

Lämmitysmuotojen vaikutus E-lukuun erikokoisissa taloissa

Näillä esimerkeillä pyritään helpottamaan ensirakentajan lämmitysmuotojen valintaa. Alla olevissa laskelmissa näkyy lämmitysmuodon vaikutus E-lukuun erikokoisissa taloissa. Lisäksi laskelmissa on huomioitu eri energiatehokkuustasoja, joista Oulun tavoitetaso on korostettu. Rakentamalla energiatehokkaan ympäristöä säästävän talon, voit valmistautua tuleviin energiamääräysten kiristymiseen sekä energianhinnan kallistumiseen.

E-lukuun vaikuttavat muun muassa talon rakenteet, kylmäsilat ja rakennuksen ilmanvuotoluku sekä lämmitysjärjestelmä. Rakennuksen pinta-alana käytetään lämmitettyä nettoalaa, joka lasketaan talon ulkoseinien sisäpinnan mukaan. Ilmanvuotolukujen vanhalla n_{50} -luvulla ja uudella q_{50} -luvulla ei ole pientaloissa suurta eroa.

Laitteistojen investointikuluista ja E-luvun laskennasta löytyy lisätietoa 8.10.2012 olleesta energiatehokkuus ja E-luvun laskenta luennosta, joka löytyy rakennusvalvonnan nettisivuilta osoitteesta:

<http://oulu.ouka.fi/rakennusvalvonta/laatuohjaus/esmateriaali.htm>

Alla olevat vertailulaskelmat perustuvat Jarek Kurnitskin Energiamääräykset 2012 kirjan excel-laskuriin (Kuva 1.), jolla voidaan arvioida eri lämmitysmuotojen vaikutusta E-lukuun. Lisäksi alla oleviin laskelmiin on lisätty RakMK D3 2012 määräysten mukainen tasauslaskenta, jota yksinkertaistetusta laskurista ei löydy. Yksinkertaistettu laskuri löytyy seuraavasta osoitteesta: http://www.pientaloteollisuus.fi/fin/tietoa_pientaloista/energiamaaraykset_2012/

HUOM! Laskuri on tarkoitettu apuvälineeksi suunnittelun alkuvaiheeseen. Sitä ei voi käyttää esim. rakennuksen määräysten-mukaisuuden osoittamiseen laskurissa käytettyjen yksinkertaistuksien vuoksi.

| Rakennusosa | U_i | A_i | H_{joht} | Kylmäsilat | Ψ_k | l_k | $H_{kylmäsilat}$ | Vuotoilma | $H_{vuotoilma}$ |
|--|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------|
| | W/(m ² ·K) | m ² | W/K | | W/(m·K) | m | W/K | | W/K |
| US | 0,17 | 125,0 | 21,3 | US-US | 0,04 | 10,0 | 0,4 | $q_{50}, m^3/(h \cdot m^2)$ | 0,6 |
| YP | 0,09 | 150,0 | 13,5 | YP-US | 0,05 | 50,0 | 2,5 | kerrosten lkm | 1 |
| AP | 0,12 | 150,0 | 18,0 | VP-US | 0,05 | 0,0 | 0,0 | | |
| IKK | 0,8 | 24,4 | 19,5 | AP-US | 0,10 | 50,0 | 5,0 | A_{vaippa}, m^2 | 455,8 |
| OVI | 0,8 | 6,4 | 5,1 | IKK&OVI-US | 0,04 | 40,0 | 1,6 | $q_{vuotoilma}, m^3/s$ | 0,0022 |
| Yhteensä | $H_{joht}, W/K$ | | 77,4 | $H_{kylmäsilat}, W/K$ | | 9,5 | | $H_{vuotoilma}, W/K$ | 2,6 |
| $H_{vaippa} = H_{joht} + H_{kylmäsilat} + H_{vuotoilma}$ | | | | W/K | 89,5 | | | | |
| Lämmitetty nettoala | | | | A_{netto}, m^2 | 150 | | | | |
| Rakennusvaipan ominaislämpöhäviö H_{vaippa}/A_{netto} | | | | W/(K m ²) | 0,60 | | | | |
| Talotekniset järjestelmät | | Lämmitystapa | | | Maalämpö | Ulkoilma-vesi | Pelletti | Kaukolämpö | Sähkö |
| Lämmin käyttövesi | | Energialaskenta | Nettotarve | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia |
| nettotarve, kWh/(m ² a) | 35 | | kWh/(m ² a) | kWh/(m ² a) | kWh/(m ² a) | kWh/(m ² a) | kWh/(m ² a) | kWh/(m ² a) | kWh/(m ² a) |
| häviöt, kWh/(m ² a) | 5 | Tilojen lämmitys | 43,9 | 16,6 | 25,2 | 73,2 | 58,4 | 54,9 | |
| Aurinkokeräin, m ² | 0 | Ilmanvaihdon lämmitys | 6,1 | 1,9 | 2,8 | 8,2 | 6,5 | 6,1 | |
| tuotto, kWh/(m ² a) | 0,0 | Käyttöveden lämmitys | 35,0 | 17,4 | 24,0 | 53,3 | 42,6 | 40,0 | |
| Lämmönjaon ja -luovutuksen | | Puhaltimet ja pumput | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 7,8 | 7,8 | 5,3 | |
| hyötysuhde, - | 0,8 | Valaistus | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | |
| Ilmanvaihto | | Kuluttajalaitteet | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | |
| LTO lämpötilasuhde,% | 80 | Yhteensä | 113 | 64 | 80 | 165 | 138 | 129 | |
| ominaissähköteho | 1,5 | E-vaatimus | 163 | E-luku | 109 | 136 | 119 | 127 | 219 |

Kuva 1. D3 (2012) Energialaskurilla laskettu 150 m² Oulun tavoitetason mukainen esimerkkitalo

Yksikerroksinen suorakulmion muotoinen talo, lämmitettyä nettoalaa 100 m²

-Huomioi että luvut ovat suuntaa-antavia. E-luvun laskennassa on aina käytettävä ammattilaisen apua

ENERGIAMÄÄRÄYSTEN VÄHIMMÄISTASO

| KOHDE: 100 m ² vähimmäistaso | | | Tasauslaskennan lämpöhäviö määräysten vähimmäistasosta % (lämpimät tilat) | | | 100 | | Rakennusosa (u-arvot) | |
|---|------------|---------------|---|---------------------------|-------------|-------------|---|-----------------------|------|
| Lämmitystapa | | | Maalämpö | Ulkoilma-vesi lämpöpumppu | Pelletti | Kaukolämpö | Sähkö | US | 0,17 |
| Energialaskenta kWh/(m ² a) | Nettotarve | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | YP | 0,09 |
| Tilojen lämmitys | 62,0 | 23,5 | 35,7 | 103,3 | 82,4 | 77,5 | AP | 0,16 | |
| Ilmanvaihdon lämmitys | 6,1 | 1,9 | 2,8 | 8,2 | 6,5 | 6,1 | IKK | 1 | |
| Käyttöveden lämmitys | 35,0 | 17,4 | 24,0 | 53,3 | 42,6 | 40,0 | OVI | 1 | |
| Puhaltimet ja pumput | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 7,8 | 7,8 | 5,3 | Ilmanvuotoluku | | |
| Valaistus | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | q ₅₀ , m ³ /(h·m ²) | | 2,0 |
| Kuluttajalaitteet | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | Ilmanvaihto | | |
| Yhteensä | 131 | 71 | 91 | 195 | 162 | 152 | | | |
| Määräysten mukainen E-luku (max) | 204 | E-luku | 120 | 154 | 134 | 144 | 258 | LTO vuosihyötysuhde % | 45 |

OULUN TAVOITETASO (ks. Energiakortti 2013)

| KOHDE: 100 m ² Oulun tavoitetaso | | | Tasauslaskennan lämpöhäviö määräysten vähimmäistasosta % (lämpimät tilat) | | | 72 | | Rakennusosa (u-arvot) | |
|---|------------|---------------|---|---------------------------|-------------|-------------|---|-----------------------|------|
| Lämmitystapa | | | Maalämpö | Ulkoilma-vesi lämpöpumppu | Pelletti | Kaukolämpö | Sähkö | US | 0,17 |
| Energialaskenta kWh/(m ² a) | Nettotarve | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | YP | 0,09 |
| Tilojen lämmitys | 50,1 | 19,0 | 28,8 | 83,5 | 66,6 | 62,6 | AP | 0,12 | |
| Ilmanvaihdon lämmitys | 6,1 | 1,9 | 2,8 | 8,2 | 6,5 | 6,1 | IKK | 0,8 | |
| Käyttöveden lämmitys | 35,0 | 17,4 | 24,0 | 53,3 | 42,6 | 40,0 | OVI | 0,8 | |
| Puhaltimet ja pumput | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 7,8 | 7,8 | 5,3 | Ilmanvuotoluku | | |
| Valaistus | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | q ₅₀ , m ³ /(h·m ²) | | 0,6 |
| Kuluttajalaitteet | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | Ilmanvaihto | | |
| Yhteensä | 119 | 66 | 84 | 176 | 146 | 137 | | | |
| Määräysten mukainen E-luku (max) | 204 | E-luku | 113 | 142 | 124 | 133 | 233 | LTO vuosihyötysuhde % | 75 |

ERITTÄIN ENERGIATEHOKAS TASO*)

| KOHDE: 100 m ² erittäin energiatehokas | | | Tasauslaskennan lämpöhäviö määräysten vähimmäistasosta % (lämpimät tilat) | | | 49 | | Rakennusosa (u-arvot) | |
|---|------------|---------------|---|---------------------------|-------------|-------------|---|-----------------------|------|
| Lämmitystapa | | | Maalämpö | Ulkoilma-vesi lämpöpumppu | Pelletti | Kaukolämpö | Sähkö | US | 0,09 |
| Energialaskenta kWh/(m ² a) | Nettotarve | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | YP | 0,07 |
| Tilojen lämmitys | 30,8 | 11,7 | 17,7 | 51,3 | 40,9 | 38,5 | AP | 0,08 | |
| Ilmanvaihdon lämmitys | 6,1 | 1,9 | 2,8 | 8,2 | 6,5 | 6,1 | IKK | 0,7 | |
| Käyttöveden lämmitys | 35,0 | 17,4 | 24,0 | 53,3 | 42,6 | 40,0 | OVI | 0,7 | |
| Puhaltimet ja pumput | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 7,8 | 7,8 | 5,3 | Ilmanvuotoluku | | |
| Valaistus | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | q ₅₀ , m ³ /(h·m ²) | | 0,3 |
| Kuluttajalaitteet | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | Ilmanvaihto | | |
| Yhteensä | 100 | 59 | 73 | 143 | 121 | 113 | | | |
| Määräysten mukainen E-luku (max) | 204 | E-luku | 100 | 123 | 108 | 115 | 192 | LTO vuosihyötysuhde % | 85 |

***)EET-tasolla vaaditaan erityisosaamista. Toteuttaminen kestävästi ilman kosteusriskejä edellyttää erittäin hyvää rakennusfysiikan ja talotekniikan asiantuntemusta, virheetöntä tiiveyttä, detaljien suunnittelua ja toteutusta**

Yksikerroksinen suorakulmion muotoinen talo, lämmitettyä nettoalaa 150 m²

-Huomioi että luvut ovat suuntaa-antavia. E-luvun laskennassa on aina käytettävä ammattilaisen apua

ENERGIAMÄÄRÄYSTEN VÄHIMMÄISTASO

| KOHDE: 150 m ² vähimmäistaso | | | Tasauslaskennan lämpöhäviö määräysten vähimmäistasosta % (lämpimät tilat) | | | 100 | | Rakennusosa (u-arvot) | |
|---|------------|---------------|---|---------------------------|-------------|-------------|---|-----------------------|------|
| Lämmitystapa | | | Maalämpö | Ulkoilma-vesi lämpöpumppu | Pelletti | Kaukolämpö | Sähkö | US | 0,17 |
| Energialaskenta kWh/(m ² a) | Nettotarve | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | YP | 0,09 |
| Tilojen lämmitys | 55,1 | 20,9 | 31,7 | 91,8 | 73,2 | 68,8 | AP | 0,16 | |
| Ilmanvaihdon lämmitys | 6,1 | 1,9 | 2,8 | 8,2 | 6,5 | 6,1 | IKK | 1 | |
| Käyttöveden lämmitys | 35,0 | 17,4 | 24,0 | 53,3 | 42,6 | 40,0 | OVI | 1 | |
| Puhaltimet ja pumput | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 7,8 | 7,8 | 5,3 | Ilmanvuotoluku | | |
| Valaistus | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | q ₅₀ , m ³ /(h·m ²) | | |
| Kuluttajalaitteet | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | Ilmanvaihto | | |
| Yhteensä | 124 | 68 | 87 | 184 | 153 | 143 | LTO vuosihyötysuhde % | | |
| Määräysten mukainen E-luku (max) | 163 | E-luku | 116 | 147 | 129 | 138 | 243 | 45 | |

OULUN TAVOITETASO (ks. Energiakortti 2013)

| KOHDE: 150 m ² Oulun tavoitetaso | | | Tasauslaskennan lämpöhäviö määräysten vähimmäistasosta % (lämpimät tilat) | | | 71 | | Rakennusosa (u-arvot) | |
|---|------------|---------------|---|---------------------------|-------------|-------------|---|-----------------------|------|
| Lämmitystapa | | | Maalämpö | Ulkoilma-vesi lämpöpumppu | Pelletti | Kaukolämpö | Sähkö | US | 0,17 |
| Energialaskenta kWh/(m ² a) | Nettotarve | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | YP | 0,09 |
| Tilojen lämmitys | 43,9 | 16,6 | 25,2 | 73,2 | 58,4 | 54,9 | AP | 0,12 | |
| Ilmanvaihdon lämmitys | 6,1 | 1,9 | 2,8 | 8,2 | 6,5 | 6,1 | IKK | 0,8 | |
| Käyttöveden lämmitys | 35,0 | 17,4 | 24,0 | 53,3 | 42,6 | 40,0 | OVI | 0,8 | |
| Puhaltimet ja pumput | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 7,8 | 7,8 | 5,3 | Ilmanvuotoluku | | |
| Valaistus | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | q ₅₀ , m ³ /(h·m ²) | | |
| Kuluttajalaitteet | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | Ilmanvaihto | | |
| Yhteensä | 113 | 64 | 80 | 165 | 138 | 129 | LTO vuosihyötysuhde % | | |
| Määräysten mukainen E-luku (max) | 163 | E-luku | 109 | 136 | 119 | 127 | 219 | 75 | |

ERITTÄIN ENERGIATEHOKAS TASO*)

| KOHDE: 150 m ² erittäin energiatehokas | | | Tasauslaskennan lämpöhäviö määräysten vähimmäistasosta % (lämpimät tilat) | | | 49 | | Rakennusosa (u-arvot) | |
|---|------------|---------------|---|---------------------------|-------------|-------------|---|-----------------------|------|
| Lämmitystapa | | | Maalämpö | Ulkoilma-vesi lämpöpumppu | Pelletti | Kaukolämpö | Sähkö | US | 0,09 |
| Energialaskenta kWh/(m ² a) | Nettotarve | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | YP | 0,07 |
| Tilojen lämmitys | 26,9 | 10,2 | 15,4 | 44,8 | 35,7 | 33,6 | AP | 0,08 | |
| Ilmanvaihdon lämmitys | 6,1 | 1,9 | 2,8 | 8,2 | 6,5 | 6,1 | IKK | 0,7 | |
| Käyttöveden lämmitys | 35,0 | 17,4 | 24,0 | 53,3 | 42,6 | 40,0 | OVI | 0,7 | |
| Puhaltimet ja pumput | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 7,8 | 7,8 | 5,3 | Ilmanvuotoluku | | |
| Valaistus | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | q ₅₀ , m ³ /(h·m ²) | | |
| Kuluttajalaitteet | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | Ilmanvaihto | | |
| Yhteensä | 96 | 57 | 70 | 137 | 115 | 108 | LTO vuosihyötysuhde % | | |
| Määräysten mukainen E-luku (max) | 163 | E-luku | 98 | 120 | 105 | 111 | 183 | 85 | |

***)EET-tasolla vaaditaan erityisosaamista. Toteuttaminen kestävästi ilman kosteusriskejä edellyttää erittäin hyvää rakennusfysiikan ja talotekniikan asiantuntemusta, virheetöntä tiiveyttä, detaljien suunnittelua ja toteutusta**

Kaksikerroksinen suorakulmion muotoinen talo, lämmitettyä nettoalaa 200 m²
-Huomioi että luvut ovat suuntaa-antavia. E-luvun laskennassa on aina käytettävä ammattilaisen apua

ENERGIAMÄÄRÄYSTEN VÄHIMMÄISTASO

| KOHDE: 200 m2 vähimmäistaso | | | Tasauslaskennan lämpöhäviö määräysten vähimmäistasosta % (lämpimät tilat) | | | 100 | | Rakennusosa (u-arvot) | |
|---|------------|---------------|---|---------------------------|-------------|-------------|---|-----------------------|------|
| Lämmitystapa | | | Maalämpö | Ulkoilma-vesi lämpöpumppu | Pelletti | Kaukolämpö | Sähkö | US | 0,17 |
| Energialaskenta kWh/(m ² a) | Nettotarve | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | YP | 0,09 |
| Tilojen lämmitys | 46,2 | 17,5 | 26,6 | 77,1 | 61,5 | 57,8 | AP | 0,16 | |
| Ilmanvaihdon lämmitys | 6,1 | 1,9 | 2,8 | 8,2 | 6,5 | 6,1 | IKK | 1 | |
| Käyttöveden lämmitys | 35,0 | 17,4 | 24,0 | 53,3 | 42,6 | 40,0 | OVI | 1 | |
| Puhaltimet ja pumput | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 7,8 | 7,8 | 5,3 | Ilmanvuotoluku | | |
| Valaistus | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | q ₅₀ , m ³ /(h·m ²) | | |
| Kuluttajalaitteet | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 2,0 | | |
| Yhteensä | 115 | 65 | 81 | 169 | 141 | 132 | Ilmanvaihto | | |
| Määräysten mukainen E-luku (max) | 159 | E-luku | 110 | 138 | 121 | 129 | 224 | LTO vuosihyötysuhde % | 45 |

OULUN TAVOITETASO (ks. Energiakortti 2013)

| KOHDE: 200 m2 Oulun tavoitetaso | | | Tasauslaskennan lämpöhäviö määräysten vähimmäistasosta % (lämpimät tilat) | | | 70 | | Rakennusosa (u-arvot) | |
|---|------------|---------------|---|---------------------------|-------------|-------------|---|-----------------------|------|
| Lämmitystapa | | | Maalämpö | Ulkoilma-vesi lämpöpumppu | Pelletti | Kaukolämpö | Sähkö | US | 0,17 |
| Energialaskenta kWh/(m ² a) | Nettotarve | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | YP | 0,09 |
| Tilojen lämmitys | 36,6 | 13,9 | 21,1 | 61,0 | 48,7 | 45,8 | AP | 0,12 | |
| Ilmanvaihdon lämmitys | 6,1 | 1,9 | 2,8 | 8,2 | 6,5 | 6,1 | IKK | 0,8 | |
| Käyttöveden lämmitys | 35,0 | 17,4 | 24,0 | 53,3 | 42,6 | 40,0 | OVI | 0,8 | |
| Puhaltimet ja pumput | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 7,8 | 7,8 | 5,3 | Ilmanvuotoluku | | |
| Valaistus | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | q ₅₀ , m ³ /(h·m ²) | | |
| Kuluttajalaitteet | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 0,6 | | |
| Yhteensä | 106 | 61 | 76 | 153 | 128 | 120 | Ilmanvaihto | | |
| Määräysten mukainen E-luku (max) | 159 | E-luku | 104 | 129 | 113 | 120 | 204 | LTO vuosihyötysuhde % | 75 |

ERITTÄIN ENERGIATEHOKAS TASO*)

| KOHDE: 200 m2 erittäin energiatehokas | | | Tasauslaskennan lämpöhäviö määräysten vähimmäistasosta % (lämpimät tilat) | | | 47 | | Rakennusosa (u-arvot) | |
|---|------------|---------------|---|---------------------------|-------------|-------------|---|-----------------------|------|
| Lämmitystapa | | | Maalämpö | Ulkoilma-vesi lämpöpumppu | Pelletti | Kaukolämpö | Sähkö | US | 0,09 |
| Energialaskenta kWh/(m ² a) | Nettotarve | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | Ostoenergia | YP | 0,07 |
| Tilojen lämmitys | 21,3 | 8,1 | 12,3 | 35,5 | 28,4 | 26,6 | AP | 0,08 | |
| Ilmanvaihdon lämmitys | 6,1 | 1,9 | 2,8 | 8,2 | 6,5 | 6,1 | IKK | 0,7 | |
| Käyttöveden lämmitys | 35,0 | 17,4 | 24,0 | 53,3 | 42,6 | 40,0 | OVI | 0,7 | |
| Puhaltimet ja pumput | 5,3 | 5,3 | 5,3 | 7,8 | 7,8 | 5,3 | Ilmanvuotoluku | | |
| Valaistus | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | 7,0 | q ₅₀ , m ³ /(h·m ²) | | |
| Kuluttajalaitteet | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 15,8 | 0,3 | | |
| Yhteensä | 91 | 55 | 67 | 128 | 108 | 101 | Ilmanvaihto | | |
| Määräysten mukainen E-luku (max) | 159 | E-luku | 94 | 114 | 100 | 106 | 171 | LTO vuosihyötysuhde % | 85 |

*) EET-tasolla vaaditaan erityisosaamista. Toteuttaminen kestävästi ilman kosteusriskejä edellyttää erittäin hyvää rakennusfysiikan ja talotekniikan asiantuntemusta, virheetöntä tiiveyttä, detaljien suunnittelua ja toteutusta