

Hakan Yilmaz

Rivitalon talotekniikka

Tekijä Otsikko	Hakan Yilmaz Rivitalon talotekniikka
Sivumäärä Aika	33 sivua + liite 27.1.2012
Tutkinto	Sähköinsinööri
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Jarno Varteva
<p>Insinöörityössä on tutustuttu rivitalon talotekniisiin toteutuksiin ja koottu niistä selkeä ja yhtenäinen tuotos. Rivitalon talotekniikka käsittää perinteisesti LVI-järjestelmät, sähkötekniset toteutukset ja rivitalon taloautomaation. Jokainen osa-alue tukee toisiaan ja näin saadaan toimiva kokonaisuus. Rivitalon talotekniikan avulla tuotetaan hyödykkeitä, kuten puhdasta vettä, hyvää sisäilmaa, sopivaa valaistusta ja turvallisuuspalveluita.</p> <p>Tämän työn tarkoitus ei ollut uuden tutkimustiedon tuottaminen vaan hyödyntää jo olemassa olevaa tietoa. Työssä pohdittiin rivitalon taloteknisiä sovelluksia ja niihin etsittiin mahdollisia kehitysideoita. Työssä huomioitiin talotekniikan vaikutukset rivitalon kiinteistöön ja sen asukkaisiin.</p> <p>Työtä tehdessä huomattiin, että erityisesti rivitalon talotekniikasta kertovaa kirjallisuutta löytyi melko niukasti. Insinöörityössä sovellettiin tekniikan ja yleisen talotekniikan kirjallisuutta, sekä internetaineistoa.</p> <p>Työn yhteenvedona todettiin, että talotekniikka ja sen suunnittelu on jatkuvan kehityksen kohteena. Talotekniikkaa ohjaavat tarkat määräykset turvallisuudesta, ihmisten hyvinvoinnista ja rakennusympäristöstä. Näiden rinnalle on nousemassa myös ekologisuus. Energian säästö onkin tuonut omat haasteensa talotekniikan suunnitteluun ja toteutukseen.</p>	
Avainsanat	talotekniikka, taloautomaatio, rivitalo, ilmalämpöpumppu, LVI

Author Title	Hakan Yilmaz The Building Services of a Row House
Number of Pages Date	33 pages + 1 appendix 27 January 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Jarno Varteva, Senior Lecturer
<p>In this thesis, the goal was to examine the building services of a row house and to clearly describe them. Usually the technology of a row house consists of heating, plumbing, ventilation, air-conditioning, electrical systems and building automation. Each of these areas supports one other and this creates a working whole. Clean water, correct air temperature, lighting, fire- and burglar alarms and information technology networks are just some examples of building services.</p> <p>The main idea of this thesis was not to bring new research material, but to examine the already existing building services. Written material is reconsidered and improved ways to do some things are presented. All ideas are considered for the benefit of a row house estate and its inhabitants.</p> <p>The thesis is based on literature and internet-material. There are not that many books written directly on the topic of building services of a row house but the existing material was used for this thesis.</p> <p>The conclusion of this thesis is that building services and designing of building services is in continuous development. Building services are guided by strict regulations about safety, people's wellbeing and construction environment. Ecological thinking and energy saving have also brought a challenge to designing and executing building services.</p>	
Keywords	Building services, building automation, row house, air-source heat pump, HVAC

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Rivitalon LVI-järjestelmät	2
2.1	Lämpö ja lämpöhäviöt	2
2.2	Lämmitysmuodot	3
2.2.1	Sähkölämmitys	3
2.2.2	Ilmalämpöpumppu	4
2.2.3	Kaukolämmitys	5
2.2.4	Öljylämmitys	6
2.3	Sisäilma	7
2.3.1	Ilman laatu	7
2.3.2	Ilmanvaihto	11
2.4	Vesi ja viemärointi	13
3	Rivitalon sähkötekniset toteutukset	14
3.1	Sähköinen talotekniikka	14
3.2	Sähköturvallisuus	15
3.3	Kaapelit ja asennusreitit	16
3.4	Jakokeskukset	19
3.5	Valaistus	20
4	Rivitalon taloautomaatio	21
4.1	Paloilmoitinjärjestelmä	23
4.2	Rikosilmoitinjärjestelmä	25
4.3	Mittaus ja säätöjärjestelmät	27
5	Yhteenveto	29
	Lähteet	31
	Liite	
	Pääsulakkeen mitoitus ja laskenta	

1 Johdanto

Talotekniikalla tarkoitetaan kiinteistön tekniikkaa, palveluita ja erilaisia järjestelmiä. Tärkeimpiä näistä ovat LVI-järjestelmät ja sähköjärjestelmät. Talotekniikka vaikuttaa oleellisesti kiinteistön energiakulutukseen, ympäristöön, viihtyvyyteen ja käyttömukavuuteen. Talotekniikan jatkuva kehitys parantaa entisestään asumisen laatua ja ympäristön tilaa, mutta nykypäivän standardit ja vaatimukset kiristyvät entisestään, ja talotekniikan on pysyttävä mukana uusine ideoineen ja sovelluksineen.

Taloteknisten toteutusten suunnitteluun vaikuttavat suuresti lähtökohdat rakentamiselle. Tulevat asukkaat voivat haluta mahdollisimman ekologisen kodin tai vaihtoehtoisesti halvan, yksinkertaisen ja vähän talotekniikkaa sisältävän kokonaisuuden. Pääsääntöisesti talotekniikan vastuulla on tuottaa käyttäjien tarpeisiin soveltuvat turvalliset, viihtyisät ja kontrolloidut olosuhteet.

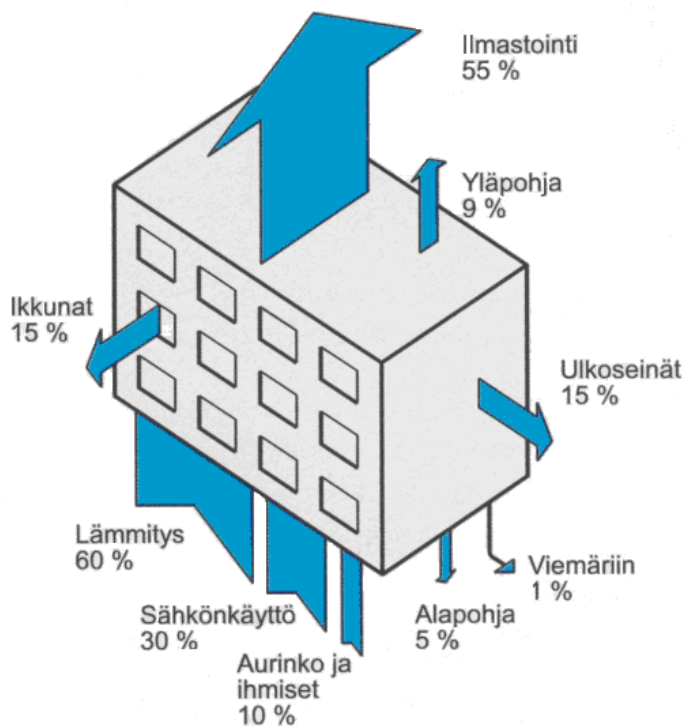
Tässä insinööriyössä tutustutaan rivitalon talotekniikkaan ja sen vaikutuksiin nykyajan rivitalorakentamisessa ja suunnittelussa. Tämän insinööriyön tarkoitus ei ole uuden tutkimustiedon tuottaminen, vaan tavoitteena on hyödyntää jo olemassa olevaa tietoa, ja antaa lukijalle selkeä kokonaiskuva rivitalon talotekniikan merkityksestä. Erittäin syvä ja teoreettinen tarkastelu on jätetty työstä pois.

Työssä käydään läpi rivitalon kolme pääaluetta, LVI-järjestelmät, sähkötekniiset toteutukset ja rivitalon taloautomaatio. Osa-alueet tukevat toisiaan ja luovat näin toimivan kokonaisuuden. Taloautomaation sovelluksia, kuten mittalaitteita ja automaattisia paloilmalaitteita, tarkastellaan hieman lähemmin. Taloautomaatio on uusi tulokas talotekniikan ryhmään. Sillä on saatu pienennettyä manuaalisen työn määrää ja sen myötä asumisen kokonaiskustannuksia. Kiinteistöt ovat ympärivuorokautisen valvonnan alla ja juuri tämän takia myös asumisen turvallisuus on parantunut huomattavasti.

2 Rivitalon LVI-järjestelmät

2.1 Lämpö ja lämpöhäviöt

Lämpö siirtyy aina korkeammasta lämpötilasta matalampaan, ja se pyrkii samalla tasoittamaan lämpötilaeroja. Lämpö kulkee johtumalla, säteilemällä ja konvektiona. Lämpimät patterit säteilevät lämpöä ja kylmästä ikkunapinnasta saattaa konvektion avulla tulla kylmiä ilmavirtauksia. Jokainen lämmön kulkumuoto omaa roolinsa rivitalon lämmityksessä ja häviöissä. Kuvasta 1 nähdään, miten lämpöhäviöt jakautuvat rakennuksen vaipan lävitse. Lämpöhäviöt rakennuksen läpi tapahtuvat yleensä johtumalla.



Kuva 1. Rakennuksen lämpöhäviöt [1, s. 60]

Rakennuksen lämmitystarve muodostuu rakenteista, lämpöhäviöistä, ilmanvaihdosta ja käyttöveden lämmittämisestä. Lämmöneristäminen pienentää huomattavasti lämpöhäviöitä ja vaikuttaa näin lämpöviihtyisyyteen. Eristämisessä ja hyvien energiatehokkaiden materiaalien valitsemisessa ei kannata tinkiä, sillä se vaikuttaa lämmityskustannuksiin koko rivitalon elinkaaren ajan.

Lämmitystarpeeseen vaikuttavat myös sisä- ja ulkolämpötila, rakennuksen muoto, suunta, sijainti, seinien ja ikkunoiden määrä ja niiden koko. Esimerkiksi ikkunaneliö hukkaa lämpöä kuusi kertaa enemmän kuin ulkoseinä. On syytä pohtia, kuinka paljon ikkunapinta-alaa rivitaloon halutaan. Myös ilmanvaihdon lämpöhäviöt ovat suuria. Huolellinen ilmastointisuunnittelu ja lämmöntalteenotto parantavat näitäkin häviöosuuksia huomattavasti. Lämmitystarvetta voidaan siis ajatella lämmitystehon ja lämmitysenergian tarpeena. [1.]

2.2 Lämmitysmuodot

2.2.1 Sähkölämmitys

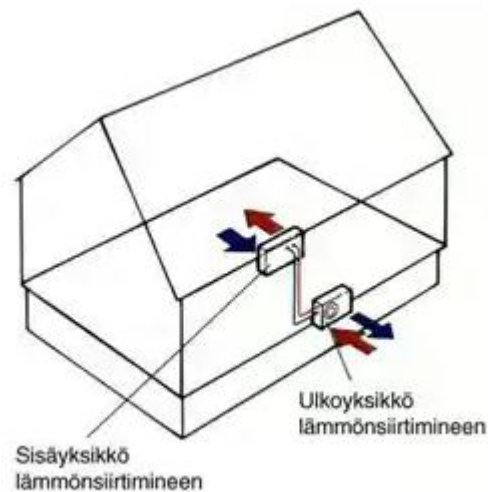
Sähkölämmityksen perusideana toimii sähkön muuttaminen lämmöksi sähkövastuksissa. Vastusten muodolla, sijoittelulla ja lämmityslaitteen rakenteella luodaan erilaisia lämmittimiä ja lämmitystapoja. Sähköpattereita löytyy suljettuja, avoimia ja yhdistelmiä. Suljettu lämmitin luovuttaa lämpöenergiaa laitteen ulkopinnoilta säteilynä ja konvektiona. Se on tehokas pienten alueiden lämmittämiseen. Avoin eli virtauslämmitin perustuu ilman virtaamiseen lämmittimen läpi, jolloin lämpö siirtyy pääosin konvektiona. Sitä käytetään muun muassa eteisissä.

Sähkölämmityslaitteet ovat useinmiten hankintahinnaltaan edullisempia kuin muut lämmityslaitteet, mutta sähkölämmitys tulee kalliimmaksi käyttää. Sähkö tuotetaan polttamalla polttoaineita, kun toiset polttoaineet käyvät taas suoraan lämmittämiseen. Tästä syystä sähkö on myös kalliimpaa. Sähkölämmitysmuotoja ovat suora- ja varaava sähkölämmitys. Suorassa lämmityksessä sähköenergian kulutusta säädellään termostaattilla. Yksinkertaisimmillaan suoralla sähkölämmityksellä tarkoitetaan sähköpattereita, joilla voidaan nopeasti nostaa ja laskea huonelämpötilaa.

Varaavassa sähkölämmityksessä käytetään yleensä halvempaa tariffisähköä – yö sähköä. Lämpö varataan rakenteisiin, veteen tai johonkin kiintoaineeseen. Usein lämmitetään yöllä, ja lämpöä luovutetaan varatusta kohteesta tarpeen mukaan. Lämmittimet tulee sijoittaa ja asentaa standardien mukaisille paikoille ja niiden vaatimalla tavalla, esimerkiksi roiskeveesisuojattu patteri voidaan asentaa kylpyhuoneeseen. [1; 2.]

2.2.2 Ilmalämpöpumppu

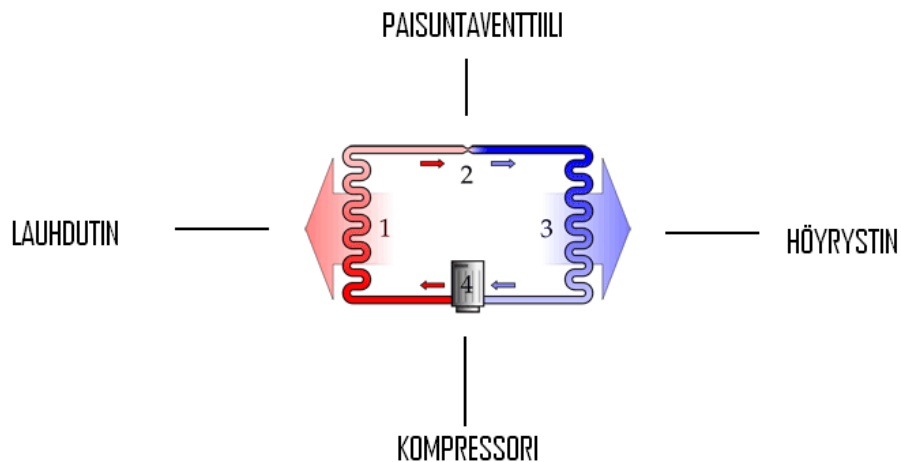
Sähkölämmitteisessä rivitalossa suositeltavaa olisi käyttää sähkölämmityksen lisänä ilmalämpöpumppua. Näin voidaan asuntokohtaisesti säätää sopiva ilmankosteus ja lämpötila, säästäten lämmityskuluissa. Käytännössä talvella säästetään lämmityskustannuksissa ja kesällä viilennetään asuntoa mieleiselle tasolle, jolloin ilmasta saadaan poistettua kosteutta ja epäpuhtauksia. Ilmalämpöpumppu on myös tehokas pölyn poistaja. Pumpun sisäyksikön ilmansuodattimet keräävät ilmasta pölyä samalla, kun kone imee huoneilmaa lävitseen. Näin sähkölämmitteinen huoneilma pysyy vähemmän pölyisenä.



Kuva 2. Ilmalämpöpumpun yksiköt [3]

Kuvasta 2 nähdään, miten ilmalämpöpumppu siirtää lämpöenergiaa sisäyksiköltä ulkoyksikölle ja päinvastoin, riippuen siitä, onko pumppu lämmitys- vai viilennyskäytössä. Sen toiminta perustuu olomuodon muutokseen, eli sisä- ja ulkoyksikön putkistoissa kiertävä kylmäaine joko höyrystyy tai tiivistyy nesteeksi.

Höyrystin höyrystää ja lauhdutin tiivistää kylmäaineen takaisin nestemuotoon. Olennaisimpia osia on kompressori, joka puristaa höyryä kasvattaakseen sen lämpötilaa. Paisuntaventtiilillä taas säädetään kylmäaineen virtausta, joka määrittää ilman lämpötilan ja volyymin. Parhaimmissa ilmalämpöpumpuissa on +7 °C:n lämpötilassa hyötysuhde yli viisi ja vielä jopa -20 °C:ssa kaksinkertainen.



Kuva 3. Ilmalämpöpumpun toimintakaavio ja osat [4]

Lämmityskäytössä suuripaineinen ja kuuma höyry ajetaan sisäyksikölle, jossa lauhdutin lauhduttaa höyryn nesteeksi ja luovuttaa lämpöä. Tämä lämpö puhalletaan sisäyksikössä olevien puhaltimien kautta sisäilmaan. Kuvassa 3 on havainnollistettu kyseistä tapahtumaketjua.

Viilennyskäytössä lauhdutin ja höyrystin vaihtavat paikkaa, ja nesteen kierto muuttuu päinvastaiseksi. Höyrystynyt kylmäaine sitoo lämpöenergiaa, eli se kylmenee. Sisäyksikön puhaltimet puhaltavat viileän ilman sisäilmaan. [1; 3; 4.]

2.2.3 Kaukolämmitys

Kaukolämmitys on Suomen yleisin lämmitysmuoto. Lähes puolet suomalaisista asuu kaukolämpötaloissa. Kaukolämpöä käytetään lähes jokaisessa kaupungissa ja taajamassa. Suurin osa Suomen rivitaloistakin lämmitetään kaukolämmöllä. Se on taloudellisempaa, mitä tiheämmin rakennettu alue on, ja mitä isompia rakennukset ovat. Noin 95 % asuinkerrostaloista sekä valtaosa julkisista ja liikerakennuksista, ovat myös kaukolämmitettyjä. Investointi-, huolto- ja käyttökustannukset tulevat halvemmaksi, mitä enemmän samalla alueella olevat ihmiset käyttävät kaukolämpöä. Hyötysuhde näin ollen paranee.

Kaukolämmityksessä on asuntokohtainen lämmitysenergian säästö hieman hankalampaa kuin sähkölämmityksessä. Rivitaloyhtiössä oleva lämmönjakokeskus lämmittää jokaista rivitaloaluoneistoa samalla määrällä energiaa. Kukin asukas voi toki säädellä patterikohtaisia termostaatteja, ja näin pienentää kokonaiskulutusta, mutta vaikutus on vähäinen.

Kaukolämpö perustuu sähköntuotannon yhteydessä muodostuvaan lämpöön, joka ilman sen talteenottoa menisi hukkaan. Kattilassa kuumennettu vesi höyrystyy, ja kuuma höyry pyörittää turbiinia. Höyry viilennetään lauhduttimella ja viilennyksen yhteydessä otetaan höyrystä vapautuva lämpö talteen. Tätä lämpöä kutsutaan ns. jätelämmöksi. Suomi onkin tässä lämmöntalteenotossa edelläkävijämaita. Yhteistuotanto katsotaan EU:ssa merkittäväksi yksittäiseksi keinoksi vähentää kasvihuonekaasujen syntymistä. Kaukolämpö säästää myös energiaa ja luontoa sekä parantaa kaupunkien ilmanpuhtautta. [1; 5.]

2.2.4 Öljylämmitys

Öljylämmityksellä Suomessa lämmitettäviä kiinteistöjä on noin 250 000. Se on hankintakustannuksiltaan edullinen, ja öljyä on myös helppo saada taajama-alueiden ulkopuolella. Muista hyvistä ominaisuuksista mainittakoon öljyn korkea lämpöarvo (jopa 42,7 MJ/kg energiaa). Öljy on kaasun kanssa energiasisällöltään kärkisijoilla. Tästä huolimatta muut energiamuodot ovat viemässä öljylämmityksen asiakkaita. Tulevaisuudennäkymissä öljyn loppuminen ja jatkuva litrahinnan nousu, pistävät asiakkaat ajattelemaan vaihtoehtoisia lämmitysmuotoja. Rivitaloissa käytetään pääasiassa kevyttä, rikitöntä polttoöljyä. Raskaampaa polttoöljyä sovelletaan suurkuluttajille, esimerkiksi tehdashalleille.

Öljylämmityksen poltinlaitteisto koostuu kattilasta, poltinlaitteesta, öljysäiliöstä ja siirtoputkesta. Säiliöstä imetty öljy kulkeutuu poltinlaitteelle, joka sumuttaa suuttimen kautta öljyä tasaisen tehokkaasti. Kipinälaite sytyttää öljyn ja kyseinen liekki jää kattilan tulipesään. Tulipesästä lämpö siirtyy johtimien kautta lämmitettävään veteen. [1; 6.]

2.3 Sisäilma

Hyvän sisäilmaston luominen on LVI-suunnittelun ja -toteutuksen tärkeimpiä tehtäviä. Laadukkaassa sisäilmassa viihdytään ja voidaan hyvin. Sisäilma vaikuttaa myös rivitalon käyttökään ja energiankulutukseen.

Sisäilmastoksi kutsutaan huoneessa vaikuttavien kemiallisten ja fysikaalisten olosuhteiden kokonaisuutta. Vuorokauden tunneista suurin osa vietetään juuri sisätiloissa. Tämän vuoksi sisäilman tulee olla laadultaan erittäin hyvää. Sisäilma jaetaan kolmeen eri luokkaan S1, S2 ja S3. Parhain näistä on S1, jossa myös allergikot voivat olla oireilematta. S2 sallii vähäiset poikkeukset, kuten lämpötilan nousun kesällä, ja S3 taas on tyydyttävää mahdollisine hajuhaittoineen.

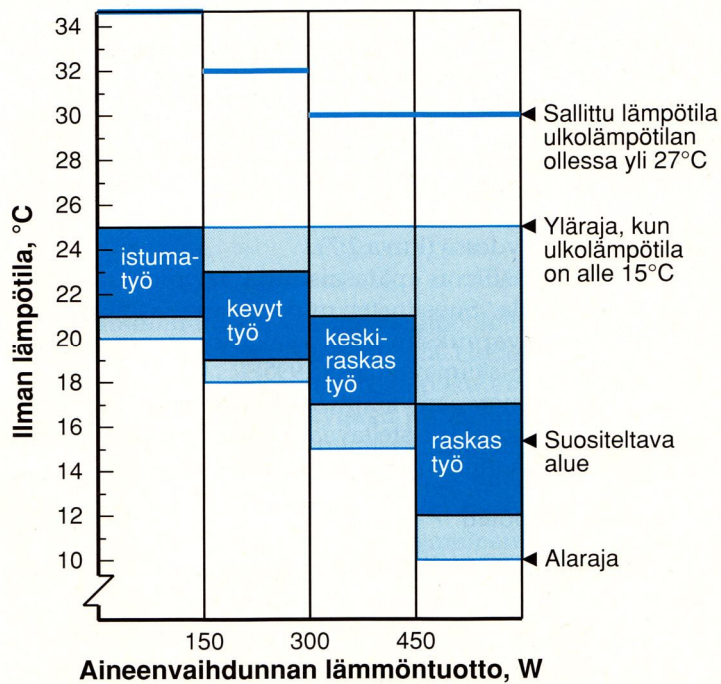
Se miten sisäilman laatu koetaan, on yksilöllistä, mutta kuka tahansa pystyy havaitsemaan hyvän ja huonon sisäilman. Erilaiset sisäilman säätömahdollisuudet helpottavat luomaan parempaa sisäilmaa, mutta usein ne rajoittuvat pienelle alueelle. Vaihtoehtoisesti kokonaisen toimistokerroksen viilentäminen mieleiseksi yhdelle ihmiselle, ei välttämättä taas miellytä toisia.

Tunkkaisuus, pölyisyys ja mahdolliset hajuhaitat ovat yleisimmät ongelmat, jotka huomaa heti astuttaessa huonompaan sisäilmastoon. Vastakohtana on vedoton, raikas ja sopivanlämpöinen sisäilma. Raja-arvoja sisäilmassa sallituille haitallisille aineille on annettu virallisesti vain bentseenille, asbestille, lyijylle ja radioaktiivisille aineille. Sisäilma on hyvä, kun haitallisten aineiden raja-arvot ovat kohdillaan, ja enemmistö pitää olosuhteita viihtyisänä. [1; 7; 8.]

2.3.1 Ilman laatu

Työpaikan hyvä henki tai runsas palkka saattavat auttaa kestäämään huonojakin sisäilmaolosuhteita, mutta pidemmällä aikavälillä se ei ole kuitenkaan suotavaa. Jatkuva ja piilevä kuormitus lisää huomattavasti terveydellisiä riskejä. Tärkeimpiä sisäilmastoon liittyviä tekijöitä ovat muun muassa lämpötila, veto, ilman biologiset- ja kemialliset puhtaudet/epäpuhtaudet, kosteus ja pöly.

Sisäilman ongelmat johtuvat usein keuhkoista taloteknisistä toteutuksista ja lisäävät merkittävästi Suomessa vuosittain ylimääräisiä sairaskustannuksia. Sisäilman laatu on suoraan verrannollinen ihmisten viihtyvyyteen, terveyteen ja työtehoon. Tästä hyvänä esimerkkinä on lämpöviihtyvyys.



Kuva 4. Aineenvaihdunnan lämmöntuotto [1, s. 17]

Sairusrakennusoireita ovat WHO:n määrittelyn mukaan, mm.

- nenän, kurkun ja silmien ärsytys
- kuivat limakalvot ja iho
- ihon punaläikkyys
- henkinen väsymys ja päänsärky
- hengitystietulehdukset ja yskä
- käheä ääni
- yliherkkyysoireet
- pahoinvointi ja huimaus.

Lämpötila poistuu kehosta lähinnä konvektiona ja säteilynä. Ilman ja pintojen lämpötilat vaikuttavat lämpötilan tuntemiseen. Aineenvaihdunnan lämmöntuotto kaaviosta (kuva 4, s. 8) nähdään, mitä lämpötilaa suositaan kullekin työalueelle.

Lämpöviihtyvyys voi usein olla muutamasta asteesta kiinni. Kylmä lattia tai liiallinen hikoilu pelkässä istumatyössä, aiheuttavat epämukavuuden tunnetta. Kokonaisuutena henkinen ja fyysinen suorituskyky heikkenee, ja juuri siksi optimaalisella lämpötilalla sisäilman laadussa on erittäin suuri merkitys.

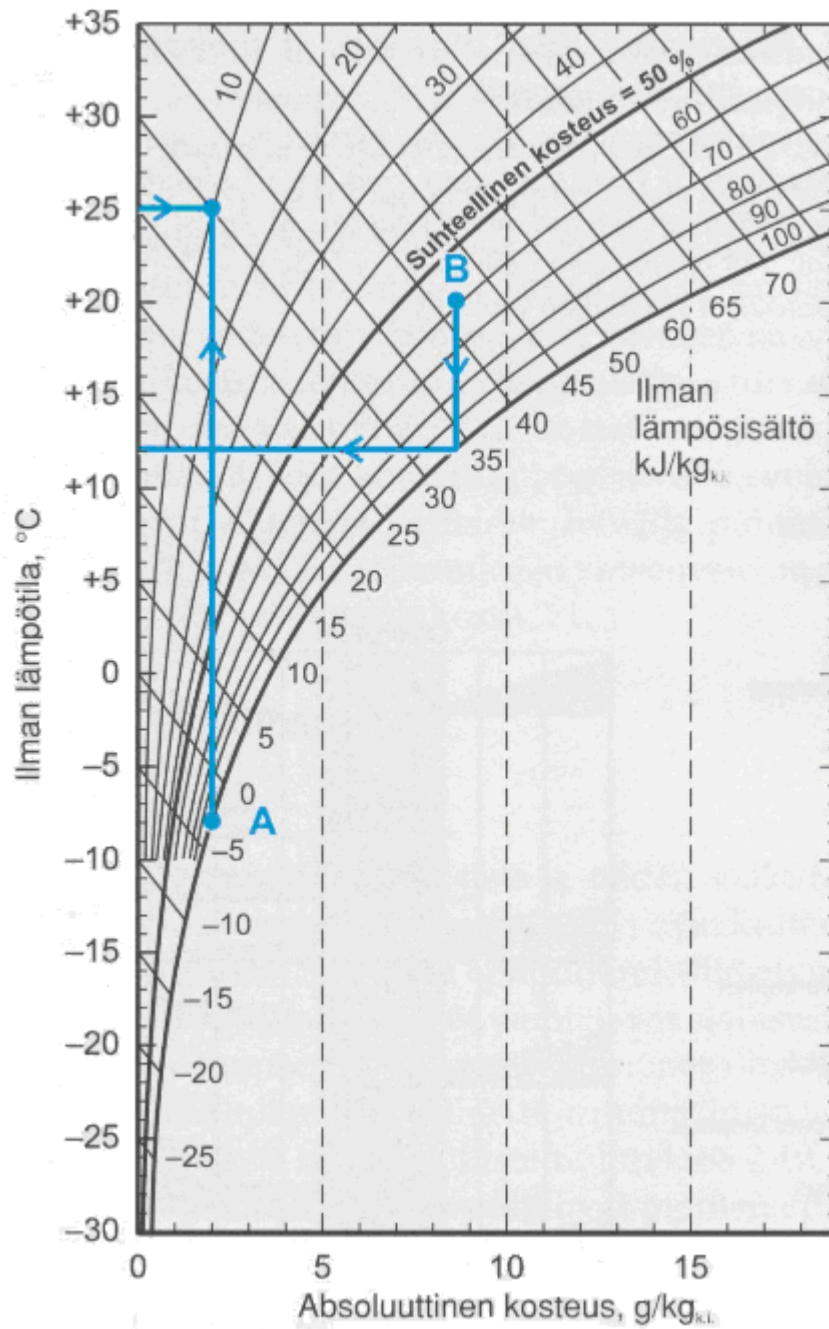
Muun muassa home on syynä useisiin ihottumiin ja hengitystieoireisiin, kuten astmaan. Home syntyy liiallisesta ilman kosteudesta, joka meillä Suomessa on vallitsevaa ympäri vuoden, varsinkin kesällä. Talvella sisäilma on kuivempaa, tällöin henkilöt, joilla on taipumusta hengitystieinfektioihin, kosteuttavat ilmaa erilaisilla laitteilla.

Ilman alhainen suhteellinen kosteus edistää pölyisyyttä, heikentää paperi- ja tekstiilikuitujen lujuutta, sekä lisää staattista sähköisyyttä, kun taas korkea vähentää kaikkia edellämainittuja. Suhteellinen kosteus vaikuttaa myös mikrobien kasvuun. Bakteerit ja homesienet vaativat 60 – 70 % suhteellisen kosteuden ja pölypunkit 45 %. Homekasvusto voi kuitenkin muodostua alemmassakin kosteudessa, ja siksi kunnollinen kuivattaminen ja tuuletus on tarpeen.

Kosteusvaurioita voidaan välttää myös

- sadevesien poisjohdattamisella (rännit ja syöksytorvet)
- toimivalla salaojituksella
- harjakatolla
- tiiviillä vesikatolla
- märkätilojen lattioiden kaadoilla
- ikkunoiden pellityksellä.

Rivitalon sisäilmastoon vaikuttavat rakennus, sen laitteet, niiden toteutus ja etenkin huolto ja kunnossapito. Hyvä suunnittelu ja rakentaminen takaavat hyvän sisäilman laadun vuodenajasta riippumatta.



Kuva 5. Mollier-käyrästä [1, s. 23]

Mollier-käyrästä (kuva 5.) tarkasteltaessa on todettu muun muassa kylmän ilman sisältävän vähän ilmankosteutta, kun taas lämmin ilma sisältää kosteutta paljon. 20 °C:n lämpötilassa ilmankosteus on jo 60 % ja 25 °C:n lämpötilassa 80 %. Puhallettaessa lämmintä ilmaa viileisiin sisätiloihin on muistettava, että ilmankosteus tiivistyy vedeksi, ja se pitää johtaa pois sisätiloista.

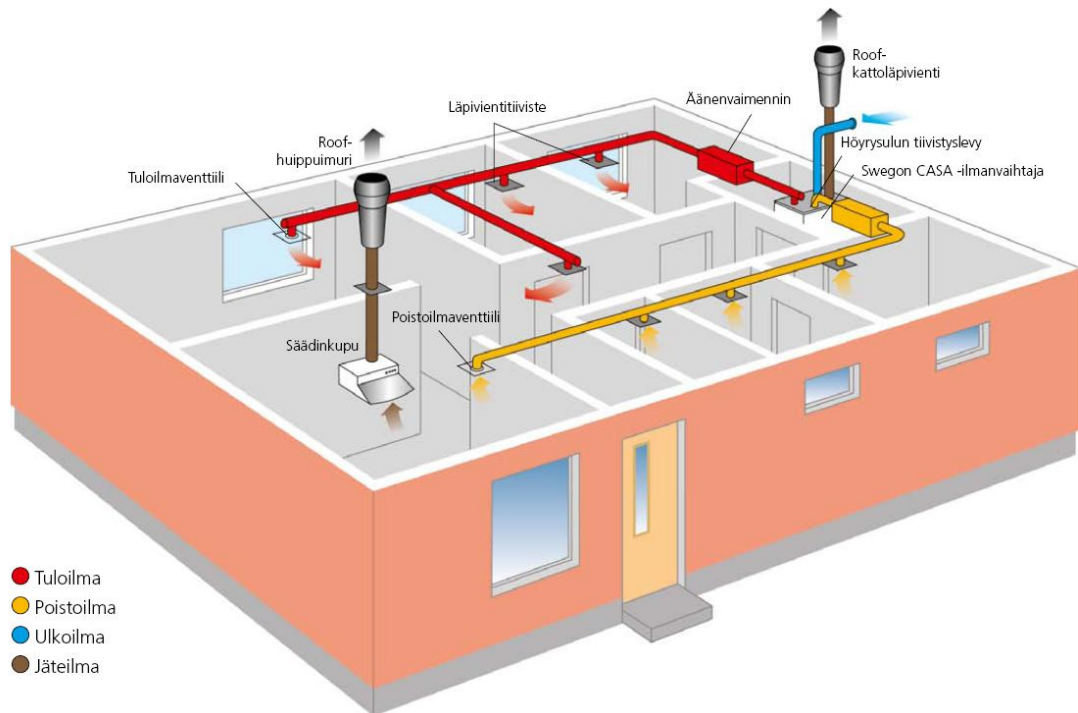
Rivitaloyhtiön asukkailla on edellämainitun ilmalämpöpumpun ansiosta mahdollisuus alentaa huoneen lämpötilaa ja kosteusprosenttia haluamallaan tavalla. Jo muutaman asteen lämpötilan lasku tiputtaa tuntuvasti ilmankosteutta. Ilmankosteus vaikuttaa suoraan sisätilan viihtyvyyteen. Ilmalämpöpumppu on hyvä ja myös edullinen vaihtoehto, koska se kuluttaa vähän energiaa, ja sen hankinta-, sekä asennuskustannukset ovat kohtalaisen pienet. [1; 7; 8.]

2.3.2 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tarkoituksena on poistaa asumisesta johtuvia epäpuhtauksia, kosteutta ja tuoda riittävästi puhdasta ilmaa sisätiloihin. Huonetilat käytännössä huuhdellaan ilmavirralla. Ilmanvaihdon tulee olla mitoitettu riittävän suureksi, jotta sisäilmasto pysyisi hyvänä. Ilmanvaihto voidaan toteuttaa painovoimaisesti, koneellisesti tai näiden yhdistelmänä. Uusissa rivitaloissa käytetään pääsääntöisesti koneellista ilmanvaihtoa.

Painovoimainen ilmanvaihto perustuu talon sisäiseen ja ulkoiseen paine-eroon. Ilmanvaihdon teho on suoraan verrannollinen säähän. Kesällä ilma ei juuri vaihdu, kun taas talvella ilma vaihtuu erittäinkin hyvin.

Koneellinen poistoilma perustuu katolla olevaan huippuimuriin, jolla imetään yhden tai useamman talouden poistoilmaa. Poistoilmaventtiilit ovat yleensä saniteettitiloissa, saunassa, vaatehuoneessa tai keittiössä. Keittiössä ilmanpoistona toimii myös liesituuletin. Korvausilmaa saadaan taloon muun muassa raitisilmaventtiileistä. Ne sijaitsevat yleensä ikkunankarmeissa tai ikkunoiden läheisyydessä. Raitisilmaventtiilien tulisi olla auki ympäri vuoden, koska muuten korvaava ilma tulee jostain toista reittiä, esimerkiksi viemäristön tai rappukäytävän kautta. Tällainen ilma sisältää usein hajuhaittoja. Rakenteiden läpi vuotava ilma taas tuo vedon tunnetta. Jos asunto on rakennettu hyvin tiiviiksi, voi alipaineisen huoneiston ulko-oven avaaminen olla vaikeaa.

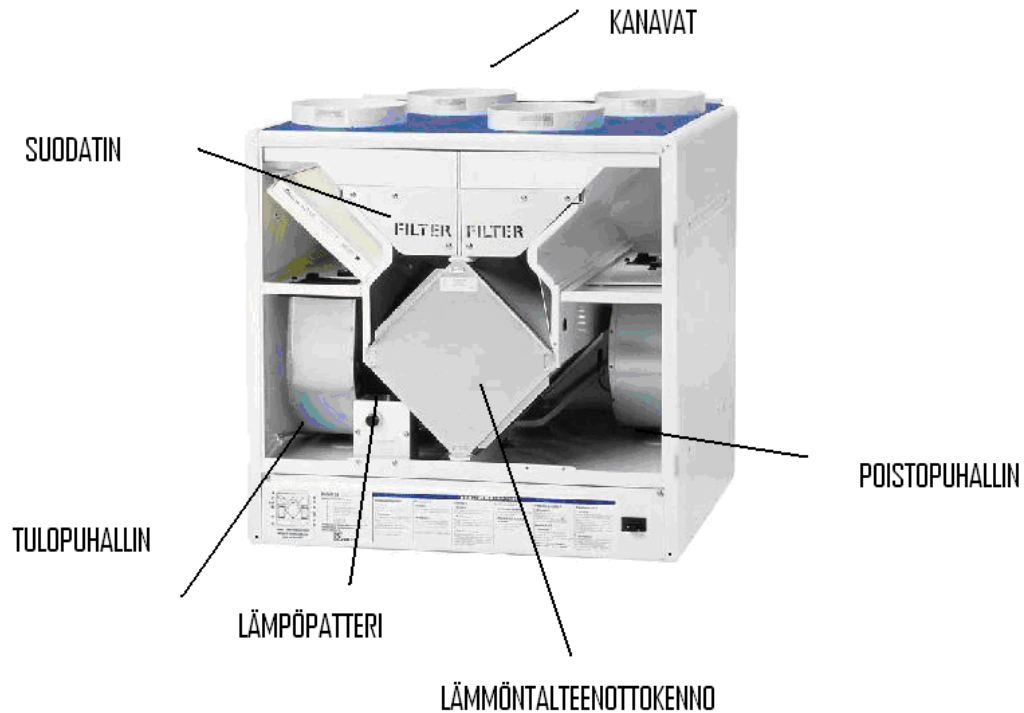


Kuva 6. Rivitalon ilmanvaihto [10, s. 5]

Raitisilmaa tuodaan sisälle myös koneellisesti, mikä on huomattavasti yleisempää nykyajan rakentamisessa. Erityisesti rivitaloissa käytetään koneellista tuloilmaa. Sekä tuloilma että korvausilma johdetaan koneellisesti järjestelmään, ja usein siinä on myös lämmöntalteenotto. Kuvassa 6 on havainnollistettu rivitalon ilman kiertokulkua.

Korvausilma on tavallisesti esilämmitettyä ja puhdistettua. Kalliimmissa versioissa myös ilman esijäähdyttäminen ja kosteuttaminen on mahdollista. Koneellisessa järjestelmässä huolto on erityisen tärkeää. Ilmansuodattimet on vaihdettava säännöllisesti ja poisto-/tuloventtiilit tulisi imuroida ja puhdistaa riittävän usein.

Lämmöntalteenottokone (kuva 7, s. 13) toteuttaa energiatehokkaan sisäilman, laadusta tinkimättä. LTO kerää poistoilmasta olevan lämmön ja siirtää sen ulkoa otettuun viileämpään ilmaan levypankan tai pyörivän kennoston kautta. Jos poistoilma on 22 °C:tta ja tuloilma -22 °C:tta, ja LTO lämmittää tuloilman 0 °C:seen, on hyötysuhde tällöin $22/44 = 50\%$. Uusissa rivitaloissa on poikkeuksetta lähes jokaisessa LTO-kone, joka lisää kodin energiatehokkuutta huomattavasti.



Kuva 7. Lämmöntalteenottokone [11]

Kerrostalon ilmanvaihto on yleensä tehostettu niinä vuorokaudenaikoina, joina on eniten käyttöä. Kerrostaloasukas ei itse pysty vaikuttamaan ilmanvaihdon tehokkuuteen, kun taas rivitaloissa on mahdollista säätää huoneistokohtaisesti ilmanvaihtoa. Tällöin heillä on myös oma huippumuri ohjattavana. Tavallisesti rivitalon liesituulettimessa on säädin, jolla pystyy tehostamaan koko asunnon poistoilmaa ja myös itse liesituuletinta. Ilmanvaihdon tulee olla aina päällä, jotta välttyttäisiin kosteusvaurioilta. 0-asennolla varustettu liesituuletin rivitalossa ei siis ole asianmukainen, koska usein se pysäyttää koko huoneiston ilmanvaihdon. Liesituuletin tulisi myös puhdistaa säännöllisesti hormipalojen välttämiseksi. Likaisen suodattimen läpi pääsee rasvaa poistoilmaputkeen, joka on helposti syttyvää. [1; 7; 9; 11.]

2.4 Vesi ja viemärointi

Taajamissa rakennukset liitetään usein kunnalliseen vesi- ja viemäriverkoston. Kulutettu vesi mitataan ja johdetaan käyttöpisteisiin ja lämmityslaitteistoihin. Lämpimän veden lämpötila on pidettävä vähintään 55 °C:ssa, ja enintään 65 °C:ssa,

legioonalaishäädteerin lisääntymisen estämiseksi. Asuintalojen käyttöveden kokonaiskulutuksesta lämpimän veden osuus on noin 40 %. Keskimääräinen kokonaiskulutus juomakelpoiselle vedelle on 160 dm³/vrk/asukas.

Rivitalolle tulevat syöttövesijohdot ovat yleensä muovisia ja rakennuksen sisällä olevat taas kuparisia. Viemäriputket valmistetaan, muovista, valuraudasta tai ruostumattomasta teräksestä asennuspaikan ja käyttötarpeiden mukaisesti. Ne on asennettava ja sijoitettava niin, ettei synny terveydellisiä haittoja, epämiellyttävää hajua, tai muita haittoja. On myös ehdottomasti huomioitava, että syöttövesi ja jätevesi eivät pääse missään olosuhteissa ja tapauksissa sekoittumaan keskenään.

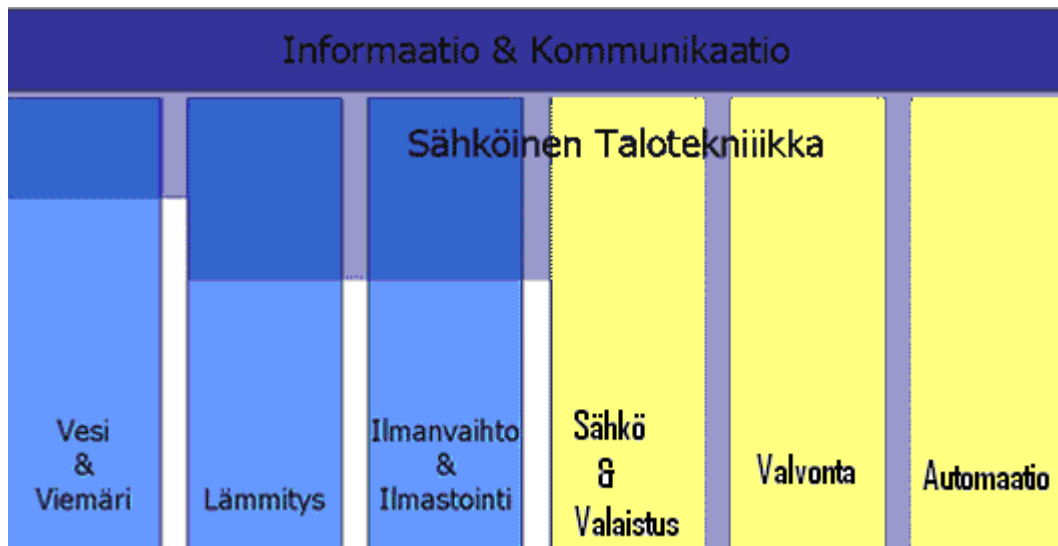
Jätevedeen ei saa myöskään kaataa mitään sopimatonta, kuten öljyä. Tämä vaikuttaa koko viemäriverkoston ja jätevesipuhdistamon toimintaan. Usein tätä varten rivitalokiinteistössä on erotuskaivo. Erotuskaivolla voidaan jätevedestä erottaa esimerkiksi öljyä, lietettä ja hiekkaa. Erotuskaivo on tyhjennettävä säännöllisesti, ja siitä indikoi yleensä erotuskaivon hälytinallaiteisto. Erotetut haitalliset aineet poistetaan ja viedään jatkokäsiteltäväksi ongelmajätelaitoksille. [1.]

3 Rivitalon sähkötekniiset toteutukset

3.1 Sähköinen talotekniikka

Sähköinen talotekniikka pitää sisällään kiinteistön sähköiset laitteet, järjestelmät sekä niiden tuottamia että niiden toteuttamiseen tarvittavia palveluita. Talotekniikalla tuotetaan kiinteistöön ne olosuhteet, jotka asumiseen tarvitaan. Esimerkiksi sopiva lämpötila, puhdas vesi, hyvä sisäilma ja riittävä valaistus. Sähköistä talotekniikkaa ovat myös rakennuksen sähkö-, puhelin-, antenni-, automaatio- ja turvajärjestelmät.

Sähköinen talotekniikka voidaan ymmärtää myös rakennuksen taloteknisiksi laitteiksi ja järjestelmiksi. Ne ovat joko osittain tai kokonaan sähkökäyttöisiä ja tarvitsevat sähköenergiaa toimiakseen. Kuvassa 8 (kuva 8, s. 15) on havainnollistettu sähköistä talotekniikkaa.



Kuva 8. Sähköinen talotekniikka [12]

Yleisemmin sanottuna suurin osa rakennusten teknisistä laitteista ja toiminnoista kuuluvat sähköisen talotekniikan piiriin. Nykyiset mekaaniset laitteet saattavat saada ns. älykkyyttä tulevaisuudessa ja näin ollen kuulua myös sähköiseen talotekniikkaan.

Avainasiat toimivalle talotekniikalle ovat hyvä suunnittelu ja osaavat tekijät. Lukuisat kaapelit, komponentit ja laitteet vaativat suunnittelun ja asennuksen lisäksi myös elinikäistä huoltoa. Vain huollettu ja toimiva kokonaisuus tuottavat edellämainitut talotekniset ominaisuudet. [12; 13]

3.2 Sähköturvallisuus

Sähköturvallisuudella on erittäin tärkeä rooli nykyajan rakennustoissa. SFS-600 pienjännitesähköasennukset ja sähköturvallisuus määrittelevät sähköturvallisuusosiossa seuraavaa:

Sähkölaitteen ja -laitteiston käytön pitämiseksi turvallisena ja sähkön käytöstä aiheutuvien sähkömagneettisten häiriöiden haitallisten vaikutusten estämiseksi sekä sähkölaitteen tai -laitteiston sähkövirran tai magneettikentän välityksellä aiheuttamasta vahingosta kärsineen aseman turvaamiseksi tässä laissa säädetään sähkölaitteille ja -laitteistoille asettavista vaatimuksista, sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja vaatimustenmukaisuuden valvonnasta, sähköalan töistä ja niiden valvonnasta sekä sähkölaitteen ja -laitteiston haltijan vahingonkorvausvelvollisuudesta.

Tätä lakia sovelletaan laitteisiin ja laitteistoihin, joita käytetään sähkön tuottamisessa, siirrossa, jakelussa tai käytössä ja joiden sähköisistä tai sähkömagneettisista ominaisuuksista voi aiheutua vahingon vaara tai häiriötä. [14 s. 27.]

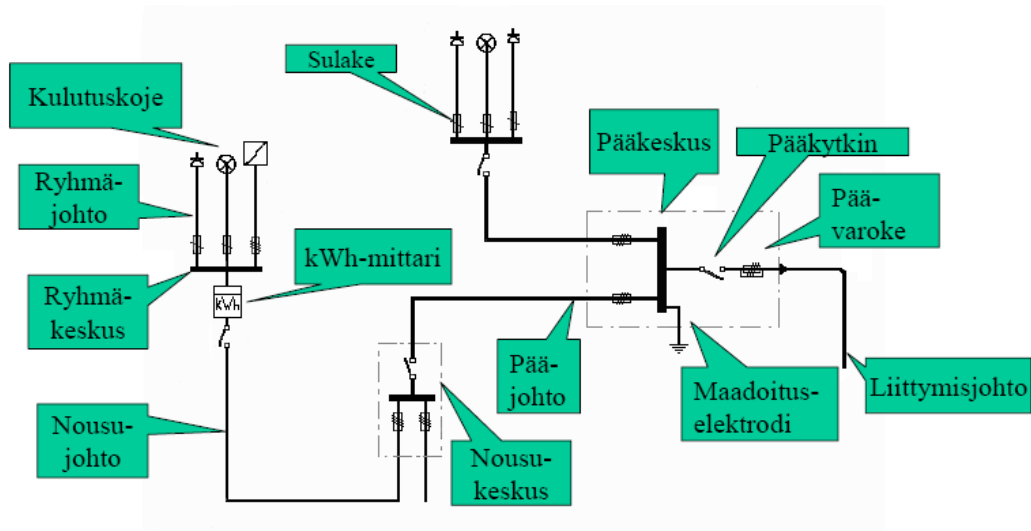
Sähköalan sitovat määräykset antaa kauppa- ja teollisuusministeriö KTM. Sähköalan toimintaa ja toteutumista valvoo turvatekniikan keskus TUKES. Se myös antaa määräyksiä ja selventäviä hallinnollisia ohjeita.

Tekninen neuvonta taas kuuluu sähköalan ammattiohjaajille. Lukuisat ohjeet säätelevät sähköasennuksia. Toiset niistä ovat sähköturvallisuuteen liittyviä määräyksiä ja toiset taas ohjeita sähkön järkevään käyttöön ja sähköasennusten oikeaoppiseen noudattamiseen. Kaikki olennainen esitetään SFS-standardisarjoissa. Yleisimmät ovat SFS-6000 pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. Myös kirja D1-rakennusten sähköasennuksista on hyvä apu sähköalan henkilöille, niin ammattilaisille kuin aloittelijoille. [15.]

3.3 Kaapelit ja asennusreitit

Rivitalon kaapelointi on käytännössä samanlainen kuin omakotitalon kaapelointi. Suurimpia eroja ovat kuitenkin liittymisjohdon suurempi pinta-ala, sekä päävarokkeen suurempi koko. Myös vedettävää kaapelia kuluu metrimääräisesti enemmän ja yhden kWh-mittarin sijaan tulee useampi mittari.

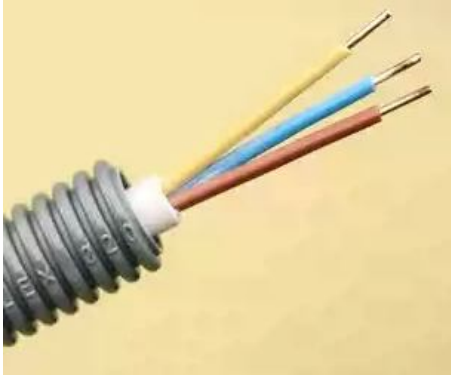
Sähköjärjestelmäkaavio (kuva 9, s. 17) on käytännöllisin ja yleisin toteutus rivitalon kaapeloinnissa. Liittymisjohto tuodaan rivitalon pääkeskukselle, josta se jaetaan huoneistojen ryhmäkeskuksille kWh-mittarien kautta. Ryhmäkeskuksilta jatketaan johdotusta taas kulutuskojeille. Nousukeskusta rivitaloissa ei tarvita, sillä nousukeskus kuuluu tavallisesti isompiin kiinteistöihin.



Kuva 9. Sähköjärjestelmä [16]

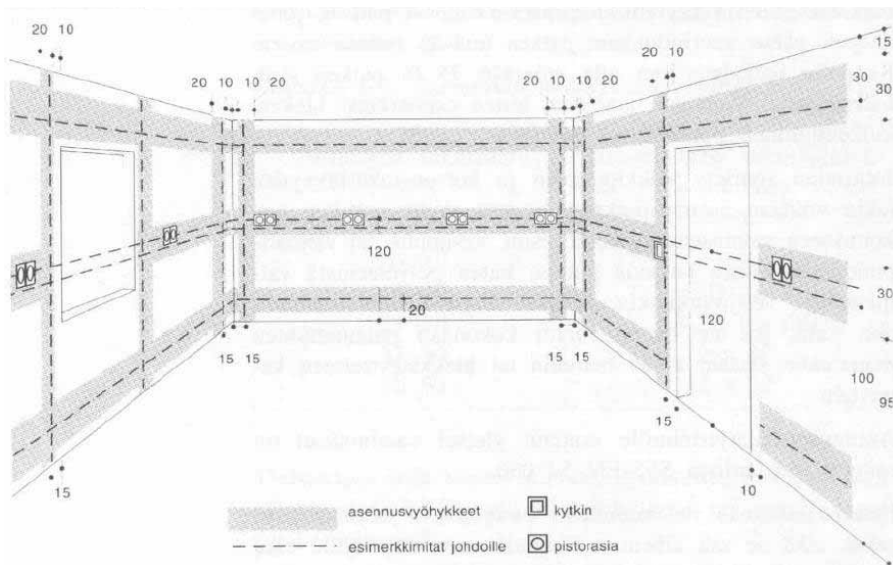
Syöttöjohdon tulee kattaa rivitalon eri asuntojen sähkötarpeet. Asuntoja voi olla esimerkiksi kolme tai enemmän. Omakotitalon syöttöjohto kattaa vain yhden talon sähkötarpeen. Liittymisjohto pitää mitoittaa kohteen energiakulutuksen mukaan. Liitteessä 1 näemme pääsulakkeen mitoituksen ja laskentaesimerkin. Liitteessä 1 ei ole huomioitu esimerkiksi rivitalon autopaikkojen sähkönkulutusta. Autopaikat kasvattaisivat pääsulakkeen kokoa ja kokonaisvirtaa huomattavasti.

Syöttökaapelina käytetään usein AXMK-maakaapelia, jonka johtimet ovat alumiinia. Alumiini on huomattavasti halvempaa kuin kupari. Asuntojen sisällä tapahtuvat johdotukset ryhmäkeskukselta eteenpäin ovat yleensä kuparijohtimellisia kaapeleita, esimerkiksi muovisia monijohdinkaapeleita - MMJ. Näistä yleisimmät ovat MMJ 3 x 1,5S ja MMJ 3 x 2,5S. Tässä luku kolme kertoo johtinten lukumäärän ja loppunumerot ovat jokaisen johtimen poikkileikkausala. S kertoo kaapelin sisältävän maadoitusjohtimen. Pienempää 1,5mm²:n kaapelia käytetään pääsääntöisesti valaistukseen ja isompaa 2,5mm²:n kaapelia muun muassa pistorasioiden kaapelointiin. Kaapeleiden, johtimien ja asennusten on noudatettava SFS 6000-standardien vaatimuksia.



Kuva 10. Muovinen monijohdinkaapeli MMJ 3x1,5 S [19]

Kuvassa 10 on esitetty, kuinka rivitalon asuntojen sisällä olevat kaapelit johdotetaan yleisimmin muovisten suojaputkien sisällä kytkentäpisteisiin. Se helpottaa johtimien vetoa ja parantaa paloturvallisuutta. Esimerkiksi seinään poratessa putki voi joustaa porausreiän tieltä pois, ja putken sisällä oleva kaapeli välttyy vaurioitumiselta. On myös mahdollista vetää kaapeli putkettomasti, mutta näille on tyypillistä, että kaapelia ei voida jälkikäteen vaihtaa tai se on todella vaikeaa, sekä kallista. Pinta-asennus on myös hyvin yleinen tapa. Sitä käytetään uusissa asennuksissa lisätessä esimerkiksi elementtitaloon, jossa putkitukset on jo tehty. Yleisesti katsoen kaapelin on kestävä asennuspaikan ulkoiset tekijät, muun muassa lämpötila, kosteus, korrosio ja mekaaniset vaikutukset. Kuva 11 havainnollistaa huoneiston tavallisimmat asennusvyöhykkeet.



Kuva 11. Asennusvyöhykkeet [16]

Yleiskaapelointiin katsotaan kuuluvan atk-, puhelin- ja esimerkiksi turvallisuusjärjestelmien kaapelointi. Kiinteistön järjestelmät ovat yleiskaapeloinnin varassa, ja juuri siksi yleiskaapelointi on keskeinen osa kiinteistön palvelukokonaisuutta. Yleiskaapeloinnissa käytetään myös nousukaapeleita, jotka ovat yleensä valokaapeleita. Valokaapelit kuituhitsataan talojakamolla, josta taas tieto kulkee eteenpäin muun muassa Cat 6 atk-kaapelina. Paloilmaisimien kaapelina käytetään yleensä KLMA-kaapelia, ja muihin käyttötarkoituksiin soveltuvat hyvin esimerkiksi JAMAK-, NOMAK- tai MHS-kaapelit. Ne ovat pienjännitekaapeleita tiedonsiirtoon tai pulssien antoon. Yleisin yleiskaapelointistandardi on E-luokan mukainen SFS-EN 50173-1. [16; 17; 18.]

3.4 Jakokeskukset

Nousukeskus, pääkeskus ja ryhmäkeskus ovat kaikki jakokeskuksia. Ne toimivat pääverkon jakelu- ja haarituspaikkoina. Kukin keskus sisältää aina sulakkeet, oikosulkusuojat ja ylivirtasuojat, mahdolliset kontaktorit, komponentit ja pääkytkimet. Pääkytkimen tehtävä on saada keskus jännitteettömäksi. Rivitalot sisältävät pääkeskuksen ja ryhmäkeskukset, jotka ovat nimellijännitteiltään yleisimmin 400 V. Kunkin keskuksen on oltava mekaanisesti, termisesti ja sähköisesti riittävän kestävä. Jakokeskusten on oltava standardisarjojen SFS-EN 60439 mukaisia.



Kuva 12. Huoneistokohtainen ryhmäkeskus [21]

Rivitaloyhtiössä käytetään pääsääntöisesti pieniä huoneistokohtaisia ryhmäkeskuksia. Ryhmäkeskus (kuva 12, s. 19) sisältää sulakelähdöt, pääkytkimen ja vikavirtasuojat. Edellämainitut komponentit ovat tavallisin sisältö rivitalon ryhmäkeskuksessa. Ryhmäkeskukset ovat joko pintamallisia tai upotettuja. IP suojauksen pitää olla riittävä, riippuen siitä missä tilassa keskus sijaitsee. [20; 14, s. 571 - 575]

3.5 Valaistus

Jotta ihminen kykenisi suoriutumaan arkipäivän askareistaan helposti, turvallisesti ja tehokkaasti, tulee ihmisen saada tarpeeksi tietoa ympäristöstään. Lähes kaikki tieto mitä vastaanotamme on visuaalista, eli näköaistin välityksellä tapahtuvaa. Tämän vuoksi tulee valaistus järjestää niin, että näköolosuhteet ovat hyvät. Valoteknisiä laatutekijöitä ovat luminanssi, valaistusvoimakkuus, häikäisytekijät, varjostus, värinointo ja värilämpötila. Rivitalon valaistuksessa tulee kiinnittää huomiota asuntojen lisäksi myös pihavalaistukseen. Pihavalaistus on iso osa talonyhtiön valaistusta. Sillä voidaan välttää turhia loukkaantumisia, asuntomurtoja ja muuta rikollista toimintaa. Kuvasta 13 näemme energiasäästöpolttimon pakkauksen ja sen sisältämiä tietoja.



Kuva 13. Polttimon ominaisuuksia [23]

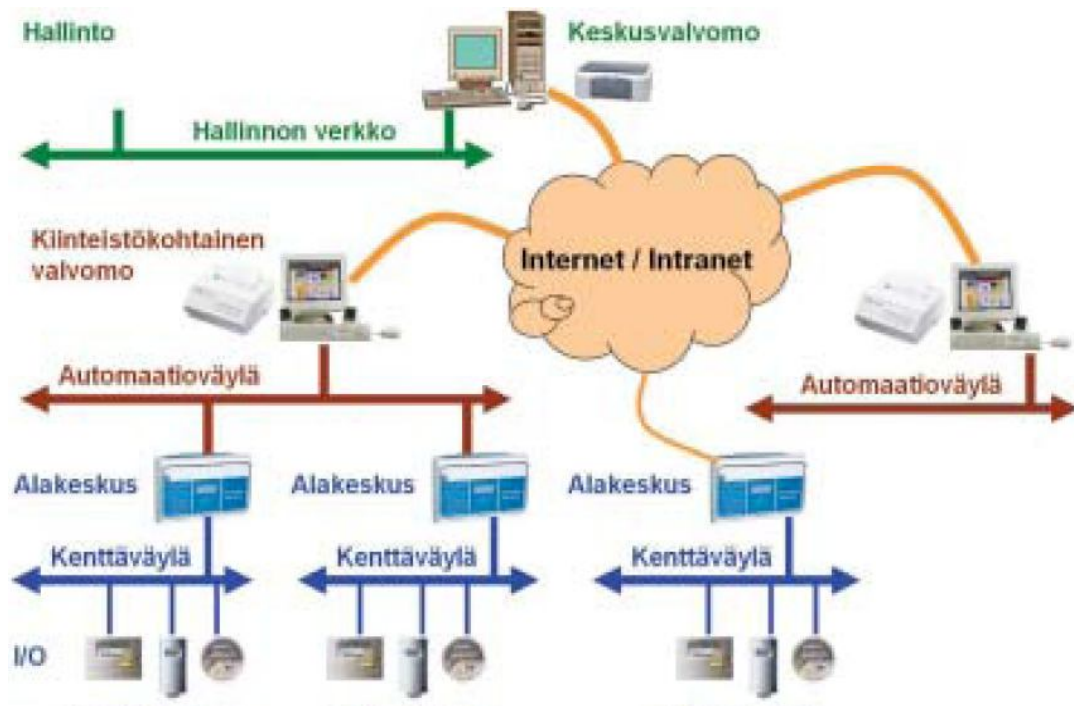
Rivitalon valaistusjärjestelmään kuuluvat valaisimet, lamput ja ohjaukset. Näiden avulla luodaan pihalle ja asuntoihin omat valaistusratkaisut. Valaistusratkaisuja luodessa pitää arvioida valaistuksen tarvetta. Tarpeen mukaan sijoitetaan oikeantyyppinen valaisin oikeaan tilaan. Esimerkiksi kylpyhuoneeseen tulee asentaa IP44 luokitellut valaisimet, pistorasiat ja kytkimet. Pihavalaistuksen tulee olla ulkokäyttöön soveltuvaa (vähintään IP33), ja se ei saa häikäistä asuntoihin sisälle. Kunkin tilan valaistuksen tulee täyttää sille vaaditut standardit. Asuntojen sisällä valaistukseen käytetään pääsääntöisesti 1,5 mm²:n kuparia johdinjärjestelmissä. Rivitalon valaistusasennukset eivät tarvitse vikavirtalähtöä, elleivät asennukset sijaitse kosteissa tiloissa.

Hyvä valaistus on kokonaistaloudellinen hankinta- ja käyttökustannuksiltaan, laadusta tinkimättä. Nykypäivän energiasäästölamput ja Led-lamput antavat rivitalon asukkaalle hyvän tilaisuuden itse vaikuttaa energiankulutukseen. Muuttamalla valaistus pelkästään ledipohjaiseksi, muuttuisi energiankulutus merkittävästi. Led-tekniikka on tosin vielä uutta ja kallista, joten sijoitus jää usein tekemättä. Valaistus vaikuttaa myös turvallisuuteen, tuottavuuteen ja hyvinvointiin. Tämän johdosta siihen panostetaan nykyään entistä enemmän. [22; 23.]

4 Rivitalon taloautomaatio

Automaatiojärjestelmä on kokonaisuus, jolla ohjataan, valvotaan ja säädellään kiinteistöjen LVIS-prosesseja. Huollettuna kokonaisuutena automaatiojärjestelmä säästää aikaa, vaivaa ja erityisesti rahaa. Näistä hyvinä esimerkkeinä ovat olosuhteiden paraneminen, energian säästö, rutiinitöiden väheneminen, henkilöriskien väheneminen ja taloudellisten kustannusten pieneneminen. Kun aika-ajoin tarkistetaan koneiden asetusarvoja, raja-arvoja, tehdään koehälytyksiä ja uusitaan akustoja, pysyy järjestelmä eheänä kokonaisuutena. Edellämainittuja asioita toteuttamalla vähennetään huomattavasti laitteiden ikääntymisen aiheuttamia ongelmia.

Yleisin käytössä oleva automaatiojärjestelmä (kuva 14, s. 22) koostuu hallintojärjestelmästä, kiinteistökohtaisesta valvomosta, alakeskuksista, kenttälaitteistosta, ohjelmistosta, tiedonsiirrosta ja kaapeloinnista.



Kuva 14. Talonautomaation toimintakartta [24]

Hallintojärjestelmän funktio on toimia linkkinä keskusvalvomosta tai valvomosta kiinteistön muihin tietojärjestelmiin. Hallintojärjestelmässä siirretään raporttitietoja ja laskelmissa hyväksikäytettävää tietoa, jotka on saatu itse kiinteistöstä.

Valvomotasolla ohjataan ja valvotaan systeemin alemman tason toimintaa, lähinnä Windows-pohjaisilla PC-laitteistolla, johon on liitetty kirjoitin hälytystietojen raporttien tulostusta varten. Valvomolaitteita ovat keskusyksiköt, operointipäätteet, kirjoittimet sekä päivystyslaitteet. Päivystyslaitteita ovat muun muassa PDA-laitteet ja robottipuhelimet, joita käytetään yleensä hälytystietojen siirtoon ja etähallintaan.

Valvomoalakeskusten (VAK) tehtävä on hoitaa säätö-, ohjaus- ja valvontaoperaatioita. Alakeskukset pitävät sisällään prosessorin ja muistia, sekä niissä sijaitsevat käyttöjärjestelmä- ja säätöohjelmat. Alakeskuksiin sisältyy myös liitännämahdollisuus kenttälaitteille, muun muassa antureille, pumpuille ja venttiileille. Esimerkiksi VAK-IV palvelee kiinteistön ilmastointijärjestelmän laitteita.

Ohjelmistot sisältävät säätöohjelmia, kuten loogisia ehtolausekkeita ja viivepiirejä. Nämä muokataan usein graafiseen muotoon, jotta käyttäjän olisi helpompi

havainnollistaa tietoa. Ohjelmistot sisältävät myös viikko-ohjelmia, aikaohjelmia ja kalenteripohjaisia ohjelmia. Viikko-ohjelma voi sisältää viikkokellon, joka ohjaa esimerkiksi rivitalon yhteisen saunan lämmitystä. Lisäksi ohjelmistot voivat sisältää pakko-ohjauksia, kuten ilmastoinnin hätäpysäytys tulipalon sattuessa. Energiansäästöön ohjelmistot tarjoavat myös hyvät mahdollisuudet. Näistä mainittakoon muun muassa huonelämpötilan optimointi ja huipputehon rajoitus. Ohjelmisto käsittelee myös hälytykset ohjaamalla ne eteenpäin tarpeen ja luokituksen mukaisesti.

Kenttälaitteita ovat muun muassa anturit, hälytyselimet ja toimilaitteet. Antureilla voidaan mitata lähes kaikkea, mutta rivitalossa niitä käytetään lähinnä lämpötilan, kosteuden ja hiilidioksidipitoisuuksien mittaamiseen. Rivitalon yleisimpiä hälytyselimiä ovat paloilmaisimet, jäätymisvaarailmaisimet ja lämpösuojaat. Toimilaitteita ovat taas säätöventtiilit ja ilmastointipellit. Tiedonsiirto tapahtuu digitaalisesti ja on yleensä sarjamuotoista. Se kulkee peräkkäin yhtä tai kahta johdinparia pitkin. Yleisimpiä tiedosiirto- ja väyläkaapeleita ovat LONAK-, NOMAK-, JAMAK- ja kuitukaapelit. [1; 24; 25.]

4.1 Paloilmoitinjärjestelmä

Automaattisen paloilmoitinjärjestelmän tehtävä on ilmoittaa tulipalosta heti palon alkuvaiheessa. Järjestelmä on nopeampi havaitsemaan palon kuin ihminen, joten aikaa poistumiseen jää huomattavasti enemmän. Tulipalon tuhotkin jäävät yleensä vähäisemmiksi, sillä palokunta saa ilmoituksen välittömästi.

Järjestelmä kaapeloidaan silmukkamuotoon eli tilassa olevat hätälaukaisunapit ja ilmaisimet ovat kytketty sarjaan. Nappia painettaessa, tai ilmaisimen havahtuessa, suljettu virtapiiri katkeaa ja hälytys laukeaa. Tavallisessa järjestelmässä ilmaisimia ei ole yksilöity, joten paloilmaisin keskus tietää vain, missä silmukassa palo esiintyy. Osoitteellisessa järjestelmässä tiedetään taas tarkasti, mikä ilmaisin on antanut hälytyksen, ja näin palon lähtöpiste saadaan selvitettyä nopeammin. Ilmaisimien ja hätälaukaisunappien lisäksi keskuksen kaapeloidaan myös sireenit, kuulutusjärjestelmä ja tietysti yhteys aluehälytyskeskukseen. Kokonaisuuteen kuuluvat lisäksi myös turvavalistus ja poistumistievalaisimet.



Kuva 15. Paloilmoitinlaitteistoa [26]

Kuvassa 15 on esitetty tavallisimmat paloilmoitinjärjestelmän laitteet. Ilmaisimia on useita erilaisia. Liekki-ilmaisimet, lämpötilailmaisimet, savuilmaisimet ja näiden yhdistelmät. Rivitalossa käytetään useimmin savuilmaisimia, jotka ovat joko paristokäyttöisiä tai verkkovirtakäyttöisiä. Nykypäivän standardit vaativat uusiin asennuksiin vain kiinteät 230V paloilmaitseimet, mutta varsinkin vanhemmissa rivitaloissa käytetään pääsääntöisesti paristokäyttöisiä ilmaisimia. Automaattinen paloilmaitseinjärjestelmä ei välttämättä ole kovin yleinen nykypäivän rivitalorakentamisessa, koska se on asennuskustannuksiltaan melko kallis sekä aiheuttaa paljon virheellisiä palohälytyksiä. Noin 90% automaattisista palohälytyksistä on virheellisiä. Virheelliset ilmoitukset tulevat talonyhtiölle kalliiksi. Hälytysjärjestelmään sijoittamista kannattaa kuitenkin katsoa kokonaisvaltaisesti, sillä tulipalon sattuessa voi järjestelmä pelastaa ihmishenkiä.

Taloautomaatio luo myös erilaisia sovelluksia muiden automaattisten järjestelmien kanssa. Paloilmoitinjärjestelmästä voidaan kaapeloida VAK:ille kaapelit, jotta ne keskustelisivat keskenään. VAK-IV voisi esimerkiksi pysäyttää ilmastoinnin kokonaan,

jos paloilmoitinkeskus antaa hälytyskäskyn. Ilmastoinnin päällä oleminen tulipalon aikana toimii happea ruokkivana tekijänä ja hormit savupiippuna.

Taloutomaation johdosta asukkailla on myös mahdollisuus saada tietoa hälytyksistä puhelimiinsa heidän ollessaan pois asunnoistaan. Koko talonyhtiön olisi hyvä saada ilmoitus hälytyksestä samaan aikaan palokunnan kanssa. Sireeneihin voisi ohjelmoida myös puhetta kimeän äänen sijaan. FIDePRO valmistaa laitetta, joka katkaisee virran tilasta palovaroittimen käskyn mukaisesti. Erikoisen tästä tekee se, että koko tila ei mene sähköttömäksi, vaan laite osaa katkaista virran vain viallisesta laitteesta tai ryhmästä. Tässä on hyvä huomioida, että jotkin osa-alueet olisi hyvä jättää virrallisiksi, esimerkiksi valaistus. Miksi ei siis rivitaloyhtiössäkin voisi olla akkukäyttöisiä turvalokeskuksia ja valaisimia. Kehittämideoita on paljon, mutta yleisimmin ne kaatuvat projektien kalliuteen. Avustavat laitteet ovat kuitenkin suuri etu, koska nämä helpottavat palokunnan ja asukkaiden arkea, sekä tuovat arvokasta lisäaikaa hätätilanteisiin. [20, s.]

4.2 Rikosilmoitinjärjestelmä

Rikosilmoitinjärjestelmän (rikkarin) perusideana toimii rikollisen toiminnan havaitseminen mahdollisimman varhain ja välittää siitä tieto erikseen määritetyille tahoille. Lähtökohtana voidaan siis pitää turvallisuutta ja suojausta. Rikosilmoitusjärjestelmän automaatiotoiminnossa aika ja tarkkuus ovat erittäin tärkeitä tekijöitä, jotta vastatoimenpiteille jäisi tarpeeksi toiminta-aikaa.

Rakenteelliset esteet ovat suuri osa ilmoitinjärjestelmää, jolla tunkeutumisriskejä pienennetään. Mahdolliset aidat, pensaat ja portit tuovat oman osansa turvallisuuden luomisessa. Näitä voidaan parantaa teknisillä toiminnoilla, kuten valaistuksella ja kameravalvonnalla. Hyvä kokonaisuus koostuu rakenteellisesta suojauksesta, ilmoitinjärjestelmästä, teknisistä toiminnoista, valvonnasta ja ennaltaehkäisevästä huollosta.

Rikosilmoitinjärjestelmään voidaan liittää erilaisia käyttölaitteita ja ohjauksia, kuten myös automaattisessa paloilmoitinlaitteistossa. Kamerate, magneettikoskettimet, lasirikkoilmaisimet, liiketunnistimet ja ohjauspaneelit ovat vain osa kokonaisuutta.

Hälytykset tulipaloista, vesivahingoista ja esimerkiksi huoneilman noususta sekä laskusta voidaan liittää myös samaiseen järjestelmään. Laitteet kommunikoivat keskenään ja ilmoittavat tiedon kiireellisyyden mukaan niille ennalta määrätyille tahoille. Kuvassa 16 on esitetty rikosilmoitinjärjestelmän laitteistoa.

Laitteiden sijoituspaikassa tulee käyttää erityistä harkintaa, sillä niiden toiminnalle ei saisi tulla esteitä. Esimerkiksi ulkopuolisten henkilöiden ei tulisi olla tietoisia laitteiden sijainnista. Myös virheellisesti sijoitetut, ja tilaan sopimattomat ilmaisimet voivat antaa vääriä hälytyksiä. Järjestelmää ohjataan erilaisilla aikaohjelmilla, kulunvalvontajärjestelmillä tai vaikka gsm-puhelimilla. Ohjauspaneeleissa on usein pieni aikaviive, jolloin järjestelmään voidaan tehdä muutoksia ilman hälytyksen vaaraa.



Kuva 16. Murtohälytinlaitteistoa [27]

Rakenteeltaan rikosilmoitinjärjestelmä on samantyyppinen kuin paloilmoitinjärjestelmä. Rikosilmoitinjärjestelmään sisältyvät keskus- ja käyttölaitteet. Käyttölaitteet ovat joko kytketty silmukkaan tai nämä ovat erikseen osoitteellisessa järjestelmässä. Silmukassa on silmukkavastus, joka avaa suljetun piirin koskettimen, jolloin hälytys laukeaa. Silmukat jaetaan murto-, sabotaasi-, ryöstö- ja viivesilmukoihin. Murtosilmukka on toiminnassa vain öisin, kun taas sabotaasi- ja ryöstösilmukka ovat päällä aina. Viivesilmukka antaa hälytyksen, jos sitä ei kytketä pois tietyn ajan jälkeen. Järjestelmät

kaapeloidaan pääsääntöisesti MHS-kaapelilla, niihin erikoistuneiden yritysten toimesta. Yritysten on noudatettava niille annettuja standardeja ja lakeja.



Kuva 17. Langallinen valaiseva valvontakamera [28]

Rivitaloyhtiössä on paljon yhteiseen ja yksityiseen käyttöön soveltuvia tiloja. Kunkin talonyhtiön tulee selvittää tarve kyseisille järjestelmille. Joillain asuinalueilla ilkeältä on yleisempää, tällöin hälytysjärjestelmien tarve on suurempi. Hälytysjärjestelmän tarvetta lisäävät myös kiinteistön helposti rahaksi muutettava omaisuus, aiemmat murrot, tai turvallisuuden tunteen lisääminen. Tavallisesti rivitaloyhtiössä on vain liiketunnistimelliset pihavalaisimet. Rakennusautomaation kautta saisi kuitenkin lukuisia hyödyllisiä toimintoja helpottamaan asukkaiden arkea. Hämäräkytkimet ja aikaohjaukset voisivat jaksoittaa valaisimien päälläoloaikaa, jolloin säästyy sähköä. Myös kuvan 17 tapainen valaiseva valvontakamera voisi karkoittaa mahdolliset häiriötekijät pois pihapiiristä. [29.]

4.3 Mittaus- ja säätöjärjestelmät

Kuten jo edellisissä kappaleissa on käynyt ilmi, ovat automaatio-ovellukset erittäin suuri osa nykyajan talotekniikkaa. Paloautomaatio ja murtoautomaatio pitävät sisällään samaa automaatiotekniikkaa kuin muutkin automaatiojärjestelmät. Ne saavat toimienergiansa joko sähköstä tai ovat omavoimaisia, jolloin ne ottavat energiansa itse suoritettavasta prosessista.

Mittaelimien anturit ja toimiyksiköt mittaavat, ohjaavat, hälyttävät ja säätävät: virtausta, ilmamääriä, paineita, kosteutta, lämpötilaa, energiaa ja peltimoottoreita. Mittauksilla varmistetaan, että kyseinen kohde on suunnitelmien ja asetettujen normien, sekä standardien mukainen. Silloin kohde täyttää sille asetetut laatu- ja viranomaismääräykset.

Tätä mittausmuotoa käytetään pääsääntöisesti vastaanotto- ja takuutarkastuksia tehtäessä. Muut mittaukset liittyvät yleensä huoltoon ja toiminnan seurantaan. Mittauksia tehdään läpi rivitalon elinkaaren – suuremmat mittaukset ajankohtana, jolloin siitä on mahdollisimman vähän haittaa asukkaille. Kuhunkin mittatapahtumaan tulee olla oma, juuri siihen tehtävään luotu kalibroitu mittari. Kalibroinnilla minimoidaan mahdolliset mittavirheet. Mittalaitteen valintaan vaikuttavat myös laitteen kenttäkelppoisuus, mitta-alue, vasteaika, tiedonsiirto, käsittely- ja tallennusmahdollisuudet. Mittalaite (kuva 18) on tarkoitettu käytettäväksi haasteellisiin tarkan hygienian laitoksiin, esimerkiksi sairaaloihin.



Kuva 18. Magneettinen virtausmittari [31]

Säätimet ja mittaelimet jaetaan toiminnaltaan analogisiin ja digitaalisiin. Analogiset toimivat sähköisesti tai pneumaattisesti. Sähköinen säädin perustuu sähköiseen mittasiltaan. Mittasiltaan tuodaan vertailusuureksi ohjesuure ja mittasuure. Niiden eroista säädin muodostaa ohjaussuureen, joka vahvistetaan säätimen avulla. Digitaalisäätimet laskevat niihin ohjelmoitujen säätöalgoritmien perusteella määrävälein uuden ohjaussuureen. Analogiasäätimen tieto on aina tasavirta- tai tasajännitemuotoista. Usein digitaalisissa piireissa käytetään analogisia kenttälaitteita, mutta mittaustulos muutetaan digitaaliseen muotoon ennen sen jatkokäsittelyä säätöohjelmassa. Säätimestä lähtevä ohjaussuure muutetaan myös päinvastoin analogiseksi.

Rivitalon asukkaiden elämä on halventunut ja helpottunut automaatiotekniikan ansiosta. Lähes kaikki manuaalinen säätäminen, joka oli ennen huoltomiehen tehtävä, on loppunut. Mittalaitteet seuraavat ja päivystävät jatkuvasti ja tekevät pieniä tai suurempia muutoksia, jotta säädetyt rajat täytyisivät. Jos rajat eivät täyty tai tulee jokin merkittävä muutos säädettyihin raja-arvoihin, ilmoittaa ohjelmisto siitä tarvittaville tahoille. [30.]

5 Yhteenveto

Insinööriyössä tutustuttiin rivitalon talotekniikkaan ja sen sovelluksiin. Tarkoituksena oli tuoda lukijalle selkeä kuva rivitalon talotekniikasta. Työ oli erittäin laaja, ja jokainen lopputyön aihealue voisi olla itsessään jo lopputyön laajuinen. Ja juuri siksi työ on vain pieni osa kokonaisuudesta. Aihealueita pyrittiin kuitenkin käymään lävitse riittävän kokonaisvaltaisesti, jotta keskeiset asiat eivät jäisi epäselviksi. Liiallinen teoreettinen tarkastelu ei insinööriyön laajuudessa ollut mahdollista. Työssä käytettiin talotekniikan kirjallisuutta ja internetaineistoa. Työtä tehdessä huomattiin, että erityisesti rivitalon talotekniikasta kertovaa kirjallisuutta löytyi melko niukasti.

Toinen tavoite oli löytää mahdollisia kehitysideoita jo olemassaoleviin toteutuksiin. Esimerkiksi automaatiosovellukset olivat tarkemman tarkastelun kohteena. Työn yhteenvetona todettiin talotekniikan olevan jo erittäin pitkälle kehittynyt. Uusia kehitysideoita oli vaikea luoda, koska ala kehittyy jatkuvasti, ja uusia osajia valmistuu

joka vuosi. Syvällisempi perehtyminen vain tiettyyn insinööriyön aihealueeseen voisi luoda lupaavia parannus- ja kehitysideoita.

Talotekniikan on noudatettava yhteiskunnan luomia tarkkoja määräyksiä ja standardeja, joita luodessa on tähdätty turvallisuuteen, toimivuuteen, energiansäästöön, ympäristön ja ihmisten hyvinvointiin, sekä alan yritysten kilpailukykyyn. Näiden rinnalle on nousemassa myös ekologisuus. Energian säästö onkin tuonut omat haasteensa talotekniikan suunnitteluun ja toteutukseen.

Rivitalon talotekniikka kattaa siis rivitalon palvelut ja järjestelmät koko talon elinkaaren ajan. Kuitenkaan mikään talotekniikan yksittäinen toimielin tai kokonainen järjestelmä ei nouse ylitse muiden tärkeysjärjestyksessä. Kaikkien osa-alueiden on toimittava harmoniassa keskenään, jolloin jokainen osa-alue myös tukee toisiaan. Tulevien rivitalon asukkaiden ja rakentajien tulisi pohtia yhdessä erilaisten teknisten toteutuksien tarpeellisuutta juuri heille. Talotekniikkaan ja asumiseen liittyviä haasteita olisi hyvä puntaroida pidemmällä aikavälillä, jolloin esimerkiksi taloudellisesti isommat sijoitukset alkavat näkyä. Tästä on hyvänä esimerkkinä maalämpöpumpun hankinta, joka vähentää energiakustannuksia huomattavasti. Pääsääntöisesti talotekniikan vastuualueina ovat käyttäjien tarpeisiin soveltuvat, viihtyisät ja kontrolloidut olosuhteet.

Työtä tehdessä heräsi kysymys, mitä eroa on rivitalon talotekniikalla verrattuna kerrostalon- ja omakotitalon talotekniikkaan. Pääsääntöisesti talotekniikan materiaalit ja asennustavat ovat hyvin samanlaiset riippumatta siitä, millainen talo on rakenteilla. Kuitenkin on selvää, että rivi- ja kerrostalon tekniikkakustannukset ovat suuremmat kuin omakotitalon. Omakotitalon talotekniikka riippuu pitkälti rakentajan kustannusarviosta ja siitä, mihin rakentaja haluaa tekniikassa painottaa. Rivi- ja kerrostalon talotekniikan sen sijaan tulee täyttää taloyhtiön ja lain asettamat vaatimukset, esimerkiksi pihavalaistuksen riittävyys, pelastustiet ja ilmastointilaitteiden hätäpysäytys.

Tämän insinööriyön tekeminen oli haastavaa, mutta innostavaa. Insinööriyön henkilökohtaisena tavoitteena olleen uuden tiedon ja selkeyden saaminen, mahdollisen oman talon tekniikan suunnitteluun, toteutui melko hyvin.

Lähteet

- 1 Seppänen, Olli. 2004. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- 2 Harsia, Pirkko. 2007. Verkkodokumentti. Sähkölämmityksen peruskurssi. Virtuaali Ammattikorkeakoulu. <<http://www.amk.fi/opintojaksot/0505015/1119948180490/1119952735385/1119958876175/1119959984955.html>>. 25.5.2007. Luettu 15.10.2011.
- 3 Ilmalämpöpumput. 2011. Verkkodokumentti. Huminef. <<http://www.humiref.fi/ilmalampopumput.php>>. 2011. Luettu 2.10.2011.
- 4 Mikä on ilmalämpöpumppu? 2011. Verkkodokumentti. Matthias Fried. <<http://matthiasfried.fi/lampopumput/mika-on-ilmalampopumppu/>>. 2011. Luettu 2.10.11.
- 5 Kaukolämpö. 2011. Verkkodokumentti. Danfoss. <<http://www.lpm.danfoss.fi/fi/cfmldocs/index.cfm?ID=867>>. 2011. Luettu 27.09.2011.
- 6 Öljylämmitys – mukavaa lämpöä. 2011. Verkkodokumentti. Rakentaja.fi. <<http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/kuluttaja/okl/oljylammitys.htm>>. 2011. Luettu 24.09.2011.
- 7 Ilmanvaihdon perusteet. 1995. Verkkodokumentti. Sisäilmayhdistys.fi. <http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/perustietoa/ilmanvaihdon_perusteet/>. 1995. Päivitetty 27.10.1995. Luettu 26.09.2011.
- 8 Hyvä sisäilma alkaa suunnittelusta. 2008. Verkkodokumentti. Kotitieto.fi. <http://www.kotitieto.fi/kotitietopankki/rts/omakoti_opas_08/tekn_5.pdf>. 13.5.2008. Päivitetty 30.6.2008. Luettu 26.09.2011.
- 9 Ilmanvaihto. 2003. Verkkodokumentti. Tampereen kaupungin ympäristövalvonta. <<http://www.tampere.fi/tiedostot/4QQEag1XP/ilmanv.pdf>>. 21.5.2003. Luettu 26.09.2011.
- 10 Kuva 6. 2011. Verkkodokumentti. Sweagon. <http://www.swegon.com/Global/PDFs/Home%20ventilation/Air%20handling%20units/Swegon%20CASA-series/_fi/CASA_270_K.pdf>. 13.10.2011. Luettu 20.10.2011.
- 11 Lämmöntalteenotto poistoilmasta. 2011. Verkkodokumentti. Suomen Talotekniikkaportaali Oy. <http://www.talotekniikka.eu/tate-lehti/fi_FI/lammontalteenotto/>. 2011. Luettu 26.09.2011.

- 12 Mitä on sähköinen talotekniikka? 2011. Verkkodokumentti. STOK – Sähköisen Talotekniikan Osaamis- ja kehittämiskeskus.
<http://www.stok.fi/yleistietoa_stok.html>. 2011. Luettu 3.10.2011.
- 13 Sähköinen talotekniikka on poikkitieteellinen kokonaisuus. 2006. Verkkodokumentti. Sahkoala.fi.
<http://www.sahkoala.fi/ajankohtaista/Sahkomaailma/fi_FI/vieraskynasta/_files/11967767170010355/default/Vieraskynä%20SM%202-06.pdf>. 28.3.2006. Luettu 3.10.2011.
- 14 SFS-käsikirja 600. Pienjännitesähköasennukset ja sähkötyöturvallisuus. 2007. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS RY
- 15 Kupari, Sampsa. 2007. Sähkötyöturvallisuus ja mittaustekniikka. Opintojakso. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 16 Sahko_Valo. 2007. Verkkodokumentti. Teknillinen Korkeakoulu.
<http://www.tkk.fi/Yksikot/Talo/opetus/rrtp/luennot/luentomateriaali/Sahko_Valo_2007.pdf>. 2007. Luettu 14.10.2011.
- 17 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 2009. Osa D1. Helsinki: Kirjapaino Painokurki Oy
- 18 Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. 2007. Verkkodokumentti. Severi ST-kortisto.
<http://www.sahkoinfo.fi/severi_file.aspx_&id=420&path=420_1_1331>. 2007. Luettu 25.10.2010
- 19 Kuva 10. 2009. Verkkodokumentti. Finnflex Oy.
<http://www.finnflex.fi/app/tuotteet/view/-/id/23/dir_id/4>. 2009. Luettu 14.10.2011.
- 20 Mäkinen, Markku J.J. 2004. Teollisuuden sähköasennukset. Helsinki: Otava
- 21 Kuva 12. 2011. Yilmaz, Hakan. 15.11.2011
- 22 Suomen valotekninen Seura ry:n julkaisu nro 9. 1986. Valaistussuositukset. Jyväskylä: Gummerus Oy
- 23 Kuva 13. 2008. Kallasjoki, Tapio. Valaistustekniikan perusteet. Opintojakso. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 24 Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2007. Verkkodokumentti. Severi ST-kortisto.
<http://www.sahkoinfo.fi/severi_file.aspx_&id=231&path=231_2_ST-kasikirja%2021>. 2.7.2007. Luettu 27.10.2011.
- 25 Rakennusautomaatiojärjestelmät. 2001. Verkkodokumentti. Severi ST-kortisto.
<http://www.sahkoinfo.fi/severi_file.aspx_&id=234&path=234_2_ST-kasikirja%2017>. 7.12.2001. Luettu 27.10.2011.

- 26 Kuva. 15. 2011. Yilmaz, Hakan. Koottu eri internetlähteistä.
<<http://autoalarm.fi/AH-0311S-paloilmaisin-summerilla>>,
<http://www.ftt.fi/palosireenit_ja_kellot_cat_603.html>,
<http://www.elotec.fi/index.php?showAll=&category_id=autogenerated_200414144613737&kat=Tuotevalikoima>,
<<http://www.fsm.fi/?main=136&prodID=1912&returnPage=http%3A%2F%2Fwww.fsm.fi%2F%3Fmain%3D136%26catID%3D209>>,
<http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/tuoteuutuudet/uutuustuotteet/turvalaitteet/fi_FI/paloilmoitinkeskus/>.
- 27 Kuva 16. 2011. Verkkodokumentti. Porin kiinteistövalvonta.
<<http://www.pkv.fi/dsc.htm>>. 2011. Luettu 14.11.2011
- 28 Kuva 17. 2011. Verkkodokumentti. Xenonkauppa.fi.
<http://www.xenonkauppa.fi/epages/Kaupat.sf/fi_FI/?ObjectPath=/Shops/Xenon/Products/%22Valvontakamera%20Sony%20CCD%20IR%22>. 2011. Luettu 14.11.2011.
- 29 ST-käsikirja 11. Kulunvalvonta ja rikosilmoitinjärjestelmät. 2007. Tampere: Kirjapaino Tammer-Paino Oy
- 30 Harju, Pentti. 2004. Talotekniikan automaatio, automatiikka, mittaus, säätö. Kouvola: Penan Tieto-opus Oy
- 31 Kuva. 18. 2011. Verkkodokumentti. Christian Bürkert.
<<http://www.burkert.fi/FIN/2260.html>>. 2011. Luettu 16.11.2011.

Pääsulakkeen mitoitus ja laskenta

Alla on laskettu yhden huoneen huipputeho tasauskertoimen avulla. Tämän pohjalta saamme kokonaistehon pääkeskukselle, josta voimme päätellä pääsulakkeen koon ja mitoittaa kaapeli.

$$P_{h\max} = P_{val} \cdot \frac{A_h}{1000} + P_{kk} + P_{kev} + \text{suora sähkölämmitys}$$

$$P_{h\max} = 1100W \cdot \frac{110m^2}{1000} + 7500W + 6000W + 6600W$$

$$P_{h\max} = 20,22kW$$

P_{val} = valaistuskuorma, 10 W/ m²

A_h = huoneiston pinta-ala, m²

P_{kk} = kojekuorma, kW

P_{kev} = kiukaan ei vuoroteltu osa, kW

Kojekuorman P_{kk} arvo määritetään seuraavasti:

$P_{kk} = 6,0$ kW, kun $A_h \leq 75$ m²

$P_{kk} = 7,5$ kW, kun $A_h > 75$ m²

Suora sähkölämmitys on arvioitu kuluttavan 60W/ m²

Kokonaisteho P_{\max} saadaan kaavasta $P_{\max} = C(N_h) \cdot N_h \cdot P_{h\max}$

Missä $P_{h\max}$ = huoneistokohtainen teho

N_h = huoneistojen lukumäärä

$C(N_h)$ tasauskerroin

Tasauskerroin saadaan kaavasta
$$C(N_h) = C_{\min} + (1 - C_{\min}) \cdot \frac{1}{\frac{1 + \log(N_h)}{\log(A_h)}}$$

$$A_h = A_h = \frac{110m^2}{5} = 22$$

$C_{\min} = 0,2$ (vakio)

$$C(N_h) = 0,2 + (1 - 0,2) \cdot \frac{1}{\frac{1 + \log(5)}{\log(22)}}$$

$$C(N_h) = 0,83$$

$$P_{\max} = 0,83 \cdot 5 \cdot 20,22 \text{ kW}$$

$$P_{\max} = 83,9 \text{ kW}$$

$$I_{\max} = \frac{P_{\max}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}$$

$$I_{\max} = \frac{83,9 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 400 \text{ V} \cdot 0,96}$$

$$I_{\max} = 126,14 \text{ A}$$

Pääkeskuksen huipputeho $P_{\max} = 83,9 \text{ kW}$ ja maximivirta $I_{\max} = 126,14 \text{ A}$. Valitaan

pääsulakkeeksi 160 A sulake.