset, joista on summattu tulos kylpylän järjestelmään. Keltaisella ovat vedenkäsittelyryhmittäin laskennalliset tulokset kuukausittain.

4.4 Muut häviöt

Muihin häviöihin on huomioitu RO-laitteen (reverse osmosis, käänteisosmoosi) VKR 2:ta poistama vesi ja uimareiden mukana altaasta lattiakaivoihin poistuva vesi.

4.4.1 RO-laite

RO-laitteen käyttämä konsentraatti eli likainen vesi ohjataan kylpylän VKR:ssä likaisen huuhteluvesisäiliön kautta jäteveden lämmöntalteenottoon. Permeaatti palautetaan takaisin kiertoon ja konsentraatti lasketaan veden häviöihin. Konsentraatin määrä on tarkastettu laitteen rotametristä ja käyntiaika kiinteistöautomaatiosta.

Taulukossa 13 on esitetty RO-laitteen häviöt VKR 2.

TAULUKKO 13. RO-laitteen häviöt.

RO-laitteen häviöt		
Käytössä h/d	2,5	
Kulutus m ³ /h	1,9	
Kulutus m ³ /d	4,75	
Kulutus m ³ /vko	33,25	
kuukausi	d/kk	m ³ /kk
Syys	30	142,5
Loka	31	147,3
Marras	30	142,5
Joulu	31	147,3
Tammi	31	147,3
Helmi	28	133,0
Maalis	31	147,3
Huhti	30	142,5

Tummanharmaalla pohjalla on RO-laitteen päivittäinen päällä oloaika sekä yhden tunnin ajalta laitteen käyttämä konsentraatti.

Keltaisella pohjalla on RO-laitteen kahdeksan edellisen kuukauden häviöt VKR 2:ta.

4.4.2 Uimareiden mukana altaasta lattiakaivoihin poistuva vesi

Altaasta uimareiden mukana häviävä vesimäärä vaikuttaa suurelta, mutta se on otettu sellaisenaan mukaan selvitykseen. Häviöiden laskennassa tarvittava uintimäärien arviointi on tehty kohdan 2.2.3 mukaan.

Laskennassa on ensin selvitetty VKR:n uintimäärä, joka on kuukauden kokonaiskävijämäärän (taulukko 5) ja VKR:n prosentuaalinen uimareiden määrän tulo (taulukko 6). Saatu tulos kerrotaan uimareiden mukana poistuvalla vesimäärällä (3 litraa).

TAULUKKO 14. Uimareiden mukana poistuva vesi.

Uimareiden mukana poistuva vesi (3 dm ³ /Ui)				
m ³ /Uimari		VKR 1	VKR 2	VKR 3
0,003		44 %	41 %	15 %
kk	hlö/kk	m ³ /kk	m ³ /kk	m ³ /kk
Syys	39561	51,9	48,6	18,2
Loka	43702	57,3	53,7	20,1
Marras	43458	57,0	53,4	20,0
Joulu	30458	39,9	37,4	14,0
Tammi	44841	58,8	55,1	20,6
Helmi	40300	52,8	49,6	18,5
Maalis	42310	55,5	52,0	19,5
Huhti	40640	53,3	50,0	18,7

Joulukuun pienempi kävijämäärä näkyy luonnollisesti ko. kuukauden poistuvan veden määrässä, muuten tulokset ovat melko tasaisia.

4.5 Korvausvesimäärän selvitys

Osa vedenkäsittelyjärjestelmien veden kulutuksista on saatavilla suoraan kiinteistöautomaatiosta (Schneider, XtruXureWare) kuva 9.

Kaikki kiinteistöautomaatioon liitetyt veden mittaukset ovat toteutettu ultraäänimittauksilla. Vesimäärämittareiden malli on UltraFlow (ultraäänimittaus) 34 tai 54, putkikoon ja virtausmäärän mukaan. Mittauspisteitä on kaikissa vedenkäsittelyryhmissä kaksi. VKR 1 korvausvesimittaukset ovat kylmässä ja kuumassa vedessä. VKR 2:ssa on auto-

maattitäytön lisäksi käsitäyttö ja VKR 3:ssa on automaattitäytön lisäksi mittaus kylmäkoneen lauhdevedessä.

Kuvassa 9 on kohteen mittarit kiinteistöautomaatiosta. Päävesimittausta ja yhtä veden mittaria lukuun ottamatta välilehdellä on kaikki mittauspisteet.



KUVA 9. Kohteen vesi- ja energiamittaukset, kiinteistöautomaatio

Kuvassa 9 on kohteen vedenkäsittelyjärjestelmien veden mittausten lisäksi naisten- ja miesten pesuhuoneiden veden kulutus sekä energiamittaukset. Automaatiokuvasta puuttuu kylmäaltaiden kylmäkoneen lauhdeveden mittaus. Se on sijoitettu vedenkäsittely välilehdelle. Lukemapainikkeista pääsee halutessaan tarkastelemaan tarkemmin kulustietoja. Tältä välilehdeltä löytyy lähes kaikki korvauveden mittaroitu tieto.

4.6 Erillisten laitteiden lisäämä korvausvesi

Järjestelmissä on lisäksi kaksi erillistä laitetta, jotka lisäävät korvausveden määrää, Näiden laitteiden käyttämä vedenmäärä on selvitetty erikseen.

4.6.1 Otsonaattorin käyttämä jäähdytysvesi

VKR 2:n otsonaattori käyttää jäähdytysvettä, jonka se ottaa käyttövesiverkostosta ilman mittausta. Vesi jäähdyttää otsonin kehityksiköitä ja ohjataan tämän jälkeen ko. järjes-

telmän tasausaltaaseen. Laite ei itse säädi jähdytysveden määrää, vesimäärä säädetään käsin paineenalennusventtiilistä ja mitataan tarvittaessa, eli jähdytysveden määrä pysyy jatkuvasti samana.

Jähdytysveden määrä on selvitetty perinteisellä astia&kello menetelmällä. Laitteelta poistuva vesi ohjattiin 12 litran astiaan ja täyttymiseen menevä aika mitattiin sekuntikellolla. Mittaus toistettiin kaksi kertaa ja molemmilla kerroilla saatiin sama tulos (64 s), jolla saadaan vuorokausikulutukseksi $16,2 \text{ m}^3$.

Otsonaattori on jatkuvasti päällä, joten sen käyttämän veden määrä on helposti laskettavissa kertomalla päiväkohtainen kulutus kunkin kuukauden päivien määrällä. Saadut tulokset on lisätty VKR 2:n kuukausikohtaisiin korvausvesimääriin (taulukko 16).

4.6.2 VKR 3 kylmäkoneen lauhdutusvesi

Kylmälaitaiden (VKR 3) veden jähdyttämiseen käytetään vesilauhduksista kylmäkoneita. Kylmäkone on otettu käyttöön elokuussa 2017, mutta laite on saatu toimimaan kohtalaisesti vasta huhtikuussa 2018. Lisäksi kylmäkoneen lauhdeveteen lisättiin tammi-kuussa energiamittari, josta olisi saanut laitteen käyttämän vesimäärän selvitettyä myös tähän raporttiin, ainakin osalle ajasta. Mittarista saatavat tulokset ovat kuitenkin osoittautuneet epäluotettaviksi, joten mittarilukemia ei ole käytetty tässä selvityksessä.

Tästä syystä VKR 3 päätettiin selvittää vain veden häviöt em. mittausongelmien vuoksi eli kylmälaitailta laskettiin normaalisti haihtuminen, huuhtelut ja uimareiden mukana poistuva vesi. Nämä yhteenlasketut häviöt on vähennetty VKR 3 täyttömittarin määrästä ja jäljelle jäänyt vesimäärä on kokonaisuudessaan lisätty VKR 1 korvausvedeksi, koska vesi ohjataan VKR 1:n tasausaltaaseen. On ajateltu, että selvitettyjen häviöiden jälkeen jäljelle jäänyt vesi on kokonaisuudessaan kylmäkoneen lauhdevettä.

VKR 3:n täyttömittaukset ovat tällä selvitysajanjaksolla noin $125\text{--}300 \text{ m}^3/\text{kk}$. Kun näistä määristä vähennetään laskennalliset häviöt n. $25 \text{ m}^3/\text{kk}$, lauhdeveden kulutus on n. $100\text{--}275 \text{ m}^3/\text{kk}$, joka tekee vuorokautta kohti n. $3,3\text{--}9,1 \text{ m}^3$.

5 TULOKSET

Taulukoissa 15–17 on yhdistetty taulukoista 11–14 saadut tulokset vedenkäsittelyryhmittäin. Harmaalla pohjalla on järjestelmien häviöt [m³] ja korvausveden [m³] määrät sinisellä. Korvausvesi_{tot} sarakkeessa on täyttömittareiden lukemiin lisätty erillisten laitteiden tuottama korvausvesi. Oranssilla pohjalla on laskettu korvausveden ja häviöiden erotus [m³] ja [%]. Jos tulos on positiivinen, niin korvausvettä on tullut järjestelmään enemmän kuin on selvitettyjä häviöitä. Sinisellä on laskennallinen korvausveden määrä altaassa käynyttä uimaria kohden.

5.1 VKR 1

Taulukossa 15 on tulokset uintialtaiden vedenkäsittelyryhmästä, eli 50 m ja 25 m altaat.

TAULUKKO 15. VKR 1. Tulokset

VKR 1	Syys	Loka	Marras	Joulu	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti
Haihunta	261,8	271,1	263,8	246,7	266,9	245,1	264,8	259,6
Huuhtelut	329,4	512,4	475,8	512,4	512,4	439,2	439,2	366
Uimari _{häv}	51,9	57,3	57,0	39,9	58,8	52,8	55,5	53,3
Häviöt _{tot}	643,1	840,8	796,6	799,0	838,0	737,2	759,5	678,8
Korvausvesi _{tot}	644,6	800,9	801,5	787,0	882,2	721,9	740,8	635,5
Erotus m ³	1,5	-39,9	4,9	-12,0	44,2	-15,2	-18,7	-43,3
Erotus %	0 %	-5 %	1 %	-2 %	5 %	-2 %	-2 %	-6 %
l/uimari	37,3	41,9	42,2	59,1	45,0	41,0	40,1	35,8

Korvausveden ja häviöiden erotus on melko pieni, eikä suuria poikkeamia ole. Keskimäärin enemmän on negatiivisia tuloksia, eli selvitettyjä häviöitä on enemmän kuin tulevaa vettä. Suurin negatiivinen tulos on huhtikuulta -6 %, jolloin on myös korvausveden määrä pienin. Tammikuussa vettä on tullut järjestelmään 5 % enemmän kuin on selvitettyjä häviöitä, jolloin korvausvettä on tullut eniten.

Laskennallinen veden määrä uimaria kohden on keskimäärin noin 40 litraa. Eri kuukausien välillä on suurta vaihtelua, vaihteluväli on noin 36–59 litraa. Joulukuun suurta ve-

den käyttöä uimaria kohden selittää selvästi pienempi asiakasmäärä. Joulukuussa oli esim. marraskuuhun verrattuna 13 000 asiakaskäyntiä vähemmän.

5.2 VKR 2

Taulukossa 16 on tulokset kylpylän vedenkäsittelyjärjestelmästä, jossa on opetus-, pore-, koski- ja aaltoallas.

TAULUKKO 16. VKR 2. Tulokset

VKR 2	Syys	Loka	Marras	Joulu	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti
Haihdunta	221,9	229,6	223,0	208,0	225,1	207,5	224,0	220,5
Huuhtelut	158,3	217,6	209,9	208,5	220,0	206,1	160,7	195,4
RO-laite	142,5	147,3	142,5	147,3	147,3	133,0	147,3	142,5
Uimari _{häv}	48,6	53,7	53,4	37,4	55,1	49,6	52,0	50,0
Häviöt _{tot}	571,3	648,2	628,8	601,2	647,5	596,2	584,0	608,4
Korvausvesi _{tot}	547,1	675,9	924,2	617,0	650,8	598,0	669,1	634,7
Erotus m ³	-24,2	27,8	295,4	15,8	3,3	1,9	85,1	26,4
Erotus %	-4 %	4 %	47 %	3 %	1 %	0 %	15 %	4 %
l/uimari	33,7	37,7	51,9	49,4	35,4	36,2	38,6	38,1

Pääosin korvausveden ja häviöiden erotus on pieni, mutta marraskuussa korvausvettä on tullut järjestelmään 295 m³, 47 % prosenttia enemmän kuin selvitettyjä veden häviöitä. Marraskuun poikkeamaan löytyi käyttötarkkailupäiväkirjasta, kiinteistöautomaation hälytyshistoriasta ja kyselemällä selitys. Järjestelmässä oli opetusaltaan altaalta palaa- van veden säätöventtiilissä vika, joka välillä päästi liikaa vettä pois altaasta ja välillä liian vähän, jolloin allas vajeni tai täyttyi liikaa ja tasausaltaaseen pääsi ajoittain liikaa vettä. Tasausaltaan täytyessä liikaa, vesi poistuu viemäriin ylivuotoputken kautta.

Lisäksi RO-laitteen käytössä tapahtui inhimillinen virhe. Laitetta huuhdellaan kerran viikossa noin 15 minuuttia, huuhtelu suoritetaan vaihtamalla normaali toiminta huuhte- luksi ja huuhtelun jälkeen takaisin normaalille toiminnalle. Kohteen erikoisammattimie- heltä oli unohtunut huuhtelu päälle viideksi vuorokaudeksi ja ilmeisesti kytkentävirheen vuoksi ei myöskään kiinteistöautomaation aikaohjelma pysäyttänyt laitetta. Myös maa- liskuussa on iso positiivinen ylitys, jolle ei löytynyt selkeää syytä.

Etenkin edellä mainitut poikkeamat vahvistavat tietoa, että VKR 2 on ”haavoittuvainen” juuri tämän kaltaisille tapahtumille. Tämä johtuu liian pienestä veden tasaustilavuudesta, eli tasausallas on liian pieni. Ongelmaa lisää otsonaattorilta jatkuvasti tuleva jäähdytysvesi, jota voi rajoittaa tällä hetkellä ainoastaan laittamalla laite kokonaan pois päältä.

5.3 VKR 3

Kohteen selvästi pienimmän järjestelmän eli kylmäaltaiden veden häviöt ja uimaria kohden käytetty vedenmäärä on esitetty taulukossa 17.

TAULUKKO 17. VKR 3. Tulokset

VKR 3	Syys	Loka	Marras	Joulu	Tammi	Helmi	Maalis	Huhti
Haihdunta	2,05	2,12	2,06	1,93	2,09	1,92	2,08	2,04
Huuhtelut	4,5	7,5	6,0	6,0	7,5	6,0	6,0	7,5
Uimari _{häv}	18,2	20,1	20,0	14,0	20,6	18,5	19,5	18,7
Häviöt _{tot}	24,7	29,7	28,0	21,9	30,2	26,5	27,5	28,2
l/uimari	4,1	4,4	4,2	4,7	4,4	4,3	4,2	4,5

Edellä kerrottujen veden mittausongelmien vuoksi VKR 3:n tuloksissa ei pääse vertailemaan korvausveden ja häviöiden suhdetta.

Selvityksen mukaan järjestelmästä selvästi eniten vettä häviää uimareiden mukana.

Haihtumisen osuus on pieni johtuen pienestä pinta-alasta ja edullisesta veden ja ilman lämpötilasuhteesta.

Uimaria kohden käytetty vedenmäärä on huolestuttavan pieni. Järjestelmässä on ollut ongelmia veden laadun kanssa. Terveystarkastajan tutkimustuloksissa on ollut kohonneita sitoutuneen kloorin ja urean arvoja, jotka ovat oman kokemuksen perusteella tyypillisiä ongelmia vähäisestä korvausveden käytöstä tai huonosti toimivasta vedenkäsittelystä. Tässä tapauksessa syynä on liian vähäinen korvausveden veden käyttö ko. järjestelmässä.

5.4 Kokonaiskulutuksen yhteenveto

Kaikkiin kolmeen järjestelmään tulevan korvausveden määrä selvityksen kahdeksan kuukauden ajanjaksolta on 11 548 m³/8 kk, ja kokonaiskulutuksesta laskettu kuukausikeskiarvo on 1444 m³/kk. Em. mittausongelmien vuoksi VKR 3:ta mukaan on lisätty laskennallinen korvausveden määrä.

Vedenhäviöiden yhteismäärä on 11 195 m³ ja keskiarvo ko. ajanjaksolle on 1399 m³

Kahdeksan kuukauden tuloksia verratessa saadaan erotukseksi (korvausvesi-häviöt) 353 m³ ja prosentuaaliseksi erotukseksi 3,2 %. Tulos on positiivinen, eli korvausveden määrä on suurempi kuin selvitettyjen häviöiden.

Karkeasti arvioiden vedenkäsittelyyn käytetyn veden osuus vesiliikuntakeskuksen kokonaisvedenkulutuksesta on noin 43 %. Laskussa on arvioitu korvausveden määräksi 11 5448 m³ + 4 kuukauden arviokulutus (4000 m³) ja tulosta on verrattu taulukon 5 vuosikulutukseen (45 000 m³).

6 POHDINTA

Korvausveden osalta selvitystä voidaan pitää luotettavana, sillä lähes kaikki lähtöarvot ovat mittaroitu tai mitattu. Ainoa osittainen laskennallinen selvitys korvausvesissä oli VKR 3 kylmäkoneen lauhdeveden määrässä.

Vedenhäviöitä selvittäessäni jouduin pohtimaan useampaan kertaan tulosten luotettavuutta. Epävarmuustekijöistä huolimatta, osittain mitatuilla, mittaroiduilla ja laskennallisella selvityksellä päästiin kuitenkin yllättävän lähelle luotettavaa korvausvesimäärää.

Korvausveden ja häviöiden lopputuloksia vertailtaessa voisi vielä ottaa huomioon VKR 2:n poikkeamat korvausveden ja häviöiden suhteessa marras- ja maaliskuussa, joista ainakin suurempi johtui laiteviasta ja inhimillisestä erheestä. Ilman näitä poikkeamia kahdeksan kuukauden korvausveden ja häviöiden suhde olisi ollut alle yksi prosenttiyksikköä.

Tuloksista päätellen, tällä tavalla tehdyllä selvityksellä voidaan arvioida uimahallien vedenkäsittelyjärjestelmien veden käytön jakaantuminen. Veden käyttö onkin tässä vaiheessa hyvä jakaa osiin, joissa on tapahtumat joita voi hallita ja tapahtumat joita ei voi hallita ilman mittavia investointeja tai vaikutus pieni.

Veden hallitsemattomiksi häviöiksi voidaan sanoa haihtumista uima-altaista ja ihmisten mukana altaasta poistuvaa vettä. Altaiden peittäminen vaatisi suuria investointeja, mm muutoksia altaiden rakenteisiin. Nykyään on altaiden peittämiseen tarjolla käyttökelpoisia järjestelmiä, joissa peite nostetaan altaan pohjasta pintaan, kun altaassa ei ole käyttöä. Mataliin altaisiin, tai maapohjalla oleviin ei käytännössä ole mahdollista asentaa jälkikäteen ko. järjestelmää. Uusia altaita suunniteltaessa onkin syytä selvittää altaiden peittämisen kannattavuus.

Projektin toisessa vaiheessa keskitytään vedenkäytön tapahtumiin, joihin voidaan vaikuttaa tai hallita, eli suodattimien huuhtelut ja erillisten vedenkäsittelylaitteiden käyttämä vesi.

Mielestäni saatujen tulosten perusteella voidaan lähteä toteuttamaan projektin vaihetta 2. Toisessa vaiheessa onkin syytä kiinnittää huomiota mahdollisten toimenpiteiden vaikutuksesta veden laatuun.

LÄHTEET

AaltoAlvari. Kuva kiinteistöstä. Luettu 10.2.2018.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Jyv%C3%A4skyl%C3%A4_-_Aaltoalvari.jpg.

Allasvesiasetuksen soveltamisohje. 2/2017. Valvira. Uima-allasveden laatu ja valvonta.

Energia. 2018. Enerkey. Luettu 11.3.2018.

<https://www.energia.com/fi/enerkey/>

Jyväskylän kaupunki. Liikuntapalvelut. 2018. Luettu 19.3.2018.

<https://www.jyvaskyla.fi/liikunta/hallinto>.

Jyväskylän Tilapalvelu. 2018. Luettu 5.2.2018.

<https://www.jyvaskyla.fi/tilapalvelu>.

Kontinaho, M & Weijo, I. 2017. Ramboll. Raportti. AaltoAlvari, kylpyläosasto. Altai-
den betonirakenteiden kuntotutkimus. Pdf. Luettu 15.2.2018.

LVI-kortti. 06—10451. 2009. Uimahallien ja virkistysuimaloiden LVIA-suunnittelu.

LVI-kortti 22-10386. 2005. Uima-allasvesien käsittely.

Muhonen, M. 2012. Uimahallien vedenkäsittelyn suodatusjärjestelmät. Talotekniikan
koulutusohjelma. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Opetusministeriön liikuntapaikkajulkaisu nro 67. 2002. Uimahallien veden laatu ja kä-
sittely. Vesihydro Oy. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Processing Finland. 2018. Luettu 31.3.2018. <http://processing.fi/fi/tekniikka#>

Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 315/2002. uimahallien ja kylpylöiden allasvesien
laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista.

Tuomisto, R & Iso-Aho, J. 2018. A-Konsultit. Kylpylän tarveselvitys. AaltoAlvari al-
taat_Vesipinta-ala. Pdf. Luettu 11.3.2018.

Uimahalli- ja kylpylätekninen yhdistys UKTY ry. Uimahallirekisteri. Pdf. Luettu
26.4.2018. <https://www.ukty.fi/wp-content/uploads/uimahallirekisteri.pdf>

Vaisala. 2018. Humidity Calculator 5.0.

<http://go.vaisala.com/humiditycalculator/5.0/>

LIITTEET

Liite 1. Excel laskentataulukko, haihdunta.

1 (2)

UIMA-ALTAIDEN HAIHDUNTA (LVI-kortti 06-10451)								
saksalaisen standardin mukainen laskentatapa (VDI 2089 / (Blatt 1 / Entwurf. September 2008).								
$q_{vm} = A \frac{B_p}{R \cdot T} (p_v - p_i)$								
Olosuhdetiedot	°C	K	RH %					
vesi	27,5	300,65	100					
ilma	28,2	301,35	45,8					
A	257,5	m ²	273,15					
B _p	28	m/h	Harmaalla lisättävät tiedot Oranssilla tulokset Osapaineet+abs.kosteus Vaisala Humidy calculator 5.0 (1013,3 hPa) Huom! Laskurin abs.kost. Arvot ovat kg/m³, tulos siis jaettu tiheydellä...kg/m³ = [kg/kg]					
B _{p2}	7	m/h						
R	461,52	J/kg K						
T	301	K						
p _v	3684	Pa						
p _i	1758	Pa						
Kaava 1								
h/ark	h/la,su	h/viikko						
15	10	95						
9	14	73						
Haihdunta		3600	Ma-pe	La-su	Ma-su			
	kg/h	kg/s	kg/d	kg/d	kg/viikko			
B _p	99,96	0,0278	1499	1000	9496			
B _{p2}	24,99	0,00694	225	350	1824			
=>			1724	1349	11321			
Kaava 2. $q_{vm} = A \cdot B_x \cdot (X_v \cdot X_i)$								
x _i	0,0109	kg/kg						
x _v	0,0229	kg/kg						
B _x	0,0087	kg/m ² s	3600					
B _{x2}	0,0022	kg/m ² s	Ma-pe	La-su				
Haihdunta	kg/h	kg/s	kg/d	kg/d	kg/viikko			
B _x	97,3	0,0270	1460	973	9246			
B _{x2}	24,6	0,00684	222	345	1797			
=>			1681	1318	11043			
Keskiarvot	66,6	0,0185	1703	1334	11182			

2 (2)

Tuuletukseen perustuvan kosteudenpoiston vaatima ilmavirta, 100 % ulkoilmavirta			
	Allas		
	käytössä	ei käytössä	
Σq_m (keskiarvo)	0,02740	0,00689	
x_p	0,0143	0,0143	
x_t	0,009	0,009	
kg/s	5,170	1,2998	
dm ³ /s	4308	1083	
LVI-kortin mukaiset mitoitussarvot	x_p =Kesäolosuhde; +28 °C ja RH 60% → vesisisältö kg/kg =	0,0143	x_t =Kesäolosuhde; Etelä-Suomi → vesisisältö kg/kg =
Talviolosuhde	x_p =Talviolosuhde; +22 °C ja RH 55% → vesisisältö kg/kg =	0,00909	x_t =Talviolosuhde; 0 °C ja RH 90% → vesisisältö kg/kg =
			0,00341

$q_{mi} = \Sigma q_{vm} / (x_p - x_t)$ (3)

jossa
 q_{mi} = ilmavirta, kg/s
 Σq_{vm} = haihtuvan veden kokonaismassavirta, kg/s. Σq_{vm} sisältää altaiden, lattiapintojen, laitteiden ja ihmisten aiheuttaman haihdunnan.
 x_p = poistoilman vesisisältö (= allastilan ilman keskimääräinen vesisisältö), kg/kg_{kuivaa ilmaa}
 x_t = tuloilman vesisisältö, kg/kg_{kuivaa ilmaa}

Liite 2. Mittauspöytäkirja

MITTAUSPÖYTÄKIRJA 19.4.2018, klo 13-14														
	1		2		3		4		5		6		Yht. Ka.	
	C°	RH	C°	RH	C°	RH	C°	RH	C°	RH	C°	RH	C°	RH
50	28	41	27,8	36	27,8	41	27,7	40	28	44	27,9	39	27,9	40,2
25	28,1	47	28,1	48	28,2	51	28,2	43	28,2	43	28,2	43	28,2	45,8
Aalto	28,2	48	28,3	44	28,4	44							28,3	45,3
Opetus	31	42	30,7	36	30,2	33	29,7	44					30,4	38,8
Pore	30	50	29,6	42									29,8	46,0
Koski	29	43	29,8	52	29,4	39							29,4	44,7
Kylmä N	23	22,3											23,0	22,3
Kylmä M	23,5	26,8											23,5	26,8

Liite 3. Ilman olosuhdemittari. Trotec T200

TEKNISET TIEDOT

Lämpötila

- periaate NTC
- mittausalue -20 ... +50°C
- erotuskyky 0,1°C
- tarkkuus 0,4 °C (alueella 0 ... +40°C), muuten 0,7 °C, + 1 merkki

Suhteellinen kosteus

- periaate Kapasitiivinen
- mittausalue 5 ... 95 %RH
- erotuskyky 0,1 % RH
- tarkkuus ±3% RH, + 1 merkki

Varastointilämpötila -30... +60°C



Liite 4. VKR 1. Huuhtelupäiväkirja

2017

	1	2	3	4	5
2.1	4.1	5.1	9.1	10.1	
11.1	12.1	13.1	16.1	18.1	
20.1	23.1	25.1	26.1	30.1	
1.2	3.2	6.2	8.2	9.2	
10.2	13.2	15.2	17.2	20.2	
22.2	24.2	27.2	28.2	1.3	
2.3	3.3	6.3	8.3	10.3	
13.3	15.3	17.3	21.3	22.3	
24.3	27.3	29.3	31.3	3.4	
5.4	7.4	10.4	12.4	13.4	
18.4	19.4	21.4	24.4	26.4	
28.4	2.5	5.5	8.5	10.5	
12.5	15.5	17.5	19.5	22.5	
26.5	29.5	31.5	5.6	7.6	
8.6	13.6	14.6	16.6	19.6	
21.6	10.8	11.8	14.8	16.8	
21.8	23.8	25.8	28.8	30.8	
1.9	4.9	6.9	11.9	13.9	
18.9	21.9	27.9	29.9	2.10	
4.10	6.10	9.10	12.10	16.10	
17.10	18.10	19.10	20.10	23.10	
25.10	27.10	30.10	1.11	3.11	
6.11	8.11	10.11	13.11	15.11	
17.11	20.11	22.11	24.11	27.11	
29.11	1.12	4.12	7.12	8.12	
11.12	13.12	15.12	18.12	20.12	
21.12	22.12	27.12	28.12	29.12	
2					