



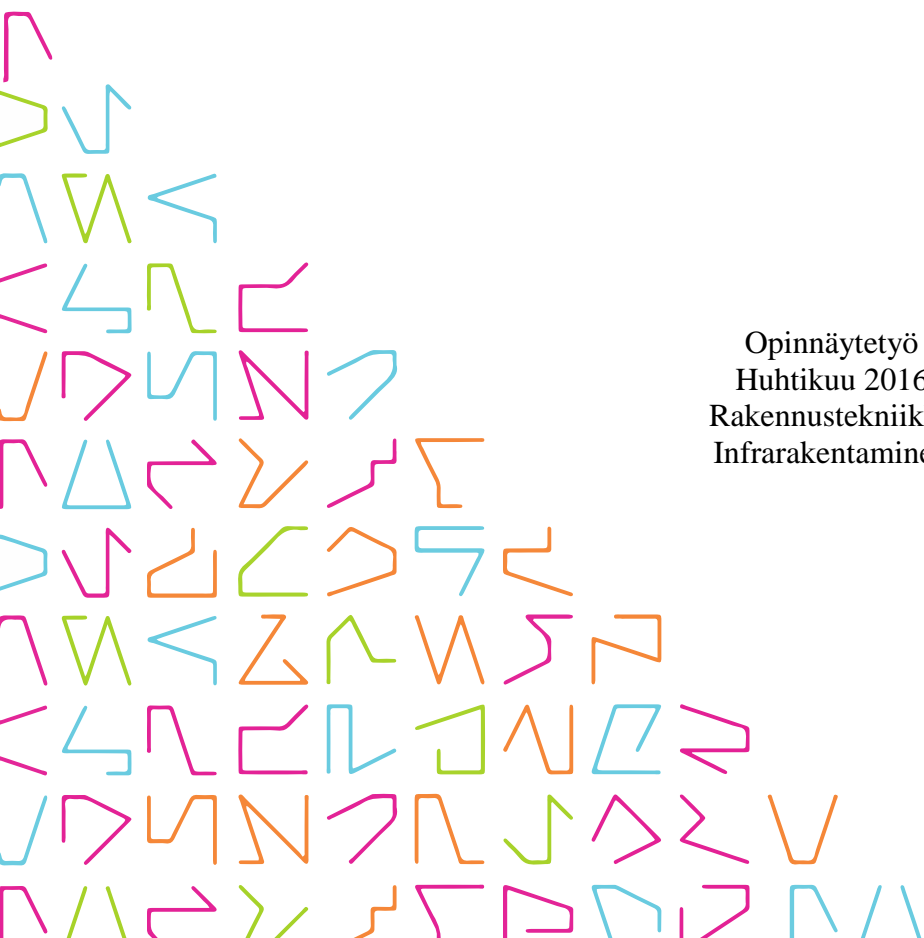
TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

KAAVOITUKSEN VAIKUTUKSET KUNNALLIS- LISTEKNIikkaAN

Pirkkalan kunta

Santeri Salomäki

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2016
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infrarakentaminen

SANTERI SALOMÄKI:
Kaavoituksen vaikutukset kunnallistekniikkaan

Opinnäytetyö 61 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Huhtikuu 2016

Pirkkalan kunta sijaitsee Pirkanmaalla, noin 10 km päässä Tampereen keskustasta. Tilastojen mukaan Pirkkala on Suomen vetovoimaisin kunta ja sen väkiluku on kasvanut nopeasti viime vuosina. Kunnan kasvaessa lisääntyy tarve uusille tonttialueille samalla. Näitä alueita kaavoitettaessa ja toteutettaessa tarvitaan kunnallistekniikkaa. Tämän opinnäytetyön tavoite oli laatia Pirkkalan kunnalle selvitys, josta käy ilmi erilaisten kaavoissa ilmenevien ratkaisuiden vaikutusta kunnallistekniikan suunnitteluun ja toteutukseen.

Työssä selvitettiin yleisesti, mitä tarkasteltavat kunnallistekniikan osat sekä eri kaavatasot tarkoittavat ja pitävät sisällään. Pääsääntöisesti työssä tarkasteltiin kuitenkin eri kaavatasojen vaikutusta kunnallistekniikan suunnitteluun sekä toteutukseen. Ohessa käytiin yleisesti läpi myös käsiteltävän kunnallistekniikan suunnittelun perusteet ja samalla ilmeni kunnallisteknisten osien suunnittelun keskinäiset riippuvuudet. Myös tärkeimpien lakipykäliden vaikutuksia käsiteltävään kunnallistekniikkaan on selvitetty työn yhteydessä.

Kaavoituksen vaikutukset kunnallistekniikkaan ovat yllättävän suuret ja jokainen kaavataso vaikuttaa jollain tavoin kunnallistekniikan suunnitteluun. Tätä asiaa painotettiin työssä ottamalla esimerkiksi kaksi Pirkkalan kunnan eri asemakaava-alueita ja tarkastelemalla, miten kaavoitusten ratkaisut vaikuttavat kyseisillä alueilla.

Kunnallistekniikan suunnittelussa päästään parhaaseen mahdolliseen lopputulokseen ja saavutetaan paras mahdollinen palvelutaso, kun kunnallistekniikan suunnittelu otetaan mukaan jo kaavoitusvaiheessa. Kaavoitusratkaisut vaikuttavat kunnallistekniikkaan josain määrin koko ajan. Jotta päästään parhaiten haluttuun lopputulokseen, tulee kunnallistekniikan suunnittelua työstää ja huomioida aktiivisesti jo kaavoitusten yhteydessä.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction engineering
Civil engineering

SANTERI SALOMÄKI:
Effects of Town Planning to Municipal Engineering

Bachelor's thesis 61 pages, appendices 5 pages
April 2016

The municipality of Pirkkala is located in Pirkanmaa, about 10 km from the center of Tampere. According to statistics, Pirkkala is Finland's most attractive municipality and its population has grown rapidly in recent years. When a municipality grows, the need for new plot areas is increases at the same time. During the zoning and developing of these areas, planning of municipal engineering is required. The goal of this study was to draw up a report for the municipality of Pirkkala, which would clarify the impact of different solutions in zoning on planning and implementation of municipal engineering.

What the parts of municipal engineering and layers of zoning mean and include are covered in the thesis briefly. As a rule, the study discusses the different levels of impact on planning and implementation of municipal engineering. How different plot levels effect each part of the municipal planning and implementation are studied in the thesis. Along with this, basics of municipal planning are explained including how the different parts of the planning process effect each other. Also, the effects of the primary legal provsions to do with municipal engineering is explained in the context of the work.

The effects of planning in municipal engineering are surprisingly large and each level of zoning influences municipal planning in some form. To emphasize this issue the thesis includes two different examples of two different town plans in the Pirkkala area and explains how planning solutions have an impact on the areas in question.

To achieve the best possible outcome in municipal planning and the best possible service level, the municipal planning should be included in every planning stage. Decisions made in the planning stage affect the municipal planning at some level all the time. For this reason, in order to reach the most desired result, municipal planning should be worked at and taken into account actively already in the planning of zoning.

Key words: Municipal engineering

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1.	Työn taustat.....	6
1.2.	Työn rajaukset ja tavoite.....	6
2	KÄSITELTÄVÄ KUNNALLISTEKNIikka	8
2.1.	Kadut.....	8
2.2.	Jätevesiviemärit	9
2.3.	Hulevesiverkko	13
2.4.	Vesijohtoverkko.....	14
3	KUNNALLISTEKNIIKAN SUUNNITTELUN PERUSTEET	17
3.1.	Kadut.....	17
3.1.1	Rakennekerrokset.....	17
3.1.2	Liikennetekninen suunnittelu	22
3.2.	Jätevesiverkko.....	23
3.3.	Hulevesiverkko	27
3.4.	Vesijohtoverkko.....	31
3.5.	Putkimateriaalit	34
3.5.1	Vesijohtoverkon putket	34
3.5.2	Viemäriputkien materiaalit.....	34
4	LAINSÄÄDÄNTÖ	37
4.1.	Maankäyttö- ja rakennuslaki.....	37
4.2.	Ympäristönsuojelulaki	37
4.3.	Vesilaki	38
4.4.	Vesihuoltolaki.....	38
5	KAAVOITUS JA SEN VAIKUTUS KUNNALLISTEKNIIKAN SUUNNITTELUUN	39
5.1.	Kaavoitus	39
5.2.	Kadun suunnittelu	40
5.3.	Jätevesi- ja vesijohtoverkon suunnittelu	41
5.4.	Hulevesiverkon suunnittelu	43
5.5.	Kaavoitus ratkaisusta aiheutuvia kustannuksia	44
6	KAAVOITUSRATKAISUIDEN VAIKUTUKSET KUNNALLISTEKNIikkaAN	49
6.1.	Toivion alue	50
6.2.	Naistenmatkan alue.....	51
7	POHDINTA.....	53
	LÄHTEET.....	55

LIITTEET	57
Liite 1. Colebrookin nomogrammi, karkeuskerroin $k=0,2$ mm.	57
Liite 2. Colebrookin nomogrammi, karkeuskerroin $k=1,0$ mm	58
Liite 3. Osa Pirkkalan yleiskaavaa	59
Liite 4 Osa Toivion asemakaavaa	60
Liite 5 Osa Naistenmatkan asemakaavaa	61

1 JOHDANTO

1.1. Työn taustat

Pirkkalan kunta sijaitsee Pirkanmaalla noin 10 km päässä Tampereen keskustasta. Asukkaita Pirkkalassa on 19 000 ja pinta-alaa 103,8 km². Tilastojen mukaan Pirkkala on Suomen vetovoimaisin kunta ja sen väkiluku on kasvanut suhteessa nopeiten viime vuosina (Pirkkalan kunta, 2016).

Pirkkalan kunnan kasvaessa tarve uusille tonttialueille lisääntyy samalla. Näitä alueita kaavoitettaessa ja toteutettaessa tarvitaan kunnallistekniikkaan ja sen suunnittelua. Eri toimijoiden välisen yhteistyön tulee olla hyvää ja varsinkin suunnittelussa kiinnittää huomiota eriasioiden vaikutuksista toisiinsa, jotta saavutettaisiin hintalaatusuhteeltaan paras mahdollinen lopputulos. Opinnäytetyön avulla halutaan selvittää, millä tavalla erilaiset ratkaisut kaavoituksessa sekä suunnittelussa vaikuttavat kokonaisuuteen ja mitä mahdollisia kytköksiä eri asioilla on keskenään.

1.2. Työn rajaukset ja tavoitteet

Opinnäytetyössä tutkitaan miten Pirkkalan kunnan kaavoituksessa tehdyt ratkaisut vaikuttavat kunnallistekniikan eri osa-alueisiin suunnittelussa ja toteutuksessa. Tavoitteena on selvittää, millaisia asioita kaavoituksessa ja suunnittelussa tulisi ottaa huomioon, jotta saataisiin aikaiseksi kokonaisuus, joka palvelisi parhaiten kunnan tarpeita kunnallistekniikan näkökulmasta. Tällöin kunnan tulevien alueiden palvelutaso voitaisiin saada mahdollisimman tehokkaaksi kunnallistekniikan toimivuuden kannalta. Työssä käsitellään asioita, jotka vaikuttavat kustannuksiin, mutta varsinaisia kustannuksia ei ole huomioitu. Kunnallistekniikaksi tässä työssä luetaan kadut, vesihuoltoverkosto ja hulevesiverkko.

Pirkkalan kunta ottaa huomioon opinnäytetyön tuloksia kaavoittaessaan ja suunnitellessaan uusia alueita sekä saneeratessaan jo olemassa olevia kohteita. Selvityksen avulla pyritään löytämään tapoja saada Pirkkalan kunnan alue mahdollisimman toimivaksi ja

tehokkaaksi kunnallistekniikan osalta ja saada selville, mitkä ratkaisut vaikuttavat eniten kunnallistekniikan kokonaiskuvaan.

2 KÄSITELTÄVÄ KUNNALLISTEKNIikka

2.1. Kadut

Katualue on laaja toiminnallinen tila, joka sisältää kadun ylä- sekä alapuoliset johdot, laitteet ja rakenteet. Sen tarkoitus ei ole toimia pelkästään kulkureittinä paikasta toiseen, vaan toimia yhteisenä alueena, jossa voi tavata toisia ihmisiä ja viettää aikaa. Kadun ongelmia on se, että se on käytännöllisesti katsoen ympäristöhaitta. Melun, pölyn ja pakokaasujen aiheuttamien haittojen torjunta tulee ottaa huomioon katuverkostoa suunniteltaessa. Kadun tehtävään vaikuttaa kuitenkin moni asia, kuten sitä ympäröivä maankäyttö ja asema katuverkossa. Maankäytössä tarkastellaan onko kyseessä liikenne-, liike-, vai asuntokatu ja asemalla katuverkossa tarkoitetaan, että onko kyseessä pää-, koojoja-, vai tonttikatu. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003)

Kokonaisuudessaan katuverkko on kaupunkirakennetta ylläpitävä osa, joka rajaa kaupungin, yhdistää sen ulkopuoliseen liikenneverkkoon, jakaa sitä osiin sekä toimii teknisen huollon sijoituspaikkana. Teknisen huollon verkostojen - vesijohdot, viemärit, kaukolämpöputket sekä sähkö- ja telekaapelit - sijoitus katualueelle tulisi olla toimivaa ja tarkoituksen mukaista. Tämä aiheuttaa omat vaatimuksensa katutilan käytölle sekä katurakenteelle, mutta suurimmat ongelmat eivät liity rakentamisvaiheeseen, vaan tekniseen huoltoon sekä verkostojen korjaus- ja uusimistöihin. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003)

Katuverkkojen luokittelukriteerit ovat hallinnollinen luokitus, toiminnallinen luokitus sekä rakenteellinen luokitus. Hallinnollisessa luokittelussa kaduksi luetaan liikenneväylät, kadut, aukiot, torit ja kevyen liikenteen raitit, jotka sijaitsevat asemakaava-alueella. Katujen toteutus tapahtuu kunnan hyväksymän katusuunnitelman mukaisesti ja kunta vastaa omalla kustannuksellaan katujen rakentamisesta sekä erikseen säädösten mukaan jaetulla osalla, ylläpidon kustannuksista. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003)

Toiminnallinen kadun luokitus perustuu liikenteellisiin tehtäviin ja se tehdään koko katuverkolle ajoneuvoliikenteen ja maankäytön näkökulmasta. Kadut jaetaan pää- ja pai-

kallisverkon katuihin. Pääverkon kadut välittävät pitkänmatkan liikennettä ja siirtymistä kunnan eri osien välillä. Pääverkon katuja ovat:

- Sisääntulo- ja ohikulkuväylät, jotka kytkevät valtakunnallisen ja seudullisen tieverkon yhdyskunnan katuverkkoon ja toimivat linkkeinä valtakunnallisen, seudullisen ja katuliikenteen välillä.
- Pääkadut, jotka liittävät paikallisverkkoja toisiinsa sekä voivat kytkeä seudullista tieverkkoa yhdyskunnan katuverkkoon.

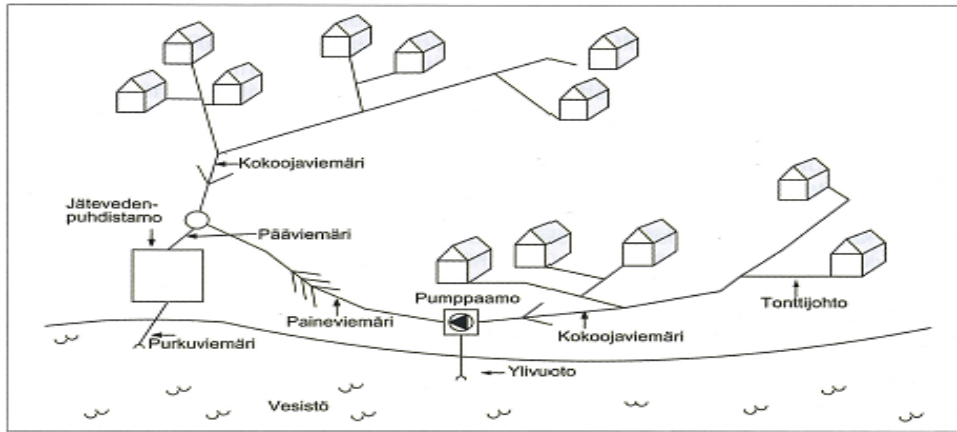
Paikallisverkon katuja ovat:

- Kokoojakadut, jotka kokoavat tonttikatujen liikenteen ja liittävät tonttikadut pääverkkoon ja toisiinsa.
- Tonttikadut, jotka kytkevät tontit paikallisverkkoon. Tonttikatuihin sisältyvät hidas-, piha- ja kävelykadut, jotka luetaan erikoiskaduiksi. Tonttikadut ovat lyhyitä, yleensä läpiajon estäviä rengas- tai umpikatuja.

(Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003)

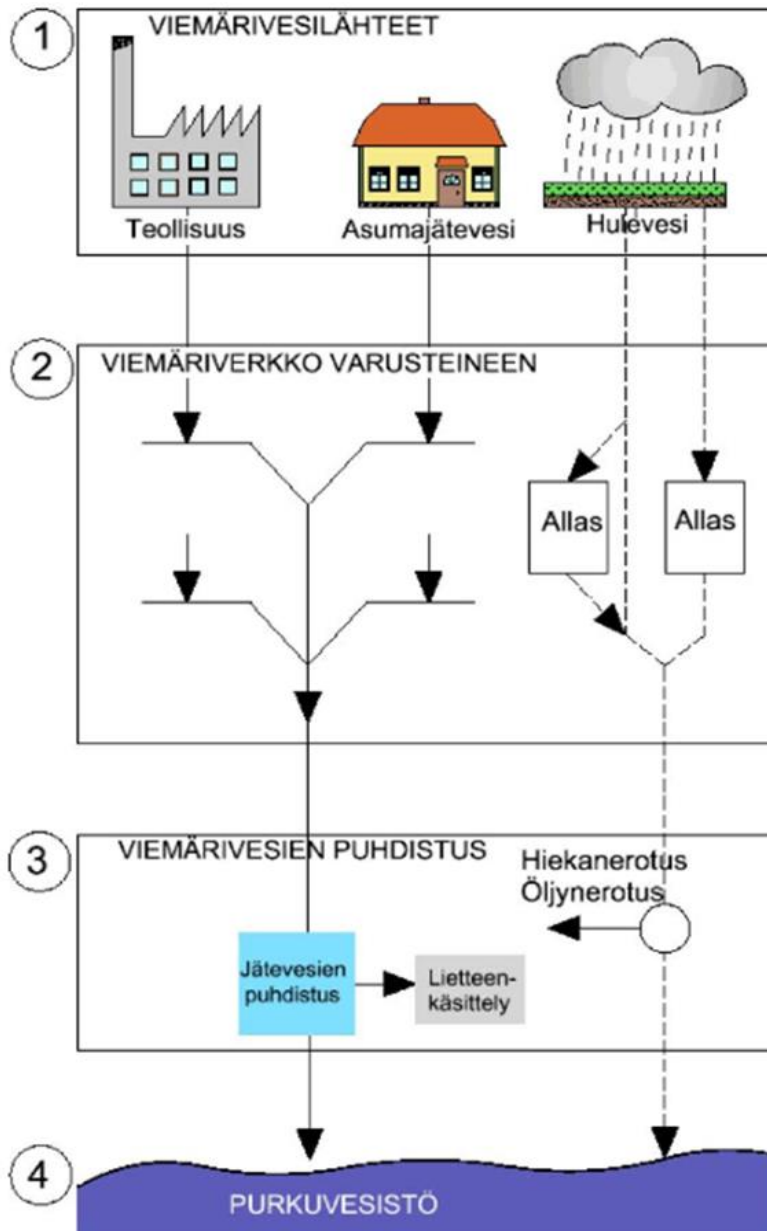
2.2. Jätevesiviemärit

Jätevesiverkko jakautuu kolmeen osaan, jotka on esitetty kuvassa 1. Verkko koostuu tonttioviemäreistä, kokoojaviemäreistä ja pääviiemäreistä, jotka sisältävät myös siirtoviemärit. Verkkoon ei lueta kuuluvaksi kiinteistöjen sisäisiä vesijohtoja. Jätevesiverkon tehtävänä on huolehtia jätevesien kokoamisesta, johtaa ne puhdistamolle ja lopuksi purkaa puhdistettu jätevesi vesistöön. Käyttökohteista jätevedet johdetaan tonttijohtoja pitkin kokoojaviemäreihin, jotka yhdistyvät pääviiemäreihin. Pääviiemäreiden kautta jätevedet kulkeutuvat jätevedenpuhdistamolle, jossa jätevedet käsitellään. Käsitelyn jälkeen jätevedet johdetaan purkuviiemäreitä pitkin vesistöön. Jätevesiverkon on toimittava niin, ettei siitä aiheudu tarpeettomia haittoja ympäristölle tai ihmisille. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010a)

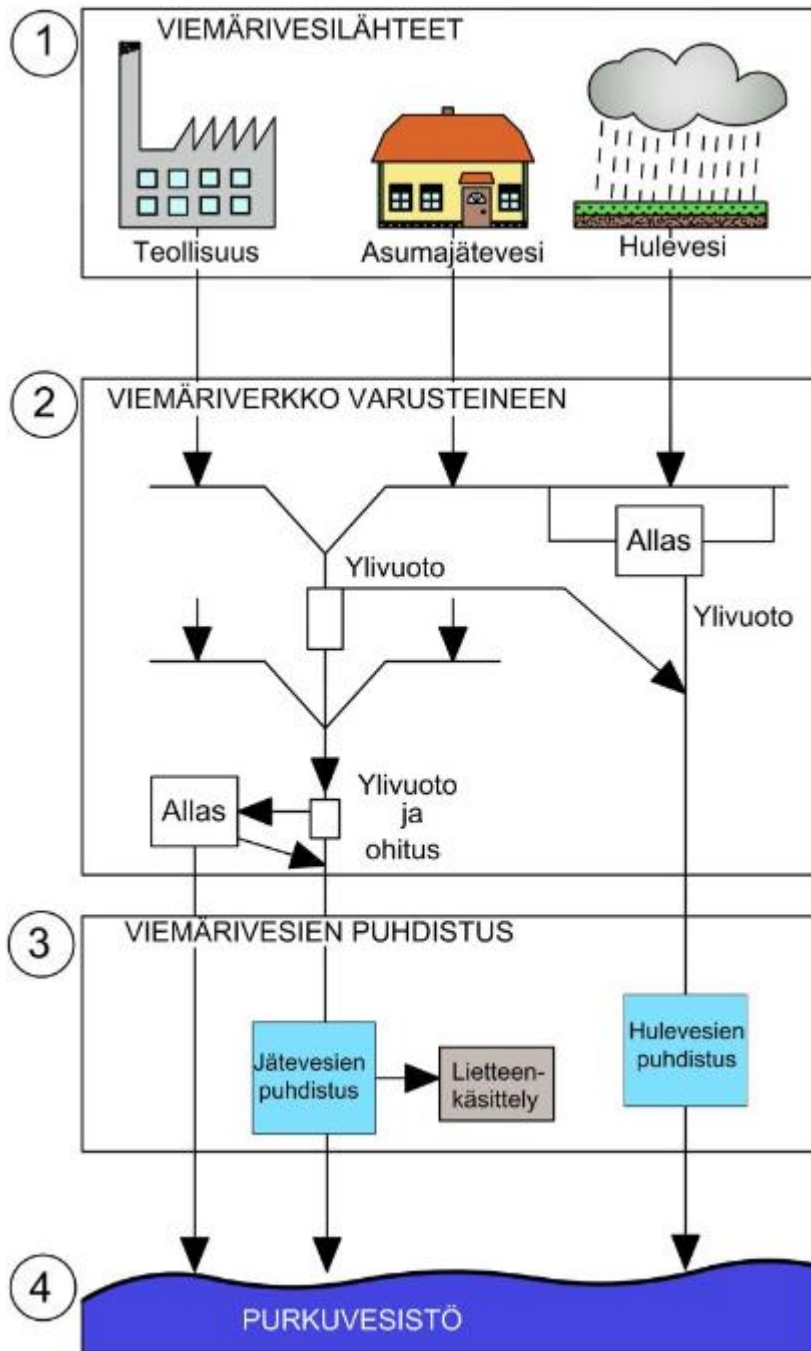


KUVA 1. Jätevesiverkon osat (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010a)

Jätevesiverkon kaksi pääjärjestelmää ovat erillisviemäröinti ja sekaviemäröinti. Erillisviemäröinnissä jätevedet ja hulevedet kulkevat omissa viemäri linjoissaan, kuva 2. Tiheään asutuilla alueilla erillisviemäröintiin kuuluvat jätevesi- ja hulevesiviemärit. Hulevedet ohjataan vesistöön tai sopivaan avo-ojaan. Harvempaan asutulla alueella, kuten maaseudulla, rakennetaan yleensä vain jätevesiviemärit ja hulevesille kaivetaan avo-ojia tarpeen mukaan. Sekaviemäröinnissä jäte- ja hulevedet johdetaan samoissa viemäreissä, kuva 3. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010a, 116 - 119)



KUVA 2. Erillisviemärointi järjestelmä (Suomen Rakennusinsinöörin Liito RIL ry 2010a,116)



KUVA 3. Sekaviemärijärjestelmä (Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry 2010a, 117)

Sekaviemärointiä ei enää suositella otettavaksi käyttöön uusilla alueilla ja vanhoja seka- viemäriinjoja tulee muuttaa mahdollisuuksien mukaan erillisviemärointijärjestelmiksi. Tämä johtuu siitä, että viemäriverkon toiminnalle on tiukat ympäristönsuojelu- sekä terveydelliset vaatimukset mm. pohjavesien suojelemiseksi ja erillisviemäroinnillä nämä saadaan taattua varmemmin. (Suomen Rakennusinsinöörin Liitto RIL ry 2010a)

Erillisviemärointi on edullisin vaihtoehto silloin, kun hulevedet voidaan johtaa avo-ojissa. Erillisviemäroinnin avulla puhdistuksen järjestäminen on helpompaa ja tulvimisriski on pienempi kuin sekaviemäreissä. Erillisviemärointi on sekaviemärointiä suositeltavampi järjestelmä myös vesiensuojelun kannalta, sillä viemäriveden laatu sekä määrä vaihtelevat vähemmän kuin sekaviemäroinnissä ja erillisviemäroinnissä ei juuri tarvitse johtaa puhdistamattomia jätevesiä vesistöön. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010a, 119)

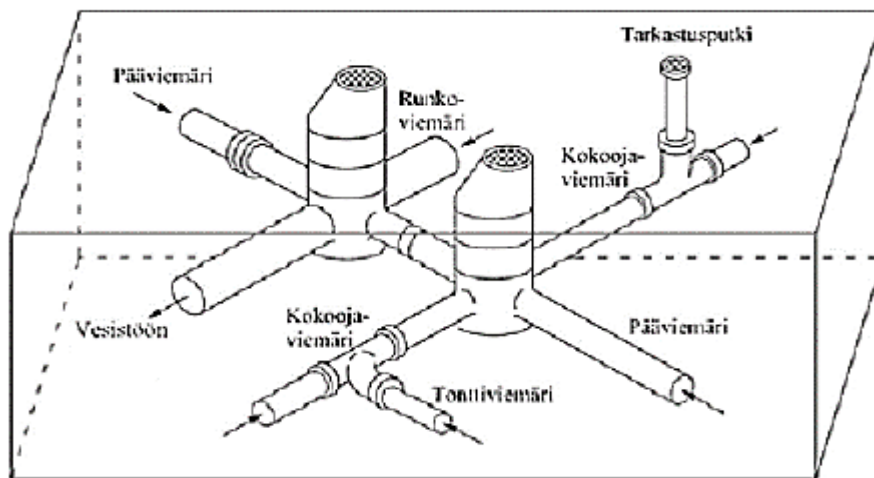
Erillis- ja sekaviemärointiverkot voivat koostua sekä vietto- että paineviemäreistä. Viettoviemäri toimii painovoimaisesti ja tästä syystä linjan korkeusasemat ja kaltevuudet on suunniteltava sekä toteutettava huolella. Viettoviemäriin, niin pysty- kuin vaakataiteisiin, tulee asentaa tarkastuskaivot, joiden tyypillinen maksimiväli on 100 m. Kaivojen välisien putkilinjojen pitää olla suoria ja kaivojen tarpeeksi suuria, jotta niiden valvonta, huolto ja puhdistus olisivat helpompaa. Yleensä viemärit pyritään toteuttamaan viettoviemäreinä aina kun tämä on mahdollista, sillä silloin säästytään pumppaamojen rakentamiselta sekä paineviemärien hajuhaitoilta. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010a, 26 – 27)

Painevesiviemärijärjestelmässä jätevesi pumpataan paineelliseen runkoviemäriin kiinteistökohtaisilla pumppaamoilla. Paineputki sopii erityisesti kallioisiin maastoihin, ranta-asutukseen sekä lomakyliin eli haja-asutusalueille. Putki voi kulkea samassa syvyydessä koko matkan ja myötäillä maaston muotoja, jolloin voidaan säästyä ylimääräisiltä leikkaus- ja louhintatöiltä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010a, 118)

2.3. Hulevesiverkko

Hulevesillä tarkoitetaan maanpinnalle tai muille pinnoille kerääntyviä sade- ja sulamisvesiä. Hulevesiverkon tehtävä on koota edellä mainitut vedet sekä rakennusten maanalaisista salaojista kertyvät kuivatusvedet putki- tai avojärjestelmään. Avoimiksi hulevesien johtamismenetelmiksi lasketaan kaikki avouomavirtaukseen perustuvat menetelmät kuten avo-ojat, purolot, viherpainanteet, kourut ja kanavat. Putkijärjestelmällä tarkoitetaan hulevesiviemärointiä. (Hulevesiopas 2012, 20)

Hulevesiviemäriverkko alkaa kiinteistön tarkastuskaivosta ja päättyy valittuun purkupaikkaan, esimerkiksi maastonpainanteeseen, avo-ojaan, jokeen tai järveen. Verkoston putket luokitellaan viiksijohtoihin sekä tontti-, kokooja-, pää- ja runkoviemäriin. Runko- ja pääviemärit sijoitetaan pääkaduille ja tontti- sekä kokoojaviemärit katu- hierarkian mukaisesti tontti- ja kokoojakaduille. Hulevesiviemäriputket yhdistetään toisiinsa hulevesi- ja tarkastuskaivojen sekä tarkastusputkien avulla, kun taas viiksijohtot yhdistävät tarkastuskaivot hulevesikaivoihin, (kuva 4). Hulevesikaivot sijoitetaan yleensä katulinjan tasauksen tai maaston alimpiin kohtiin, josta ne keräävät pintavalumat viemäriverkostoon. (Hulevesiopas 2012, 191)



KUVA 4. Hulevesiviemäriverkoston rakenne tontilta vesistöön (Hulevesiopas 2012, 191)

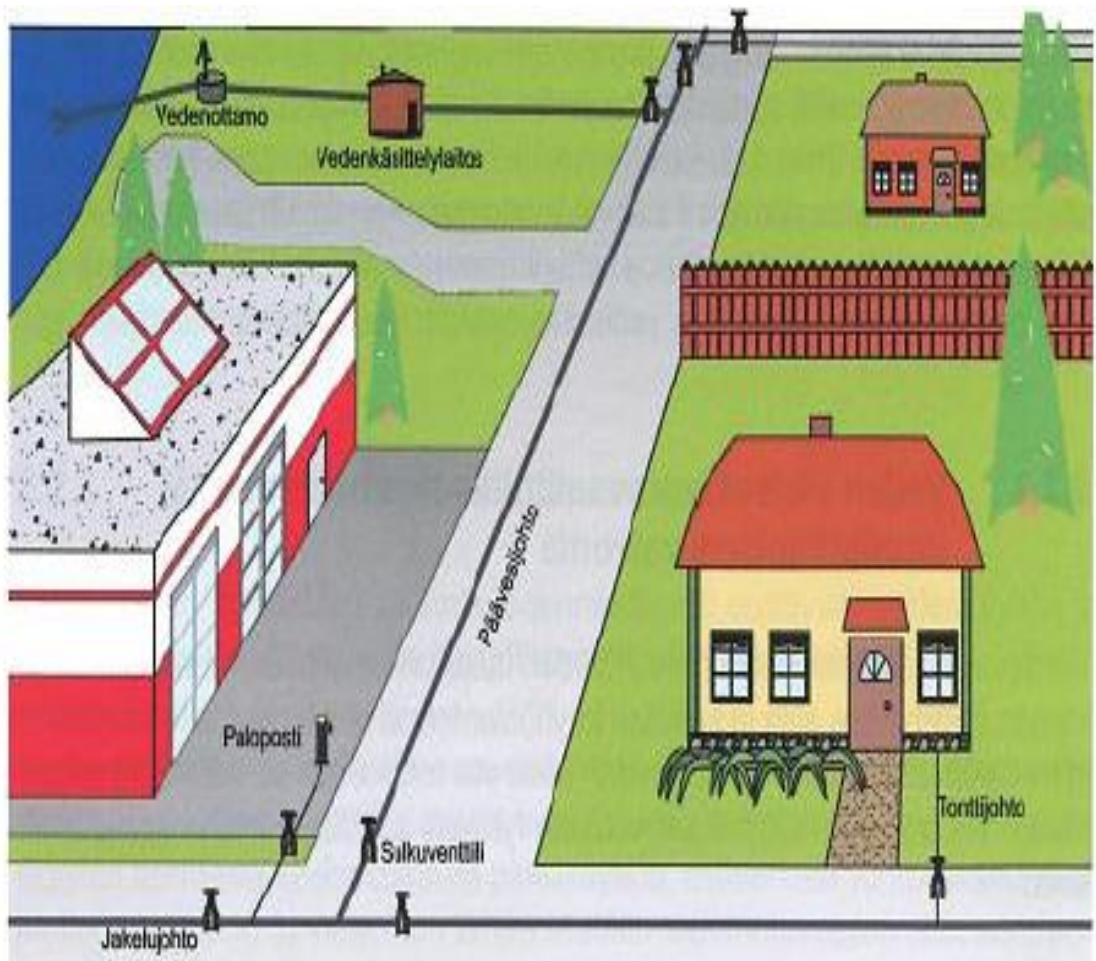
Hulevesiviemäröintiä käytetään erityisesti silloin, kun avojärjestelmälle ei ole tarpeeksi tilaa tai sen toteuttaminen ei muuten onnistu, sillä hulevesiviemäröinti sijoittuu katurakenteiden alle. Hulevesiviemäröintiä suositetaan siis erityisesti paikoissa, jossa katualueet ovat kapeita, kuten kaupunkialueet, taajamat ja esikaupunkialueet. (Suomen kuntatekniiikan yhdistys 2003, 121)

2.4. Vesijohtoverkko

Vesijohtoverkon tarkoitus on tuottaa ja jakaa käyttäjille kaikki vaatimukset täyttävää talousvettä. Vedenjakeluverkko voi koostua useammasta painepiiristä, joita säädellään käyttämällä sulku- tai säätöventtiilejä rajoittamaan virtausta. Virtausta voidaan puolestaan tehostamalla paineenkorotuspumpuilla. Painepiireihin jako suoritetaan maaston-

muotojen tai verkon painehäviöiden mukaan. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010a, 24)

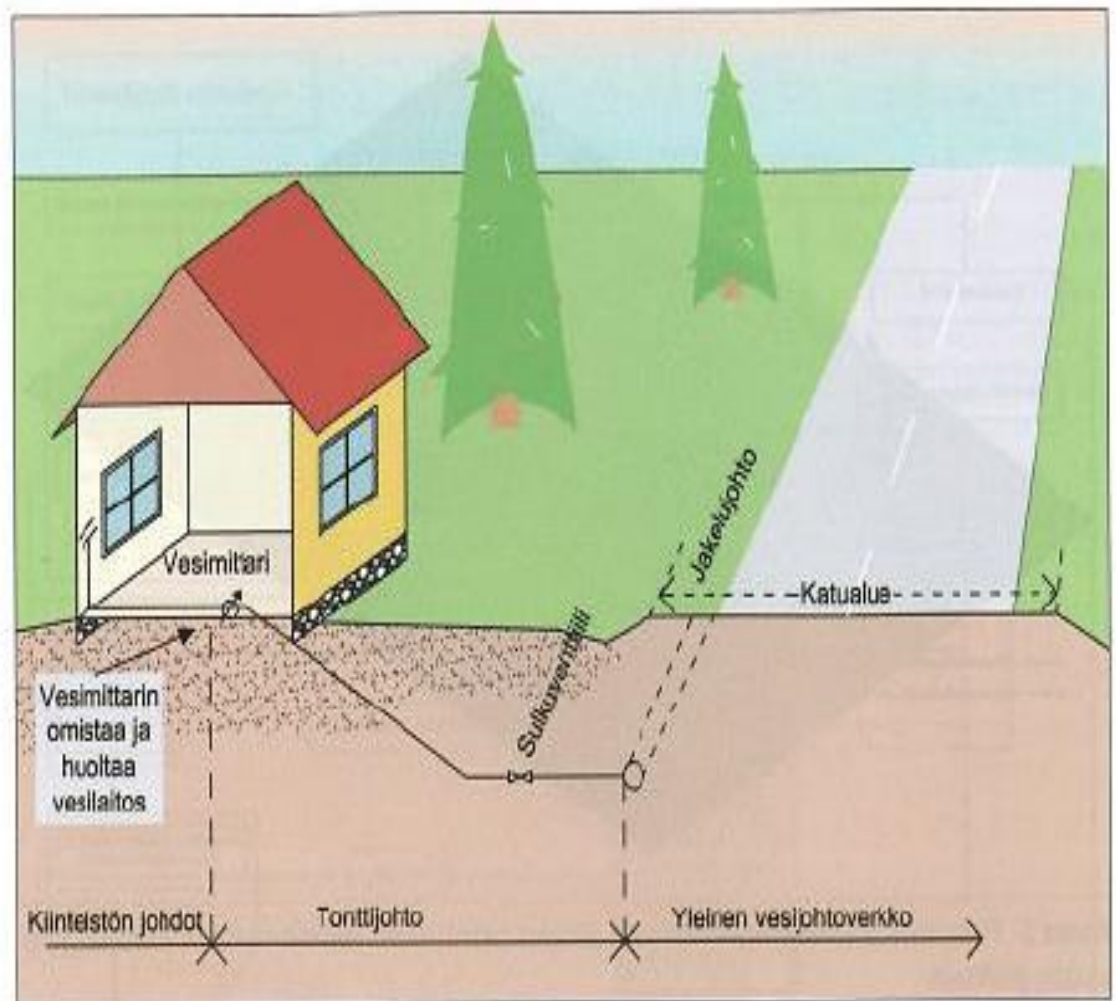
Vesijohtoverkon varusteisiin kuuluvat ylä- ja alavesisäiliöt, venttiilit, vesi- ja palopostit sekä putket (kuva 5). Ylä- ja alavesisäiliöiden tarkoitus on tasata verkon paineen sekä käytön vaihteluita ja saada aikaa tasaisempi vedensyöttö verkkoon. Säiliöt myös varastoivat vettä sähkökatkojen ja käyttöhuippujen ajaksi. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010a, 24–25)



KUVA 5. Yleiskuva jakeluverkosta ja sen varusteista (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010a, 105)

Vesijohtoverkosto pyritään rakentamaan siten, että venttiilien avulla huoltotilanteissa vedenjakelupalvelun katkosalueet saadaan rajattua mahdollisimman pieniksi. Tavoite olisi saada verkon päävesijohto kiertoan eli päätyvien haarojen sijaan rakenteessa on lenkkejä, jotka takaavat veden syötön toisesta suunnasta. Tällöin vältetään umpiperiltä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010a, 25)

Vesijohtoverkon putket voidaan luokitella käyttötarkoituksen mukaan päävesijohtoihin, jakelujohtoihin ja tonttijohtoihin, (kuva 6). Päävesijohdot muodostavat perusrakenteen vesijohtoverkolle toimittaan vettä vesilähteestä, vesisäiliöstä tai vesilaitokselta eri osiin käyttöaluetta. Käyttökohteille vesi otetaan yleensä katualueelle rakennettuja jakelujoh- toja pitkin ja näistä tonttijohtoja pitkin lopulliseen kohteeseen. Jakelujohdot muodosta- vat pienempiä silmukoita, joilla pyritään yhdistämään päävesijohtoja toisiinsa. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010a, 26, 104)



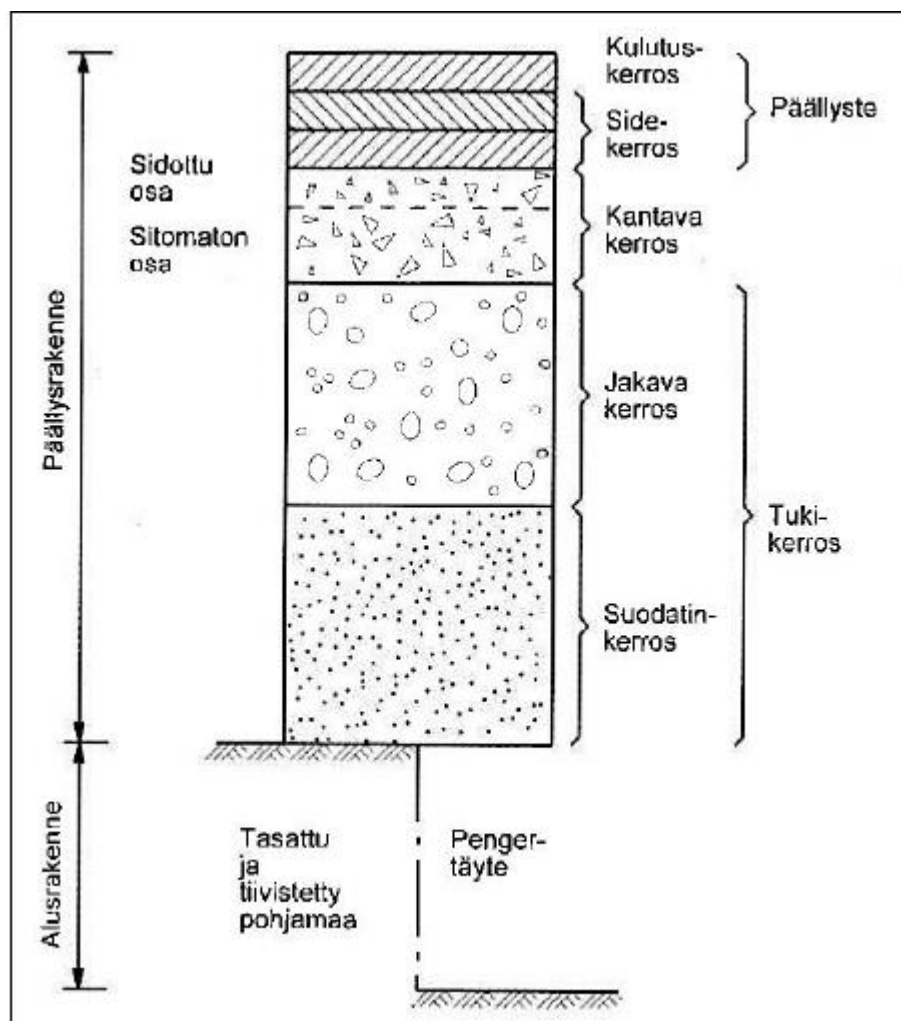
KUVA 6. Vesijohtoverkon osat. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010a, 26)

3 KUNNALLISTEKNIIKAN SUUNNITTELUN PERUSTEET

3.1. Kadut

3.1.1 Rakennekerrokset

Katurakenne on mitoitettava kestämään kadun mitoituskä ilman suurempaa peruskorjaustarvetta ja rakennekerrosten mitoituksessa on otettava huomioon pohjamaan kantavuuden sekä routivuuden näkökulmat. Päällysrakenne itsessään koostuu alusrakenteen yläpuolisista osista, jotka ovat tukikerros (yhdistetty suodatinkerros ja jakava kerros), kantava kerros sekä päällyste (kuva 7).



KUVA 7. Kadun päällysrakenteen osat (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 95)

Tukikerros pitää sisällään suodatinkerroksen sekä jakavan kerroksen. Sen tarkoitus on vähentää routanousuja, toimia kapilaarikatkona ja jakaa tulevaa kuormitusta tasaisemmin pohjamaalle. Suodatinkerros tehdään hiekasta, jonka maksimiraekoko on 50 mm, mutta suodatinkerros voidaan myös korvata kuitukankaalla. Tämä on mahdollista sillä ehdolla, ettei tukikerroksen paksuutta pienennetä, vaan se tehdään kokonaan jakavan kerroksen materiaalista, sorasta, jonka maksimiraekoko on 100 mm. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 95)

Kantava kerros tehdään aina maapohjan kantavuudesta riippumatta ja sen tarkoituksena on lisätä rakenteen kantavuutta sekä muodostaa päällysteelle oikeanlainen pohja. Ajoradodoilla kantava kerros tehdään maksimiraekooltaan 64 mm olevasta sora- tai kalliomurskeesta ja sen yläpinta muotoillaan raekooltaan 0 - 25 mm tai 0 - 32 mm olevalla murskeella. Kevyenliikenteen väylien kantavaan kerrokseen käytetään mursketta, jonka raekoko on 0 - 32 mm. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 95)

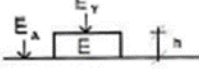
Päällystekerros pitää sisällään kulutuskerroksen sekä mahdollisen sidekerroksen. Sidekerroksen tekoon käytetään normaalia asfalttibetonia ABS 16 - 22 ja kulutuskerroksen tekoon asfalttibetonia AB 16 - 22. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 95)

Päällysrakenteen mitoittaminen kantavuuden mukaan perustuu pohjamaan kantavuuteen, jonka määrittelyyn käytetään kimmomoduulia eli E-moduulia. Suunnittelussa maapohjan kantavuusluokituksena käytetään taulukon 1 mukaisia kantavuusluokituksia.

TAULUKKO 1. Maapohjan kantavuusluokitus (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003)

Maalaji	Tarkennus	Lyhennys	Luokka	Kantavuus
Kallio	kallio louhe ¹ murske ¹	Ka Lo M	A	A = 300 MN/m ²
Kivet ¹		Ki	A	B = 200 MN/m ² (150...280)
Sora		Sr	B	C = 100 MN/m ² (70...150)
Sora- moreeni	routimaton routiva ²	rton SrMr SrMr	C E (F) ⁴	D = 50 MN/m ² (35...70)
Hiekka	routimaton karkea " keskik. " hieno routiva keskik. " hieno	rton kaHk rton keHk rton hHk keHk hHk	C D D (E) ⁴ E E (F) ⁴	E = 20 MN/m ² (15...35)
Hiekka- moreeni	routimaton routiva ²	rton HkMr HkMr	D (E) ⁴ E (F) ⁴	F = 10 MN/m ² (5...15)
Siltti		Si	F (G ⁴ , E ⁵)	G = 5 MN/m ²
Siltti- moreeni		SiMr		
Savi	kuivakuori (h / 1 m) sitkeä (Su / 25 kN / m ²) ³ pehmeä (Su < 25 kN / m ²) ³	kuivak, Sa Sa Sa	E F (E) ⁵ G	
Lieju		Lj	G	
Turve		Tv		

Odemarkin yhtälö.

$$E_Y = \frac{E_A}{\left(1 + \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \left(\frac{h}{0,15\text{m}}\right)^2}}\right) \frac{E_A}{E} + \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \left(\frac{h}{0,15\text{m}}\right)^2 \left(\frac{E}{E_A}\right)^2}}$$


E_Y = mitoitettavan kerroksen päältä saavutettava kantavuus
 E_A = mitoitettavan kerroksen alta saavutettava kantavuus
 h = mitoitettavan kerroksen paksuus
 E = mitoitettavassa kerroksessa käytettävän materiaalin E-moduli

Lisäehto 1: Sitomattoman kerroksen käyttökelpoinen E on enintään $6 \times E_A$
 Lisäehto 2: Yhteensuhteelliset ehjät bitumilla sidotut ($E \geq 1500 \text{ MN/m}^2$) kerrokset lasketaan yhtenä kerroksena.

KUVIO 1. Odemarkin yhtälö (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 97)

Kantavuuden mitoituksen teoreettisen perustana toimii ruotsalaisen Odemarkin yhtälö (kuvio 1) ja vaadittava kantavuus on riippuvainen katuluokituksesta, jotka ovat esitetty taulukossa 2. Katuluokat taas määräytyvät liikenteellisen merkityksen mukaan taulukon 3 mukaisesti. Odemarkin menetelmä vaatii luotettavaa tietoa pohjamaasta ja rakennusmateriaalien kimmomoduulien arvot, jotka on esitetty taulukossa 4. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 96–97)

TAULUKKO 2. Katuluokitus liikenneteknisen merkityksen mukaan (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 96)

Katuluokka	Kuvaus	Liikennemäärä (ajon. / vrk)
1	Erittäin raskaasti liikennöity moottori- tai pääkatu (ajokaistoja 2+2)	> 30 000
2	Raskaasti liikennöity moottori- tai pääkatu (ajokaistoja 2+2)	10 ... 30 000
3	Pääkatu, kokooja- tai vilkasliikenteinen kerrostaloalueen asuntokatu (ajokaistoja 1+1)	2500 ... 10 000
4	Asuntokatu tai pientaloalueen kokoojakatu Raskaiden ajoneuvojen pysäköintialueet	500 ... 2 500
5	Pientaloalueen asuntokatu tai huolto liikenteen väylät Henkilöautojen pysäköintialueet	10 ... 500
6	Jalkakäytävät, pyörätiet, puistotiet Ei ajoneuvoliikennettä	

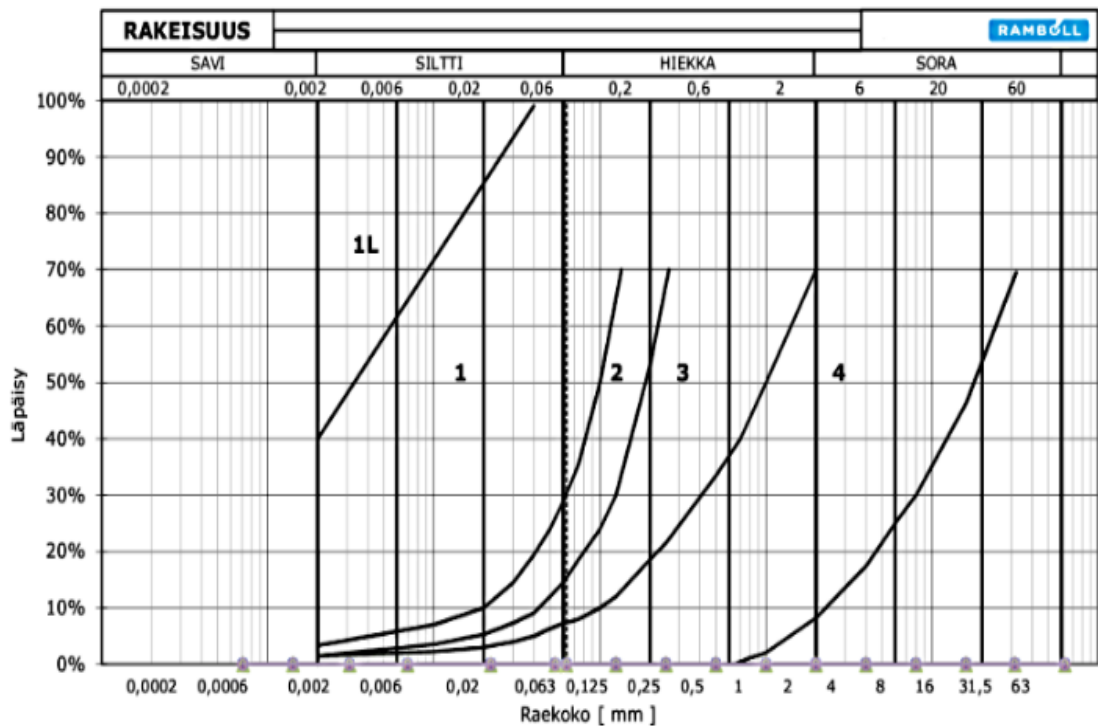
TAULUKKO 3. Katurakenteen vaadittava kantavuus. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 97)

Katuluokka 1	500 MN/m ²
Katuluokka 2	420 MN/m ²
Katuluokka 3	350 MN/m ²
Katuluokka 4	250 MN/m ²
Katuluokka 5	200 MN/m ²
Katuluokka 6	175 MN/m ²

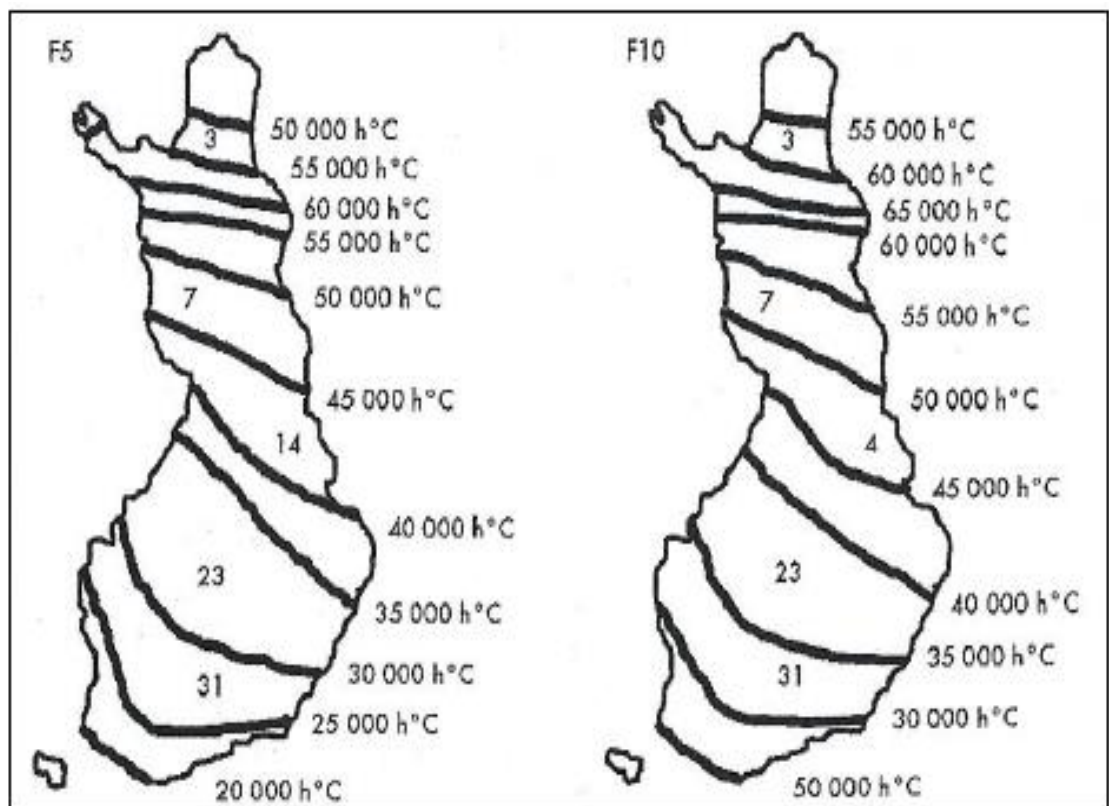
TAULUKKO 4. Kadunrakennusmateriaalien kimmomoduuleja (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003)

Materiaali	E-moduuli MN/m ²
Asfalttibetoni (AB, ABS)	2500
Kevytasfalttibetoni	1500
Kantavan kerroksen murske	200...350
Stabiloitu kantava murske	2000...2500
Jakava sora	150...280
Suodatinhiekkä	30...100

Päällysrakenteen routivuuden mitoituksen edellytyksenä on, että pohjamaa luokitellaan routivaksi tai erittäin routivaksi. Maalajien luokittelu routiviin ja routimattomiin maala-
jehin on esitetty kuvassa 8. Routamitoituksen lähtökohtana toimii mitoituspakkasmää-
rä, joka toistuu tilastollisesti kerran 5:ssä tai 10:ssä vuodessa (kuva 9). Yleensä routami-
toitus suoritetaan laskemalla rakenteen sallittu routanousu laskentaohjelmalla. Laske-
malla roudan tunkeutuminen pohjamaahan on myös mahdollinen tapa arvioida roudan
vaikutuksia. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 96 - 98)



KUVA 8. Rakeisuuteen perustuvan routivuusluokituksen ohjekäyrät. (Ramboll Finland Oy)



KUVA 9. Tilastolliset pakkasmäärät (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 97)

3.1.2 Liikennetekninen suunnittelu

Liikenteellinen suunnittelu sisältää kadun poikkileikkauksen, liikenteenohjauksen, liittymien sekä geometrian mitoituksen. Kadun poikkileikkauksen suunnittelussa määritellään kadun tarvitsema kokonaisleveys, johon otetaan huomioon ajoradan, kevyen liikenteen väylien, viheralueiden, kuivatusjärjestelmien ja erilaisten levikkeiden vaatima tila. (RIL 262–2014, taitava kuntarakennuttaja 172). Vaaditun tilan mitoitukseen käytetään mitoitusajoneuvoa, (taulukko 5), kohtaamistapaa, mitoitusnopeutta sekä sivuetaisyttä. Kohtaamistapoja on neljä:

- A, kohtaavat ajoneuvot eivät hiljennä nopeutta kohdatessaan
- B, hiljentävät nopeutta kohdatessaan
- C, toinen ajoneuvo on pysähdyksissä kohtaustilanteessa sekä
- D, toinen ajoneuvo poikkeaa ajoradan ulkopuolella kohtaustilanteessa

Sivuetaisyys määritetään nopeuden ja kohtaamistavan avulla, taulukosta 6. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 45 - 46)

TAULUKKO 5. Mitoitusajoneuvojen leveydet. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 46)

Ajoneuvo	Lyhenne	Leveys (m)
Henkilöauto	ha	1,8
Pakettiauto	pa	2
Kuorma-auto	ka	2,6
Linja-auto	la	2,6
Kuorma-auto + perävaunu	kp	3

TAULUKKO 6. Sivuetäisyydet (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 47)

Nopeus/kohtaamistapa	60/A	50/A	40/A	40/B	30/B	30/C
	Sivuetäisyys (m)					
Reunavara, moottoriajoneuvo	0,50	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10
Reunavara, kevyen liikenteen yksikkö	0,30	0,30	0,30	0,20	0,20	0,20
Kohtaamisvara, ha/ha, ha/ka	0,90	0,70	0,55	0,40	0,35	0,30
Kohtaamisvara, ka/ka, la/la, kp/kp, ha/pp, ha/jk	1,20	1,00	0,80	0,80	0,70	0,40

Kadun vaaka- ja pystygeometrian vaikuttavat eniten katua rajaavien tonttien korkeustaso, nopeustaso sekä katu ympäristölle asetetut tavoitteet. Kadun nopeustason ollessa 50 km/h tai siitä ylöspäin se vaikuttaa geometriseen mitoitukseen. Vaakageometria muodostuu yleensä pienehköistä ympyränkaarista, jotka yhdistävät suoria toisiinsa. Tärkeää vaakageometrian suunnitteluvaiheessa on muistaa pysähtymisnäkemät, jotta vältetään vaaratilanteilta. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 64)

Pystygeometrian suunnittelussa tärkeintä on sovittaa kadun geometria ympäristöön, kuten tonttien korkeusasemiin. Kadun pintakaltevuuksien tulee olla sellaiset, että pintavedet saadaan ohjattua oikeaan paikkaan eivätkä ne ohjaudu tonteille. Kadun pituuskaltevuudelle on annettu tiettyjä raja-arvoja, jotta kadun kuivatus saadaan toimimaan oikein. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 64 - 65)

3.2. Jätevesiverkko

Jätevesiviemäristön mitoituksessa selvitetään putkien halkaisijat sekä linjan minimi- sekä maksimikaltevuudet. Suunnittelussa tulee varmistua siitä, että viemäriputkien halkaisijat ovat tarpeeksi suuret johtaakseen mitoitusvesimäärää. Kaltevuuksien selvittämisessä on tarkoituksena huuhtoutumisen onnistuminen sekä eroosion ja putken kulumisen vähentäminen. Myös putkimateriaali voi tuoda omat vaatimuksensa mitoitukselle. (Siukkola 2005)

Mitoitusvirtaamana käytetään suurinta tuntivirtaamaa putken käyttöiän aikana ja tästä käytetään nimitystä huippuvirtaama. Tarkempien tietojen puuttuessa käytetään putkiston teknisenä käyttöikänsä 50 - 100v. (Tuikka 2015, 39)

Viemärien minimikaltevuus tulee määrittellä, jottei viettoviemäriin pohjalle jää sinne laskeutunutta sedimenttiä (taulukko 7). Maksimikaltevuuden määrittämisellä pyritään vähentämään putken kulumista sekä eroosiota ja se määrittää putkessa virtaavan jäteveden virtausnopeuden, jonka ohjeellinen maksimiarvo on 5 m/s. (Tuikka 2015)

TAULUKKO7. Jätevesiviemärien suositeltavia minikaltevuuksia. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 45 - 50)

Putken halkaisija [mm]	Pienin suositeltava kaltevuus [%]	Minimikaltevuus [%]	Huuhtoutumista vastaava virtaama minimikaltevuus- della [l/s]
150	8,0	5,0	1,9
200	7,0	4,5	2,5
300	6,0	3,0	6,0
400	5,0	2,5	9,0
500	4,0	2,0	14,0
600	3,0	1,6	25,0
800	2,0	1,3	35,0
> 800	1,5	1,0	-

Viemäriin mitoituksessa lähdetään liikkeelle laskemalla jätevesivirtaama kaavan 1 mukaisesti. Tällöin oletetaan teollisuudesta aiheutuvien vesien kuuluvan ominaiskulutukseen. Ominaiskäyttönä mitoituksessa voidaan käyttää vuoden 2030 ennustetta, joka selviää taulukosta 8. Suurin vuorokausi- sekä tuntikäyttökerroin saadaan selville käyttäjien määrästä kuvien 10 ja 11 avulla. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003)

(1)

$$Q_{jmit.} = \frac{c_{dmax} * c_{hmax} * P * Q_{ominaisk}}{3600 * 24}$$

$Q_{jmit.}$ = mitoituksessa käytettävä jätevesivirtaama (l/s)

P = viemäröintialueen asukasmäärä

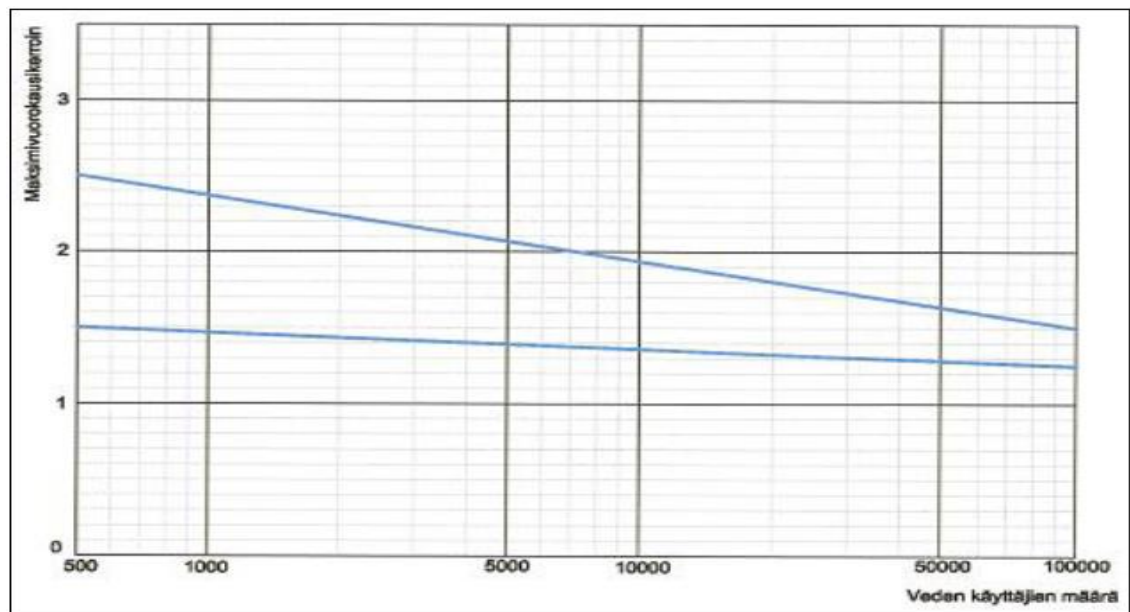
$Q_{ominaisk}$ = ominaiskäyttö (l/as/d)

c_{dmax} = suurin vuorokausikerroin

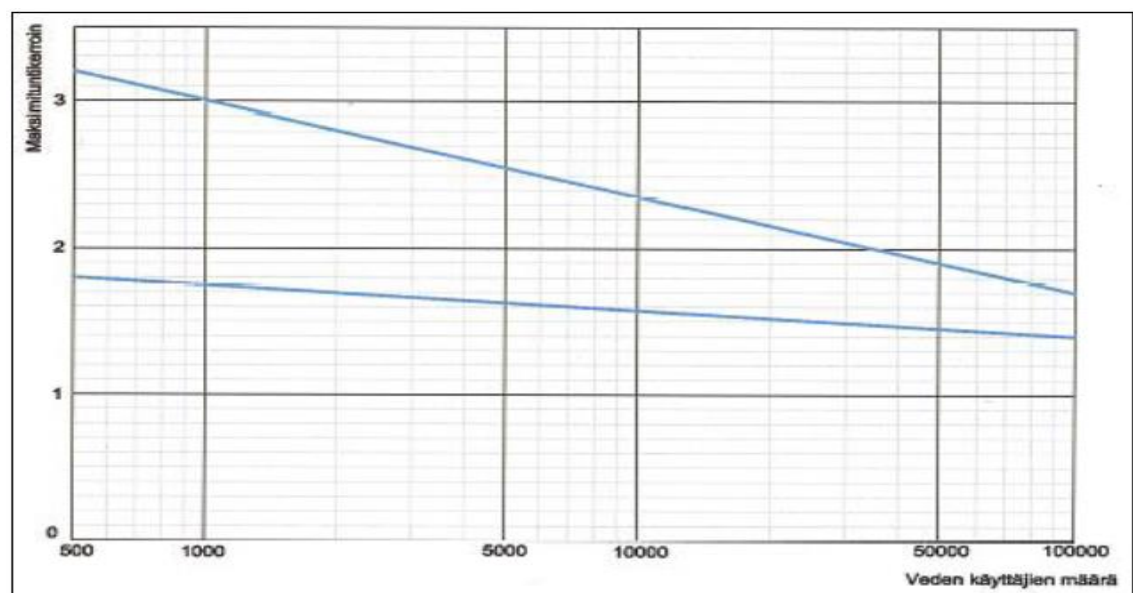
c_{hmax} = suurin tuntikäyttökerroin

TAULUKKO 8. Veden ominaiskäyttö ja sen vaihtelut. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 22)

Rakennus- tyyppi	Veden ominaiskäyttö [l/as/d]			
	Vuosi 2010		Ennuste vuodelle 2030	
	Keskimäärin	Vaihteluväli	Keskimäärin	Vaihteluväli
Pientaloalueet	130	100..150	140	100..160
Kerrostaloalueet	210	140..260	200	120..250



KUVA 10. Maksimivuorokausikerroin. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 23)



KUVA 11. Maksimituntikerroin. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 23)

Mitoitusvirtaaman lisäksi mitoituksessa tulee ottaa huomioon myös vuotovedet (kaava 2). Vaikka käytännössä jätevesiviemärissä johdetaan pelkkää jätevettä, esiintyy niissä silti runsaasti vuotovesiä. Vuotovesiä järjestelmään tulee pinta- ja pohjavedestä, joka pääsee putkissa ja kaivoissa olevien halkeamien, rakojen, liitosten ja viallisten kohtien kautta jätevesiviemäriin. Vuotovesien määrään taas vaikuttavat viemäriin ikä, liitosten materiaalit sekä tyypit ja lisäksi rakennustöiden toteutustapa. Vuotoveden vaikutusta huomioon otettaessa käytetään sillä mitoitusarvoa 0,3 - 0,6 l/s. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 13, 47 - 48)

(2)

$$Q_{vmit} = Q_{jmit} + Q_{pmit}$$

$$Q_{vmit} = \text{Mitoitusvirtaama}$$

$$Q_{jmit} = \text{mitoittava jätevesimäärä}$$

$$Q_{pmit} = \text{mitoittava vuotovesimäärä}$$

Kun tiedetään jätevesivirtaama ja virtausnopeus, voidaan määrittää viemäriputken koko Colebrookin nomogrammien avulla (liitteet 1 ja 2). Kun putkikoko on valittu edellä mainitulla menetelmällä ja määritelty kaltevuus aikaisemmin esitetyn taulukon 7 perusteella, täytyy selvittää vielä putken huuhtoutuminen. Huuhtoutumisessa selvitetään hankausjännitystä kaavan 3 mukaisesti ja mikäli hankausjännitykseksi saadaan yli 1,5 N/m, on jätevesiviemäri huuhtoutuva. Mikäli tulos alittaa arvon 1,0 N/m, viemäri ei ole huuhtoutuva, jolloin kaltevuus sekä/tai putkikoko tulee arvioida uudelleen. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 49 - 50)

(3)

$$T = \gamma * g * l * R$$

$$T = \text{hankausjännitys N/m}^2$$

$$\gamma = \text{veden tiheys } 1000\text{kg/m}^3$$

$$l = \text{putken kaltevuus m/m}$$

$$R = \text{hydraulinen säde, A/p, m}$$

$$A = \text{putken vesipoikkileikkauspinta-ala m}^2$$

$$P = \text{märkä piiri m}$$

3.3. Hulevesiverkko

Hulevesiviemärin mitoitusperusteena toimii yleensä valitulla toistuvuudella toistuva sateesta aiheutuva hulevesivirtaama. Hulevesiviemärin tulee pystyä johtamaan ilman padotusta valitun mitoituslaitteen virtaama. Hulevesiverkon suunnittelussa tulee varautua mahdollisiin tulvatilanteisiin suunnittelemalla tulvareitit, joita pitkin tulvavesi johdetaan alueilla, missä siitä ei ole haittaa. (Hulevesiopas 2012, 207)

Mitoitusvirtaaman määrittely suoritetaan valuma-alueen ominaisuuksien, mitoituslaitteen rankkuuden ja keston perusteella. Mitoitusvirtaaman lisäksi putken koon suunnitteluun vaikuttavat putken kaltevuus sekä putkessa kulkevan veden virtausnopeus. Valuma-alueen ominaisuuksista tarvitaan valuma-alueen koko sekä valumakerroin. Valuma-alue on alue, jolta vesiuoman tietyn poikkileikkauksen kautta kulkevat vedet kertyvät (taulukot 9 ja 10). (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003)

TAULUKKO 9. Mitoitusvirtaaman riippuvuus valuma-alueen pinta-alasta (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003)

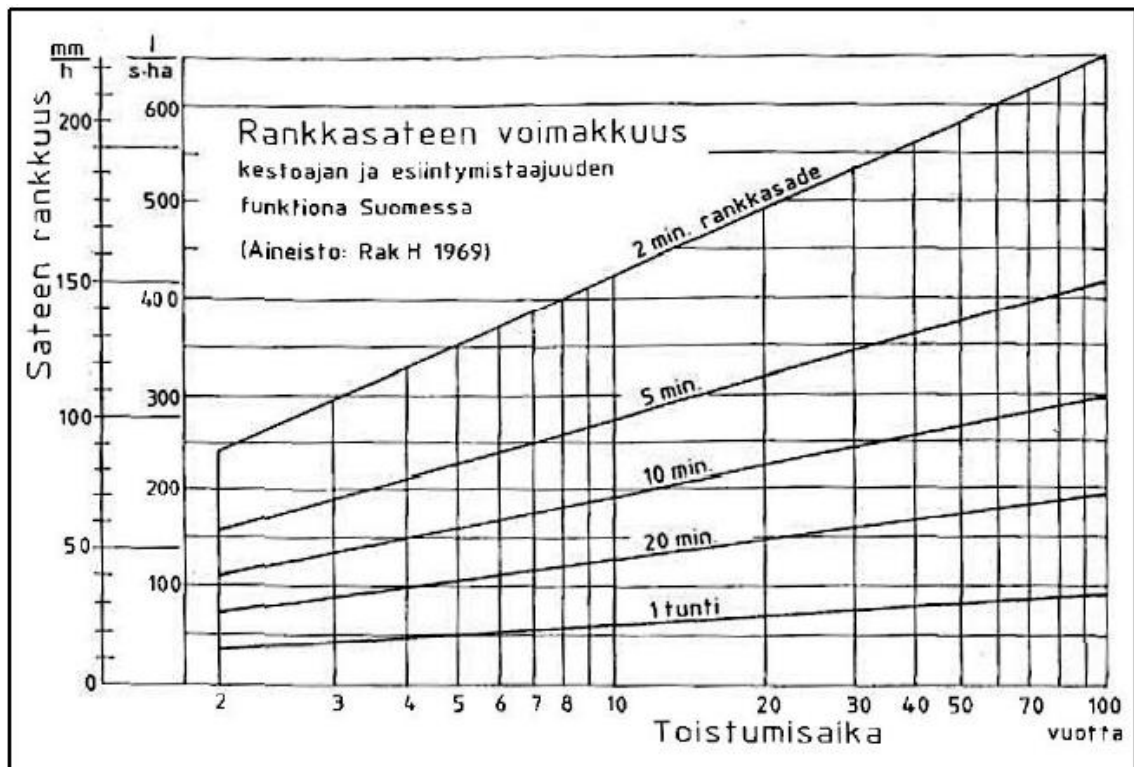
Valuma-alue (ha)	Mitoitusvirtaaman aiheuttaja
< 10	Rankkasade
10 – 100	Rankkasade tai lumen sulaminen
>100	Lumen sulaminen, poikkeuksena rakennetut ja viemäroidyt alueet

Valumakerroin osoittaa sen hulevedenmäärän, joka tulee huomioida mitoituksessa (taulukko 10). Muu osa vedestä imeytyy maaperään, pidättyy kasveihin tai haihtuu ilmaan. Valumakerroin vaihtelee 0 ja 1 välillä ja suuresta vaihtelusta johtuen isot mitoittavat alueet voidaan jakaa osiin. (Hulevesiopas 2012, 207; Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 120,121)

Taulukko 10. Kaupunkiolosuhteisiin soveltuvat alueelliset valumakertoimet. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003)

Alueen laatu	Valumakerroin
Umpinaiset kerrostalokorttelit/kestopäällysteiset pihat	0,8
Umpinaiset kerrostalokorttelit/sorapäällysteiset ja istutuksia sisältävät pihat	0,7
Avoimet kerrostalokorttelit	0,6 - 0,4
Rivitaloalueet ja vastaavat	0,35
Omakotialueet/pienet tontit	0,3 - 0,25
Omakotialueet/suuret tontit	0,25 - 0,2
Urheilu- ja leikkikentät	0,2
Suurehkot puistoalueet, joutomaat	0,1 - 0,05

Mitoitussateen määrittämisessä on neljä määräävää tekijää: sateen kesto, määrä, intensiteetti eli rankkuus ja toistuvuus. Rankkuudella tarkoitetaan lyhyen ajanjakson aikana tietylle alueelle satanutta veden määrää ja se on keskeisin suure sadevesiviemäreitä mitoitettaessa. Mitoitussateena käytetään yleensä kahden vuoden välein toistuvaa 10 minuutin rankkasadetta eli 125 l/s*ha (kuva12). (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003,120 - 121; Hulevesiopus 2012, 102)



KUVA 12. Rankkasateen voimakkuus kestoajan ja esiintymistaajuuden funktiona Suomessa (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 121)

Edellä mainittujen suureiden avulla pystytään määrittämään putken virtaama kaavasta 4. Kaavalla käsin laskeminen soveltuu hyvin pienille ja ominaisuuksiltaan homogeenisille valuma-alueille. Haastavampien alueiden laskentaan on olemassa erilaisia tietokonemalleja. (Hulevesiopas 2012, 209)

(4)

$$Q = i * u * F$$

Q = Virtaama, l/s

i = Mitoitussateen rankkuus, l/s*ha

u = Valumakerroin

F = Valuma-alueen pinta-ala, ha

Putkille määritellyt minimi- ja maksimikaltevuudet varmistavat putken moitteettoman toimivuuden. Minimikaltevuus on näistä tärkeämpi eikä sitä saa keinotekoisesti pienentää putkikokoa suurentamalla. Maksimikaltevuuden suurimpana sallittuna virtausnopeutena on käytetty 3 m/s. Taulukossa 11 on esitetty suositeltuja minimi- ja maksikaltevuuksia sadevesiviemäriin. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 122)

TAULUKKO 11. Sadevesiviemärin suositeltavat minimi- ja maksimikaltevuudet (Hulevesiopus 2012, 212)

Putkikoko, mm	Suosittelava mikaltevuus, %	mini- Suositeltava maksimikaltevuus, %
200	0,45	1,20
300	0,30	0,70
400	0,25	0,50
500	0,20	0,40
600	0,16	0,30
800	0,10	0,20
1200	0,10	0,15
1600	0,10	0,10

Sadevesiviemärin koko määräytyy kuvan 13:n virtausnomogrammin mukaisesti putken kaltevuuden ja virtaaman mukaan. Putken materiaalilla ei ole osoitetusti vaikutusta putken vedenjohtokykyyn, joten voidaan olettaa, että mitoitusvirtaamalle valitun putken sisähalkaisija on yhtä suuri kaikilla putkimateriaaleilla. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003,121 – 122)

Joissain tilanteissa mitoittavan virtaaman voi myös aiheuttaa lumen sulamisvedet, esimerkiksi laajoilla rakentamattomilla alueilla avo-ojien liittyessä hulevesiverkkoon. Tällöin virtaama lasketaan kaavan 5. (Hulevesiopus 2012, 207; Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 121)

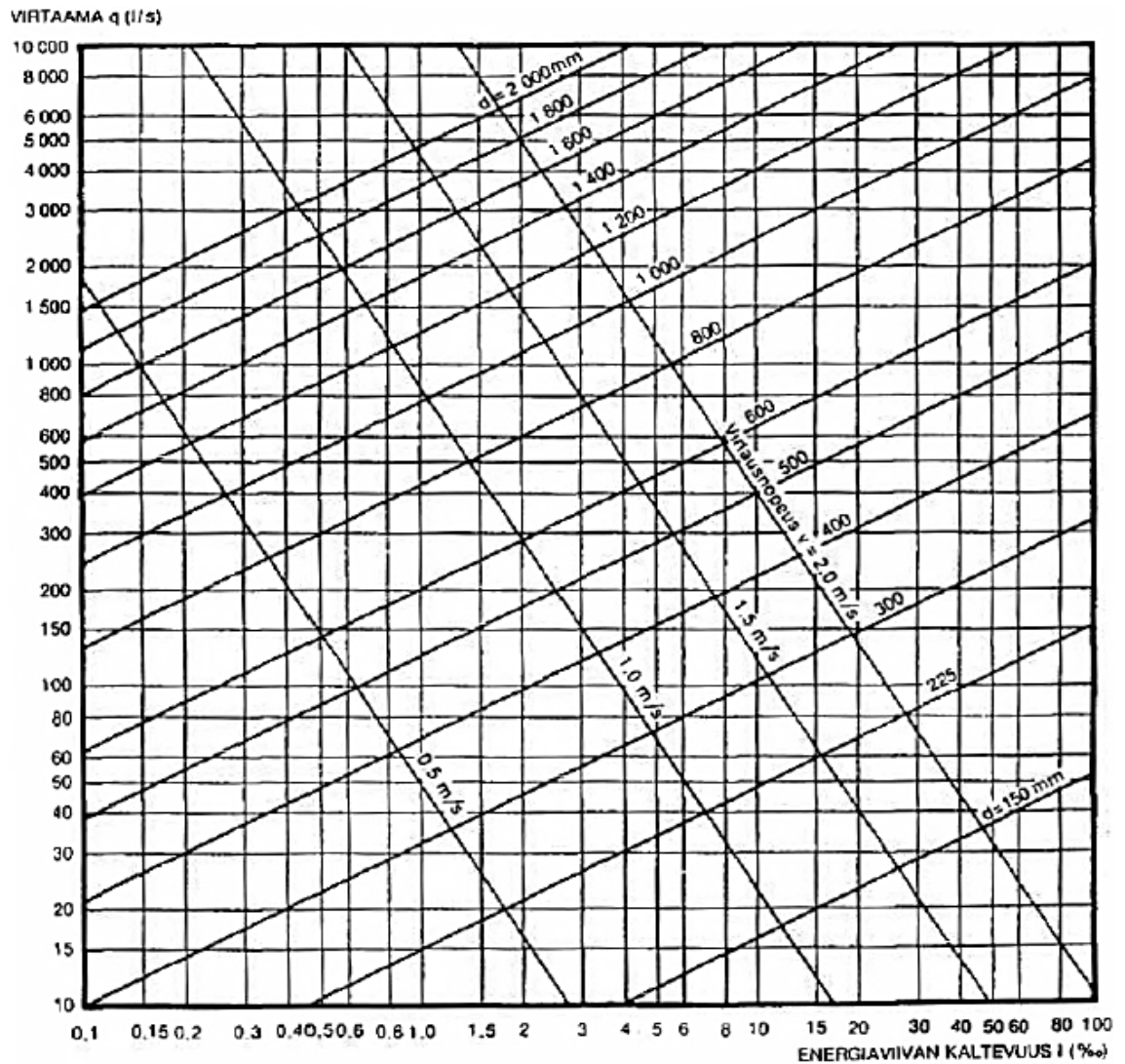
(5)

$$Q = H_q * F$$

Q = virtaama, l/s

H_q = kevätylivaluma, l/s*km²

F = valuma-alueen pinta-ala, km²



KUVA 13. Virtausnomogrammi (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 121)

3.4. Vesijohtoverkko

Vesijohtoverkon mitoitus ja suunnittelu ohjeistaa lähtökohtaisesti vesihuoltolaki ja siihen liittyvät lainsäädännöt. Mitoitus perustuu vedenkäyttöä koskeviin ennustuksiin vähintään 20 - 40v ennustusjaksolla. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b)

Vesijohtoverkko mitoitetaan ensisijaisesti seuraaville käyttötilanteille:

- Tavanomaisiin tarkoituksiin käytettävän veden huippukäytölle
- Sammutussuunnitelman mukaiselle sammutusveden otolle tai kiinteistöjen sammutusvesille
- Vesisäiliön täyttötilanne

- Häiriötilanteet

Mitoitus suoritetaan yleensä huipputuntikäytön mukaan. Tällöin päävesijohdoissa kulutusjakso on 0,5 - 1 h ja jakeluvesijohdoissa 0,25 - 1 h. Jotta voidaan määrittää huipputuntikäyttö, tulee ensin ratkaista keskimääräinen vuorokausikäyttö kaavasta 6. Kaavassa käytettävä ominaiskäytön arvot saadaan edellä esitetystä taulukossa 10. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 25,34)

(6)

$$Q_{dkeskim} = \frac{Q_{ominaiskäyttö} * P}{1000}$$

$$Q_{dkeskim} = \text{keskimääräinen vedenkäyttö vrk, } m^3/d$$

$$Q_{ominaiskäyttö} = \text{ominaiskäyttö l/as/d}$$

$$P = \text{vedenkäyttäjien lukumäärä}$$

Keskimääräisen vuorokautisen vedenkäytön avulla voidaan ratkaista suurin vuorokausikäyttö (kaava 7) sekä huipputuntikäyttö (kaava 8). Kaavoissa tarvittavat maksimivuorokausikerroin sekä huipputuntikerroin saadaan edellä esitetyistä kuvista 10 ja 11. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 25)

(7)

$$Q_{dmax} = c_{max} * Q_{dkeskim}$$

$$Q_{dmax} = \text{suurin vuorokausikäyttö, } m^3/d$$

$$c_{max} = \text{maksimivuorokausikerroin}$$

$$Q_{keskim} = \text{keskimääräinen vedenkäyttö vrk, } m^3/d$$

(8)

$$Q_{hmax} = C_{hmax} * c_{dmax} * Q_{dkeskim}$$

$$Q_{hmax} = \text{huipputuntikäyttö, l/h}$$

$$C_{hmax} = \text{huipputuntikerroin}$$

$$c_{dmax} = \text{maksimivuorokausikerroi}$$

$$Q_{keskim} = \text{keskimääräinen vedenkäyttö vrk, } m^3/d$$

Kun mitoitetaan vesijohtoverkkoa, on myös huomioitava paineen muutokset ja painehäviö eli laskettava virtaushäviö. Virtaushäviön laskemiseen on useita menetelmiä, mutta

yleisimmin käytetyt menetelmät ovat yleinen kitkahäviön (kaava 9) ja Hazen – Williamsin kaava (10). Yleisen kitkahäviön kaavaa on hieman hankala käyttää, joten sitä varten on luotu nomogrammeja, joista yleisimmät perustuvat Colebrookin sovellukseen kaavasta (liitteet 1 ja 2). (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 35, 145 - 146)

(9)

$$h_f = f * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{2g}$$

h_f = virtaushäviö, m

f = kitkahäviökerroin

L = putken pituus, m

d = putkenhalkaisija, m

v = veden keskimääräinen nopeus, m/s

g = maan vetovoiman kiihtyvyys, $9,81 m/s^2$

Hazen – Williamsin kaava on yleisimpiä kaavoja virtaushäviön laskentaan vesijohtoverkossa sekä paineviemärissä. Kaavaa käytetään putkille joiden sisähalkaisija on ≥ 50 mm ja virtausnopeus $\leq 3 m/s$. Kaavassa käytetyt Hazen – Williamsin luku saadaan taulukosta 11. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 36)

(10)

$$Q = 0,278 * C * d^{2,63} * I^{0,54}$$

Q = virtaama, m^3/s

C = Hazen – Williamsin kerroin

d = putken halkaisija, m

I = energiaviivan kaltevuus, m/m (kaava 11)

(11)

$$I = \frac{h_f}{L}$$

h_f = virtaushäviö, m

L = laskentaputken pituus, m

3.5. Putkimateriaalit

3.5.1 Vesijohtoverkon putket

Vesijohtoputkien sekä muiden järjestelmän komponenttien tulee noudattaa standardin SFS-EN 805 määritteitä ja vaatimuksia. Putken materiaalin tulee olla sellainen, että veden laatu säilyy hygieenisyyden ja muun laadun suhteen moitteettomana ja, että se kestää maaperä- ja ympäristöolosuhteet. Nykyisin uusien putkien yleisimmät materiaalit ovat polyeteeni (PE), polyvinyylidikloridi (PVC), pallografiittivalurauta (SG) sekä teräs (T), jota käytetään suurissa ja erityiskohteissa. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 68)

Vesijohdon putkimateriaalin valinnassa tulee ottaa huomioon mm. seuraavia seikkoja:

- Putken todellinen käyttöikä
- Paineen, alipaineen ja paineiskujen kestävyys
- Korroosionkestävyys
- Tiiviys
- Kuljetus ja varastointikestävyys
- Maaperän ja liikenteen aiheuttamien kuormien kestävyys
- Jäätymisvaurioiden kestävyys sekä sulatus mahdollisuus
- Vedenjohtokyvyn pysyvyys ja sen vaikutus pumppauskuluihin
- Koko ja paineluokka
- Vaatimukset perustamiselle ja sijoituspaikalle
- Mahdolliset muodonmuutokset
- Vaadittavat erityisominaisuudet
- Kustannukset

3.5.2 Viemäriputkien materiaalit

Viemäriputkien materiaalina toimii useimmiten muovi tai betoni. Näiden rinnalla saattaa esiintyä kuitenkin harvemmassa määrin myös valurautaa sekä puuta. Putken tulee

olla sisältä sileä ja kestää maanpaineen sekä liikenteen aiheuttamat kuormat. Sen tulee myös kestää veden ja sen mukana liikkuvan kiintoaineksen aiheuttama mekaaninen kulutus sekä viemärivereden sisältämien aineiden aiheuttama kemiallinen korroosio. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 103)

Muovisia putkia käytetään niin vietto- kuin paineviemäreissä. Viettoviemäreissä materiaalina käytetään polyeteeni (PE), polyvinyylidikloridi (PVC) sekä polypropeeni (PP) putkia ja ne luokitellaan rengasjäykkyyden (SN) perusteella (taulukko12). (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 103)

TAULUKKO 12. kestumuovisten viettojohtojen jäykkyyden luokat liikennealueilla. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 103)

Alueen käyttötarkoitus	Peitesyvyys putken laesta (m). Alkutäyttömateriaali tiivistetty (Hk, Sr, M)	Jäykkyyden luokka
Kevyen liikenteen väylät ja vastaavat pihat	0,8 – 6,0	SN 4
	>6	SN 8
Kadut ja vastaavat, yleiset paikoitusalueet, tavaraliikenteen kentät	1,0 – 6,0	SN 8
	>6	SN 16 tai vastaava paineputki

Betoniputket ovat pääsääntöisesti Betoniputkinormien 2001 tai sitä uudemman mukaisesti valmistettuja EK-järjestelmän putkia. Betoniputkia on erimallisia: pyöreitä, jalallisia tai munanmuotoisia ja ne jaetaan lujuusluokkiin B, Br ja Dr. Taulukossa 13 on esitetty sallitut minimi- ja maksimipeitesyvyydet eri lujuusluokille. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 104 - 105)

TAULUKKO 13. Betoniputkien sallitut peitesyvyydet (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b, 105)

Putkiluokka	Alkutäyttö			
	Tiivistetty		Ei tiivistetty	
	Maksimi, m	Minimi, m	Maksimi, m	Minimi, m
B	5,00	0,60	4,00	1,00
Br	8,00	0,40	5,00	0,60
Dr	13,00	0,20	7,50	0,40

4 LAINSÄÄDÄNTÖ

Kunnallistekniikka pitää sisällään niin maa- kuin vesirakentamista ja näitä molempia ohjaavat erilaiset lait sekä säädökset. Seuraavassa on käyty läpi keskeisimpiä lakeja ja säädöksiä, jotka koskevat kunnallistekniikan rakentamista ja suunnittelua.

4.1. Maankäyttö- ja rakennuslaki

Maankäyttö- ja rakennuslain tavoite on luoda edellytykset hyvälle elinympäristölle ja edistää monitahoista kestävästä kehitystä säätämällä rakennusten ja alueiden käyttöä, rakentamista sekä suunnittelua. Lain toiseksi tavoitteeksi katsotaan antaa jokaiselle mahdollisuus asioiden valmisteluun sekä turvata suunnittelun laatu ja monipuolinen asiantuntemus. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999)

Maankäyttö- ja rakennuslaki määrittelee erilaisia tehtäviä kunnille sekä tavoitteita alueiden suunnittelulle ja käytölle. Maankäyttö- ja rakennuslaissa säädetään asema- ja yleiskaavasta sekä niiden laatimisesta kuten myös yleisistä alueista kuten kaduista. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999)

4.2. Ympäristönsuojelulaki

Ympäristönsuojelulain tarkoitus on turvata terveellinen, viihtyisä ja monimuotoinen ympäristö ehkäisemällä ympäristön pilaantumista. Laissa on eritelty erilaiset kiellot, velvollisuudet ja periaatteet, joiden avulla ympäristön pilaantumista voidaan ehkäistä. (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527)

Kaikki toiminta, mikä voi aiheuttaa haittaa ympäristölle, on luvanvaraista ja vaatii ainakin ympäristöluvan. Ympäristönsuojelulain mukaan kunnalle kuuluvista lupa- ja valvontatehtävistä vastaa ympäristönsuojeluviranomainen. Nämä kunnalle määritellyt tehtävät on tarkennettu laissa. (Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527)

4.3. Vesilaki

Vesilakia tulkittaessa on noudatettava luonnonsuojelu-, muinaismuisto- sekä maankäyttö- ja rakennuslain määräyksiä. Laki pyrkii tekemään vesivarojen käytöstä kaikin puolin kestävä ja ehkäisemään niiden käytöstä mahdollisesti aiheutuvia haittoja. Laissa määritellään erilaisia omistus- ja käyttöoikeuksia vesille sekä niitä koskeville rakenteille. (Vesilaki 27.5.2011/587)

Vesilain mukaan ympäristönsuojeluviranomainen valvoo kunnassa tämän lain määräysten ja säännösten noudattamista. Laki myös tarkentaa kunnan ympäristönsuojeluviranomaisen tehtäviä erilaisissa tapauksissa, kuten esimerkiksi ojitukseen liittyvissä asioissa. (Vesilaki 27.5.2011/587)

4.4. Vesihuoltolaki

Vesihuoltolain tavoite on turvata kohtuullisin kustannuksin, että saatavilla on riittävän terveellistä ja moitteetonta talousvettä sekä kaikin puolin asiallista viemärointiä. Laissa myös määritellään eri tahojen tehtäviä ja vastuita vesihuollon järjestämisen, hoitamisen ja kehittämisen suhteen. Esimerkiksi kokonaisvastuu alueen vesihuollon hoitamisesta ja kehittämisestä on lain mukaan kunnalla. (Vesihuoltolaki 9.2.2001/119))

5 KAAVOITUS JA SEN VAIKUTUS KUNNALLISTEKNIIKAN SUUNNITTELUUN

5.1. Kaavoitus

Kaavoituksessa määritetään alueen yhdyskuntarakenne, käyttötarkoitus, liikenneratkaistukset sekä näiden aluevaraukset. Maankäyttö- ja rakennuslaki säätelee kaavoituksen kaavatasoja, joita on neljä: valtakunnalliset alueiden käyttötavoitteet, maakuntakaava, yleiskaava ja asemakaava. Valtakunnallisissa alueidenkäyttötavoitteista päättää valtioneuvosto ja ne voivat koskea asioita joilla on:

- Aluerakenteen, alueidenkäytön taikka liikenne- ja energiaverkon kannalta laajempi kuin maakunnallinen merkitys
- Merkittävä vaikutus kansalliseen kulttuuri- tai luonnonperintöön
- Valtakunnallisesti merkittävä vaikutus ekologiseen kestävyys, aluerakenteen talouteen tai merkittävien ympäristöhaittojen välttämiseksi

(Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 17; Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.2014b, 31)

Maakuntakaava on yleispiirteinen suunnitelma, jonka laatii maakuntaliitto ja hyväksyy maakuntaliiton liittovaltuusto. Kaavassa esitetään alueiden käytön ja yhdyskuntarakenteen periaatteet sekä osoitetaan maakunnan kehittämisen kannalta tarpeellisia alueita. Maakuntakaavan käyttäminen on tarpeen, mikäli voidaan olettaa hankkeella olevan seudullisia vaikutuksia koskien esimerkiksi liikenteen, kunnallistekniikan, virkistykseen tai palvelujen järjestämistä. Maakuntakaava ohjaa kuntien yleis- ja asemakaavojen suunnittelua, joten kunnat eivät voi poiketa maakuntakaavan ratkaisusta. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.2014b, 31; Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003; Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu)

Yleiskaava on kunnan laatima ja kunnanvaltuuston hyväksymä, maakuntakaavasta hierarkiassa yhden alempi ja tarkempi kaava. Se määrittää yleispiirteisesti kunnan yhdyskuntarakenteen tilavarauksineen. Yleiskaavassa osoitetaan tarpeelliset alueet yksityiskohtaisen kaavoituksen ja muun suunnittelun sekä rakentamisen ja muun maankäytön perustaksi. Siinä määrätään likimääräiset sijainnit ja keskinäiset suhteet suunnittelualu-

een rakentamisalueille, liikenneväylille ja vapaa-alueille. Mikäli jokin hanke vaatii yleiskaavan laatimista tai muuttamista, voidaan laatia rajattua aluetta koskeva osayleiskaava tai joissain tapauksissa harvoin käytetty, johonkin suunnittelun osa-alueeseen keskittyvä vaiheyleiskaava. Yleiskaava voidaan myös laatia kahden tai useamman kunnan yhteisenä, jolloin se on saatettava Ympäristöministeriön vahvistettavaksi. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 17; Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2014b, 31 - 32)

Yleiskaava ohjaa tarkimman ja yksityiskohtaisimman kaavatason eli asemakaavan suunnittelua. Asemakaava laaditaan yksityiskohtaista alueen järjestämistä, rakentamista ja kehittämistä varten. Siinä esitetään yksityiskohtaisesti tarvittavat aluevaraukset kuten tontit ja katualueet sekä rakentamisen käyttötarkoitus, tyyppi, laatu ja rakennusoikeuden määrä. Asemakaava pitää sisällään kaavakartan sekä kaavaselostuksen joka antaa tärkeää lisätietoa katusuunnittelua varten. Kaava voi koskea kokonaista asuinalueutta tai se voi koskea vai yhtä rakennuskohdetta. Asemakaavan laatii kunta ja hyväksyy kunnanvaltuusto. Kunnan on pidettävä asemakaava ajan tasalla sitä mukaa kun kunnan kehitys taikka maankäytön ohjaustarve sitä edellyttää. (Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 17; Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2014b, 32 - 33)

5.2. Kadun suunnittelu

Kadun suunnittelussa kaavoituksella on iso merkitys. Yleiskaava antaa vain tavoitteellista informaatioita yhdyskuntarakenteen ja liikennejärjestelmien osalta. Suurempi vaikutus on asemakaavalla, joka osoittaa katujen, kevyen liikenteen väylien ja muiden yleisten alueiden tilavaraukset, käyttötarkoituksen ja hallinnollisen jaon. Asemakaavan yhteydessä laaditaan liikenteen yleissuunnitelma, jota varten voi olla tarpeen laatia liikenne-ennusteita sekä liikenneturvallisuutta, melua ja muita ympäristövaikutuksia sekä rakennettavuutta koskevia selvityksiä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2014b, 170)

Asemakaavan katualueet varataan liikenteen yleissuunnitelman perusteella ja kaavan yksityiskohtaisilla merkinnöillä ja määräyksillä annetaan sitovat raamit kadun suunnittelulle. Liikenteen yleissuunnitelmassa esitetään liikenteen väylät, liittymäjärjestelyt sekä joukkoliikenteen pysäkit ja sen yhteydessä suoritetaan vaadittavat mitoitukset.

Yleissuunnitelmassa on tärkeää ottaa huomioon katualueen ja muun maankäytön kannalta tärkeät aluevaraukset. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2014b, 170)

Aluevarauksia mitoitettaessa on tärkeää huomioida tulevan maankäytön, liikenteen kehityksen, kunnossapidon ja liikenneturvallisuuden vaatimukset eri alueille. Esimerkiksi talvisin pois aurattavan lumen poiskuljetus tai mahdollisuus vaihtoehdoiselle sijoituspaikalle. Nämä asiat olisi hyvä ottaa huomioon jo kadun sijoitusta mietittäessä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2014b, 170)

Kadunpito on kunnan vastuulla ja se on määritelty maankäyttö- ja rakennuslaissa. Kadun pito pitää sisällään kadun suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon. Myös muut toimenpiteet, jotka ovat tarpeellisia katualueen, sen ylä- ja alapuolisten johtojen, laitteiden sekä rakenteiden yhteensovittamiseksi kuuluvat osaksi kadunpitoa. Kunta voi hoitaa kadunpidon itse tai ulkoistaa sen. (Tuikka 2015, 18)

5.3. Jätevesi- ja vesijohtoverkon suunnittelu

Kuntatason yhdyskuntasuunnittelun pääsektoreita on kolme: toimintojen, maankäytön ja talouden suunnittelu. Vesihuolto-, jätevesi- ja vesijohtoverkko liittyvät yleisimmin muuhun yhdyskuntasuunnitteluun kaavoituksen eli maankäytön suunnittelun kautta ja tämän vuoksi se vaikuttaa erilaisten kaavojen laatimiseen. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.2010a)

Vesihuoltosuunnittelu kuuluu osana eriasteisten kaavojen laatimiseen ja sen tulee tapahtua yhteistyössä kaavoitussuunnittelun kanssa. Vesihuoltosuunnittelun tarkoituksena on selvittää riittävät perusteet kaavoitusratkaisuja varten. Vesihuoltosuunnittelun tehtäviä ovat myös riittävän ja laadukkaan käyttöveden saannin edellytysten selvittäminen, jätevesien johtaminen ja käsittely sekä liittyminen vanhaan verkkoon ja vaikutukset ulkopuoliseen verkkoon. Tärkeää on myös kustannus selvitysten ja kustannusvertailujen tekeminen, jotta vesihuollon asettamat vaatimukset ja kustannusvaikutukset voidaan huomioida maankäytössä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.2010a)

Maakuntakaavatason vesihuoltosuunnitelmalla pyritään selvittämään kaavaan merkittyjen kohteiden ja alueiden toteutettavuus huomioimalla vesihuollon nykytila, alueen ke-

hityssennusteet, taloudelliset edellytykset ja ympäristönsuojelun vaatimukset. Suunnitelmalla pyritään riittävän tiedon antamiseen ja taloudellinen toteuttamisjärjestyksen selvittämistä. Maakuntakaavojen vesihuoltosuunnitelma sisältää vesihuoltoselvitysten lisäksi yleensä vesiensuojelua koskevan selvityksen. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.2010a)

Yleiskaavatason vesihuoltosuunnitelma on tarkennus maakuntakaavatason vastaavasta suunnitelmasta. Siinä täsmennetään kunnan sisäisen vesihuollon ajoituksellisia, ynnä muita tekijöitä. Vaikka suunnitelma käsittää ensisijaisesti kunnan sisäisiä vesihuoltoasioita, on tarvittavassa laajuudessa otettava huomioon myös naapurikuntien vesihuolto. Yleiskaavan vesihuoltosuunnitelmasta tulee ilmetä selvitysalueen vesihuollon lähtötilanteesta, tulevan vedenkäytön ja viemärivesimäärien ennusteista ja perusteista, purkuvesistöistä ja vesivaroista sekä alustava suunnitelma tulevasta vesihuoltojärjestelmästä kustannusarvioineen ja -vertailuineen. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.2010a)

Kun kaavoitus on edennyt asemakaavan tarkkuustasolle, voidaan maakunta- ja yleiskaavatasojen vesihuoltosuunnitelmiin pohjautuen laatia vesihuollon toteutussuunnitelma, jonka painopiste on lähinnä johtoverkon suunnittelussa. Toteutussuunnitelma sisältää

- Tontti- ja korttelitarkkuudella mitoituksen viimeistelyn
- Mitoitusvariaatioiden vaikutusten tutkimisen
- Rakentamisjärjestyksen vesihuollon kannalta
- Olemassa olevien rakenteiden tarkat investoinnit
- Verkkojen suunnittelun tonttitarkkuudella
- Kustannusarvion laadinnan. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.2010a, 58 - 59)

Asemakaavan yhteydessä tulee laatia kunnallistekniikan yleissuunnitelma, joka esittää maankäytön edellyttämät alustavat vesijohtojen, jäte- ja hulevesiviemäroinnin sekä muiden mahdollisten johtojen reitit. Lisäksi siitä tulee käydä ilmi alueellisen kuivatuksen periaate. Verkostojen tarvitsemat tilavaraukset määritellään siis jo kaavoitusvaiheessa. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2014b, 171; Suomen kuntatekniikan yhdistys 2003, 21)

5.4. Hulevesiverkon suunnittelu

Maakuntakaavan tasolla hulevesien osalta tulee huomioida vaikutuksia taajamaympäristön pohjavesiin, Natura-alueisiin ja -vesistöihin, vesistöihin joista vettä hankitaan sekä muihin tärkeisiin vesiensuojelukohteisiin. Maakuntakaavassa tulee ottaa huomioon mahdolliset tulvavaara riskit ja toimet niiden välttämiseksi sekä tehdä tarkasteluja valuma-alueilla huomioiden ylikunnallisten haittavaikutusten estäminen. (Hulevesiopus 2012,48)

Paljon hulevesiä tuottavilla alueilla saattaa olla laaja-alaisempia vaikutuksia, joten niiden sijoittelua ohjataan maakuntakaavassa. Näiden alueiden sijoittelua suunniteltaessa tulee erityisesti huomioida hulevesien muodostuminen ja hallinta. (Tuikka 2015, 19)

Yleiskaavoitus täydentää maakuntakaavoituksen yhteydessä laadittuja selvityksiä ja niissä tulee ottaa huomioon mahdollinen hulevesimäärien lisääntyminen ja tämän aiheuttamat tulvat ja vedenlaatuhaavat. Yleiskaavan ohessa on tarpeen tehdä suunnitelma tai selvitys hulevesien vaikutusten arvioimiseksi ja niiden hallinnan tarpeiden ja keinojen selvittämiseksi. Yleiskaavassa tai osayleiskaavassa on mahdollista esittää yleispiirteisesti hulevesien käsittelyn toteuttamista varten vaadittavat tilavaraukset ja paikat. Yleiskaavatasolla hulevesien hallintaan varatut alueet ovat kuitenkin useimmiten ohjeellisia ja alueen pääkäyttötarkoitus on eri. (Hulevesiopus 2012, 50).

Mikäli kunnan kehitys on voimakasta, on suositeltavaa laatia erillinen hulevesisuunnitelma riskikohtien kartoittamiseksi koko kunnan alueelle. Jotta välttyttäisiin hulevesien lisääntymiseltä, on otettava huomioon olemassa olevien hulevesijärjestelmien kapasiteetti sekä tarvittavat tulvareitit. Laki tulvariskien hallinnasta (620/2010) velvoittaa kunnat laatimaan tulvavaarakartat ja kartat, joista selviää mahdollisten tulvien vahingolliset seuraukset alueille, joilla on merkittävä hulevesitulvariski. Mahdolliset kunnan hulevesiohjelmat tai -strategiat tukevat yleiskaavan laadintaa. (Hulevesiopus 2012, 49 - 50).

Asemakaavassa käydään läpi verkon mitoitus sekä tarkempi sijoittaminen, ja siinä tulee varata tarpeellinen tilavaraus tarvittaville hulevesiverkon osille ja niiden toteuttamiselle. Kaavassa on myös varattava tarvittava tila esimerkiksi imeyttämisen aiheuttamalle tilapäiselle lammikoitumiselle sekä katualueen ja maanteiden hulevesien epäpuhtauksien

suodattamiseen. Teollisuus- ja liikealueiden hulevedet tulisi käsitellä jo tonttialueella ja katu- sekä pysäköintialueiden hulevedet viherkaistoilla, koska tällöin hulevesien hallinta on selkeästi aiheuttajan vastuulla. (Hulevesiopas 2012, 52).

Hulevesien hallintaan saatetaan asettaa vaatimuksia asemakaavamääräyksissä. Esimerkiksi pohjavesialueelle sijoittuvassa asemakaavassa esitetään määräyksiä kattovesien imeyttämistä tontille. Erityisesti pohjavesialueilla sekä herkkien vesistöjen läheisyydessä hulevesien käsittelyä koskevat vaatimukset tulisi sisällyttää kaavamääräyksiin. Kunnalla on myös mahdollisuus tehdä maanomistajien tai rakennuttajien kanssa maankäyttösopimuksia kaavoitukseen ja niiden toteuttamiseen liittyen. Näihin sopimuksiin voidaan sisällyttää myös hulevesien käsittelyä koskevat ratkaisut. (Hulevesiopas 2012).

5.5. Kaavoitus ratkaisuista aiheutuvia kustannuksia

Seuraavassa esitetään viitteellisiä kustannusvaikutuksia, joita kaavoitusratkaisut voivat aikaan saada kunnallistekniikkaa koskien. Kustannukset ovat kerätty internetistä ja ovat vain suuntaa antavia, joten niitä ei voida käyttää varsinaisessa suunnittelussa.

Kaavoitus vaikuttaa osaltaan kunnallistekniikan joka osa-alueeseen: Millaiselle alueelle kaava-alue sijoitetaan vaikuttaa pohjaolosuhteisiin. Se millaista käyttöä alueelle kaavoitetaan, ratkaisee osaltaan taas liikennemääriä. Näin se vaikuttaa katuluokkaan sekä mitoitussajoneuvoihin, jotka taas määrittävät pitkälti katurakenteen hinnan muodostumista (taulukko 14). Taulukon 14 laskuissa on käytetty pohjamaan kantavuutena 35 MN/m².

TAULUKKO 14. Kerrospaksuuksia katuluokan kantavuusvaatimuksen mukaan

Tieluokkas	Jakava m	Kantava m	Tieluokka	Suodatin m	Jakava m	Kantava m
1	1	1	1	1	1	0,8
2	1	0,8	2	1	1	0,6
3	0,6	0,6	3	1	0,6	0,7
4	0,6	0,225	4	1	0,4	0,3
5	0,4	0,2	5	1	0,3	0,2
6	0,3	0,2	6	1	0,35	0,1
Lukassa s on käytetty suodatinkangasta						

Mitoitusajoneuvo määrää katualueen leveyttä ja määrittää yhdessä rakennekerrosten kanssa kadun kokonaiskustannuksia (taulukko 15). Mitä enemmän alueella on liikennettä ja asukkaita, sitä suuremmat ovat myös vaatimukset mitoitukselle. Taulukkoon 15 on kerätty katurakenteen viitteellisiä hintoja katuluokan ja mitoitusajoneuvon suhteen.

TAULUKKO 15. Kadun hinta yhdelle metrille katuluokan ja mitoitusajoneuvon suhteen.

	Mitoitusajoneuvo				
	ha	pa	ka	la	kp
Luokka					
1	90,72	100,80	131,04	131,04	151,20
1s	92,52	102,80	133,64	133,64	154,20
2	82,44	91,60	119,08	119,08	137,40
2s	84,24	93,60	121,68	121,68	140,40
3	73,62	81,80	106,34	106,34	122,70
3s	63,00	70,00	91,00	91,00	105,00
4	50,58	56,20	73,06	73,06	84,30
4s	47,46	52,75	68,58	68,58	79,13
5	43,20	48,00	62,40	62,40	72,00
5s	39,96	44,40	57,72	57,72	66,60
6	40,68	45,20	58,76	58,76	67,80
6s	36,72	40,80	53,04	53,04	61,20

Alueelle määritelty käyttötarkoitus vaikuttaa kaava-alueen liikenneväylien määränä, joka vaikuttaa taas suoraan tarvittaviin putkimetreihin. Putkimateriaalit ja putken koko eli halkaisija ratkaisevat putkimateriaalikustannukset (taulukko 16).

TAULUKKO 16. Putkimateriaalikustannuksia

Vesijohtoputkien hintoja (alv 0%)			Halkaisija mm				
			110 mm	160 mm	200 mm	225 mm	315 mm
	Materiaali	Paineluokka					
	PE	PN 10	14,7	29,9	46,5	59,1	114,2
Hinta	PVC	PN 10	10,7	22,2		43,2	88,4
e/m		PN 10	15,5	31,4	48,9	62,2	120
	ProFuse	PN 16	22,2	43,5	70,8		172,1
Viemäriputkien hintoja (alv 0%)			Halkaisija mm				
			110 mm	160 mm	200 mm	250 mm	315 mm
	Materiaali	Käyttöluokka					
	PE	PN 10	15,5	31,4	48,9	75,7	120
Hinta		SN 8		11,1	18,8	29,9	48,9
e/m	PVC	SN 4		18,4	17,8		
	PP	SN 8		13,48	20,22	31,7	50
	Ultra Classic	SN 8		10,9	18,5	29,4	48,1
	Ultra Double	SN 8			18,9	29	39,1
	Ultra Rib 2	SN 8			23	34,4	54,9
Hulevesiputkien hintoja (alv 0%)			Halkaisija mm				
			110 mm	160 mm	200 mm	250 mm	315 mm
	Materiaali	Käyttöluokka					
Hinta		SN 8	6,6	15,64	23,39	35,81	51,08
e/m	PE	SN 4			20,18	33,43	46,3
	PP	SN 8	2,8	8,25	11,7	18,1	23,8

Edellä mainittujen hintojen perusteella saadaan selville erot esimerkiksi omakotitaloalueen ja kerrostaloalueen kunnallistekniikan rakennuskustannusten osalta. Voidaan päätellä tuleeko kunnalle halvemmaksi rakentaa vähemmän katuja korkeammilla vaatimuksilla kerrostaloalueelle, jossa on enemmän liikennettä ja todennäköisesti suurempi mitoitussajoneuvo vai rakentaa omakotitaloalue, jossa katumetrejä tulee enemmän, mutta kadun rakenteet ja putkikoot ovat pienemmät sekä edullisimman putkimateriaalin käyttö voi olla mahdollista. Taulukossa 17 on esitetty kummankin alueen kustannukset oletetuilla katurakenteilla, putkimateriaaleilla ja -koilla sekä arvioiduilla syntyvien katumetrien eroilla.

TAULUKKO 17. Kerrostalo- ja omakotitaloalueen kunnallistekniikan kustannuserot.

alue	katumetrit	katuluokka	mitoitusajoneuvo	
Omakotitalo	2000	4s	ha	
Kerrostalo	1200	3s	la	
	Vesijohdon	viemärin	huleveden	
	putkimateriaali ja koko	putkimateriaali ja koko	putkimateriaali ja koko	kustannukset
Omakotitalo	PE 160	PVC SN8 250	PP 200	237950
Kerrostalo	PE 225	PVC SN8 315	PP 315	267360

Taulukon 17 mukaan omakotitaloalueen rakentaminen tulisi kunnallistekniikan kannalta halvemmaksi, mikäli katumetrit olisivat alueilla suhteessa 2000 ja 1200. Katumetriensä määrä tosin vaihtelee riippuen alueen laajuuden mukaan sekä asutuksen määrän mukaan. Mitä suurempi ero katumetreissä, sitä kannattavammaksi vaihtoehdoksi kerrostaloalue kyseisistä vaihtoehdoista nousee.

Aino Tuikka on opinnäytetyössään, Kunnallistekniikan suunnittelun liittämin osaksi kaavoitusta, vuonna 2015 käsitellyt lumitilan puuttumisesta aiheutuvia kustannuksia. Työssä käytettiin Oriveden kaupungin tuntihintaa auraukskalustolle (60€, alv 0%) ja 3 – akselisen kuorma-autolle tuntihintaa (52€, alv 0%). Lumen kuljetus on arvioitu kestävän kaksi päivää ja suoritettavan kaksi kertaa. Taulukoista 18 ja 19 selviää Tuikan työssään arvioimat kustannukset auraukselle ja polanteen poistolle sekä kuormaukselle ja kuljetukselle. (Tuikka 2015)

TAULUKKO 18. Lumitilan puuttumisesta aiheutuvia kustannusesimerkkejä, aurauus ja polanteen poisto Oriveden kaupungilla. (Tuikka 2015)

Ajanjakso	Kustannukset	
	1 katu	10 katua
1 vuosi	150 €	1 500 €
10 vuotta	1 500 €	15 000 €

TAULUKKO 19. Lumitilan puuttumisesta aiheutuvia kustannusesimerkkejä, lumen kuormaus ja kuljetus Oriveden kaupungilla. (Tuikka 2015)

Ajanjakso	Kustannukset
1 vuosi	3 360 €
5 vuotta	16 800 €

6 KAAVOITUSRATKAISUIDEN VAIKUTUKSET KUNNALLISTEKNIIKKAAN

Seuraavassa tarkastellaan miten tehdyt kaavaratkaisut vaikuttavat kunnallistekniikan eri osien suunnitteluun ja toteutukseen. Luvussa selviää myös mitkä kunnallistekniikan osat muuttuvat ratkaisuiden myötä ja siten edellä mainituilla metodeilla saadaan selville mitkä kustannus tekijät muuttuvat mitenkäkin ratkaisuiden vaikutuksesta. Esimerkkeinä käytetään Pirkkalan kunnan eri alueiden asemakaavoja sekä kunnan yleiskaavaa (liite 3). (Pirkkalan kunta 2016, Yleiskaava)

Tarkasteltaviksi alueiksi on valittu kaksi erilaista aluetta Pirkkalan kunnan sisältä. Nämä alueet ovat Toivion alue (liite 4), joka on hieman syrjäisempää omakotitalo-aluetta ja sijaitsee lähellä Tampereen rajaa sekä Naistenmatkantien alue (liite 5), joka taas on keskustan lähetyvillä oleva tiheään rakennettu asuinalue. (Pirkkalan kunta 2016, Asemakaavat)

Toivion alueella sijaitsee runsaasti omakotiasutusta ja alueella on paljon lähteitä sekä pohjavettä. Ympärillä sijaitsee myös runsaita viheralueita. Naistenmatkantien alue on aivan Pirkkalan keskustassa ja siihen kuuluu runsaasti kerrostaloja. Alue on muutenkin tiheämpään asutettu kuten keskustat yleensä.

Kun tarkastellaan kaavoitusratkaisuiden vaikutusta kunnallistekniikkaan, on otettava huomioon monia seikkoja. Monet näistä selviävät vain tekemällä erilaisia kokeita ja tutkimuksia esimerkiksi maaperälle. Asioita jotka huomioidaan, ovat esimerkiksi kaavan sijoitus, käyttötarkoitus ja muoto, katujen sijainnin suunnittelu sekä mahdolliset viheralueet. Iso merkitys on myös esimerkiksi maaperän laadulla sekä vanhojen vesi- ja viemäriinjojen sijainnilla.

Jos alueella on pilaantunutta tai muuten hapanta tai emäksistä maaperää, aiheuttaa se putkimateriaaleille omat erityisvaatimuksensa. Vanhojen linjojen sijainti vaikuttaa suuressi uuden verkon rakentamiseen, sillä uudet linjat joudutaan liittämään toimivaan, jo olemassa olevaan verkkoon. Tällöin liittymisen vaatimat matkat eivät saisi olla liian pitkiä.

6.1. Toivion alue

Toivion kaava-alue sijoittuu alueelle, jossa on suhteellisen suuret korkeusaseman vaihtelut sekä yleisesti kosteat pohjaolosuhteet. Nämä vaikuttavat omalta osaltaan kadun rakenteiden suunnitteluun ja toteutukseen, kuten esimerkiksi kerrosten paksuuksiin, mahdollisiin pohjanvahvistustöihin sekä lisäävät louhinnan tarvetta katua varten. Korkeuden vaihtelut voivat myös lisätä tarvetta vesihuoltoverkon pumppaamoille. Toivion alue sijaitsee myös lähellä Tampereen rajaa, jolloin alueen kuivatusta sekä vesihuoltoa suunniteltaessa voi olla tarpeen huomioida Tampereen vastaavat ratkaisut.

Koska alueella sijaitsee pääsääntöisesti omakotiasutusta, on katujen käyttäjiä vähemmän ja täten liikennemäärät pienemmät. Tästä johtuen kadun rakenteiden kantavuus sekä geometriset ja muut vaatimukset eivät ole yhtä kovat kuin runsasliikenteisillä alueilla. Toisaalta asutus leviää laajalle alueelle ja tällöin tarvittavien katujen määrä kasvaa. Koska katujen luokitus on alhainen, voidaan kadut suunnitella kapeammiksi eli pienemmälle mitoitus ajoneuvolle.

Kun kaava-alueelle sijoitetaan omakotiasutusta, on asukasmäärät pienemmät ja tällöin myös syntyvän jäteveden sekä käyttöveden menekin määrät ovat pienemmät. Tämä tarkoittaa siis käytännössä mahdollisuutta pienempien putkikokojen käyttämiseen. Omakotiasutuksen johdosta alueella on vähän päällystettyä pintaa, mikä helpottaa hulevesien imeyttämistä jo tonteilla maaperään. Tällöin johtamista tarvitsevien hulevesien määrä pienenee. Hulevesijärjestelmässä on otettava toisaalta huomioon tonteille mahdollisesti jäävät lähdekaivot tai muut pohjamaan vesiä ohjaavat ratkaisut.

Toivion kaava-alueella katujen sijoittelu helpottaa monelta osin talvi- sekä muuta kunnossapitoa. Useimmiten on mahdollisuus esimerkiksi aurattujen lumien sijoittaminen viheralueelle, jolloin säästytään lumien pois kuljetukselta. Kadut ovat myös sijoitettu siten, että niin sanottuja umpiperiä on vähän, jolloin saneerausvaiheessa työnaikaisen kulkemisen järjestäminen on paljon helpompaa.

Vaikka alueen kadut on mahdollista suunnitella kapeammiksi, tulee niitä silti määrällisesti paljon. Tämän vuoksi myös vesihuoltoverkon sekä hulevesijärjestelmien pituus on

runtas: joten vaikka putken kokoluokassa pystyttäisiin säästämään, saattaa kustannukset silti nousta suuriksi putken metrimäärän vuoksi. Vaikka kadut ovat yleisesti ottaen kierrossa, on alueella muutamia paikkoja, joissa katualueen päättymisen takia vesijohtoverkko todennäköisesti joutuu umpiperään. Tästä saattaa seurata veden paineen sekä laadun heikkenemistä ja siksi tällaisia tilanteita tulisi välttää.

Alueelle kaavoitetut viheralueet helpottavat huomattavasti hulevesien johtamista ja imeytystä. Ne mahdollistavat lumien aurauksen kadulta viheralueelle ja hoitavat muutenkin hulevesien imeyttämistä. Viheralueille voidaan myös purkaa muita syntyviä hulevesiä.

6.2. Naistenmatkan alue

Naistenmatkan kaava-alueella sijaitsee vesistön läheisyydessä, suhteellisen laakealla alueella, jossa on pieniä korkeuseroja. Tällöin kunnallistekniikan suunnittelussa tulee huomioida huolella läheiset vesialueet ja niiden suojeleminen. Koska alue on Pirkkalan kunnan keskusta-alue, on siellä runsaasti asukkaita, palveluita sekä liikennettä. Edellä mainitut asiat vaikuttavat katujen luokitukseen ja täten myös katujen suunnitteluun, kuten kantavuuteen, leveyteen ja rakennekerroksiin. Alueen muutenkin keskeinen sijainti kunnassa tuottaa vaatimuksia vesihuoltoverkolle sekä hulevesiverkolle, sillä alueella sijaitsee ratkaisevia solmukohtia kyseisissä verkoissa, jotka vaikuttavat muihin alueisiin.

Alueella sijaitsee asutusta, etenkin kerrostaloja ja liiketiloja. Tämä tarkoittaa, että alueella on runsaasti asukkaita, enemmän liikennettä ja useampia liikennemuotoja. Mainitut asiat vaikuttavat katujen suunnittelussa siten, että vaaditut kantavuudet ja kerrokset ovat suuremmat. Myös katujen leveyksien tulee olla suuremmat. Vaikka alueella on runsaasti asukkaita, on asutus keskittynyt pienemmälle alueelle kuin esimerkiksi omakotitaloalueilla. Tämän vuoksi katuja tulee vähemmän, mutta isompina ja leveämpinä, eikä tarvita niin paljon erillisiä tonttikatuja tonteille kulkemiseen. Alueen keskeinen sijainti kunnassa ja asutusmuoto vaikuttavat myös siihen, että katujen geometriat suunnitellaan ja toteutetaan mahdollisimman tasaisiksi.

Kerrostalojen ja liiketilojen sijainti kaava-alueella vaikuttaa käyttöveteen siten, että paine-erot ovat suuremmat koska käyttövesi pitää saada pumpattua korkeammalle. Käyttäjien sijainti erillään isoissa ryppäissä vaikuttaa siihen, että putkikoot tulevat suuremmiksi, jotta tarvittavat määrät vettä saadaan johdettua käyttäjille. Hulevesien kohdalla johdettavien vesien määrä kasvaa, koska alueella on runsaasti päällystettyä pintaa, eivätkä hulevedet imeydy maaperään yhtä tehokkaasti alueella. Koska rakennusten määrä saattaa olla vähäisempi kuin omakotitalo-alueilla, on rakennusten aiheuttamat hulevesimäärät alueella mahdollisesti vähäisemmät. Myös leveät kadut, joissa on järeämmät rakennekerrokset, vaativat hyvän kuivatuksen ja johtavat hulevesiä enemmän järjestelmään kuin esimerkiksi Toivion alueen kapeammat kadut.

Koska alueella on katuja harvemmassa kuin esimerkiksi omakotialueella, on niiden yleinen kunnossapito helpompaa. Kadut ovat myös hyvin kierrossa, jolloin mahdolliset kunnostustyöt eivät katkaise kulkua tieltä kokonaan eikä katurakenteen alla kulkevaan vesijohtoverkkoon muodostu umpiperiä, joissa veden laatu ja paine pääsisi heikkeneeseen. Tällaisella alueella, jossa kadut ovat suunniteltu harvempaan, ei tule yhtä paljon katumetrejä kuin paljon tonttikatuja sisältävällä alueella. Tästä syystä putkimetrejä tulee vähemmän, mutta alueella putken materiaalivaatimukset ja halkaisija saattavat olla suuremmat johtuen asukkaiden määrästä ja kadun luokituksesta.

Kaava-alueella sijaitsee viheralueita, joiden hyödyntäminen lumensijoituspaikkana tai vastaavasti hulevesien purussa on todella vaikeaa. Alueilla kuitenkin imeytyy sadevesiä, jolloin ne itsessään vähentävät hieman syntyvien hulevesien määrää.

7 POHDINTA

Työn tarkoitus oli saada selville riippuvuuksia kaavoituksen, kunnallistekniikan ja sen eri osien välillä. Eritasoisia kaavoja tutkiessa huomasi selvästi, kuinka maakunta- sekä yleiskaavan vaikutukset kunnallistekniikkaan eivät ole kovinkaan suuret. Nämä kaavatasot ovat muutenkin yleispiirteisiä ja ohjeita antavia, mutta ne määrittävät kuitenkin suurelta osalta alueen sijainnin kunnassa. Näin määräytyvät alueen pohjaolosuhteet ja mahdolliset naapurikuntien tai suojeltavien alueiden, kuten pohjavesialueiden vaikutukset. Edellä mainitut saattavat vaikuttavat osaltaan rakennekerroksiin sekä hulevesi- ja vesihuoltoverkon suunnitteluun ja toteutukseen.

Esimerkiksi omakotitaloalueen sijoittaminen kostealle alueella, jossa saattaa sijaita pohjavettä, on parempi ratkaisu kuin kerrostaloalueen sijoittaminen, koska katujen rakenteet yleisesti ottaen ovat heikommat ja syntyvien jätevesien määrä on pienempi. Syrjäisemmille seuduille on myös hyvä sijoittaa kyseistä asutusmuotoa tai muu vastaava harvempi maan käyttömuoto. Kerrostaloasumisen sijoittamista keskustan läheisyyteen kannattaa suosia sen aiheuttaman kunnallistekniikan selkeyden vuoksi.

Asemakaavalla on suurin merkitys kunnallistekniikan suunnittelussa, sillä se määrittää alueen tarkemman käyttötarkoituksen, kuten asumismuodon ja viheralueet. Siinä määritellään myös katujen sijainti ja määrä, mikä vaikuttaa suuresti myös vesihuolto- sekä hulevesiverkkoon.

Kunnan hyvän palvelutason ja kunnallistekniikan laadun säilyttämisen vuoksi tiheämpi kaavoitus, joka sijoittuu pienemmälle alueelle ja sisältää määrällisesti vähemmän kunnallistekniikkaa, oli parempi. Varsinkin keskustan lähetyvillä kannattaa pyrkiä asu- mismuodoltaan kerrostaloasumiseen, jolloin pienemmälle alueelle saadaan enemmän käyttäjiä. Tällöin katurakenteiden vaatimukset toki kasvavat ja niiden rakentamiskustannukset saattavat nousta, mutta kunnossapidon, hyvän vesihuolto- ja hulevesiverkon ylläpito helpottuu.

Alueen suunnittelussa tulee ottaa huomioon katujen sijoittelu siten, että välttyttäisiin mahdollisista umpiperiltä, jolloin veden laatu ja kulkuyhteydet erikoistilanteissa pystytään paremmin takaamaan kaikille käyttäjille. Tiheä kaavoitus yleensä tarkoittaa sitä,

että täytyy kiinnittää enemmän huomiota hulevesiverkkoon, sillä imeytyspintaa ei ole yhtä paljon eikä avokuivatusjärjestelmien käyttäminen todennäköisesti onnistu tehokkaasti.

Tulevaisuuden suunnittelussa tulee siis huomioida millaiseen suuntaan kuntaa halutaan kehittää. Voidaan rakentaa laajoja omakotitaloalueita, mikä johtaa runsaaseen katujen sekä muun kunnallistekniikan määrään, mutta vaatimukset kunnallistekniikan suunnittelussa ovat pienemmät ja kunnossapito täten helpompaa ja hieman halvempaa puhuttaessa korjaustoimista. Vaihtoehtoisesti voidaan pidättäytyä suppeammassa alueessa, johon sijoitetaan kerrostaloasumista. Tällöin kunnallistekniikka on dynamisempaa ja asutus pysyy lähempänä palveluita. Kunnallistekniikan osat tulevat suuremmiksi ja niiden suunnittelulle on kovemmat vaatimukset, vaikkakin määrällisesti kunnallistekniikkaa ei tule yhtä paljon kuin omakotitaloalueella. Korjaaminen saattaa tulla kalliimmaksi joutuessa järeämmistä ja isommista rakenteista sekä kokoluokista.

Kannattaisi välttää myös umpiperien muodostumista, koska kunnallistekniikan tavoite on luoda toimiva ja tasavertainen palvelutaso kaikille sen käyttäjille. Umpiperäratkaisut eivät palvele kaikissa mahdollisissa tilanteissa kaikkia samalla tavalla. Esimerkiksi kadulla umpiperä aiheuttaa ongelmia korjaus sekä mahdollisesti talvikunnossapidon tilanteissa. Vesijohtoverkon vedenpaine ja laatu saattavat heikentää umpiperään mentäessä, sillä vesi voi seistä perällä kauankin. Joten jos jotain korjaisiin, poistaisin kaikki umpiperät mahdollisuuksien mukaan kunnallistekniikasta ja välttäisin jatkossa niiden muodostumista kokonaan.

Itse työtä tehdessäni havaitsin erityisesti sen, että kaavoitus vaikuttaa yllättävänkin paljon kunnallistekniikan suunnitteluun sekä toteutukseen. Itse en odottanut, että jokainen kaavataso vaikuttaisi niin paljon kuin ne lopulta vaikuttivat, sillä onhan kunnallistekniikan rakentaminen kuitenkin suunniteltava aina tapauskohtaisesti paikasta riippuen, esimerkiksi millaista asutusta asemakaavassa sijoitetaan alueelle, joka yleiskaavassa on määriteltävä asuinalueeksi. Asumismuodot taas vaikuttavat veden käyttöön, jäte- ja hulevesien syntymiseen sekä katujen määrään, leveyteen ja kantavuuteen. Kyllähän toki oli tiedossa, että mitä kaavat määrittävät, mutta työn kautta kokonaiskuva hahmottui paljon paremmin.

LÄHTEET

Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Luettu 22.2.2016.

[http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search\[type\]=pika&search\[pika\]=maank%C3%A4ytt%C3%B6-%20ja%20rakennuslaki](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search[type]=pika&search[pika]=maank%C3%A4ytt%C3%B6-%20ja%20rakennuslaki)

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527. Luettu 22.2.2016.

[http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527?search\[type\]=pika&search\[pika\]=ymp%C3%A4rist%C3%B6nsuojelulaki](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527?search[type]=pika&search[pika]=ymp%C3%A4rist%C3%B6nsuojelulaki)

Vesihuoltolaki 9.2.2001/119. Luettu 22.2.2016.

[http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119?search\[type\]=pika&search\[pika\]=vesihuoltolaki](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119?search[type]=pika&search[pika]=vesihuoltolaki)

Vesilaki 27.5.2011/587. Luettu 22.2.2016.

[http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587?search\[type\]=pika&search\[pika\]=vesilaki](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587?search[type]=pika&search[pika]=vesilaki)

Pirkkala 2016a. Kuntainfo. Pirkkala pähkinänkuoressa. Luettu 18.3.2016.

<http://www.pirkkala.fi/kuntainfo>.

Pirkkala 2016b. Palvelut. Asuminen ja rakentaminen. Kaavoitus. Yleiskaava. Luettu

7.4.2016. <https://pirkkala-fi.aldone.fi/site/assets/files/10005/yk1.pdf>.

Pirkkala 2016c. Palvelut. Asuminen ja rakentaminen. Kaavoitus. Asemakaava. Toivio.

Luettu 7.4.2016. <https://pirkkala-fi-bin.aldone.fi/@Bin/bb1416de946097de04dc977b7ad599e0/1461752709/application/pdf/154638/018%20Toivio.pdf>

Pirkkala 2016d. Palvelut. Asuminen ja rakentaminen. Kaavoitus. Asemakaava. Nais-

tenmatka. Luettu 7.4.2016. <https://pirkkala-fi-bin.aldone.fi/@Bin/20198e5a36829287db3906fb3fc4bee1/1461752760/application/pdf/154595/007%20Naistenmatka.pdf>

Ramboll Finland Oy 2012. Tuhkarakentamisen käsikirja: Energiantuotannon tuhkakäytön, väylä-, kenttä- ja maarakenteissa. Luopioinen: Ramboll Finland Oy.

Siukkola M. 2005. Jätevesiviemäristön tulvimiseen liittyvät vastuut sekä vahinkojen esto ja mitoitus. Diplomityö. Luettu 1.4.2016.

http://www.vvy.fi/files/2573/Diplomityo_Siukkola.pdf

Suomen Kuntaliitto. 2012. Hulevesiopas. Helsinki.

Suomen kuntatekniikan yhdistys. 2003. Katu 2002 Kadunrakennuksen tekniset ohjeet. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2010a. RIL 237-1-2010 Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2010b. RIL 237-2-2010 Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mitoitus ja suunnittelu. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2014b. RIL 262-2014 Taitava kuntarakennuttaja. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Tuikka A. 2015. Opinnäytetyö. Kunnallistekniikan suunnittelun liittäminen osaksi kaavoitusta

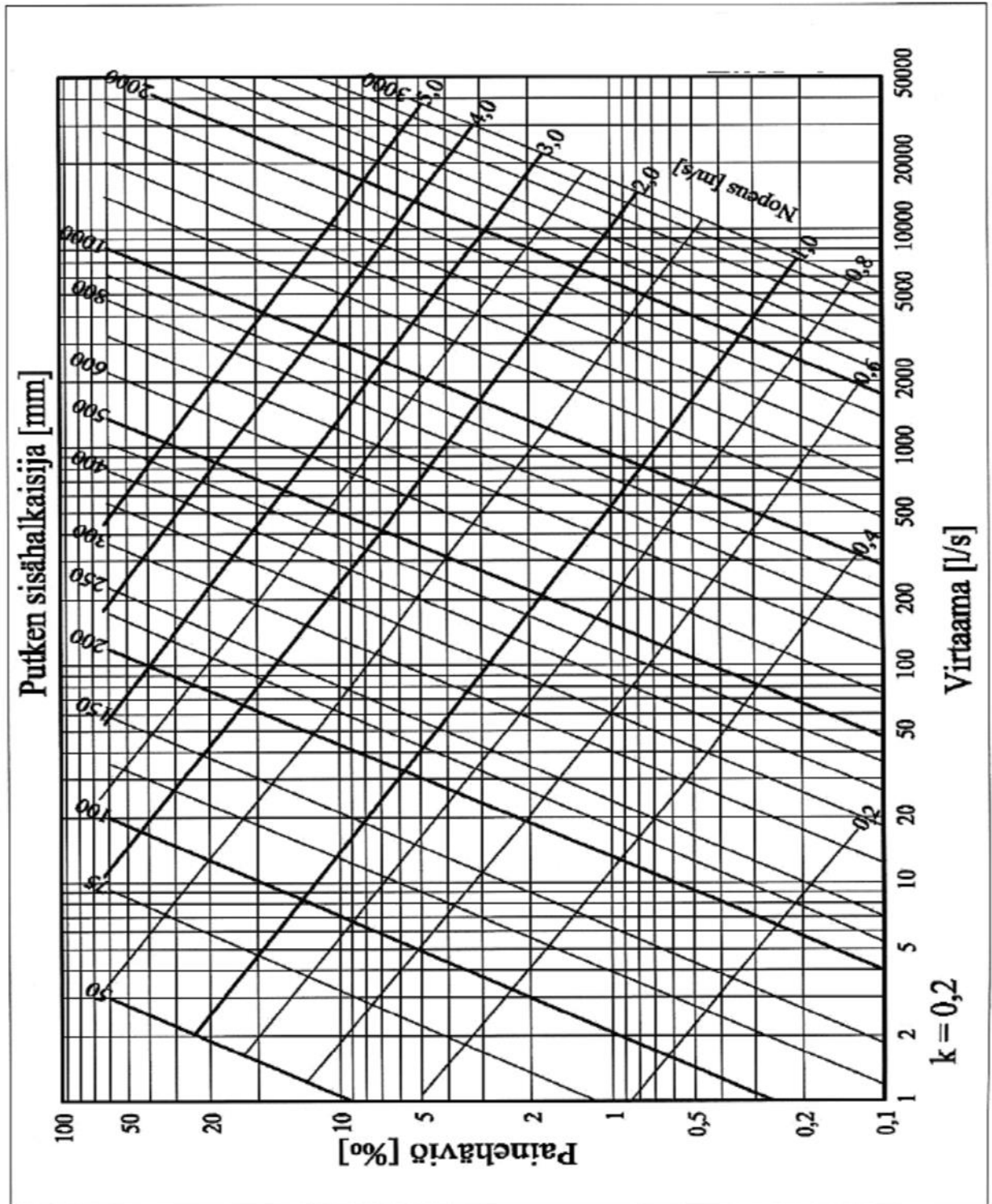
Ympäristö. Elinympäristö ja kaavoitus. Maakuntakaavoitus. Luettu 27.4.2016.

<http://www.ymparisto.fi/fi->

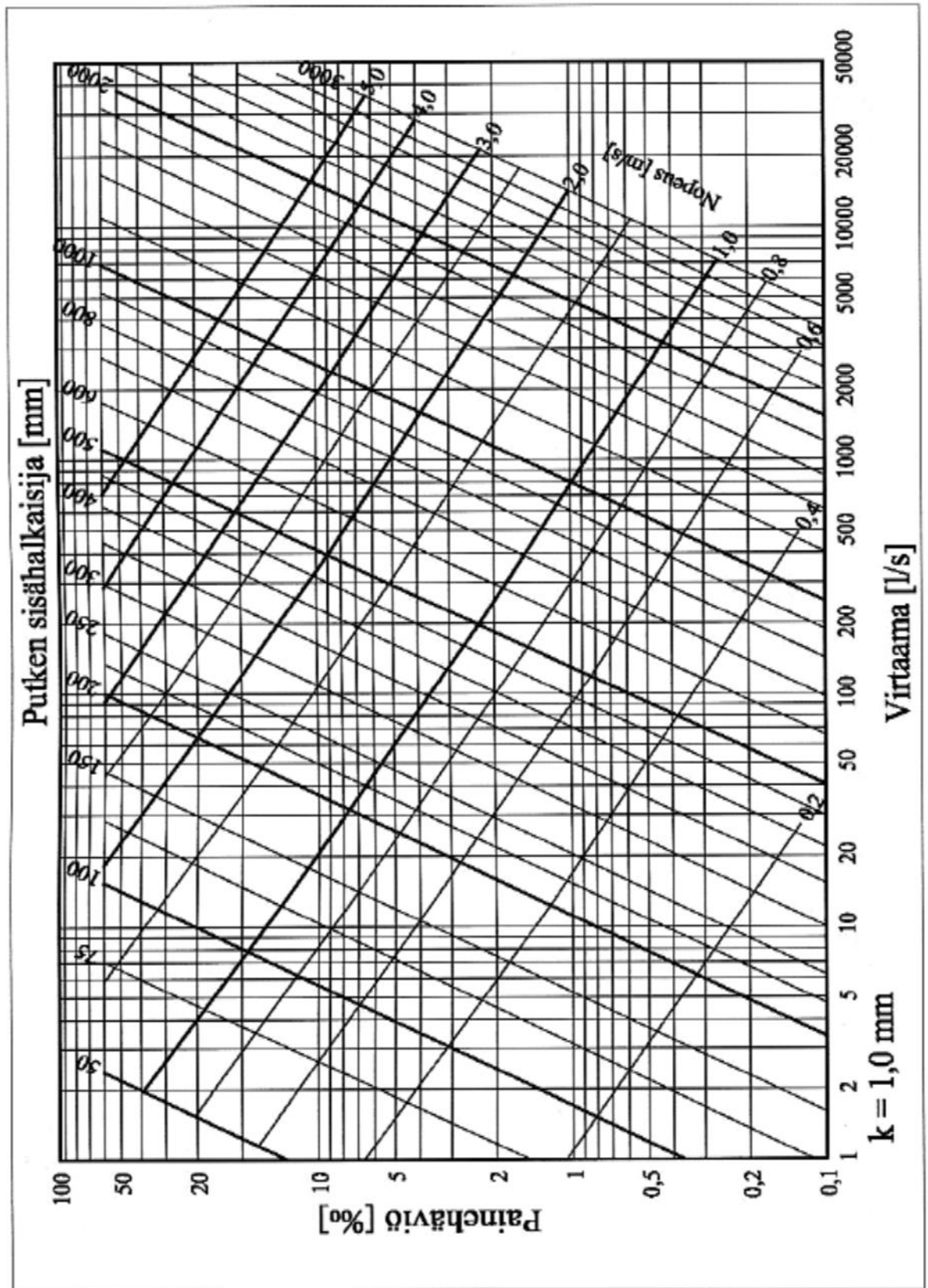
[FI/Elinymparisto_ja_kaavoitus/Maankayton_suunnittelujarjestelma/Maakuntakaavoitus](http://www.ymparisto.fi/fi-)

LIITTEET

Liite 1. Colebrookin nomogrammi, karkeuskerroin $k=0,2$ mm. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b)



Liite 2. Colebrookin nomogrammi, karkeuskerroin $k=1,0$ mm. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2010b)



Liite 5. Osa naistenmatkan yleiskaavasta (Pirkkala d 2016)

