

FInZEB-hankkeen ehdotukset nZEB-E-luvuiksi rakennustyypeittäin

Loppuraportin Liite 1

31.03.2015

Granlund Oy

Anni Tyni, Lassi Loisa, Erja Reinikainen

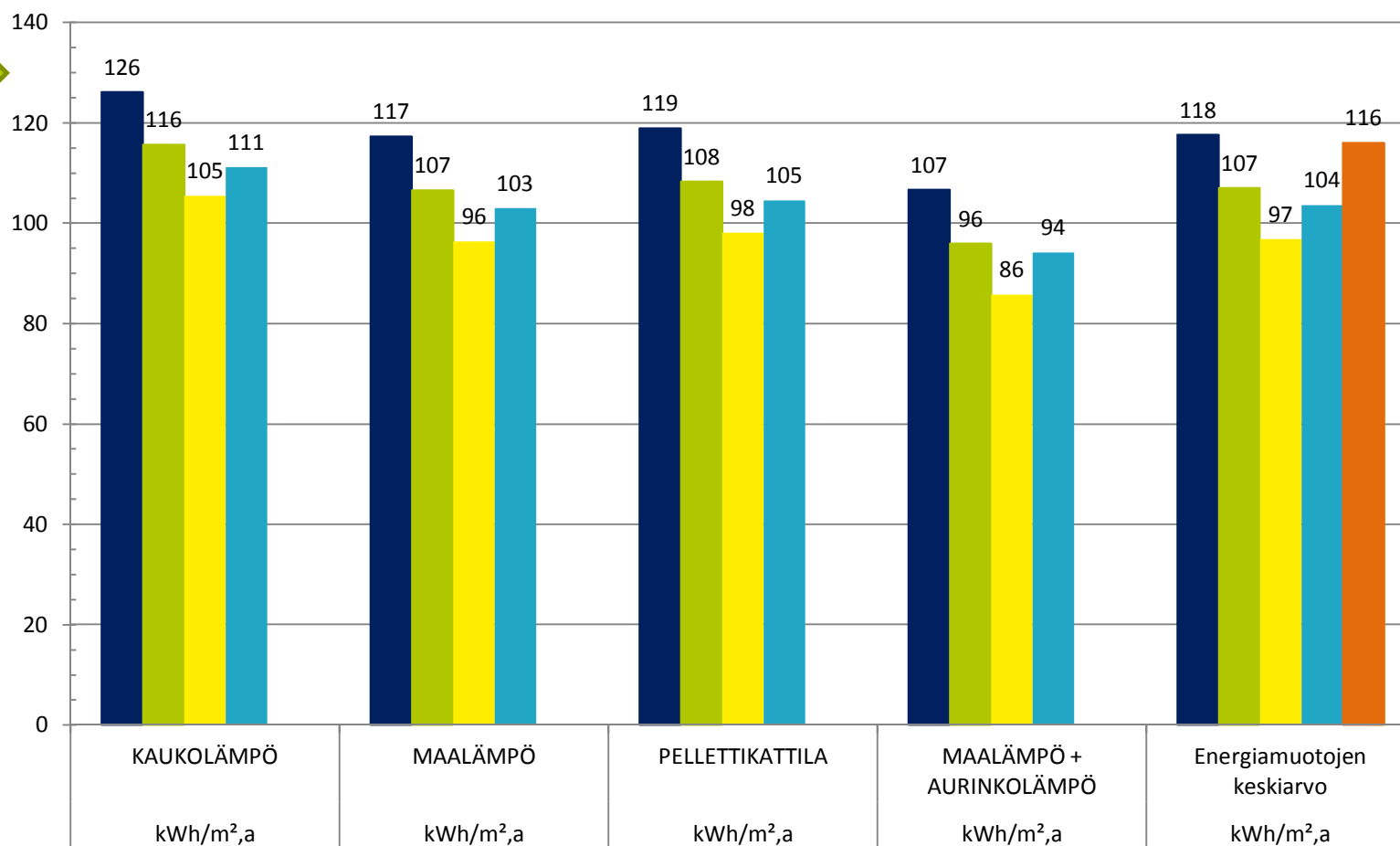
Ohjeita tulosten tarkasteluun

- Tässä esityksessä on ehdotukset nZEB-E-luvuista seuraaville rakennustyypeille: asuinkerrostalot, toimistot, koulut, päiväkodit, liikuntahallit, majoitusliikerakennukset.
- Kunkin rakennustyyppin osalta on energialaskenta tehty muutamalle esimerkkirakennukselle. Tulokset ovat näiden rakennusten keskiarvoja.
- Rakennustyyppin perustapaus on tämänhetkisen E-lukurajan kaukolämpötapauksessa täyttävä ratkaisu (sininen palkki).
- Kullekin rakennustyyppille on määritetty energiaa säästävää ”toimenpidepaketti” elinkaarikustannustarkastelujen perusteella. Joillakin rakennustyypeillä kustannusoptimaalisia toimenpidepaketteja voi olla useampia, yhteenvedossa on niiden vaikutusten keskiarvo (vihreä palkki). Toimenpidepakettien tekniset ratkaisut on esitetty rakennustyypeittäin.
- Lämpimän käyttöveden määrän muutos on ainoa E-lukulaskentasääntömuutos ja sen vaikutus on näytetty erikseen (turkoosi palkki).
- Lämmitysenergiamuodot vaihtelevat rakennustyyppikohtaisesti. Tarkasteluun on valittu ko. rakennustyyppin todennäköisimmät vaihtoehdot.
- Kullekin rakennustyyppille on lisäksi esitetty todennäköisen aurinkoenergiajärjestelmän laajuus sekä vaikutus E-lukuun (keltainen palkki).
- Rakennustyypeille ehdotettu nZEB-E-lukuraja (oranssi palkki) on valittu kaukolämpötapauksen mukaan.

ASUINKERROSTALOT: FInZEB-E-luku

Nykyinen C-luokan raja
(130 kWh/m²,a)

Nykyinen A-luokan raja
(75 kWh/m²,a)



■ Laskettujen rakennusten keskiarvo

■ Toimenpidepakettien keskiarvo

■ Toimenpidepakettien keskiarvo + aurinkosähkö

■ Toimenpidepakettien keskiarvo + vähennys LKV:n standardikäytössä

■ Ehdotus nZEB-raja-arvoksi

ASUINKERROSTALOT:

Perustapaus

- Lämmön jakelun hyötysuhde 85 %
- Ikkuna: U-arvo 1 W/m²K, g-arvo 58 %
- Asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet
- LTO-vuosihyötysuhde 69 %
- Tuloilmavirta 0,4 dm³/s,m²
- Tuloilman jälkilämmitys: sähkö
- Valaistus 11 W/m²

Toimenpidepaketti 1

- Lämmön jakelun hyötysuhde 95 %
- Ikkuna: U-arvo 0,8 W/m²K, g-arvo 39 %
- Asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet
- LTO-vuosihyötysuhde 78 %
- Tuloilmavirta 0,4 dm³/s,m²
- Tuloilman jälkilämmitys: sähkö
- Valaistus 9 W/m²

Toimenpidepaketti 2

- Lämmön jakelun hyötysuhde 95 %
- Ikkuna: U-arvo 0,6 W/m²K, g-arvo 24 %
- Asuntokohtaiset ilmanvaihtokoneet
- LTO-vuosihyötysuhde 78 %
- Tuloilmavirta 0,4 dm³/s,m²
- Tuloilman jälkilämmitys: sähkö
- Valaistus 9 W/m²

Toimenpidepaketti 3

- Lämmön jakelun hyötysuhde 95 %
- Ikkuna: U-arvo 0,8 W/m²K, g-arvo 39 %
- Keskitetty ilmanvaihto
- LTO-vuosihyötysuhde 65 %
- Tuloilmavirta 0,5 dm³/s,m²
- Tuloilman jälkilämmitys: vesikiert.
- Valaistus 9 W/m²

Toimenpidepaketti 4

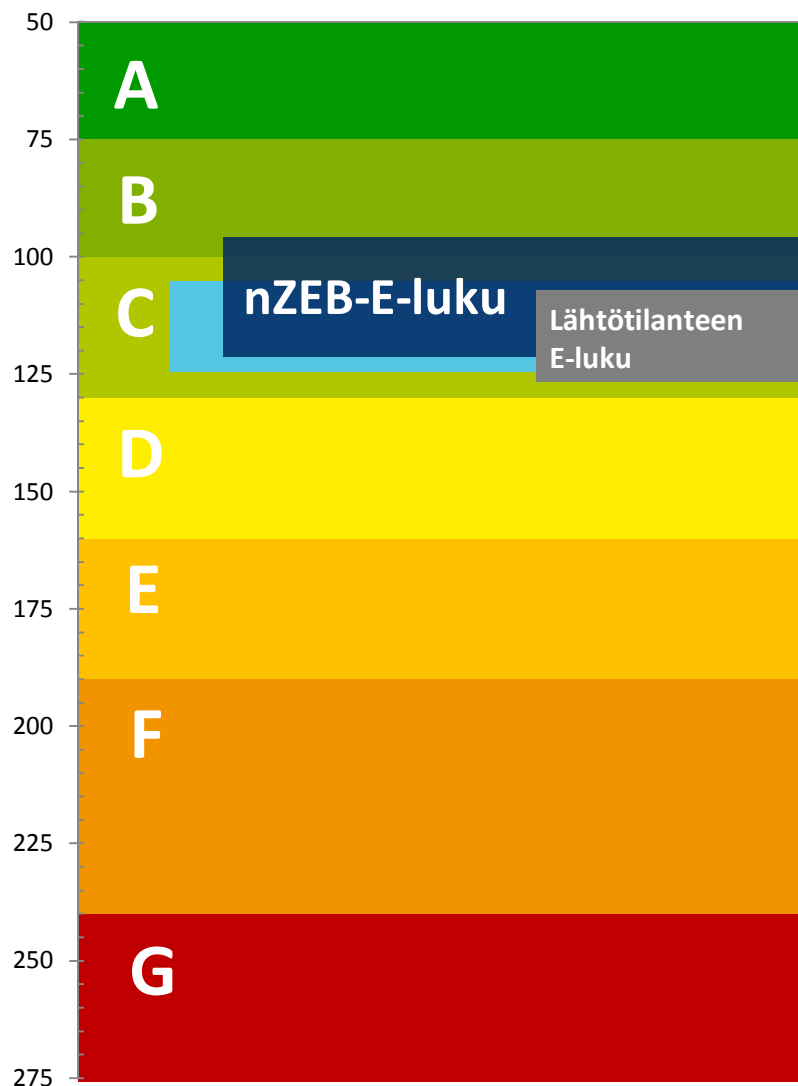
- Lämmön jakelun hyötysuhde 95 %
- Ikkuna: U-arvo 0,6 W/m²K, g-arvo 24 %
- Keskitetty ilmanvaihto
- LTO-vuosihyötysuhde 65 %
- Tuloilmavirta 0,5 dm³/s,m²
- Tuloilman jälkilämmitys: vesikiert.
- Valaistus 9 W/m²

- Vuosihyötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srmk D5:n mukaiset.
- Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille
- Maalämpö-aurinkolämpöhybridissä 50 % LKV:n energiantarpeesta tuotetaan aurinkolämmöllä, loput lämmöntarpeesta maalämpöpumpulla.
- Perustapauksessa ilmanvaihdon jälkilämmitys sähköpattereilla ja kylpyhuoneissa sähköinen mukavuuslattialämmitys
- Asuinkerrostalossa maalämpöpumpun hyötysuhde muita rakennustyyppejä alhaisempi 3,0 suuresta lämpimän käyttöveden kulutuksesta johtuen
- Aurinkosähköllä energiamäärä, joka on määritetty katolle mahtuvan paneelialan perusteella: 6 kWh/m²,a
- Lämpimän käyttöveden standardikäytön vähennys 600 → 500 dm³/m²,a

Vuosihyötysuhde

Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpökerroin	3
Maalämpö, kylmäkerroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Kompressorijäähd.	2,5

ASUINKERROSTALOT: FInZEB-E-luku



Lasketut nZEB-E-luvut eri energiamuodoilla välillä 96 - 116 kWh/m²,a.

Ehdotus nZEB-E-lukurajaksi: 116 kWh/m²,a.

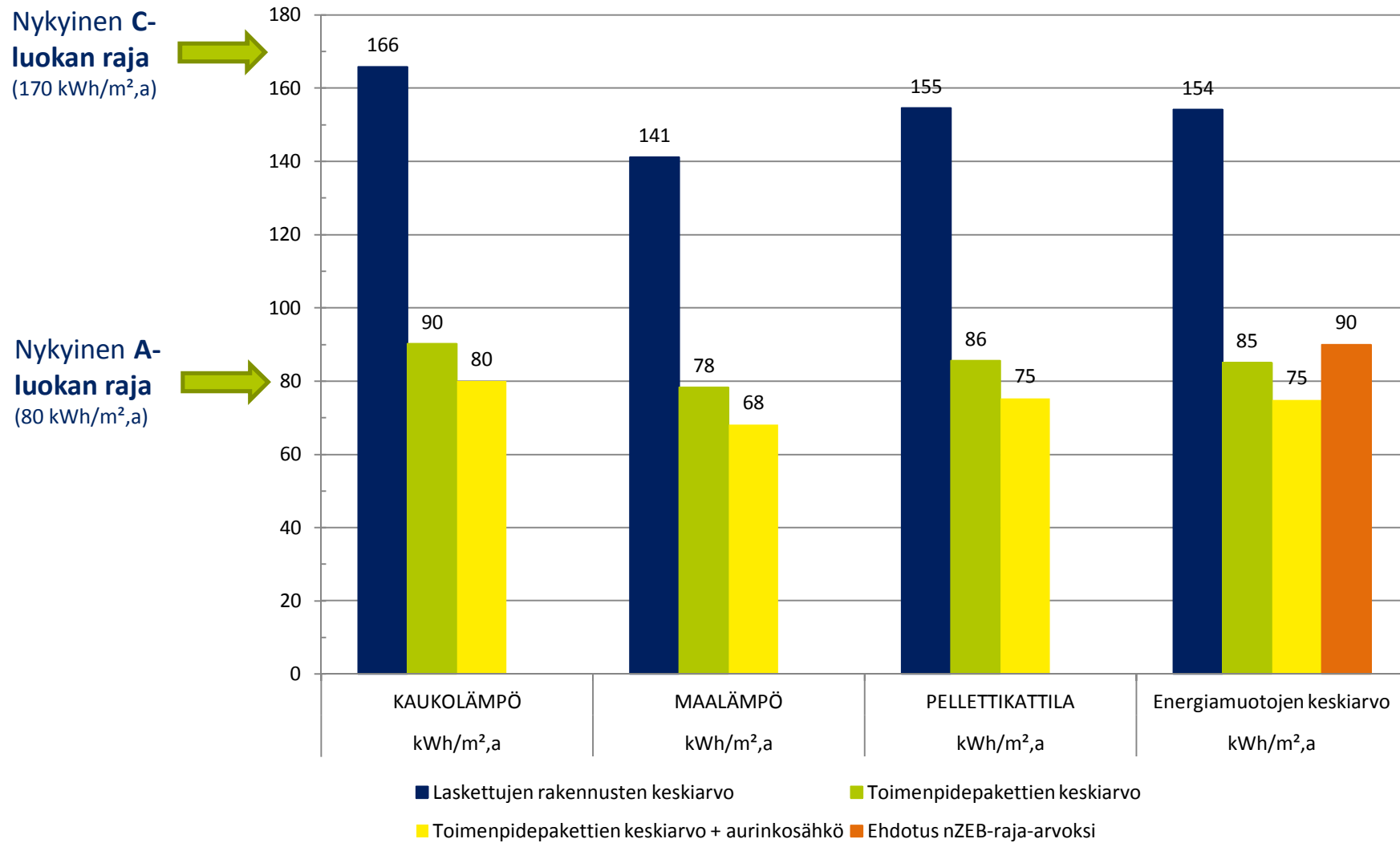
Tutkittujen rakennusten ja toimenpidepakettien 1-4 nZEB-E-lukujen ääripäät *kaukolämmöllä* laskettuna 106 – 124 kWh/m²,a.

Lähtötilanteiden E-luvut eri energiamuodoilla välillä 107 – 126 kWh/m²,a.

Nykyinen minimivaatimus (Srmk D3/2012) uudisrakennuksille: luokka C, E-luku 130 kWh/m²,a.

Rakennustyyppin energiatehokkuuden luokitteluasteikko ympäristöministeriön asetuksen 27.2.2013 mukaan.

TOIMISTOT: FInZEB-E-luku



TOIMISTOT:

Perustapaus

- Ikkuna: U-arvo 1 W/m²K, g-arvo 58 %
- LTO-vuosihiötysuhde 45 %
- Valaistus 11 W/m²
- Tuloilmavirta 2 dm³/s,m²
- Tiiveys q₅₀ = 4 m³/h,m²

Toimenpidepaketti 1

- Ikkuna: U-arvo 0,8 W/m²K, g-arvo 39 %
- LTO-vuosihiötysuhde 72 %
- Valaistus 7 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus
- Tarpeenmukainen ilmanvaihto
- Tiiveys q₅₀ = 2,3 m³/h,m² (n₅₀ = 0,6 1/h)
- Kylmäsillat -25 %

Toimenpidepaketti 2

- Ikkuna: U-arvo 0,6 W/m²K, g-arvo 24 %
- LTO-vuosihiötysuhde 72 %
- Valaistus 7 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus
- Tarpeenmukainen ilmanvaihto
- Tiiveys q₅₀ = 2,3 m³/h,m² (n₅₀ = 0,6 1/h)
- Kylmäsillat -25 %

Toimenpidepaketti 3

- Ikkuna: U-arvo 0,8 W/m²K, g-arvo 39 %
- LTO-vuosihiötysuhde 81 %
- Valaistus 7 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus
- Tarpeenmukainen ilmanvaihto
- Tiiveys q₅₀ = 2,3 m³/h,m² (n₅₀ = 0,6 1/h)
- Kylmäsillat -25 %

Toimenpidepaketti 4

- Ikkuna: U-arvo 0,8 W/m²K, g-arvo 39 %
- LTO-vuosihiötysuhde 81 %
- Valaistus 7 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus
- Tarpeenmukainen ilmanvaihto
- Tiiveys q₅₀ = 2,3 m³/h,m² (n₅₀ = 0,6 1/h)
- Kylmäsillat -25 %

- Vuosihiötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srnk D5:n mukaiset.

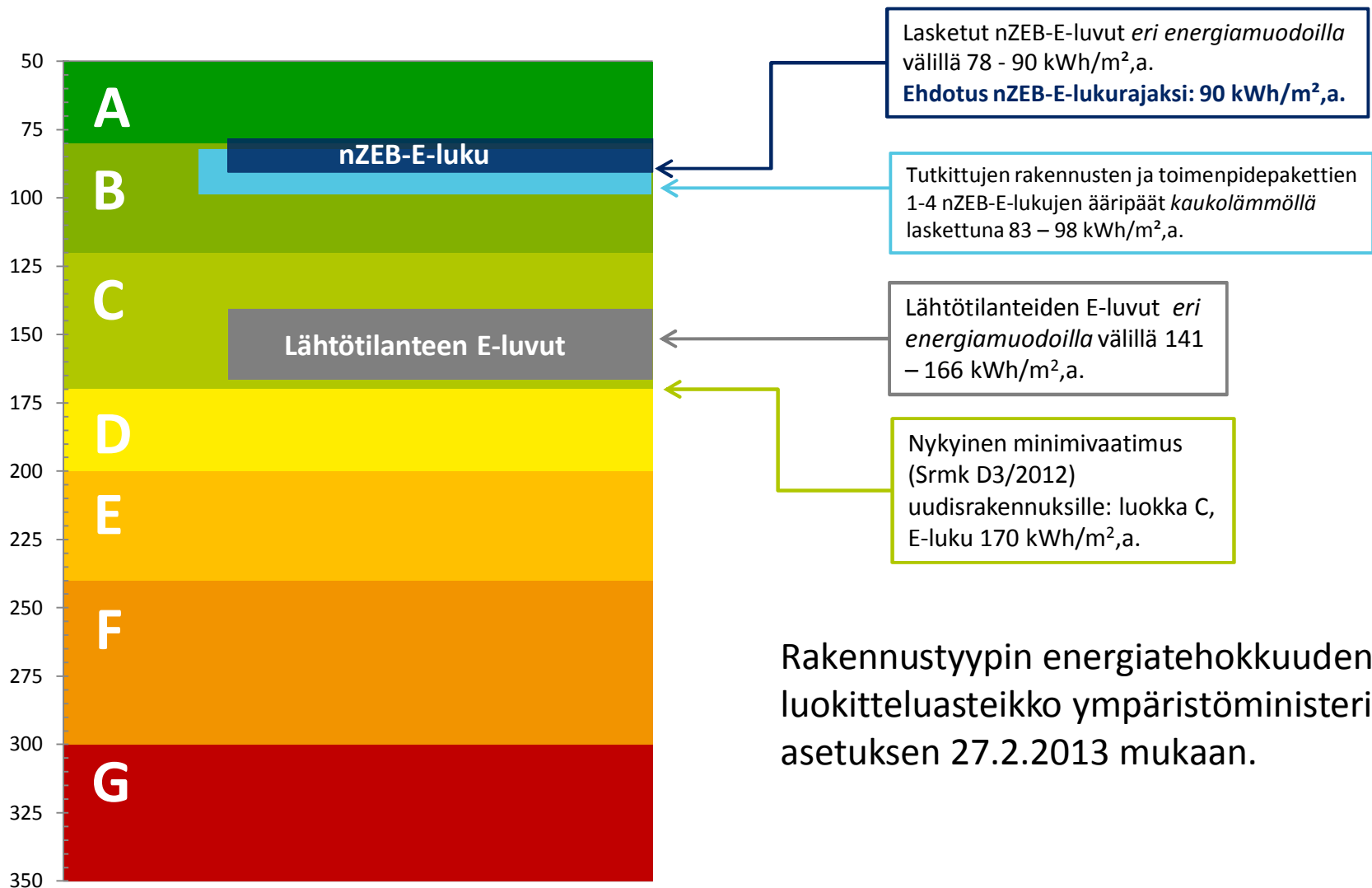
- Maalämpöpumpun vuosihiötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille

- Aurinkosähköllä energiamäärä, joka on määritetty katolle mahtuvan paneelialan perusteella: 6 kWh/m²,a

Vuosihiötysuhde

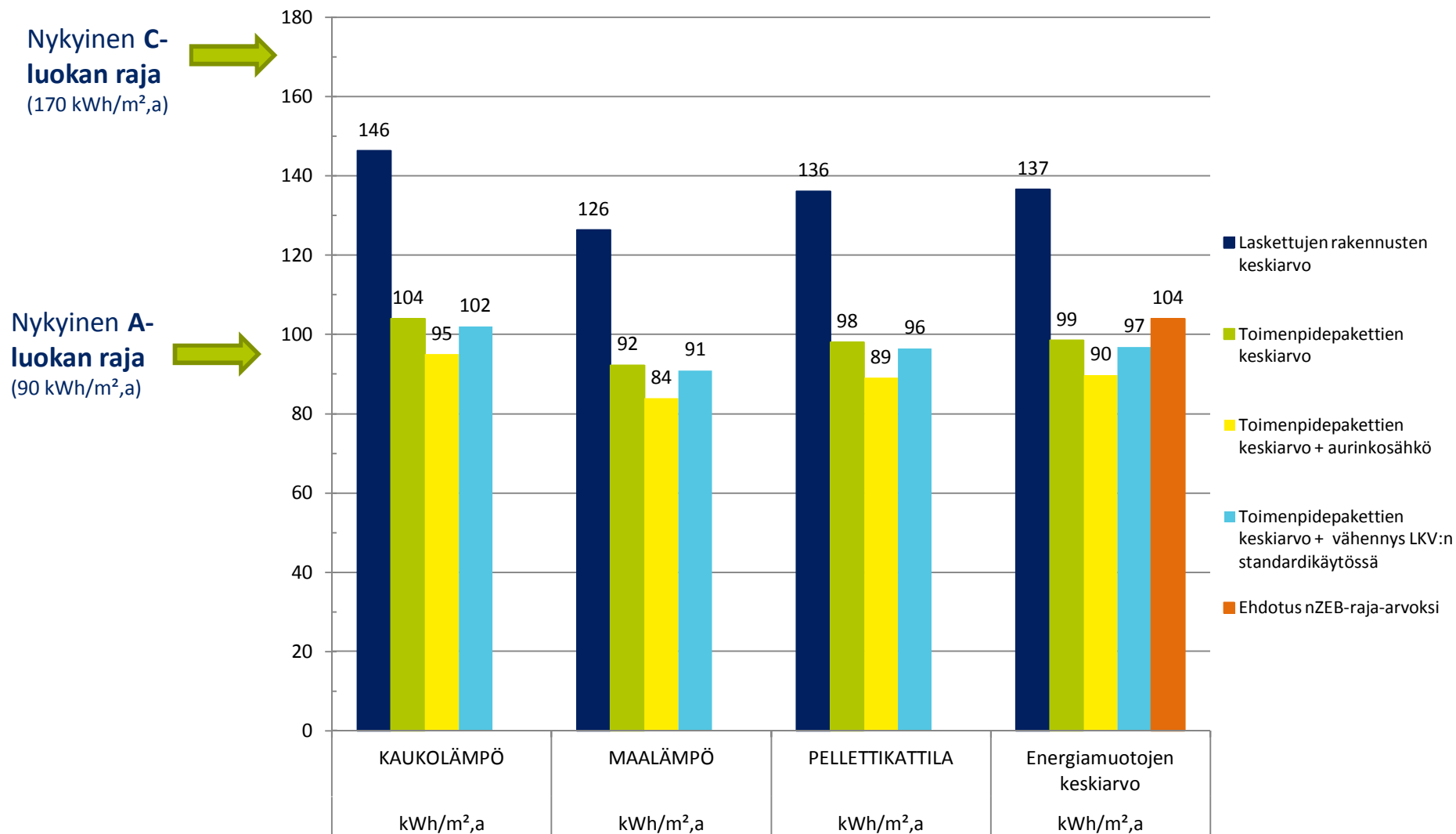
Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpöeroin	3,5
Maalämpö, kylmäeroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Kompressorijäähd.	2,5

TOIMISTOT: FInZEB-E-luku



Rakennustyyppin energiatehokkuuden luokitteluasteikko ympäristöministeriön asetuksen 27.2.2013 mukaan.

KOULUT: FInZEB-E-luku



KOULUT:

Perustapaus

- LTO-vuosihiötysuhde 60 %
- Valaistus 12 W/m²
- Tuloilmavirta 3 dm³/s,m²
- Tiiveys n₅₀ = 0,6 1/h

Toimenpidepaketti 1

- LTO-vuosihiötysuhde 85 %
- Valaistus 12 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus
- Tarpeenmukainen ilmanvaihto

Toimenpidepaketti 2

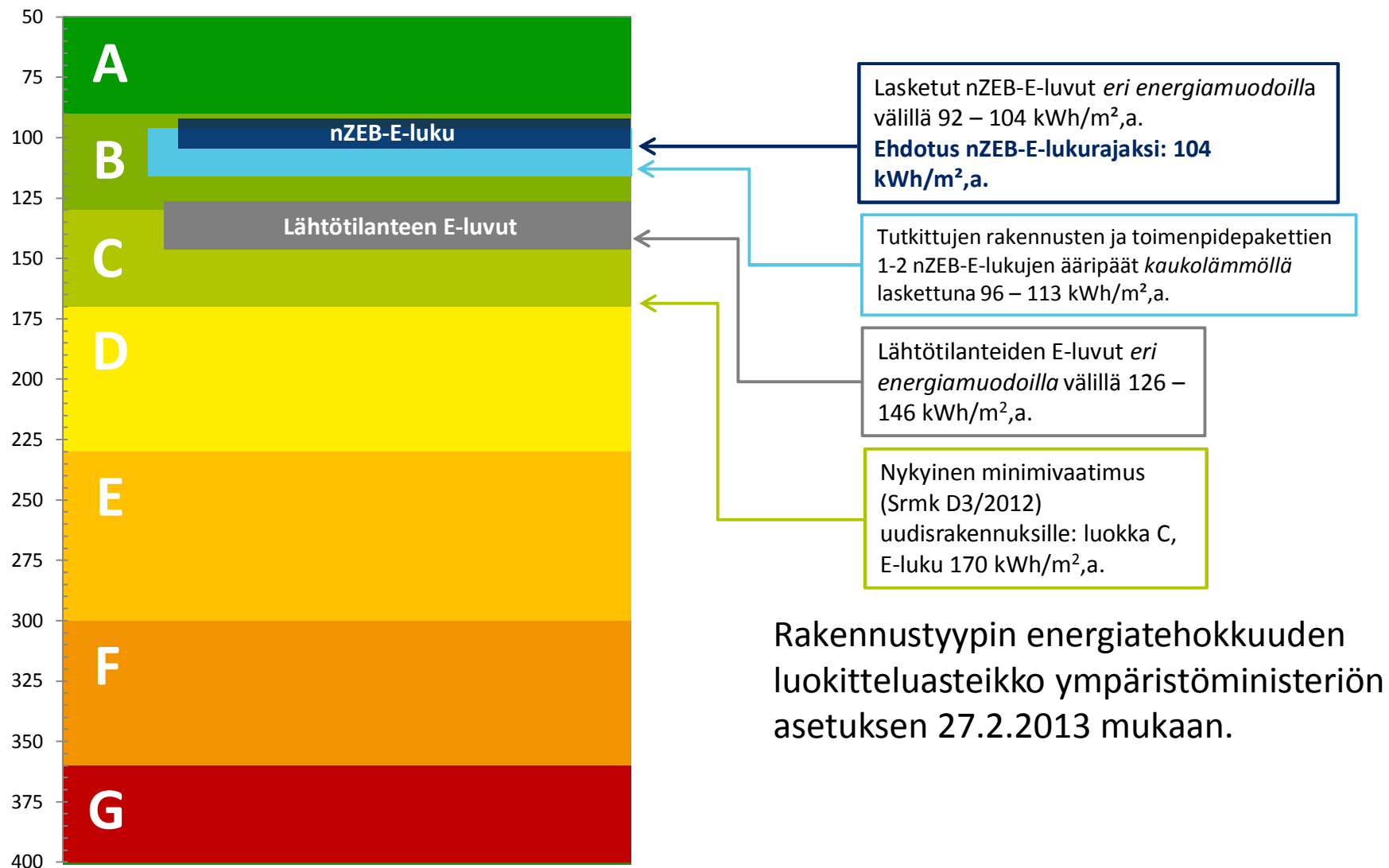
- LTO-vuosihiötysuhde 85 %
- Valaistus 8 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus
- Tarpeenmukainen ilmanvaihto

- Vuosihiötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srmk D5:n mukaiset.
- Maalämpöpumpun vuosihiötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille
- Lämpimän käyttöveden standardikäytön vähennys 188 → 145 dm³/m²,a
- Aurinkosähkön tuotantoa siten, että sillä katetaan 10 % perustapauksen sähkönkulutuksesta: 6 kWh/m²,a

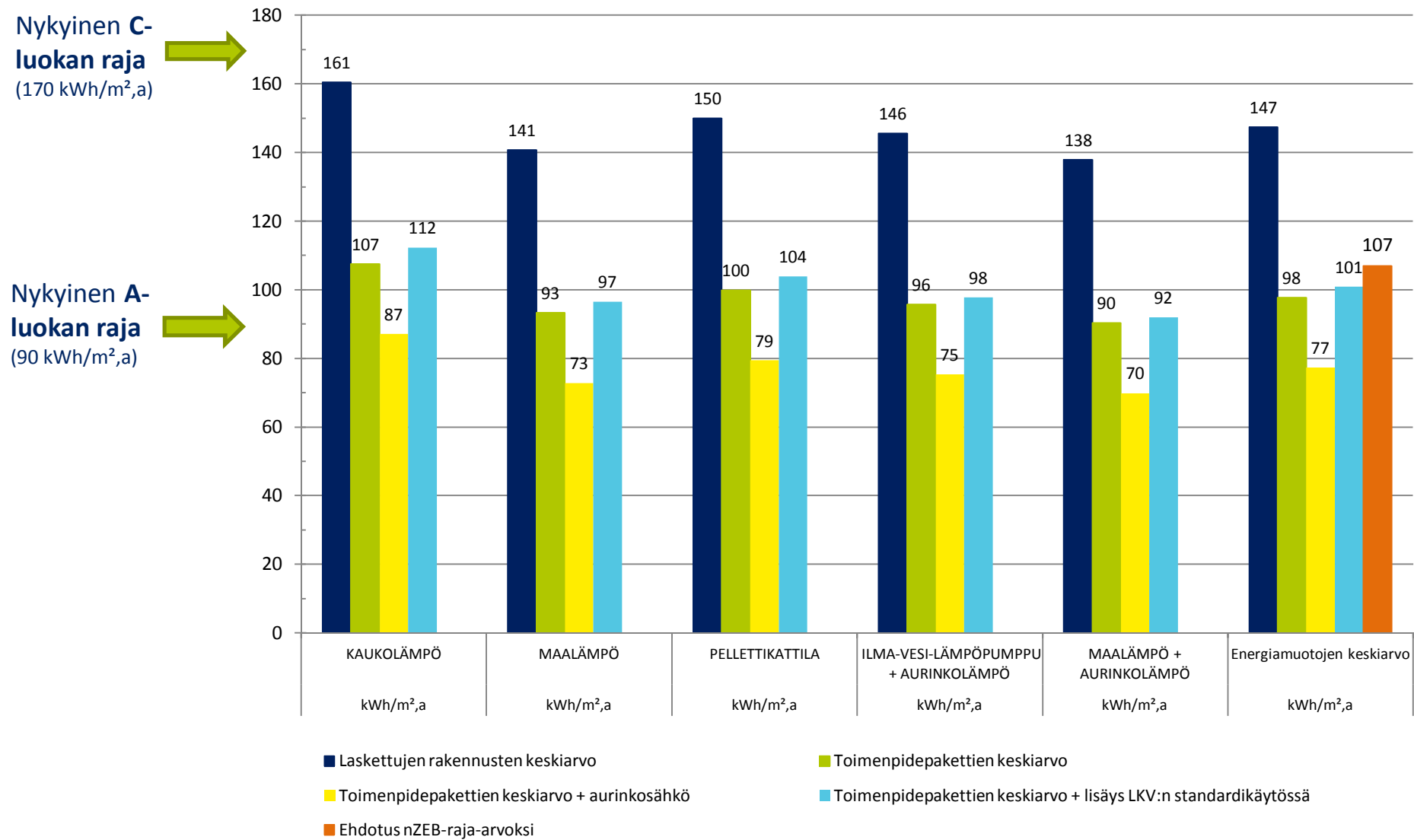
Vuosihiötysuhde

Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpökerroin	3,5
Maalämpö, kylmäkerroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Kompressorijäähd.	2,5

KOULUT: FInZEB-E-luku



PÄIVÄKODIT: FInZEB-E-luku



PÄIVÄKODIT:

Perustapaus

- LTO-vuosihiötysuhde 60 %
- Valaistus 18 W/m²
- Tuloilmavirta 3 dm³/s,m²
- Tiiveys
n₅₀ = 0,6 1/h

Toimenpidepaketti 1

- LTO-vuosihiötysuhde 85 %
- Valaistus 12 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus
- Tarpeenmukainen ilmanvaihto

Toimenpidepaketti 2

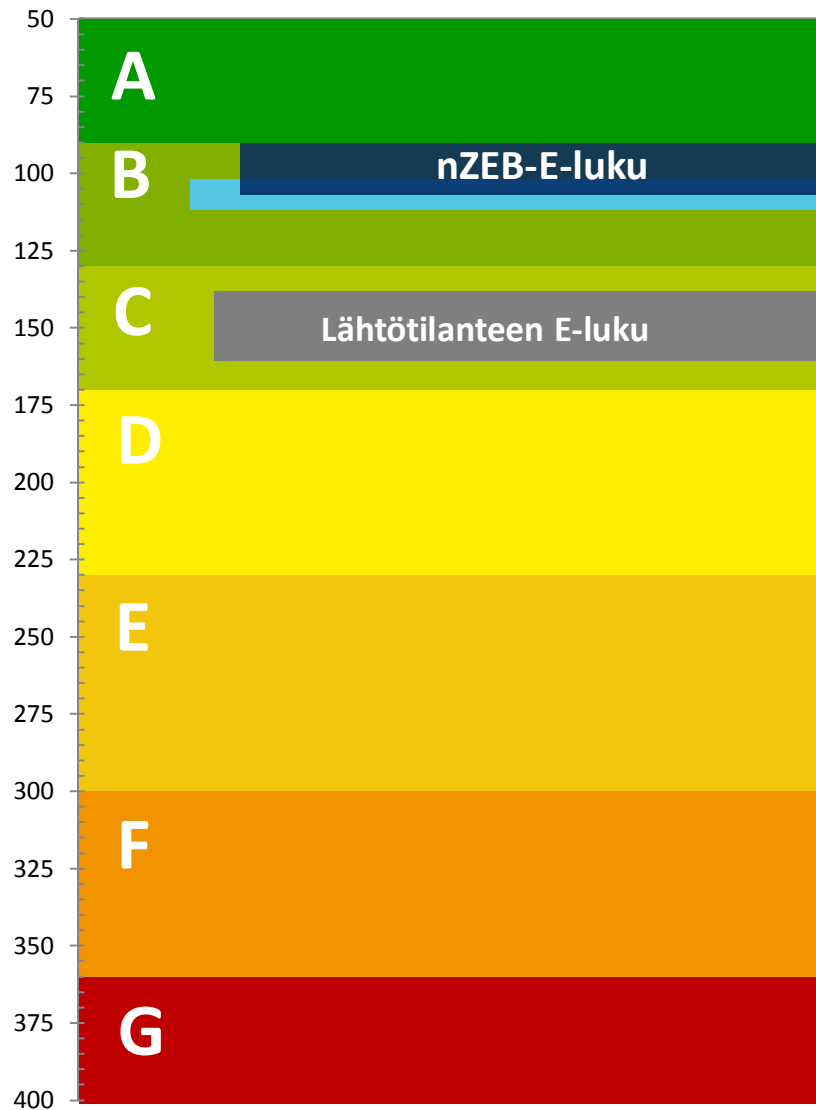
- LTO-vuosihiötysuhde 85 %
- Valaistus 8 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus
- Tarpeenmukainen ilmanvaihto

- Vuosihiötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srmk D5:n mukaiset.
- Maalämpöpumpun vuosihiötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille
- Ilma-vesilämpöpumpun vuosihiötysuhde laskettu kaupalliselle tuotteelle sen teknisistä tiedoista
- Lämpöpumppu-aurinkolämpöhybrideissä 50 % LKV:n energiantarpeesta tuotetaan aurinkolämmöllä, loput lämmöntarpeesta lämpöpumpuilla.
- Lämpimän käyttöveden standardikäytön lisäys 188 → 293 dm³/m²,a
- Aurinkosähkön tuotantoa siten, että sillä katetaan 20 % perustapauksen sähkönkulutuksesta: 12 kWh/m²,a

Vuosihiötysuhteet

Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpökerroin	3,5
Maalämpö, kylmäkerroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Ilma-vesilämpöpumppu	2,9
Kompressorijäähd.	2,5

PÄIVÄKODIT: FInZEB-E-luku



Lasketut nZEB-E-luvut eri energiamuodoilla välillä 90 – 107 kWh/m²,a.
Ehdotus nZEB-E-lukurajaksi: 107 kWh/m²,a.

Tutkittujen rakennusten ja toimenpidepakettien 1-2 nZEB-E-lukujen ääripäät *kaukolämmöllä* laskettuna 102 – 112 kWh/m²,a.

Lähtötilanteiden E-luvut eri energiamuodoilla välillä 138–161 kWh/m²,a.

Nykyinen minimivaatimus (Srmk D3/2012) uudisrakennuksille: luokka C, E-luku 170 kWh/m²,a.

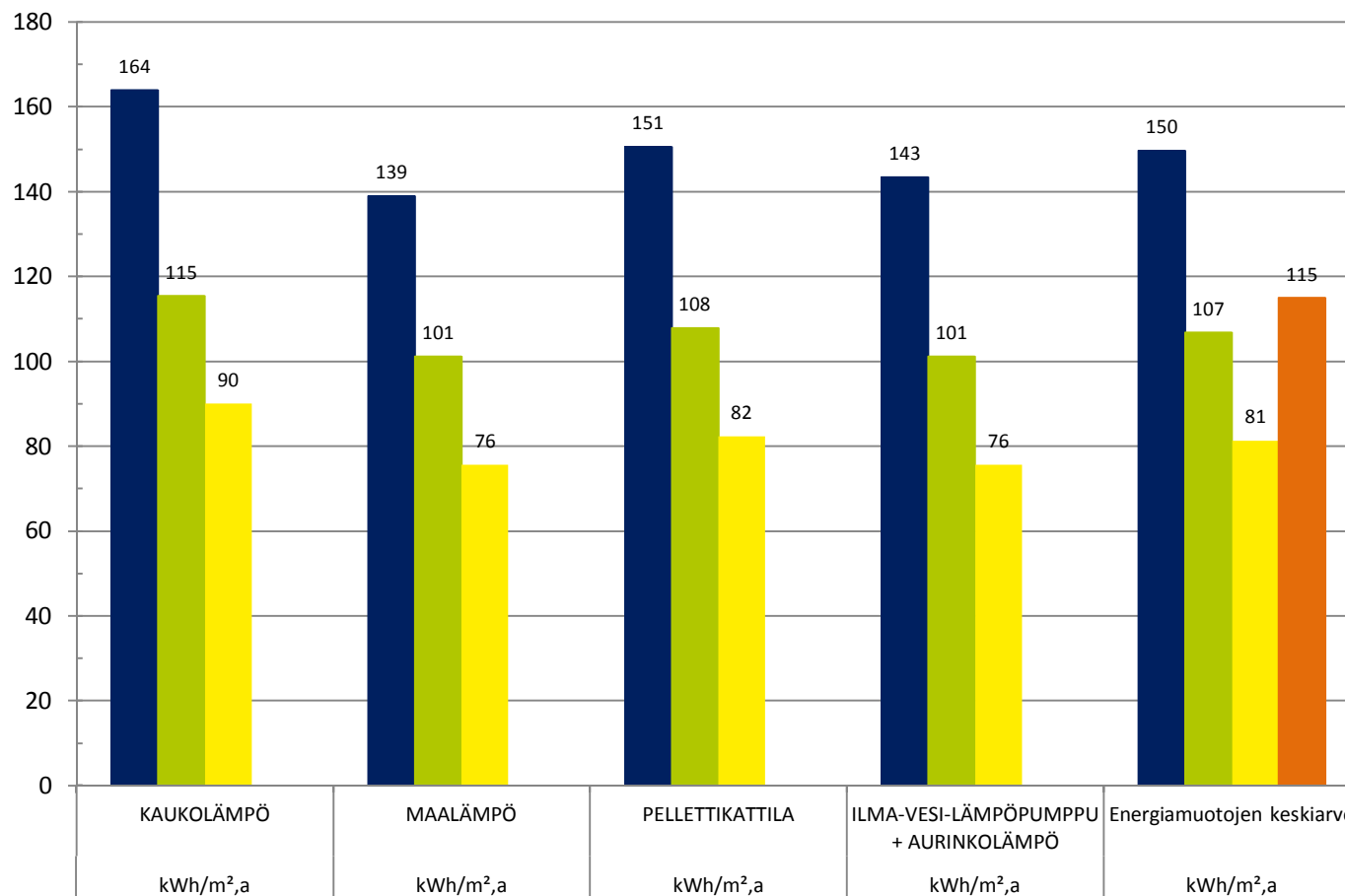
Rakennustyyppien energiatehokkuuden luokitteluasteikko ympäristöministeriön asetuksen 27.2.2013 mukaan.

LIIKUNTAHALLIT: FInZEB-E-luku

Nykyinen C-luokan raja
(170 kWh/m²,a)



Nykyinen A-luokan raja
(90 kWh/m²,a)



■ Laskettujen rakennusten keskiarvo
 ■ Toimenpidepakettien keskiarvo
■ Toimenpidepakettien keskiarvo + aurinkosähkö
 ■ Ehdotus nZEB-raja-arvoksi

LIIKUNTAHALLIT:

Perustapaus

- LTO-vuosihiötysuhde 65 %
- Valaistus 10 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus
- Tuloilmavirta 2 dm³/s,m²
- Tiiveys n₅₀ = 0,6 1/h
- SFP-luku 1,5 kW/(m³/s)
- Kylmäsilat -25 %

Toimenpidepaketti 1

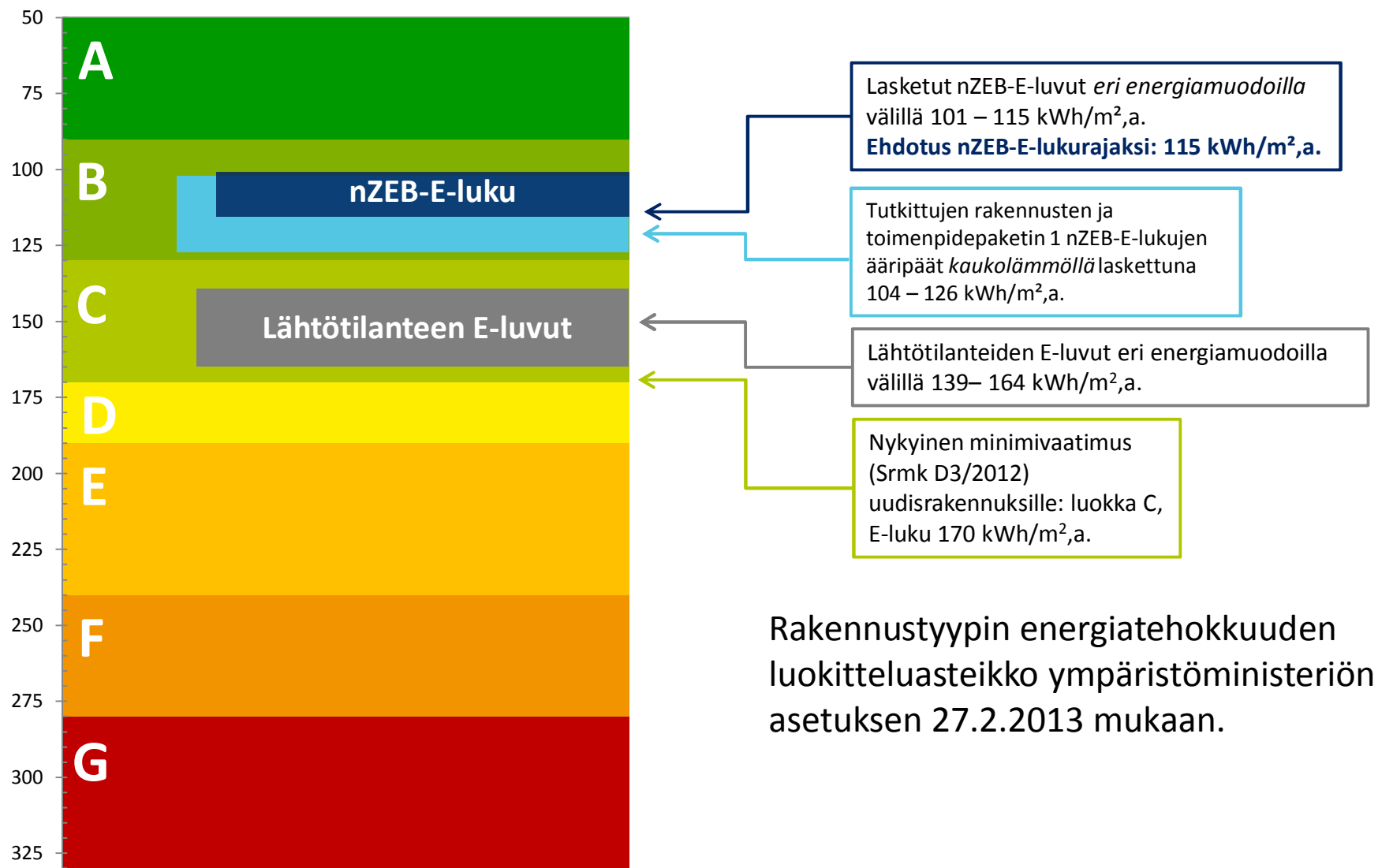
- LTO-vuosihiötysuhde 85 %
- Tarpeenmukainen ilmanvaihto

- Vuosihiötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srmk D5:n mukaiset.
- Maalämpöpumpun vuosihiötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille
- Ilma-vesilämpöpumpun vuosihiötysuhde laskettu kaupalliselle tuotteelle sen teknisistä tiedoista
- Ilma-vesilämpöpumppu + aurinkolämpö -hybridissä 50 % LKV:n energiantarpeesta tuotetaan aurinkolämmöllä, loput lämmöntarpeesta maalämpöpumpulla.
- Aurinkosähkön tuotantoa siten, että sillä katetaan 20 % perustapauksen sähkönkulutuksesta: 15 kWh/m²,a

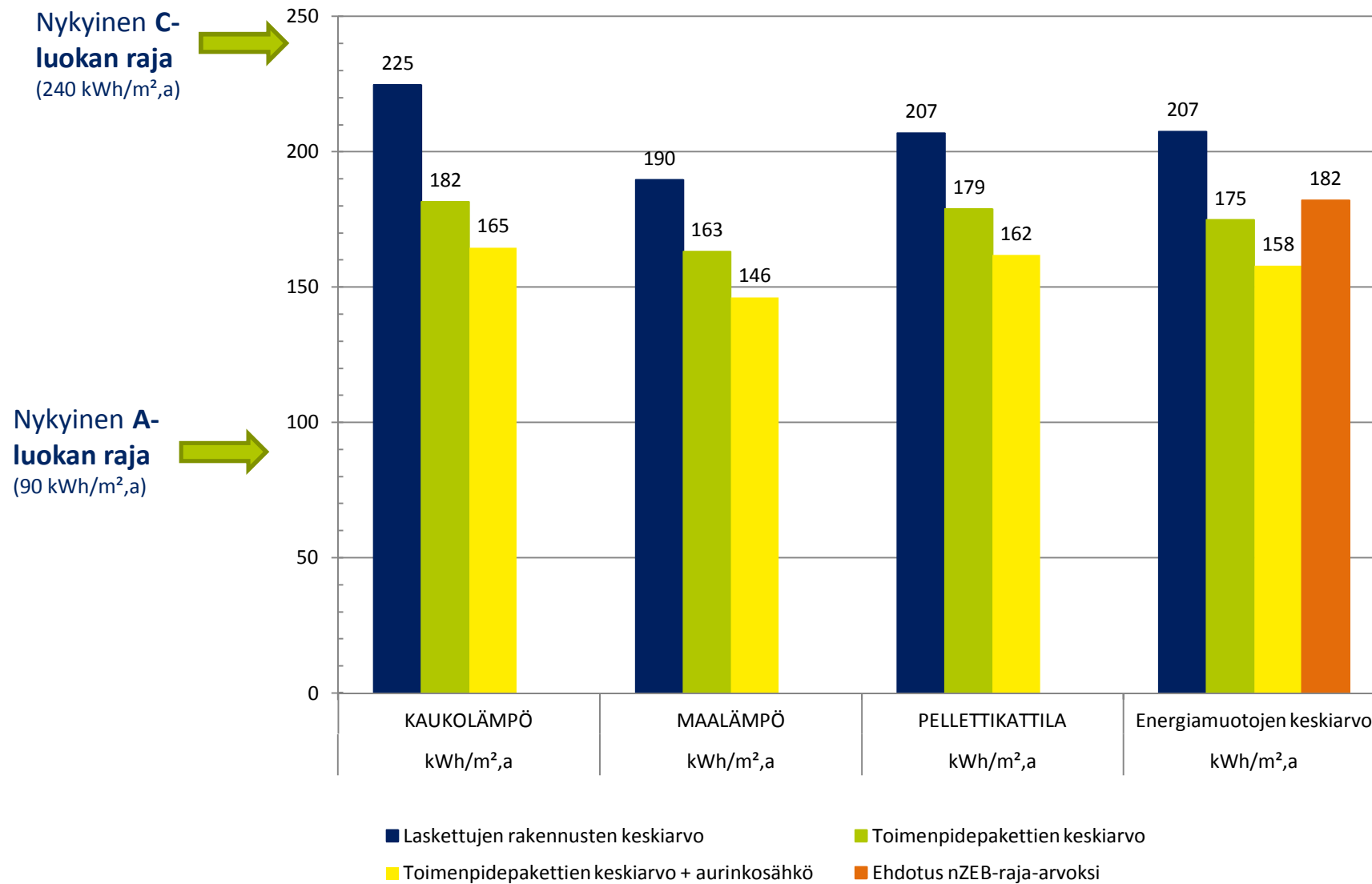
Vuosihiötysuhde

Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpökerroin	3,5
Maalämpö, kylmäkerroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Ilma-vesilämpöpumppu	2,9
Kompressorijäähd.	2,5

LIIKUNTAHALLIT: FInZEB-E-luku



MAJOITUSLIIKERAKENNUKSET: FInZEB-E-luku



MAJOITUSLIKERAKENNUKSET:

Perustapaus

- LTO-vuosihyötysuhde 60 %
- Valaistus 10 W/m²
- Tuloilmavirta 2 dm³/s,m²
- Tiiveys n₅₀ = 0,6 1/h
- SFP-luku 1,5 kW/(m³/s)

Toimenpidepaketti 1

- LTO-vuosihyötysuhde 78 %
- Tarpeenmukainen ilmanvaihto
- LKV:n lämmitysenergian-tarpeesta katetaan 50 % esimerkiksi joko aurinko-lämmöllä tai jäteveden LTO:lla

- Toimenpidepaketissa 50 % lämpimän käyttöveden energiantarpeesta katetaan aurinkolämmöllä tai jäteveden LTO:lla. Tämän vuoksi ei ole tarkasteltu muita hybridiratkaisuja.

- Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille

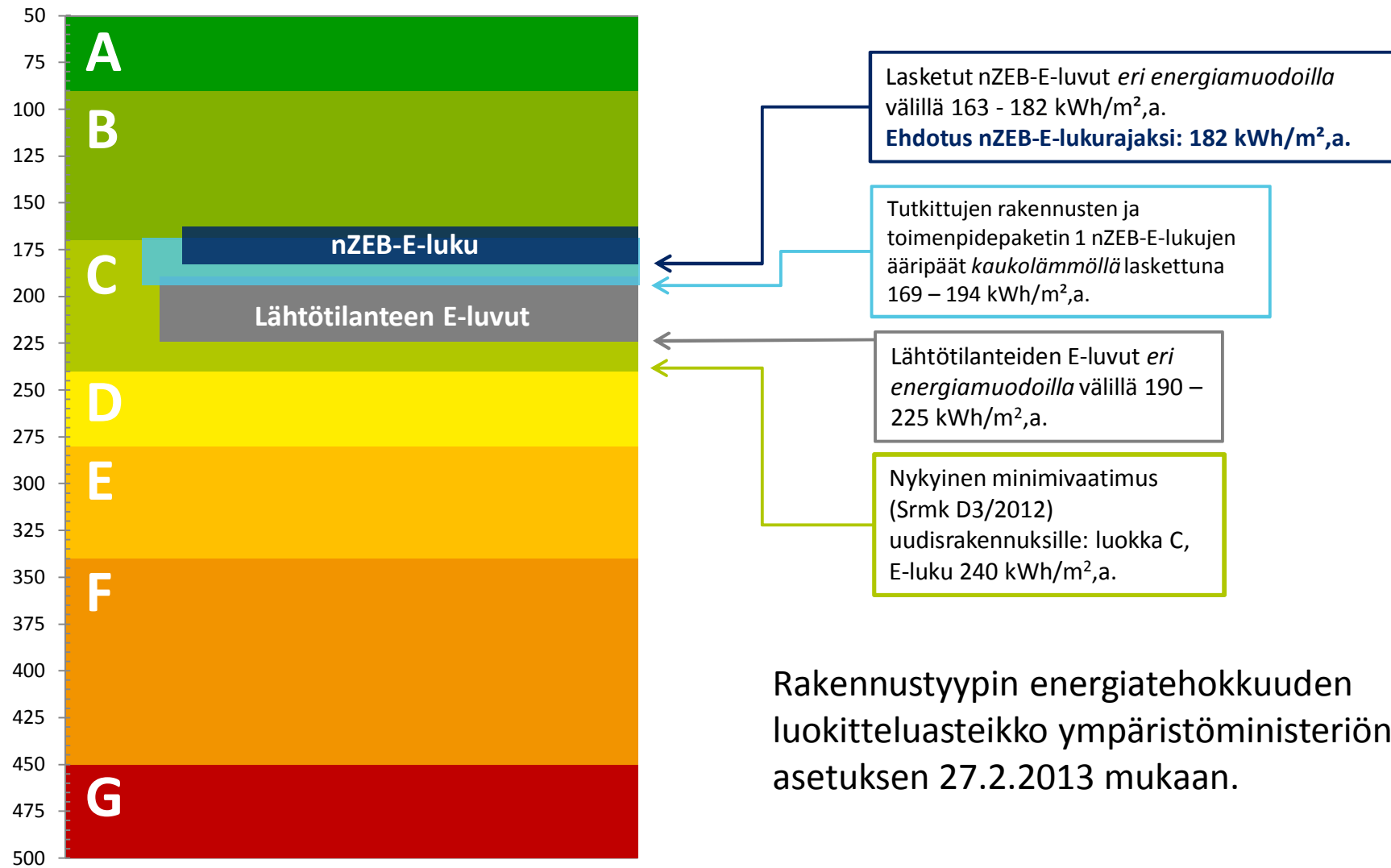
- Vuosihyötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srmk D5:n mukaiset.

- Aurinkosähkön tuotantoa siten, että sillä katetaan 10 % perustapauksen sähkönkulutuksesta: 10 kWh/m²,a

Vuosihyötysuhde

Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpöeroin	3,5
Maalämpö, kylmäeroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Ilma-vesi-lämpöpumppu	2,9
Kompressorijäähd.	2,5

MAJOITUSLIIKERAKENNUKSET: FInZEB-E-luku

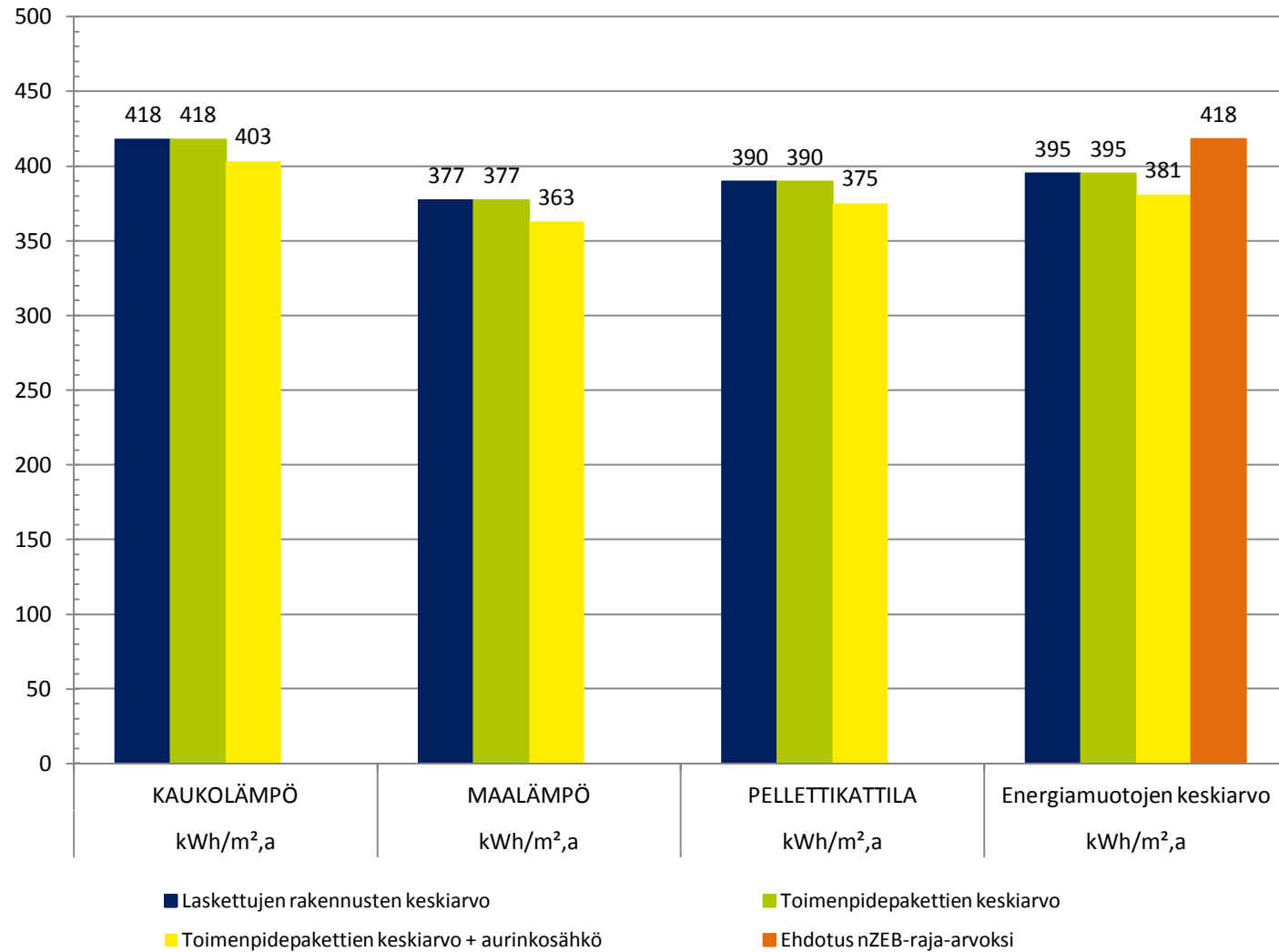


SAIRAALAT: FInZEB-E-luku

Nykyinen C-luokan raja
(450 kWh/m²,a)



Nykyinen A-luokan raja
(150 kWh/m²,a)



SAIRAALAT:

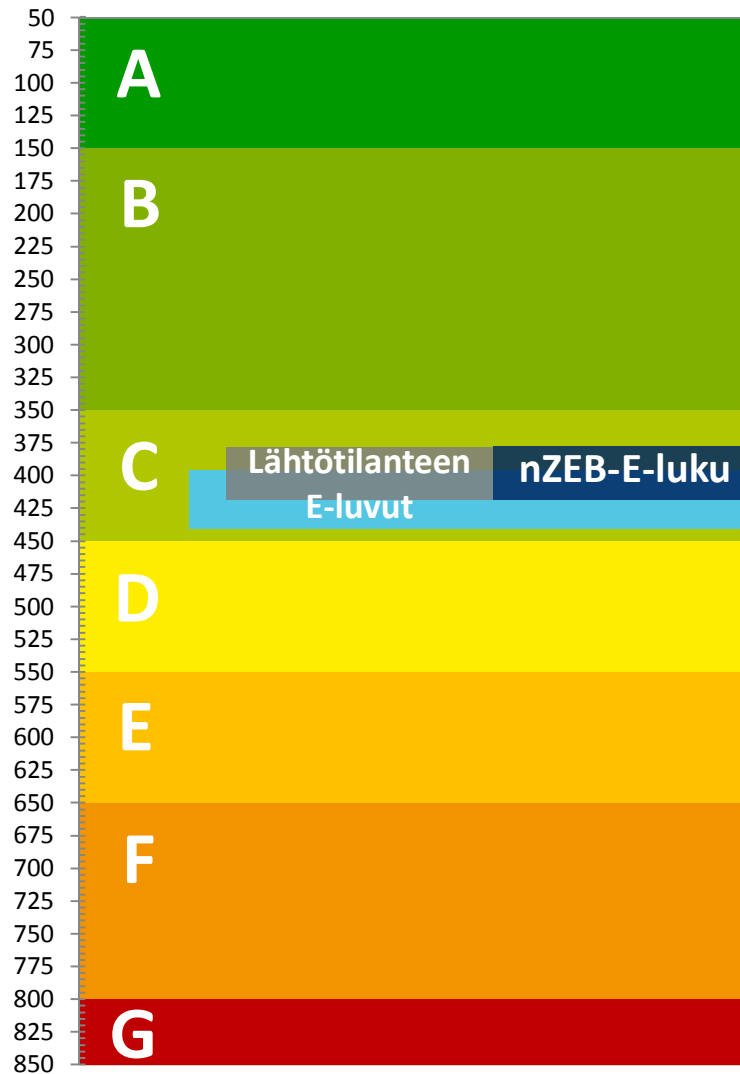
Perustapaus ja Toimenpidepaketti 1

- LTO-vuosihyötysuhde 55 %
- Valaistus 8 W/m² + tarpeenmukainen valaistus
- Kylmäsilat -25 %
- Tiiveys n₅₀-luku = 0,6 1/h
- Tarpeenmukainen ilmanvaihto sosiaali-tiloissa, iv-konehuoneissa ja odotustiloissa

- Vuosihyötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srmk D5:n mukaiset.
- Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille
- Sama MLP:n COP kuin asuinkerrostaloilla, oletuksena että lämpimän käyttöveden kulutus suurta
- Aurinkosähkön tuotantoa siten, että sillä katetaan 5 % perustapauksen sähkönkulutuksesta: 8,5 kWh/m²,a

Vuosihyötysuhde	
Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpöeroin	3,0
Maalämpö, kylmäeroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Ilma-vesilämpöpumppu	2,9
Kompressorijäähd.	2,5

SAIRAALAT: FInZEB-E-luku



Lähtötilanteen E-luvut eri energiamuodoilla ja lasketut nZEB-E-luvut eri energiamuodoilla välillä 377 – 418 kWh/m²,a.
Ehdotus nZEB-E-lukurajaksi: 418 kWh/m²,a.

Tutkittujen rakennusten ja toimenpidepaketin 1 nZEB-E-lukujen ääripäät *kaukolämmöllä* laskettuna 398– 442 kWh/m²,a.

Nykyinen minimivaatimus (Srmk D3/2012) uudisrakennuksille: luokka C, E-luku 450 kWh/m²,a.

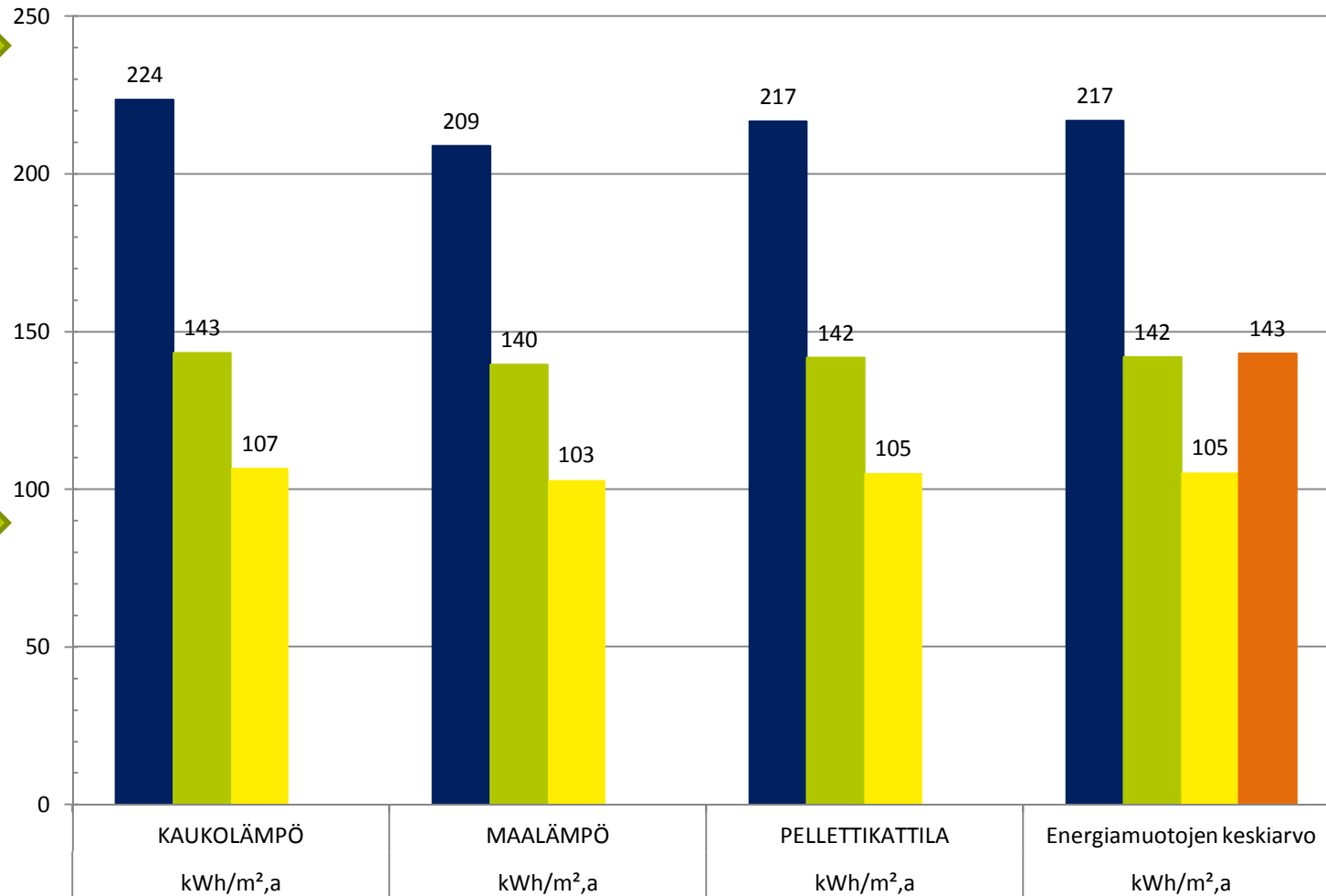
Rakennustyyppin energiatehokkuuden luokitteluasteikko ympäristöministeriön asetuksen 27.2.2013 mukaan.

LIIKERAKENNUKSET: FInZEB-E-luku

Nykyinen C-luokan raja
(240 kWh/m²,a)



Nykyinen A-luokan raja
(90 kWh/m²,a)



■ Laskettujen rakennusten keskiarvo

■ Toimenpidepakettien keskiarvo

■ Toimenpidepakettien keskiarvo+ aurinkosähkö ■ Ehdotus nZEB-raja-arvoksi

LIIKERAKENNUKSET:

Perustapaus

- LTO-vuosihyötysuhde 60 %
- Valaistus 19 W/m²
- Tiiveys q₅₀ = 4 m³/h,m² (n₅₀ = 1,1-2,7 1/h riippuen rakennuksesta)
- Ikkuna, U-arvo = 0,85 W/(m²K)

Toimenpidepaketti 1

- LTO-vuosihyötysuhde 85 %
- Tarpeenmukainen ilmanvaihto (myymälätilat, sosiaalitilat)
- Valaistus 15 W/m²
- Kylmäsilat -25 %
- Tiiveys n₅₀-luku = 0,6 1/h (q₅₀-luku = 0,9 -2,1 m³/h,m² riippuen rakennuksesta)

- Vuosihyötysuhteet kaukolämmölle ja pellettikattilalle Srmk D5:n mukaiset.
- Maalämpöpumpun vuosihyötysuhde laskettu nykyisin käytössä oleville kaupallisille laitteille
- Aurinkosähkön tuotantoa siten, että sillä katetaan 20 % perustapauksen sähkönkulutuksesta: 21,5 kWh/m²,a

Vuosihyötysuhde

Kaukolämpö	0,97
Maalämpö, lämpökerroin	3,5
Maalämpö, kylmäkerroin	5,5
Pellettikattila	0,84
Ilma-vesilämpöpumppu	2,9
Kompressorijäähd.	2,5

LIIKERAKENNUKSET: FInZEB-E-luku

