



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Vasili Pulkka

Asukasystävällinen linjasaneeraus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkövoimatekniikka

Insinöörityö

4.5.2019

Tekijä Otsikko	Vasili Pulkka Asukasystävällinen linjasaneeraus
Sivumäärä Aika	50 sivua 4.5.2019
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkötekniikka
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Arja Ristola
<p>Insinöörityössä selvitettiin linjasaneerausten vaihtoehtoja asukkaan näkökulmasta. Käsiteltävinä olivat viemäri-, käyttövesi-, lämmitys- ja sähkötyöt. Lisäksi huomioitiin maanrakennus- ja asbestityöt.</p> <p>Työssä käytiin ensin läpi yleisiä ja mahdollisia ongelmia linjasaneerausten yhteydessä. Esimerkkeinä käytettiin suuria saneerausprojekteja. Haastateltavina oli hankkeiden useiden urakoitsijatahojen vastuuhenkilöitä. Tavoitteena oli saada käytännönläheistä tietoa hankkeista.</p> <p>Seuraavaksi edettiin ratkaisuvaihtoehtojen esittelyyn. Vaihtoehtoista päädyttiin asiakasystävällisiin ja kustannuksiltaan edullisimpiin vaihtoehtoihin.</p> <p>Johtopäätöksenä oli, että linjasaneerausten yhteydessä ei ole välttämätöntä uusia kaikkea. Viemäriverkoston uusimisen vaihtoehtona on sukitus. Sähköjärjestelmästä voi uusia vain osan. Optimoimalla saadaan remonttiaikaa lyhyemmäksi ja kustannuksia merkittävästi alhaisemmiksi.</p>	
	linjasaneeraus, sukitus, optimaalinen sähköurakka.

Author Title	Vasili Pulkka Resident friendly pipe renovation
Number of Pages Date	50 pages 4 May 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and automation engineering
Professional Major	Electrical power engineering
Instructors	Arja Ristola, Senior Lecturer
<p>The thesis explores the alternatives of line renovation from the point of view of the resident. Sewer, hot water, heating and electrical works are discussed. Construction and asbestos works are also taken into account.</p> <p>First and foremost, the thesis work dealt with general and potential problems with line repairs. Large renovation projects were used as examples. The interviewees were responsible contractors in several projects. The aim of the interviews was to get practical information about the projects.</p> <p>After the interviews, the next step was to present customer-friendly and cost-effective solution options.</p> <p>The conclusion is that that in line renovation, it is not needed to renew everything. Suction is an alternative to renewing a sewer network. Only a part of the electrical system can be renewed. By renovation process optimisation, the repair time can be shorter and costs significantly lower</p>	
Keywords	renovation projects, optimal electricrenovation.

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Linjasaneerauksen vaiheet	3
2.1	Viemäriverkosto	3
2.2	Sukituksen yleiskuvaus	8
2.3	Käyttövesiputkien verkosto	10
2.4	Lämmitys ja kaukolämpö	11
2.5	Sähköistys	13
2.6	Kerrostalojen yleiset tilat	17
2.7	Maakaapelointi ja maarakennustyöt	19
2.8	Asbestityöt	20
3	Linjasaneerauksen mahdolliset ongelmat laajoissa projekteissa	22
3.1	Suomen suurin linjasaneeraushanke	22
3.2	Kustannukset	23
3.3	Pääurakoitsija	23
3.4	Aliurakoitsijat	23
3.5	Työmaan urakoitsijat	24
3.6	LVI-työt	24
3.7	Sähkötyöt	25
4	Mittavien rakennusprojektioiden ratkaisuvaihtoehdot	26
5	Optimaalinen linjasaneeraus	28
5.1	Sukitus ratkaisuna	28
5.2	Putkiston suojateknologia	29
5.3	Käyttövesiverkosto	29
5.4	Hyvä asennustapa sähkötyöissä	30
5.5	Sähkötyötyöjärjestelmät.	33
5.6	Turvallinen ja kustannustehokas sähköurakka	34
5.7	Hintavertailu	44
5.8	Väärin jaetut kustannukset	45
6	Yhteenveto	47
	Lähteet	49

Lyhenteet

Gg Tulppasulake.

PEN PEN-johdin toimii samanaikaisesti suojamaadoitus- että nollajohtimena.

PEX Ristisilloitettu polyeteeni.

ML Muovieristetty kuparijohdin putkiasennuksiin.

MMJ Muovivaippainen ja muovieristetty kuparijohdin sisä- ja putkiasennuksiin.

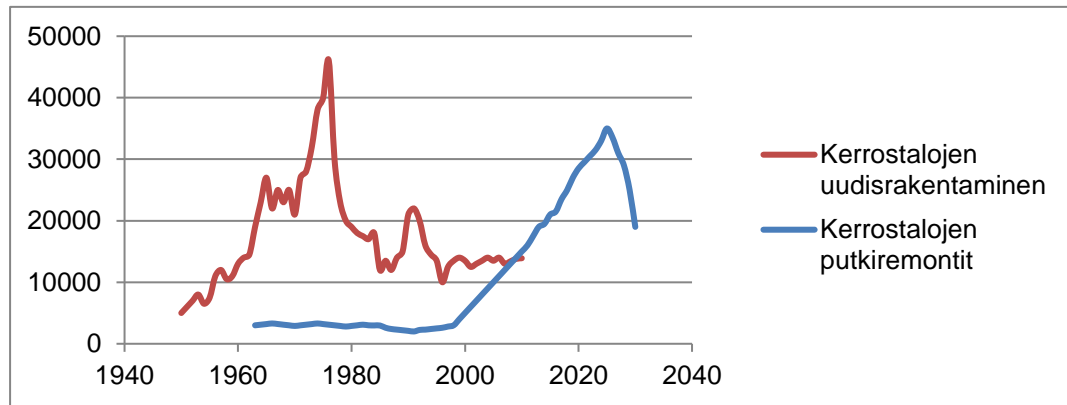
1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on laatia opas linjasaneerauksesta asiaa tuntemattomalle henkilölle ja taloyhtiölle. Työssä vertaillaan keskenään erilaisia työmaita. Selvitys perustuu todellisiin käytäntöihin työmailla ja tässä esityksessä perustellaan faktoja ja tekijöitä, joita tietosuojalain mukaisesti saa julkistaa. Selvityksessä pyritään kertomaan kustannustehokkaista ja jopa tarpeettomista vaihtoehdoista tehdä linjasaneeraus.

Linjasaneeraus tulee tehtäväksi jokaiseen taloyhtiöön ennemmin tai myöhemmin. Se on kallis ja aiheuttaa asukkaille hankaluuksia.

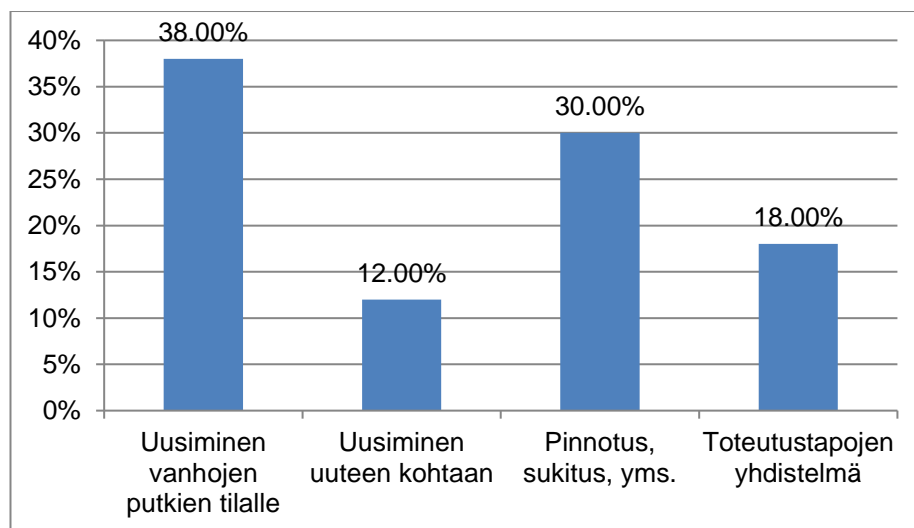
Insinööriyössä annetaan vaihtoehtoja perinteiselle linjasaneeraukselle. Raportissa kuvataan tehtävän eri vaiheet. Työssä painotetaan saneerauksen kalleimpia kohteita, joita ovat viemäriputket, LVI- ja sähkötyöt. Päätötyössä esitellään linjasaneeraustapa, jonka avulla kustannukset ja saneerausaika voidaan minimoida.

Linjasaneerauksessa ei ole mahdollista esittää tarkkoja ennakoarvioita kustannuksista, koska jokainen kohde on yksilöllinen. Tästä johtuen työssä esitettävät hinnat ovat vain suuntaa-antavia. Tällä selvityksellä pyritään osoittamaan, että linjasaneeraus voi onnistua hyvin, olla edullinen ja kestää vain lyhyen ajan. Vuonna 2025 on odotettavissa suuri määrä vastaavia saneeraus urakoita. Tämä johtuu siitä, että vuonna 1975 rakennettiin 46000 kerrostaloasuntoa, ja linjasaneeraus tehdään asuntoon usein 50 vuotta valmistumisen jälkeen. Tällä hetkellä on teoreettisesti noin kuusi vuotta aikaa löytää keinot minimoida kustannukset sekä kehittää uusia innovatiivisia saneerausvaihtoehtoja. Kaaviossa 1 on esitetty valmistuneiden kerrostaloasuntojen lukumäärät vuosittain ja toisaalta tehtyjen ja tulevien linjasaneerausten määrät vuosittain.



Kaavio 1. Punaisella viivalla on merkitty vuodesta 1940 lähtien rakennetut talot. Sinisellä viivalla osoitetaan niiden tulevat linjasaneeraukset. (Virta 2018.)

Päättötyön tärkein tavoite on osoittaa, että tiettyjä valintoja tekemällä on mahdollista päästä edulliseen linjasaneeraukseen. Kaaviosta 2 huomataan, että suosituin tapa saneerata putket on perinteinen, mutta innovatiiviset keinot tulevat perässä ja kasvattavat suosiotaan. Kolmas vaihtoehto on yhdistetty tapa.



Kaavio 2. Siniset pylväät näyttävät linjasaneeraustavat prosenteissa (Virta. 2018.).

Taloyhtiön osakkeenomistajalla on edessään vaikea tehtävä, kun hän saa ilmoituksen asuntonsa tulevasta putkiremontista. Joillekin tämä ei tuota vaikeuksia, mutta suuri osa osakkeenomistajista kokee tulevan tapahtuman erittäin vakavana ja ikävänä. Esimerkiksi insinööriyöhön tehdyssä haastattelussa kohteessa "A" asukas kertoi, että hän asui viidessä eri paikassa haitta-ajalla.

2 Linjasaneerauksen vaiheet

2.1 Viemäriverkosto

Linjasaneerauksella tarkoitetaan ennen kaikkea viemäriputkiston uusimmista. Linjasaneerauksen perinteisellä menetelmällä uusitaan valurautaputket nykyaikaisiin viemäriputkiin. Valuraudan elinikä on pisimmillään 50–60 vuotta. Elinkaarensa lopussa valurautaputket alkavat vuotaa, ja siten ne eivät enää pidä nesteitä ja hajuja. Vanhat valurautaputket valettiin rakenteisiin taloa rakennettaessa. Jokaisessa kylpyhuoneessa on lattiakaivo ja hajotus pienempään lattiakaivoon, kuten kuvassa 1 on nähtävissä.



Kuva 1. Muoviset viemäriputket asennettuina kiinteästi lattiaan, hajotukset on yhdistetty pystyviemäriin. Seinän läpi menevä viemäri on viety seinän läpi keittiön pesualtaalle.

Toisin sanoen vanhalla tekniikalla rakennetut putket ja rakenteet puretaan kokonaan tai osittain ja tilalle asennetaan uudet ratkaisut. Asuntojen viemärointi Suomessa tehdään tällä menetelmällä. Nousukuilussa kylpyhuoneen tai keittiön seinissä nousee pystyviemäri, joka haaroittuu jokaiseen kerrokseen. Pystyviemäriä hajotetaan WC-istuimelle, lattiakaivolle ja pesualtaalle. Tämä menetelmä on käytössä nykyään.

Keittiön viemäri liitetään samaan hajotukseen, joka on kylpyhuoneessa. Keittiössä on yleensä vain yksi jätevesipiste. Valurautaputket kulkevat suoraan rakenteiden sisällä, eikä niitä tarvitse purkaa.

Viemäroinnin asennustapa vaihtelee, tarkkaa rakennustapaa ei käytännössä ole, märkätilat ovat yksilölliset, jokainen vaatii omansa. On olemassa kaksi asennustapaa. Kylpyhuoneen lattiassa leikataan viemäriputkille sopivat urat. Putket upotetaan betoniin niin että niissä on kaatoa ja valun aikana ne ovat sopivasti syvällä.



Kuva 2. Ylimmäisen märkätilan viemärit on hajotettu alimmaisen kylpyhuoneen kattoon. Asennus vaatii läpimenoreikien tekoa.

Kuvassa 2 näkyy tämä tilanne, jossa toisen kerroksen asunnon viemärit ovat ensimmäisen kerroksen kylpyhuoneen alakatossa. Hajotus jatkuu vielä keittiöön.

Suomessa 50–80-luvuilla oli yleistä, että kylpyhuoneen seinän takana on keittiö, tai keittiö on lähellä kylpyhuonetta. Tämä johtuu juuri viemäroinnistä. Rakentamisessa yritettiin säästää ja tämä on tyypillinen esimerkki, kun säästettiin valurautaputkia ja niihin liittyvää työaikaa. (Nissinen 2018.)

Kiinteistössä on aina pohjaviemäri. Pohjaviemäri on vaakaputki, joka on asennettu talon pohjaan. Kuvassa 3 näkyy käytävä, jonka alla on pohjaviemäriputki. Linjasaneerauksessa vanhaviemäri sijaitsee syvällä 1,5 metrissä, joka hankaloittaa saneerausta. Vanhan viemäriin purkamisessa on monta vaihetta. Aluksi lattia leikataan timanttisirkkelillä, sitten poistetaan pohjabetoni. Seuraavaksi viedään maata jätelavalle. Tämän jälkeen alkaa varsinainen asennus.



Kuva 3. Pohjaviemäriin on kytketty pystyviemärihaara.

Pohjalle asennetaan pohjaviemäri. Jos viemäri on pitkä, alku- ja loppupään välissä saattaa olla neljä tai viisi pystyhaaroituskohtaa. Halkaisijaltaan erimittaisia pohjaviemäriputkia joudutaan usein liittämään toisiinsa mitoiltaan pienemmästä (110 mm) isompaan (200 mm). Kuvassa 3 näkyvä toimenpide säästää materiaalia ja kuuluu hyvään asennustapaan. Pohjaviemäriputken loppupää kytketään kaupungin viemäriverkostoon. Pohjaviemäriä ei välttämättä tarvitse aina uusia, on mahdollista sukittaa pohjaviemäriputki ja vaihtaa vain pystyviemäri.

Sukitustekniikka on hyvä ja helposti toteutettava. Sukituksessa vanhaan putkeen sisään puhalletaan uusi epoksilla kyllästetty märkä sukka, joka tarttuu valurautaan ja kuivuu vuorokaudessa. Sukitus on asukasystävällinen, sitä käyttäen vesi on poissa vain kaksi viikkoa, kun taas perinteisessä putkien vaihdossa viemäreitä ei saa käyttää useaan kuukauteen.



Kuva 4. Sukitetun ja uusitun putken liitoskohta pohjaviemäriputkessa.

Kun kyseessä on iso taloyhtiö, talojen väliset pohjaviemärit yhdistetään toisiinsa, että kaupungin viemäriin ei mene kymmenen eri viemäriputkea. Kun linjasaneeraukseen kuuluu useita taloja, joiden viemäriputket on liitetty toisiinsa, on tavallista, että talojen väliset pohjaviemärit sukutetaan. Sukitusta on käytetty Keski-Euroopassa jo pitkään ja se on osoittautunut toimivaksi menetelmäksi. (Sukitus 2019.)

Talon väliset kaivannot ovat kalliita operaatioita. Kuvassa 4 on esimerkki, kun sukitettu ja uusittu pohjaviemäriputki yhdistetään. Kuvasta 4 näkyy, että yhdistävää pohjaviemäriputkea ei ole vaihdettu, mutta talon varsinainen pohjaviemäriputki on uusittu.

Valurautaputket puretaan talon alta ja tilalle asennetaan muoviputket. Muovi on nykyaikainen materiaali. Se on korvannut valurautaa jo 30 vuotta sitten, ja muovista tehdään yhä enemmän talotekniikan komponentteja.

Viime aikoina on tullut ilmi, että jopa vuonna 1984 asennettuja muoviputkia vaihdetaan. Näin on tultu tilanteeseen, jossa muoviviemäri- ja käyttövesiputkien riskien ammattimaiselle arvioinnille on korkea aika. Alan ammattilaiset kuulevat usein moitteita. Huoltomiehet ja putkiasentajat ovat asiasta eniten perillä.



Kuva 5. Kuva otettiin silloin, kun rakennusmiehet ovat piikanneet noin yhden päivän vanhoja valurautoja pois betonista.

Rakenteita avattaessa on vanha muoviputki useimmiten kärsinyt ulkopuolisesta haitasta. Putki saattaa kovettua lasimaiseksi, siitä tulee hyvin arka. Tämä ei ole yksittäistapaus. LVI- ja sukitusurakoitsijoiden mukaan vesi- ja viemäriverkosto kestää puoli vuosisataa.

Linjasaneerauksia joudutaan nykyisin tekemään jo 1980-luvulla rakennetuissa taloissa. Muoviputkia joudutaan vaihtamaan jo 40 vuoden käytön jälkeen, ja kysymys ei ole vain materiaalista. Työtavat, asennustyö ja motivaatio olivat niin erilaisia 40 vuotta sitten. Vanhan tavan rakentajat tuntevat muoviputkien ongelmat. Usein vanha muovinen putkitus on niin hauras, että kun sitä kaivetaan esiin, se saattaa pirstaloitua tai rikkoutua vähäisestäkin iskusta. (Holopainen 2018.)

Muoviputkien käytössä on positiivisiakin puolia esimerkiksi hinta. Toinen esimerkki muoviputkien paremmuudesta on pieni kitka verrattuna valurautaan. Rasvakerros saattaa muodostua muoviputken sisäpinnalle, mutta korroosio sitä vastoin ei. Valurautaputken sisäpinta useimmiten puhdistetaan, mutta noin 20% koko putken sisätilasta vie korroosio. Vanha valurautaputki (kuva 5) on silti materiaalina luja. Siinä saattaa olla halkeamia, mutta se ei pilkkoudu pieniksi sirpaleiksi yhdestä iskusta, kuten muovi. Valuraudalla on kuitenkin omat huonot puolensa. Korroosio syövyttää rautaa ja raudan sisäkitka on suuri. Sisäpinta ei ole yhtä sileä kuin esimerkiksi muoviputkella. Valurautaputkien sisäpinnalle muodostuu pintymää ja se tarttuu pysyvästi kiinni, vaikka valurautaputki pestään. Sillä menetelyllä kovettunut massa lähtee putkesta pois. Massa vie noin 20 % putkesta, loput 80% pääsevät moitteettomasti läpi.

2.2 Sukituksen yleiskuvaus

Sukitus on asukasystävällinen tapa saneerata vanhoja viemäriputkia. Urakassa on mahdollista uusia kiinteistön koko viemäriverkostoa. Sukitustekniikka antaa mahdollisuuden saneerata vanhoja putkia rikkomatta pintoja.

Sukitusurakan yhteydessä otetaan aina WC-istuin pois lattiasta ja tilalle asennetaan uusi. WC-istuin puretaan turvallisuussyistä pois. Vanhaan putkeen asennetaan märkä sukka ja paineilmalla se puhalletaan putkia pitkin.

Pinnoite kuivuu vain kuivassa ympäristössä. WC:n/viemäriin käyttökielto on ehdoton, koska vesi estää epoksin tasaisen kuivumisen. Tämä aiheuttaa ongelmia ja kustannuksia taloyhtiölle. Epätasaisesti kuivunut sukitettu putki joudutaan poraamaan pois putkistosta. Työ on vaikeaa ja kallista. Tästä syystä vanhat WC-istuimet otetaan pois, ettei kukaan varmasti käytä niitä. Sitten lavaan viemäriputki ja WC:n viemäri yhdistetään tuomalla kromiputki suoraan istuimen kylkeen, WC- mansettiin.



Kuva 6. Pesualtaan poistoputki on yhdistetty WC-istuimeen.

Kuvasta 6 näkyy kyseinen vaihe. Sukitusmenettelyä käyttäen viemäriin käyttökielto on yhdestä seitsemään päivään. Sukitusurakoitsijat myös sukittavat erikoikoisia putkia.

Sukittajat osaavat nykyään sukittaa ja vahvistaa haaroituksia. Haaroissa käytetään tehdasvalmisteisia komponentteja. Näin saavutetaan täydellinen ja pitkäkestoinen lopputulos.



Kuva 7. Kuvassa on insertti, uudenlainen ruostumattomasta teräksestä valmistettu lattiakaivo.

Lattiakaivoja korjataan niin, että vanhaan kaivoon asennetaan uusi suppeampi kaivo, insertti (kuva 7), joka sukutetaan viemäriin kiinni. Liitoskohta on tuolloin vesitiivis, saumaton ja portaaton. Sukka voidaan asentaa putkistoon, joka on mitaltaan 50–300 mm.

Ennen varsinaista sukitusta joudutaan putkia jyrsimään. Jyrsimällä saadaan kaikki pinttyvät pois. Sitten tapahtuu huuhtelu. Kolmas vaihe on itse sukitus. Sukka on itsestään hyvin pehmeää ja joustavaa polyesteriä. Se kyllästetään epoksilla ja mankeloidaan. Sukka asennetaan viemäriputkeen paineilman avulla. Joustava sukka venyy ja asettuu viemäriputken sisäpintaa vasten.

Sukitus on kolme kertaa halvempi kuin perinteinen putkien vaihto. Sukitusurakan aikana ei tarvitse muuttaa pois, kylpyhuone pysyy samanlaisena, vain WC-istuin usein vaihdetaan, riippuu kohteesta. Tämä kuulostaa järkevältä ja kustannustehokkaalta. Sukitus on innovatiivista tekniikkaa ja sen elinkaari on 40 vuotta. Tietyissä tilanteissa on järkevää suorittaa perinteinen linjasaneeraus, kun taas toisessa sukitus on ykkössijalla. (Sukitus 2019.)

2.3 Käyttövesiputkien verkosto

Käyttövesiputkien vaihto tehdään aina samanaikaisesti viemäriputkien uusimisen kanssa. Yksi aliurakoitsija suorittaa viemäröinnin- ja käyttövesiputkien vaihdon. Käyttövesiputket on hyvä vaihtaa, vaikka ne ovatkin kupariputkia. Samalla kun saneerataan viemäriputkia voivat käyttövesiputket saada vauriota. Jos käyttövesiputkiin ilmestyy pistemäisiä syöpymiä, niiden vaihto on mahdollistaa samanaikaisesti.

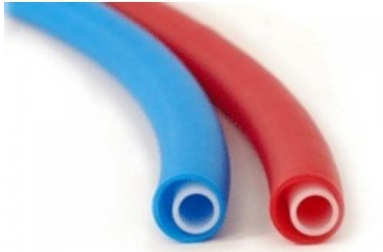


Kuva 8. Tässä kuvassa on eristetyt käyttövesikupariputket; lämmin, kylmä ja kiertovesi.

Kuvassa 8 katossa näkyvät kolme eristettyä käyttövesiputkea. Tämä johtuu Suomen laista, joka määrää lämpimän veden tulon. Laissa määritetään, että kuumavesiputkesta tulevan veden on oltava kuumaa kolmessa sekunnissa. Kolmas putki on kiertovesiputki, näin asukas saa heti lämpimän veden käyttöön. Kiertovettä syötetään lämmönjakohuoneesta ja se kiertää kuumana koko kiinteistön ja palaa takaisin. Kiertovesi on kytketty lämminvesiputkeen ennen vesimittaria. Putkien haaroitukset tehdään aina alaslasketussa katossa. Huoneistoissa on huoneistokohtainen vesimittari, joka saadaan luettua kauko-ohjauksella. (Valtioneuvoston asetus painelaitteista 2019.)

Nykyään käyttövesiputket tuodaan kylpyhuoneen kattoon. Pinta-asennustapauksessa katossa kupariputket vaihtuvat kromisiksi liittimessä ja jatkuvat kaakelin pintaa pitkin varsinaisille vesipisteille. Pinta-asennusta tehdään alhaisten kustannuksien vuoksi. Putkien upottaminen betonimassaan on kalliimpaa. Se edellyttää urien tekemistä, joihin sitten voidaan asentaa kupariputket. Monissa kohteissa betoniin upotetaan PEX-

putket. Ne liitetään vesijakotukeen, joka on kytketty varsinaiseen käyttövesiputkeen (kupariputkeen). Haaroituksesta lähtee PEX-putket (kuva 9) vedensekoittimille, WC-istuimelle ja suihkulle.



Kuva 9. Kuvassa on nykyaikaiset PEX-muoviputket.

2.4 Lämmitys ja kaukolämpö

Kaukolämpö toteutetaan käyttämällä kuumaa vettä. Vesi virtaa kaukolämpöputkissa voimalaitoksesta lämmönsiirtimille. Voimalaitoksen ja kiinteistön välillä kuuma vesi kiertää jatkuvasti. Kiinteistössä voimalaitoksen vesi ei kierrä lämpöpatterissa vaan lämpöä välitetään lämmönsiirtimen tai lämmönvaihtimen välityksellä. Kuvassa 10 on vanhanaikainen lämmönsiirrin. Laite on noin 60 vuotta vanha, mutta on ollut toimiva. Vanhoja lämmönsiirtimiä yleensä puretaan linjasaneerauksen yhteydessä pois. Nykyaikaiset laitteet ovat kompakteja.



Kuva 10. Vanhanaikainen lämmönsiirrin, mitat 1,5 metriä x 3,5 metriä.

Kuvassa 11 on uimahallin lämmönsiirrin. Sen päätehtävä on siirtää fluidin lämpöenergia toisesta toiselle. Fluidi voi olla kaasu, neste tai plasma. Helppimmin

tämän voi ilmaista siten että se välittää lämmön lämpimälle vedelle siirtimen välityksellä. Remonttien yhteydessä vanhoja lämmönsiirtimiä yleensä puretaan, mutta lämmitysputket (mustat putket) jäävät uusimatta.



Kuva 11. Uimahallin lämmönsiirrin.

Jossain kiinteistöissä asennetaan uudet lämpöelementit tai venttiilit. Joskus mustia putkia asennettiin suoraan lattiaan ja valettiin taloa rakennettaessa. Remonttien yhteydessä kylpyhuoneiden lattiat piikataan ja vaurioituneet mustat putket uusitaan Kuvan 12 tapauksessa talosta puuttuvat lämpöpatterit. Lämmitys oli aikoinaan valettu kokonaan lattiaan. Tämä ratkaisu on järkevä ja optimaalinen.



Kuva 12. Kylpyhuoneen lattiassa kuvatut lämmitysputket

2.5 Sähköistys

Perinteisessä linjasaneerauksessa yleensä samalla uusitaan sähköt. Kylpyhuoneeseen asennetaan pistorasiat pesukoneelle ja kuivausrummulle. Usein lattiaan asennetaan lattialämmitys. Kylpyhuoneen seinälle asennetaan uusi peilikaappi, jossa on valonlähde ja yleensä pistorasia. Uuteen alaslaskettuun kattoon asennetaan LED-valaistus. Suunnittelusta tai asiakkaan toivomuksista riippuen valaisimet ovat joko spottivaloja tai yksinäinen valonlähde. (Jäppinen 2019.)

Keittiöön asennetaan yksivaiheiset pistorasiat astianpesukoneelle ja jääkaapille sekä kolmivaiheinen pistorasia liedelle. Keittiöön tuodaan kolmivaiheinen kaapeli, mikä voi syöttää muitakin lähteitä, esimerkiksi mikroaaltouuni, liesituuletinpistorasia, työtasovalo ja muut mahdolliset pistorasiat. Näillä lisäyksillä saadaan linjasaneerauksen sähköasennukset vaatimusten mukaiseksi. Asiakkaan tilauksesta suoritetaan myös muita mahdollisia sähköasennuksia. (Jäppinen 2019.)

Vanhat sähkökaapelit kulkevat asuinhuoneissa peltiputkessa betonissa, seinien ja kattojen sisälle asennettuina. Peltiputket asennettiin jo tehtaalla valettaessa elementtien. Niissä kaapelit tuodaan valaisinpisteille ja kytkimille. Putkissa kulkeviin kaapeleihin kytketään myös huoneiden pistorasiat. (Fredriksson 2019.)

Sähköurakoitsija törmää yleensä siihen, että vanhat johtimet joudutaan kytkemään uusiin. Sähköurakoitsija uusii usein valaistuksien syötöt, vaikka kyseessä olisi perinteinen tapa. Valaisinjakorasia (yleensä valaisimen alla) ja lattian tasolla oleva pistorasia yhdistää betonissa olevan vanhan peltiputken. (Fredriksson 2019.)

Taloudellisista syistä asuinhuoneiden johtimet jäävät uusimatta. Urakka saattaa kestää korkeintaan 3–4 tuntia. Kustannukset materiaaleineen eivät ylitä tuhatta euroa. Linjasaneerauksessa vaihdetaan vain kylpyhuoneen ja keittiön sähkösyötöt. Hyvässä asennustavassa asunnossa on uusittava kaikki johtimet ja lisättävä maadoitusjohdin. Todellista vaaraa ei kuitenkaan ole, eikä suomalainen lainsäädäntö sitä vaadi. Sähköstandardit eivät ole takautuvia Suomessa, joten monet työkohteet hoidetaan niin, että uudet kaapelit ja vanhat kulkevat rinnakkain seuraavat viisikymmentä vuotta. (Fredriksson 2019.)

Kuparikaapelilla sinänsä ei ole tarkkaa elinkaarta. Jos kaapeli ei saa iskuja, niin sen elinkaari voi olla jopa sata vuotta. Tämä edellyttää, että kaapelissa kulkevalla virralla ei ole huomattavia lämpötilamuutoksia. (Jäppinen 2019.)

Tämän päivän sähkölaitteet ovat energiatehokkaita, ja vaikka kodit ovat täynnä erilaista elektroniikkaa niin kuitenkin sähkönkulutus laskee, verrattuna esimerkiksi 90-lukuun. Valaistuksessa pahimmat energiankuluttajat ovat hehkulamput ja halogeenilamput. Suomessa hehkulamppuja ei enää myydä. LED-valot ovat nykyään lähes kaikissa asunnon käyttöpisteissä. Muiden laitteiden kulutus on myös alentunut. Esimerkiksi tavallinen astianpesukone kuluttaa 5 kW viikossa ja jääkaappi noin 40 kW kuukaudessa. (Jäppinen 2019.)

Asunnossa valaistusta ja voimavirtaa jakaa ryhmäkeskus. Ryhmäkeskus tuo sähköä asunnossa oleviin laitteisiin. Tyypillinen vanhanaikainen ryhmäkeskus on varustettu Gg sulakkeilla, kuten kuvassa 13.



Kuva 13. Vanhanaikainen ryhmäkeskus Gg- tai tulppasulakkeella varustettuna.

Kuvassa on tyypillinen vanhanaikainen ryhmäkeskus. Se on vanha, mutta on toimiva ja jopa parempi kuin uusi ryhmäkeskus.

Uudet keskukset on varustettu johdonsuojakatkaisijoilla (kuva 14) ja vikavirtasuojilla (kuva 15). Johdonsuojakatkaisija korvaavat vanhat Gg-tulppasulakkeet.



Kuva 14. Vikavirtasuoja



Kuva 15. Johdonsuojakatkaisija

Vikavirtasuojakomponentti suojaa kuluttajaa korkeajännitteisiltä vuotovirroilta. Johdonsuojakatkaisijoita ja vikavirtasuojia valmistavat useat yritykset, joten markkinahinta on hyvin alhainen. Sen sijaan vikavirtasuoja on monimutkaisempi ja kalliimpi laite. Tämä laite havaitsee virranmuutosta ajassa, ja jos se muuttuu, esimerkiksi jännitteellinen tai jännitteetön johdin koskettaa jonkun laitteen metallista runkoa (esimerkiksi pesukone), laite havaitsee sen heti ja laukeaa välittömästi. Nämä laitteet on lisäksi ovat kaikkiin nykyisiin ryhmäkeskuksiin.



Kuva 16. Nykyinen ryhmäkeskus. Alimmaisessa rivissä pääkytkimen vieressä on vikavirtasuojalaite.

Johdonsuojakatkaisijat ja vikavirtasuoja asennetaan aina ryhmäkeskukseen (kuva 16). Mittarikeskuksen turvalaitteet ovat tulppasulakkeet (Gg).

Ryhmäkeskus asennetaan useimmiten ulko-oven läheisyyteen, esimerkiksi sen yläpuolelle. Nykyaikaiset ryhmäkeskukset ovat väriltään valkoisia, runko on peltinen tai muovinen IP2X-suojattu.

Samalla asuntoon asennetaan heikkovirtalaitteita esim. antennipiste ja datapiste. Ne tuodaan IT-keskuksesta, joka sijoitetaan ryhmäkeskuksen viereen. IT-keskus vastaa internetistä, mahdollisesta pöytäpuhelimesta ja antennista. Datapisteet tuodaan jalkalistaa pitkin ja asennetaan pinnalliseen kojerasiaan niin, että antenni ja datapiste ovat vierekkäin. Datapisteitä voi olla asunnossa muutamia. IT-keskukseen tuodaan myös valokuitukaapeli, antenninousu ja CAT6-nousu (parillinen datapiuha).

Antenninousu siirtyy antennipisteeseen, CAT6-kaapelia pitkin kulkee Internet- tieto. Valokuitupiuha päätetään IT-keskukseen ja talojakamoon, määräyksen M65C mukaisesti. Valokuitujohtimen saa myös käyttöön, mutta se ei ole tällä hetkellä kustannustehokas. Samaan nopeuteen päästään CAT6-verkolla. (Kiinteistöjen valokuitukaapeloinnin uudet määräykset 2014.)

2.6 Kerrostalojen yleiset tilat

Yleiset tilat on sijoitettu monissa taloissa alimpiin kerroksiin. Päästäkseen ylemmälle tasolle on putkien ja kaapeleiden tultava alhaalta ylöspäin kerrostalossa. Näihin Yleisiin tiloihin sijoittuvat myös sähkö- ja vedensyöttölaitteet, samoin kuin pää- ja mittarikeskus. Pääkeskukseen virta tulee muuntamolta, sitten se jaetaan mittarikeskuksen kautta kolmeen tai neljään rappuun riippuen talosta. Jokaista rappua kohti asennetaan oma mittarikeskus, joka syöttää asuntojen ryhmäkeskuksia.



Kuva 17. Kuvassa on tilanne, kun katossa olevalle tekniikalle ei riitä tilaa.

Sähkö ja vesi vievät yleensä paljon tilaa katossa. Vanhoissa 50–70-luvulla rakennetuissa taloissa suurin ongelma on ahtaus. Tyypillisesti yleinen tila on pitkä käytävä. Sivuilla ovat eri tilojen ovet, kellari, pesutupa, kuivaushuone, pääkeskustila ja mittarikeskustila. Sähkökaapelit sijoitetaan hyllyihin. Hyllyt sijoitetaan käytävän seinään tai kattoon kiinni. Kupariputket, lämmin ja kylmä vesi, sijoitetaan välittömästi kattoon kiinni. Myös lämmitys eli kaukolämpöputket kulkevat katossa. Usein sähköurakoitsija joutuu tilanteeseen, jossa on tehtävä vaikeita päätöksiä. Hyllylle jää usein niin vähän tilaa, että kaapelit eivät välttämättä mahdu sinne (kuva 17). Kuvan tilanne on yleinen, kun sähköhyllyä ei voi sijoittaa alemmaksi, koska esteenä ovat ovet.

Taulukko 1. Lämpötilan korjauskertoimet ja impedanssi. (Pienjännitesähköasennukset ja sähköturvallisuus 2007.)

Ympäristön lämpötila (celsius)	Korjauskertoimen johtimen eristeen mukaan	
	PVC	PEX ja EPR
10	1,15	1,11
15	1,10	1,07
20	1,05	1,04
25	1,00	1,00
30	0,94	0,96
35	0,88	0,92
40	0,82	0,88
45	0,75	0,84
50	0,67	0,79
55	0,58	0,73
60	0,47	0,66
65	-	0,62
70	-	0,56
75	-	0,48
80	-	0,39

Taulukossa 1 on lueteltu lämpötilakertoimet, ja miten kukin kerroin vaikuttaa kaapelin impedanssiin. Jos esimerkiksi kaapelin läpi kulkee jatkuvasti 14 A:n virta ja oletetaan, että kaapeli on PVC, ja tämä kaapeli on asennettu rei'itetylle hyllylle pystyyn- ja vaakasuoraan, niin vieressä on kahdeksan muuta kaapelia.

Ensimmäisessä laskussa ympäröivän ilman lämpötila on 10 astetta. Toisessa laskussa ympäröivän ilman lämpötila on 60 astetta. Esimerkeissä lasketaan, miten lämpötila voi vaikuttaa kaapeliin impedanssiin.

$$I = 14 \text{ A} / 1,15 * 0,72 = 16,9 \text{ A}$$

$$I = 14 \text{ A} / 0,47 * 0,72 = 41,3 \text{ A}$$

Tuloksen eroista selviää, että ensimmäisessä laskussa sulakkeeksi ja syöttäväksi kaapeliksi riittää 16 A:n sulake ja syöttökaapeli saa olla tavanomainen 3 * 2,5 mmj. Toisessa laskennassa samanlaista kaapelia ei voi käyttää. Kaapelissa kulkeva virta ei voi mennä 18 A:n ylitse. (Rakennusten sähköasennukset 2002.)

Jos lämpötila nousee esimerkiksi 60 asteeseen, tilanne on kriittinen. Joudutaan suurentamaan kaapelin poikkipinta-alaa ja suurentamaan sulakkeen kokoa estämään johdon kriittistä lämpenemistä. Kun toimintoarvo on ylitetty, siitä seuraa sulakkeen ja

kaapelin lämpeneminen (jos kyseessä on Gg-tulppasulake). Tässä esimerkissä johdonsuojakatkaisija saattaa laueta jatkuvasti. Laskentaesimerkki on teoreettinen, mutta siitä havaitaan, että lämpötilalla on vaikutusta kaapeliin.

On muitakin seikkoja, jotka vaikuttavat kaapeliin: esimerkiksi vaaka- tai pystyasennus, vierekkäisten kaapeleiden lukumäärä materiaali, jonka sisällä kaapeli kulkee ja ympäristöolosuhteet. Ehtoja ei voi aina noudattaa, johtuen useimmiten taloudellisista syistä, tai jos asennus on kohtuuttoman vaikea. Tämä koskee vain talotekniikkasektoria. Teollisuudessa tai voimalaitoksissa standardeja noudatetaan paljon paremmin, kun kyseessä on huomattavasti voimakkaammat virrat.

2.7 Maakaapelointi ja maarakennustyöt

Maakaapelointia suoritetaan jokaisessa linjasaneerauksessa. Tonttikaapeli uusitaan aina, ellei sitä ole vaihdettu aiemmin vastaamaan nykyajan standardeja. Kiinteistön syöttökaapeli on kytketty muuntajaan joko suoraan tai jakokeskuksen kautta. Uusi kaapeli on tyypiltään AXMK 185*4 alumiinikaapeli (kuva 18), jossa on kolme vaihetta, ja PEN-johdin. Sulakkeet saavat olla amperikokoa 200–315. Tonttikaapelin vaihto suoritetaan maanrakennurakassa.



Kuva 18. AXMK 4*185-tonttikaapeli.

Kaivinkoneella kaivetaan kaivanto. Kaivanto tai oja alkaa talon seinästä. Talon seinän läpi kulkee pääsyöttökaapeli ja varaputket. Tätä varten porataan timanttiporalla neljä tai viisi reikää. Pääkeskus on melkein aina kellaritiloissa. Nämä tilat ovat usein maan alla. Tästä johtuen porataan reiät seinän läpi (kuva 19). Tämän jälkeen on mahdollista tuoda tonttikaapeli ja sen toinen pää kytketään uuteen pääkeskukseen kiinni. Samassa yhteydessä yleensä uusitaan datakaapelisyötöt.



Kuva 19. Kuvassa on kaivanto, jossa tuodaan talonseinän läpi syöttökaapeleita.

Syötöt ovat valokuitua. Ne voidaan asentaa erillisten operaattoreiden toimeksiannosta, esimerkiksi Elisa, Telia ja DNA.

2.8 Asbestityöt

Tässä luvussa käsitellään asbestipurkutöitä. Noin 60 vuotta sitten asbesti oli erittäin yleinen rakennusmateriaali, sitä käytettiin materiaalien kiinnittämisessä ja eristämässä lähes joka paikassa rakennustyömailla. Tyypillisiä esimerkkejä asbestinkäytöstä ovat välitilojen laatoitukset, käyttövesi- ja kaukolämpöputket. Asbestia on käytetty myös kylpyhuoneen mattoasennuksissa. Myös linoleumilaattoja kiinnitettiin asbestipitoisella liimalla. Asbesti itsessään ei ole vaarallinen aine, kunhan siihen ei kosketa. Luonnollisesti putkisaneerauksen yhteydessä joudutaan koskemaan myös

vanhoihin asbestieristykseen. Putkia vaihdetaan, vanhoja viemäreitä puretaan pois ja vanhoja käyttövesiputkia uusitaan. Kaikissa näissä on asbestia. Sitä joudutaan purkamaan erittäin varovaisesti osastoiduissa työpisteissä ja purkajilla on oltava erikoisvarusteet. (Luvat ja ilmoitukset, asbesti 2019.)

Asbestipöly on kaikkein vaarallisinta. Esimerkiksi jos keittiön välitilalaatoissa on asbestia, joudutaan koko keittiö eristämään ja asentamaan erilaisia paineantureita mittaamaan ilman asbestipitoisuutta. Tämä työvaihe on erittäin kallis. Työn valmistelu, tekeminen, materiaalin vieminen kaatopaikalle ja välttämättömät suojarusteet maksavat huomattavan paljon. Esimerkiksi välitilan laatoituksen purkutyö maksaa ehkä 100 euroa, mutta kun törmätään asbestiin, on kyse aivan muista summista. Tilan eristäminen, tuuletuksen järjestäminen, laatoituksen purku ja materiaalin poisvieminen voivat maksaa yhtäkkiä 1 500 euroa. (Luvat ja ilmoitukset, asbesti 2019.)

Suurista kustannuksista johtuen jotkut asukkaat tilaavat vanhojen laattojen päälle uudet laatat ja välttyvät suurilta maksuilta. Vaihtoehtoisesti vanhojen laattojen päälle saa asentaa välitilalevyn. Optimaalisessa linjasaneerauksessa on pyrittävä mahdollisuuksien mukaan välttämään kaikki kalliit asbestityöt. (Luvat ja ilmoitukset, asbesti 2019.)

3 Linjasaneerauksen mahdolliset ongelmat laajoissa projekteissa

3.1 Suomen suurin linjasaneeraushanke

Tässä luvussa käsitellään Suomen suurinta linjasaneerauksen hankintaa, Vuosina 2018–2020 työmaa on todellinen jättiläissaneeraus Suomessa.

Työmaa A sijaitsee Munkkiniemessä Helsingissä, ja on ollut monesti otsikoissa. Artikkelit on ollut Helsingin Sanomissa ja Rakennuslehti on myös uutisoinut kyseisestä saneerauksesta.



Kuva 20. Kuvassa on taloyhtiön talot. Kolme ylimmäistä tornitaloa eivät kuulu tähän taloyhtiöön. (Parikka 2019.)

Hanke sijaitsee Helsingissä. Kuvassa 20 näkyy koko tontti. Urakkaan kuuluu 16 kerrostaloa ja asuntoja on 470. Asukkaiden lukumäärä on noin seitsemänsataa. Taloyhtiö on perustettu v. 1957. Samana vuonna rakennusprojekti lähti käyntiin. Vuonna 1961 valmistui viimeinen talo. Näin suurta linjasaneeraushanketta Suomessa ei ole ennen tehty. Työmaalla on kaksi erillistä ryhmää. Nämä ryhmät saneeraavat samanaikaisesti eri taloja eri puolilla työmaata. (Parikka 2019.)

Asukkaat ovat poissa asunnoistaan 12 viikkoa. Linjasaneeraus suoritetaan perinteiseen tapaan. Viemärit, käyttövedet, sähköverkko ja dataverkosto vaihdetaan

uusiin. Rakennusurakkaan kuuluu myös patolevyjen ja salaojien asennukset talojen ympärille. Kylpyhuoneiden pintoja avataan, vesieristetään ja asennetaan uusia laattoja. (Parikka 2019.)

3.2 Kustannukset

Hanke on erittäin kallis. Hankkeen suunnittelu aloitettiin jo vuonna 2014. Vuonna 2017 yhtiö päätyi valitsemaan PEAB:in pääurakoitsijaksi. Valinta perustui kilpailukykyiseen hintaan. Toisena syynä oli, että isolla ja hyvämaineisella rakennusyriyksellä on kokemusta ja resurssit saada urakka suoritettua. Urakan hinta on 24 miljoonaa euroa. (Wolski 2019.)

Vertailun vuoksi Suomen oloissa tavallista työmaata. Asuntoja on 38. Klassinen työmaa sijaitsee Tuusulassa osoitteessa Haukantie 5. Tämä kohde uusitaan perinteisillä linjasaneerauksilla. Hankkeen kokonaishinta-arvio on 1.600.000 euroa. Kohteessa viemäriputket vaihdetaan perinteiseen tapaan ja käyttövesiputket, sähköt ja dataverkko myös uusitaan. (Nissinen 2018.)

3.3 Pääurakoitsija

Urakoitsijaksi valittiin PEAB, joka on ruotsalainen rakennusyriytys. Rakennuskonserni on yksi Pohjoismaiden suurimmista, se työllistää noin 15 000 henkilöä. Veljekset Erik ja Mats Paulsson perustivat yrityksen. Alun perin toimialaan kuului jätekuljetukset ja maatalouskoneet. Myöhemmin PEAB:stä tuli rakennusyriytys. Suomessa PEAB:in palkkalistoilla on 750 henkeä. (Wolski 2019.)

3.4 Aliurakoitsijat

Työmaalla Sähköurakan suorittaa JRA Oy ja LVI-työn hoitaa UH-tekniikka Oy. Barona Oy suorittaa siivousta, rakennuspohjaista työtä ja aputyötä. Damega Oy vastaa asbestipurkutöistä. Maalaus Sallinen Oy:lle kuuluu maalaustyöt. Maanrakennusurakoitsija on Vantaan kaivo- ja purkutyö Oy. Työmaalle otetaan muita urakoitsijoita tarpeen mukaan. Määrätyt työt tehdään urakalla. Urakkasopimukset ovat usealla urakoitsijoilla. Urakkasopimusta solminutta urakoitsija on vakituisesti työmaalla. Muilla aliurakoitsijoilla on erillinen sopimus. (Wolski 2019.)

3.5 Työmaan urakoitsijat

Kohteen pääurakoitsija on Redan Oy -niminen yritys. Redan on perustettu vuonna 2014. LVI-urakoitsijana toimii LVI-Pakki Oy. Sähkönasennuksia hoitaa Järvenpää Sähkö Oy. Purkutyöstä vastaa EMR-partners Oy. (Nissinen 2018.)

3.6 LVI-työt

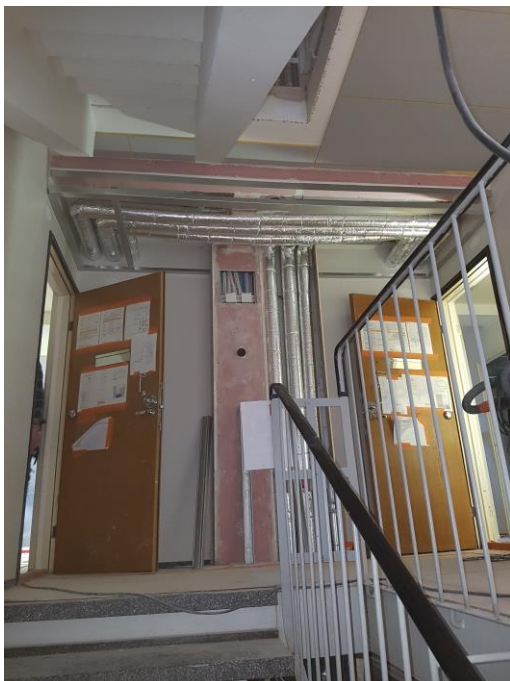
LVI-urakoitsija vaihtaa käyttövesiputket ja viemärit. Käyttövesiputket ovat komposiittiputkia. Viemäriverkostoa korvataan perinteisillä muoviputkillla. Viemäriputket asennetaan pinta-asennuksina.

Viemäriverkoston uusinnassa on tullut haasteellisia kohteita. Maaperä on niin soinen, että rakennettaessa taloon lisättiin jäykistyspalkit, jotka estävät pohjaviemäriin uusimisen. Tämän johdosta pohjaviemäri sukutetaan. Muu viemäriverkosto uusitaan muoviputkillla.

Tällä työmaalla käyttövesijärjestelmässä käytetään komposiittiputkia. Komposiittiputki koostuu kolmesta kerroksesta, jotka ovat muovi, alumiini ja muovi. Komposiittiputki on halvempi kuin kupariputki.

Kuparin kierrätysaste on korkea, sitä vastoin muovin ei. Muovi on puhtaasti kemikaalinen tuote. Se on yksi pahimmista maailman jätteistä ja sen kierrätys on valitettavasti mitätöntä, toistaiseksi. Kupariputken käyttö on ympäristöystävällisempää, kuin komposiittiputki.

Tuusulan kohteen sähkö- ja käyttövesiputkien nousut oli toteutettu yleisten tilojen kautta (kuva 21). Kohteen A työmaalla sähkönousut on rakennettu hormiin. Nousujen tekotapa valitaan tapauskohtaisesti. Molemmissa menettelyissä on omat etunsa.



Kuva 21. Kuvassa on uusi nousuhormi, jossa näkyvät sähkö- ja käyttövesiputkienousut.

Tuusulan työmaalla saa tietyt viat korjattua menemättä asuntoihin, koska nousuhormien edessä ei ole esteitä. (Nissinen 2018.)

3.7 Sähkötyöt

Sähköasennustyöt suoritetaan perinteisen tapaan. Uusitaan tonttikaapelit, pääkeskukset, mittarikeskukset, sähkönousut ja ryhmäkeskukset. Kylpyhuoneissa ja keittiöissä uusitaan kaikki sähkötyöt. Nousukuilut sijaitsevat kylpyhuoneiden seinien sisällä. Muuntamolta kaivetaan yhteys pääkeskukselle. Syöttökaapeliksi valittiin AXMK 185*4. Mittarikeskukselle tuodaan myös uusi syöttökaapeli. Uusitaan myös sähkönousut. Tyypillisesti linjasaneerauksessa vaihdetaan pää-, mittari-, ja ryhmäkeskukset. (Nissinen 2018.)

4 Mittavien rakennusprojektioiden ratkaisuvaihtoehdot

Suurimmilla työmailla törmätään usein erilaisiin ongelmiin. Ihmisvirrat, työmaan fyysiset koot, puuttuva yhteishenki sekä yhteinen kieli. Suuri työmaa kuten kohde "A" on lähes ainutkertainen. Liikkuminen sillä alueella jo tuottaa vaikeuksia. Päästäkseen pisteestä "A" pisteeseen "B" on käytettävä autoa. Muuten edessä on noin kymmenen minuutin pituinen kävelymatka. (1960-luvun Suomen suurimman taloyhtiön putkiremontti alkoi Helsingin Munkkivuorella – urakka kestää monta vuotta 2018.)

Esimerkiksi suurella uudisrakennus työmaalla on laaja johtoryhmä. Se on pääurakoitsijan henkilöstöä. Isolla työmaalla, kommunikaatio toimii hyvin, mutta monesti, kun työmies törmää johonkin esteeseen, on ensin otettava yhteyttä omaan työmaanjohtoon (esimerkiksi pääputkimieheen). Pääputkimies ottaa yhteyttä työnjohtoon. Työnjohto on yhteydessä pääurakoitsijan työnjohtoon. Sieltä se jatkuu työmaan insinöörille ja lopulta voi päätyä vastaavalle mestarille. Samalla tavalla vastaus tulee takaisin. Tässä prosessissa kuluu aika. Pienemmällä työmaalla näin ei tapahdu. Työntekijä voi soittaa suoraan vastaavalle mestarille, näin asia hoituu varsin jouhevasti ja nopeasti. Isolla työmaalla tulee poistaa pitkiä ja aikaa vieviä hierarkioita. Yhteyksien on oltava sujuvia ja suorita. Hyvä työnjohtaja tuntee omat alaisensa ja saa aina sovittua asiat heidän kanssaan. (Fredriksson 2019.)

Toisena haasteena työmailla ovat ulkomaalaistaustaiset työntekijät. Nykypäivänä Suomessa rakennustyömailla ei ole montaa suomalaista työntekijää. Vain työnjohto kuuluu yleensä kantaväestöön. Jollain työmaalla yleisin kieli on viro, toisena venäjä, kolmas kieli voi olla suomi, myös englanti on osittain käytössä. On myös työntekijöitä jotka, eivät osaa mitään muuta kuin omaa äidinkieltään, esimerkiksi romanialaisia, puolalaisia, ukrainalaisia ja moldovalaisia. Erilaiset kulttuurit, erilaiset näkemykset ja yhteisen kielen puute eivät aina tuo sujuvuutta työarkeen. Ihmisten välillä saattaa olla poliittisia kiistoja. Jos esimerkiksi työmaalta varastetaan jotain, niin ensimmäisenä syytetään moldovalaisia ja romanialaisia työntekijöitä. Työmaalla pitää olla enemmän sujuvuutta, joka tuo hyvää yhteishenkeä. (Fredriksson 2019.)

Pienikokoisilla työmailla yhteishenki on yleensä parempi. Pienessä piirissä ihmiset oppivat tuntemaan toisensa nopeammin, syntyy sopiva työoverihenki. Urakka hoituu sujuvammin, kaikki auttavat toisiaan. Työntekijän on helppo olla johdon kanssa yhteydessä. (Nissinen 2018.)

Vuokratyöntekijöiden määrä isolla työmaalla on vaihtelevaa. Välillä työntekijä ei viihdy viikkoa pidempää ja tilalle tulee uusi henkilö. Lähtenyt henkilö on selvästi kokeneempi. Hän on tutustunut työmaahan, tuntee paikat ja kävi perehdytyksen. (Fredriksson 2019.)

5 Optimaalinen linjasaneeraus

Insinööriyön tavoitteena on perustella linjasaneerauksen kustannuksien kalleus verrattuna sukutusteknikkaan. Alkuosassa on käyty teoriaa ja kerrottu mahdollisimman havainnollisesti linjasaneeraukseen liittyvistä asioista. Onnistunut linjasaneeraus on suunniteltava tarkasti ja ammattilaisten johdolla. Pääurakoitsijan päätavoitteena on kustannustehokkuus. Hänen tulee käyttää mahdollisimman paljon innovatiivisia ratkaisuja, kuten sukutustekniikka.

5.1 Sukitus ratkaisuna

Yksi nykypäivän parhaimmista linjasaneerausratkaisuista on sukitus. Sen avulla kiinteistöjen putket saadaan korjattua nopeasti ja ilman suuria pintaremontteja. Sukituksen kyseenalaistaa myös pääurakoitsija. Rakennusyrityksen kannalta on kannattavaa rikkoa seiniä, laattoja, tuolloin saa parhaan mahdollisen voiton.

Sukitus- ja LVI-yrittäjät antavat kumpikin uusille putkille samanlaisen yhtä pitkän eliniän. Nykypäivinä sukitetut putket saavat täydet vakuutukset. Suomessa sukitus ei valitettavasti ole ehtinyt vielä menetelmänä näyttämään hyviä puoliaan, kuten muualla Euroopassa. Siihen suhtaudutaan varovaisesti ja ennakkoluuloisesti. Esimerkiksi 10 vuoden takaiset linjasaneeraukset toteutettiin uusimalla koko viemäristö.

Nykyisin on meillä jo kohteita, joissa on saneerattu koko viemäristö sukutustekniikkaa käyttäen. Pohjaviemäri sukutetaan jo monilla työmailla.

Seuravassa verrataan muoviputken ja sukitetun valurautaputken käyttöä. Muoviputken seinän paksuus on 3 mm, valuraudan 5 mm ja sukan seinän paksuus 3,5 mm. Muoviputki ja sukka on valmistettu samantyyppisestä materiaalista: muovi, epoksi ja muut polymeerit. Itsestään valurauta on kova metalli. Sitä rikotaan painavilla lekoilla ja piikataan betonista irti isoilla piikkauskoneilla. (Sukitus 2019.)

Valurautaputki kelpaa erittäin hyvin pohjamateriaaliksi. Kun valuraudan sisällä on muoviputki (sukka), niin tuolloin kosteus ja kaasut jäävät sisään ja valuvat liukasta pintaa pitkin kaupungin verkostoon. Ulkopuolelta sukka on suojattu valuraudalla. Sukkaan ei voi kohdistaa mekaanista voimaa, näin tapahtuu esimerkiksi lattiavalun

aikana. Samalla pohjaviemärin päälle kaadetaan monta sataa kiloa maaperää. (Sukitus 2019.)

Muoviputken runkoon vaikuttaa ulkopuolinen voimavektori. Sukitettuun valurautaputkeen kohdistuu myös ulkopuolistavoimaa, mutta valurautaputken sisällä olevan sukituksen se ei vakuuttaa. (Sukitus 2019.)

Sukitus on tulevaisuuden korjaustyökalu. Ainoana miinuksena pidetään sukan mutkattomuutta. Sen tiellä ei saa olla kolmea tosi jyrkkää mutkaa. Putkien on myös kestettävä mekaanista rasitusta. Jos viemäriputki hajoa jo mekaanisen rasituksen aikana tai on muuten valmiiksi rikki, ei sukitus tai mikään muukaan sisäpuolinen saneeraus ole enää mahdollinen. Sukittajat joutuvat harvoin tähän tilanteeseen. Taloyhtiö on aina vastuussa putkistot. Ennen sukitukseen ryhtymistä on selvitettävä viemäriputkien sen hetkinen kunto. (Sukitus 2019.)

5.2 Putkiston suojateknologia

Protect Pipe Oy tarjoaa asiakkaille mikrobikantoja, jotka tuhoavat putkien sisälle kiertynyttä pinttymää ja selluloosaa. Tämä pysäyttää viemäriputken haurastumista ja tuolloin putkiremontin tarve siirtyy vuosikymmenillä. Protect Pipe Oy valitsee taloyhtiölle sopivan tuotteen. Valikoimassa on tällä hetkellä kaksi tuotetta, joilla ongelmat voidaan ratkaista. (Virta 2018.)

Turva-ratkaisun tapauksessa taloyhtiön viemärirakenteisiin asennetaan automaattinen annostelija, joka syöttää sopivan määrän mikrobikantaa, pohja- ja pystyviemäriin (Valtioneuvoston asetus painelaitteista 2016.)

Toinen ratkaisu on *Turva+*, jossa asukkaille lähetetään 6 kpl annospusseja kerran kuukaudessa. Lähetysten saavuttua asukkaat tyhjentävät annospussit jokaiseen viemäripisteeseen, näin saadaan kaikki viemäriinjat puhdistettua. (Virta 2018.)

5.3 Käyttövesiverkosto

Sukituksen yhteydessä taloyhtiö vaihtaa aina myös käyttövesiputket. Käyttövesiputkilla ei ole korvaavaa innovatiivista tuotetta. Kustannuksien alentaminen ei ole mahdollista,

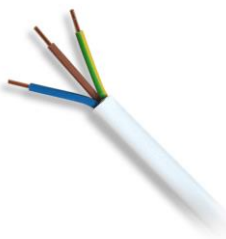
koska on olemassa vain yksi vaihtoehto tehdä käyttövesiputkien vaihto. Käyttövesiputket ovat kupariputkia, jotka tuodaan nousuhormeissa ylös ja ne haaroitetaan jokaisen kerroksen kohdalla. Menettely on korvaamaton eikä muu innovaatio ole vielä voinut mitään asialle.

Käyttövesiputkien vaihto ei ole niin kallis työ. Sitä saneerattaessa ei kuitenkaan rikota pintoja, ainoastaan lisätään alaslaskettuja kattoja tai rakennetaan koteloita katon rajaan. Näihin rakenteisiin piilotetaan haarat, vesimittarit, sulut ja muut komponentit.

5.4 Hyvä asennustapa sähkötoisissa

Perinteisessä linjasaneerauksessa uusitaan kiinteistön kaikki nousukaapelit. Sähköurakassa uusitaan seuraavat komponentit: tonttikaapeli, pääkeskus, mittarikeskukset, ryhmäkeskukset, nousukaapelit ja asuntokohtaiset sähköistykset.

Asukasystävällisessä linjasaneerauksessa pyritään säästämään vanhat ja toimivat keskukset. Keskitytään asunnoissa oleviin sähköasennuksiin. Pistorasiat, jotka tehdään kylpyhuone- ja keittiöremontin yhteydessä, voivat toimia hyvin yksivaiheisenakin. (Jäppinen, 2019)



Kuva 22. Kuvassa on nykyaikainen MMJ-kaapeli.

Keittiöön ja kylpyhuoneisiin tuodaan noin kahdeksan uutta MMJ-kaapelia (Kuva 22). MMJ on nykypäivän kaapeli, jossa on valkoinen eriste ja kolme johdinta, vaihe (ruskea), nolla (sininen), maadoitus (keltavihreä). Kun taas vanhat asennukset oli toteutettu vanhalla järjestelmällä harmaa ja musta (kaksi johdinta - nolla ja vaihe). Asuinhuoneiden pistorasioita ja valaistuksen syöttöjä ei vaihdeta. Valaisinjakorasialle

tuodaan betoniontelossa olevaa peltiputkia pitkin uusi kaapeli ryhmäkeskukselle. Kaapelit kytketään PEN-menetelmällä. (Jäppinen 2019.)

Kuvassa 23 on valaisinjakorasia. Jakorasiaille tuotiin uudet syötöt, mutta muut kaapelit ovat jääneet uusimatta. PEN-kytkentä on tehty harmaassa wagossa. Näin yhdistettiin uudet nollajohtimet, vanhat harmaat nollajohtimet ja uusi maadoitusjohdin valaisin jakorasioihin.



Kuva 23. Valaisinjakorasia.

Valaisinjakorasian kautta seinäpistorasialle ja kytkimelle virtaa sähkö. Perinteiseen linjasaneeraukseen se ei kuulu. Uudet kaapelit kytketään vanhoihin. Yksi syöttävä MMJ-kaapeli tulee ryhmäkeskuksesta ja sen nolla- ja maadoitusjohtimet yhdistetään (nollataan). Tämä on laillista, mutta menettely ei kuulu hyvään asennustapaan. Maadoitusjohdin on lisättävä jokaiseen pistorasiaan ja valaisinpistorasiaan. Samalla muut peltiputkessa olevat kaapelit on syytä uusia.

Perinteisessä linjasaneerauksessa keittiöt ja kylpyhuoneiden sähkösyötöt asennetaan turvallisesti vikavirtasuojan taakse. Tämä tuo lisää turvallisuutta märkätilaan ja keittiöön. On hyvä asia, että keittiössä ja kylpyhuoneessa voi oleskella turvallisesti. Muissa huoneissa on käytössä voimassa olevat sähköstandardit. (Jäppinen 2019.)

Ryhmäkeskusasennuksissa syntyy ristiriitaa, koska kerrostaloissa on erikokoisia huoneistoja. Syystä tai toisesta ryhmäkeskusta vaihdettaessa tulee jokaiseen asuntoon samanlainen keskus ja sama määrä johdonsuojakatkaisijoita ja vikavirtasuojia. (Jäppinen 2019.)



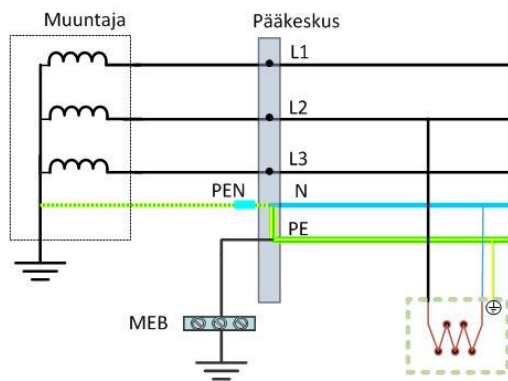
Kuva 24. Johdosuojakatkaisijoihin kytketty kaksi erillistä sähkösyöttöä, esimerkiksi olohuoneen ja makuuhuoneen valaistus.

Yksiöihin ja kaksioihin voi asentaa pienemmän keskuksen, joka on halvempi. Samalla sähkösyöttöjä voi tuoda kaksi samalle johdosuojakatkaisijalle. Kuvasta 24 näkyy, että yhteen johdosuojakatkaisijaan tulee kaksi erillistä sähkösyöttöä.

Yleensä asuntoja kaapeloidaan $1,5 \text{ mm}^2$ johtimilla, eli $2 \times 1,5 \text{ mm}^2$. Johtimia ei vaihdeta ollenkaan perinteisessä linjasaneerauksessa, eikä siihen lisätä maadoitusjohdinta. Fysiikasta tiedetään, että pienessä putkessa virtaa pienempi määrä vettä, mutta isommassa putkessa läpimenevän veden määrää voidaan suurentaa. Sama pätee sähköopissa, suurentamalla kaapelin poikkipinta-alaa saadaan enemmän virtaa kuluttajalle, koneelle tai kojeistolle.

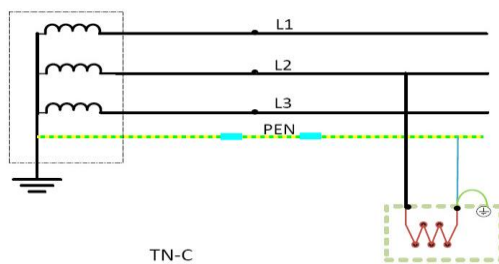
Kaapelin poikkipinta-alan kasvu nostaa saatavaa kuormitusvirtaa, jolloin sulakkeet ja sulakepohjat on vaihdettava isompaan kokoon. Tätä menettelyä käyttäen saadaan standardin mukaisella tavalla enemmän virtaa sähkölaitteille ja nostetaan oikosulkuvirta arvoa. Jälkeenpäin on mahdollista haaroittaa komponentteja optimaalisella tavalla.

5.5 Sähköyöttöjen järjestelmät.



Kuva 25. TN-S-järjestelmä

TN-S-järjestelmässä on erillinen maadoitusjohdin sekä myös erillinen nollajohdin. Johtimia yhdistetään pääkeskuksessa PEN-liuskalla.



Kuva 26. TN-C-järjestelmä.

Kuvassa 26 on TN-C-järjestelmä. Järjestelmässä on yhteinen PEN johdin maadoitukselle ja nollajohtimelle.

5.6 Turvallinen ja kustannustehokas sähköurakka

Vikavirtasuoja on sähkötekniinen peruskomponentti, joka suojaa kuluttajaa suurjännitteisistä vuotavista virroista. Vikavirtasuoja toimintaperiaate pohjautuu derivaattaan. Laitte mittaa virranmuutosnopeuden ajassa. Kun virta kulkee suljetussa piirissä. Vikavirtasuoja valvoo vuotovirtaa. Normaalisti toimivassa suljetussa piirissä on aina virranmuutos. Jos tapahtuu virtavuoto, esimerkiksi jännitteinen kaapeli osuu laitteiston runkoon, niin virran muutos ajassa muuttuu, ja vikavirtasuoja voi laueta ja virransyöttö katkea. Komponentti on lähtenyt yleistymään jo 90-luvulla. Nykyään kaikki sähköpisteet on oltava vikavirtasuojattuja, lukuun ottamatta induktiivista kuormaa, esimerkiksi jääkaappia. (Sähköala, asennussuositukset 2019.)

Käynnistysvirta on muutos, ja silloin vikavirtalaite voi sen havaita ja laueta aivan turhaan. Tässä esimerkissä ei tarkoiteta invertteri jääkaappeja. Myöskään liesiä ja kiukaita ei tarvitse suojata vikavirtasuojalla. Liedensyöttökaapeli on melkein aina kytketty kiinteästi liesirasiaan, johon pääse käsiksi vain ammattimies. Kiuas kytketään aina kiinteästi jakorasiaan. Perussuojaus ja maadoitus ovat näille sähkölaitteille riittävät. Kaikki pistorasiat, valonlähteet ja astianpesukoneet on suojattava vikavirtasuojalla.

Vanhanaikaiseen sähkökeskukseen ei yleensä ole mahdollista lisätä vikavirtasuojaa, mutta mikäli vanhassa keskuksessa on tilaa, siihen voidaan asentaa suojakomponentteja. Keskukseen voisi asentaa DIN-kiskon ja siihen lisätä tarvittavat kalusteet. Vaihtoehtoisesti voidaan toimia siten, että vanhan keskuksen viereen asennetaan erillinen pienkeskus, jossa on esimerkiksi yksi- tai kolmivaiheinen vikavirtasuoja. Vanha keskus ja vikavirtasuojan yhdistäminen onnistuvat ongelmitta, jos kiinteistössä on maadoitusjohdin. Maadoitusjohtimen asennus on helpointa toteuttaa käyttövesiputkien vaihdon aikana.

Asuinhuoneistossa ei välttämättä tarvitse vaihtaa sähköjä ollenkaan. Optimoinnin kannalta on tehtävä seuraavasti:

- Vikavirtasuojia lisätään pienkeskukseen vanhan ryhmäkeskuksen viereen. Tämä vikavirta suojaa kuluttajaa, jos vaihejohdin tai nollajohdin osuvat laitteiston runkoon.
- Vaihdetaan asunnon sisäiset huonestokohtaiset kaapelit (1,5 mm² suurennetaan 2,5 mm²). Toiminto nostaa oikosulkuvirtaa. Tämä on oleellinen asia, oikosulkuvirran on oltava suuri, jotta sille riittäisi voimaa polttaa sulaketta.
- Tuodaan maadoitusjohdin asuntoon. Asennus lisää turvallisuutta, kun maadoituselektrodin kaikki vuotavat oikosulkuvirrat johdetaan heti maahan äärijohdinta pitkin.
- Optimaalinen sähköjakelu asunnossa.

Näiden töiden kustannukset eivät ole merkittävät. Ammattinsa osaava sähköasentaja suorittaa työn kymmenessä tunnissa. Työ maksaa materiaaleineen noin kaksi tuhatta euroa plus arvonlisävero. Lukuun ottamatta asuntoon tulevaa maadoitusjohdinta. Jossain tapauksissa asennus edellyttää käyttövesien vaihtoa tai erillisen maadoituselektrodin asennusta maahan.

Sähkönousuja toteutettiin 1970-luvulla seuraavalla tavalla. Nousukaapelit on sijoitettu peltiputkeen betonionteloon. Ne saavat alkunsa kellarista mittarikeskushuoneesta ja loppupää on asunnon ryhmäkeskuksessa. Kaapelin poikkipinta-ala on 6 mm² tai 10 mm², ja syöttö on yleensä yksivaiheinen. Vanha sähkönousussa voi olla haasteita. Syöttö voi olla kolmivaiheinen TN-C järjestelmä ilman maadoitusjohdinta, niin kuin Vahtokuja 5:ssä. Pienimmissä asunnoissa on yksivaiheinen syöttö 2 x 10mm². (Jäppinen 2019.)

Edellä olevan jälkeen voidaan todeta, että asukasystävällisen linjasaneerauksen ehdot ovat seuraavat:

- Viemärit sukitetaan (jos on mahdollista).
- Käyttövesiputket uusitaan joka tapauksessa.
- Optimaalinen sähköurakka.

Käyttövesiputkien uusinnassa on tehtävä aina sähkökorjauksia ja parannuksia. Turvallisen sähköverkon edellytys on maadoituksen lisääminen. Jokainen uusi putki on maadoitettava. Kun uusitaan käyttövesiverkostoa, voidaan samalla asentaa

maadoitusjohtimet vanhaan ryhmäkeskukseen. Näin saadaan helposti parannettua sähköturvallisuutta.

Maadoituskaapeleita tulee kaksi. Yksi äärijohtin maadoittaa käyttövesiputkia ja toinen johdin on mahdollista tuoda potentiaaliskolmelle. Kisko on mahdollista asentaa sähkökeskuksen viereen.

Seuraava ongelma on haastava koska, nykypäiväinen asennus on kolmivaiheinen. Kolme vaihetta on parempi kuin yksi vaihe. Tälle väitteelle on perusteena. Seuraavissa laskelmissa tarkistetaan kerrostalossa olevaan asuntoon tulevaa virtaa ja oikosulkuvirtaa.

Peruskuorman suuruus riippuu huoneiston pinta-alasta. Peruskuorma kasvaa lineaarisesti huoneisto pinta-alan kasvaessa. Peruskuorman laskentakaava on seuraava: (ST-kortisto 13.31 2018.)

$$P_{kk} = 6 \text{ kW} + [(20 \text{ (W/m}^2) / 1000] * A_h,$$

A_h on huoneiston pinta-ala

6 kW on huoneistokohtainen pohjakuormitus

Valaistuskuorman suuruus on myös riippuvainen huoneiston pinta-alasta eli valaisinkuorma kasvaa lineaarisesti pinta-alan kasvaessa. Valaistuskuorma P_{val} laskentakaava on seuraava, kun arvioitu valaisinteho on 9 W/m².

$$P_{val} = \{[9 \text{ (W/m}^2)] / 1000\} * A_h$$

A_h on huoneiston pinta-ala

Jos huoneen pinta-ala on esimerkiksi 55 m², ja lasketaan ensin peruskuorma ja valaistuskuorma, saadaan:

$$P_h = \{6 \text{ kW} + [(20 \text{ W/m}^2 * 55 \text{ m}^2) / 1000] + [(9 \text{ W/m}^2 * 55 \text{ m}^2) / 1000] =$$

7,6 kWh

Arvioitu asunnossa käytettävä (tai tarvittava) teho on 7,6 kWh. Kun tiedetään teho ja tiedetään jännite, on mahdollisuus saada selville tarvittavan virran määrä. Tässä tapauksessa voidaan käyttää Ohmin lakia. Tässä tapauksessa kolmivaiheisen TN-S-järjestelmän kaava on: (Rakennusten sähköasennukset 2002.)

$$I = P / (\sqrt{3} * U * \cos \phi)$$

P on teho

U on jännite

cos ϕ tässä tapauksessa on 0,96

Tästä voidaan laskea:

$$I = 7600 \text{ W} / (\sqrt{3} * 400 * 0,96) \text{ on } 11,4 \text{ A / vaihe}$$

Kerrottuna kolmella se on 34,2 A

Yksivaiheinen syöttö:

$$I = P / (U * \cos \phi)$$

Tästä seuraa:

$$I = 7600 \text{ W} / (230 * 0,96) = 34 \text{ A}$$

Laskentavertailussa oli laskettu, montako ampeeria on pääkytkimen kohdalla ryhmäkeskuksessa.

Nyt esiin tulee sulakkeiden koko ja kaapelin poikkipinta-ala. Taulukosta A-52.2 selviää, että kolmivaiheisen syötön poikkipinta-ala on 4 mm² tässä tapauksessa, kun kaapeli tuodaan pintavetona ryhmäkeskukselle. Poikkipinta-alaa joudutaan suurentamaan, 6 mm²:iin, jos asennusta upotetaan betoniin. (ST-kortisto 13.31 2018.)

Kun nousu on yksivaiheinen, eli nousut jäävät uusimatta, kaapelin poikkipinta-ala on 6 mm², jos kaapeli asennetaan pintaan. Uppoasennustapauksessa joudutaan taas suurentamaan poikkipinta-alaa 10 mm².

Tästä vertailulaskennasta selviää, että kolmivaiheinen järjestelmä sallii isompaa kuormitusta. Jos 6 mm²:n kuparijohdin kestää 28 A, niin kolmella kertomalla saadaan ulos 84 A. Näin ollen kolmivaiheinen järjestelmä, pintavetoinen tai uppovetoinen, 25 A:n sulakkeella varustettuna, kestää 84 A:n kuormitusta. Tulos on hyvä, yksivaiheinen järjestelmä ei näin paljon voi kestää.

Toisaalta, mihin asukas tarvitsee näin paljon sähköä? Vertailussa oli 55 m²:n kokoinen asunto. Ulos saatu virta on riittävä, kaksio ei tarvitse fyysisesti enempää virtaa.

Optimoinnin kannalta ei kannata asentaa suurta sähkökeskusta pieneen asuntoon. Näin ei kuitenkaan tehdä. Ryhmäkeskukset ovat aivan samanlaiset asunnon koosta riippumatta.

Jotkut asunnot eivät kaipaa uutta asennusta ollenkaan. Toisissa asunnoissa taas riittää myös kaapeli, minkä poikkipinta-ala on 6 mm². Tyypillisesti sellaisia ovat kolmikerroksiset talot, joissa on kaksi tai kolme portaikkoa.

Tästä voi päätellä, että nyrkkisääntö on seuraava. Nousukaapeleita, joiden poikkipinta-ala on 10 mm² ja jotka ovat betoniin upotetuissa peltisissä putkissa, ei tarvitse uusia. Jos nousukaapelin poikkipinta-ala on 6 mm², asia on harkittava erikseen. Kun nousukaapeleiden pituudet ovat kohtuullisia ja kun kaapeleita on tuotu sähköhylyjä pitkin mittarikeskuksesta ryhmäkeskukselle (ei upotettu betoniin), ei välttämättä tarvitse vaihtaa nousukaapeleita. Riittää, kun tuodaan maadoitusjohdin ja laajennetaan ryhmäkeskus asentamalla vikavirtasuojalaitteisto. Ennen kaikkea täytyy muistaa, että suomalainen sähköstandardi ei ole takautuva. Sähköä ei tarvitse vaihtaa, jos järjestelmä on turvallinen. Monissa taloyhtiössä sähkö on vaihdettu aivan turhaan.

Työn aikana haastateltiin muutamia asukkaita. Monet heistä olivat sitä mieltä, että sähkö on toiminut ongelmitta vuosia. Suurempiin huoneistoihin oli tuotu kolmivaiheinen vanha TN-C-järjestelmä. Tyypillinen esimerkki on Vaahtokuja 5, Vantaa. Taloyhtiössä on suuri määrä asuntoja, joiden pinta-ala on suurempi kuin 100 neliometriä. Tällöin sähköurakka olisi todella turhaa taloyhtiölle. Isoimmat huoneistot on toteutettu nimenomaan TN-C-järjestelmällä, kolmivaiheisella syötöllä ja nollajohtimella. Tällä nollajohtimella on myös maadoituksen rooli.

Seuraava vertailu näyttää, että myös vanhoja nousukaapeleita ei välttämättä tarvitse vaihtaa. Kaapeli on asennettu rei'itetyille hyllylle pystyyn ja vaakasuoraan ja vieressä

on kahdeksan muuta kaapelia. Kerrostalossa on kiukaita. Tässä esimerkissä voi käyttää ST-kortiston ST13.31 kaavaa kokemukseräiset laskentamallit asuinrakennuksen huipputehon määrittämiseksi. (Pienjännitesähköasennukset ja sähköturvallisuus 2018.)

$$P_h = B + [24 \cdot (A / 1000)] \quad (B = 90 \text{ kW})$$

B on 90 kW, kun kerroksessa on huonekohtaiset kiukaat

Tämä yhtälö soveltuu kohteisiin, joissa on vähintään 15 asuntoa ja yhden kerroksen pinta-ala on vähintään 2500 m². Pienemmissä taloissa B korvataan arvolla:

$$B_x = A_{\text{tod}} / 2500 \cdot B \geq 30$$

Oletetaan, että talon kerroksen pinta-ala on 600m², saadaan:

$$B_x = 600 \text{ m}^2 / 2500 \text{ m}^2 \cdot 90 \text{ kWh} = 21,6;$$

B on 30

B arvo ei voi olla pienempi kuin 30, jos tulos on pienempi, niin lasketaan silti arvolla 30. (ST-kortisto 13.31 2018.)

$$P_h = 30 + 24 + 600\text{m}^2/1000\text{m}^2 = 54,6 \text{ kW}$$

Bx on 30

Arvoa 24 käytetään kun on huonekohtaisia sähkökiukaita. (Rakennusten sähköasennukset 2002.)

$$I = P / (\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \phi) = 54,6 \text{ kW} / (\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV} \cdot 0,96) = 82,1 \text{ A}$$

Taulukko 43.1 kirjassa D 2017 selvittää, että gG-tyyppisen sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta on 100A, ja johdon sallittu kuormitus on vähintään 110 A. (Rakennusten sähköasennukset 2002.)

Kun kaapeli menee hyllyä pitkin vaaka- ja pystysuorassa, sen korjauskerroin on 0,72. (ST-kortisto 13.31 2018.) Laskennassa otetaan huomioon johdon suurin sallittu kuormitus ja jaetaan kertoimella 0,72

$$I = 110 \text{ A} / 0,72 = 152 \text{ A}$$

Asennustapa on E tai F (ST-kortisto 13.31 2018.). Kaapeliksi on valittava AMCMK 50 mm².

1970-luvun taloissa ei asunnoissa yleensä ole saunoja. Putkiremontin yhteydessä saunoja aina puretaan ja ne rakennetaan uudestaan asukkaan rahoilla. Keskimäärin saunan hinta on 4000–5000 €. Suuri osa asukkaista kieltäytyy saunasta sen kalliin hinnan vuoksi. Tällöin voidaan laskea samanlainen esimerkki ilman kiukaita. (ST-kortisto 13.31 2018.)

$$P_h = B + [17 * (A / 1000)] \text{ (B on 65 kW)}$$

B on 65 kW kun asunnossa ei ole kiukaita.

$$B_x = (600 / 2500) * 65 = 15,6; B = \geq 30$$

Oletetaan, että talon kerroksen pinta ala on 600 m², saadaan:

$$B_x = 600 \text{ m}^2 / 2500 \text{ m}^2 * 90 = 21,6$$

$$B = 30$$

B-arvo ei voi olla pienempi kuin 30. Jos tulos on pienempi, lasketaan silti arvolla 30. Arvoa 17 käytetään kun on huoneistossa ei ole kiukaita. (Rakennusten sähköasennukset 2002.)

$$P_h = 30 + 17 * (600 \text{ m}^2 / 1000 \text{ m}^2) = 40,2 \text{ kW}$$

$$I = P / (\sqrt{3} * U * \cos \phi) = 40,2 \text{ kW} / (\sqrt{3} * 0,4 \text{ kV} * 0,96) = 60,4 \text{ A}$$

Gg-tyyppisen sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta on 63 A ja johdon sallittu kuormitus on vähintään 70 A (Rakennusten sähköasennukset 2002.). Kun kaapeli menee hyllyä pitkin vaaka- ja pystysuorassa, tuolloin sen korjauskertoimen on 0,72 (Pienjännitesähköasennukset ja sähköturvallisuus 2007.).

$$I = 70 \text{ A} / 0,72 = 97 \text{ A}$$

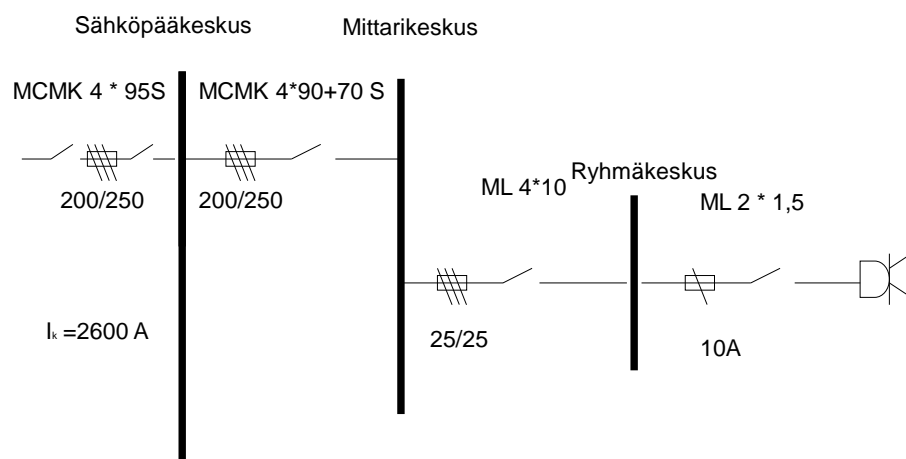
Asennustapa on E tai F (Pienjännitesähköasennukset ja sähköturvallisuus 2007.). Tässä tilanteessa mittarikeskuksen syöttökaapeli saa olla AMCMK 35 mm²

Edelliset laskut viittaavat siihen, että mittarikeskuksen vaihto ei myöskään ole pakollinen. Pääkeskuksen ja mittarikeskuksen väliset kaapelit ovat nykyisin melkein samanlaisia kooltaan. Uusimmissa 70-luvun taloissa nousukaapelit ovat halkaisijaltaan suuret. Korostetaan, että kaikki on tapauskohtaista, yleensä nousukaapelit ovat minimissään 50 mm².

On myös olemassa vanhaa tekniikkaa, jota kutsutaan tikaspuumenetelmäksi. Sillä tarkoitetaan, että kellarista nousee kolme vaihetta ja ne haaroitetaan joka kerroksessa. Kyseinen menettely on purettava putkiremontin yhteydessä ja tilalle on asennettava uusi kolmivaiheinen TN-S-järjestelmä.

Kolmannessa vertailussa esitetään turvallisuuteen vaikuttavia faktoja. Käsitellään oikosulkuvirtaa ja sen suuruutta.

Toimivatko sähköpääkeskuksen liittymisjohdon sulakkeet viidessä sekunnissa, jos vaihejohdin on suorassa yhteydessä pääkeskuksen runkoon oikosulkuvirran ollessa 2600 A? Seuraavassa esimerkissä on kuvattu, miten sähkön reitti kulkee pääkeskukselta pistorasialle. Esimerkissä lasketaan, minkälainen oikosulkuvirta on kauimpana olevalla kuluttajalla ja toimiiko johdonsuojakatkaisija.



Kuva 27. Kerrostalon sähkönsyöttöjärjestelmä.

Kuvassa 27 on sähköpääkeskus, mittarikeskus ryhmäkeskus ja pistorasia. Jos oikosulku tapahtuu pistorasiassa, silloin oikosulkuvirralla on oltava riittävä voima laukaisemaan johdonsuojakatkaisija tai tulppasulake. Ohmin lakiin viitaten lasketaan ensin pääkeskuksen impedanssi (Z_k). (Rakennusten sähköasennukset 2002.)

$$Z_k = (U * C) / I_k$$

U on jännite

C on oikaisukerroin

I_k on oikosulkuvirta

l on 4 m on pituus

$$Z_k = [230 \text{ V} * 0,95] / 2600 \text{ A} = 0,840 \Omega$$

Sitten täytyy laskea kaapelin impedanssi eli kaapelin resistiivinen vastus ja reaktiivinen vastus. MCMK 4 * 95 + 70 S impedanssi on 0,257 Ω / 1000m; 80 ° C lämpötilassa. Siitä seuraa:

$$Z_{mcmk} = 0,004 \text{ km} * 0,257 \Omega + [0,004 \text{ km} * 0,489 \Omega] = 0,002984 \Omega$$

Edeltävä virtapiirin impedanssi on pääkeskuksen impedanssi ja kaapelin impedanssi yhteen laskettuna. (Sähköinfo Oy, 2002, s. 70)

$$Z_{kMk} = Z_k P_k + Z_{kMCMK} = 0,0840 \Omega + 0,002984 \Omega = 0,086984 \Omega$$

Seuraavaksi Ohmin lailla voi laskea mittarikeskuksen impedanssin.

$$I_k = (219 \text{ V}) / 0,086984 \Omega = 2517 \text{ A}$$

Sitten on tämän päättöyön tärkeä kohta. Vaahtokuja 5:ssä olevassa kiinteistössä suurien huoneiden nousut on toteutettu 4 * 10 ML Johtimilla. Kun lasketaan oikosulkuvirtaa, laskemme vain vaiheen ja nollopotentiaalisen välisen oikosulkuvirran. Tämän mukaan lasketaan. (Rakennusten sähköasennukset 2002.)

$$Z_k 4 * 10 \text{ ML} = 2,246 \Omega / 1000\text{m}$$

l on 20 m

$$Z_k = (0,040 \Omega * 2) * 2,246 \Omega = 0,17968 \Omega$$

Kahdella on kerrottava koska on otettava myös nollajohtimen pituus, joka on täysin samanlainen kuin vaihejohdin.

$$Z_{rk} = 0,17968 \Omega + 0,086984 \Omega = 0,266664 \Omega$$

Tulokseksi saadaan ryhmäkeskuksen impedanssi 0,266664 Ω . Seuraavaksi voidaan laskea kauimpana keskukselta sijaitsevan pistorasian oikosulkuvirta. Oletetaan, että se on 30 metrin etäisyydellä ryhmäkeskuksesta. Ensin on laskettava 3 * 1,5 mmj:in kaapelin impedanssi. (Rakennusten sähköasennukset 2002.)

$$Z_{k3} * 1,5 \text{ mmj} = 0,030 * (14,620 * 2) = 0,8772 \Omega$$

$$I_k = U * C / (Z_{rk} + Z_{k3} * 1,5 \text{ mmj}) = 230 * 0,95 / (0,8772 + 0,266664 \Omega) = 249 \text{ A}$$

Tulos on hyvä. Alhaalla on kaksi taulukkoa, joista ilmenee tulppasulakkeen vaadittu arvo ja johdonsuojakatkaisijan mitattu arvo. Arvolla taas tarkoitetaan oikosulkuvirtaa. Se on ampervoima, joka saa sulakkeen palamaan tai laukaisemaan johdonsuojakatkaisijan.

Kyseessä on kohde, jossa tapahtui oikosulkuvirta. Taulukoista 2 näkyy, että gG sulakkeen minimi mitattu arvo on 102,5 A, ja silloin kun, käytössä on johdonsuojakatkaisija, arvo laskee 62,5 A. (Rakennusten sähköasennukset 2002.)

Taulukko 2. Pienimmät toimintavirrat johdonsuojakatkaisijoille

Nimellisvirta [A]	Pienimmät toimintavirrat [A] johdonsuojakatkaisijoille			
	B-tyyppi		C-tyyppi	
	toiminta-aika 0,4 s ja 5,0 s	vaadittu mitattu arvo	toiminta-aika 0,4 s ja 5,0 s	vaadittu mitattu arvo
6	30	37,5	60	75
10	50	62,5	100	125
13	65	81,3	130	162,5
16	80	100	160	200
20	100	125	200	250
25	125	156,3	250	312,5
32	160	200	320	400
50	250	312,5	500	625
63	315	393,8	630	787,5
80	400	500	800	1000
125	625	781,3	1250	1562,5

Laskelmasta ja taulukosta 3 selviää, että 249 A:n oikosulkuvirta polttaa varmasti C10-sulakkeen. Jos ryhmäkeskukselle asennetaan johdonsuojakatkaisijoita se tarkoittaa, että kaapelin poikkipinta-ala voisi olla ohuempi tai kaapelit saattavat olla pidempiä. Laskelmassa on laskettu pisin mahdollinen asunnon pistorasia ja ylin kerros. Kohteena oli Vaahtokuja 5:ssä oleva kiinteistö. Kyseessä on viisikerroksinen talo, jossa mittarikeskus sijaitsee kellaritiloissa.

Tehtävässä on käytetty kaapeleita, jotka olivat 70-luvulla tyypillisesti käytössä kerrostaloissa. Nykypäiväiset syöttökaapelit ovat pinta-alaltaan suuremmat kuin tässä tehtävässä. Erona on, että 50 vuotta sitten käytettiin kuparikaapelia, mikä johtavuuden kannalta on paljon parempi kuin alumiinikaapeli, jota nykyään käytetään.

Taulukko 3. Pienimmät toiminta arvot Gg sulakkeille (Rakennusten sähköasennukset 2002.).

8

Taulukko 41.5. gG-sulakkeiden edellyttämät pienimmät oikosulkuvirrat.

Sulakkeen nimellisvirta [A]	Pienimmät toimintavirrat ja vaaditut mitatut arvot [A]			
	toiminta-aika 0,4 s		toiminta-aika 5,0 s	
	toimintavirta	mitattu arvo	toimintavirta	mitattu arvo
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,5
40			190	237,5
50			250	312,5
63			320	400
80			425	531,3
100			580	725
125			715	893,8
160			950	1187,5
200			1250	1562,5
250			1650	2062,5
315			2200	2750
400			2840	3550
500			3800	4750
630			5100	6375

5.7 Hintavertailu

Sukituteknikalla toteutettava linjasaneeraus tulee maksamaan vähemmän kuin perinteinen tapa.

- Viemärin uusinta 500–600 € / asuinneliö
- Käyttövesiputkien uusinta 100–150 € / asuinneliö

- Sähköurakointi 120–150 € / asuinneliö
- Vesieristys ja laatoitus 150–200 € / asuinneliö

Perinteisessä tavassa lasketaan yhteen kalleimmat positiot, lisätään asbestityöt ja mahdolliset lisätyökustannukset. Tulokseksi saadaan keskiarvo 1100 € / asuinneliö.

Sukituksessa saneerataan viemäriputket sisäpuolelta rikkomatta pintoja. Jos samalla urakalla tehdään myös käyttövesiputkienvaihto ja laajennetaan sähköt, niin hinta on huomattavasti erilainen. (Takala 2018.)

- Sukitustekniikka 80–135 € / asuinneliö
- Käyttövesiputkien uusinta 100–150 € / asuinneliö.
- Sähköverkon laajennus 50 € / asuinneliö
- Yhteen laskettu hinta on 350 €

Jos kylpyhuoneet ovat huonokuntoiset ja ne vaativat saneerauksen, taloyhtiö voi saneerata ne erillisellä urakalla. Yleensä taloyhtiössä on uusittuja kylpyhuoneita. Kartoituksen aikana tämä selviää ja on mahdollista korjata huonokuntoisia märkätiloja. Voi toimia niinkin, että asukkaat hakevat omilla kustannuksillaan laatat ja erillinen urakoitsija asentaa ne paikoilleen. Jos halutaan uusia märkätilan kalusteita, niin niitä voi myös hankkia erikseen. Omatoiminen rakennuspohjoinen ostos on aina edullisempaa. Jotkut osakkaat hankkivat jopa rakennusmateriaalitkin itse, esimerkiksi vedeneristysmassan ja märkätilalaastin. Yleensä taloyhtiön säännöissä lukee vaaditut sekoittimien ja WC-istuimien merkit, esimerkiksi Oras. Kun järkevästi uusitaan laatat, kokonaishinta nousee noin sadalla eurolla, mutta se ei ole 1100€ / asuinneliö.

Asukasystävällisessä linjasaneerauksessa ei tarvitse uusia kaikkea kerrallaan. Yleensä taloyhtiö ottaa lainaa ja maksaa sen osissa takaisin. Kun asukkaat saavat lainan maksetuksi, silloin voi harkita käyttövesiputkien uusimista ja sähköjen laajentamista. Tällä hetkellä joillekin taloyhtiölle pankit eivät myönnä. Jos jaetaan linjasaneeraus pienempiin osiin, laina ei ole myös silloin suuri.

5.8 Väärin jaetut kustannukset

Kustannusten jako putkisaneerauksissa on vääristynyt. Niitä ei jaeta tasapuolisesti. Ongelma kustannusten jaosta johtuu asuntoyhtiölaista. Korjauksen kustannukset

jaetaan asukkaan omistamien asuinneliöiden kesken. Tämä on tavallisin yhtiöjärjestyksen määräämä rahoitusvastikeperuste. Tapa on epäoikeudenmukainen.

Kiinteistössä on useimmiten erikokoisia asuntoja, työ niissä on kuitenkin täysin yhtenevä. Kaikissa samanlainen WC-istuin, suihku, lavuaarit, hanat, laatat ym. WC-istuimia voi olla myös kaksi. Toinen WC ei yleensä ole märkätilaa ja se ei vaadi vedeneristystä. Se voi vaatia erillisen nousulinjan, mutta hinta ei kuitenkaan eroa näin jyrkästi.

Esimerkiksi Vantaalla, Myyrmäessä, Vaahtokuja 5:ssä on taloyhtiö, jossa on yhteensä 75 asuntoa. Kiinteistössä 14 asuntoa on 6-huoneisia ja yhden asunnon pinta-ala on 121 neliötä. Pääkaupunkiseudun hinnaston mukaan putkisaneerausneliö maksaa neliöltä 1 000 euroa eli yhden asunnon osalta 121 000 euroa.

Kun kyseisessä taloyhtiössä on myös sekä kaksioita, että yksiöitä, ovat näiden asuntojen kohdalta kustannukset aivan samat. Sekä yksiöissä että kaksioissa on lähes täysin vastaava varustelu verrattuna suurempaan asuntoon, mutta lopullinen hinta on aivan erilainen.

Kaikissa on samanlainen pohjaviemäri ja samanlaiset nousut. Myös vesipisteet, hanat, WC-istuimet, laatoitus ja muut materiaalit ovat täysin samoja. Asukkaalle lankeava lasku tulee kuitenkin asuinneliöiden mukaan eli 50 neliön kaksion putkisaneeraus maksaa 50 000 euroa ja 25 neliön yksiön 25 000 euroa. Miten sama työ voi maksaa joko 121 000 tai 25 000 euroa? Jokin menee asiassa vikaan. Suurten asuntojen omistajat subventoivat pienempiä asuntoja putkiremonttien kustannusten maksajina. Veloitusperuste on kuitenkin aivan laillinen, mutta epäoikeudenmukainen.

Suurten asuntojen omistajat joutuvat suurimpien maksujen maksajiksi ja pahimmillaan myymään asuntonsa ja muuttamaan pienempään. Myös lapsiperheitä tämä koskee erityisesti, sillä tilaahan ei ole koskaan liikaa, eikä myöskään rahaa.

6 Yhteenveto

Toivottavaa olisi, että insinööriyö esiteltäisiin taloyhtiöiden hallituksille. Tässä raportissa on monta yleistä esimerkkiä, joita voidaan soveltaa oman taloyhtiön kohdalla. Kaikki kiinteistöt ovat erilaisia, eikä jokaiseen sovi nämä saneerausehdotukset, mutta kuitenkin yleinen kuva on aika lailla samanlainen jokaisessa taloyhtiössä.

Insinööriyö sisältää tietyntaista opastusta, esimerkiksi asuntoa hankittaessa tulevan asukkaan olisi syytä miettiä, minkä kokoisessa taloyhtiössä olisi mukavampi asua. Huomioitavaa on ison ja pienen työmaan valmistusaika. Isohko työmaa voi kestää vuosia, vaikka haitta-aika on vain 12 tai 10 viikkoa. Kohteen A esimerkissä se ilmenee varsin selkeästi. Asukas on poissa kotoa 12 viikkoa, mutta muuttaessaan takaisin hän silti asuu remontin keskellä, koska viereistä taloa remontoidaan. Maarakentajat aiheuttavat epämukavuutta, viereisestä talosta kuuluu aamuisin poraussääniä, kuorma-autot tuovat jatkuvasti materiaalia työmaalle, kaivinkoneet jyrisevät jne. Koko tonttia voidaan remontoida jopa kaksi vuotta. Pikkutyömaat yleensä kestävät noin puoli vuotta.

Työllä pyrittiin opastamaan asukkaita ja taloyhtiön hallituksen jäseniä mahdollisista linjasaneerauksien haitoista. Insinööriyössä vertailtiin kahta käynnissä olevaa työmaata, ja kolmannella työmaalla yritettiin vähentää kustannuksia käyttämällä erilaisia innovatiivisia keinoja. Kolmannella työmaalla työssä tehdyillä laskelmilla on osoitettu, että sähköurakka ei välttämättä ole tarpeellinen.

Päätavoitteena on kustannuksien vähentäminen, ja havainnollinen näyttö, miten saneerauksen voisi toteuttaa. Tutkimuksessa jäi mainitsematta, miten voi säästää rakennuspohjaisissa töissä. Tässä selvityksessä ei mainittu lisätöistä aiheutuvista ylimääräisistä kustannuksista. Tutkimusta voisi jatkaa tekemällä konkreettiset putkiremonttitoimintaohjeet taloyhtiöiden hallituksille. Voisi korostaa kaikki sudenkuopat, esitellä konkreettiset suunnittelutoimistot, jotka tietävät sukutiustekniikan todellisen hyvän puolen. Esitellä voisi myös parhaiden sukitusurakoitsijoiden listat.

Hintavertailussa osoitettiin selvästi, että kustannuksia voi vähentää, jos taloyhtiön hallitus toimii järkevästi. Linjasaneerauksien korkein piikki on tulossa vuodelle 2025. Kilpailun kiristymisestä voi seurata hintojen lasku. Vertailussa selvisi, että kannattaa aina pohtia taloyhtiön päätöksiä ja tutustua tietomateriaaliin ennen päätöksen tekoa. Tällä hetkellä hybridiremontit eivät ole niin suosittuja. Jos tämän insinööriyön takia

asukkaita ei uhkaa 12 viikon muutto omasta kodistaan ja taloudellinen puoli on myös päätetty optimoida, silloin insinööriyö katsotaan sataprosenttisesti onnistuneeksi.

Lähteet

1960-luvun Suomen suurimman taloyhtiön putkiremontti alkoi Helsingin Munkkivuoressa – urakka kestää monta vuotta 2018. Verkkoaineisto. Rakennuslehti: <<https://www.rakennuslehti.fi/2018/09/1960-luvun-suomen-suurimman-taloyhtion-putkiremontti-alkoi-helsingin-munkkivuoressa-urakka-kesta-monta-vuotta/>>. Luettu 20.03.2019.

Fredriksson, J. 2019. Yliasentaja, Telia, Helsinki. Keskustelu 20.03.2019

Holopainen, R. 2018. Putkien elinkaari puhuttaa. Verkkoaineisto. Rakennustaito.fi: <rakennustaito.fi/digilehti/02-2015/putkien-elinkaari-puhuttaa-tavoitteena-100-vuoden-kayttoika/>. Luettu 29.03.2018.

Jäppinen, H. 2019. Pääsähkömies, Sähkösalpa, Helsinki. Keskustelu 23.03.2019

Kiinteistöjen valokuitukaapeloinnin uudet määräykset. 2014. Verkkoaineisto. Orbis: <<http://www.orbis.fi/blogi/kiinteistöjen-valokuitukaapeloinnin-uudet-määräykset/>>. Luettu 1.5.2019.

Lukkari, J. 2008. Verkkoaineisto. Tekniikka & talous: <<https://www.tekniikkatalous.fi/tekniikka/energia/2008-12-09/S%C3%A4hk%C3%B6n-kulutuksen-lasku-jyrkkenee-3251420.html/>>. Luettu 20.02.2019.

Luvat ja ilmoitukset, asbesti. 2019. osoitteesta Työsuojelu.fi: <<https://www.tyosuojelu.fi/tietoa-meista/asiointi/luvat-ja-ilmoitukset/asbesti/>>. Luettu 02.04.2019.

Nissinen, J. 2018. Redan Oy, Helsinki. Keskustelu 12.12.2018

Parikka, V. (20. 03 2019). Helsingin sanomat, kaupunki. Verkkoaineisto. Helsingin sanomat: <<https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000005822739.html/>>. Luettu 20.03.2019.

Pienjännitesähköasennukset ja sähköturvallisuus 2007. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto.

Rakennusten sähköasennukset 2002. Sähköinfo Oy.

ST-kortisto 13.31 2018. Sähköinfo Oy

Sukitus. 2019. Verkkoaineisto. Sukitusta ja viemärisaneerausta Espoosta. <<https://sukitusvalvonta.com/sukitus/>>. Luettu 29.03.2019.

Sähköala, asennussuositukset. 2019. Verkkoaineisto. Sähköinfo: <http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/Asennussuositukset/vikavirtasuojaus/fi_FI/6-7-2017>. Luettu 25.03.2019.

Takala, S. (2018). Myynti voi tyssätä putkiremontin tuloon. Helsingin sanomat.

Valtioneuvoston asetus painelaitteista. 2016. Verkkoaineisto. Finlex:
<www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161548/>. Luettu 20.02.2019.

Virta, I. (2018). Painajainen kerrostalossa. Tekniikan maailma.

Wolski, S. 2019. Pääsähkömies, JRA-sähkö Oy, Helsinki. Keskustelu 17.04.2019