

Toni Takala

KORKEIDEN RAKENNUSTEN KÄYTTÖVESI- JA  
VIEMÄRIJÄRJESTELMÄT

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
2014

# KORKEIDEN RAKENNUSTEN KÄYTTÖVESI- JA VIEMÄRIJÄRJESTELMÄT

Takala, Toni  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Tammikuu 2014  
Ohjaaja: Kivioja, Teppo  
Sivumäärä: 57

Asiasanat: LVI-järjestelmät, viemärointi, vesijohtoverkot, kerrostalot

---

Suomalainen kerrostalorakentaminen on aina ollut matalaa. Helsinkiin ja muualle Suomeen on kuitenkin hiljattain esitetty useita 20-40 kerroksisia rakennushankkeita eikä Suomessa ole korkeiden rakennusten käyttövesi- ja viemärijärjestelmille suunnattuja suunnitteluohjeita eikä teknisiä vaatimuksia. Työni tarkoituksena oli selvittää yli 200 metriä korkeisiin rakennuksiin soveltuvia erilaisia käyttövesi- ja viemärijärjestelmiä sekä tuoda esille rakennuksen korkeuden aiheuttamia suunnitteluun vaikuttavia tekijöitä. Opinnäytetyöni perustui laajaan tiedonhankintaan, jonka pohjalta on tehty selvitys korkeisiin rakennuksiin soveltuvista erilaisista käyttövesi- ja viemärijärjestelmistä. Työn tuloksena esiteltiin viisi erilaista kylmää käyttövesijärjestelmää, kolme lämmintä käyttövesijärjestelmää sekä neljä viemärijärjestelmää, jotka vastaavat korkean rakennuksen luomiin haasteisiin. Opinnäytetyöni luo työn tilaajalle kuvan korkeiden rakennusten käyttövesi- ja viemärijärjestelmien suunnittelun haasteellisuudesta sekä havainnollistaa, kuinka toisistaan suurestikin poikkeavilla järjestelmäkokonaisuuksilla pystytään vastaamaan korkean rakennuksen luomiin haasteisiin. Opinnäytetyöni tilattiin LVI-insinööritoimisto Vahvacon Oy:n toimesta.

# HIGH-RISE BUILDING'S DOMESTIC WATER AND SEWER SYSTEMS

Takala, Toni

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Engineering

January 2014

Supervisor: Kivioja, Teppo

Number of pages: 57

Keywords: HVAC-systems, sewerage, water systems, high-rise building

---

Finnish block of flats have always been low. There have recently been advanced many 20-40 floor building projects in Helsinki and elsewhere in Finland. There are no directed design manuals or technical requirements for high-rise building's domestic water- or sewer systems in Finland. The purpose of this thesis was to find out various plumbing and drainage systems that are suitable for over 200 meter high high-rise buildings as well as bring out design factors that are caused by the height of the building. My thesis was based on extensive data acquisition that created this account on the different kind of domestic water systems and sewer systems which are suitable for high-rise buildings. The result was five different kinds of cold water systems, three hot water systems and four sewerage systems, which corresponded to the challenges of a high-rise building. This thesis shows how challenging it is to design high-rise buildings' domestic water- and sewer systems and how different system configurations are able to respond to the challenges of a high-rise building. This thesis was ordered by LVI-insinööritoimisto Vahvacon Oy.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	SELVITYKSEN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET .....	8
2.1	Selvityksen lähtökohdat .....	8
2.2	Selvityksen tavoitteet .....	8
3	VAIHTOEHTOISET KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄT.....	9
3.1	Rakennuksen korkeuden vaikutus käyttövesijärjestelmään.....	9
3.2	Kattotankkijärjestelmät .....	10
3.3	Kylmäkäyttövesijärjestelmä yhdellä paineenkorotusasemalla .....	15
3.3.1	Hydropneumaattinen tankki .....	16
3.4	Kylmäkäyttövesijärjestelmä vyöhykejaolla ja omilla paineenkorotusasemilla ..	17
3.5	Sarjaan kytketty kylmäkäyttövesijärjestelmä katkaisutankeilla .....	18
3.6	Sarjaan kytketty kylmäkäyttövesijärjestelmä .....	20
4	ESIMERKKITAPAUS ERI KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMIEN KUSTANNUKSISTA 20 VUODEN AJALTA .....	21
4.1	Vertailun lähtökohdat .....	21
4.2	Vertailun tulokset.....	22
5	LÄMMINKÄYTTÖVESI.....	23
5.1	Hyvän lämpimän käyttövesijärjestelmän piirteet .....	23
5.2	Lämpimän käyttöveden kiertovesijärjestelmät .....	24
5.2.1	Vyöhykekohtaisilla lämmönsiirtimillä toteutettu lämminkäyttövesijärjestelmä.....	24
5.2.2	Keskitetty lämmin käyttövesijärjestelmä .....	25
5.3	Lämpimän käyttöveden saattolämmitys .....	27
6	KORKEAN RAKENNUKSEN VIEMÄRIJÄRJESTELMÄ .....	27
6.1	Vesilukkojen merkitys viemärijärjestelmässä .....	27
6.2	Vertikaalinen viemärijärjestelmä .....	29
6.3	Tuulen vaikutus rakennuksen viemäriverkoston .....	29
6.4	Veden virtaus pystyviemärissä .....	30
6.5	Paineen vaihtelu pystyviemärissä .....	32
6.6	Pystyviemärin suunnanmuutos sekä hydraulinen hyppy .....	34
7	KORKEAN RAKENNUKSEN VIEMÄRIJÄRJESTELMÄT.....	36
7.1	Single stack vent system .....	36
7.2	Sovent (a reduced velocity aerator stack system) .....	38
7.3	The Studor Single Pipe System .....	42
7.4	Fully vented modified stack system.....	46
8	VERTAILU VIEMÄRIJÄRJESTELMIEN HANKINTAKUSTANNUKSISTA .....	49

8.1	Vertailun lähtökohdat .....	49
8.2	Vertailun tulokset.....	51
9	TYÖN TULOKSET .....	52
	LÄHTEET.....	54

# 1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tilaaja on LVI-insinööritoimisto Vahvacon Oy. Opinnäytetyöni on selvitysluontoinen, jonka aiheena on yli 200 metriä korkeisiin rakennuksiin soveltuvat käyttövesi- ja viemärijärjestelmät. Työssäni esitellään erilaisia järjestelmävaihtoehtoja sekä rakennuksen korkeuden aikaansaamia tekijöitä, joilla on isoja vaikutuksia käyttövesi- ja viemärijärjestelmien suunnitteluun. Luvuissa 3-5 esitellään korkean rakennuksen käyttövesijärjestelmiä ja luvuissa 6-8 viemärijärjestelmiä.

Suomalainen kerrostalorakentaminen on aina ollut matalaa. Tällä hetkellä Suomen korkein rakennus on Helsingin Vuosaarella sijaitseva Cirrus-tornitalo, jossa on 26 maanpäällistä kerrosta. (Kerros36:n www-sivut 2013.) Suomessa korkeat rakennushankkeet on käsitelty tapauskohtaisesti niiden vähäisen määrän vuoksi. Helsinkiin ja muualle Suomeen on hiljattain esitetty useita 20-40 kerroksisia rakennushankkeita. Tämän vuoksi Helsingin kaupungin talous- ja suunnittelukeskus on laadittanut yli 16-kerroksisten rakennusten viranomaismenettelyä koskevan korkean rakentamisen rakentamistapaohjeen, jonka tarkoituksena on tehdä hyväksymismenettelystä ohjattu ja hallittu. Rakentamistapaohjeessa ei esitellä valmiita suunnitteluratkaisuja, suunnitteluohjeita eikä teknisiä suosituksia tai vaatimuksia. (Levanto 2012, 30.)

Rakennuksen korkeuden talotekniikalle luomista haasteista on tietoa ja osaamista niissä maissa, joissa on paljon korkeaa rakentamista. Suomenkielistä materiaalia ei aiheesta juuri löydy. ”Suomen rakentamismääräyskokoelma ei varsinaisesti käsittele korkeaa rakentamista, ainoat maininnat löytyvät osasta E1 Rakennusten paloturvallisuus, määräykset ja ohjeet” (Levanto 2012, 30).

International building code määrittelee korkeaksi rakennukseksi ne, joissa on miehitettyjä kerroksia yli 75 ft (22,86m) korkeammalla mihin palokunnan kalustolla päästään (ICC IPC 2012). Helsingin kaupungin kaupunkisuunnitteluvirasto määrittelee korkean rakentamisen näin: ”Korkealla rakentamisella tarkoitetaan tässä raportissa kaupunkimaisemassa alueen siluettiin tai keskeisiin näkymiin vaikuttavaa,

ympäröivän rakennuskannan korkeuksista selkeästi poikkeavaa ja kauas näkyvää rakentamista. Määritelmä ei perustu metrimääriin tai kerroslukuihin, koska topografialla ja rakennuspaikan sijainnilla suhteessa muuhun ympäristöön on ratkaiseva merkitys hankkeiden näkyvyyden ja mittakaavan kokemisen kannalta.” (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011.) Eri kaupungeissa on erilaisia määrityksiä, esimerkiksi Espoossa korkean rakentamisen rajana on 40 metriä (Espoon kaupunkisuunnittelukeskus 2013). Kerroskorkeutena tämä vastaa noin 12-kerroksista rakennusta.

## 2 SELVITYKSEN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

### 2.1 Selvityksen lähtökohdat

Opinnäytetyössäni keskitytään yli 200 metriä korkeiden rakennusten käyttövesi- ja viemärijärjestelmien erilaisiin järjestelmävaihtoehtoihin sekä rakennuksen korkeuden aiheuttamiin suunnitteluun vaikuttaviin tekijöihin. Suomen hyvin vähäisen korkean rakentamisen vuoksi opinnäytetyössäni on kansainvälinen näkökulma, jossa ei takerruta tiettyihin ulkomaalaisiin säädöskokoelmiin, koska niiden sisältämät vaatimukset poikkeavat toisistaan. Näiden poikkeavuuksien tarkastelu ei ole opinnäytetyöni kannalta oleellista, koska työni tarkoitus on toimia aiheesta yleiskatsauksen luovana selvityksenä.

Suomessa ei ole laadittu ohjeistusta, joka keskittyisi korkeiden rakennusten vesi- ja viemärijärjestelmien suunnitteluun. Työssäni tuodaan esille ratkaisuvaihtoehtoja, joita on yleisesti käytetty maailmalla. Työni kansainvälisen näkökulman vuoksi en ota kantaa täyttääkö työssäni esitellyt järjestelmävaihtoehdot Suomen rakentamismääräyskokoelman esittämät vaatimukset.

### 2.2 Selvityksen tavoitteet

Opinnäytetyöni tavoitteena on tarjota työn tilaajalle selvitys korkeiden rakennusten käyttövesi- ja viemärijärjestelmistä sekä tuoda esille tekijöitä, jotka vaikuttavat merkittävästi korkeiden rakennusten käyttövesi- ja viemärijärjestelmien luonteeseen sekä suunnitteluun. Opinnäytetyöni luo työn tilaajalle kuvan korkeiden rakennusten käyttövesi- ja viemärijärjestelmien suunnittelun haasteellisuudesta sekä havainnollistaa, kuinka toisistaan suurestikin poikkeavilla järjestelmäkokonaisuuksilla pystytään vastaamaan korkean rakennuksen luomiin haasteisiin.



### 3 VAIHTOEHTOISET KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMÄT

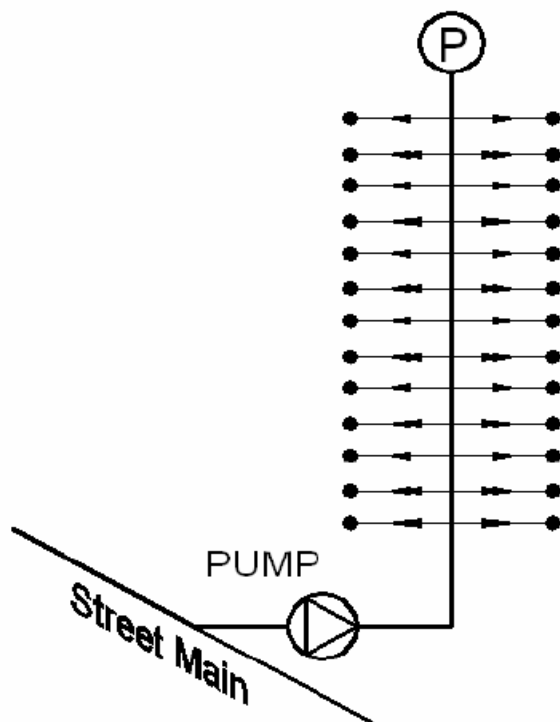
#### 3.1 Rakennuksen korkeuden vaikutus käyttövesijärjestelmään

Korkea rakennus aiheuttaa käyttövesijärjestelmien suunnitteluun erityisiä haasteita, joita ei esiinny muunlaisissa rakennuksissa (Mergi 2011). Korkean rakennuksen vesijärjestelmän suunnittelun suurimmaksi haasteeksi nousee järjestelmän paineen hallinta (Conelly 2007, 28). Kuvassa 1 on esitetty asetelma, jolla on helppo havainnollistaa kyseistä ongelmaa.

Kuvassa 1 olevan pumpun tarvittava paineentuotto voidaan laskea yhtälöllä: Vesikalusteen P tarvitsema painetaso + pystylinjan vesipatsaan aiheuttama hydrostaattinen paine + veden virtauksesta syntyvät kitkapainehäviöt = tarvittava paineentuotto. (Mergi 2011.)

Tarvittava paineentuotto voi olla pienempi, mikäli pumppu on kytketty kunnalliseen vesijohtoverkkoon suoralla kytkennällä ilman katkaisutankkia. Näin pystytään hyödyntämään kunnallisen vesijohtoverkon painetasoa, joka tosin vaihtelee maantieteellisesti hyvin paljon. Mikäli kunnallisessa vesijohtoverkossa on korkea painetaso, on järkevää hyödyntää sitä esimerkiksi toteuttamalla alempien kerrosten kylmä käyttövesijärjestelmä omana kokonaisuutenaan, kunnallisen vesijohtoverkon paineen avulla, jolloin vältetään turhalta pumppaamiselta. Ylemmät kerrokset, joiden palvelemiseen kunnallisen vesijohtoverkon paine on riittämätön, toteutetaan paineenkorotusaseman/asemien avulla.

Edellä mainittua yhtälöä dominoi vesipatsaan korkeudesta aiheutuva hydrostaattinen paine. (Ladd 2005, 42). International plumbing code:ssa määritetään ettei rakennuksen käyttövesijärjestelmän paineen tule olla 552 kPa:ta suurempi (ICC IPC 2012, 61). 552 kPa:n painetaso muodostuu jo yksistään 55 metriä korkean nousulinjan vesipatsaasta. Korkea järjestelmäpaine aiheuttaa putkistoon suuria virtausnopeuksia, mikä aikaansaa putkiston eroosiota sekä melua (Mergi 2011). Tämän vuoksi korkeiden rakennusten käyttövesijärjestelmät jaetaan erillisiin painevyöhykkeisiin (Ladd 2005, 42).



Kuva 1. Järjestelmä, jossa veden täytyy kulkea vertikaalisesti pitkä matka saavuttaakseen pisteessä P olevan vesikalusteen. (Ladd 2005, 41)

Tyypillisesti vertikaaliset putkistojärjestelmät ovat korkeissa rakennuksissa horisontaalisia järjestelmiä taloudellisimpia. Vertikaalinen järjestelmä tarvitsee vähemmän kannattimia, on huoltovapaampi sekä vaatii vähemmän tilaa välrikatoista. Miinuksena ovat useiden nousulinjojen aiheuttamat välipohjien läpäisyt. Nousulinjojen oikeanlainen sijoittaminen on erittäin tärkeää, jotta rakennuksen tilojen estetiikka tai järjestelmän toiminta ei heikkene. (Conelly 2007, 30)

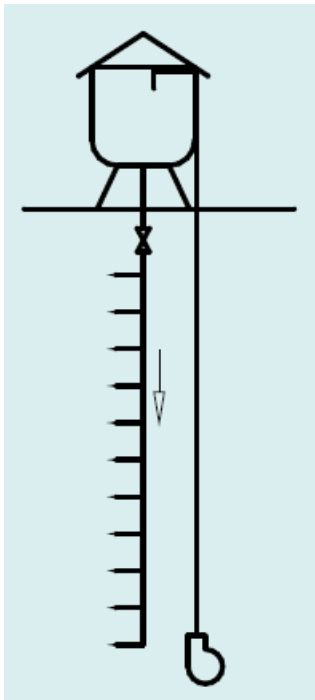
### 3.2 Kattotankkijärjestelmät

Kattotankkijärjestelmien (englanniksi: Roof top tank systems) juuret vievät yli vuosisadan päähän. Tuolloin erityisesti Yhdysvalloissa rakennuksista tehtiin yhä korkeampia ja korkeampia, eikä käyttövesijärjestelmän veden pumppaamiseen soveltuvia luotettavia pumppuja ollut vielä markkinoilla. Ratkaisuksi keksittiin laittaa rakennuksen katolle vesitankki/tankkeja, joihin vesi saatiin pumpattua tarjolla olevilla pumpuilla. Katolla oleva vesitankki liitettiin rakennuksen käyttövesijärjestelmään, jolloin vesitankissa oleva vesi loi järjestelmään

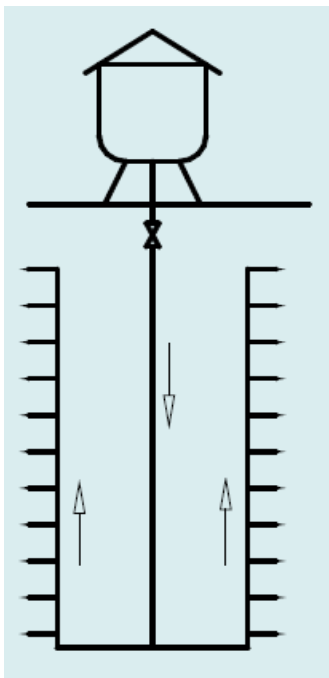
hydrostaattisen paineen painovoiman vaikutuksesta. (Grundfos:n www-sivut 2013.) Toimintaperiaate on sama, kuin vesitornilla, jonka avulla luodaan vesipainetta kunnalliseen vesijohtoverkoston. Tyypillisimmässä kattotankkijärjestelmässä oli vakionopeudella toimiva pumppu, joka pumppasi vettä katolla olevaan vesitankkiin. Vesitankki oli varustettu vedenpinnan korkeutta seuraavilla antureilla, jotka joko käynnistivät pumpun tai sammuttivat sen riippuen vesitankin vedenpinnan korkeudesta. (Brickley, Larson & Sanchez 2005, 1.) Liittämällä palontorjuntajärjestelmä samaan vesitankkiin saatiin samalla ratkaistua palontorjuntajärjestelmän paineistaminen (Grundfos:n www-sivut 2013).

Kattotankkijärjestelmän käyttövesiputkituksessa käytettiin kahta erilaista ratkaisua, alaspäin tai ylöspäin toimivaa vesisyöttöä. Kuvassa 2 on esitetty alaspäin kulkevan vesisyötön toimintaperiaate. Tässä ratkaisussa ongelmallisiksi kohdiksi muodostuvat rakennuksen ylimmät ja alimmat kerrokset. Vesikalusteiden toiminnan kannalta vesitankin luoma hydrostaattinen paine ei ole riittävä rakennuksen ylimmissä kerroksissa, jonka vuoksi ylimpiä kerroksia varten tulisi asentaa oma pumppuyksikkö. Rakennuksen alimmissa kerroksissa vesipatsaan luoma hydrostaattinen paine voi nousta rakennuksen korkeudesta riippuen niin suureksi, että paineenalennusventtiilien käyttö on pakollista, mikä nostaa järjestelmän hankintakustannuksia. (Teebagy 2011.)

Kuvan 3 mukaisessa ylöspäin syöttävässä järjestelmässä vesitankista johdetaan vesilinja rakennuksen alaosaan, josta nousevien haarojen avulla vesi jaellaan ylempiin kerroksiin. Ongelmakohdat ovat samat, kuin alaspäin jakavassa järjestelmässä. Lisäksi ylhäältä alas vietävälle vesilinjalle täytyy löytyä asennustilaa. Joidenkin insinöörien mielestä ylöspäin syöttävällä järjestelmällä saadaan aikaan parempi kontrolli käyttövesijärjestelmään, kuin alaspäin jakavalla järjestelmällä. (Teebagy 2011.)

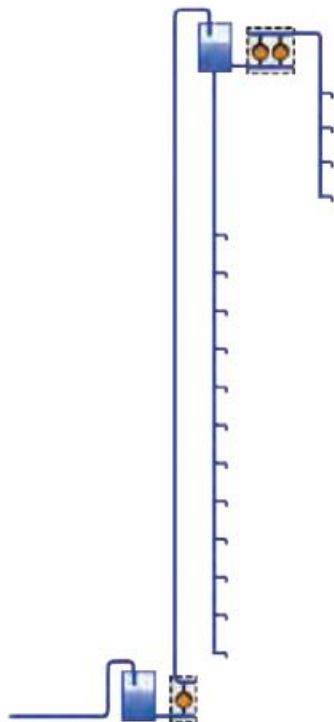


Kuva 2. Alaspäin jakavan kattotankkijärjestelmän yksinkertaistettu toimintaperiaate.  
(Teebagy 2011)



Kuva 3. Ylöspäin jakavan kattotankkijärjestelmän yksinkertaistettu toimintaperiaate.  
(Teebagy 2011)

Kuvan neljä mukaisessa nykyaikaisessa kattotankkijärjestelmässä kunnallisen vesijohdon ja paineenkorotusyksikön välissä on ns. katkaisutankki. Katkaisutankin käytöllä saavutetaan monenlaisia etuja. (Grundfos:n www-sivut 2013.) Kuvan neljä kattotankkijärjestelmä on varustettu yhdellä paineenkorotusasemalla sekä yläkerroksien pumppausyksiköllä.



Kuva 4. Grundfos laitevalmistajan esimerkkikuva kattotankkijärjestelmästä (Grundfos:n www-sivut 2013)

Jos paineenkorotusyksikkö ottaisi veden suoraan kunnallisesta vesijohtoverkosta olisi huolehdittava, että kunnallinen vesijohto pystyy vastaamaan alueen kaikkien rakennusten kulutushuippuihin samanaikaisesti. Mikäli kunnan vesijohto on riittämätön voi tehokas paineenkorotusasema rakennuksen kulutushuipun aikana aiheuttaa läheisten rakennusten käyttövesijärjestelmään takaisinvirtauksen, jossa vesi virtaa rakennuksista takaisin kunnanvesijohtoverkoston. Mahdollinen takaisinvirtaus muodostaa kunnan vesijohtoverkoston saastumisriskin. (Health aspect of plumbing 2006, 61) Katkaisutankin käytöllä pystytään turvaamaan rakennuksen veden saanti kulutushuippujen aikana, jolloin kunnallisen vesijohtoverkon kuormitus on suurimmillaan. Samalla suojataan kunnallista vesijohtoverkosta takaisinvirtaukselta sekä käynnistyvien ja sammuvien pumppujen vaikutuksilta. (Health aspect of plumbing 2006, 72).

Kattotankkijärjestelmissä vesitankit on nimensä mukaisesti sijoitettu rakennusten vesikatolle ulkoilmaan. Tämä mahdollistaa ilmasto-olojen salliessa veden jäätyminen, jonka vuoksi voi olla tarpeellista eristää vesitankki ja mahdollisesti myös varustaa se lämmityksellä. Kesällä riskinä on veden liiallinen kuumeneminen. (Brickley, Larson & Sanchez 2005, 1.) Käyttöveden lämpötilan noustessa yli 20 °C:n olosuhteet mahdollistavat legionella-bakteerin kasvamisen vesitankissa. (Heikkonen 2007) On ilmennyt myös useita tapauksia, joissa vesitankkiin päässyt lintu on saastuttanut rakennuksen käyttöveden. (Brickley, Larson & Sanchez 2005, 1) Vesitankin muodostamaa hygieniariskiä tulee hoitaa säännöllisillä vesitankin puhdistuksilla, joista onkin määrätty monissa maissa lailla (Grundfos:n www-sivut 2013.)

Kattotankkijärjestelmän energiatehottomuus, erityisvaatimukset rakennuksen rakenteille sekä vesitankkien huolto- ja putsaustarve nostavat ratkaisun hankinta- ja käyttökustannukset monia muita järjestelmävaihtoehtoja korkeammiksi. Kattotankkijärjestelmien käyttöä suositetaan kuitenkin edelleen tietyillä maantieteellisillä alueilla, kuten Keski- ja Etelä-Amerikassa, Lähi-idässä sekä Yhdysvaltojen itärannikolla. Järjestelmän tavallisin käyttökohde on tornitalo. Pelkästään New Yorkissa arvioidaan olevan 15000 kattotankkijärjestelmällä varustettua rakennusta. Kattotankkijärjestelmän etuina ovat toimintavarma ja yksinkertainen tekniikka, vähäinen tilan tarve sekä veden saannin mahdollistaminen myös sähkökatkokkien aikana. (Grundfos:n www-sivut 2013.)



Kuva 5. New Yorkissa sijaitsevia puisia kattotankkeja. (Grundfos:n www-sivut 2013.)

### 3.3 Kylmäkäyttövesijärjestelmä yhdellä paineenkorotusasemalla

Pumppaustekniikka on kehittynyt valtavasti kattotankkijärjestelmien kulta-ajoista, mikä on nostanut kuvan viisi mukaisen yhdellä paineenkorotusasemalla varustetun käyttövesijärjestelmän (englanniksi: Single booster system) tornitaloissa suosituksi vaihtoehdoksi. Moni valmistaja tarjoaa nykyaikaisia paineenkorotusasemia valmiina pakettikokonaisuuksina, jonka ansiosta säästetään tilaa ja saadaan asennustyöstä helppoa ja nopeaa. Pumpun automaattisella nopeusohjauksella pystytään ylläpitämään haluttua painetasoa ja pienentämään verkostoon kohdistuvia paine-iskuja, vaikka järjestelmän vedenkulutus vaihtelisi suuresti. Pumpun automaattisella nopeusohjauksella on saatu myös pienennettyä energiankulutusta ja lisättyä järjestelmän käyttövuosia. Kehittyneimmät paineenkorotusasemat on varustettu älykkäällä teknologialla, joka tarkkailee pumpun toimintaa ja ilmoittaa käyttäjälle, mikäli häiriötilanne ilmenee. (Brickley, Larson & Sanchez 2005, 2.)

Yhdellä paineenkorotusasemalla toteutetussa käyttövesiverkostossa vallitsee suuri staattinen paine. Tämän vuoksi verkoston putkien ja toimilaitteiden tulee olla korkea painetta kestäviä. Lisäksi järjestelmään tulee asentaa paineenalennusventtiileitä, jotta vältytään ääniongelmilta sekä saadaan vesikalusteiden vesivirtaamat ja toiminta moitteettomiksi. (Grundfos:n [www](http://www.grundfos.fi)-sivut 2013.) Kuvassa 6 on esitetty Grundfos laitevalmistajan mallikuva kylmästä käyttövesijärjestelmästä, joka on varustettu katkaisutankilla sekä yhdellä paineenkorotusasemalla.

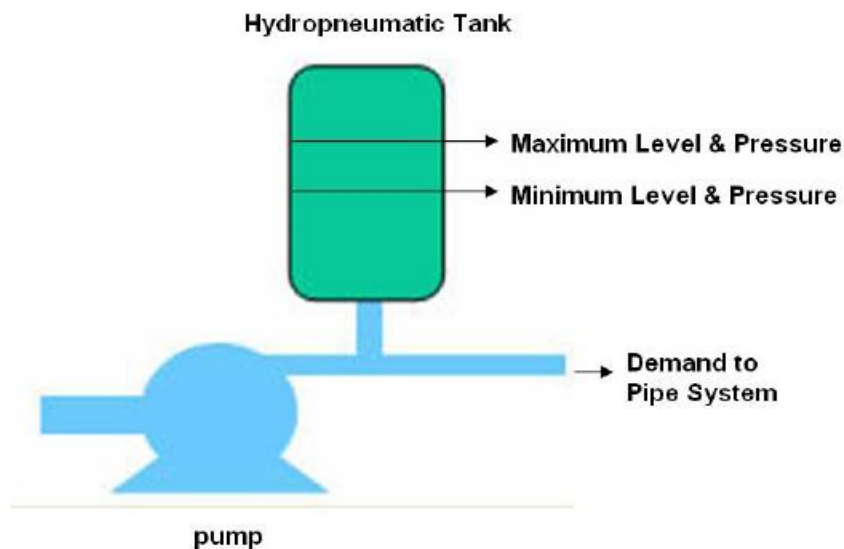


Kuva 6. Grundfos laitevalmistajan mallikuva yhdellä paineenkorotusasemalla varustetusta kylmästä käyttövesijärjestelmästä (Grundfos:n www-sivut 2013.)

### 3.3.1 Hydropneumaattinen tankki

Ajatellaan tilannetta, jossa pumpun kapasiteetti on 30 l/s, mutta verkoston tämän hetkinen veden kulutus on 3 l/s. Pumpun tulisi käynnistyä ja sammua jatkuvasti, jotta se pystyisi vastaamaan näin pieneen veden kulutukseen. Pumpun toistuva käynnistyminen ja sammuminen lyhentää pumpun käyttöikää ja aiheuttaa verkostoon lyhytaikaisia paineen vaihteluita, jotka vahingoittavat putkistoa sekä putkiston toimilaitteita. Hydropneumaattisella tankilla pystytään hallitsemaan pumpun käyntisyklejä sekä pienentämään pumpun käynnistymisen ja sammumisen verkostoon aiheuttamia hetkellisiä painenvaihteluita. (KYPipe:n www-sivut 2013.)





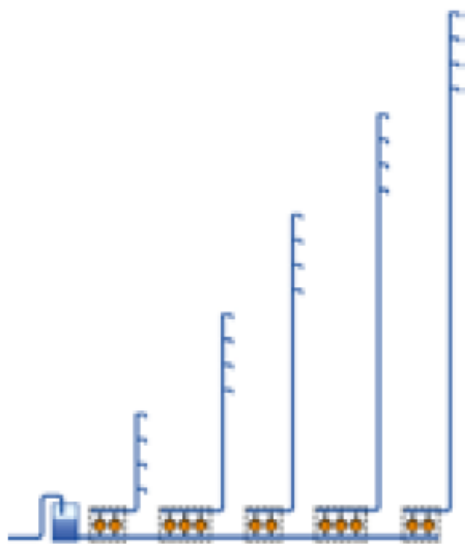
Kuva 7. Yksinkertaistettu kuva hydropneumaattisesta tankista. (KYPipe:n www-sivut 2013)

Hydropneumaattinen tankki on paineistettu ilmalla, perinteisessä ratkaisussa tankissa ilman ja veden välissä ei ole kalvoa, jolloin tankissa tulee olla ilmakompressori ilman lisäämiseksi. Tankin sisällä voi olla myös kalvo, jolla ilma ja vesi on erotettu toisistaan. Tällöin ilmakompressori ei ole tarpeellinen. Hydropneumaattisessa tankissa on anturit, joilla seurataan tankin veden pinnan korkeutta. Verkoston paineen laskiessa myös tankin paine ja veden pinta laskee. Paineen laskiessa minimi rajaan pumppu käynnistyy ja nostaa paineen maksimi rajaan. Tankkiin varatulla vedellä pystytään vastaamaan verkoston veden kulutukseen, kunnes painetaso laskee jälleen minimirajaan. Hydropneumaattisen tankin käyttö on aina suositeltavaa, mikäli käyttövesijärjestelmä toteutetaan yhdellä paineenkorotusasemalla. (Washington State Department of Health:n www-sivut 2013.)

#### 3.4 Kylmäkäyttövesijärjestelmä vyöhykejaolla ja omilla paineenkorotusasemilla

Vyöhykejaolla toteutetussa kylmässä käyttövesijärjestelmässä (englanniksi: Zone divided system) vyöhykekorkeuden maksimina pidetään yleisesti 12 kerrosta. Esimerkiksi 60 kerroksinen rakennus voidaan jakaa viiteen 12-kerroksiseen vyöhykkeeseen. Vyöhykejaon perustana ovat hyväksyttävänä pidettävät painetasot. Vyöhykkeen ylimmän ja alimman kerroksen vesikalusteiden vesivirtaama ja veden

painetaso tulee pysyä määräysten mukaisissa rajoissa. Vyöhykejaon tarkoituksena on välttyä paineenalennusventtiilien käytöltä sekä alemmissa vyöhykkeissä myös korkeapaineisilta putkilinjoilta. (Grundfos:n www-sivut 2013.) Kuvassa 8 on esitetty Grundfos laitevalmistajan mallikuva kylmän käyttövesijärjestelmän toteuttamisesta vyöhykejaolla sekä omilla paineenkorotusyksiköillä.



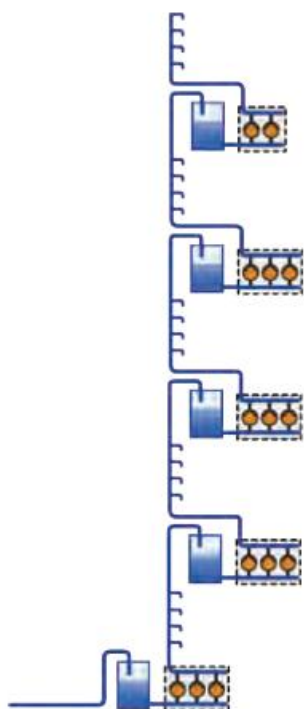
Kuva 8. Grundfos laitevalmistajan mallikuva kylmän käyttövesijärjestelmän toteuttamisesta vyöhykejaolla. (Grundfos:n www-sivut 2013)

Kokonaisuudessaan kylmäkäyttövesijärjestelmä koostuu useista erillisistä paineenkorotusyksiköistä, jotka palvelevat omia vyöhykkeitään. Tämä johtaa useisiin nousulinjoihin. Suurin osa vyöhykkeistä tarvitsee toteuttaa korkeaa painetta kestäväällä putkistolla sekä toimilaitteilla.

### 3.5 Sarjaan kytketty kylmäkäyttövesijärjestelmä katkaisutankeilla

Kuvan yhdeksän mukaisessa sarjaan kytketyssä katkaisutankeilla varustetussa kylmässä käyttövesijärjestelmässä (englanniksi: Series-connected system with intermediate break tanks) on hyödynnetty eri järjestelmävaihtoehtojen hyviä puolia. Järjestelmä on jaettu vyöhykkeisiin, jotka on erotettu toisistaan katkaisutankeilla. Katkaisutankkeihin pystytään varastoimaan vettä kulutushuippuja varten, minkä vuoksi pumppausyksiköt sekä putkisto voidaan mitoittaa kulutushuipun tarvetta huomattavasti pienemmäksi. Pumppuyksiköt palvelevat omaa vyöhykettään sekä sen

yläpuolella olevaa katkaisutankkia. Ketjutuksesta johtuen pumppuyksiköiden koko pienenee ylemmäs mentäessä. Katkaisutankkien avulla pumppausketju saadaan katkaistua. Seuraava pumppausyksikkö ottaa tarvitsemansa veden paineettomasta katkaisutankistaan ja pumppaa vettä omaan vyöhykkeeseensä sekä yläpuolella olevaan katkaisutankkiin. Näin järjestelmän vyöhykkeet pysyvät matalapaineisina eikä järjestelmään tarvitse asentaa paineenalennusventtiileitä eikä korkeaa painetta kestävää putkistoa. Hyvänä vyöhykekorkeutena toimii tyypillinen 12-kerroksinen jako. (Grundfos:n www-sivut 2013.)



Kuva 9. Yksinkertaistettu mallikuva sarjaan kytketystä kylmästä käyttövesijärjestelmästä katkaisutankeilla. (Grundfos:n www-sivut 2013)

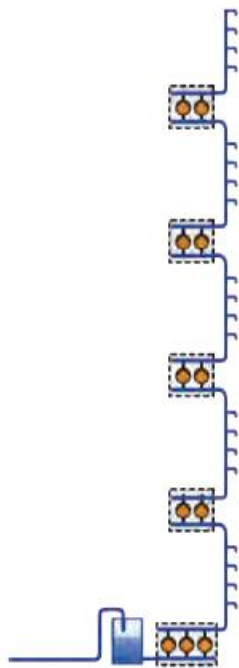
Pienemmän energiankulutuksen lisäksi matalaa painetta tuottavien pumppujen tehontarve on selvästi pienempi, kuin korkeapainepumppujen. Tämän vuoksi pumput kohdistavat sähköverkkoon pienemmän kuormituksen, joka voi johtaa pienemmän sähköliittymän tarpeeseen.

Katkaisutankit sekä useat pumppausyksiköt vaativat paljon tilaa, joka vähentää rakennukseen tuottavaa pinta-alaa. Katkaisutankkeihin voi muodostua

mikrobikasvustoa, joka aiheuttaa tankeille puhdistus- ja tarkastuskustannuksia. (Grundfos:n www-sivut 2013.)

### 3.6 Sarjaan kytketty kylmäkäyttövesijärjestelmä

Sarjaan kytketty järjestelmä (englanniksi: A series connected system) toimii samoilla periaatteilla, kuin edellä mainittu järjestelmä, mutta ilman välissä olevia katkaisutankkeja. Järjestelmän etuna on energiatehokkuus, kuten katkaisutankeillakin varustetussa järjestelmässä, sillä vettä ei pumpata sitä tarvitsevan vyöhykkeen yläpuolelle. Järjestelmässä korostuu kokonaisuuden kontrolloinnin hallitseminen. Kun vettä tarvitaan ylimmissä kerroksissa tulee kaikkien alapuolella toimivien pumppausyksiköiden toimia yhdessä, jotta verkoston paine pysyy halutulla tasolla. Järjestelmän välissä ei ole katkaisutankkeja, mikä säästää tilaa ja pienentää huoltokustannuksia. (Grundfos:n www-sivut 2013.)



Kuva 10. Grundfos laitevalmistajan yksinkertaistettu mallikuva sarjakytkennällä toteutetusta kylmästä käyttövesijärjestelmästä. (Grundfos:n www-sivut 2013.)

## 4 ESIMERKKITAPPAUS ERI KÄYTTÖVESIJÄRJESTELMIEN KUSTANNUKSISTA 20 VUODEN AJALTA

### 4.1 Vertailun lähtökohdat

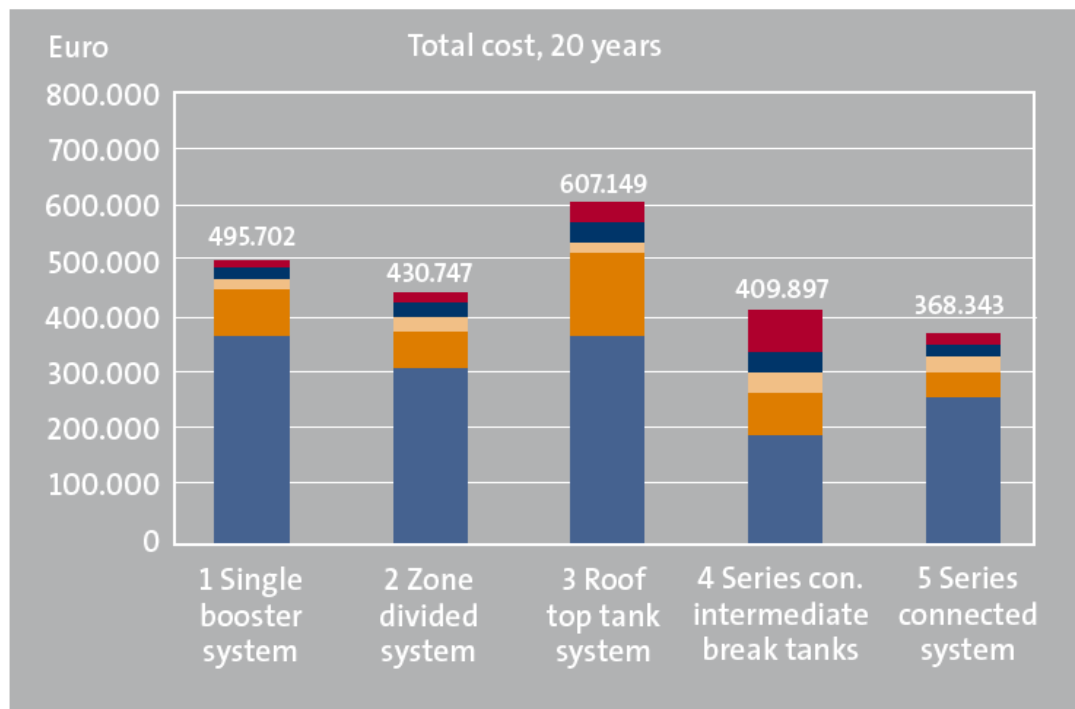
Esimerkkitapauksena toimii Grundfos laitevalmistajan kehittämä kuvitteellinen tapaus 250 metriä korkeasta toimistorakennuksesta, jossa vertaillaan viittä edellä kuvailtua ratkaisuvaihtoehtoa. Rakennuksen päivittäinen käyttöveden kulutus on 295 m<sup>3</sup>. Tapauksessa on huomioitu ainoastaan käyttövesijärjestelmän vedentarve. (Grundfos:n www-sivut 2013.)

Normaalisti elinkaarikustannusten tarkastelussa keskitytään järjestelmien kolmeen päätekijään: hankinta-, ylläpito sekä energiakustannuksiin. Luotettavuuden lisäämiseksi kyseisessä esimerkkitapauksessa on otettu huomioon:

- paineenkorotusasemien kustannukset (pumput, taajuusmuuntajat, käyttötaulu, painesensorit sekä hydropneumaattiset tankit)
- järjestelmän putkistokustannukset (Nousulinjat ruostumatonta terästä eristettyinä ja asennettuina, vesitankit sekä paineenalennusventtiilit)
- ylläpitokustannukset 20 vuoden ajalta (paineenkorotusasemat, katto- ja katkaisutankit sekä putkisto ja paineenalennusventtiilit)
- Energiakustannukset sekä
- Laitteiden vuoksi menetetyistä kerrospinta-alasta koituvat tulomenetykset.

(Grundfos:n www-sivut 2013.)

Kuvassa 11 on esitetty pylväsiagrammina viiden esitellyn käyttövesijärjestelmän kustannukset 20 vuoden ajalta. Sinisellä energia kustannukset, ruskealla putkisto kustannukset, vaalean ruskealla paineenkorotusasemien kustannukset, tummansinisellä ylläpitokustannukset ja punaisella menetetyistä kerrospinta-alasta koituvat tulomenetykset.



- Energy costs, 20 years. €
- Initial cost, tanks and piping. €
- Initial cost, boosters. €
- Maintenance costs, 20 years. €
- Lost revenue, 20 years. €

Kuva 11. Pylväsdiagrammi, jossa on esitetty viiden esitellyn käyttövesijärjestelmän kustannukset 20 vuoden ajalta. (Grundfos:n www-sivut 2013)

#### 4.2 Vertailun tulokset

Veden liikuttaminen putkessa kuluttaa energiaa, kuten myös paineen tuottaminen, vaikka putkistossa ei olisi virtausta. Korkean paineen ylläpitämiseen tarvitaan paljon energiaa. Tämän vuoksi matalalla veden paineella toimivat käyttövesijärjestelmät ovat korkeapaineisia käyttövesijärjestelmiä energiatehokkaampia. ”Single booster system” on korkeapaineinen järjestelmä, mikä näkyy korkeana energiankulutuksena. ”Roof top tank system” on myös korkeapaineinen järjestelmä, mutta sen

paineentuotto ei perustu pumppaukseen vaan rakennuksen katolla olevan vesitankin aiheuttamaan hydrostaattiseen paineeseen. ”Roof top tank system” osoittautuu aiheutuvien kustannuksien kannalta huonoimmaksi vaihtoehdoksi. Energian kulutus on järjestelmävaihtoehdoista suurin, mikä on nopeasti ajateltuna yllättävää, sillä pumppu pystyy toimimaan vakionopeudella ilman turhia käyntikatkoksia. Suuren energian tarpeen aiheuttajana on veden pumppaaminen kulutuskohteiden yläpuolelle.

Kuvan 11 pylväsdiagrammista nähdään, kuinka energiakustannukset dominoivat kaikkien järjestelmien tuottamia kustannuksia. Järjestelmän hankintakustannukset ovat yllättävän pienessä roolissa 20 vuoden aikana koituvista kokonaiskustannuksista. Rakennuksen käyttövesijärjestelmän kustannuksia ei tule pitää ainoana järjestelmän valintaperusteena. Järjestelmän valinnassa tulee huomioida monia asioita, joista osa ilmenee rakennuskohtaisina haasteina. Rakennuksen fyysiset ominaisuudet voivat itsessään puoltaa vahvasti tietyn käyttövesijärjestelmän hylkäykseen tai valintaan. Muut talotekniikkajärjestelmät voivat vaikuttaa valintaan käytettävissä olevien tilojen vuoksi. Talotekniikalle on voitu varata tietty kerrospinta-ala käytettäväksi, johon talotekniikkajärjestelmien tulisi mahtua. Tämä voi jo yksistään johtaa esimerkiksi katkaisutankkeihin perustuvan järjestelmän pois sulkemiseen tankkien vaatiman suuren tilan vuoksi. Putkistomateriaalit sekä komponentit voivat yksinään tai yhdessä rakennuksen ominaisuuksien kanssa aiheuttaa rajoitteita tietyille järjestelmille.

## 5 LÄMMINKÄYTTÖVESI

### 5.1 Hyvän lämpimän käyttövesijärjestelmän piirteet

Rakennuksen lämpimän käyttövesijärjestelmän tehtävänä on tuottaa ja kuljettaa lämmintä käyttövettä rakennuksen sitä tarvitseville vesipisteille, kuten suihkuille ja pesuallashanoille. Hyvin toteutettu lämmin käyttövesijärjestelmä on toiminnaltaan luotettava, energiatehokas, edullinen hankintakustannuksiltaan sekä ei toimintatapansa vuoksi aiheuta turhaa veden kulutusta tai melua. Korkeiden rakennusten lämmin käyttövesijärjestelmä tulee varustaa kiertovesijärjestelmällä tai

lämpimän veden saattolämmityksellä, jotta lämmin käyttövesi pysyisi lämpimänä putkistossa ollessaan. Näin pyritään estämään legionella bakteerin kasvulle soveltuvan olosuhteen syntyminen putkistoon sekä takaamaan, että vesipisteestä saadaan lämmintä vettä nopeasti ilman turhaa veden juoksuttamista.

## 5.2 Lämpimän käyttöveden kiertovesijärjestelmät

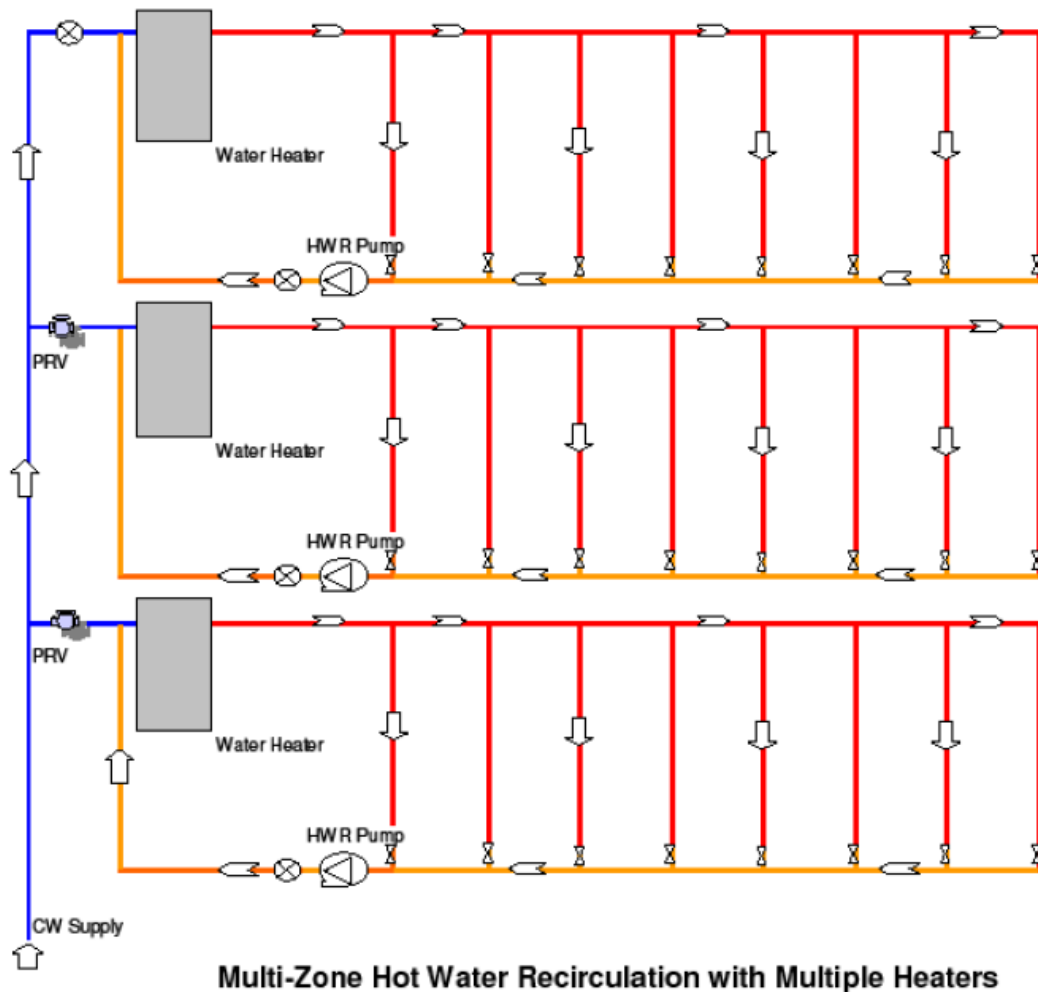
Korkeiden rakennusten lämpimien käyttövesijärjestelmien kiertovesijärjestelmät ovat tuottaneet ongelmia suunnittelijoille yhtä kauan, kuin korkeita rakennuksia on tehty. Korkeissa rakennuksissa käyttövesijärjestelmät jaetaan tyypillisesti vyöhykkeisiin painetasojen kurissa pitämiseksi, joka hankaloittaa erityisesti lämpimän käyttöveden kiertovesijärjestelmän suunnittelua. (Jackson 2009.) Ongelmakohtina ovat korkea järjestelmäpaine, isoiksi muodostuvat kitkapainehäviöt sekä suuresti vaihteleva veden kulutus. Tämän vuoksi rakennus jaetaan tyypillisesti 8-12 kerroksen vyöhykkeisiin. (Larkin 2012.) Lämpimän ja kylmän käyttöveden vyöhykejakojen tulisi olla yhteneviä (Ladd 2005, 56). Lämpimän käyttöveden kiertovesijärjestelmä voidaan toteuttaa usealla erilaisella ratkaisuvaihtoehdolla. Suunnittelukohteen ominaisuuksien ja vaatimusten mukaan valitaan parhaaksi vaihtoehdoksi osoittautunut toteuttamistapa.

### 5.2.1 Vyöhykekohtaisilla lämmönsiirtimillä toteutettu lämminkäyttövesijärjestelmä

Vyöhykekohtaisilla lämmönsiirtimillä toteutetussa ratkaisussa jokaisella vyöhykkeellä on kaksi lämmönsiirintä, joista toinen on takaamassa järjestelmän toimintavarmuutta. Tämä muodostuu helposti kalliiksi toteutustavaksi. Kuvassa 12 on esitetty esimerkkikuva vyöhykekohtaisilla lämmönsiirtimillä toteutetusta lämpimästä käyttövesijärjestelmästä. Kuvassa näkyy kolme vyöhykettä, joilla on omat lämmönsiirtimensä. Jokaisessa vyöhykkeessä on lämpimän veden kiertovesipumppu, joka kierrättää vettä takaisin vyöhykkeen lämmönsiirtimelle. Kuva kahden alemman vyöhykkeen kylmävesisyötöt on varustettu paineenalennusventtiileillä (PRV). (Larkin 2012.) Sinisellä värillä on kuvattu kylmän veden syöttö, punaisella järjestelmään menevä lämmin vesi ja oranssilla



lämmönsiirtimelle palaava lämmin vesi. Harmaat suorakulmiot ovat lämmönsiirtimiä.

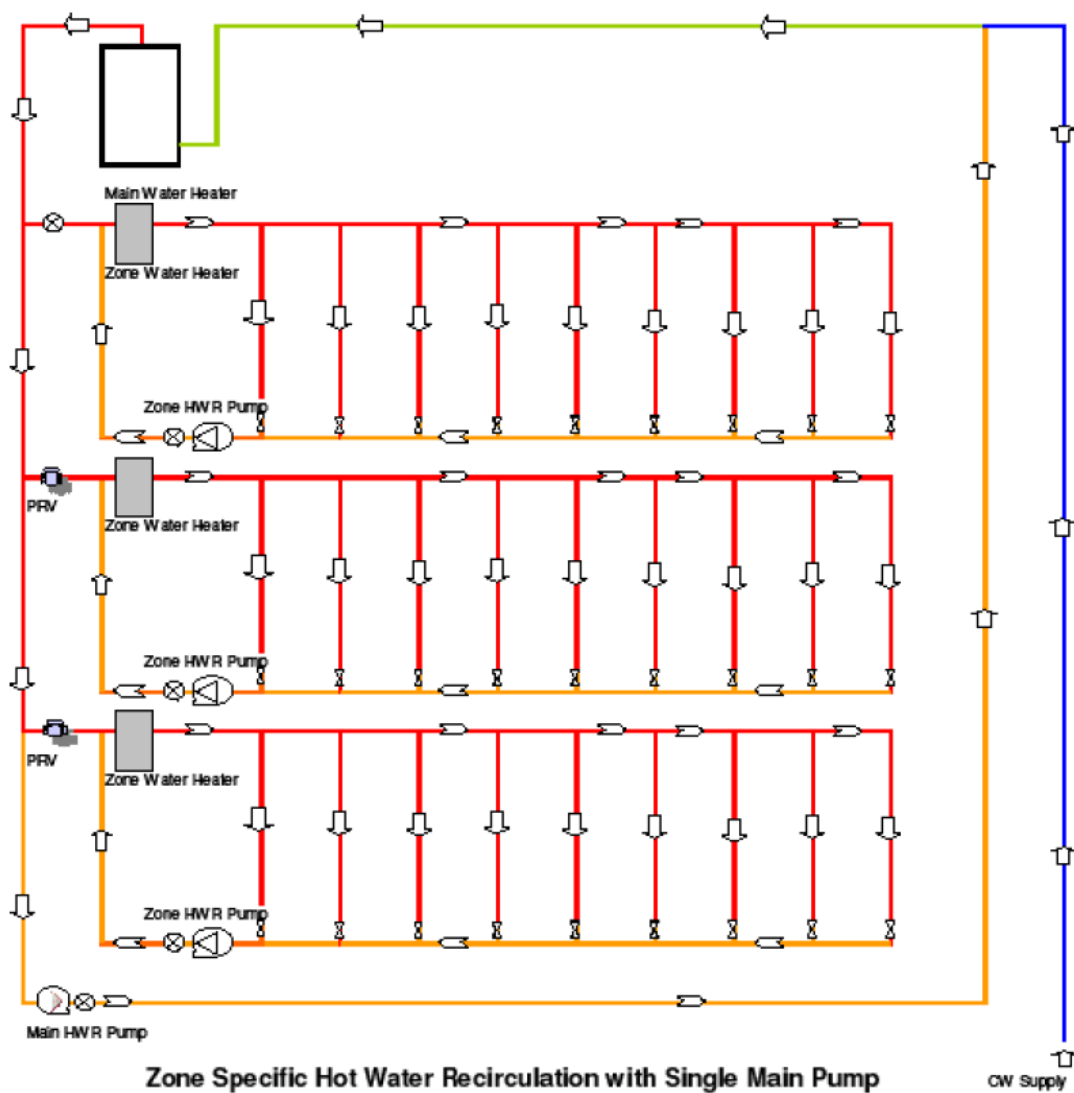


Kuva 12. Mallikuva usealla lämmönsiirtimellä toteutetusta lämpimästä käyttövesijärjestelmästä. (Teebagy 2011)

### 5.2.2 Keskitetty lämmin käyttövesijärjestelmä

Insinöörit ovat kehittäneet vyöhykejakoisilla lämmönsiirtimillä varustettua lämmintä käyttövesijärjestelmää taloudellisesti kannattavamman ratkaisun, jossa koko rakennuksen lämminkäyttövesi tuotetaan keskitetysti usealla suurella lämmönsiirtimellä. Järjestelmään kuuluu myös varalämmönsiirtimiä sekä lämpimänveden varaajatankki, jotka on tyypillisesti sijoitettu samaan paikkaan, yhteen rakennuksen ylimmistä kerroksista. (Larkin 2012.) Järjestelmässä on kiertoveden päälenkki, josta vyöhykkeet saavat tarvitsemansa veden. Vyöhykkeissä

oleva vesi ei palaa missään vaiheessa takaisin päälänkkiin, vaan sitä kierrätetään vyöhykekohtaisissa lenkeissä. Vyöhykelenkit on varustettu pienillä kiertovesipumpuilla sekä lämmönsiirtimillä, joilla paikataan putkiston läpi siirtyvät lämpöhäviöt. Kuvassa 13 on esitetty keskitetty lämmin käyttövesijärjestelmä, jossa on kolme eri vyöhykettä. Sinisellä värillä on kuvattu kylmän veden syöttö, punaisella järjestelmään menevä lämmin vesi ja oranssilla lämmönsiirtimelle palaava lämmin vesi. Vihreällä on merkattu alue, jossa kylmä ja lämmin kiertovesi pääsevät sekoittumaan. Harmaat suorakulmiot ovat pieniä vyöhykelämmönsiirtimiä. Järjestelmän päälämmönsiirrin on kuvan vasemmassa ylänurkassa oleva valkoinen suorakulmio.



Kuva 13. Keskitetty lämmin käyttövesijärjestelmä kolmella vyöhykkeellä (Teebagy 2011)

### 5.3 Lämpimän käyttöveden saattolämmitys

Hankaliksi osoittautuneille lämpimän käyttöveden kiertovesijärjestelmille on olemassa toimiva vaihtoehto, lämpimän käyttöveden saattolämmitys. Saattolämmitys on kiertovesijärjestelmää huomattavasti varmatoimisempi ja yksinkertaisempi. Saattolämmitys koostuu tyypillisesti itsestään säätyvistä sähkökaapeleista sekä valvonta- ja hallintajärjestelmästä. Sähkökaapeli kiinnitetään putken ulkopintaan lämmöneristyksen alle. Kaapelin ollessa putken ulkopuolella se ei joudu sietämään putkistossa mahdollisesti olevaa suurta painetta. (Larkin 2012.)

Järjestelmä on kokonaisuudessaan, kuin keskitetty lämmin käyttövesijärjestelmä, josta on jätetty kiertovesijärjestelmä pois. Lämmin käyttövesi tuotetaan keskitetysti ja putkiston läpi siirtyvät lämpöhäviöt paikataan putken pintaan asennetuilla saattolämmityskaapeleilla. Järjestelmä tulee edelleen jakaa painevyöhykkeisiin. Saattolämmityskaapelit asennetaan tyypillisesti jokaiseen pystylinjaan sekä haaralinjaan, tarvittaessa myös pitkiin kytkentäjohtoihin. (Larkin 2012.)

Lämpimän käyttöveden saattolämmitys on kiertovesijärjestelmää energiatehokkaampi. Saattolämmitys käyttää vain sen verran energiaa, kuin menoputkissa syntyy lämpöhäviöitä. Kiertovesijärjestelmässä lämpöhäviöitä syntyy meno- sekä paluuputkistossa. Saattolämmityksen pumppauskustannukset ovat pienemmät, koska kiertovesipumppuja ei tarvita. (Larkin 2012.)

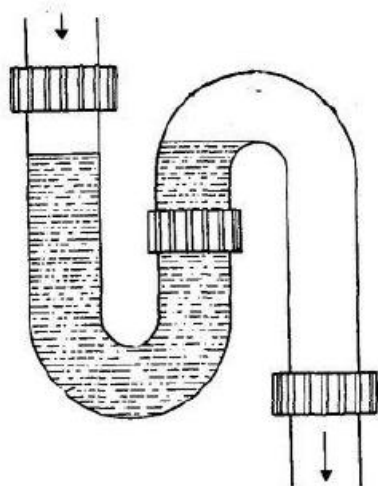
## 6 KORKEAN RAKENNUKSEN VIEMÄRIJÄRJESTELMÄ

### 6.1 Vesilukkojen merkitys viemärijärjestelmässä

Rakennuksen viemärijärjestelmän tarkoituksena on ohjata turvallisesti rakennuksessa syntyneet likavedet kunnalliseen viemäriverkostoon aiheuttamatta rakennukseen haju- tai äänihaittoja. Tarkoituksena on turvata hygieeninen asuinympäristö.

Viemärijärjestelmän tulee olla tukkeutumaton, luja ja taloudellisesti järkevä kokonaisuus (Ho 2010).

Viemärijärjestelmä ja rakennuksen sisätilat on erotettu toisistaan vesilukkojen avulla. Kuvassa 14 on esitetty vesilukon toimintaperiaate. Vettä tulee vesilukkoon ylhäältä päin esimerkiksi yksi desilitra, jolloin tuleva vesi työntää vettä pois vesilukosta yhden desilitran verran. Pois työntynyt vesi jatkaa matkaansa viemäriverkostossa. Ilman vesilukkoja viemärijärjestelmän likaantunut ilma pääsisi rakennuksen sisätiloihin, mikä voi olla hajuhaittojen lisäksi terveydelle haitallista. Vuonna 2003 Hong Kongilaisessa asuinkerrostalossa SARS virus sai mahdollisuuden levitä asuinhuoneistoon kuivuneen vesilukon kautta (Post 2009, 20).



Kuva 14. Vesilukko, jossa oleva vesi on kuvattu harmaalla. (Ho 2010)

Vesilukko voi rikkoontua kuivumisen lisäksi myös viemäriverkostossa esiintyvän ylipaineen tai alipaineen johdosta. Viemärissä olevan ylipaineen noustessa riittävän korkeaksi ilmaa voi työntyä viemäriverkostosta huonetilaan vesilukon lävitse. Viemärissä esiintyvä alipaine voi imeä huoneistosta ilmaa viemäriin vesilukon lävitse ottaen mukaansa samalla vesilukosta vettä. Viemärin ja huoneiston välille voi näin syntyä pysyvä ilmayhteys, mikäli vesilukosta poistuu riittävä määrä vettä.

## 6.2 Vertikaalinen viemärijärjestelmä

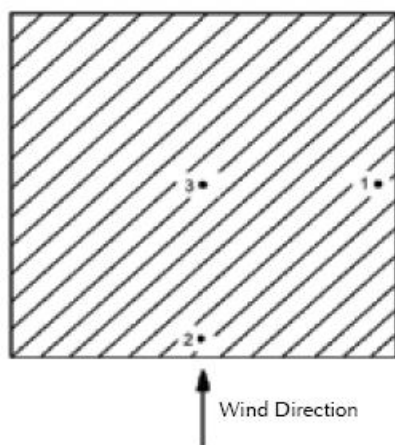
Korkean rakennuksen viemärijärjestelmää suunniteltaessa on tärkeää huomata, että suunnittelun perustana voi olla vertikaalinen kokonaisuus. Vertikaalisella viemärijärjestelmällä on tarkoituksena luoda rakennukseen viemäriverkosto, jossa on mahdollisimman vähän vaakaviemäri osuuksia. Yleensä vertikaalinen viemärijärjestelmä on tehokkaampi ratkaisu korkeissa rakennuksissa. (Conelly 2007, 34.) Tarkoituksena on minimoida asennuskustannukset (Teebagy 2011). Vertikaaliseen järjestelmään tarvitaan vähemmän asennusosia ja kannakkeita sekä tilantarve välikatoissa on pienempi vähäisten horisontaalisten viemäriosuuksien vuoksi. (Conelly 2007, 34.) Ideaalitulanteessa pystyviemärit on sijoitettu wc-tilojen välittömään läheisyyteen (Teebagy 2011). Vertikaalisen viemärijärjestelmän miinuksena ovat useat pystyviemärit, jotka aiheuttavat useita läpivientejä välipohjiin. Korkeat rakennukset vaativat jyrkkiä rakenteita, kuten jännitettyjä palkkeja ja elementtejä, joiden läpäiseminen voi olla tarkoin rajoitettua. Tämä vaikeuttaa pystyviemärien sijoittamista. Pystyviemärit voivat olla vaaraksi palotilanteessa, sillä ne voivat toimia savun ja tulen kulkureittinä kerroksien välillä. (Conelly 2007, 34.)

## 6.3 Tuulen vaikutus rakennuksen viemäriverkostoon

Tuulen vaikutus viemärijärjestelmään korostuu, kun kyseessä on korkea rakennus. Tuulen törmätessä rakennukseen rakennuksen ympärille muodostuu positiivisia ja negatiivisia ilmanpainevyöhykkeitä. Rakennuksen tuulenvastaiselle sivulle muodostuu positiivinen paine ja tuulensuojaiselle puolelle sekä katolle negatiivinen paine. Katolle muodostuva negatiivinen paine vaikuttaa katolla oleviin tuuletusviemäriin ja näin koko rakennuksen viemärijärjestelmään. Tasainen tuuli aiheuttaa tasaisen alipaineen tuuletusviemäriin, jota tuulenpuuskat voi hetkellisesti suurentaa. Tuuletusviemäriin syntyvän alipaineen suuruus riippuu rakennuksen korkeudesta, tuulen nopeudesta sekä tuuletusviemärien sijainnista katolla. (Post 2009, 1.)

Mallinnetussa esimerkkilaskelmassa on tarkasteltu 60 metriä sekä 200 metriä korkeita rakennuksia. Rakennuksien ainoana eroavaisuutena on korkeus. Kuvassa 15

on esitetty rakennusten katolla olevien tuuletusviemärien sijainnit numeroituina. Kuvassa 16 on esitetty laskelman tulokset taulukkomuodossa. Laskelmassa on käytetty tuulen nopeutena 10 m/s sekä 15 m/s. Kuvan 16 taulukossa esitetyt painelukemat ovat tuulenpuuskan aiheuttamia alipaineita tuuletusviemäriin. Tuulenpuuskan aiheuttama paineen lasku tuuletusviemäriissä voi kestää pienimmillään sekunnin murto-osia. Tuuletusviemäriin kohdistuvalla kovalla alipaineella voi olla kuitenkin isoja vaikutuksia rakennuksen viemäriverkoston. Kuvan 16 taulukosta näkyy, että tuuletusviemärien sijainnilla on suuri vaikutus syntyvän alipaineen suuruuteen. Viemärijärjestelmää suunniteltaessa tuuletusviemärien sijainti tulee harkita tarkkaan. (Post 2009, 1.)



Kuva 15. Mallinnetun esimerkkilaskelman tuuletusviemärien sijainnit. (Post 2009, 2)

Building height (m)	Position 1		Position 2		Position 3	
	Pressure at 10m/s (Pa)	Pressure at 15m/s (Pa)	Pressure at 10m/s (Pa)	Pressure at 15m/s (Pa)	Pressure at 10m/s (Pa)	Pressure at 15m/s (Pa)
60	-660	-1485	-360	-810	-162	-365
200	-1800	-4050	-1800	-4050	-960	-2160

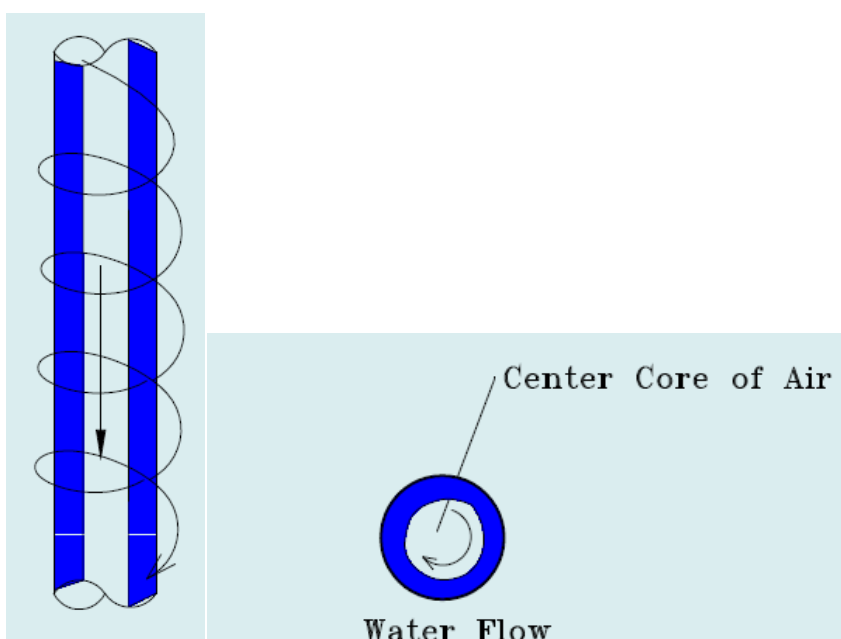
Kuva 16. Taulukossa on esitetty mallinnetun esimerkkilaskelman tulokset. (Post 2009, 2)

#### 6.4 Veden virtaus pystyviemäriissä

Vesikalusteelta viemäriverkoston vapautuu vettä hetkellisesti sekä ajallisesti sattumanvaraisesti (Chadderton 2007, 206). Viemärijärjestelmän virtaukset ovat,

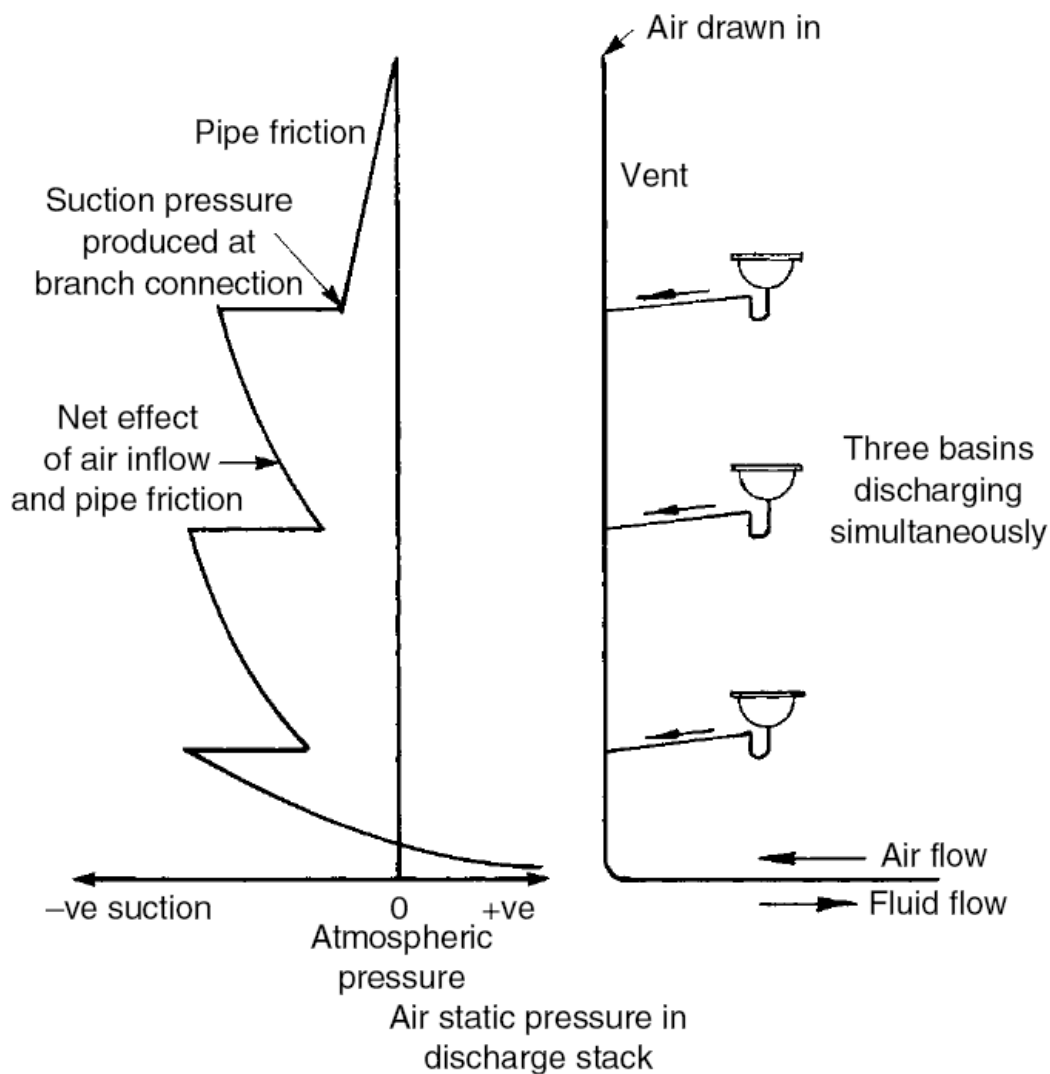
kuin lyhytkestoisia aaltoja. Veden saapuessa vaakaviemäristä pystyviemäriin se putoaa painovoiman vaikutuksesta alaspäin. Putkessa putoava vesi työntää edessään olevaa ilmaa alaspäin luoden eteensä positiivisen paineen. Veden taakse syntyy negatiivinen paine. (Post 2009, 1.) Vesi muodostaa pudotessaan rengasmaisen virtauksen, jossa osa vedestä painuu viemäriputken reunoille ja osa putoaa vapaasti putken keskiosassa. Veden putoamisen edetessä suurin osa putken keskiosassa putoavasta vedestä kulkeutuu putken reunoille, koska putoavan veden edessä kulkeva ilma pyrkii kulkemaan veden takapuolelle tasoittaakseen syntynyttä paine-eroa. Noin 15-30% vedestä putoaa kuitenkin vapaasti suuremmalla nopeudella viemärin keskiosassa. (Post 2009, 1.) Rengasmaisen virtaus on muodostunut 3-5 metrin putoamisen jälkeen ja lopulliseksi virtausnopeudeksi vakiintuu 3-5 m/s (White 2011).

Putken reunoja pitkin putoavaan veteen muodostuu kuvan 17 mukainen kierreliike. Kuvassa 17 kierreliike on nuolella esitetty tiheäksi paremman havainnollistavuuden vuoksi, todellisuudessa kierreliike on kuitenkin hyvin vähäinen. (Teebagy 2011.) Veden putoamisnopeus ei pääse kasvamaan putkessa yhtä suureksi, kuin rajoittamattomassa tilassa, koska putken seinämän ja veden välinen kitka sekä edellä työntyvä ilma vastustavat veden putoamista (Conelly 2007, 30). Veden putoamisen aiheuttamat paineen vaihtelut viemäriissä voivat olla rajuja. Syntyviin painemuutoksiin vaikuttaa monet tekijät, kuten pystyviemäriin liitetyt vaakaviemärit sekä viemäreiden tuuletuksen toteuttaminen.



Kuva 17. Viemäriputken reunoja pitkin putoava vesi sivusuunnasta sekä ylhäältä päin. Suoralla nuolella on osoitettu veden putoamissuunta, spiraali nuolella on kuvattu veden kierreliikettä. (Teebagy 2011)

### 6.5 Paineen vaihtelu pystyviemäriissä



Kuva 18. Pystyviemäriissä tapahtuvia paineenvaihteluita. (Chadderton 2007, 208)

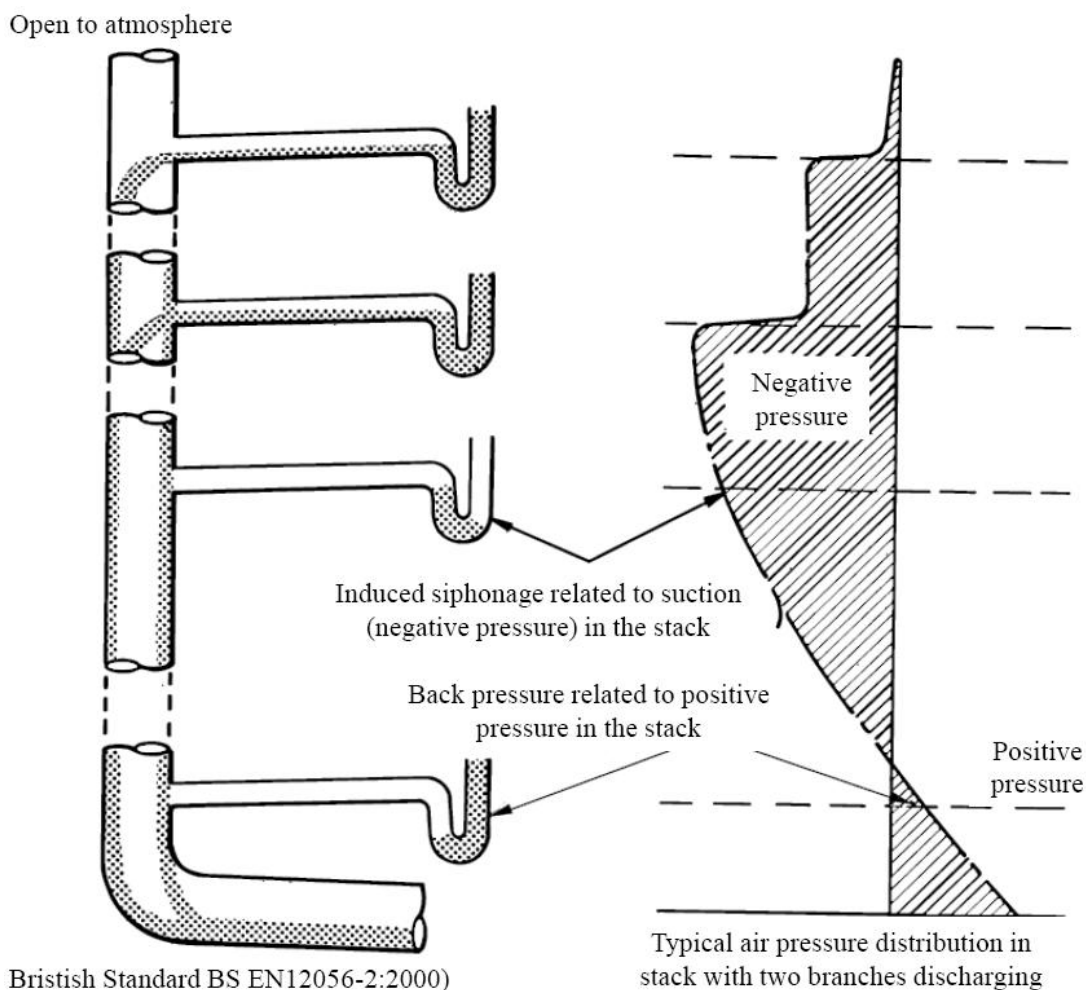
Kuvassa 18 on esitetty tuuletettu pystyviemäri, johon on kytketty kolme pesuallasta erillisillä vaakaviemäreillä. Pystyviemäri muuttuu kuvan alareunassa vaakaviemäriksi, joka johtaa oikealle päin. Viemäri on esitetty kuvan oikeassa reunassa. Kuvan vasemmanpuoleinen osa kuvaa viemäriin paineenvaihteluita. Käyrän ollessa nolla-viivan vasemmalla puolella viemäriin paine on negatiivinen eli



ilmanpainetta matalampi. Käyrän ollessa nolla-viivan oikealla puolella viemärin paine on positiivinen eli vallitsevaa ilmanpainetta suurempi paine.

Ylimmästä pesualtaasta päästetään vettä viemäriin, jolloin viemärin päästä tulee ilmaa verkostoon syntyneen alipaineen vuoksi. Viemäriin tulleen ilman edetessä viemärissä sen paine putoaa negatiiviseksi viemärin ja ilman välisen kitkavoiman vaikutuksesta. Ylimmän ja keskimmäisen pesualtaan välissä viemärin päästä tuleva ilma pienentää negatiivista painetta, mutta kitkavoiman vaikutus pyrkii kasvattamaan sitä. Vallitseva paine on näiden tekijöiden summa. Tulevalla ilmalla on suurempi vaikutus paineeseen, joten viemärin paine alkaa lähestyä nolla-tasoa. Toisesta pesualtaasta tuleva vesi kasvattaa negatiivista painetta sekä vaikeuttaa ilman kulkua pystyviemärissä. Keskimmäisen ja alimmaisen pesualtaan välissä viemärin päästä tuleva ilma pääsee pienentämään negatiivista painetta samalla tavalla, kuin ylempien pesualtaiden välissä. Alimmaisen pesualtaan jälkeen viemärin paine alkaa tasaantua viemärin päästä tulevan ilman vaikutuksesta.

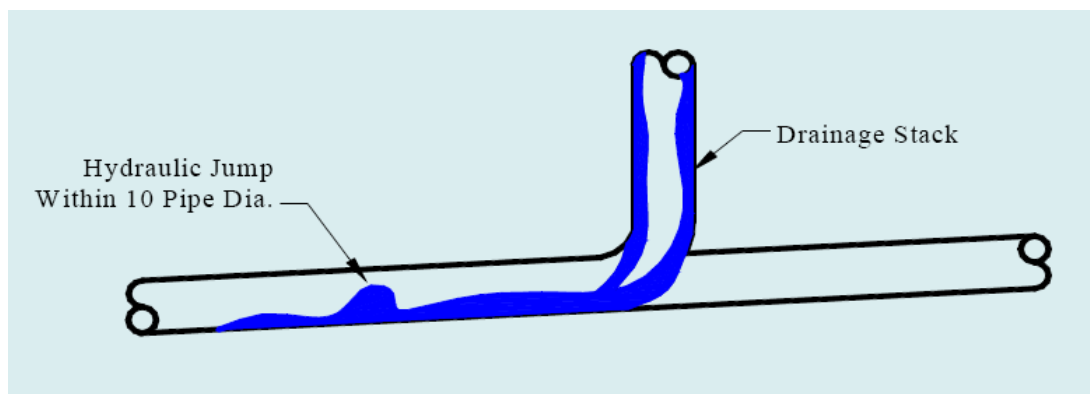
Kuvassa 19 periaate on sama, kuin kuvassa 18. Kuvan vasemmalla puolelle on kuvattu tuuletettu pystyviemäri, johon on liitetty neljä vaakaliitosta, joiden päissä on vesilukot. Kuvan oikealle puolelle on kuvattu viemärissä tapahtuvat paineen vaihtelut. Keskiviivan vasen puoli on negatiivisen paineen ja oikea puoli positiivisen paineen alue. Kahdesta ylimmästä liitoksesta tuleva vesi aiheuttaa pystyviemäriin negatiivisen paineen. Toiseksi alimman liitoksen kohdalla pystyviemärissä on voimakas negatiivinen paine, mikä aiheuttaa vesilukkoon imua. Negatiivisen paineen aiheuttama imu pyrkii vetämään huonetilasta ilmaa viemäriin vesilukon lävitse. Toiseksi alimmaisen ja alimmaisen liitoksen välillä pystyviemärin paine kehittyy positiiviseksi, mikä aiheuttaa alimmaiselle vesilukolle viemäri-ilman läpityöntymisriskin.



Kuva 19. Pystyviemäri, johon on kytketty neljä vaakaviemäriä. Viemäriin vieressä on kuvaaja, joka esittää pystyviemärissä tapahtuvia paineenvaihteluita. (Ho 2010)

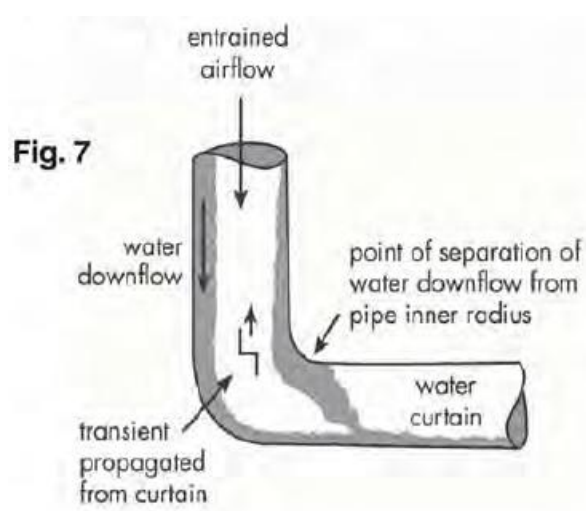
## 6.6 Pystyviemäriin suunnanmuutos sekä hydraulinen hyppy

Pystyviemäriin muuttuessa nopeasti vaakaviemäriksi viemäriin voi muodostua kuvan 20 mukainen hydraulinen hyppy. Hydraulinen hyppy on kuin aalto, joka syntyy veden nopean virtausnopeuden ja suunnan muutoksesta. Hydraulinen hyppy voi aiheuttaa viemäriin merkittäviä paineenvaihteluita. Hydraulisen hypyn luomia paineen muutoksia pystytään kontrolloimaan erilaisilla tuuletusviemärikytkennöillä sekä suurentamalla vaakaviemäriin kokoa. Viemäriiliitoksia tulee kuitenkin välttää paikoissa, joissa hydraulinen hyppy voi syntyä. (Mergi 2011.)



Kuva 20. Pysty- sekä vaakaviemärin liitos. Pystyviemäristä tuleva vesi synnyttää vaakaviemäriin hydraulisen hypyn, joka on osoitettu nuolella. (Teebagy 2011)

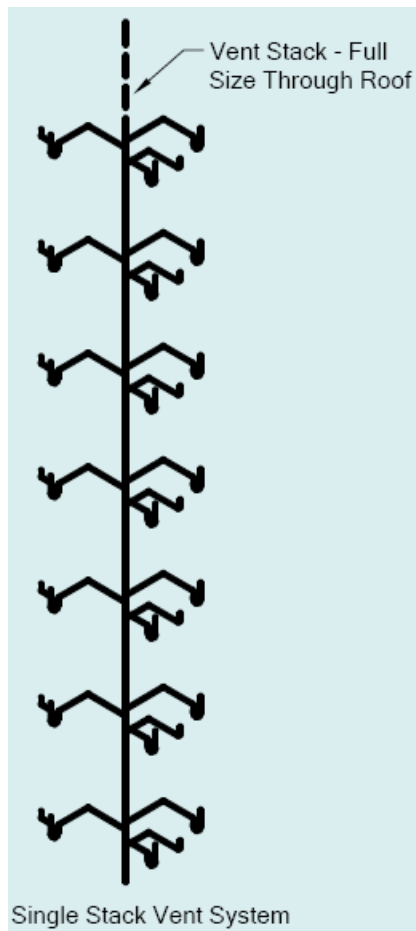
Putoavan veden rengasmaisen virtaus aiheuttaa viemärin suunnanmuutoskohdassa ilman eteen kuvassa 21 näkyvän verhomaisen esteen. Ilman törmätessä syntyneeseen vesiverhoon ilma kimpoaa pois synnyttäen paineaallon. Paineaalto etenee ilmassa äänen nopeudella. Syntyneen paineaallon suunta ei välttämättä ole sama veden virtaussuunnan kanssa, vaan paineaalto voi liikkua mihin suuntaan tahansa mihin sillä on mahdollisuus edetä. Paineaallon reitille osuvat vesilukot ovat suuressa vaarassa rikkoontua ylipaineen vuoksi. Kuvien 18 ja 19 viemärijärjestelmien alaosissa esiintyvä positiivinen paine on syntyneen vesiverhon aikaansaaman paineaallon, hydraulisen hypyn tai näiden yhteisvaikutuksen aiheuttama. (Engineered products manual, 14.)



Kuva 21. Pystyviemärin muutos vaakaviemäriksi saa putoavan veden synnyttämään verhomaisen esteen ilman eteen. (Engineered products manual,14)

## 7 KORKEAN RAKENNUKSEN VIEMÄRIJÄRJESTELMÄT

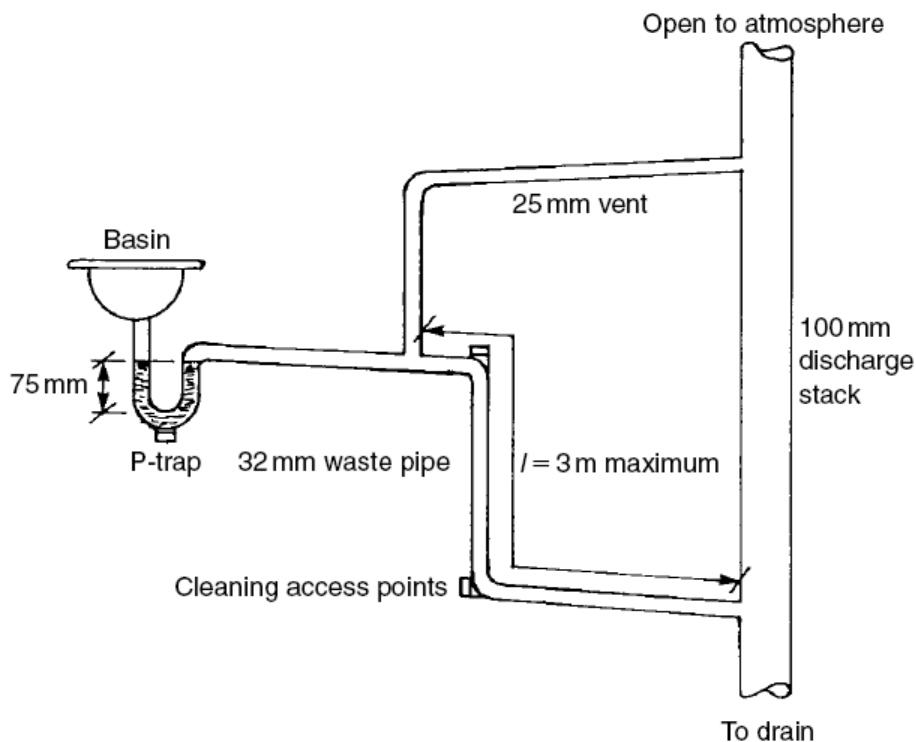
### 7.1 Single stack vent system



Kuva 22. ”Single stack vent” järjestelmän mallikuva. (Teebagy 2011)

”Single stack vent” järjestelmä perustuu teoriaan, jonka mukaan riittävän isot viemärit pystyvät hoitamaan jäteveden kulun sekä viemärin tuuletuksen samanaikaisesti. Pystyviemärit ylimitoitetaan suuresti, tyypillinen mitoitusvirtaama on noin 10 % viemärin vetokyvystä. Mitoitus perustuu pystyviemärin korkeuteen sekä vesikalusteiden virtaamiin. Kuvassa 22 on esitetty ”single stack vent” järjestelmästä esimerkkikuva. Järjestelmällä on kytkentärajoituksia viemäreiden tuuletuksen takaamiseksi. Yleensä rakennuksen kahta alinta kerrosta ei voida liittää ylempien kerrosten kanssa samaan pystyviemäriin, koska tällä alueella esiintyvät painenvaihtelut ovat tyypillisesti haitallisen suuria. (Teebagy 2011.) Rakennuksen alimmat kerrokset tulee tuulettaa muulla tavoin. Pystyviemäri tulisi sijoittaa

mahdollisimman lähelle WC-istuimia, jotta vältetään lisätuuletuksen järjestämiseltä. WC-istuimen maksimi etäisyys tuuletetusta pystyviemäristä tai tuuletetusta päävaakaviemäristä on 2,4 metriä (8 ft.) Kauemmas mentäessä tuuletukselta tulee tehostaa yksilöllisellä tuuletusliitännällä. Muiden vesikalusteiden, kuten pesualtaiden ja suihkujen kytkentäviemäreiden maksimipituus on 3,6 metriä (12 ft.) ilman yksilöllisiä tuuletusliitäntöjä. (Teebogy 2011.)



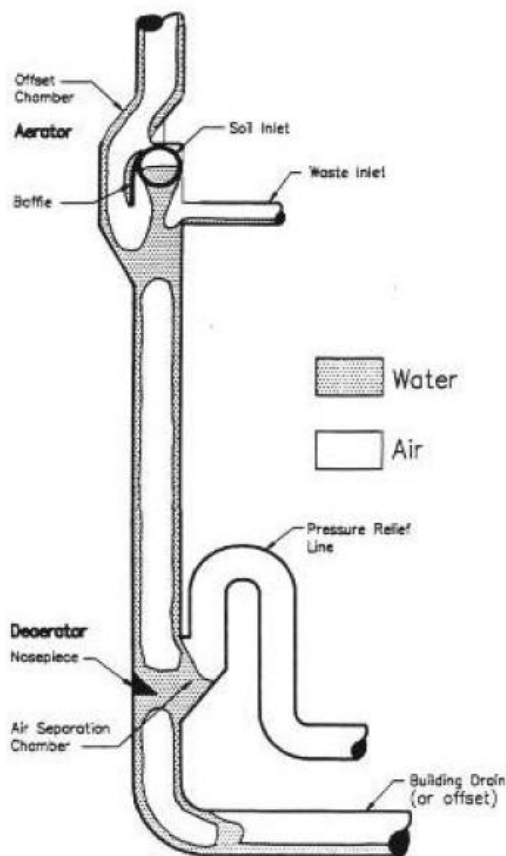
Kuva 23. Pesualtaan yksilöllinen tuuletusliitäntä. (Chadderton 2007, 208)

”Single stack vent” järjestelmän tärkein etu on järjestelmän edulliset asennuskustannukset. Toisten järjestelmien tapaan ”Single stack vent” järjestelmä ei ole riippuvainen erikoisviemäriosista. Lisäksi järjestelmällä on suuri potentiaali välttää tuuletusviemärikytkentöjä, jonka ansiosta voidaan saavuttaa suurta taloudellista hyötyä. Järjestelmän mitoittaminen ei ole ratkaisuvaihtoehtojen vaikeimmasta päästä. (Ziga 2009.)

## 7.2 Sovent (a reduced velocity aerator stack system)

“A reduced velocity aerator stack system” viemärijärjestelmällä on monia eri nimityksiä. Useat tuotevalmistajat kauppaavat kyseistä järjestelmää omalla nimellään, esimerkiksi Se Sovent- yrityksen tuotenimi on Sovent system ja Akatherm- yrityksen tuotenimenä toimii Akavent system. “A reduced velocity aerator stack system” on yleiskuvaava nimitys järjestelmästä. Eri tuotevalmistajien tuotteissa on pieniä eroja, mutta ne eivät ole merkitseviä järjestelmän kuvauksen kannalta.

“A reduced velocity aerator stack system” on räätälöity ”Single stack vent” viemärijärjestelmä, joka on suunnattu korkeille rakennuksille. Vaikka “A reduced velocity aerator stack system” järjestelmä perustuu yhteen pystyviemäriin, kuten ”Single stack vent” järjestelmä on näiden toimintaperiaatteet erilaiset. ”Single stack vent” järjestelmässä pystyviemäriin ei tulisi tehdä turhia sivusuuntaisia heittoja, koska ne aikaansaavat veden törmäyksiä viemäriin seinämiin, josta syntyy melua sekä mekaanista rasitusta viemäriin liittoksille sekä kannakkeille. Tästä huolimatta “A reduced velocity aerator stack system” järjestelmän toiminta perustuu pystyviemärien sivusuunnassa tehtäviin heittoihin. (Sovent:n [www-sivut](#) 2013.)



Kuva 24. Kuvan yläosassa yksi ”aerator fitting” kytkentä sekä kuvan alaosassa yksi ”deaerator” kytkentä. (Sovent:n www-sivut 2013)

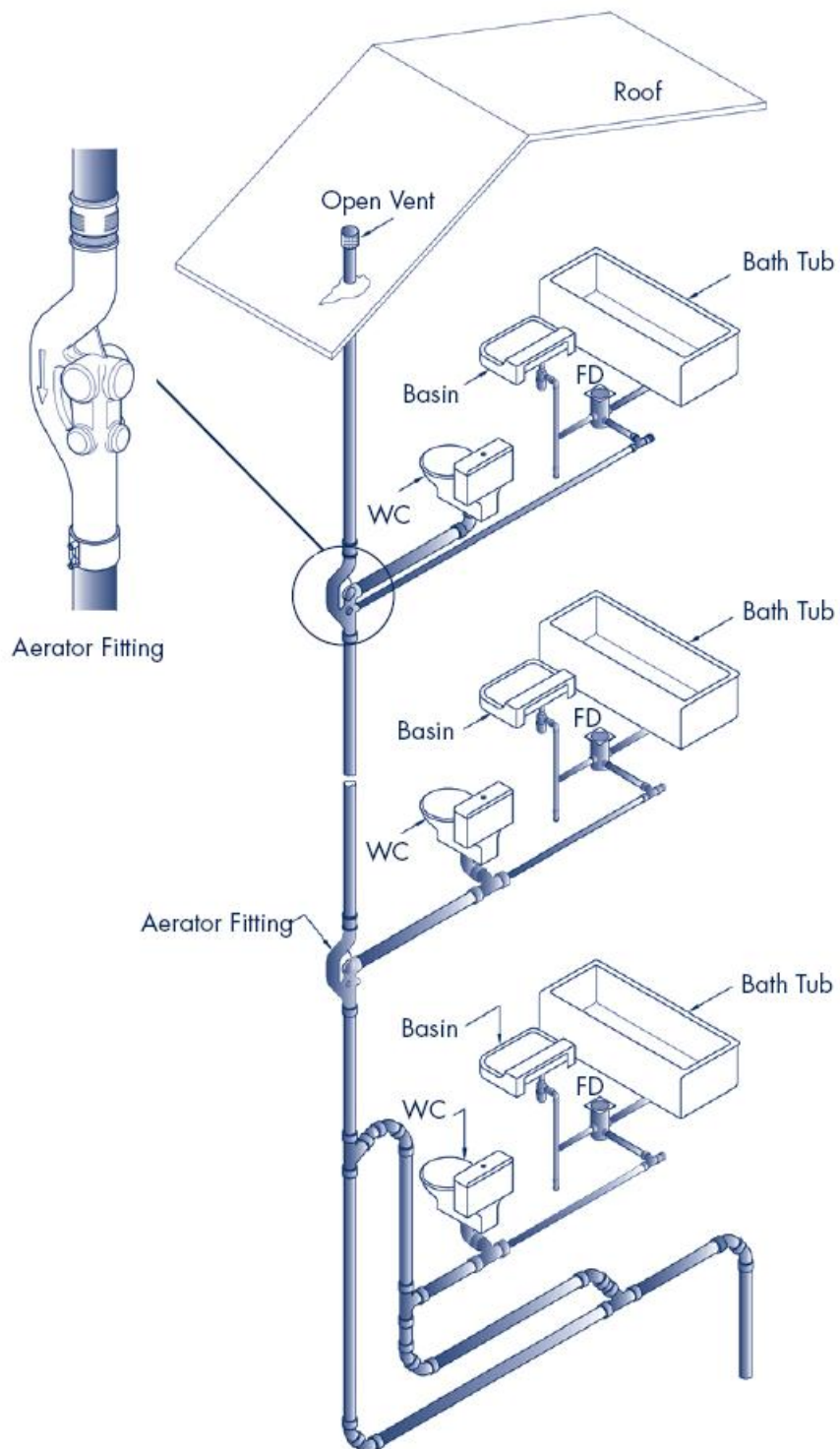
Sovent järjestelmä pohjautuu kahteen erikoiskytkentään, kuvassa 24 näkyviin ”aerator fitting” sekä ”deaerator” kytkentöihin. ”Aerator fitting” on erikoisviemäriosa, jolla aiheutetaan pystyviemäriin sivuttaisliike. Sivuttaisliikkeen tarkoituksena on pienentää veden putoamisnopeutta, jotta viemäriin syntyvät paineenvaihtelut pysyisivät pienempinä. Putoava vesi saavuttaa kuitenkin nopeasti kovan putoamisnopeuden, joten ”aerator fitting” kytkentöjä tulisi olla jokaisessa rakennuksen kerroksessa. Kuvassa 24 näkyy poikkileikkaus Se Sovent- yrityksen ”aerator fitting” osasta, johon on tehty kaksi kytkentää. Toinen kytkennöistä tulee oikealta päin ja toinen katsojan suunnasta, joka näkyy kuvassa ympyränä. Putkessa kulkevaa jätevettä on kuvattu harmaalla. Eri tuotevalmistajien ”aerator fitting” osan kytkentämahdollisuuksissa voi esiintyä eroavaisuuksia. Kuvassa 24 näkyy myös ”deaerator” kytkentä, jota tulee käyttää pystyviemäriin alaosassa vaakaviemäriin paineenvapauttajana. Tarkoitus on tasata hydraulisen hypyn aiheuttamia isoja

paineenvaihteluita. Kuvassa 26 näkyy, kuinka ”deaeator” liitos kytkeytyy vaakaviemäriin.



Kuva 25. Se Sovent- yrityksen ”aerator fitting”, johon on tehty kaksi kytkentää. (Sovent:n www-sivut 2013)

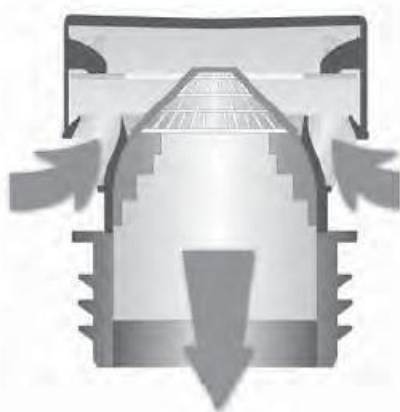




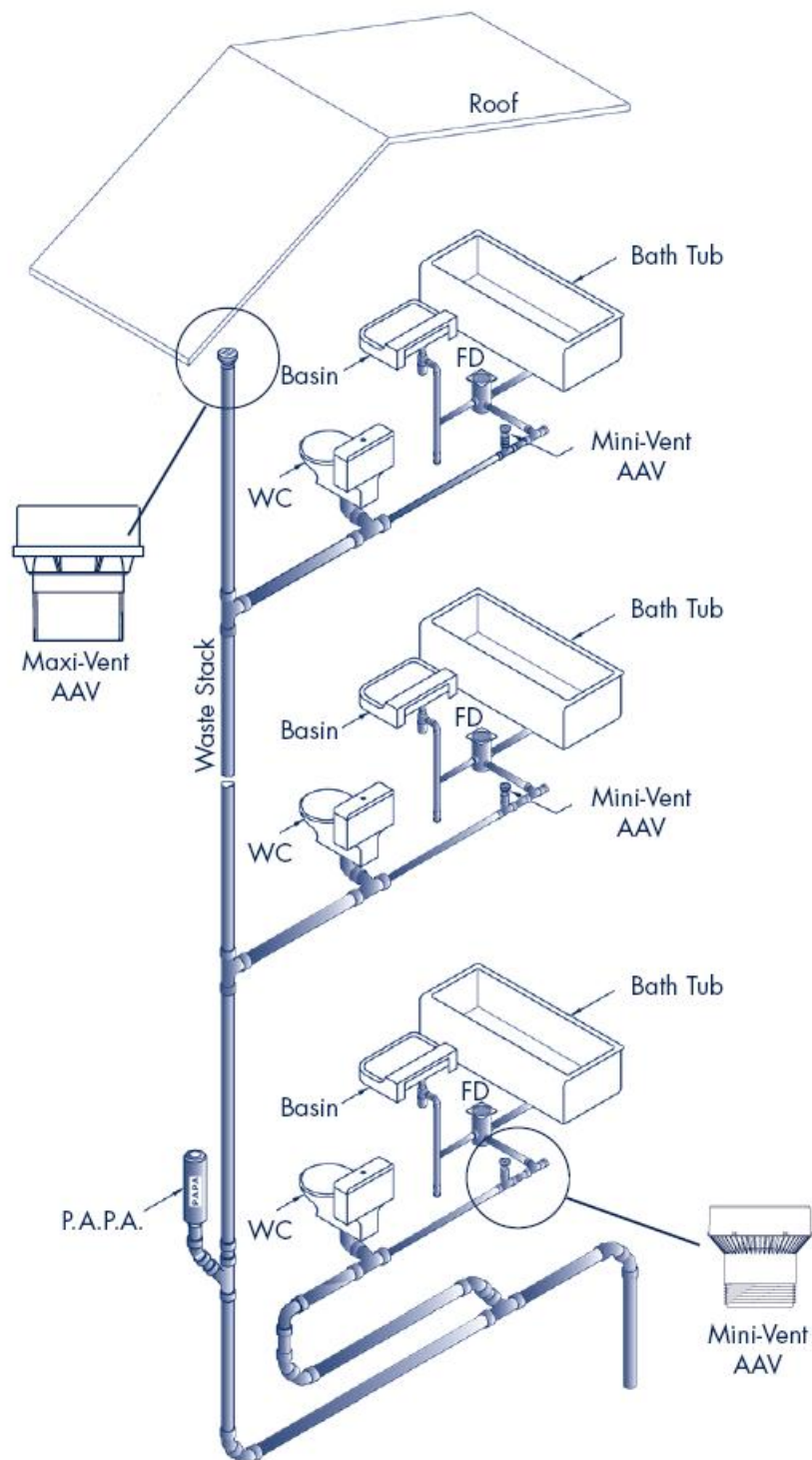
Kuva 26. Malliesimerkki ”a reduced velocity aerator stack system” järjestelmälle tyypillisistä kytkennöistä. (Turner 2012)

### 7.3 The Studor Single Pipe System

“The Studor single pipe system” on Studor nimisen tuotevalmistajan kehittämä viemärijärjestelmä, joka soveltuu korkeisiin rakennuksiin. Järjestelmä on ”single stack vent” tyyppinen, johon on kehitetty kahdenlaisia erikoisosia, joista toiset on suunniteltu viemäriin alipaineen ja yksi ylipaineen hoitamiseen. ”Air admittance valve” on eräänlainen alipaineventtiili, jonka tarkoituksena on päästää alipainetilanteessa lävitseen ilmaa viemärijärjestelmään. ”Air admittance valve:sta” käytetään lyhennettä AAV. AAV:tä pystytään hyödyntämään viemärijärjestelmän eri paikoissa. Kuvassa 28 näkyy, kuinka AAV:tä voidaan käyttää pystyviemäriin päässä, jolloin pystyviemäriä ei tarvitse viedä vesikatolle tuuletukseen vuoksi. Samalla vältetään vesikaton läpäisemiseltä sekä tuulen viemäriin aiheuttamilta alipainetilanteilta. Tulee kuitenkin huomioida, että rakennuksessa tulee olla vähintään yksi ulkoilmaan yhteydessä oleva tuuletusviemäri, joka suojaa rakennuksen viemärijärjestelmää kunnallisessa viemäriverkostossa mahdollisesti esiintyviltä paineenvaihteluilta. Samassa kuvassa näkyy, kuinka AAV:llä on suojattu lattiakaivojen vesilukot ja samalla myös lattiakaivoon kytketyt pesualtaat ja ammeet. AAV:llä on yksinkertaista suojata yksittäisiä vesilukkoja ilman yksilöllistä tuuletuskytkentää. Kuvassa 29 on esitetty pesualtaan vesilukon suojaus AAV:llä. (Engineered products manual, 12-13.)



Kuva 27. Studor tuotevalmistajan ”Air admittance valve” sekä sen läpileikkaus. Kuvan nuolet osoittavat ilman liikesuuntia viemäriin alipainetilanteessa. (Engineered products manual, 12)



Kuva 28. Malliesimerkki ”The Studor Single Pipe System” järjestelmälle tyypillisistä kytkennöistä. (Turner 2012)

AAV:tä on asennettu maailmanlaajuisesti miljoonia kappaleita ja on voitu todeta, että se on toimiva ratkaisuvaihtoehto viemärijärjestelmän alipaineongelmiin. AAV:n

käytöllä voidaan saavuttaa taloudellista hyötyä muihin järjestelmiin nähden, sillä se tekee useista tuuletuskytkenöistä tarpeettomia, kattoläpivientejä tarvitaan vähemmän sekä se toimii helppona ratkaisuna vaikeasti tuuletettaville viemärikalusteille. (Engineered products manual, 2.) Panamassa sijaitseva ”The Trump ocean club” on 70 kerroksinen ja 284 metriä korkea rakennus, jonka viemärijärjestelmä on toteutettu ”The Studor single pipe system” järjestelmällä. Studor yrityksen mukaan järjestelmävalinnan ansiosta pystyttiin eliminoimaan 44 kilometriä tuuletusviemäreitä. (Studor tuotevalmistajan [www-sivut](http://www.studor.com) 2013.) AAV:n oikeanlaisella sijoittamisella saadaan järjestelmään tuuletuskytkentöjä nopeampi ja näin tehokkaampi paineenhallinta. AAV pystytään sijoittamaan juuri sinne tai hyvin lähelle viemäriin osaa, johon ilmaa tullaan tarvitsemaan alipainetilanteessa. Syntyneet alipaineet saadaan eliminoitua nopeasti, eikä vesilukkojen hajoamisia ehdi tapahtua. (Engineered products manual, 12.)



Kuva 29. Pesualtaan vesilukon suojaus AAV:tä käyttäen. (*Diyadvice* [www-sivut](http://www.diyadvice.com) 2013)



Kuva 30. Esimerkkutilanne, jossa AAV:hen voi kohdistua viemärin suunnasta positiivinen paine. Nuolen osoittamassa kohdassa on tukos. Putkessa oleva vesi on kuvattu mustalla, ilma valkoisella. (Engineered products manual, 13)

Kuvassa 30 on esitetty esimerkkutilanne, jossa AAV:hen voi kohdistua tukoksen vuoksi positiivinen paine viemärin suunnasta. Tukoksen ei tarvitse olla totaalinen, jotta ylipaine pääsee syntymään. Riittää, että tukkeuma hidastaa riittävästi veden etenemistä, jolloin uudestaan hanasta laskettu vesi nostaa viemäriosuuden painetta. Viemärijärjestelmään syntyvät tukokset voivat olla tulosta huonosta suunnittelutyöstä, asennustyöstä tai viemäriin lasketuista sopimattomista aineista. On tärkeää, että viemärijärjestelmä on kauttaaltaan puhdistettavissa. AAV osia valitessa tulee huomioida, että ne kestävät riittävän suurta viemärin suunnasta tulevaa ylipainetta, jotta viemäristä ei pääse saastunutta ilmaa asuintiloihin. (Engineered products manual, 13.)

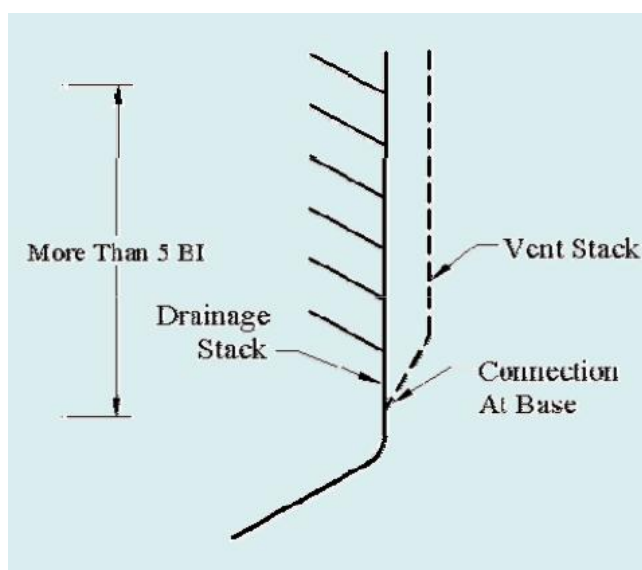
Järjestelmän toinen erikoisosa on P.A.P.A (positive air pressure attenuator), joka on esitetty kuvassa 28. P.A.P.A:n kovan kuoren sisällä on pussi, joka on normaalissa viemärin painetilanteessa tyhjä, täysin litteä. Positiivisen paineaallon osuessa P.A.P.A:n kohdalle sen pussi pystyy vastaanottamaan osan ilmasta sekunnin murto-osassa. Ilma vapautuu takaisin viemäriin omalla painollaan. P.A.P.A on ensimmäinen kaupallisesti onnistunut viemäriosa viemärijärjestelmän positiivisen paineen hallintaan. P.A.P.A on huoltovapaa, sillä sen toiminta ei perustu kompressoituun kaasuun tai jousiin. P.A.P.A:t voidaan asentaa myös jo olemassa olevan rakennuksen viemärijärjestelmään. (Engineered products manual, 14.)



Kuva 31. Studor tuotevalmistajan P.A.P.A erikoisviemäriosa. (Turner 2012)

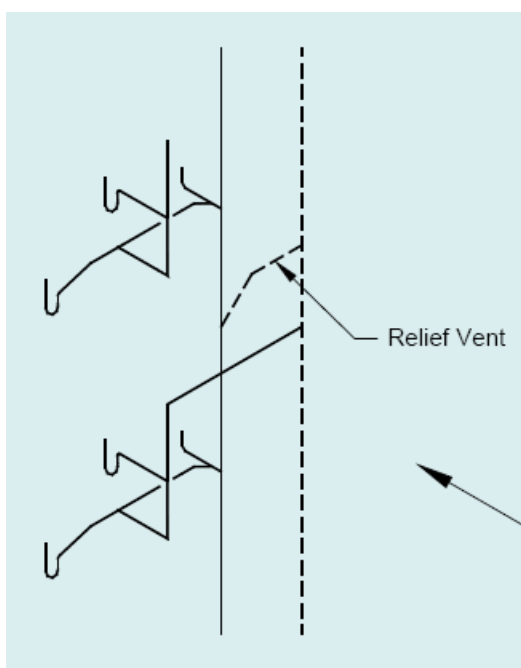
#### 7.4 Fully vented modified stack system

”Fully vented stack system” viemärijärjestelmä perustuu kahden vierekkäisen pystyviemäriin yhteistoimintaan. Toinen pystyviemäreistä toimii jätevesien kulkureittinä ja toinen pelkkänä tuuletusviemärinä. Tuuletusviemäriin tulee kytkeytyä jäteveden pystyviemäriin alaosaan samalle korkeudelle alimmaisena vaakaliitoksen kanssa tai sen alapuolelle kuvan 32 mukaisesti.



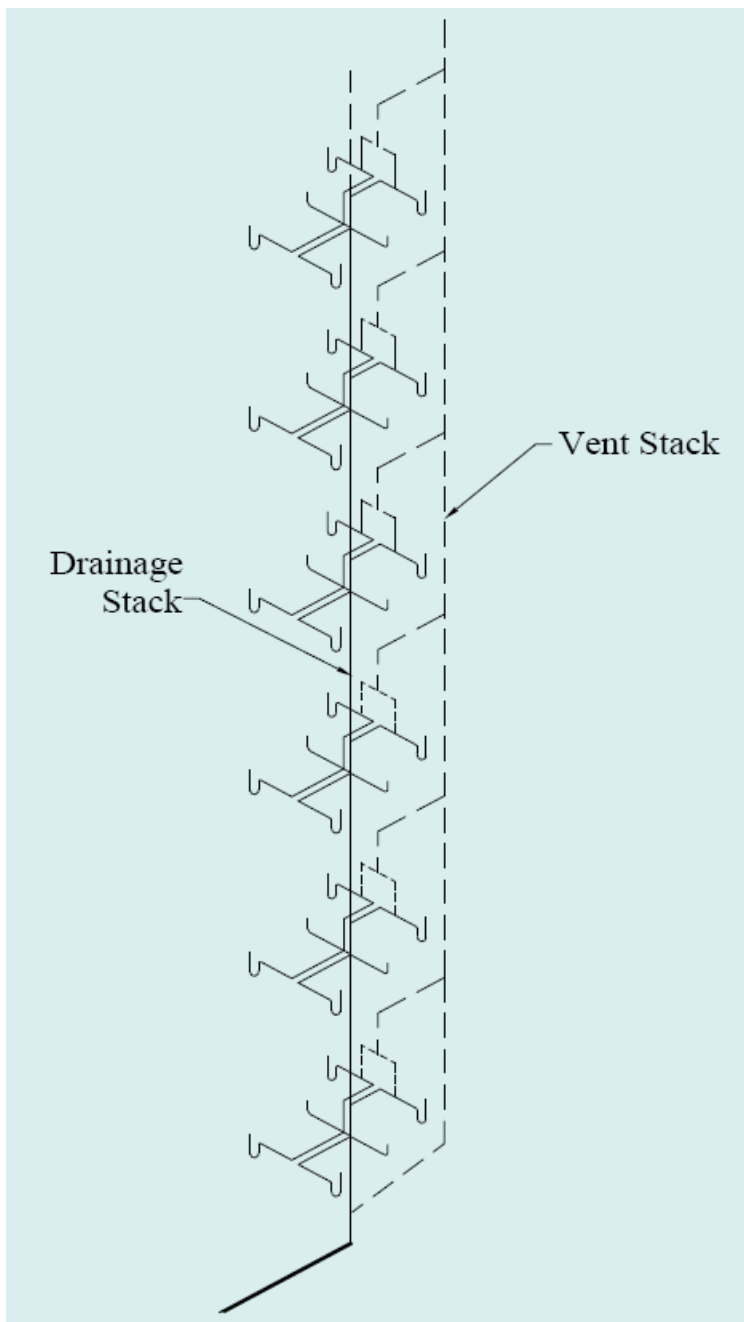
Kuva 32. Tuuletusviemärin liitos pystyviemärin alaosaan. Kuvan yhtenäiset viivat kuvaavat jätevesiviemäreitä ja katkoviiva tuuletusviemäriä. (Teebagy 2011)

”Fully vented stack system” järjestelmässä jokainen vesilukko on suojattu yksilöllisellä tuuletuskytkennällä tai AAV:llä, lukuun ottamatta vesilukkoja, jotka on liitetty lattiakaivon vesilukkoon. Yksilöllisten tuuletuskytkentöjen lisäksi pystyviemärin ja tuuletusviemärin välille tulee tehdä kuvan 33 mukaisia ”cross relief vent” kytkentöjä. ”Cross relief vent” kytkentöjen tarpeellisuudesta on erilaisia näkemyksiä eri ohjeistuksissa. (AS-NZS 3500-2 2003, 93.)



Kuva 33. Pienemmällä nuolella osoitettu ”Fully vented stack system” järjestelmän vaatima ”cross relief vent” kytkentä. Kuvan yhtenäiset viivat kuvaavat jätevesiviemäreitä ja katkoviivat tuuletusviemäreitä. (Teebagy 2011)

”Fully vented stack system” viemärijärjestelmää käytetään harvoin suurien investointikustannuksien vuoksi. Järjestelmästä on tehty monia muokattuja versioita, joissa on karsittu erityisesti yksilöllisten tuuletuskytkentöjen määrää investointikustannusten pienentämiseksi. Näistä järjestelmistä voidaan käyttää yleisnimitystä ”Fully vented modified stack system”.

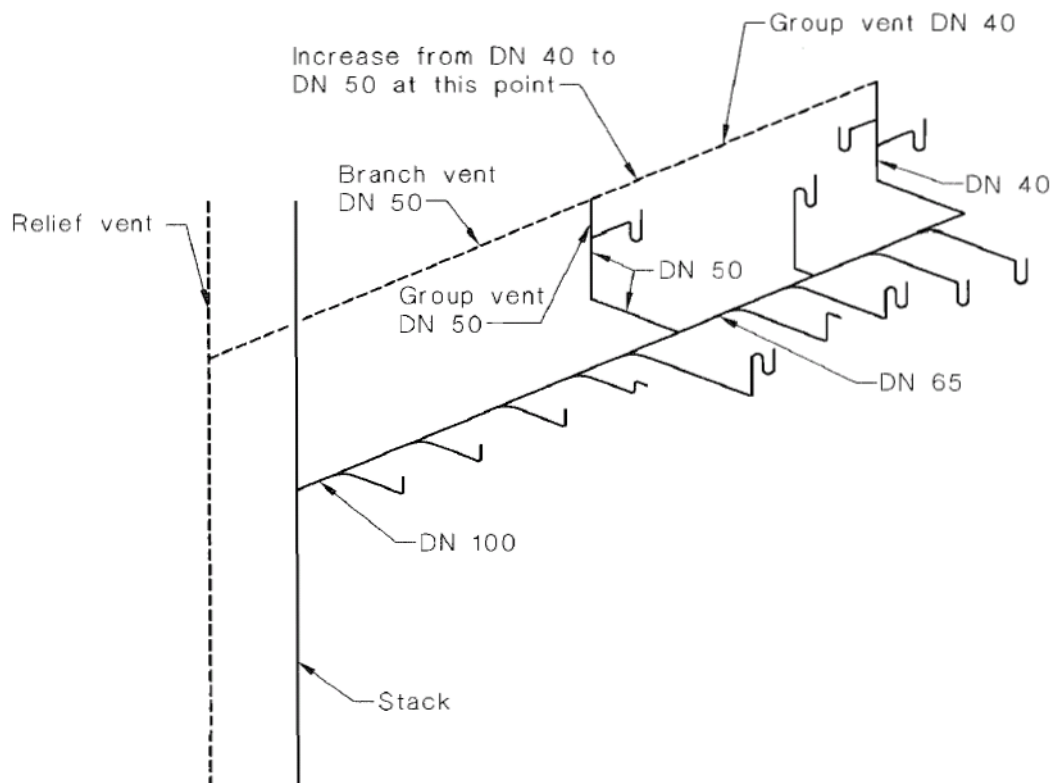


Kuva 34. Mallikuva ”Fully vented modified stack system” viemärijärjestelmästä. Kuvan yhtenäiset viivat kuvaavat jätevesiviemäreitä ja katkoviivat tuuletusviemäreitä. (Teebagy 2011)

”Fully vented modified stack system” viemärijärjestelmässä jokainen pystyviemäriin liittyvä viemäri tulee olla tuuletettu, mutta kaikkia vesilukkoja ei tarvitse suojata yksilöllisellä tuuletuskytkennöllä tai AAV:llä. Kuvassa 35 näkyy malliesimerkki pystyviemäriin liittyvän vaakaviemärin tuuletuksesta. Vesilukkoja ei ole suojattu



yksilöllisesti, vaan niiden tuuletus on toteutettu vesilukoille yhteisen vaakaviemärin välityksellä. (AS-NZS 3500-2 2003, 93.)



Kuva 35. Malliesimerkki ”Fully vented modified stack system” viemärijärjestelmästä. Kuvan yhtenäiset viivat kuvaavat jätevesiviemäreitä ja katkoviivat tuuletusviemäreitä. (AS-NZS 3500-2 2003, 100)

## 8 VERTAILU VIEMÄRIJÄRJESTELMIEN HANKINTAKUSTANNUKSISTA

### 8.1 Vertailun lähtökohdat

Tutkimus on toteutettu Australiassa Studor nimisen yrityksen johdosta. Esimerkitapauksena toimii 22 kerroksinen tornitalo, johon Studor on pyytänyt itsenäistä konsulttia laatimaan kolme erilaista viemärisuunnitelmaa. Toteutustavoiksi on valittu ”a reduced aerator stack system”, ”fully vented modified stack system” sekä ”The Studor single pipe system”. Jokainen järjestelmä koostuu yhteensä 24:stä

jätevettä ohjaavasta pystyviemäristä. Konsultin tekemät suunnitelmat lähetettiin kahdelle paikalliselle putkiurakoitsijalle, jotka arvioitsivat järjestelmien hankinta- ja asennuskustannukset. Kuvassa 36 putkiurakoitsijoiden tekemät arviot ovat otsikoilla ”Estimate 1” sekä ”Estimate 2”. Kuvan 36 taulukko on jaettu pystysarakkeisiin järjestelmävaihtoehtojen mukaan. Näiden alapuolella on esitetty putkiurakoitsijoiden arviot. Sivusarakkeet on jaettu pystyviemärien mukaan 24 eri sarakkeeseen, jotta järjestelmien vertailu olisi selkeämpää. (Turner 2012.) ”A reduced aerator stack system” järjestelmä on taulukossa nimellä ”Sovent stack system.” Taulukossa esitetyt summat ovat Australian dollareissa.

Stack No.	Sovent Stack System		Fully Vented Modified Stack System		Studor Single Pipe System	
	Estimate 1	Estimate 2	Estimate 1	Estimate 2	Estimate 1	Estimate 2
1	\$ 37,749.00	\$ 37,075.00	\$ 34,036.00	\$ 32,855.00	\$ 31,646.00	\$ 31,345.00
2	\$ 38,518.00	\$ 38,242.00	\$ 33,999.00	\$ 33,012.00	\$ 32,750.00	\$ 32,447.00
3	\$ 26,019.00	\$ 25,833.00	\$ 24,675.00	\$ 23,812.00	\$ 23,740.00	\$ 23,394.00
4	\$ 27,171.00	\$ 26,594.00	\$ 23,077.00	\$ 22,034.00	\$ 18,792.00	\$ 18,874.00
5	\$ 26,129.00	\$ 25,580.00	\$ 23,173.00	\$ 22,106.00	\$ 18,792.00	\$ 18,874.00
6	\$ 27,145.00	\$ 26,851.00	\$ 22,404.00	\$ 22,391.00	\$ 21,258.00	\$ 21,741.00
7	\$ 37,030.00	\$ 37,017.00	\$ 35,360.00	\$ 34,748.00	\$ 33,123.00	\$ 33,374.00
8	\$ 38,323.00	\$ 37,669.00	\$ 32,114.00	\$ 31,520.00	\$ 30,454.00	\$ 30,488.00
9	\$ 44,865.00	\$ 44,257.00	\$ 42,001.00	\$ 41,355.00	\$ 40,694.00	\$ 40,738.00
10	\$ 28,312.00	\$ 27,859.00	\$ 26,222.00	\$ 25,984.00	\$ 24,604.00	\$ 25,080.00
11	\$ 46,302.00	\$ 45,315.00	\$ 42,035.00	\$ 40,671.00	\$ 40,429.00	\$ 39,716.00
12	\$ 41,924.00	\$ 41,546.00	\$ 34,911.00	\$ 34,014.00	\$ 33,277.00	\$ 33,176.00
13	\$ 44,918.00	\$ 44,466.00	\$ 36,860.00	\$ 36,260.00	\$ 35,264.00	\$ 35,459.00
14	\$ 38,598.00	\$ 37,757.00	\$ 33,370.00	\$ 32,978.00	\$ 32,231.00	\$ 32,497.00
15	\$ 29,596.00	\$ 29,330.00	\$ 28,857.00	\$ 27,980.00	\$ 27,226.00	\$ 27,065.00
16	\$ 47,577.00	\$ 46,625.00	\$ 42,351.00	\$ 42,148.00	\$ 40,838.00	\$ 41,336.00
17	\$ 8,818.00	\$ 8,697.00	\$ 7,264.00	\$ 6,832.00	\$ 4,397.00	\$ 4,418.00
18	\$ 8,818.00	\$ 8,697.00	\$ 7,264.00	\$ 6,832.00	\$ 4,397.00	\$ 4,418.00
19	\$ 29,844.00	\$ 29,672.00	\$ 26,444.00	\$ 25,636.00	\$ 25,447.00	\$ 25,323.00
20	\$ 29,844.00	\$ 29,672.00	\$ 26,444.00	\$ 25,636.00	\$ 25,447.00	\$ 25,273.00
21	\$ 6,965.00	\$ 6,753.00	\$ 6,089.00	\$ 5,631.00	\$ 2,954.00	\$ 3,007.00
22	\$ 6,965.00	\$ 6,753.00	\$ 6,089.00	\$ 5,631.00	\$ 2,954.00	\$ 3,007.00
23	\$ 34,068.00	\$ 34,065.00	\$ 30,553.00	\$ 29,853.00	\$ 28,635.00	\$ 28,566.00
24	\$ 31,931.00	\$ 31,682.00	\$ 26,961.00	\$ 25,780.00	\$ 25,602.00	\$ 24,999.00
<b>SUB TOTAL</b>	\$ 737,429.00	\$ 728,007.00	\$ 652,553.00	\$ 635,699.00	\$ 604,951.00	\$ 604,615.00
<b>GST</b>	\$ 73,742.90	\$ 72,800.70	\$ 65,255.30	\$ 63,569.90	\$ 60,495.10	\$ 60,461.50
<b>TOTAL</b>	\$ 811,171.90	\$ 800,807.70	\$ 717,808.30	\$ 699,268.90	\$ 665,446.10	\$ 665,076.50

<b>Average Price</b>	<b>\$ 805,989.80</b>	<b>\$ 708,538.85</b>	<b>\$ 665,261.30</b>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Kuva 36. Taulukko, johon on kirjattu kahden Australialaisen putkiurakoitsijan arviot kolmen erilaisen viemärijärjestelmän hankinta- ja asennuskustannuksista (Turner 2012)

## 8.2 Vertailun tulokset

Kuvassa 36 esitetyn taulukon tuloksien nopealla vertailulla voidaan todeta, että ”The Studor single pipe system” on vertailussa olleista järjestelmävaihtoehdoista kustannustehokkain. Rakennuksen viemärijärjestelmä olisi 6,1% edullisempi toteuttaa ”Studor single pipe system” järjestelmällä, kuin ”fully vented modified stack system” järjestelmällä sekä 17,5% edullisempi, kuin ”a reduced aerator stack system” järjestelmä, joka on kuvassa 36 nimellä ”Sovent stack system”. Tulee kuitenkin huomata, että kustannukset ovat putkiurakoitsijoiden arvioita, eivätkä toteutuneita kustannuksia.

Järjestelmän hankinta- ja asennuskustannukset ovat riippuvaisia suunnittelijan tekemistä ratkaisuista. Suunnittelijan tulee noudattaa paikallisia määräyksiä, mutta eri suunnittelijoiden käyttämissä ratkaisutavoissa voi olla suuria eroja, vaikka molemmat täyttäisivätkin paikallisten määräysten vaatimukset. Käytetyillä ratkaisutavoilla voi olla iso vaikutus järjestelmän hankinta- ja asennuskustannuksiin. Määräykset ja suunnittelukäytännöt poikkeavat toisistaan maantieteellisesti. Kyseinen tutkimus on toteutettu Australiassa paikallisten määräysten mukaan, jotka poikkeavat esimerkiksi Yhdysvalloissa noudatettavista määräyksistä. Tämän vuoksi kyseisen tutkimuksen tuloksia ei voi pitää yleisenä totuutena, vaikka tutkimustulosta pidettäisiinkin Australiassa yleisesti faktatietona. Esimerkiksi Yhdysvaltalaisten määräysten mukaan toteutettuna tulos voi olla toisenlainen.

## 9 TYÖN TULOKSET

Korkeiden rakennusten vesi- ja viemärijärjestelmien suunnittelu on kokonaisuudessaan haasteellista. Rakennuksen korkeus luo vesi- ja viemärijärjestelmiin omalaatuisia ongelmia, joita ei esiinny matalissa rakennuksissa. Näitä ongelmia voidaan lähestyä erilaisista näkökulmista, mikä johtaa erilaisiin ratkaisuihin. Luonnollisesti erilaisilla ratkaisuvaihtoehdoilla on puolesta ja vastaan puhujia. Erilaisilla käyttövesi- ja viemärijärjestelmillä on omat heikkoutensa ja vahvuutensa, joista suunnittelijan tulee olla tietoinen, jotta rakennukseen voidaan valita parhaiten soveltuva järjestelmävaihtoehto. Oikean järjestelmävaihtoehdon valinta muodostuu monien eri tekijöiden vaikutusten summasta. Esimerkiksi rakennuksen fyysisillä ominaisuuksilla sekä rakennuksen muilla taloteknisillä järjestelmillä voi olla merkittävä vaikutus vesi- ja viemärijärjestelmien valintaan.

Vesi- ja viemärijärjestelmän suunnittelijan tulee noudattaa suunnittelussa paikallisia määräyksiä. Suunnittelu on kuitenkin luovaa työtä, mikä johtaa suunnittelijakohtaisiin ratkaisuihin. Yksi korkealle rakennukselle ominaisista haasteista käyttövesi- ja viemärijärjestelmissä on pystylinjojen sijoittaminen. Viemärijärjestelmän pystylinjojen sijainnin muuttamisella voi olla suuri vaikutus järjestelmän toimintaan sekä kustannuksiin. Esimerkiksi ”single stack vent” viemärijärjestelmässä huonoilla pystyviemäreiden sijoituksilla voidaan aiheuttaa vältettävissä olevia yksilöllisiä tuuletusliitäntöjä, jotka voivat lisätä suuresti järjestelmän kustannuksia.

Käyttövesijärjestelmien suurin ongelmanaiheuttaja ja suunnitteluratkaisuja rajoittava tekijä on korkeaksi muodostuva järjestelmäpaine. Korkeiden pystylinjojen vesipatsaat aiheuttavat järjestelmään suuren hydrostaattisen paineen, joka dominoi mm. pumppauksesta aiheutuvia kustannuksia. Vesi- ja viemärijärjestelmien toteutus vertikaalisella järjestelmäratkaisulla koituu todennäköisesti horisontaalista ratkaisua taloudellisemmaksi. Tämä on kuitenkin vahvasti sidoksissa rakennuksen fyysisiin ominaisuuksiin ja tulee huomioida tapauskohtaisesti.

Rakennusala kehittyy jatkuvasti ja rakentamiseen liittyviä ongelmia opitaan ratkaisemaan uusilla innovatiivisilla menetelmillä. Korkeiden rakennusten käyttövesijärjestelmät ovat kokeneet suuren mullistuksen pumppausteknologian kehittymisen myötä. Kehityksen pyörien pyöriessä nykypäivän huipputekniikka jää väistämättä tulevaisuuden tekniikan jalkoihin. On vaikeaa arvioida, milloin tulee uusia taloudellisesti kannattavia innovaatioita, joilla on suuri vaikutus korkeiden rakennusten käyttövesi- ja viemärijärjestelmien suunnitteluun.

Opinnäytetyöni on selvitysluontoinen, jonka vuoksi se ei tuottanut uutta tutkimustietoa aiheesta. Työni antaa pohjustavan katsauksen korkeiden rakennusten käyttövesi- ja viemärijärjestelmistä. Työssäni ei ole esitetty kaikkia mahdollisia järjestelmävaihtoehtoja eikä kaikkia matalan ja korkean rakennuksen suunnittelussa huomioitavia eroavaisuuksia. Esittelemäni järjestelmävaihtoehdot ovat tänä päivänä yleisesti käytettyjä. Korkean rakennuksen vesi- ja viemärijärjestelmien suunnitteluun vaikuttavista tekijöistä valitsin työhöni merkittävimmät.

## LÄHTEET

AS-NZS 3500-2 (2003). *Plumbing and drainage part 2: Sanitary plumbing and drainage*. Australian / New Zealand Standard. Viitattu 15.12.2013.

<ftp://law.resource.org>

Brickley M, Larson P & Sanchez J. 2005. *How potable water rises to the top of skyscrapers*. Reprinted with permission from Plumbing Standards Magazine October-December, 1-3. Viitattu 11.11.2013. <http://www.asse-plumbing.org>

Chadderton, D. 2007. *Building Services Engineering*. New York: Taylor & Francis. Viitattu 3.12.2013

[http://books.google.fi/books?id=KLNnL\\_2Kn9UC&printsec=frontcover&hl=fi#v=onepage&q&f=false](http://books.google.fi/books?id=KLNnL_2Kn9UC&printsec=frontcover&hl=fi#v=onepage&q&f=false)

Connelly, D. 2007. *High-rise plumbing design*. PS&D magazine May/June 2007, 28-36

*Diyadvice* [www.sivut](http://www.sivut). 2013. Viitattu 13.12.2013

<http://www.diyadvice.com/diy/plumbing/kitchen/install-air-admittance-valve/>

*Engineered products manual 6th edition*. Studor. Viitattu 10.11.2013.

[http://www.ipscorp.com/pdf/studor/StudorTecManual\\_Jan2013.pdf](http://www.ipscorp.com/pdf/studor/StudorTecManual_Jan2013.pdf)

Espoon kaupunkisuunnittelukeskus. 2013. *Espoon korkean rakentamisen periaatteet 2013*. Viitattu 25.12.2013 <http://www.espoo.fi/fi->

[FI/Asuminen ja ymparisto/Kaavoitus/Espoon korkean rakentamisen periaatteet %2833440%29](http://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ja_ymparisto/Kaavoitus/Espoon_korkean_rakentamisen_periaatteet_%2833440%29)

*Grundfos:n* [www-sivut](http://www.sivut). 2013. Viitattu 12.11.2013.

[http://cbs.grundfos.com/CBS\\_Master/downloads/Download\\_Files/Roof\\_Tank\\_White\\_paper.pdf](http://cbs.grundfos.com/CBS_Master/downloads/Download_Files/Roof_Tank_White_paper.pdf)

*Health aspect of plumbing. 2006.* World Health Organization. Viitattu 12.11.2013.  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/plumbinghealthasp.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/plumbinghealthasp.pdf)

Heikkonen, H. 2007. *Legioonalaistauti on vaiettu ongelma.* Viitattu 11.11.2013.  
<http://www.rakennuslehti.fi>

Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2011. *Korkea rakentaminen Helsingissä. Kalasataman keskus, asemakaavan muutoksen nro 12070 selvitys.* Viitattu 23.12.2013.  
[http://www.hel.fi/static/public/hela/Kaupunginvaltuusto/Suomi/Esitys/2012/Halke\\_2012-06-06\\_Kvsto\\_11\\_EI/9BD398C3-53C5-40E1-B5ED-895D10EDBFD7/Liite.pdf](http://www.hel.fi/static/public/hela/Kaupunginvaltuusto/Suomi/Esitys/2012/Halke_2012-06-06_Kvsto_11_EI/9BD398C3-53C5-40E1-B5ED-895D10EDBFD7/Liite.pdf)

Ho, D. 2010. *Sanitary and stormwater drainage.* Luentomateriaali Department of Mechanical Engineering The University of Hong Kong:n luennosta. Lokakuu 2010.

ICC IBC (2012). *International building code. 2012.* International Code Council Inc. Viitattu 23.12.2013.  
<https://ia700807.us.archive.org/19/items/gov.law.icc.ibc.2012/icc.ibc.2012.pdf>

ICC IPC (2012). *International Plumbing Code. 2012.* International Code Council Inc. Viitattu 14.12.2013. <https://law.resource.org/pub/us/code/ibr/icc.ipc.2012.pdf>

Jackson, R. 2009. *Old tricks for new dogs.* Viitattu 16.12.2013.  
<http://www.pmengineer.com>

Kerros36:n www-sivut 2013. *Milloin rakentaminen on korkeaa rakentamista?* Viitattu 25.12.2013 <http://kerros36.fi>

KYPipe:n www-sivut. 2013. Viitattu 12.11.2013.  
[http://kypipe.com/pump\\_cycles\\_intro](http://kypipe.com/pump_cycles_intro)

Ladd, J. 2005. *An Evaluation and pressure-driven design of potable water plumbing systems.* Master of Science in Civil Engineering. Virginia Polytechnic Institute and State University.

Larkin, B. 2012. *Electric Heat Tracing: The smart performance alternative to complex*. Viitattu 16.12.2013. <http://www.plumbingengineer.com>

Megri, A. 2011. *Teaching high-rise plumbing design for engineers*. Luentomateriaali ASEE:n vuotuisesta konferenssista 2011.

Miller, R. 2012. *Preventing legionella*. Plumbing Standards. July-September 2012, 12-15. Viitattu 11.11.2013. [www.asse-plumbing.org](http://www.asse-plumbing.org).

Post, N. 2009. *Plumbing design: Sanitary plumbing in high-rise buildings*. Plumber's journal October/November 2009, 20-21.

Levanto, R. 2012. *Korkean rakentamisen rakentamistapaohje*. RY Rakennettu ympäristö 2/2012, 30. Viitattu 25.12.2013 <http://www.rakennustieto.fi>

*Sovent:n www-sivut*. 2013. Viitattu 4.12.2013.  
<http://www.sovent.com/downloads/SE%20SOVENT%20DESIGN%20MANUAL%20101o%20new011007.pdf>

*Studor tuotevalmistajan www-sivut*. 2013. Viitattu 13.12.2013.  
<http://www.studor.net/>

Teebagy, F. 2011. *Plumbing design in high-rise buildings*. Luentomateriaali Floridassa pidetystä American society of plumbing engineers:n luennosta 28.10.2011

Turner, J. 2012. *A Cost comparison for the supply and installation of three high rise sewer stack systems*. Viitattu 5.12.2013. <http://www.studor.net/documents/cost-comparison.pdf>

*Washington State Department of Health:n www-sivut*. 2013. Viitattu 12.11.2013.  
<http://www.doh.wa.gov/Portals/1/Documents/Pubs/331-380.pdf>



White, P. 2011. *Plumbing system design*. Luentomateriaali Society of Public Health:n luennosta 4.10.2011

Ziga, S. 2009. *Single-Stack Systems for High-Rise Buildings: Why Select the Philadelphia Single Stack (Counterpoint)*. Viitattu 13.12.2013

<http://www.pmengineer.com>