



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Nikita Koltovoi

Korkeiden rakennusten käyttövesi- ja viemärijärjestelmä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

3.6.2021

Tekijä Otsikko	Nikita Koltovoi Korkeiden rakennusten käyttövesi- ja viemärijärjestelmä
Sivumäärä Aika	43 sivua + 7 liitettä 3.6.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	Yliopettaja Aki Valkeapää Suunnittelupäällikkö Evgeny Nikolski
<p>Insinööriyön tavoitteena oli luoda selvitys käyttövesi- ja viemärijärjestelmän ratkaisusta korkea rakentamisessa ja käyttövesi- ja jäte- sekä sadevesiverkostossa käytettävistä materiaaleista, komponenteista ja mitoituksesta LVI-suunnittelussa. Työssä ei käsitellä sprinklerilaitteistoja, lämmityslaitteistoja eikä jäähdytysjärjestelmiä. Vesi- ja viemärijärjestelmien tarkastelut on tehty ilman kustannustarkasteluja.</p> <p>Työssä perehdyttiin vesi- ja viemärijärjestelmien ohjekortteihin ja ympäristöministeriön asetuksiin sekä erilaisiin tuotevalmistajien käsikirjoihin, asennus- ja suunnitteluohjeisiin sekä verkkomateriaaleihin.</p> <p>Insinööriyön tuloksena syntyi kokonaisuus, joka avasi käyttövesi- sekä viemärijärjestelmissä käytettävät erilaiset suunnittelutavat ja menetelmät, joita hyödynnetään ja käytetään korkeiden rakennusten LVI-suunnittelussa. LVI-suunnittelu on vaativaa ja tarkkaan suunniteltava suunnittelun alkuvaiheessa, jotta päästään tarkoituksen mukaiseen lopputulokseen. Korkeiden rakennusten kanssa toimeen aloittelevat LVI-suunnittelijat voivat käyttää työtä hyödykseen.</p>	
Avainsanat	korkea rakentaminen, korkeat asuinkerrostalot, tornitalo, viemärijärjestelmä, paineenkorotusasema, vyöhykejako

Author Title	Nikita Koltovoi Domestic Water and Drainage System in High-rise Buildings
Number of Pages Date	43 pages + 7 appendices 3 June 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Aki Valkeapää, Principal Lecturer Evgeny Nikolski, Design Manager
<p>The purpose of this bachelor's thesis was to study domestic water and drainage system solutions, dimensioning and what materials and components are used in high-rise buildings. The goal was to produce material that would be helpful in the HVAC design. In this thesis, sprinklers, heating systems and cooling systems were excluded.</p> <p>This thesis was based on instruction cards for domestic water and drainage systems and the regulations of the Ministry of the Environment, as well as various product manufacturers' manuals, installation and design instructions and online sources.</p> <p>The thesis resulted in a HVAC design guide for high-rise buildings which presents the design methods used for domestic water and drainage systems. The results showed that there were many ways to implement a drainage and domestic water system which is why HVAC design is demanding and needs to be carefully designed from the beginning of planning to achieve the intended result.</p>	
Keywords	high-rise building, drainage system, zoning, boost pump station

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Korkea rakentaminen	2
2.1	Yleistä korkea rakentamisesta	2
2.2	Korkean rakentamisen lait, määräykset ja ohjeet	3
3	Käyttövesijärjestelmä	4
3.1	Järjestelmäratkaisut ja hallinta	4
3.1.1	Kaukolämpö ja lämpösiirtimet	4
3.1.2	Säätöventtiilin valinta	6
3.1.3	Paineenkorotus ja vyöhykejako	8
3.2	Virtaaman ja putkikoon määrittäminen	12
3.2.1	Normivirtaaman laskeminen	12
3.2.2	Mitoitusvirtaaman laskeminen	13
3.2.3	Kytkenäjohton valinta	16
3.2.4	Lämpimän kiertojohton mitoitus	18
3.3	Asennusmateriaalit ja komponentit	19
3.3.1	Asennusmateriaalit	19
3.3.2	Vesimittarit	20
3.3.3	Sulku- ja varolaitteet	20
3.3.4	Mittaus- ja säätölaitteet	20
3.3.5	Vuodonilmaisimet	21
3.4	Haasteet	21
4	Viemärijärjestelmäratkaisut ja hallinta	22
4.1	Yksiputkijärjestelmä	23
4.2	Rinnakkaistuuletettu järjestelmä	25
4.3	Geberit SuperTube	26
4.4	Virtaaman ja putkikoon määrittäminen	29
4.4.1	Jätevesiviemäri	29
4.4.2	Pystykokoojan mitoitus	31
4.5	Rakenneratkaisut, asennusmateriaalit ja komponentit	34

4.5.1	Materiaalit	34
4.5.2	Tuuletusviemäri	34
4.5.3	Sadevesiviemäri	36
4.5.4	Pohjakulma	37
4.5.5	Puhdistusyhteet	38
4.5.6	Vesilukko	39
4.6	Haasteet	41
5	Yhteenveto	41
	Lähteet	42
	Liitteet	
	Liite 1. Painehäviö kupariputkessa	
	Liite 2. Painehäviö muoviputkessa	
	Liite 3. Tuuletettu valurautaviettoviemäri	
	Liite 4. Tuuletettu muoviviettoviemäri	
	Liite 5. Sadevesiviemärin mitoitusvirtaama pinta-alan ja mitoitusasteen funktiona	
	Liite 6. Muovisadevesiviemärin mitoitus	
	Liite 7. Valurautasadevesiviemärin mitoitus	

Lyhenteet

DN	nimellinen halkaisija millimetreissä
hydrostaattinen paine	nesteen omasta painosta aiheutuva paine
korkea rakentaminen	yli 12-kerroksinen rakennus
RakMK	Suomen rakentamismääräyskokoelma
tornitalo	yli 12-kerroksinen rakennus

1 Johdanto

Insinööriyön tavoitteena on tehdä selvitys korkeiden rakennusten käyttövesi- ja viemärijärjestelmistä Ramboll Finland Oy:lle sen huomattua, että taitoa ja osaamista alalla on, mutta materiaalmäärä on vähäinen. Suomessa korkea rakentaminen on yleistymässä vuosi vuodelta, mikä tuo uusia haasteita suunnittelijoille, siksi suunnittelijatarve tulee lisääntymään korkea rakentamisessa huomattavasti. Tästä syystä suunnittelijoille olisi hyvä saada perustietoa korkeassa rakentamisessa käytettävistä ratkaisuista ja menetelmistä.

Työssä on pyritty selvittämään ja tuomaan esille erilaisia käytössä olevia järjestelmiä ja niiden ratkaisuja sekä vertaamaan niitä toisiinsa. Käyttövesijärjestelmistä on esitetty paineenkorotusasemat ja vyöhykejaot. Viemärijärjestelmissä käydään läpi erilaisia perinteisiä järjestelmäratkaisuja sekä uutta innovatiivista ratkaisua ja mitoitusapua. Mitoituksia, komponentteja ja materiaaleja käydään läpi työssä.

Korkeiden rakennusten LVI-suunnittelusta tietoa on haettu vesi- ja viemärijärjestelmien ohjekorteista, ympäristöministeriön asetuksista sekä erilaisista tuotevalmistajien käsikirjoista, asennus- ja suunnitteluohjeista ja verkkomateriaaleista. Työssä ei käsitellä sprinklereitä, lämmitysjärjestelmää eikä käyttövesi- ja viemärijärjestelmien kustannuksia.

2 Korkea rakentaminen

2.1 Yleistä korkea rakentamisesta

Korkeista rakennuksista käytetään yleensä termiä tornitalo. Tornitaloille ei ole varsinaista yksilöllistä määritelmää korkeuden suhteen. Määritelmää pitää tarkastella monesta eri näkökulmasta. Rakennuksen sijainnilla, kerros pinta-alalla ja sen muodolla on merkitystä sille luokitellaanko rakennus korkeaksi. Erityisesti suurkaupungeissa, joissa on pilvenpiirtäjiä, tornitalo voi näyttää matalalta muihin verrattuna. [1.]

Korkeiden rakennusten neuvosto Council on Tall Buildings and Urban Habitat käyttää käsitettä ”tall building”, joita voidaan pitää korkeana, jos kerroksia on vähintään 14 taikka rakennus on yli 50 metriä korkea. Rakennus määritellään CTBUH:n mukaan siten, että se on suunniteltu asuin-, toimisto- tai valmistustarkoitukseen, eli määritelmä karsii korkeimpien rakennusten kategoriasta pois sellaiset rakennelmat pois, jotka ovat tuettuja rakennelmia, eli rakennelmia, joita ovat esimerkiksi savupiiput, vesitornit ja monumentit. Rakennuksen korkeudesta täytyy olla vähintään 50 % käyttötarkoitukseen tarkoitettua alaa, jotta sitä voidaan kutsua rakennukseksi. [1.]

Rakennuksen korkeutta voidaan mitata kolmella eri tavalla. Yleisin mittaustapa on kategoria, jossa mitataan avoilmaan yhteydessä olevan pääsisäänkäynnin alimman kerroksen tasosta, joka ei ole minkään liiketilan tai parkkihallin sisäänkäynti arkkitehtoniseen rakenteeseen asti, johon ei huomioida rakennelmat, jotka voidaan helposti purkaa. Toinen mittauskategoria on sama kuin ensimmäinen, mutta mitataan vain korkeimpaan käytössä olevaan kerrokseen asti, jossa oleskellaan jatkuvasti. Jäljelle jäävä tapa mitataan samoin, mutta mitataan huippupisteeseen asti, riippumatta elementtien ominaisuuksista. Tästä syystä jotkin rakennukset voivat näyttää korkeammilta kuin toiset mutta todellisuudessa ovat matalampia. [1.]

Emporis standardien mukaan rakennus luokitellaan korkeaksi rakennukseksi käyttäen käsitettä ”high-rise building”, kun kerrosten lukumäärä on 12–39 taikka rakennuksen korkeus on 35–100 m. [2.] Suomessa kaupungit itse määrittävät korkean rakennuksen metrimääräisen rajan. Voidaan päätellä, että korkean rakennuksen korkeusrajan määrittä-

minen on hieman erilainen kaikilla. Yleensä Suomessa korkeaksi rakennukseksi katsotaan rakennus, jonka korkeus on yli 56 metriä tai rakennus, jossa on vähintään 16- tai 17-kerrosta, riippuen kerroskorkeudesta. Esimerkiksi 2020 valmistuneessa Vantaan kaupungin selvityksessä korkeasta rakentamisesta asetettiin korkean rakentamisen rajaksi 56 metriä tai n. 17 kerrosta. Syynä tähän on, että 56 metrin rajan täytyessä astuu voimaan ympäristöministeriön asetus koskien paloturvallisuuden ohjekorttien noudattamisesta. [3, s. 6–7.]

Suomen korkein tornitalo oli 2014 vuoteen asti 87,5 m korkea Cirrus Helsingin Vuosaaressa. Hotelli Torini Tampere oli vuodesta 2014 korkein vuoteen 2019 asti. Nykyään korkein tornitalo Majakka sijaitsee Helsingin Kalasatamassa, ja se on 134 metriä korkea. [2.] Helsingin Keski-Pasilaan ollaan suunnitelmassa suomen korkeinta tornitaloa. Korkea rakentaminen vaatii tarkkaa suunnittelua ja näin vaatii viranomaisten sääntöjen ja ohjekorttien soveltamista ja noudattamista.

2.2 Korkean rakentamisen lait, määräykset ja ohjeet

Helsingin korkean rakentamistapaohje vuodelta 2012 on korvattu uudemmalla rakentamistapaohjeella 2018. Yli 16-kerroksiset rakennukset mukaan lukien kellarikerrokset vaativat korkean rakentamisen ohjekorttien noudattamista, ja yli 56 metriä korkeat rakennukset vaativat paloteknisten ohjekorttien noudattamista. Matalimmissa kohteissa, joissa on poikkeuksellisesti vaativia kohteita, kuten rakenteiden sovittavuus, hoikkuus ja tuuliolosuhteet voidaan edellyttää ohjekorttien noudattamista. Rakentamistapaohjeessa kortit on jaettu viiteen eri osa-alueeseen, jotka ovat yleiset-, rakenne-, LVI-, akustiikka- ja paloasiat. [4, s. 3.]

Suomen rakentamismääräyskokoelman D1 kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet 2007 on kumottu ja korvattu ympäristöministeriön asetuksella vesi- ja viemärlaitteistot 1047/2017. Uudessa asetuksessa on vain velvoittavia asetustekstejä, joista on jätetty pois entiset rakentamismääräyskokoelman asetuksen ohjeet tekniseen toteutukseen. RakMK D1:n vesi- ja viemärisuunnittelun ohjeita voidaan silti hyödyntää ja käyttää, jos 1047/2017 asetuksessa esitetyt määräykset ja vaatimukset täyttyvät. [5.]

3 Käyttövesijärjestelmä

Rakennusten käyttövettä koskevat säädökset on esitetty ympäristöministeriön asetuksessa 1047/2017, jossa esitetään laatuvaatimukset talousvedelle. Edellytetään, että talousvesi ei saa aiheuttaa terveyshaittaa sen käyttäjille eikä kiinteistön vesilaitteistoissa ja sen verkostoissa syöpymistä. Vesikalusteelle on saatava käyttötarkoitukseen riittävä ja tasainen virtaama sekä vesilaitteiston on kestävä 1 000 kPa sisäistä ylipainetta. [6.]

3.1 Järjestelmäratkaisut ja hallinta

3.1.1 Kaukolämpö ja lämpösiirtimet

Yleisin korkeiden asuinkerrostalojen lämmitysmuoto on kaukolämpö. Suunnittelun alkuvaiheessa selvitetään ja sovitaan lämpömyyjän kanssa teknisen laite- sekä kaukolämpöputkien sijoittelu. Tekninen tila sijoitetaan rakennuksessa mahdollisimman lähelle kaukolämpöverkoston liittymäkohtaa, jotta liittymisjohdosta tulisi mahdollisimman lyhyt. Kaukolämmön mittauskeskus sijoitetaan teknisessä tilassa mahdollisimman järkevään ja edullisimpaan paikkaan. Keskukselle varataan huoltotilaa eteen 800 mm ja sivuille 600 mm sekä korkeussuunnassa vähintään 2 000 mm. Tilaan varataan ohjeellinen tilantarve käyttövesisiirtimille ja laitteille taulukosta 1. [7, s. 4–5.]

Taulukko 1. Kaukolämpölaitteiden tilantarve [7, s. 4]

Asuinrakennuksen tilavuus m ³	Lämmönsiirrinten lukumäärä	Kaukolämpölaitteiden tilantarve m ²	Muiden laitteiden tilantarve m ²
500	2	2	määritetään laitteiden tilantarpeen mukaisesti ja lisätään kaukolämpölaitteiden tilantarpeeseen
500	3	2,5	
1 000	3	3	
1 000	4	4	
10 000	4	5	
20 000	4	5	

Kaukolämmön vesi on omaa piiriä, joka ei sekoitu rakennuksen järjestelmiin, vaan kaukolämmön vedestä saatava lämpö siirtyy energiana lämmönjakokeskuksen lämmönsiirtimissä rakennuksen vesikiertojärjestelmiin. Taulukossa 2 on esitetty kaukolämmön mitoituslämpötilat ensiö tulopuolella 115 °C ja paluupuolella 33 °C. [7, s. 8.]

Taulukko 2. Lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat [7, s. 8]

	LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C		
	ENSIÖ		TOISIO
	TULO	PALUU	
Lämmityksen ja ilmanvaihdon lämmönsiirtimet	115 (max)	33 (max)	LVI-suunnittelija mitoittaa järjestelmät siten, että <ul style="list-style-type: none"> • menolämpötila on enintään 60 °C • paluulämpötila on enintään 30 °C.
			Lisäksi: Ensiöpuolen paluulämpötila saa olla enintään 3 °C korkeampi kuin toisiopuolen paluulämpötila.

Ympäristöministeriön asetuksessa 1047/2017 6 § on asetettu veden lämpötiloille vaatimukset, jotka ovat kylmävesilaitteistossa enintään 20 °C ja kahdeksan tunnin jakson aikana, jolloin vesi seisoo lämpötila saa nousta enintään 24 °C:seen. Lämminvesilaitteistossa veden on oltava vähintään 55 °C sekä korkeintaan 65 °C, ja vesikalusteen lämpimän veden odotusaika saa olla enintään 20 sekuntia. [6.] Taulukossa 3 on esitetty käyttövesisiirtimen mitoituslämpötilat ensiö- 70/20 °C sekä toisiopuolelle 10/58 °C. Käyttöveden lämmönsiirtimen teho mitoitetaan, niin, että mitoitusvirtaamalla lämpötilan on oltava 58 °C. Mitoitusvirtaaman on oltava vähintään 0,3 dm³/s, jolloin siirtimen lämpöteho on 60 kW. [7, s. 9 & 13.]

Taulukko 3. Käyttöveden lämmönsiirtimen mitoituslämpötilat [7, s. 8]

	LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C			
	ENSIÖ		TOISIO	
	TULO	PALUU (max)	KYLMÄ VESI	LÄMMIN VESI (min)
Käyttöveden lämmönsiirtimet	70	20	10	58

3.1.2 Säätöventtiilin valinta

Käyttöveden säätöventtiilit mitoitetaan lämmönsiirtimen mitoitusarvojen virtaamalla, tehoilla sekä mitoituslämpötiloilla. Kaukolämmön sopimusehdon mukainen vähimmäispaine-ero on 60 kPa. Lämmityksen toimittaja antaa mitoitusta varten tarvittavat tiedot käytettävissä olevasta paine-erosta. [7, s. 16.] Säätöventtiilin valitaan kaavoilla 1, 2, 3 ja 4.

Säätöventtiilin mitoituspaine-ero lasketaan kaavalla 1. [7, s. 16.]

$$\Delta p = \Delta p_{ilm} - \Delta p_{siirrin} - \Delta p_{putkisto} \quad (1)$$

Δp on säätöventtiilin mitoituspaine-ero, bar

Δp_{ilm} on käytettävissä oleva paine-ero, bar

$\Delta p_{siirrin}$ on lämmönsiirtimen painehäviö, bar

$\Delta p_{putkisto}$ on lämmönjakokeskuksen putkiston painehäviö, bar

Säätöventtiilin k_v -arvo lasketaan kaavalla 2. [7, s. 16.]

$$k_v = \frac{q_v}{\sqrt{\Delta p}} \quad (2)$$

q_v on lämmönsiirtimen mitoitusvirtaama ensiöpuolella, m^3/h

Δp on säätöventtiilin mitoituspaine-ero, bar

Säätöventtiilin k_v -arvo lasketaan kaavalla 3. [7, s. 16.]

$$\Delta p_{sv} = \left(\frac{q_v}{k_{vs}} \right)^2 \quad (3)$$

q_v on mitoitusvirtaama, m^3/h

Δp_{sv} on säätöventtiilin todellinen painehäviö, bar

Säätöventtiilin k_v -arvo lasketaan kaavalla 4. [7, s. 16.]

$$\beta = \frac{\Delta p_{sv}}{\Delta p_{ilm,mit}} \quad (4)$$

β on säätöventtiilin auktoriteetti eli vaikutusaste

Δp_{sv} on säätöventtiilin todellinen painehäviö mitoitusvirtaamalla, bar

$\Delta p_{ilm,mit}$ on käytettävissä oleva paine-ero, bar

Tehon vaihdellessa suurella alueella käytetään usein kahta tai useampaa rinnankytkettyä säätöventtiiliä. Useampaa venttiiliä suositellaan, jos k_{vs} -arvo on suurempi kuin 6,3. Uudisrakennuksissa useamman käyttöveden säätöventtiilin tarvetta tarkastellaan jo pienemmilläkin virtaamilla. [7, s. 17.]

3.1.3 Paineenkorotus ja vyöhykejako

Vedenpaineen ylittäessä 500 kPa jakojohdossa tarvitaan paineenalennusventtiili, jolla paine tasataan tarkoituksen mukaiseen painearvoon. Vedenpaineen ollessa matala tarvitaan paineenkorotusasema, jolla pumpataan vettä tarkoituksen mukaiseen painetasoon. Vesilaitteistoon asennettavan paineenkorotusaseman täytyy sisältää säätölaitteita, joilla ehkäistään häiritsevää painenvaihtelua ja ääntä sekä varolaitteita korkean ylipaineen hallintaan. [6.] Rakennusten kaukolämpömääräyksessä K1/2020 on määriteltä käyttövesiverkoston toisipuolelle enimmäiskäyttöpaineen 1,0 MPa. Tästä syystä paineen ylittäessä 1 000 kPa paineenkorotusta ei voida asentaa ennen lämmönsiirintä, vaan se on asennettava lämmönsiirtimen jälkeen. [7, s. 3.] Käyttövesijärjestelmästä olisi tavoitteena saada vaaka ja alhainen painetaso sekä suunnitella verkostot väljiksi, jotta putkistojen painehäviö ja virtausnopeus alenee. Vyöhykesuunnittelussa täytyy ottaa huomioon, että vaikeimmille vesikalusteille on saatava vähintään 70 % normivirtaamasta. [8, s. 19–20.]

Korkean rakennuksen käyttövesiverkoston paine eroaa matalasta rakennuksesta siten, että korkeassa rakennuksessa hydrostaattinen paine kasvaa avoimessa putkistossa suureksi korkealle mentäessä, mikä johtuu putkessa olevan veden omasta painosta. Tästä syystä käyttövesijärjestelmä tarvitsee paineenkorotusaseman ylimmille kerroksille ja alimpiin kerroksiin asennetaan tarvittaessa paineenalennusventtiilit. Suunnittelun alkuvaiheessa olisi hyvä suunnitella paineenkorotuksen toteutustapa ja varata tilaa paineenkorotusasemille, jotta myöhemmässä vaiheessa vältyttäisiin ongelmilta. Hydrostaattinen paine lasketaan kaavalla 5. [8, s. 18.]

$$p = \rho gh \quad (5)$$

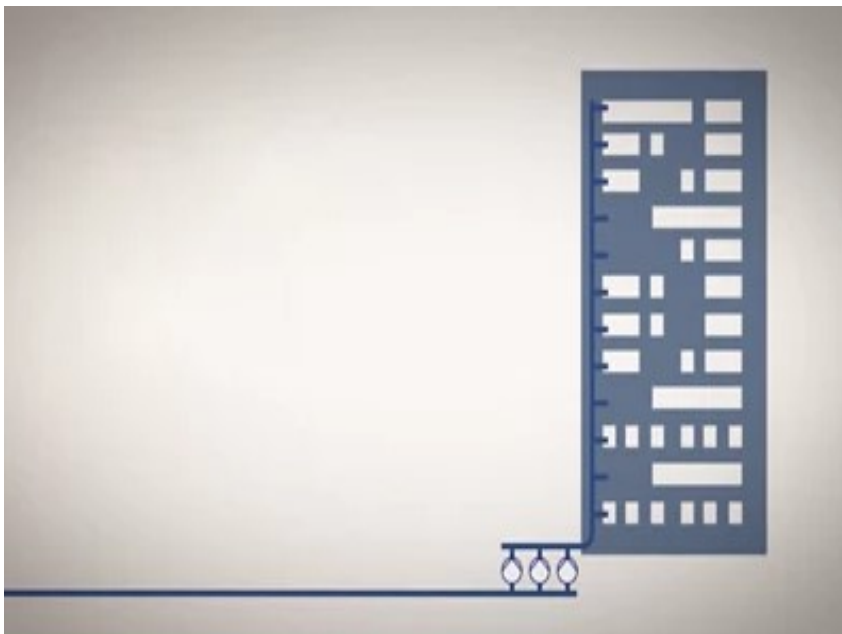
p on paine, Pa

ρ on nesteen tiheys, kg/m³

g on putoamiskiihtyvyys, m/s²

h on vaikuttava korkeusero, m

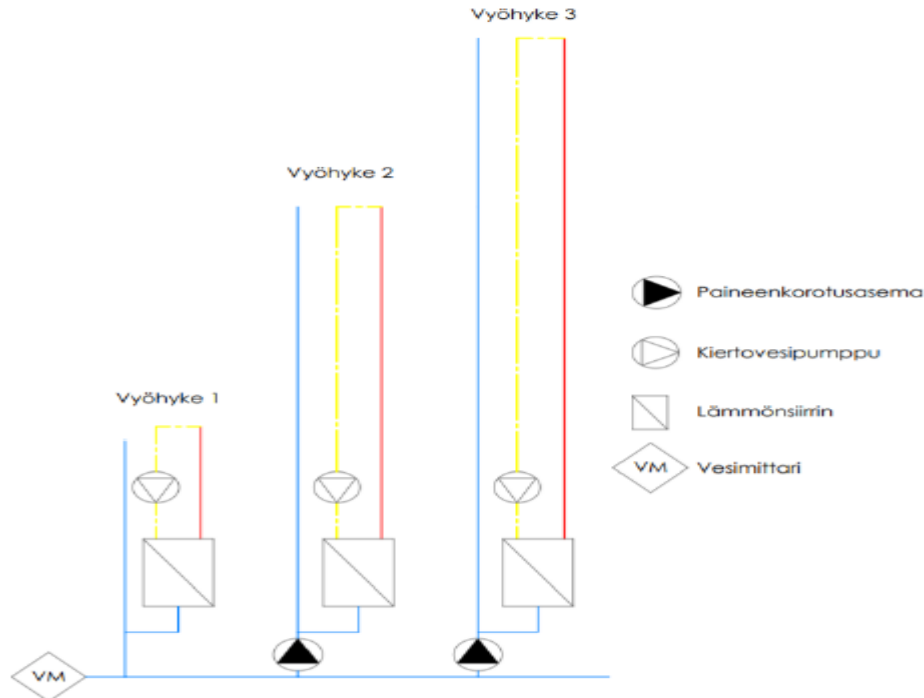
Tornitaloissa paineenkorotusasema asennetaan normaalisti 6–8 kerroksen välein, mutta myös 10 kerroksen vyöhykkeet ovat mahdollisia [9, s. 14]. Veden paineen hallintaa voidaan toteuttaa yksittäisellä lämmönjakuhuoneessa sijaitsevalla paineenkorotusasemalla kuvassa 1 esitetyllä tavalla, joka tuottaa veden koko rakennukseen; vyöhykkeisiin jaetuilla järjestelmällä kuvassa 2, jossa lämmönjakuhuoneessa sijaitsevat paineenkorotusasemat, jotka palvelevat omaa vyöhykettään, taikka kuvassa 3 esitetyllä tavalla, jossa paineenkorotusasemat sijoitetaan erillisiin tekniikkatiloihin kerroksiin, jotka palvelevat omaa vyöhykettään [10]. Paineenkorotusaseman tarvittava painetuotto lasketaan laskeamalla ensiksi vaikeimman kalusteen painehäviö, johon lisätään hydrostaattinen paine ja kitkapainehäviöt ja tuloksesta vähennetään vesimittarin jälkeinen käytettävissä oleva paine.



Kuva 1. Yksittäinen paineenkorotusasema [10].

Yksittäisen paineenkorotusaseman avulla saadaan tarvittava paine ylimpiin kerroksiin, mutta tässä tapauksessa alempiin kerroksiin syntyy liian korkea paine, ja näin tarvitaan paineenalennusventtiilit, jotka ovat kalliita ja tuhlaavat paljon energiaa paineen poistamiseen. Tällä toteutustavalla yleisesti tuotetaan liikaa painetta ja poistetaan ylimääräinen, mikä ei ole myös energiakustannukseltaan järkevää. [10.] Paineenkorotusasema tässä

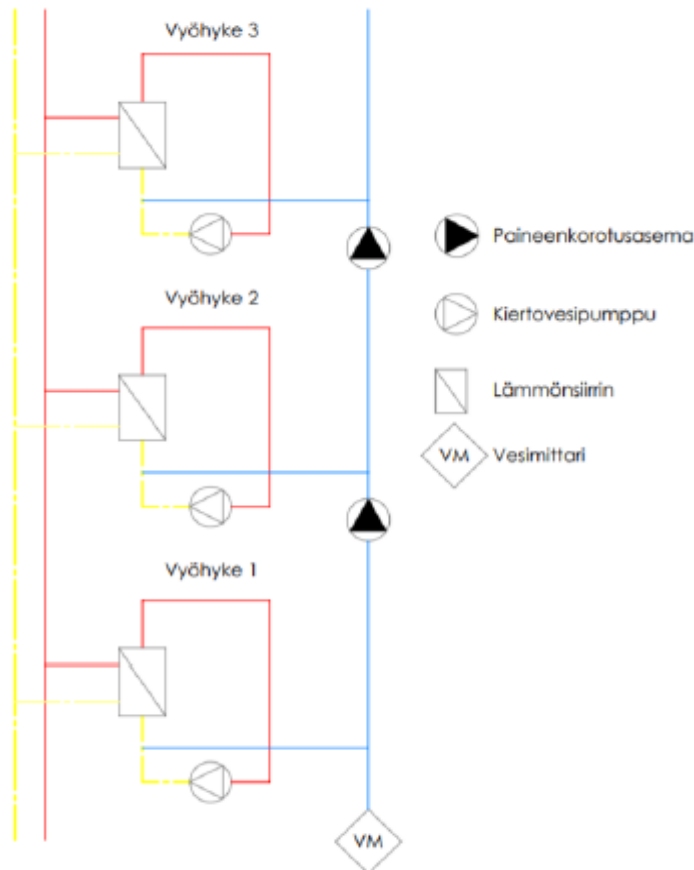
toteutustavassa tarvitsee useampia pumppuja, jotta mitoitusvirtaama vastaa todellista käyttöä kaikilla käyttöajan hetkillä, sillä yhdellä pumpulla ei saavuteta tarvittavaa nostokorkeutta. [9, s. 17.]



Kuva 2. Vyöhykkeisiin jaettu paineenkorotus [8, s. 20]

Vyöhykkeisiin jaettu paineenkorotusasemalla taataan tasaisempi paine ja vältytään, ettei paine nouse turhan korkeaksi. Kuvassa 2 esitetyssä tavassa ensimmäisessä vyöhykkeessä painetta riittää verkoston omalla paineella, joka saadaan kunnallisverkostolta, muut vyöhykkeet tarvitsevat paineenkorotusaseman, jotta painetta riittää myös ylempiin kerroksiin. Vyöhykkeisiin jaettu järjestelmä tarjoaa luotettavuuden ja pystyy mukautumaan vaihtelevaan veden kulutukseen. Tämä toteutustapa on myös energiakustannukseltaan halvempi kuin yksinäinen paineenkorotusasema. [10.] Lämmönjakohuoneeseen asennetaan paineenkorotusasemat, joille varataan vyöhykkeen omat pystynousut, jotka palvelevat omaa vyöhykettään. Jokaiselle vyöhykkeelle pitää varata tilaa pystynousuille sekä vaakaputkistoille, koska aina ei ole mahdollista nostaa putkistoja suoraan ylöspäin lämmönjakohuoneesta. Tällöin putkistot myös syövät asuintilaa rakennuksesta. Tällöinen ratkaisu on myyntihinnaltaan halvin tapa, koska ei tarvitse varata erillisiä tekniik-

katiloja kerroksiin. Paineentarvetta on myös tarkistettava, koska loputtomiin ei voida toimia tämmöisellä ratkaisulla, jossa asennetaan paineenkorotus ennen lämmönsiirintä. Paineen toisiopuolella ollessa yli 1 MPa asennetaan paineenkorotus vasta lämmönsiirtimen jälkeen. [9, s. 15–16.]



Kuva 3. Vyöhykkeisiin jaettu paineenkorotus kerroksittain [8, s. 22]

Kerroksiin asennettavat paineenkorotusasemat vievät tilaa rakennuksesta, koska jokaiselle vyöhykkeelle tarvitaan omat lämmönsiirtimek, toisaalta pystynousut vievät vähemmän tilaa, kun riittää yksi pystynousu. Käyttöveden lämmitysverkoston nousulinjan täytyy olla toteutettu korkeapaineisena, jotta vältetään useilta nousulinjoilta. Tällaisessa ratkaisussa tarvitaan jokaiselle vyöhykkeelle oma lämmönsiirtimensä, jotta hydrostaattinen paine ei kasva suureksi. Yhden nousulinjajärjestelmässä painetaso on pienempi, ja näin vältetään mahdollisilta liitos- ja laitteistovaurioilta. [9, s. 16–17.]

3.2 Virtaaman ja putkikoon määrittäminen

Rakennuksen tärkeimpiin mitoituksiin kuuluu rakennuksen käyttämä vesimäärän selvitys, jossa lasketaan vesikalusteiden normivirtaamien summa kylmälle ja lämpimälle vedelle, joiden avulla lasketaan mitoitusvirtaamat. Normivirtaamien avulla voidaan laskea kytkentä- sekä jakojohdon putkikoko sekä määrittää tonttijohdon koko kyseille rakennukselle, kun saadaan mitoitusvirtaama selville. Jakojohdo palvelee kahta tai useampaa vesipistettä ja kytkentäjohto vain yhtä. Mitoituksessa täytyy ottaa huomioon putkimateriaali.

3.2.1 Normivirtaaman laskeminen

Normivirtaamien laskeminen aloitetaan valitsemalla vesipisteille normivirtaamat. Vesilaitteiston normivirtaaman mitoituksessa käytetään avuksi taulukkoa 4. Taulukon avulla voidaan laskea koko rakennukselle normivirtaama kylmä- sekä lämminvedelle. Normivirtaama pitää laskea sekä kylmä-, että lämminpuolelle erikseen. Vesikalusteiden määrän selvittyä laskeminen tapahtuu yhteenlaskulla. Mitoituksessa otetaan huomioon vain suurin mitoituksessa käytettävä normivirtaama, jos vesikalusteeseen liitetään muita kalusteita helposti irrotettavan kytkennän kautta, esimerkiksi pesualtaan yhteydessä pesukoneen vesiliitäntä.

Taulukko 4. Normivirtaamien valinta [11, s. 35]

Mitoituksessa käytettävät vesikalusteiden normivirtaamat.

Vesipiste ¹⁾	Normivirtaama q_n , dm ³ /s	
	Kylmä vesi	Lämmin vesi
Astianpesuallas	0,2	0,2
Astianpesukone kotitaloudessa	0,2	(0,2)
Pesuallas	0,1	0,1
Suihku	0,2	0,2
Kylpyamme	0,3	0,3
WC-istuin	0,1	-
Pesukone kotitaloudessa	0,2	-
Pesukone talopesulassa tai vastaavassa	0,4	-
Vesiposti pientalossa, DN 15	0,2	-
Vesiposti kerrostalossa, DN 20	0,4	-
Laskuhana, tasapohja-allas	0,2	0,2
Pesuistuin	0,1	0,1
Urinaalin huuhteluventtiili	0,4	-
Urinaalin huuhteluhana	0,2	-
Ryhmäpesuallas (n kpl)	$0,07 + 0,03 n$	$0,07 + 0,03 n$
Sarjaan kytketyt urinaalit (n kpl)	$0,14 + 0,06 n$	-
Ryhmäsuihku (n kpl)	$0,14 n$	$0,14 n$
Teollisuus ym. laitteet	Lask enkseen	-

¹⁾ Jos vesikalusteessa on vaihtoehtoisia ulostuloja, otetaan mitoituksessa huomioon vain suurimman virtaaman antava ulostulo. Ulostuloksi luetaan tässä yhteydessä myös järjestely, jossa kalusteesta johdetaan vesi jollekin laitteelle, esimerkiksi pesukoneelle, helposti irrotettavan kytkennän kautta.

3.2.2 Mitoitusvirtaaman laskeminen

Mitoitusvirtaama saadaan normivirtaamien summan avulla, jossa ensiksi lasketaan vesikalusteiden KV- sekä LV-verkoston normivirtaama ja taulukkoa 5 hyödyntäen valitaan mitoitusvirtaama.

Taulukko 5. Mitoitusvirtaaman valinta [11, s. 37]

Jakojohtoon mitoitusvirtaama asuin-, toimisto-, koulu-, hotelli-, sairaala- tms. Rakennuksissa.

Normivirtaamien summa Q dm ³ /s	Mitoitusvirtaama q ¹⁾ dm ³ /s q _{ni} (dm ³ /s)			Normivirtaamien summa Q dm ³ /s	Mitoitusvirtaama q ¹⁾ dm ³ /s q _{ni} (dm ³ /s)		
	0,1	0,2	0,3		0,1	0,2	0,3
0,1	0,1	-	-	12,0	0,86	0,96	1,06
0,2	0,16	0,2	-	12,5	0,88	0,98	1,08
0,3	0,18	0,26	0,3	13,0	0,90	1,00	1,10
0,4	0,20	0,28	0,36	13,5	0,92	1,02	1,11
0,5	0,21	0,30	0,38	14,0	0,94	1,04	1,13
0,6	0,23	0,31	0,40	14,5	0,96	1,06	1,15
0,7	0,24	0,33	0,41	15,0	0,98	1,08	1,17
0,8	0,25	0,34	0,43	15,5	1,00	1,09	1,19
0,9	0,26	0,35	0,44	16,0	1,02	1,11	1,21
1,0	0,27	0,36	0,45	16,5	1,03	1,13	1,23
1,1	0,28	0,37	0,46	17,0	1,05	1,15	1,24
1,2	0,29	0,38	0,47	17,5	1,07	1,17	1,26
1,3	0,30	0,39	0,48	18,0	1,09	1,18	1,28
1,4	0,31	0,40	0,49	18,5	1,10	1,20	1,30
1,5	0,32	0,41	0,50	19,0	1,12	1,22	1,31
1,6	0,33	0,42	0,51	19,5	1,14	1,24	1,33
1,7	0,34	0,43	0,52	20,0	1,16	1,25	1,35
1,8	0,35	0,44	0,53	21,0	1,19	1,29	1,38
1,9	0,35	0,45	0,54	22,0	1,22	1,32	1,42
2,0	0,36	0,45	0,55	23,0	1,26	1,35	1,45
2,2	0,38	0,47	0,56	24,0	1,29	1,39	1,48
2,4	0,39	0,48	0,58	25,0	1,32	1,42	1,51
2,6	0,41	0,50	0,59	26,0	1,35	1,45	1,55
2,8	0,42	0,51	0,61	27,0	1,38	1,48	1,58
3,0	0,43	0,53	0,62	28,0	1,42	1,51	1,61
3,2	0,45	0,54	0,63	29,0	1,45	1,54	1,64
3,4	0,46	0,55	0,65	30,0	1,48	1,57	1,67
3,6	0,47	0,56	0,66	32,0	1,54	1,63	1,73
3,8	0,48	0,58	0,67	34,0	1,60	1,69	1,79
4,0	0,49	0,59	0,68	36,0	1,66	1,75	1,85
4,2	0,51	0,60	0,69	38,0	1,71	1,81	1,91
4,4	0,52	0,61	0,71	40,0	1,77	1,87	1,97
4,6	0,53	0,62	0,72	45,0	1,91	2,01	2,11
4,8	0,54	0,63	0,73	50,0	2,05	2,15	2,24
5,0	0,55	0,64	0,74	55,0	2,18	2,28	2,38
5,5	0,58	0,67	0,77	60,0	2,31	2,41	2,51
6,0	0,60	0,70	0,79	65,0	2,44	2,54	2,64
6,5	0,63	0,72	0,82	70,0	2,57	2,67	2,76
7,0	0,65	0,74	0,84	80,0	2,82	2,91	3,01
7,5	0,67	0,77	0,86	90,0	3,06	3,16	3,25
8,0	0,70	0,79	0,89	100,0	3,30	3,39	3,49
8,5	0,72	0,81	0,91	110,0	3,53	3,63	3,72
9,0	0,74	0,84	0,93	120,0	3,76	3,86	3,95
9,5	0,76	0,86	0,95	130,0	3,98	4,08	4,18
10,0	0,78	0,88	0,97	140,0	4,21	4,30	4,40
10,5	0,80	0,90	1,00	150,0	4,43	4,53	4,62
11,0	0,82	0,92	1,02	160,0	4,65	4,74	4,84
11,5	0,84	0,94	1,04	170,0	4,86	4,96	5,06

¹⁾ Jos jakojohtoon liittyy vakiovirtaamia, lisätään ne sellaisenaan mitoitusvirtaamaan.

Yksittäisen vesipisteen normivirtaaman q_{ni} ollessa suurempi kuin 0,3 dm³/s valitaan jakojohtoon mitoitusvirtaama q_{ni} = 0,3 dm³/s mukaan.

Mitoitusvirtaama voidaan laskea myös kaavalla 6 normivirtaamien summan perusteella.
[11, s. 36.]

$$q = q_{N1} + \theta * (Q - q_{N1}) + A * \sqrt{q_m * \theta * (Q - q_{N1})} \quad (6)$$

q on mitoitusvirtaama eli todennäköinen virtaama, dm^3/s

q_{N1} on normivirtaama mitoitettavassa putkessa, dm^3/s

q_m on venttiilin keskimääräinen virtaama, dm^3/s

θ on todennäköisyys, että normivirtaama q_{N1} on vesikalusteella käytössä huippukulutuksen aikana

Q on liitettyjen vesipisteiden normivirtaamien summa, dm^3/s

A on kerroin, joka ottaa huomioon, kuinka usein mitoitusvirtaama ylitetään

Asuin-, toimisto-, koulu-, hotelli-, sairaala-, ym. vastaavissa rakennuksissa jakojohdojen mitoitusvirtaama lasketaan seuraavilla arvoilla [11, s. 36]:

q_{N1} on 0,2 dm^3/s (ei kylpyammetta), 0,3 dm^3/s (kylpyamme)

q_m on 0,2 dm^3/s

θ on 0,015

A on 3,1

3.2.3 Kytentäjohton valinta

Kytentäjohtot valitaan käytettävän putkimateriaalin mukaan taulukkojen 6 ja 7 avulla. Kytentäjohtojen enimmäispituuden ohjearvojen avulla vältetään mahdollisilta paineiskuilta. [11, s. 39.]

Taulukko 6. Kuperiset kytentäjohtot [11, s. 39]

Normivirtaama dm ³ /s	Putkikoko d _u x e	Virtausnopeus m/s	Painehäviö kPa/m	Kytentäjohton enimmäispituus, m
0,1	10 x 0,8	1,8	9,7	1
	12 x 1,0	1,3	3,9	3
	15 x 1,0	0,8	1,0	>10
0,2	12 x 1,0	2,6	14,9	2
	15 x 1,0	1,5	3,8	5
0,3	15 x 1,0	2,3	8,3	3
	18 x 1,0	1,5	2,8	5
0,4	18 x 1,0	2,0	4,9	4
	22 x 1,0	1,3	1,5	10

Taulukko 7. Muoviset kytentäjohtot [11, s. 39]

Normivirtaama dm ³ /s	Putken d _s mm	Virtausnopeus m/s	Painehäviö kPa/m	Kytentäjohton enimmäispituus, m
0,1	10	1,3	2,6	15
	12 ¹⁾	0,9	1,1	15
0,2	10	2,6	8,8	12
	12 ¹⁾	1,8	3,7	12
	13	1,5	2,5	20
0,3	10	3,8	18,2	10
	12 ¹⁾	2,7	7,5	10
	13	2,3	5,1	15
0,4	13	3,0	8,6	10
	16 ¹⁾	2,0	3,2	10
	20 ¹⁾	1,3	1,1	15
	20	1,3	1,1	20

¹⁾ Monikerrospotki.

Vesikalusteen ja sen kytentäjohton yhteinen painehäviö normivirtaamalla voidaan laskea seuraavasta yhtälöstä.

Kytkejohdon ja kalusteen yhteinen painehäviö normivirtaamalla lasketaan kaavalla 7. [11, s. 40.]

$$\Delta p_{nN} = \Delta p_{kN} + \Delta p_v \quad (7)$$

Δp_{nN} on vesikalusteen ja kytkentäjohtojen yhteinen painehäviö normivirtaamalla, kPa

Δp_{kN} on kytkentäjohtojen painehäviö normivirtaamalla, kPa

Δp_v on vesikalusteen painehäviö normivirtaamalla, kPa

Vesikalusteesta saatava virtaama lasketaan kaavalla 8. [11, s. 40]

$$q = (p_n / \Delta p_{nN})^{0,5} q_N \quad (8)$$

q on kalusteesta saatava virtaama, dm³/s

p_n on vesikalusteelle ja sen kytkentäjohtojelle käytettävissä oleva paine kalusteen korkeudella, kPa


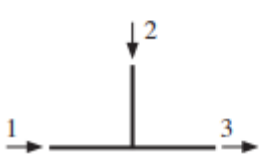
Δp_{nN} on vesikalusteen ja kytkentäjohtojen yhteinen painehäviö normivirtaamalla, kPa

q_N on kalusteen normivirtaama, dm³/s

Painehäviötä mitoittaessa käytetään avuksi kupari- ja muoviputkissa liitteitä 1 ja 2. Putkille ja putkiyhteille kertavastuskerroin katsotaan taulukosta 8 tai käytetään valmistajien esittämiä kertavastuskertoimia. Vesikalusteen painehäviö Δp_v normivirtaamalla q_N katsotaan valmistajien ilmoittamista teknisistä tiedoista. Painehäviölaskelmissa vesikalusteen painehäviön pitää olla vähintään 150 kPa. [11, s. 40.]

Taulukko 8. Putkiyhteiden ja varusteiden kertavastuskertoimet [11, s. 40]

Putkiyhteiden kertavastuskertoimia.

Putkiyhde	r/d tai virtaussuunta	Kertavastuskerroin	Huomautus
Käyrä	$r/d \leq 3$ $r/d > 3$	0,5 0,0	r on kaarevuussäde d on sisähalkaisija
Kulma	-	1,0	Kertavastuskerroin liittyy haarakohdan jälkeiseen virtausnopeuteen
Haara	Suunta 1-2 1-3	2,0 0,0	
	Suunta 2-1 2-3	3,0 3,0	
	Suunta 2-3 1-3	1,0 0,0	

3.2.4 Lämpimän kiertojohdon mitoitus

Kiertojohdon mitoitus perustuu putkiston lämpöhäviöihin ja putkistoon mahdollisesti liitettyjen lämmönluovuttimien tehoon ja niistä määritettyihin virtaamiin. Kiertojohdolla esitetään käyttöveden lämpötilan lasku, näin vesikalusteelle tulevan lämpimän veden odotusaika pysyy mahdollisimman pienenä. Verkosto mitoitetaan veden virtausnopeuksien mukaan. Virtausnopeus ei saa ylittää jako- ja kiertojohdon missään osassa 1,0 m/s. Kuparissa käytetään virtausnopeutena 0,5 m/s. [11, s. 43.] Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että kiertojohdon virtaama täytyy olla n. 30 % lämpimän veden virtaamasta.

3.3 Asennusmateriaalit ja komponentit

3.3.1 Asennusmateriaalit

Käytössä olevat putkimateriaalit on esitetty taulukossa 9. Asennuksessa tulee ottaa huomioon valmistajien ohjeita [11, s. 44].

Taulukko 9. Vesilaitteiston käytettävät putkimateriaalit ja liitokset [11, s. 44]

Putkimateriaali	Liitos	Huomautus
Metalli		
– kupari ¹⁾	juotos, puserrus (irroittettava) puristus (tiivisterenkaallinen) pisto, laippa	Suositus veden happamuudelle: $7,5 < \text{pH} < 9,0$ Mitat taulukossa 2, juotostavat taulukossa 3
– ruostumaton teräs	hitsaus, kierre, puristus	EN 1.4401, AISI 316
Muovi		
– PE	puristus, pisto, hitsaus, laippa	Nimellispaine vähintään PN 10
– PE-X	puristus	
– PP ¹⁾	puristus, hitsaus	
– monikerrosputket ²⁾	puristus	

¹⁾Kupari asennetaan virtaus suunnassa PP:n ja teräksen jälkeen.

²⁾Liittäminen vain putkivalmistajan suosittelemilla liittimillä.

Kupariputkina käytetään standardin SFS-EN 1057 /1/ mukaisia putkia, joiden nimellimitat on esitetty taulukossa 2.

Kupariputkien juotostavat, juotteet ja kapillaariosat esitetään taulukossa 3. Kapillaariosien tulee täyttää standardin ISO 2016 /2/ vaatimukset.

3.3.2 Vesimittarit

Rakennuksen vedenkulutusta varten on asennettava vesimittarit ja sijoitettava paikkaan, jossa ne ovat helposti asennettavissa, huolettavissa ja luettavissa eikä mittari pääse jäätymään, vahingoittumaan eikä kuumenemaan. Kiinteistön vesimittari sijoitetaan heti tonttivesijohdon tullessa rakennuksen sisään, jos on mahdollista. Huonetila, johon kiinteistön vesimittari asennetaan, on varustettava lattiakaivolla. Rakennuksessa on oltava huoneistokohtaiset vesimittarit kylmä- sekä lämminvedessä sulkuventtiili molemmin puolin vesimittaria. Ympäristöministeriön asetukseen 1047/2017 2 § ja 10 § on tullut muutos 23.11.2020 koskien huoneistokohtaisia vesimittareita. Asetuksen muutoksen takia huoneistokohtaisten vesimittareiden täytyy olla etäluettavia. Vesimittareille on varattava huoltoa varten vähintään 500 x 500 mm:n kokoinen luukku. [5.]

3.3.3 Sulku- ja varolaitteet

Vesilaitteistoon on asennettava sulkemismahdollisuudet käyttöä, huoltoa ja korjausta varten. Nopeasti sulkeutuvan sulkuventtiilin koko saa olla enintään DN 50, suurempien venttiileiden täytyy olla hitaasti sulkeutuvia. Varoventtiili suojaa putkistoa ja siihen kytkettyjä laitteita ylipaineelta ja paineenalennusventtiili alentaa painetta, jotta vältetään äänihaitoilta ja paineiskuilta. Lämmin käyttöveden laitteistossa on oltava ylipaineen estämiseksi varolaite. Sulkulaitteet on sijoitettava [5]

- talokohtaisesti
- huoneistokohtaisesti
- pystyjakojohtoissa
- asennettujen laitteiden molemmin puolin jakojohdoissa
- kytkentäjohtossa ennen laitetta tai kalustetta
- vesimittareiden molemmin puolin.

3.3.4 Mittaus- ja säätölaitteet

Painemittari asennetaan virtaussuunnassa vesimittarin, paineenalennusventtiilin ja paineenkorotuslaitteiston jälkeen. Lämpömittarit sijoitetaan lämmin käyttövesiverkostossa kuumimpaan kohtaan ja kiertovesijohdossa virtaussuunnassa lämmityslaitteen viereen.

Kylmä käyttövedessä lämpömittari sijoitetaan pääsulun ja vesimittarin läheisyyteen. Virtaaman mitoitusta varten kiertojohdossa on oltava kerta- tai linjasäätöventtiili. Mittaus- ja säätöä varten vesilaitteistossa on oltava [5]

- painemittari
- lämpömittarit
- kertasäätöventtiilit.

3.3.5 Vuodonilmaisimet

Rakennuksen vesilaitteiston laitteiden ja vesijohtojen mahdollinen vuotaminen on ehkäistävä. Vuodot aiheuttavat suuret vahingot rakenteisiin, jotka ajan myötä johtavat home- ja mikrobivaurioihin. Vuotojen havaitsemiseksi on tehtävä rakenteellisia ratkaisuja, joiden avulla tiedetään vuodon tapahtuneen. KytKentäjohdot, jotka ovat seinärakenteissa on tehtävä ilman liitoksia. Vesijohtojen läpiviennit märkätilan lattiassa on kielletty. Pystyjakojohtojen ollessa näkymättömissä on asennettava kerroksittain mekaaniset tai rakenteelliset vuodonilmaisimet. Vesivuotojen havaitsemiseksi ja turvaamiseksi voidaan vesijohdot asentaa [5]

- tilassa näkyville
- suojaputkeen, jonka sisällä vuoto nähdään
- pystyjakojohtot huolto-oven taakse
- helposti irrotettavaan rakenneosaan
- vesikalusteiden kytKentäjohdot suojaputkeen hanakulmarasioille asti vesitiiviinä seinärakenteessa
- tuuletettuun ryömintätilaan.

3.4 Haasteet

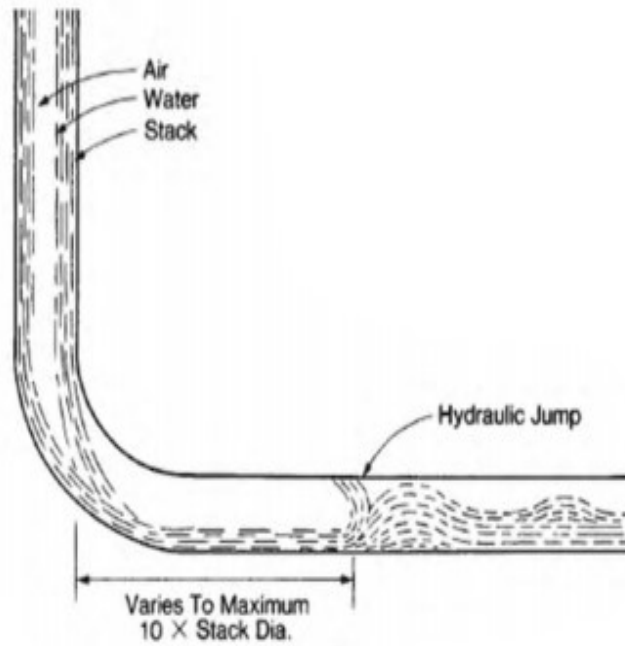
Käyttövesijärjestelmän korkeissa rakennuksissa haasteena on erityisesti hydrostaattinen paine, joka rajoittaa käyttövesiverkostojen rakennetta, vaatien näin paineenkorotus- asemien käyttöä, jolla taataan myös vaikeimmalle kalusteelle riittävä paine. Rakennuskohteen mukaan eteen haasteena voi tulla teknisten tilojen ja hormien sijoittelu, siksi suunnittelun alkuvaiheessa olisi hyvä selvittää tapa, jolla toteutetaan mahdollisimman virtausteknisesti oikea ja järkevä järjestelmä.

4 Viemärijärjestelmäratkaisut ja hallinta

Ympäristöministeriön asetus 1047/2017 koskee uusien rakennusten sekä kiinteistöllä tapahtuvien vesi- ja viemärlaitteistojen suunnittelua ja rakentamista, johon kuuluvat myös rakennusten korjaus- ja muutostyöt. Asetus edellyttää, että jätevesilaitteisto ei saa aiheuttaa terveydellistä vaaraa, haju-, melu- eikä ympäristöhaittaa. [6.]

Korkeiden rakennuksen jätevesijärjestelmä ohjaa viemäriputkistoja kautta vedet kunnalliseen viemäriverkostoon. Yleisesti viemäreitä asennetaan valuun, elementtihormeihin, tekniikkaseiniin sekä laattoihin. Vaakaviemäreille varataan riittävästi tilaa käyttöä ja huoltoa varten. Viemäri voidaan toteuttaa vietto- tai paineviemärinä. Viettoviemärin viemäripisteen on sijaita padotuskorkeuden yläpuolella, muutoin viemäri on toteutettava paineviemärinä pumppaamon kautta myös tilanteessa, jossa tarvittava viemärin kaltevuutta ei saavuteta. Virtaussuunnassa viemärin putkikoko ei saa pienentyä. [6.]

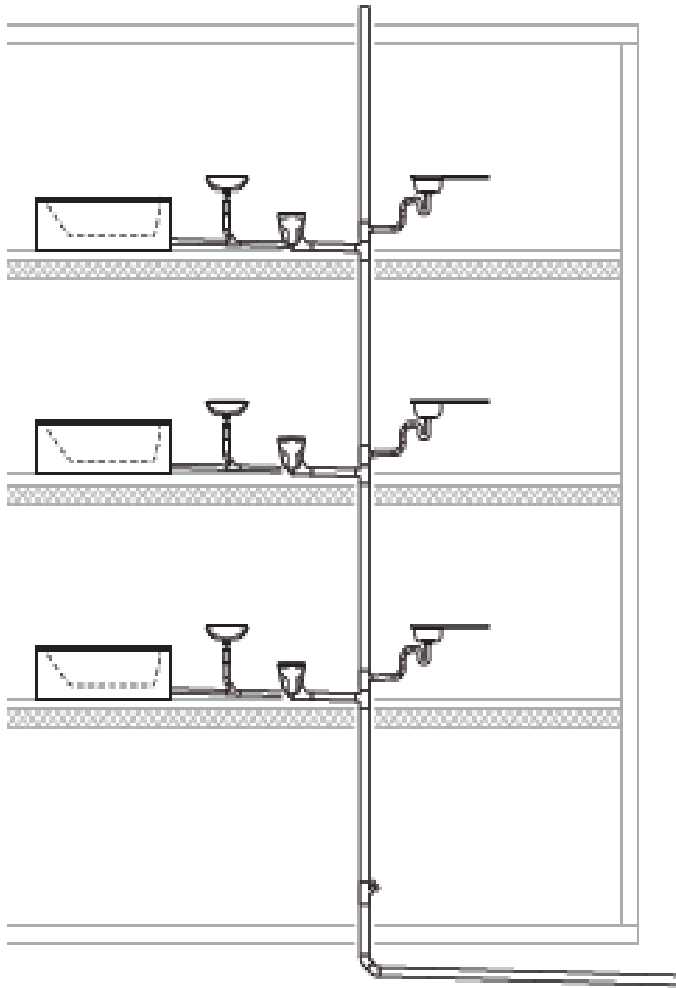
Viemärijärjestelmän paineiden hallinta korkeissa rakennuksissa on haastavampi kuin matalimmissa. Viemäriin on saatava riittävä tuuletus ja on estettävä putkistoista tulevan viemärihajun leviäminen asuntoihin. Viemärin ylipaine voi työntää asuntojen vesilukkojen kautta hajua läpi ja riittämätön korvausilma putkistossa aiheuttaa alipaineen, joka voi tyhjentää vesilukon. Vesilukon ongelmien estämiseksi viemärijärjestelmä tarvitsee tuuletusviemärin, jolla taataan toimiva järjestelmä. [8, s. 22–23.] Jätevesi putoaa painovoimaisesti vaakaviemäristä tullessa pystyviemäriin. Jäteveden pudotessa se muodostaa rengasmaisen virtauksen, jakautuen putkiston reunoille ja keskelle. Pudotessaan ilma pyrkii työntämään keskeltä tippuvaa vettä putkiston reunoille tasoittaakseen paine-eroa. Pystykokoojaputkistoissa jätevedestä noin 70–85 % virtaa seinämiä pitkin saavuttaen pudotuksesta maksimaalisen rajanopeuden 3–5 metrin jälkeen ja putken keskiosassa virtaa jätevedestä noin 15–30 % suuremmalla nopeudella. [12, s. 31.] Pystykokoojaviemärin muuttuessa vaakaviemäriksi voi syntyä kuvassa 4 esitetty hydraulinen hyppy nopean virtausnopeuden ja suunnanmuutoksen takia. Hydraulinen hyppy putkistossa voidaan kontrolloida tuuletusviemärillä sekä suurentamalla vaakaviemärin kokoa. [12, s. 34–35.] Korkeissa rakennuksissa viemärijärjestelmä perinteisellä tavalla voi olla haastavaa toteuttaa. Tästä syystä tuotevalmistajilla on erilaisia toteutustapoja, jotka esitetään seuraavissa alajaksoissa perinteisten toteutustapojen kanssa.



Kuva 4. Hydraulinen hyppy [13, s. 10]

4.1 Yksiputkijärjestelmä

Yksiputkijärjestelmän ideana on hoitaa yhdellä pystykokoojaviemärillä jäteveden poisto sekä tuuletus. Kokoojaputkessa johdetaan musta- sekä harmaaavesi, joka toteutetaan yhdellä nousulla vesikatolle asti. Asuntojen kytkentäputkien etäisyys johdettavaan kokoojaviemäriin on tarkastettava, koska useasti erillistä tuuletusta ei toteuteta. Järjestelmä on haastavin tuuletus- sekä paineteknisesti, mutta kustannustehokas, sillä materiaali- sekä asennuskustannuksilla voidaan säästää jopa 50 %. [14, s. 11.] Yleisesti viemärin putkikoon määrittää WC-istuin, joka sijoitetaan mahdollisimman lähemmäksi pystyviemäriä, jotta toteutuu WC-istuimen maksimi kytkentäetäisyys 2,4 metriä. [12, s. 37.] Yksiputkijärjestelmän toimintaperiaate on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. Yksiputkijärjestelmä [15, s. 13]

Yksiputkijärjestelmän ominaisuudet [16, s. 52]:

- sama putkenhalkaisija pystykokooja- ja tuuletusputkella
- erillisiä tuuletusputkia ei tarvita
- tilaa säästävä ja vähäinen materiaalityrve
- vähäinen suunnittelu- ja asennusvaiva.

4.2 Rinnakkaistuuletettu järjestelmä

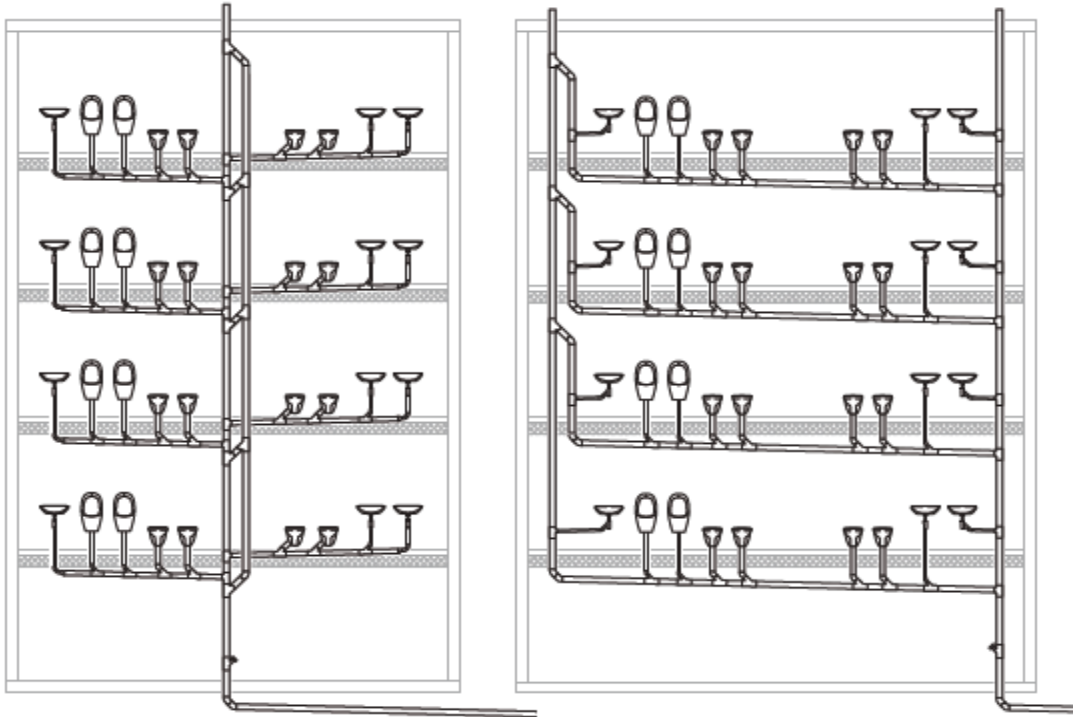
Rinnakkaistuuletettu järjestelmä toimii samalla periaatteella kuin yksiputkijärjestelmä, jossa johdetaan harmaa- sekä mustavesi, erona on tuuletusputken toteutus. Järjestelmässä on kaksi pystyviemäriä, josta yhdestä johdetaan jätevesi ja toinen toteuttaa tuuletuksen. Toteutustapa voidaan toteuttaa suora- sekä epäsuoralla järjestelmällä. Suorassa järjestelmässä jätevesiviemärin rinnalla on tuuletusputki, joka vie vesikatolle asti. Erillinen tuuletus voidaan toteuttaa epäsuoralla järjestelmällä, jolloin tuulettamattoman viemärin osuus pienenee. Erillinen jäteviemäri on tuulettava ja johdettava myös vesikatolle asti. Rinnakkaistuuletettu järjestelmä on yksiputkijärjestelmää kustannukseltaan kalliimpi, mutta sallii suuremman jätevesivirtauksen. [14, s. 12.] Suoran ja epäsuoran rinnakkaistuuletetun järjestelmän toimintaperiaate on esitetty kuvassa 6.

Suoran rinnakkaistuuletetun järjestelmän ominaisuudet [16, s. 54]:

- tuuletusputken ja pystykokoojan liittyminen toisiinsa joka kerroksessa
- suurempi tilantarve toisen tuuletusputken takia
- suurempi suunnittelu- ja asennusvaiva.

Epäsuoran rinnakkaistuuletetun järjestelmän ominaisuudet [16, s. 55]:

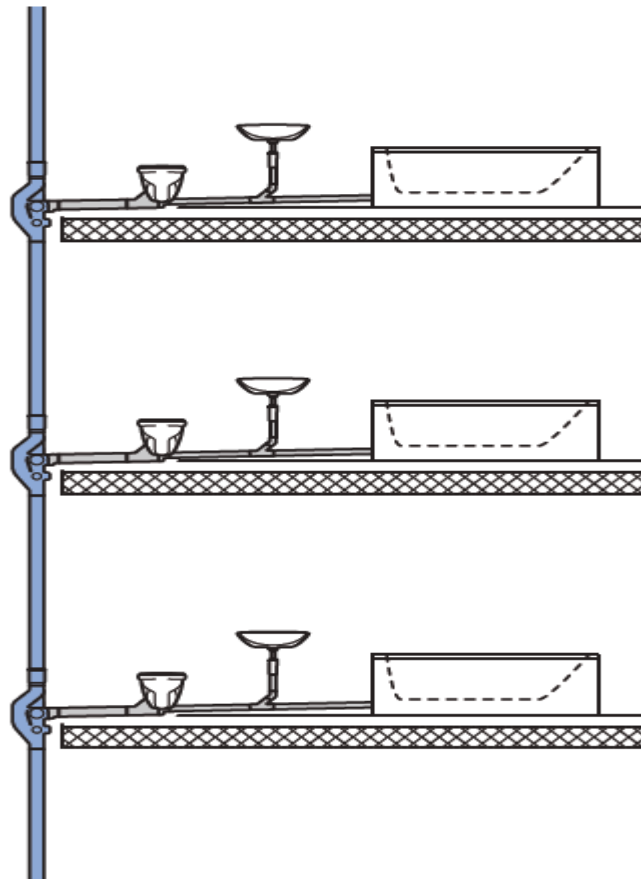
- tuuletusputken ja pystykokoojan liittyminen toisiinsa joka kerroksessa
- erillisen pystynousun takia tilantarve suurempi
- suoraa rinnakkaistuuletusjärjestelmää suurempi materiaaliterve
- suurempi suunnittelu- ja asennusvaiva.



Kuva 6. Suora (vas.) ja epäsuora (oik.) rinnakaistuulettu järjestelmä [15, s. 13]

4.3 Geberit SuperTube

Geberit SuperTube -tekniikka on suunniteltu erityisesti korkeisiin rakennuksiin. Järjestelmän toimintaperiaate perustuu järjestelmäosien yhteistoimintaan, jolla säästetään tilaa ja vähennetään kustannuksia ja mahdollistetaan käyttämään virtausteknisesti toimivaa järjestelmää. Järjestelmä voidaan käyttää rakennuksiin, jossa on yli 5 kerrosta. Perinteisissä jäteveden pystykokoojissa voi esiintyä suurta alipainetta, joka syntyy pystykokoojan ja kytkentäviemäreiden välillä. Järjestelmän tärkeimpänä osana toimivuuden kannalta on Geberit PE Sovent yhde, joka on esitetty kuvassa 9. Yhde pienentää yhteentörmäystä pystyviemäriissä ylhäältä tulevan virtauksen kanssa. Tämä mahdollistaa pystyvirtauksen ohjausta, niin, että pystykokoojassa virtausnopeus laskee. Järjestelmä ei tarvitse näin erillistä rinnakkain kulkevaa tuuletusputkea. Geberit SuperTube -tekniikan yhde, pohjakulma ja kulmayhde on uusi järjestelmä, siksi se ei noudata vielä kansallisia standardeja eikä standardia SFS-EN 12056-2:2001-01, vaan ainoastaan sveitsiläisen standardin SN 592000:2012 vaatimuksia. [15, s. 8–14.] Geberit SuperTube -järjestelmän toimintaperiaate on esitetty kuvassa 7.

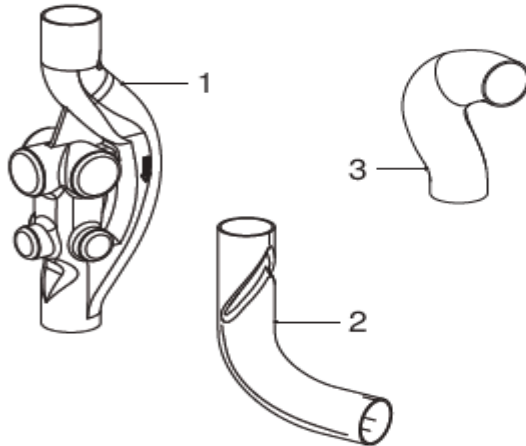


Kuva 7. Geberit Supertube -järjestelmä PE Sovent -yhteellä [15, s. 13]

Geberit SuperTuben rakenne koostuu neljästä järjestelmäosasta, joista kolme on esitetty kuvassa 8. Toimiakseen Geberit PE Sovent -yhteen kanssa järjestelmän täytyy käyttää Geberit PE- tai Geberit Silent-db20 -viemärijärjestelmää. [15, s. 11.]

Geberit SuperTube järjestelmän ominaisuudet ovat seuraavat [16, s. 59]:

- sama putkenhalkaisija pystykokooja- ja tuuletusputkella
- erillistä tuuletusputkea ei tarvita
- suurempi mitoitusvirtaama mahdollisuus putkistossa perinteisiin järjestelmiin verrattuna
- sivuttaissiirtymät ilman kaatoa 6 m:iin asti
- vähäinen materiaalityö
- vähäinen suunnittelu- ja asennusvaiva.

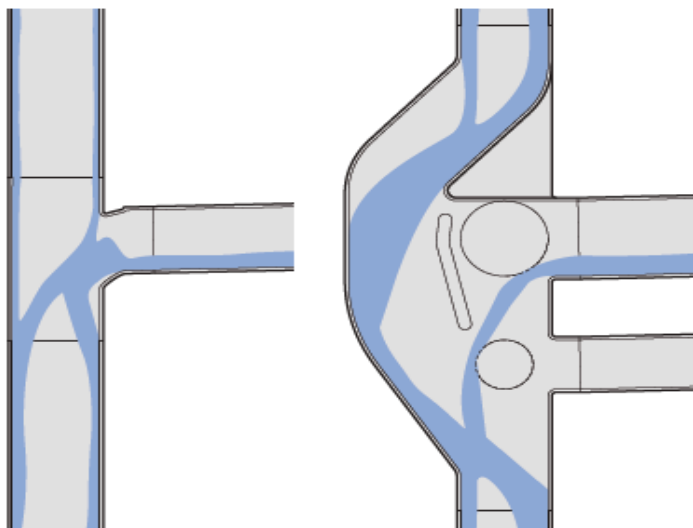


Kuva 4: Rakenne Geberit SuperTube

- 1 Geberit PE Sovent -yhde d110, tuotenro 367.614.16.1
- 2 Geberit PE BottomTurn -pohjakulma d110, tuotenro 367.615.16.1
- 3 Geberit PE BackFlip -kulmayhde d110, tuotenro 367.616.16.1

Kuva 8. Geberit SuperTuben rakenne [15, s. 9]

Geberit PE Sovent -yhteiden avulla vähennetään hydraulista sulkua pystykokoojassa. Pystyvirtaus- ja kytkentäviemäristä tulevaa vettä ohjataan niin, että ne eivät pääse törmäämään yhteen kohdatessaan. Virtauksenjakajan ansiosta viemärikapasiteetti putkistossa lisääntyy yli 30 %. Geberit PE Sovent -yhteen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 9. [15, s. 11–12.]



Kuva 9. Geberit PE Sovent -yhteen toiminta perinteiseen ratkaisuun verrattuna [15, s. 11]

Geberit PE BottomTurn pohjakulman toiminta perustuu veden suunnan muutokseen, jolla saadaan ylhäältä pystykokoojaviemärissä tulevan veden seinän murtumaan niin, että pyörivä virtaus muuttuu laminaariseksi, näin ilmapylväs pysyy ehjänä eikä hydraulista hyppyä synny. Geberit PE BackFlip kulmayhteellä ohjataan BottomTurn pohjakulman jälkeen laminaarisen virtauksen takaisin pyörremäiseksi virtaukseksi. [16, s. 41–42.]

4.4 Virtaaman ja putkikoon määrittäminen

4.4.1 Jätevesiviemäri

Ensisijainen vaihtoehto asuinrakennuksen viemäreille on viettoviemäri, joka toimii painovoimaisesti. Viemäripisteet on asennettava padotuskorkeuden yläpuolelle ja varmistettava riittävä viemärikaltevuus. Jäteveden pumppaamo on käytettävä, jos edellä mainitut ehdot eivät täyty. Viemärilaitteisto mitoitetaan niin, että viemäripiste viemäroä 1,5-kertaisesti vesipisteiden virtaamat. Mitoitus aloitetaan valitsemalla normivirtaamat taulukon 10 avulla, lasketaan normivirtaamien summat, minkä jälkeen katsotaan mitoitusvirtaama asuintaloille luokasta 2 kuvasta 10. KytKentäviemäreiden vähimmäiskaltevuus on 10 ‰. Viettoviemärin koon määrittäminen kaltevuuden avulla onnistuu valurauta- sekä muoviputkille liitteistä 3 ja 4. [11, s. 46.]

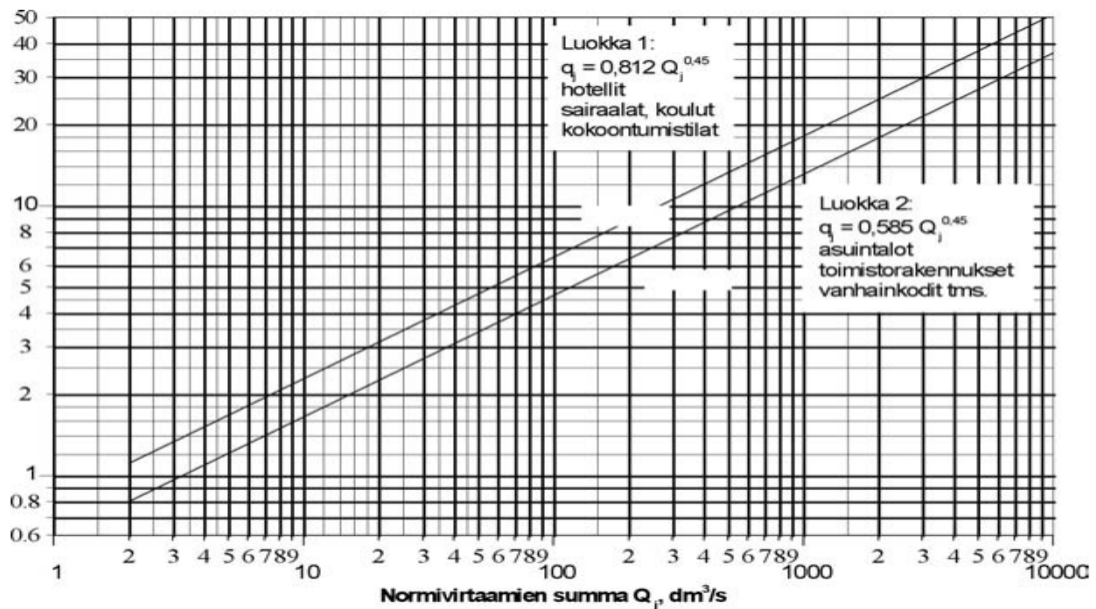
Taulukko 10. Viemäripisteiden normivirtaamat [11, s. 47]

Mitoituksessa käytettävät viemäripisteiden normivirtaamat.

Viemäripiste ¹⁾	Normivirtaama dm ³ /s	Huomautus
Pesuallas	0,3	
Pesuistuin	0,3	
Kylpyamme tai suihkuallas	0,9	
Suihku	0,6	
WC-istuin	1,8	
Astianpesuallas	0,6	
Astianpesuallas ammattikäyttö, 2-altainen	0,6	Ravintolassa rasvan- erottimen kautta.
Astianpesuallas ammattikäyttö, 3-altainen	0,9	
Astianpesukone, kotitalous	0,6	1)
Astianpesukone, ravintola	1,2	DN 110 lattiakaivoon
Pesukone, kotitalous	0,6	1)
Pesukone, talopesula tai vastaava	1,2	DN 110 lattiakaivoon
Tasapohja-allas tai kaatoallas	0,6	
Urinaali huuhteluventtiilillä	0,6	
Urinaali huuhteluhanalla	0,3	
Huuhteluallas, sairaala	1,8	
Pesukouru/metri (samanaikaisuuskerroin 1)	0,4	0,3 dm ³ /s pesupaikka
Juoma-allas	-	Virtaamia ei oteta huomioon mitoituksessa.
Sylkyallas	-	
Lattiakaivo DN 50	≤ 0,9 dm ³ /s ²⁾	
Lattiakaivo DN 75 (DN70)	≤ 1,5 dm ³ /s ²⁾	
Lattiakaivo DN 110 (DN100)	≤ 1,8 dm ³ /s ²⁾	

¹⁾ Ei oteta mitoituksessa huomioon viemäritäessä toisen vesipisteen vesilukkaan.

²⁾ Viemäripisteiden normivirtaamien enimmäissumma, joka voidaan viemäroidä lattiakaivon kautta. Laskettu normivirtaamien summa otetaan huomioon viemärin mitoituksessa. Asuinhuoneiston, hotellin tms. märkätalassa otetaan viemärin mitoituksessa huomioon vain suurin lattiakaivoon tuleva viemäripisteen normivirtaama.



Kuva 10. Viemärin mitoitusvirtaama [11, s. 48]

Jätevesiviemärin kytkentäviemärit voivat kulkea tuulettamattomina taulukossa 11 esite-
tyillä enimmäispituuksilla. Tuulettamattomalla viemäripisteellä voidaan käyttää alipai-
neventtiiliä, jonka täytyy sijaita palvelevien pisteiden vedenpinnan yläpuolella. [5.]

Taulukko 11. Tuulettamaton kytkentäviemäri [11, s. 48]

Tuulettamattoman kytkentäviemärin putkikoko, pituus ja putouskorkeus.

Normi- virtaama dm ³ /s	Vähimmäis- putkikoko DN	Enimmäispituus tuulettamattomana, m		Viemärointi toisen viemäripisteen vesilukkoon, vähimmäisputkikoko
		Vaakapituus L	Putouskorkeus H ¹⁾	
0,3	32 ²⁾	2	1	Pesuallas; DN 32
0,6	40 ²⁾	3	1	Pesukoneet, kotitalous, DN 32
0,9	50	10	2	Kylpyamme tai suihkuallas, DN 32
1,2	50	10	2	
1,5	70	10	4	
1,8	100	10	4	

¹⁾ Lasketaan vesilukon vedenpinnasta tuulettun kokoojaviemärin liitoskohdan tasoon

²⁾ Vesilukollisen viemäripisteen seinässä tai lattiassa sijaitsevan kytkentäviemärin putkikoko on DN 50, jolloin enimmäis-
vaakapituus tuulettamattomana on 10 m ja enimmäisputouskorkeus 2 m.

4.4.2 Pystykokoojan mitoitus

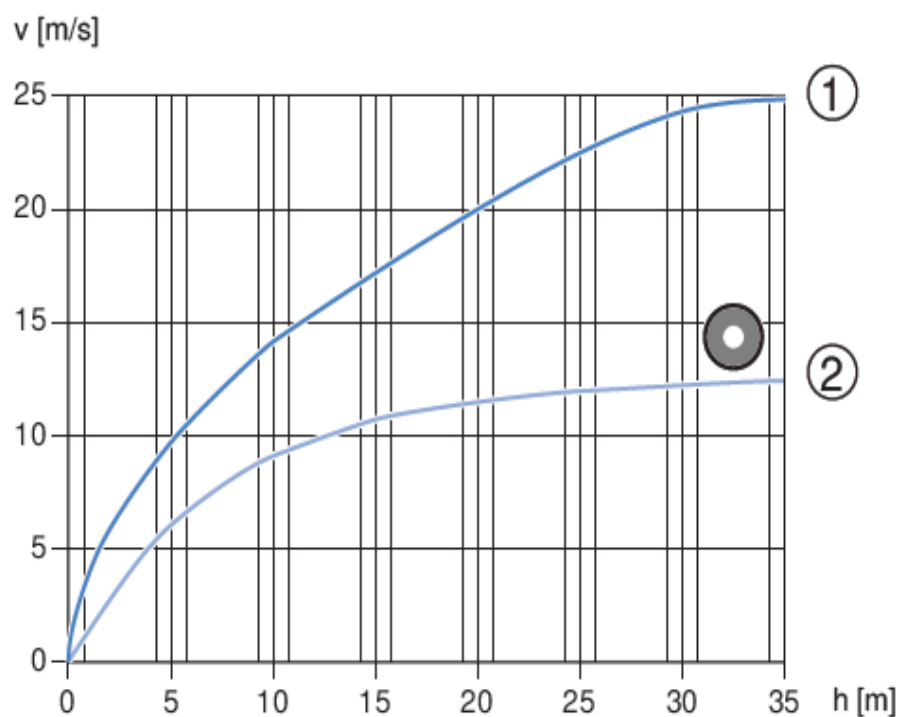
Rakennuksen hormoneissa viemärijärjestelmän pystykokoojien suurimmat sallitut maksimivirtaamat voidaan laskea Geberit SuperTube -suunnittelukäsikirjasta otetulla kaavalla 9. Virtausnopeus pystykokoojissa kitkahäviöiden ja ilmavastuksen vuoksi ei ylitä arvoa 13 m/s. Kuvasta 11 voidaan havaita, että ilman putkikitkaa ja ilmavastusta pystykokoojissa putoamisnopeus lisääntyisi putoamiskorkeudesta riippuvaisena. Normivirtaamat on esitetty taulukossa 12. Yksi DU:n normivirtaama vastaa jäteveden tilavuusvirtaa 1 l/s. Tällä mitoitustavalla päädytään hieman erilaiseen mitoitustapaan kuin Suomessa käytettävään viemärilaitteiston mitoittamiseen annettuun ohjeeseen. [15, s. 5–7.]

$$Q_{\max} = K \cdot \sqrt{\Sigma D \bar{U}} \quad (9)$$

Q_{\max} on suurin sallittu virtaama

K on käyttöluokkakerroin (vakio asunto- ja toimistokiinteistö = 0,5)

$\Sigma D \bar{U}$ on normivirtaamien summa



Kuva 1: Teoreettinen virtausnopeus ja virtausnopeus pystykokoojissa

- v Virtausnopeus [m/s]
- h Putoamiskorkeus [m]
- 1 Teoreettinen virtausnopeus $v_{\max} = \sqrt{2g \cdot h}$
- 2 Virtausnopeus pystykokoojissa (vesikalvo ja ilmapatsas)

Kuva 11. Virtausnopeus pystykokoojissa [15, s. 5]

Taulukko 12. DU-normivirtaamat [17, s. 13–14]

Viemärikaluste	DU [l/s]	DN
		Standardin DIN 1986 mukaan
Pesuallas, bidee	0,5	40
Suihku ilman pohjatulpaa	0,6	50
Suihku pohjatulpalla	0,8	50
Urinaali huuhtelusäiliöllä	0,8	50
Urinaali huuhteluventtiilillä	0,5	50
Pystyurinaali	0,2	50
Urinaali ilman huuhtelua	0,1	50
Kylpyamme	0,8	50
Keittiöallas ja astianpesukone yhteisellä vesilukolla	0,8	50
Keittiöallas, kaatoallas	0,8	50
Astianpesukone	0,8	50
Pesukone, tilavuus kork. 8 kg	0,8	50
Pesukone, tilavuus kork. 12 kg	1,5	56
WC huuhtelusäiliöllä 4,0/4,5 l	1,8	90
WC huuhtelusäiliöllä/painehuuhteluventtiilillä 6,0 l	2,0	90
WC huuhtelusäiliöllä/painehuuhteluventtiilillä 7,5 l	2,0	90
WC huuhtelusäiliöllä/painehuuhteluventtiilillä 9,0 l	2,5	100
Lattiakaivo DN 50	0,8	50
Lattiakaivo DN 70	1,5	70
Lattiakaivo DN 100	2,0	100

Erilaisilla jätevesiviemärijärjestelmillä saavutetaan erilainen maksimivirtaama pystykoobjaviemärissä, josta suurin maksimivirtaama saavutetaan Geberit PE Sovent järjestelmällä, joka nähdään taulukossa 13.

Taulukko 13. Pystykoobjien kuormitettavuus viemärijärjestelmissä [15, s. 13]

Nro	Viemärintijärjestelmä	Mitta d	Tuuletusputken mitta d	Maksimivirtaamat (DU) (K = 0,5)	Maksimimitoitus- virtaama (l/s)
1	Yksiputkijärjestelmä ja 88,5°:n haarayhde	110	–	64	4,0
		125	–	135	5,8
		160	–	361	9,5
1	Yksiputkijärjestelmä ja 88,5°:n pyöristetty haarayhde	110	–	108	5,2
		125	–	231	7,6
		160	–	615	12,4
2	Suora tai epäsuora rinnakkaistuu- letettu järjestelmä ja 88,5°:n haa- rayhde	110	56	108	5,2
		125	75	231	7,6
		160	90	615	12,4
2	Suora tai epäsuora rinnakkaistuu- letettu järjestelmä ja pyöristetty 88,5°:n haarayhde	110	56	185	6,8
		125	75	400	10,0
		160	90	1037	16,1
3	Geberit PE Sovent	110	–	576	12,0
		160	–	1156	17,0

4.5 Rakeneratkaisut, asennusmateriaalit ja komponentit

4.5.1 Materiaalit

Viemäriputkimateriaalit ja nimelliskoot on esitetty taulukossa 14.

Taulukko 14. Viemäriputkimateriaalit ja nimelliskoot [11, s. 53]

Nimellis- koko DN	Nimellinen ulkohalkaisija x pienin seinämäpaksuus d _n x e (mm)						
	PP B/BD ¹⁾	PP Miner.vahv ²⁾	PVC-U B/BD ¹⁾	PE B/BD ¹⁾	PE ³⁾ SDR 17	Valurauta	Ruostuma- ton teräs ⁴⁾
32	32 x 1,8/1,8	-	-	32 x 3,0/3,0	-	-	-
40	40 x 1,8/1,8	-	-	40 x 3,0/3,0	-	-	-
50	50 x 1,8/1,8	58 x 4,0	-	50 x 3,0/3,0	-	58 x 3,5	50 x 1,0
70	75 x 1,9/2,3	78 x 4,5	75 x 3,0/3,0	75 x 3,0/3,0	75 x 4,5	75 x 3,5	75 x 1,0
100	110 x 2,7/3,4	110 x 5,3	110 x 3,2/3,2	110 x 3,4/4,2	110 x 6,6	110 x 3,5	110 x 1,0
125	125 x 3,1/3,9	135 x 5,3	125 x 3,2/3,2	125 x 3,9/4,8	125 x 7,4	125 x 4,0	-
150	160 x 3,9/4,9	160 x 5,3	160 x 3,2/4,0	160 x 4,9/6,2	160 x 9,5	160 x 4,0	160 x 1,5
200	200 x 4,9/6,2	-	200 x 3,9/4,9	200 x 6,2/7,7	200 x 11,9	200 x 5,0	-

¹⁾ Käyttöalueita "B" ja "BD" vastaavat vähimmäisseinämän paksuudet.

Käyttöalue "B": käyttö vain rakennuksen sisällä pohjalaatan yläpuolella.

Käyttöalue "BD": käyttö rakennuksen sisällä ja maahan asennettuina kiinteistön alueella (kevyt liikenne).

Putkien ja putkilyhteiden merkinnöissä mm. käyttöalueen tunnus ja putkissa merkintä kelpoisuudesta kylmään ilmastoon: * (jääkide), standardin numero.

²⁾ Mineraalivahvisteinen polypropeeni, käyttö kerrostalojen kytkentä- ja kokoojaviemäreinä.

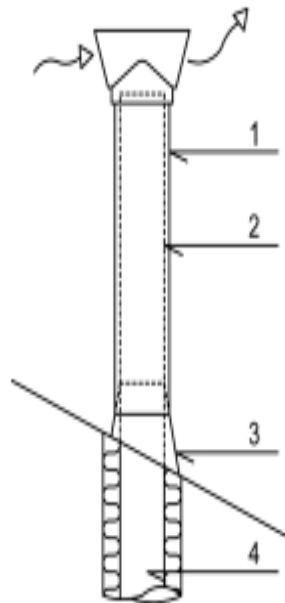
³⁾ Esimerkki paineviemäriputkesta, paineluokan valinta nostokorkeuden, paineenvaihteluiden ja ulkoisen kuormituksen perusteella.

⁴⁾ Ruostumaton teräs AISI 304 (rakennuksessa) tai AISI 316 (rakennuksessa ja maassa).

4.5.2 Tuuletusviemäri

Rakennuksen viemäriverkoston pystykokoojat varustetaan tuuletusviemärillä, jolla tuuletetaan ja tasataan paineenvaihteluita viemäriputkistoissa. Tuuletusviemäriin asennuksessa noudatetaan samoja ohjeita kuten jätevesiviemärissä. Vähintään yhden rakennuksen jätevesiviemäriin tuuletusviemäri tulee johtaa ulkoilmaan, joka korkeissa rakennuksissa johdetaan usein vesikatolle. Tuuletusviemäriin päähän asennetaan

jäätymissuoja, joka suojaa putkia jäätymiseltä. Tuuletusviemäri on esitetty kuvassa 12. [18, s. 52 & 77.]



1. Uponor-tuuletusviemäriin jäätymissuoja
2. Tuuletusviemäri
3. Vesikaton läpivientiosa vesikattomateriaalin mukaan.
4. Palo-/lämpöeristetty tuuletusviemäri

Kuva 12. Tuuletusviemäri [18, s. 77]

Tuuletusviemäri voidaan mitoittaa Uponorin kiinteistöviemäröintikäsikirjassa esitetyn taulukon 15 avulla. Korkeissa rakennuksissa pystykokoojien putkikoko on usein DN110- tai DN160. Tuuletusviemäriin koon on oltava kylmissä tiloissa vähintään DN110, esimerkiksi vesikatoilla.

Taulukko 15. Tuuletusviemäriin mitoittaminen [18, s. 52]

Normivirtaamien summa (dm ³ /s)	Putkikoko vähintään (de)
≤ 5	75
> 5	110

4.5.3 Sadevesiviemäri

Sadevesijärjestelmän tehtävänä on johtaa katoilta, parvekkeilta ja muista tiloista, joihin pääsee sadevettä kerääntymään hulevesiviemäriin. Sadevesiviemäri mitoitetään viettoviemäriinä. Korkeissa rakennuksissa sadevesiviemäriin toteuttaminen voi olla haasteellista paineen keston takia, koska rankan sateen sattuessa täynnä olevan pystykokoojan alaosaan vaikuttaa suuri hydrostaattinen paine. Sadevesiviemärijärjestelmä suunnitellaankin useasti hitsatusta muoviputkesta tai hitsatusta ruostumattomasta ja haponkestävästä teräksestä. [14, s. 35.] Sadevesiviemäriin mitoitusvirtaama lasketaan kaavalla 10. Sadevesiviemäriputken koko ja kaltevuus voidaan katsoa liitteistä 5, 6 ja 7. [11, s. 59.] Sadevesijärjestelmän toimintaperiaate on esitetty kuvassa 13.

$$q = q_s(k_1A + k_2A + \dots + k_nA_n) \text{ dm}^3/\text{s} \quad (10)$$

q_s on mitoitus sade, $\text{dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$ (yleensä $0,015 \text{ dm}^3/\text{s}/\text{m}^2$)

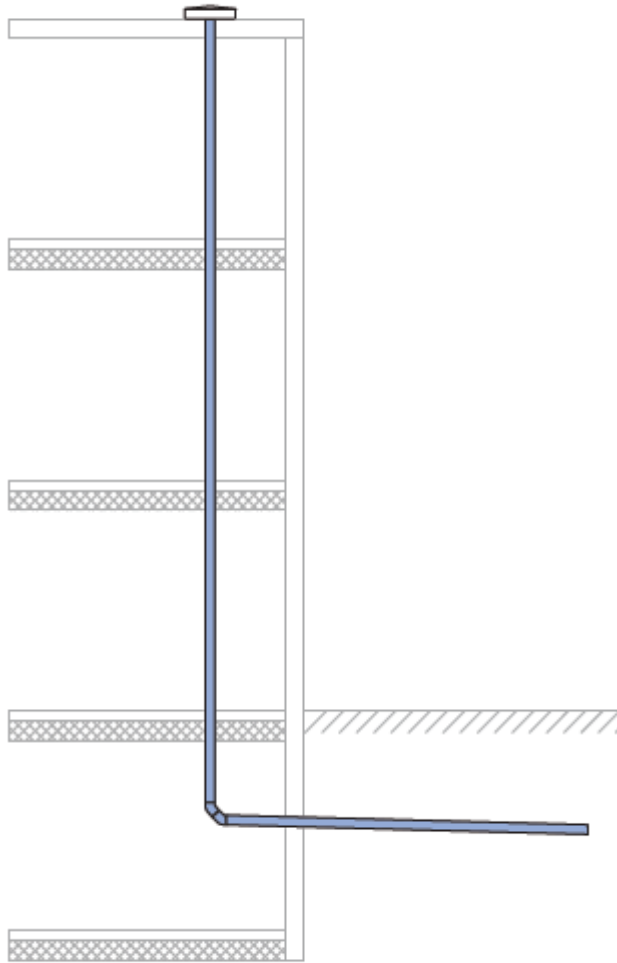
k_n on valumiskerroin osa-alueella,

$k = 1,0$ - katot, asfaltti-, betoni- ja muut tiiviit päällysteet

$k = 0,7$ - sorapäällysteet

$k = 1,0$ – nurmikot ja päällystämättömät pinnat

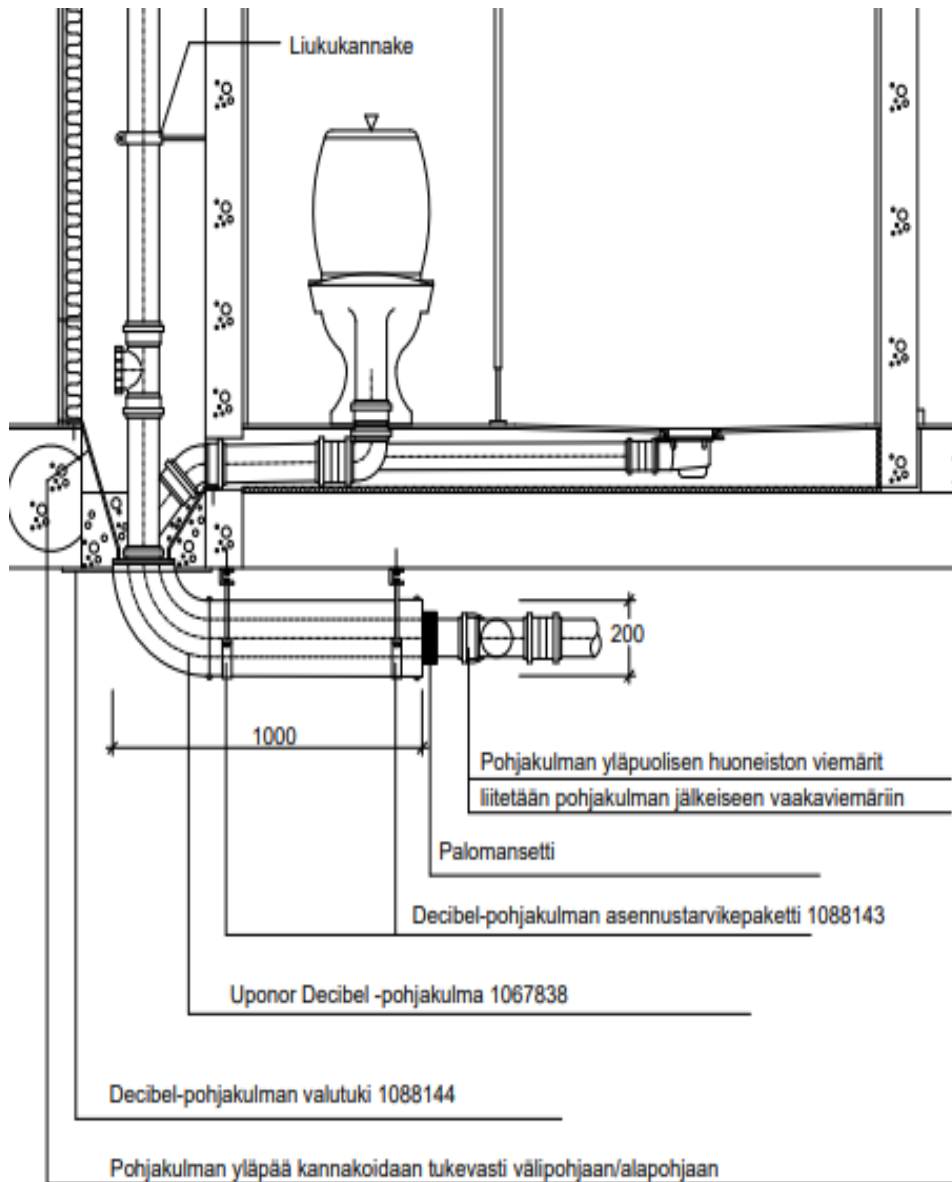
A_n on valuma-alueen pinta-ala (m^2)



Kuva 13. Sadevesiviemäri [16, s. 34]

4.5.4 Pohjakulma

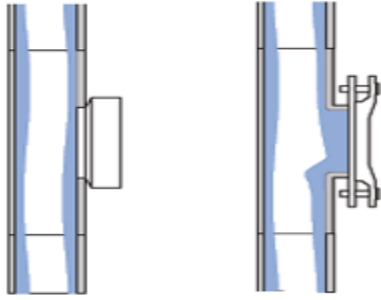
Pystykokoojaviemäriin muuttuessa vaakaviemäriksi, se aiheuttaa ääniteknillisesti suurempia ongelmia, joka johtuu putkessa virtaavasta aineen massasta, virtausnopeudesta ja suunnanmuutoksesta. Ääniongelmien välttämiseksi betonisen alapohjan alapuolelle asennetaan valmistajilta saatavana valmis pohjakulma taikka betoninen äänenvaimennin. Pohjakulma toteutetaan loivakaarisena, äkillisen suunnanmuutoksen välttämiseksi. Asuinrakennuksissa betoninen äänenvaimentimen täytyy olla vähintään 1 metrin pituinen ja vaakaviemäriin sivuilla täytyy olla 100 mm betonia. Pohjakulmaa on käytettävä, kun pystykokoojan palvelevia kerroksia on kaksi tai enemmän. Pohjakulman yläpuolella oleva huoneisto on liitettävä vasta pohjakulman jälkeen alapohjassa, jotta vältetään haitallisilta ääni ja paineongelmilta. [18, s. 15 & 32.] Pohjakulma on esitetty kuvassa 14.



Kuva 14. Uponor-pohjakulma [18, s. 37]

4.5.5 Puhdistusyhteet

Jätevesi- ja sadevesiviemärin elinkaaren turvaamiseksi ja ylläpitämiseksi tulee verkoston putkistoihin asentaa puhdistusta varten luukut, joista pääsee tarkastaa, puhdistaa ja korjaa tarvittaessa putkistot. Puhdistusaukon täytyy olla tarpeeksi suuri, jotta putkistoon päästään käsiksi, esimerkiksi työkaluilla. [16, s. 48.] Puhdistusyhteet on esitetty kuvassa 15.



Kuva 15. Virtausteknisesti optimoitu (vas.) ja optimoimaton (oik.) puhdistusyhte [16, s. 48]

Puhdistusyhteen sijoittamisessa täytyy huomioida palo- ja ääniteknilliset vaatimukset sekä hygieeniset [18, s. 47]. Puhdistusyhteen sijoittaminen on esitetty kuvassa 16.

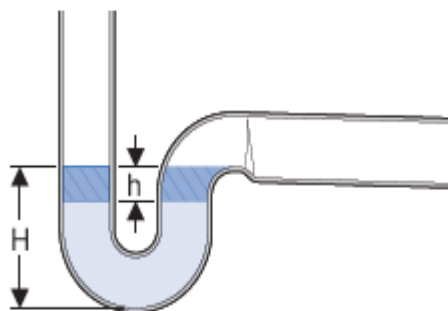
Viemärin sijainti	Viemäri	Puhdistusaukko	Puhdistusaukkojen enimmäisvälimatka	Huomautus
Rakennus	Kytöntäviemäri	Vesilukko		Vesilukoissa puhdistusmahdollisuus
	Pystykokoojaviemäri	Lattiakaivo, tarkastuskaivo, tarkastusputki tai puhdistusyhte		Jätevesiviemärin puhdistus myös tuuletusviemärin kautta. Hulevesiviemärin puhdistus myös tarkastuskaivon tai kattokaivon kautta.
	Vaakakokoojaviemäri	Puhdistusyhte	20 m	
Alapohjan alla	Vaakakokoojaviemäri	Puhdistusyhte tai tarkastusputki	20 m	Puhdistusyhteen ympärillä vähintään DN 600 kaivo.
Perusmuurin ulkopuolella	Vaakakokoojaviemäri	Tarkastuskaivo tai tarkastusputki	40 m	Tarkastuskaivon koko vähintään DN 400 mm. (1, 2)

Kuva 16. Viemärin puhdistusyhteen sijainti ja vaatimukset [5.]

4.5.6 Vesilukko

Rakennuksen jokaisessa viemärikalusteessa on oltava vesilukko, jonka tehtävänä on pidättää viemärikaasut. Vesilukon toiminta perustuu siihen, että vesilukon sisällä oleva

vesi muodostaa sulun, joka estää kaasujen kulkeutumista läpi. Standardin SFS-EN 12056-2:2001-01 mukaan vesilukossa vesisulun korkeuden pitää olla vähintään 50 mm. Vesilukossa on vaarana se, että käyttämättömänä jätetty kaluste voi alkaa ajan kuluessa haihtumaan tai painevaihteluiden takia tyhjentyä aiheuttaen sen, että viemärikaasut pääsevät tunkeutumaan. [16, s. 30.] Vesilukko voi tyhjentyä sallitusti 25 mm poistovesitoiminnon yhteydessä ja 1 mm päivässä [17, s. 9]. Vesilukko on esitetty kuvassa 17.

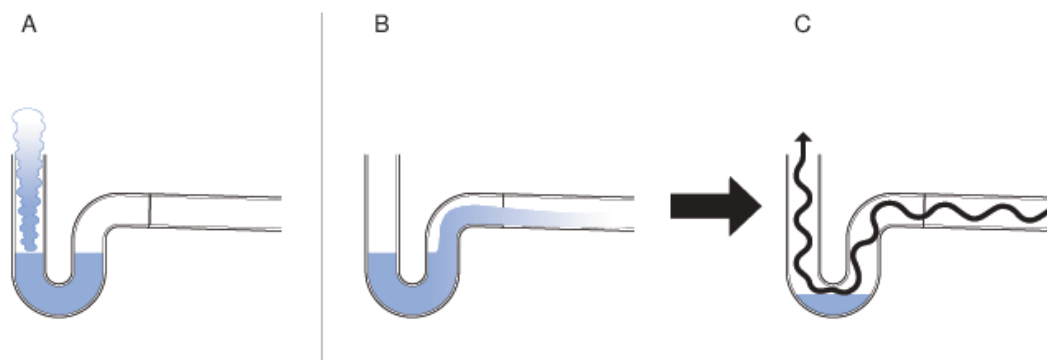


Kuva 2: Sallittu sulkuvesihukka

- H Sulkeva syvyys
h Sulkuvesihukan korkeus

Kuva 17. Vesilukko [17, s. 9]

Viemärlaitteistossa ei saa esiintyä yli +/- 400 Pa painevaihteluita. Vesilukon toiminta on tällöin oikea. Kuvassa 18 on esitetty vesilukon tyhjentymisen syitä. [11, s. 46.]



Kuva 29: Vesilukon korkeuden alenemisen syitä

- A Sulkuveden haihtuminen
B Sulkuveden imeytyminen pois epäsuotuisten paineolosuhteiden seurauksena
C Viemärikaasujen sisäänpääsy vesilukon liian vähäisen sulkuvesimäärän vuoksi

Kuva 18. Vesilukon tyhjentyminen [16, s. 30]

4.6 Haasteet

Korkeissa rakennuksissa jäteviemäreiden äänieristämisessä on haasteensa. Ääntä syntyy erityisesti pystykokoojaviemäreissä alimmissa kerroksissa ja vaakaviemäriksi muuttuessa. Ääntä putkistoissa voidaan kontrolloida suunnitelmalla verkosto väljäksi virtausnopeuden ja painehäviöin vähentämiseksi. Putkimateriaalilla, kannakoinnilla ja asennustavalla on suuri vaikutus toimivaan lopputulokseen. Putken massalla voidaan myös pienentää ääniongelmia käyttämällä valurautaa, joka nykyaikana ei ole järkevä vaihtoehto, koska markkinoilla on kestävää muovia.

5 Yhteenveto

Tämän insinööritöiden tarkoituksena oli luoda yritykselle selvityksen korkea rakentamisessa käytettävistä käyttövesi- ja viemärijärjestelmistä. Projektin varhaisessa suunnitteluvaiheessa olisi järkevää suunnitella tekniset ratkaisut, joilla taataan rakennukselle pitkä elinkaari ja vältetään myöhemmissä vaiheissa ongelmilta. Rakennukseen täytyy varata tekniikkakerrokset ja tilavaraukset paineenkorotuksen vyöhykejaoille ja muille tekniikoille huolellisesti. Suunnittelussa tärkeimpänä kohtana on järjestelmän valinta, järjestelmien painehallinta, mitoitus ja materiaalivalinta.

Korkeassa rakentamisessa tehdään yhteistyötä viranomaisten kanssa enemmän, kuin matalimmissa kohteissa sen vaativuuden takia. Suunnittelussa noudatetaan samoja ympäristöministeriön antamia asetuksia kuin muissakin matalammassa rakennuksissa, erona on tiukimman vaatimustason ympäristöministeriön asetuksen voimaantulo paloturvallisuudesta, jota tässä työssä ei tarkasteltu.

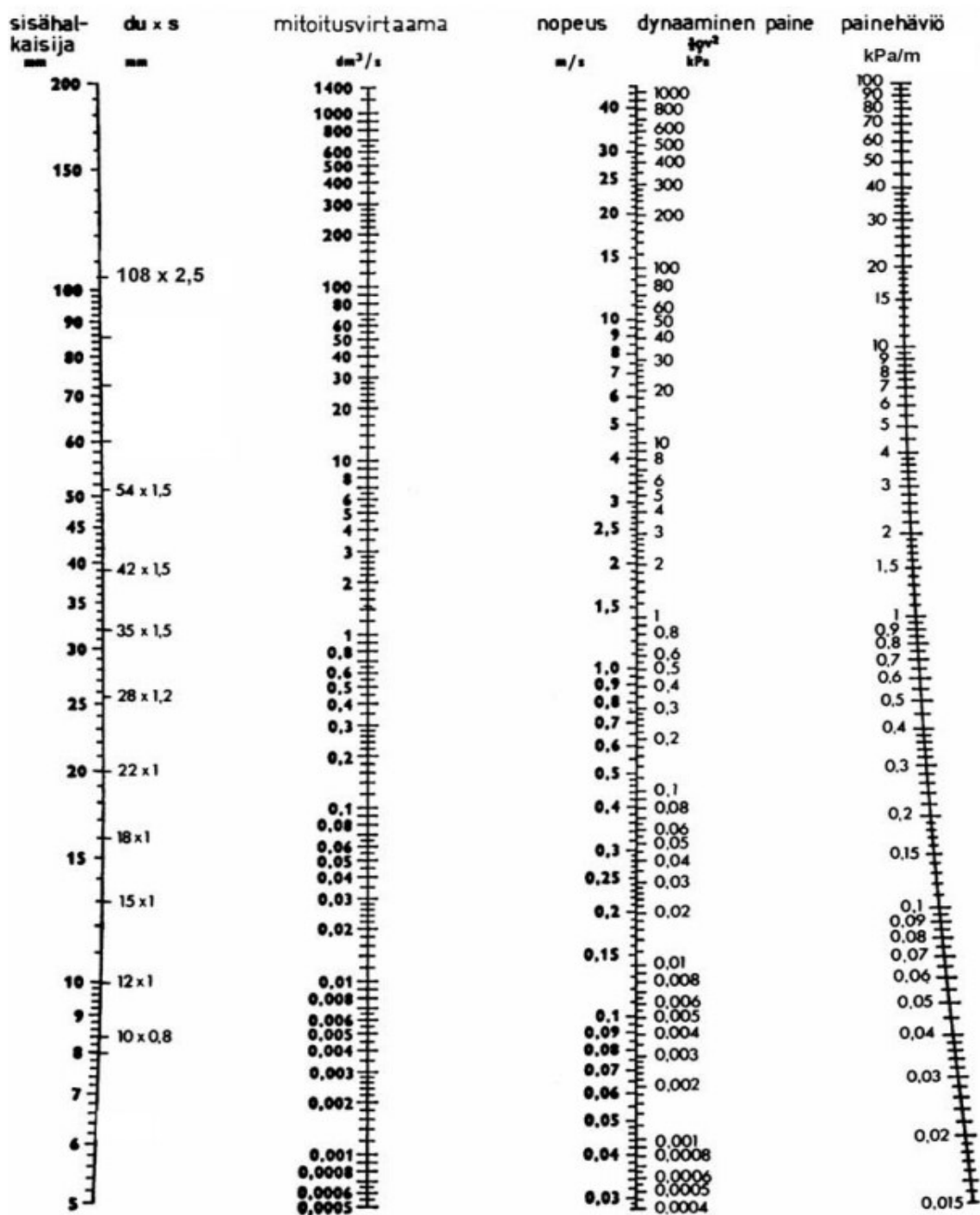
Työtä voisi jatkaa selvittämällä eri tuotevalmistajien järjestelmäkustannuksia. Työssä on esitetty perinteisten viemärijärjestelmien lisäksi vain yhden tuotevalmistajan innovatiivinen ratkaisu, vaikka markkinoilta valmistajia löytyy monta lisää. Sadevesiviemärintiä korkeissa rakennuksissa voitaisiin tutkia lisää sen painekeston ja materiaalivalinnan vuoksi.

Lähteet

- 1 Council on Tall Buildings and Urban Habitat. Tall building criteria. Verkkoaineisto. CTBUH. <<https://www.ctbuh.org/resource/height>>.
- 2 High-rise building (ESN 18727). Verkkoaineisto. Emporis GmbH. <<https://www.emporis.com/building/standard/3/high-rise-building>>.
- 3 Korkea rakentaminen Vantaalla. 2020. Verkkoaineisto. Vantaan kaupunki. <https://www.vantaa.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/vantaa/embeds/vantaaawwwstructure/153868_korkea_rakentaminen.pdf>.
- 4 Korkean rakentamisen rakentamistapaohje. 2018. Verkkoaineisto. Helsingin kaupunki. <https://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/KORKEAN_RAKENTAMISEN_RAKENTAMISTAPAOHJE_OHJEKORTIT.pdf>.
- 5 Vesi- ja viemärlaitteistot -opas. 2020. Verkkoaineisto. Talotekniikka info. <<https://www.talotekniikkainfo.fi/rakennusten-vesi-ja-viemarilaitteistot-opas>>. Päivitetty 10.6.2020.
- 6 Ympäristöministeriön asetus rakennusten vesi- ja viemärlaitteistosta 1047/2017. 2017. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 7 Rakennusten kaukolämmitys. 2020. Määräykset ja ohjeet. Julkaisu K1/2020. Energiateollisuus ry.
- 8 Koskenkangas, Anne. 2020. Korkean rakennuksen LVI-suunnittelu ja paloturvallisuus. Insinööriyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 9 Laasonen, Niina. 2018. LVIJ-järjestelmien kustannusoptimointi korkeissa asuin-kerrostaloissa. Insinööriyö YAMK. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 10 Yksittäinen paineenkorotusasema vs. vyöhykkeisiin jaetut järjestelmät. Verkkoaineisto. Grundfos. <<https://www.grundfos.com/fi/learn/research-and-insights/single-booster-vs-zone-divided-booster-systems>>.
- 11 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D1. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 12 Takala, Toni. 2014. Korkeiden rakennusten käyttövesi- ja viemärijärjestelmät. Insinööriyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.

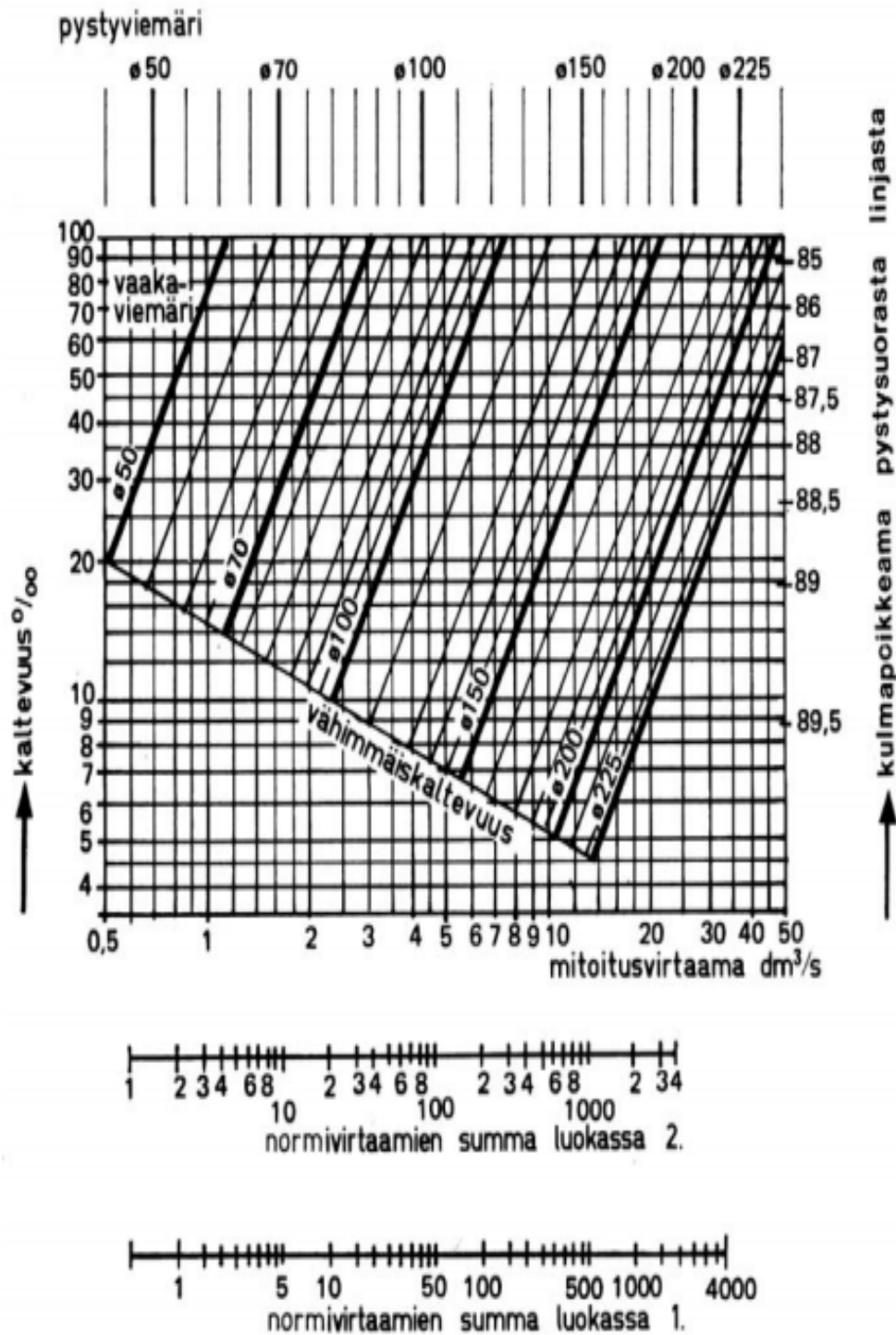
- 13 R. McFadden, Drew. Plumbing Trade Exhibition and Technical Symposium High Rise Plumbing Design. Verkkoaineisto. <http://www.aspephila.org/_pdf/ASPEHighRisePlumbingDesign.pdf>.
- 14 Helander, Elmeri. 2020. Korkean rakennuksen sisäiset jäteveden viettoviemäri- ja tuuletusjärjestelmät. Insinööriyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 15 SuperTube ja Sovent suunnittelukäsikirja. 2019. Verkkoaineisto. Geberit. <<https://assets.geberit.fi/local-media/brochures-downloadcenter/geberit-supertube-ja-sovent-suunnittelukasikirja.pdf>>.
- 16 Viemärihydrauliikka tekninen esite. Verkkoaineisto. Geberit. <<https://assets.geberit.fi/local-media/brochures-downloadcenter/viemaerihydrauliikka-tekninen-esite.pdf>>.
- 17 Viemärihydrauliikka suunnittelu ja mitoitus. Verkkoaineisto. Geberit. <<https://assets.geberit.fi/local-media/brochures-downloadcenter/viemaerihydrauliikka-suunnittelu-ja-mitoitus.pdf>>.
- 18 Kiinteistöviemäröinti käsikirja. 2019. Verkkoaineisto. Uponor Oy. <https://www.uponor.fi/-/media/country-specific/finland/download-centre/soil-waste/installation-manuals/37701_decibel_htp_kiinteistoviemarointi_kasikirja.pdf?v=9412cbda-d25c-49f9-b866-fcbb3e45709c>.

Painehäviö kupariputkessa



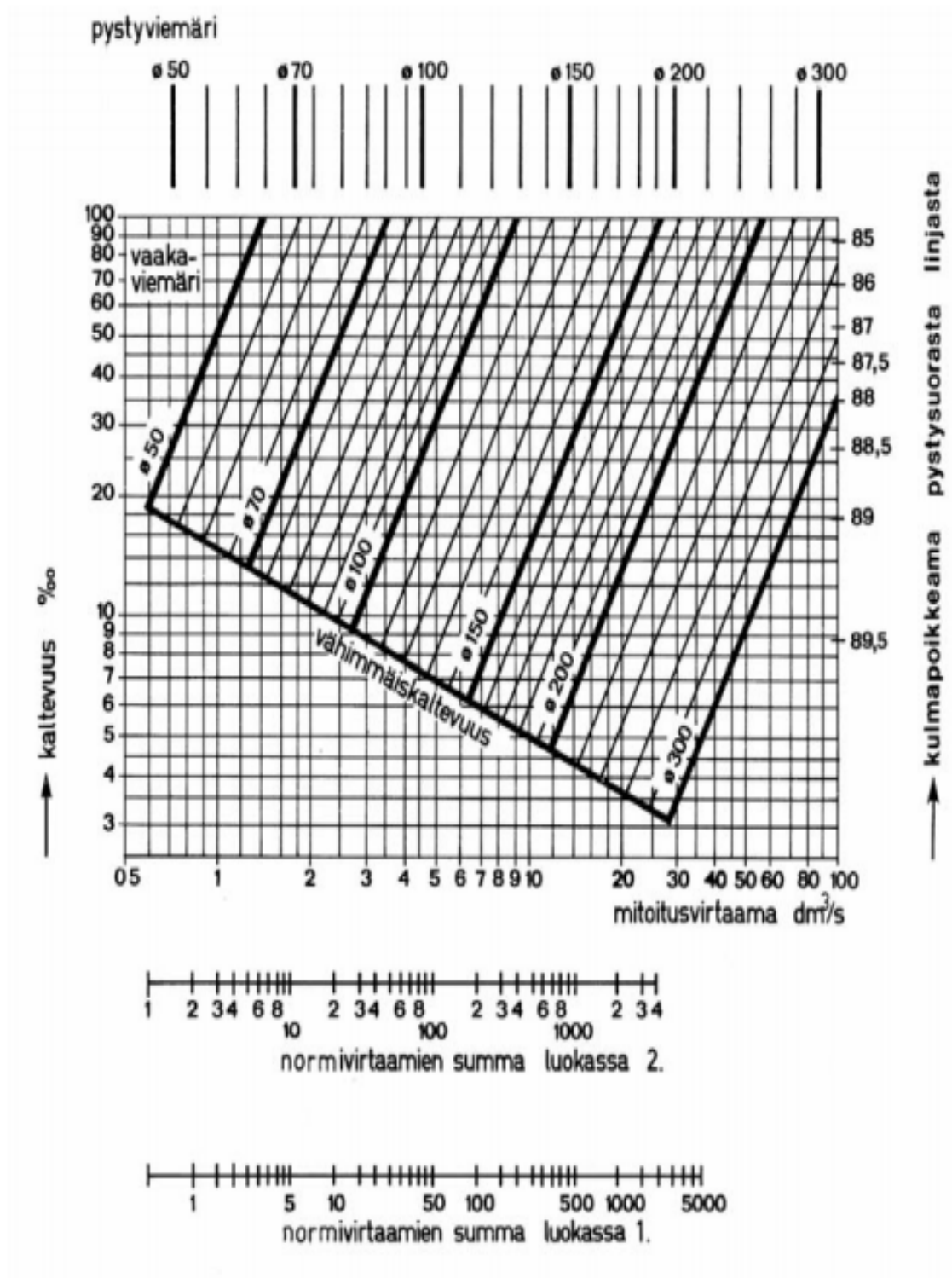
Kuva 4. Painehäviö kupariputkessa.
Nomogrammi perustuu Colebrookin kaavaan, jossa on käytetty pinnankarheutena $k = 0,15$ mm.
Veden lämpötila on 10 °C. Painehäviö 55 °C:ssa on enintään 25 % pienempi

Tuuletettuvalurauta viettoviemäri



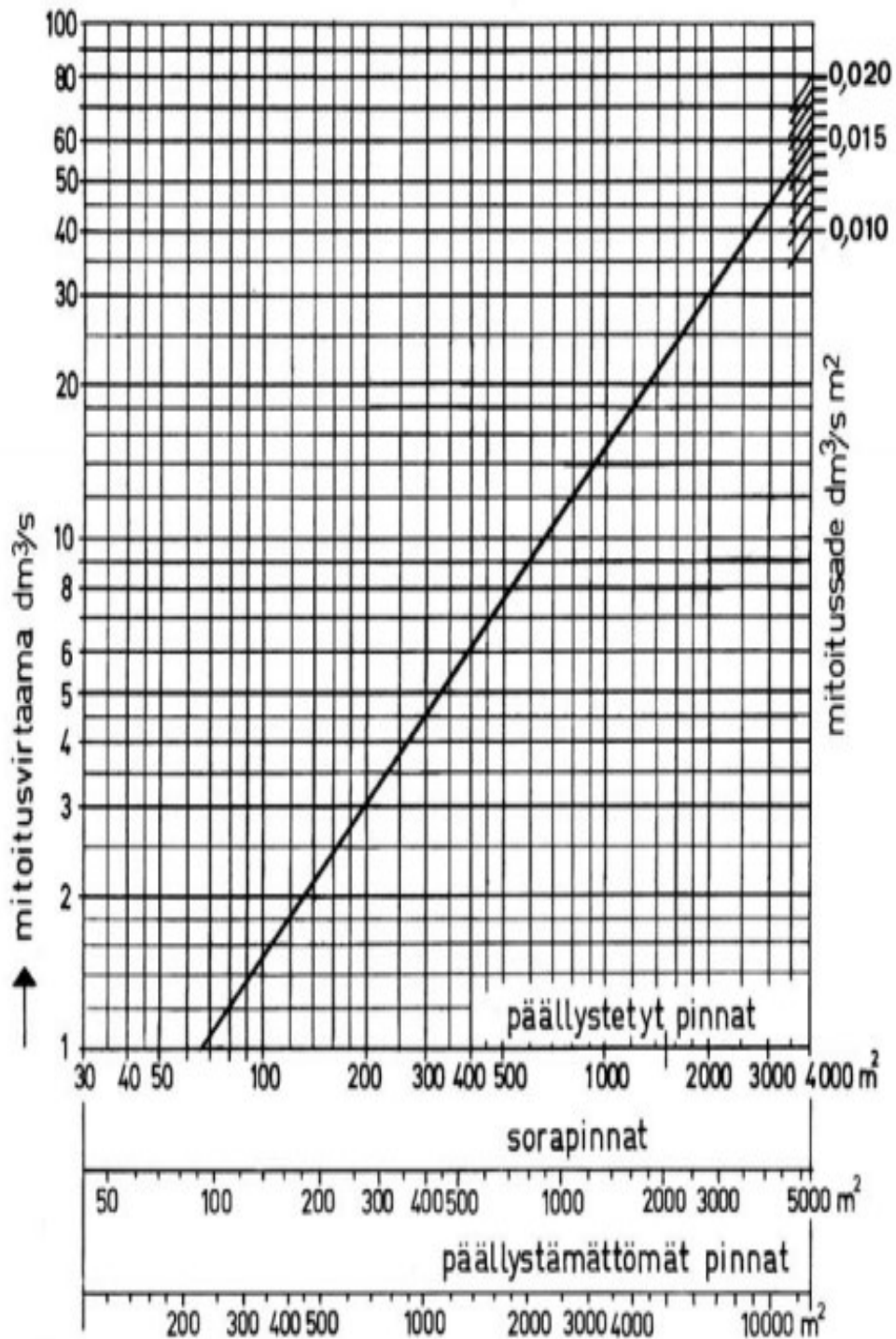
Kuva 2. Tuuletettu viettoviemäri. Koot ja kaltevuudet valurautaputkelle. Mitoitusdiagrammiin on merkitty viemärin sisämitat.

Tuuletettu muoviviettoviemäri



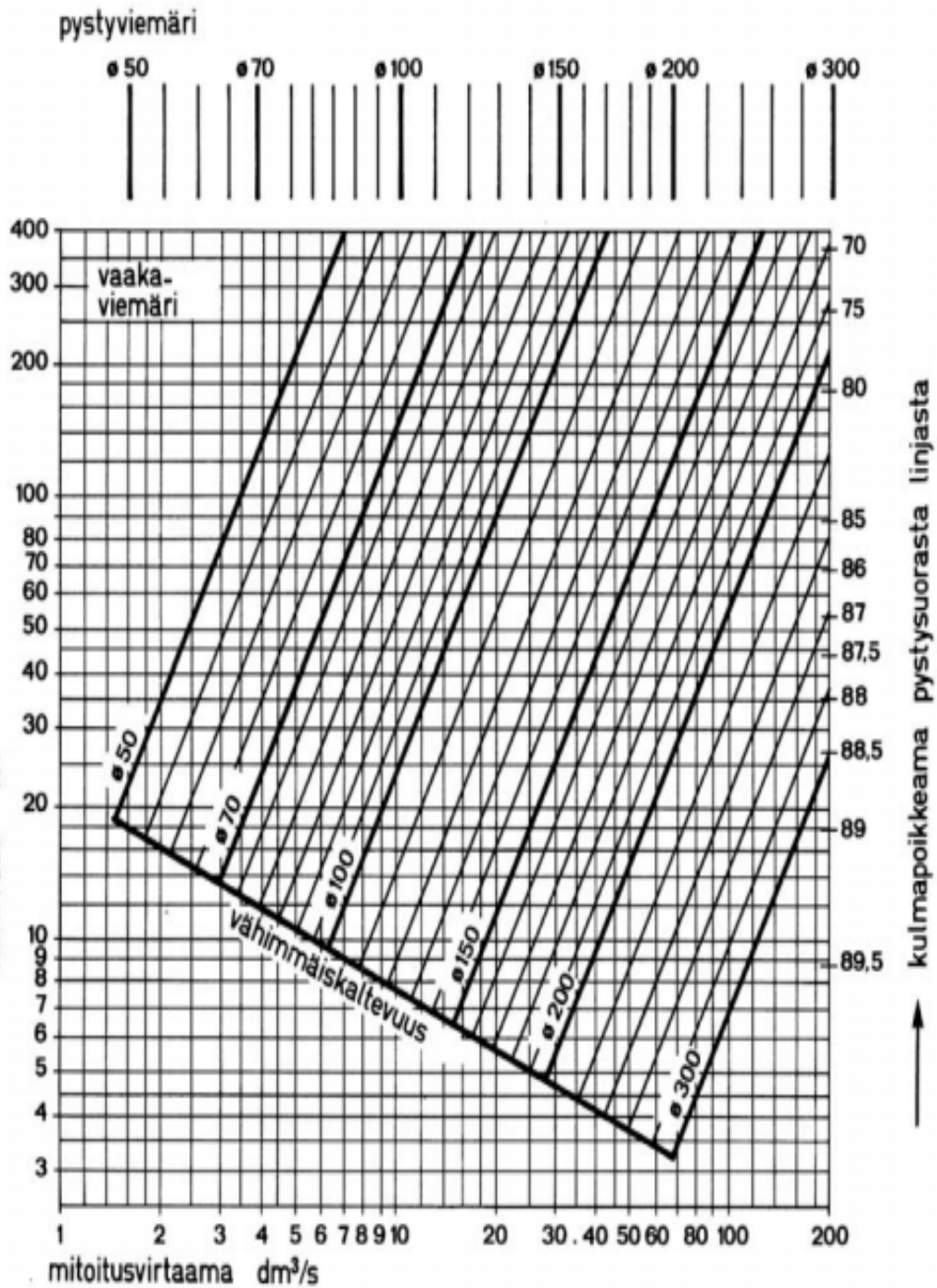
Kuva 3. Tuuletettu viettoviemäri. Koot ja kaltevuudet muoviputkelle. Mitoitusdiagrammiin on merkitty viemärin sisämitat.

Sadevesiviemärin mitoitusvirtaama pinta-alan ja mitoitusasteen funktiona



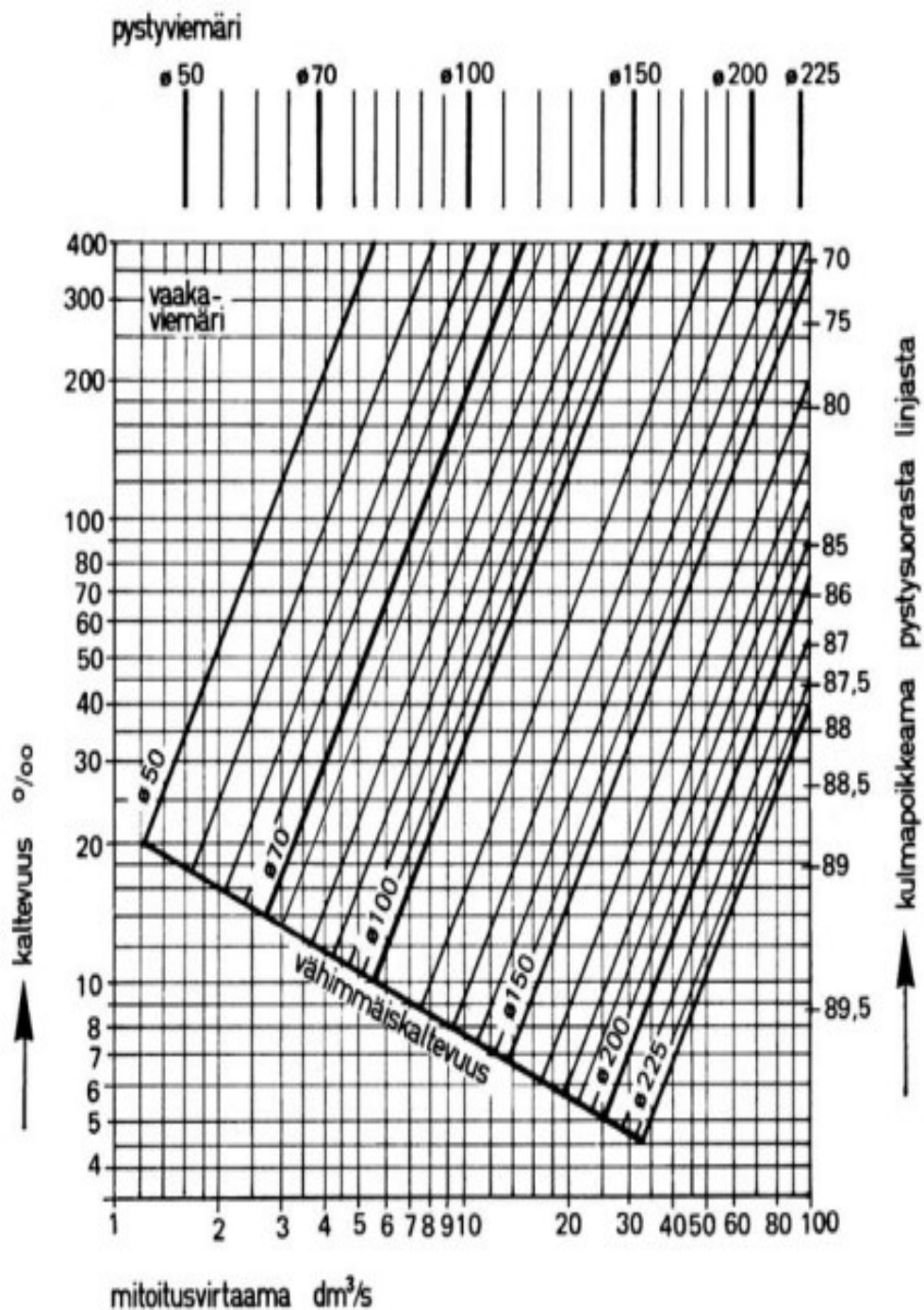
Kuva 1. Mitoitusvirtaama erilaisilta päällysteiltä pinta-alan ja mitoitusasteen funktiona.

Muovisadevesiviemärin mitoitus



Kuva 2. Sadevesiviemärin mitoitus muoviviemärille. Mitoitusdiagrammiin on merkitty viemärin sisämitat.

Valurautasadevesiviemärin mitoitus



Kuva 3. Sadevesiviemärin mitoitus valurautaviemärille. Mitoitusdiagrammiin on merkitty viemärin sisämitalit.