

Resurssiviisaisten ratkaisujen CO2e- päästötarkastelu

30.12.2022 Ramboll Finland Oy, Sweco, Sitowise, AFRY ja WSP



**VANTAAN
RATIKKA**

Tiivistelmä

Vantaan ratikka on laaja suunnitteluhanke, jonka kokonaisuuteen sisältyy suuri määrä erilaisia rakenteita ja suunnitteluratkaisuja. Monilla suunnittelussa tehtävillä valinnoilla on vaikutusta rakentamisen päästöjen muodostumiseen. Tässä työssä tarkasteltiin erityyppisten, ratikan varrelta valittujen esimerkkikohteiden avulla, millaisia päästöjä vähentäviä, resurssiviisaita ratkaisuja suunnittelussa on mahdollista tehdä. Kohteiksi valittiin tyypillistä ratikkarakentamista edustavia katukohteita, siltakohteita, joihin liittyi myös purkamista, pohjanvahvistuskohteita sekä tunnelikohde. Resurssiviisaiden ratkaisujen käyttöönotolla saavutettavia kasvihuonekaasupäästöjen vähenemisiä arvioitiin laskennallisesti vertaamalla niiden päästöjä tavanomaisten suunnitteluratkaisuiden päästöihin. Tarkastelussa huomioitiin ennen käyttöönottoa muodostuvat päästöt, jotka liittyvät materiaalien tuotantoon, kuljetuksiin ja työmaatoimintoihin.

Suunnitteluvaiheessa resurssiviisaita ratkaisuja voidaan ehdottaa erityisesti materiaalivalintoihin ja suunnittelun optimointiin liittyen. Lisäksi rakentamisen aikaisiin päästöihin voidaan vaikuttaa työmaa- ja kuljetuskaluston valinnoilla.

Sementtipohjaisten tuotteiden käyttöön liittyy merkittäviä päästövähennysmahdollisuuksia kaikissa tarkastelluissa kohteista. Vähähiiliselle betonille löytyy käyttökohteita betonikiveyksistä, raitiotielaatoista, paaluista ja paalulaatoista. Pohjanvahvistuskohteissa käytettäessä stabilointiratkaisua aiheuttaa stabilointiaine merkittävimmät päästöt. Toisaalta stabilointiaineen valinnalla voidaan oleellisesti vaikuttaa päästöjen kokonaismäärään. Verrattuna paalutusratkaisuun stabilointi resurssiviisaasti toteutettuna onkin päästöjen kannalta optimaalinen ratkaisu kohteissa, joihin se teknisesti soveltuu. Uusiomateriaalien, kuten betonimurskeen ja kierrätettyjen maa-ainesten ja kasvualustojen käytöllä voidaan päästöjä vähentää kaiken tyyppisissä kohteissa. Vähäpäästöisten kuljetusten ja työkoneiden käyttöönotto mahdollistaa työmaakohtaiset päästövähennykset, joskin käyttöönottoa voi rajoittaa sähkökäyttöisen kaluston ja biopolttoaineiden saatavuus.

Koko ratikkahankkeen hiilijalanjälki voidaan arvioida, kun tarkemmat kustannus- ja määrääarviot ovat valmistuneet.

Tunnistetut päästövähennystoimenpiteet

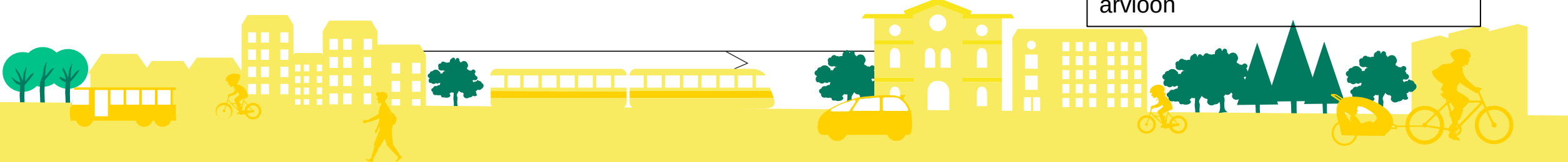
Materiaalivalinnat	Kustannus- vaikutus	Muut	Kustannus- vaikutus
Betoni	↑	Vähäpäästöiset työkoneet ja kuljetusajoneuvot	↑
Stabiloinnin sideaineet	↓		
Uusiomateriaalit	↓	Massakoordinointi	↓
Luonnonkivien hankinta	↑		
Asfaltti	—		
Kierrätyskasvualustat	↓		

Kustannusvaikutuksen selitteet:

↑ nostaa kustannuksia

↓ laskee kustannuksia

— ei vaikutusta kustannuksiin, perustuu materiaalitoimittajan arvioon



Resurssiviisaat ratkaisut voivat vaikuttaa hankkeen kustannuksiin. Nyt arvioidut kustannusvaikutukset perustuvat aiempiin hankkeisiin ja kokemuksiin. Tarkempi kustannus- ja päästölaskelma tulee tehdä hankkeen suunnittelun tarkentuessa.

Suunnitteluratkaisujen optimoinnin vaikutus päästöihin

- Materiaalivalintojen, massakoordinaation ja vähäpäästöisten työkoneiden lisäksi päästöihin voidaan vaikuttaa suunnitteluratkaisujen optimoinnilla.
- Erityisesti pohjanvahvistusratkaisujen, kuten stabiloinnin ja paalulaatan kohdalla tekninen toimivuus on kuitenkin päästö- ja kustannusvaikutuksia merkittävämpi tekijä.



Sisältö

Tiivistelmä

Tunnistetut päästövähennystoimenpiteet

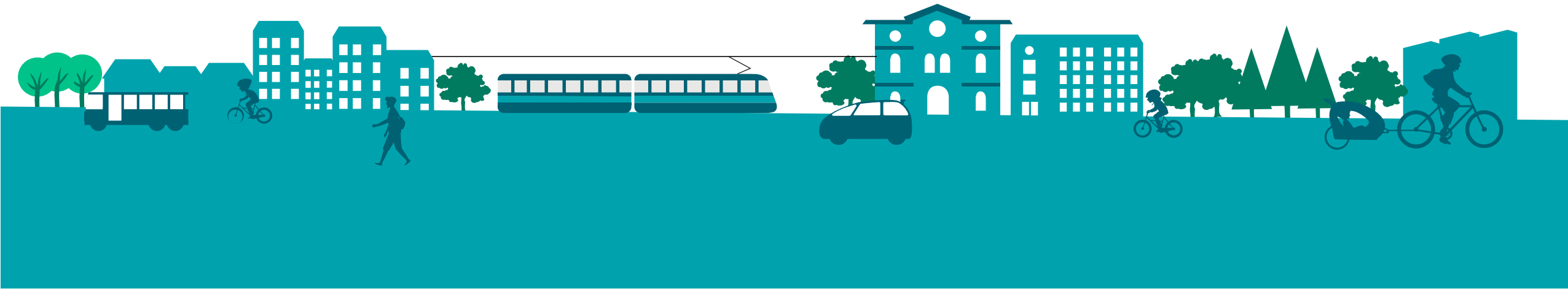
Suunnitteluratkaisujen optimoinnin vaikutus päästöihin

1. Työn tausta ja tavoitteet
2. Suunnittelualueet
3. Lähtötiedot ja rajaukset
4. Päästölaskentatyökalut ja päästökertoimet
5. Laskentakohteet ja tulokset
6. Tulosten hyödyntäminen



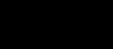
1. Työn tausta ja tavoitteet

- Tämän päästötarkastelun tavoitteena oli tuottaa tietoa resurssiviisaista ja päästöjä vähentävistä suunnitteluratkaisuista tilaajalle päätöksenteon tueksi.
- Työssä tarkasteltiin kuuden erilaisen suunnittelukohteen päästöjä ja toimenpiteitä, joilla päästöjä voidaan vähentää. Kohteiksi pyrittiin valitsemaan mahdollisimman kattavasti tyypillisiä ratikan suunnitteluratkaisuja jokaiselta suunnittelualueelta.
- Tulokset kuvaavat esimerkkikohteiden päästöjä. Näiden lopputulosten perusteella ei voida arvioida hankkeen kokonaispäästöjä. Ratikkahankkeen kokonaispäästöt tulee arvioida erikseen.
- Lähtötietoina hankkeella on käytetty kesällä ja syksyllä 2022 alustavan rakennussuunnitteluvaiheen tietoja suunnittelun ollessa vielä keskeneräinen. Suunnitteluvaihe valmistuu alkuvuoden 2023 aikana.



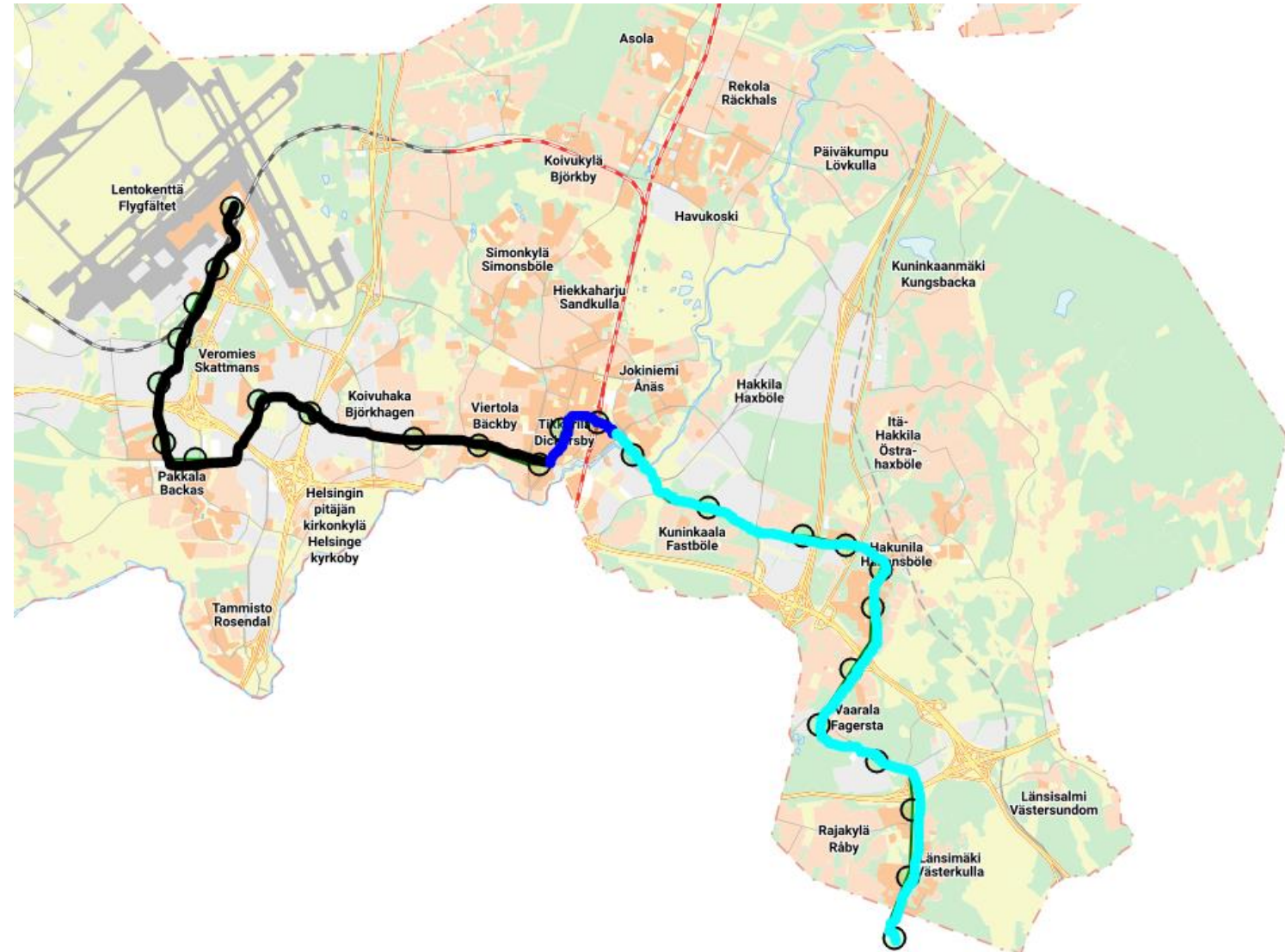
2. Suunnittelualueet

Vantaan ratikan suunnittelu on jaettu kolmeen alueeseen:

-  1. Länsi (Ramboll, Sweco)
-  2. Tikkurila (Sitowise)
-  3. Itä (WSP, AFRY, Finnmap Infra)

Päästölaskennassa mukana olleet suunnittelijat

- Ramboll Finland Oy: Taavi Dettenborn, Suvi Ollikainen & Mia Pitsinki
- Sweco: Emmi Laukkanen & Pekka Lähde
- Sitowise: Juha Seppälä, Elina Merta Ville Reihe, Anders Koponen, Tuula Kaivosoja & Anna Railo
- WSP: Minna Nousiainen, Timo Birling & Elina Regårdh
- AFRY: Pauli Ahonen & Jukka Heikkinen



3. Lähtötiedot ja rajaukset

- Laskennan lähtötietona toimivat poikkileikkauskuvat, joista arvioitiin rakennusmateriaalien määrät.
- Laskenta suoritettiin rakentamisvaiheen päästöille (A1-A5), joka sisältää materiaalien tuotannon, kuljetusten ja työmaatoimintojen päästöt.
- Rakennusmateriaaleihin sisällytettiin InfraRYL-litteraston sarjat
 - 1000 Maa-, pohja- ja kalliorakenteet
 - 2000 Päällys- ja pintarakenteet
- Päästölaskenta suoritettiin kahdelle skenaariolle: tavanomaisesti rakennettavalle eli Business as Usual -vaihtoehdolle (BAU) ja resurssiviisaalle päästöjä vähentävälle vaihtoehdolle.

Infrastruktuurihankkeen elinkaaren CO ₂ -päästöt																		Lisätiedot elinkaaren jälkeen
Ennen käyttöönottoa A1 – A5					Käyttövaihe B1 – B9									Elinkaaren loppuvaihe C1 – C4				D
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	C1	C2	C3	C4	Hyödyt ja haitat järjestelmän rajojen ulkopuolelta Esimerkiksi: Materiaalien uudelleen hyödyntämisen tai kierrätyksen potentiaali Infrastruktuurirakenteen muut hyödyntämis-mahdollisuudet
Raaka-aineiden hankinta	Raaka-aineiden kuljetus	Valmistus	Kuljetus työmaalle	Rakentaminen ja asentaminen	Käyttö	Kunnossapito	Korjaaminen	Uusiminen	Laajamittainen korjaaminen	Käytönaikainen energiankäyttö	Käytönaikainen vedenkäyttö	Muut käytönaikaiset prosessit	Käyttäjien infrastruktuurin käyttö	Purkaminen	Kuljetus	Jätteiden käsittely kierrätykseen	Loppusijoitus	

Kuva: EN 15804, 2019

4. Päästölaskentatyökalut ja päästökertoimet

- Laskennoissa käytetyt työkalut ovat One Click LCA ja ZeroInfra.
- Laskentaparametrina on käytetty hiilidioksidiekvivalenttia (CO₂e.).
- Materiaalien tuotannon päästöarvojen lähteenä on käytetty pääasiassa SYKE:n infrarakentamisen päästötietokantaa (pilottikäytössä) sekä muita luotettavia lähteitä, kuten SYKE:n rakentamisen päästötietokantaa (CO2data.fi), EPD-ympäristöselosteita ja tuotevalmistajilta saatavissa olevia arvoja.
- Työmaatoimintojen päästöjen arvioinnissa on huomioitu InfraRYL:ssä esitetyt toimenpiteet (tiivistys, kaivu, kuormaus jne.) jokaiselle litteralle. Kuljetusten ja työkoneiden päästöarvot perustuvat VTT:n Lipasto-tietokantaan ja työkonekohtaisiin kulutustietoihin. Resurssiviisaassa vaihtoehdossa huomioidaan vähäpäästöisten työkoneiden käyttö Green Deal-sopimuksen mukaisesti.
- Materiaalit on oletettu kuljetettavan 20 km päästä, ellei tarkempaa tietoa ole saatavissa. Tavanomaisessa laskentavaihtoehdossa ylijäämämaat oletetaan kuljetettavan Petikkoon ja resurssiviisaassa vaihtoehdossa kaivumaat pyritään hyödyntämään rakennuspaikalla.

5. Laskentakohteet ja tulokset

Tie- ja katu:

- A. Tietotie, katuosuus
- B. Tietotie, pysäkki
- C. Kyytitie

Sillat:

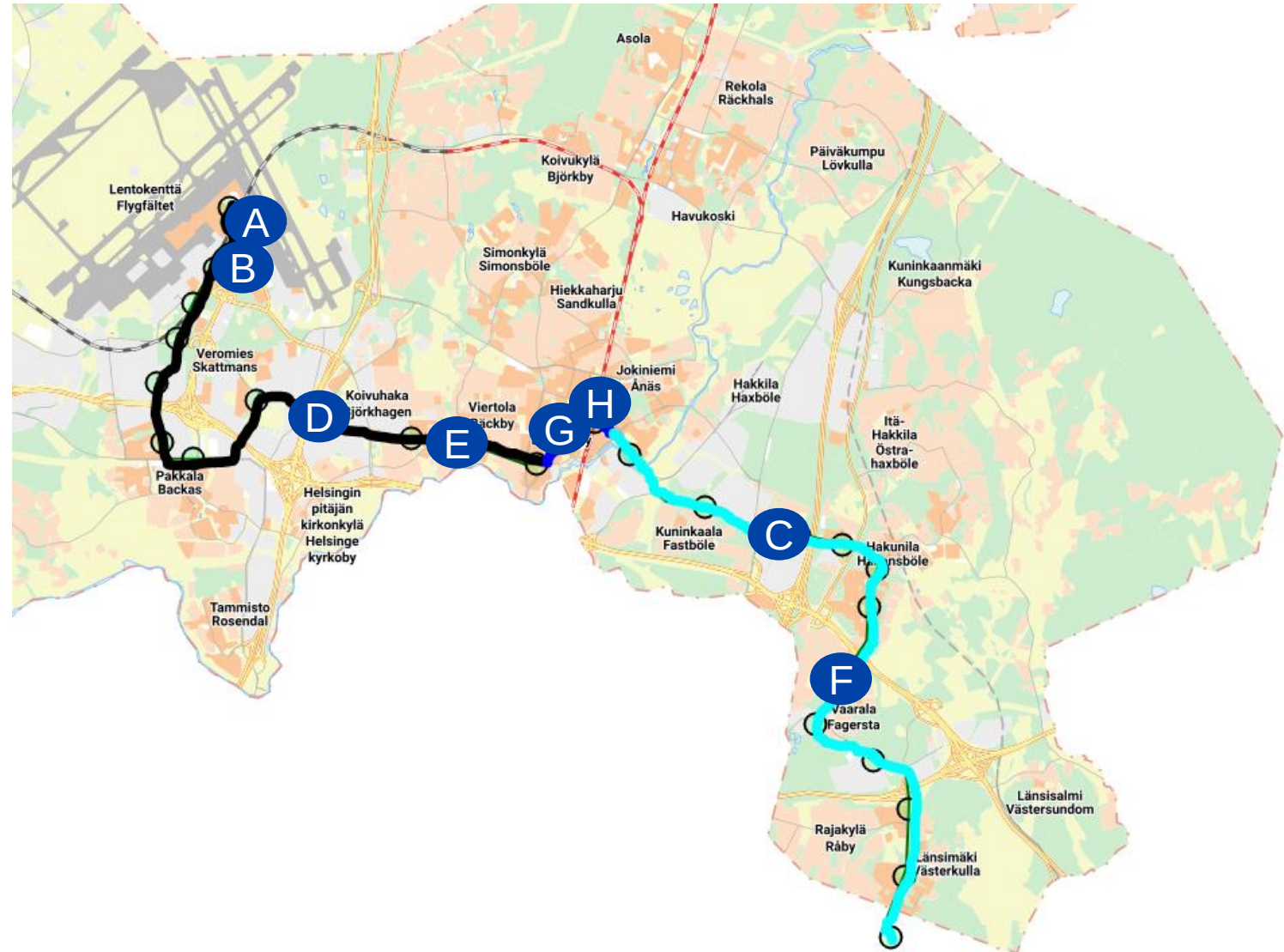
- D. Tikkurilantien silta
- E. Kylmäojan ratasilta

Pohjanvahvistus:

- F. Hakunilantie
- G. Kielotie

Tunneli:

- H. Tikkurilan tunneli

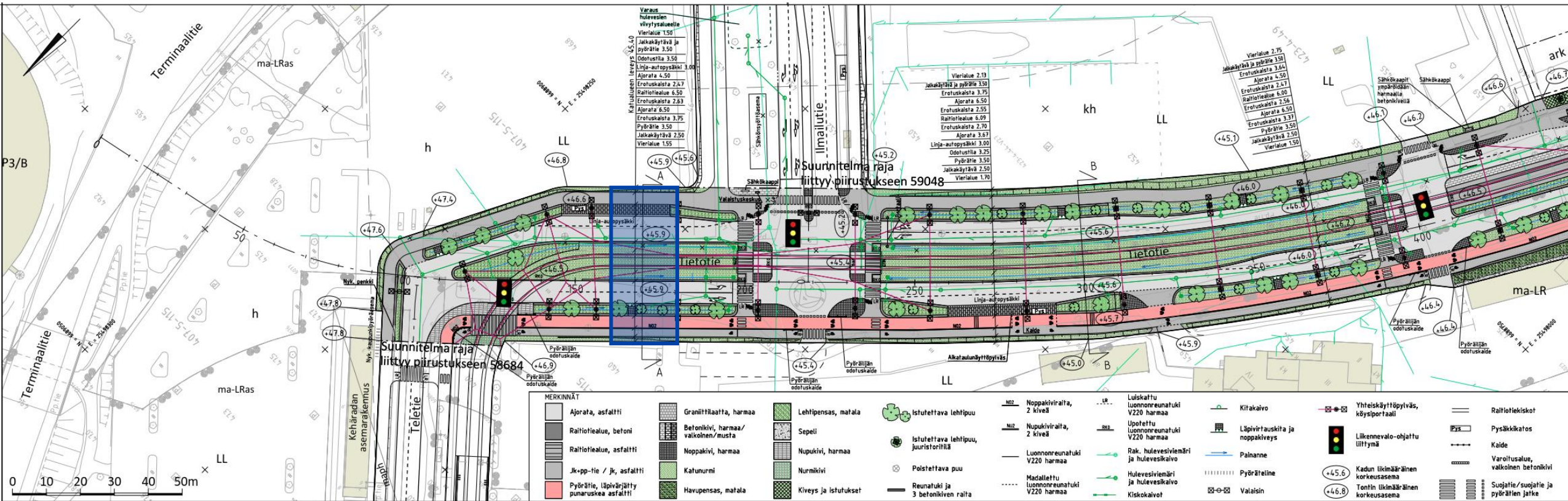


- Poikkileikkaus on 20 m pituinen katuosuus Tietotiellä.
- Laskennassa on mukana pohja- ja pintarakenteet koko poikkileikkauksen leveydeltä (42,65 m) pois lukien vesihuollon rakenteet.



5. A. Tietotie, katuosuus

Poikkileikkauksen sijoittuminen asemapiirustuksessa

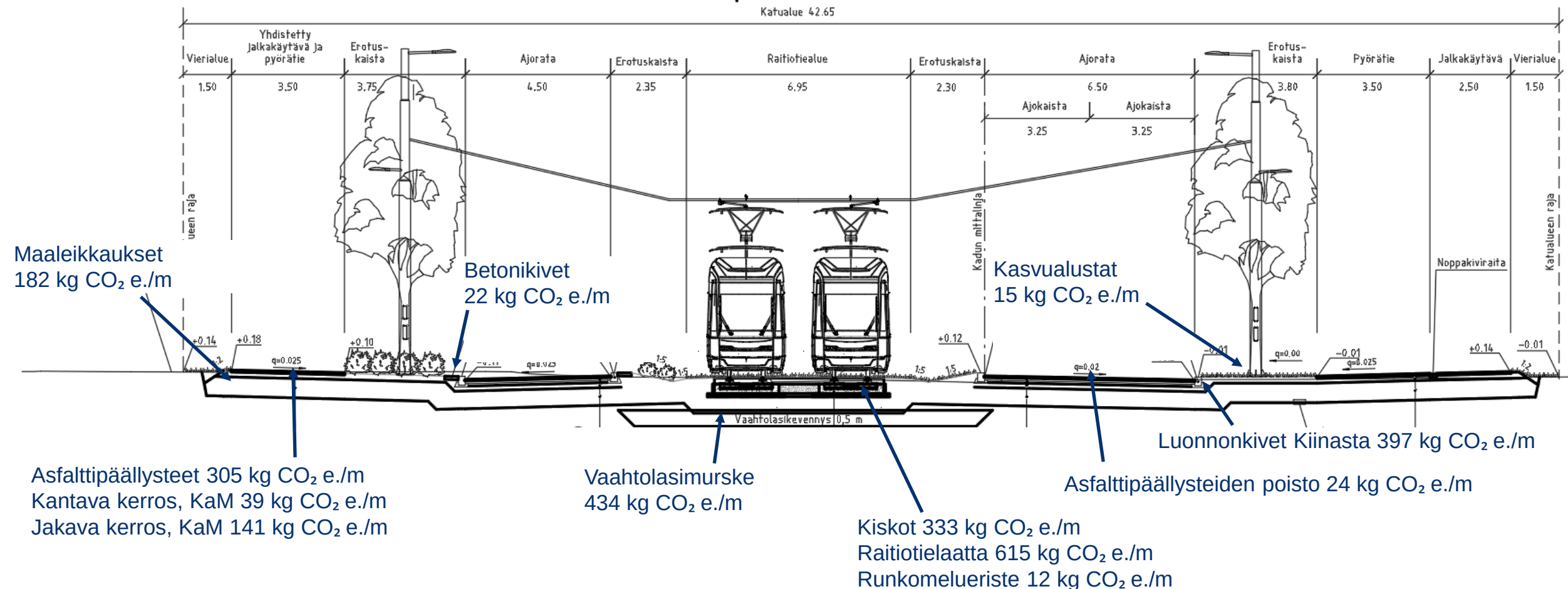


5. A. Tietotie, katuosuus – Tulokset

- Kohteen kokonaispäästöt ovat n. 50 000 kg CO₂e. 20 metrin tarkasteluvälillä (2 600 kg CO₂e./m), mikä vastaa esim. 5 henkilön vuotuisia päästöjä.
- Suurimmat päästöt aiheutuvat raitiotielaatasta, vaahtolasimurskeesta, kiinalaisista luonnonkivistä, kiskoista ja asfaltista.
- Laskennassa ei ole otettu huomioon vesihuollon rakenteita.

Rakennepoikkileikkaus PL 160

Katualue 42.65

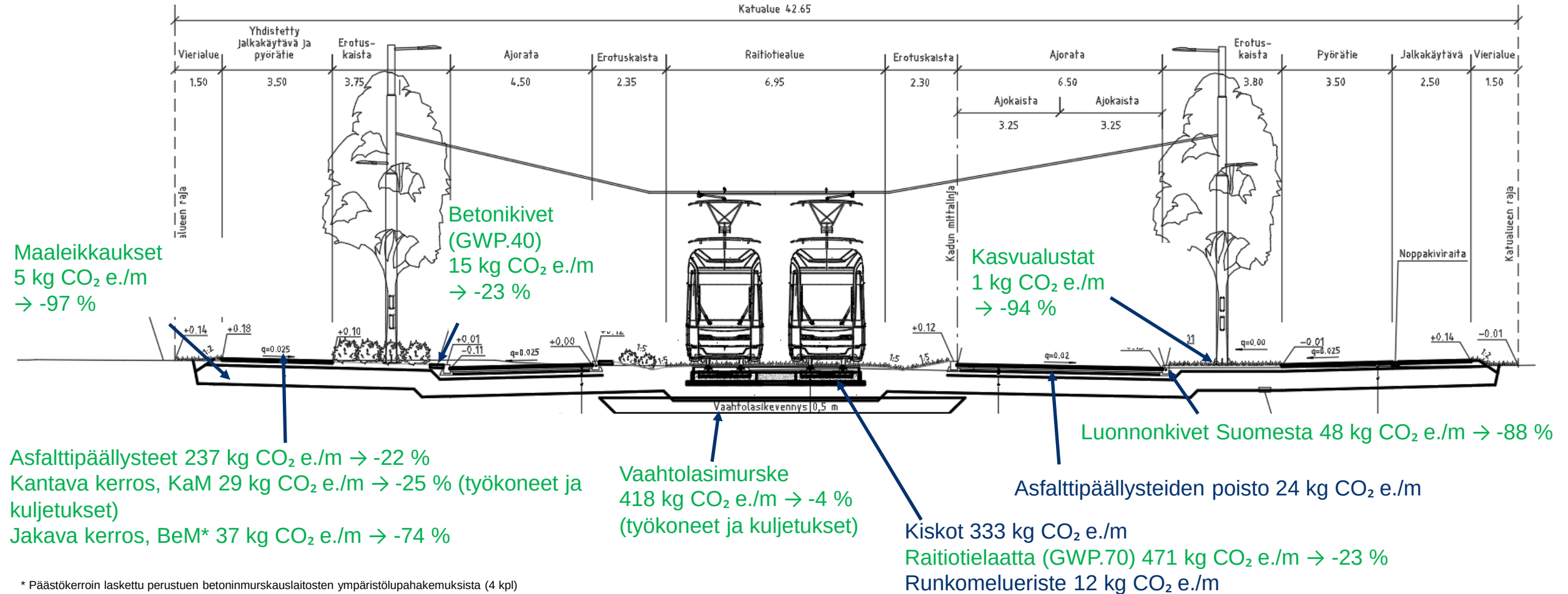


5. A. Tietotie, katuosuus - Resurssiviisaat ratkaisut

- Kohteen kokonaispäästöt ovat n. 38 000 kg CO₂e. 20 metrin tarkasteluvälillä (1 849 kg CO₂e./m), eli 29 % pienemmät kuin BAU-skenaariossa.
- Resurssiviisaat ratkaisut: betonimurske katujen jakavassa kerroksessa, vähäpäästöinen betoni raitiotielaatassa ja kivetyksessä, kotimaiset luonnonkivet, vähäpäästöinen asfaltti, kaivumaiden ja kasvualustojen hyödyntäminen hankkeen sisällä sekä vähäpäästöiset kuljetukset ja työkoneet maa- ja kiviainesten käsittelyssä.

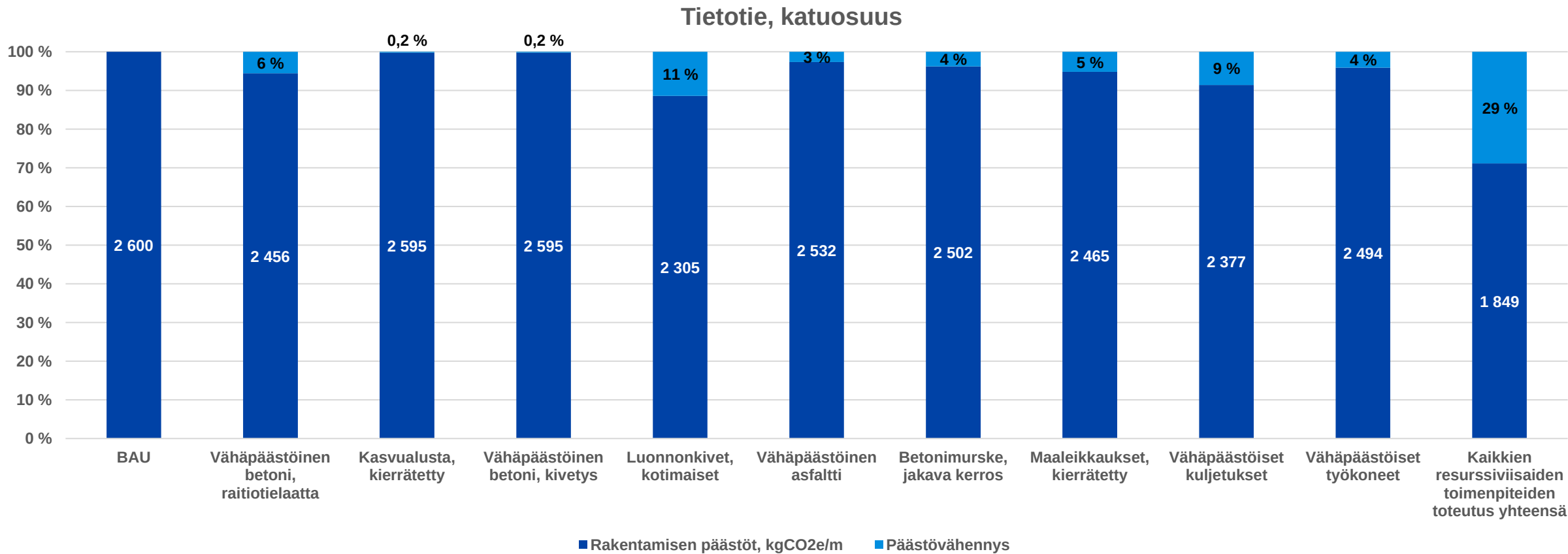
Rakennepolkkileikkaus PL 160

Katualue 42.65



5. A. Tietotie, katuosuus – Yhteenveto tuloksista

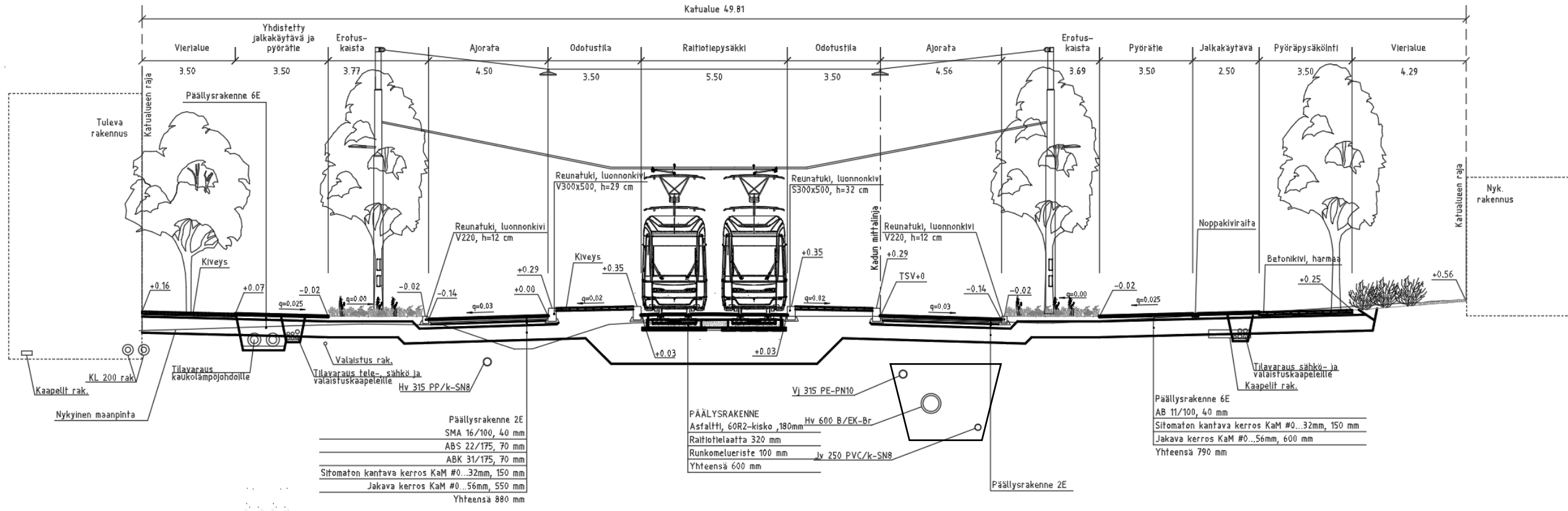
- Kuvaajassa on esitetty laskentakohteen kokonaispäästöt (kgCO₂e/m) sekä eri päästövähennystoimien vaikutusten osuus (%) kokonaispäästöihin.



5. B. Tietotie, pysäkki

- Poikkileikkaus on 20 m pituinen pysäkkiosuus Tietotielä.
- Laskennassa mukana pohja- ja pintarakenteet koko poikkileikkauksen leveydeltä (49,81 m) pois lukien vesihuollon rakenteet.

Rakennepoikkileikkaus PL 520



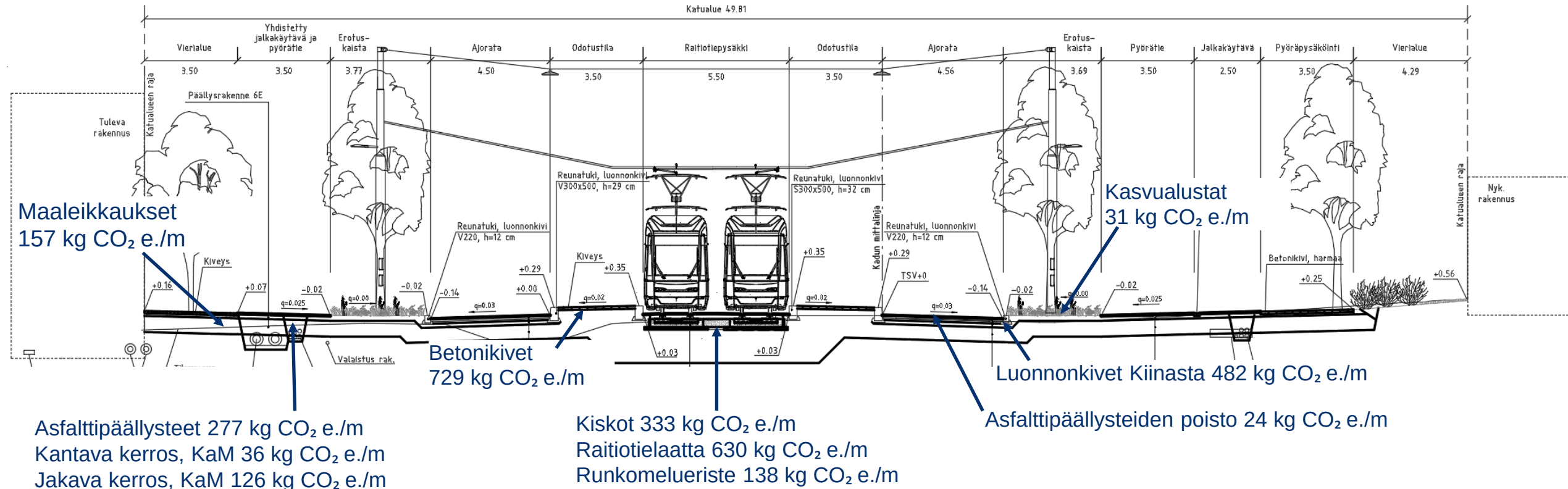
Poikkileikkauksen sijoittuminen asemapiirustuksessa.



5. B. Tietotie, pysäkki - Tulokset

- Kohteen kokonaispäästöt ovat n. 58 000 kg CO₂e. 20 metrin tarkasteluvälillä (2 900 kg CO₂e./m), mikä vastaa esim. 6 henkilön vuotuisia päästöjä.
- Suurimmat päästöt aiheutuvat pysäkin betonikivetyksestä, raitiotieliatasta, luonnonkivistä, kiskoista ja asfaltista.

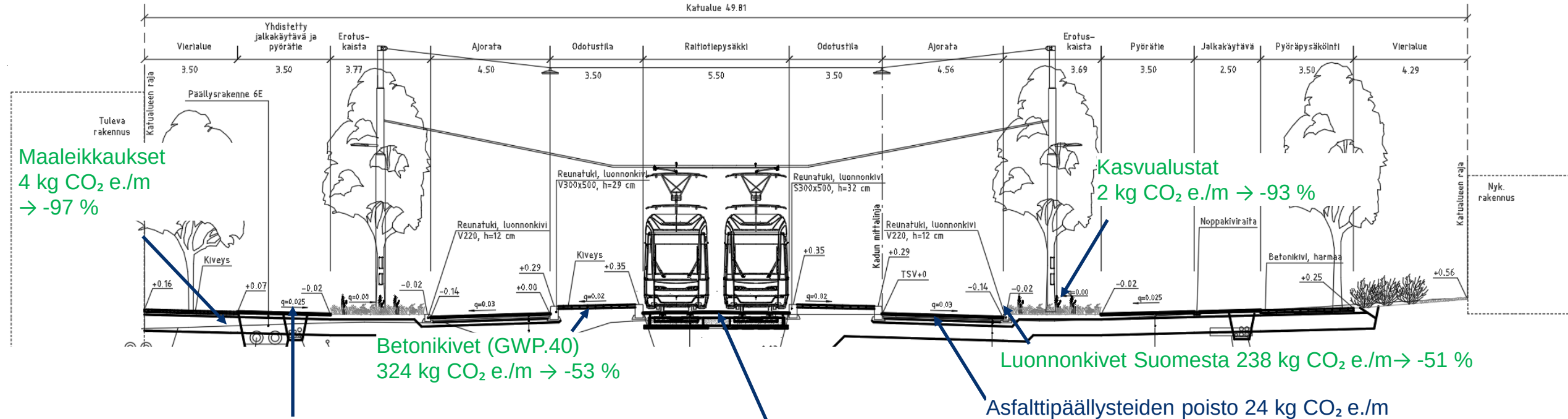
Rakennepolkkileikkaus PL 520



5. B. Tietotie, pysäkki - Resurssiviisaat ratkaisut

- Kohteen kokonaispäästöt ovat n. 38 000 kg CO₂ e. 20 metrin tarkasteluvälillä (1 900 kg CO₂e./m), eli 35 % pienemmät kuin BAU-skenaariossa.
- Resurssiviisaat ratkaisut: betonimurske katujen jakavassa kerroksessa, vähäpäästöinen betoni raitiotielaatassa ja kivetyksessä, kotimaiset luonnonkivet, vähäpäästöinen asfaltti, kaivumaiden ja kasvualustojen hyödyntäminen hankkeen sisällä sekä vähäpäästöiset kuljetukset ja työkonet maa- ja kiviainesten käsittelyssä.

Rakennepoikkileikkaus PL 520



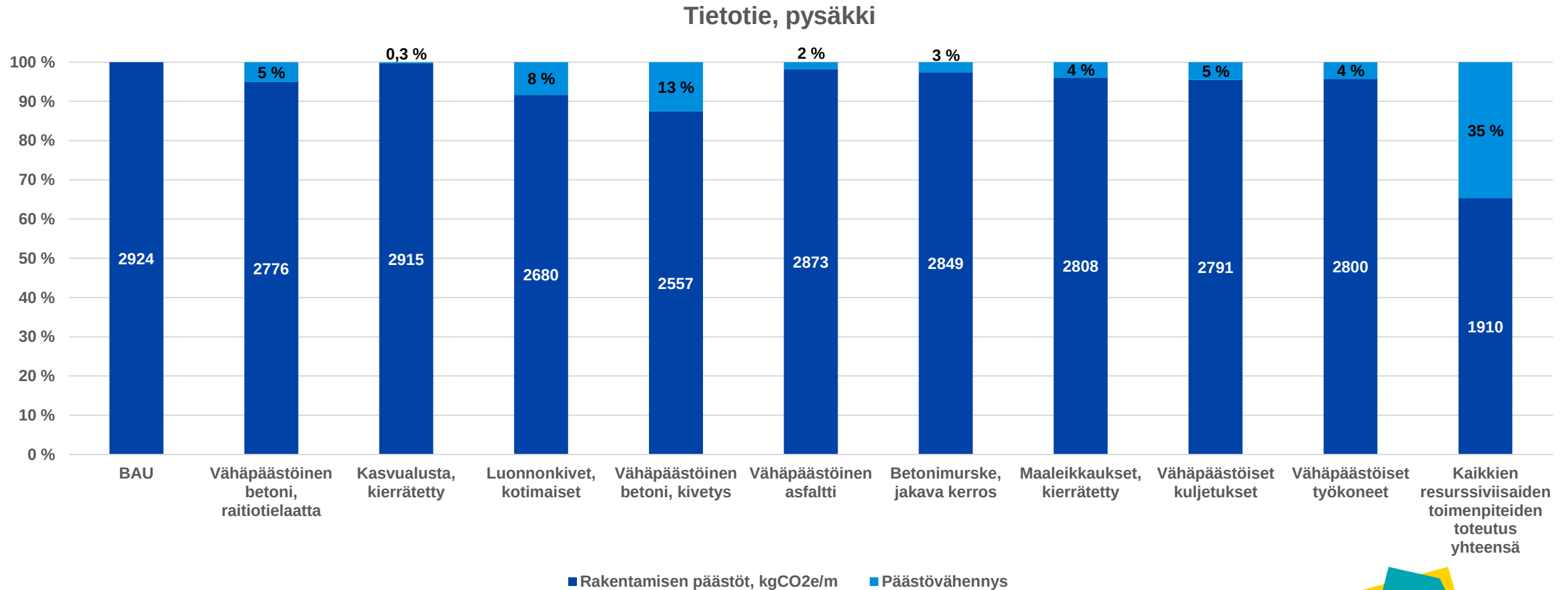
Asfalttipäällysteet 226 kg CO₂ e./m → -19 %
Kantava kerros, KaM 26 kg CO₂ e./m → -28 % (työkoneet ja kuljetukset)
Jakava kerros, BeM* 33 kg CO₂ e./m → -74 %

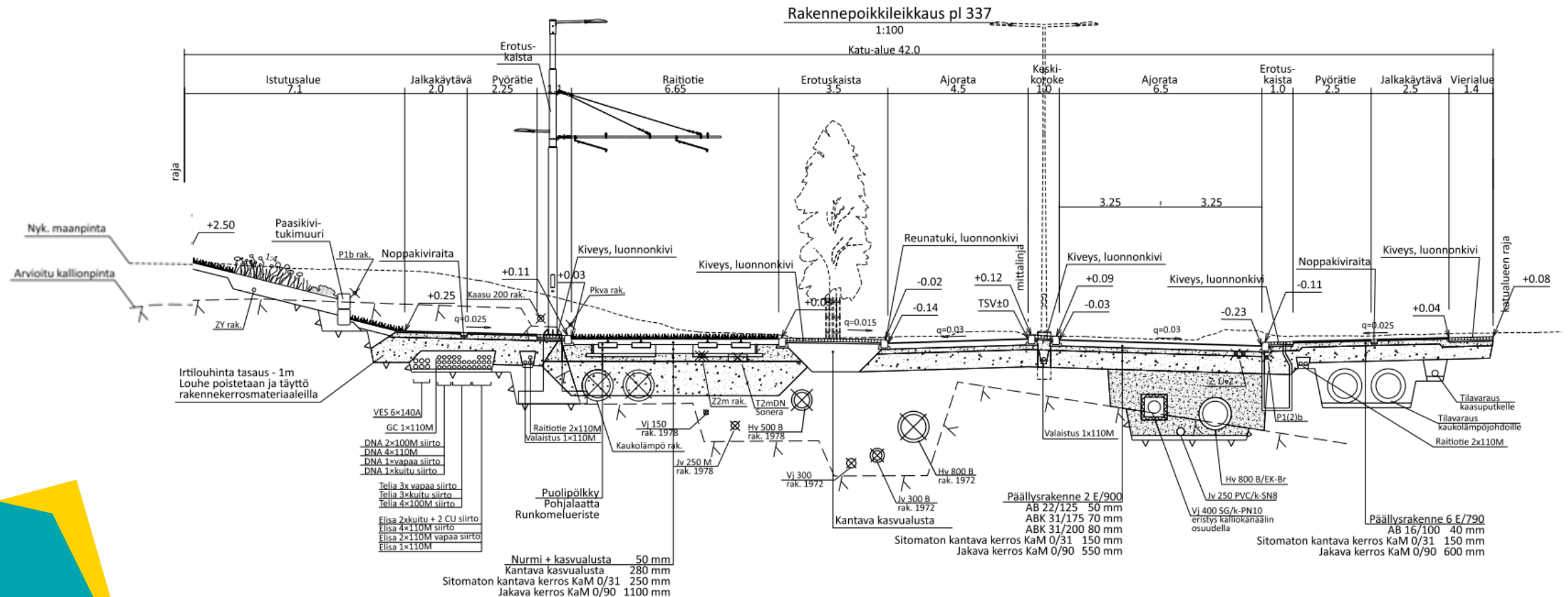
Kiskot 333 kg CO₂ e./m
Raitiotielaatta (GWP.70) 481 kg CO₂ e./m → -24 %
Runkomelueriste 138 kg CO₂ e./m

* Päästökerroin laskettu perustuen betoninmurskauslaitosten ympäristölupahakemuksista (4 kpl) kerätyihin tietoihin murskauksen energiankulutuksesta.

5. B. Tietotie, pysäkki – Yhteenveto tuloksista

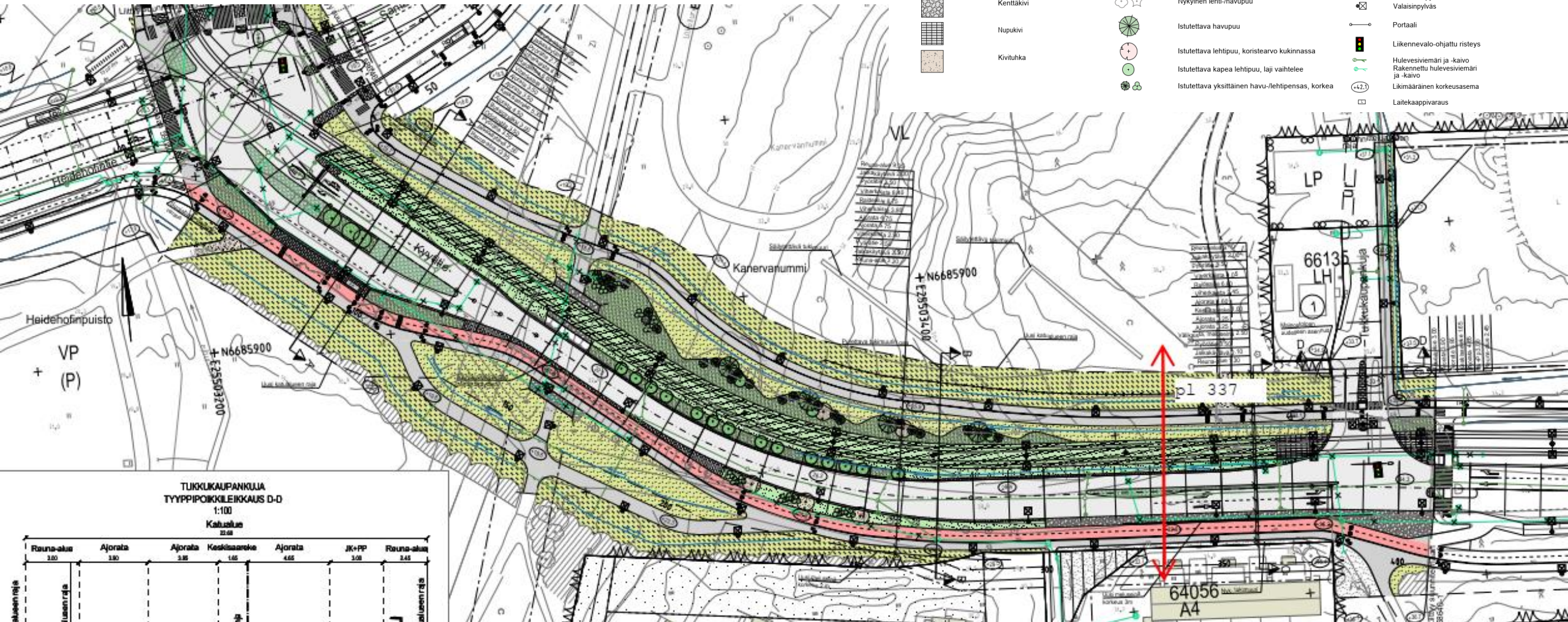
- Kuvaajassa on esitetty laskentakohteen kokonaispäästöt (kgCO₂e/m) sekä eri päästövähennystoimien vaikutusten osuus (%) kokonaispäästöihin.



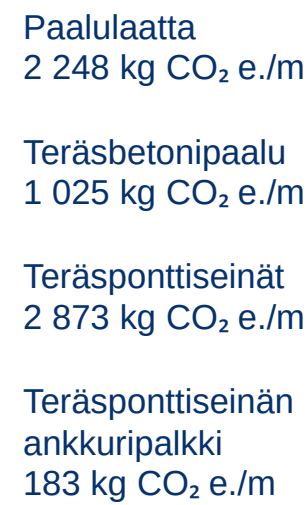


5. C. Kyytitie

- Poikkileikkauksen sijoittuminen asemapiirustuksessa



- Maalle pengerretty
maapenger
359 kg CO₂ e./m
- Asfalttipäällysteet
321 kg CO₂ e./m
- Kantava kerros, KaM
935 kg CO₂ e./m
- Jakava kerros, KaM
703 kg CO₂ e./m



Kasvualustat 24 kg CO₂ e./m
Betonikivipäällyste 35 kg CO₂ e./m

Kallioavoleikkaus 31 kg CO₂ e./m

5. C. Kyytitie – Resurssiviisaat ratkaisut

- Kohteen kokonaispäästöt ovat 3 356 t CO₂ e 500 m tarkasteluvälillä, eli 31 % pienemmät kuin BAU-skenaariossa. Vanhan sillan purkamiseen liittyvät päästöt vähenivät 90 % resurssiviisaisten työkonoiden ja kuljetusten käytön myötä 0,5 t CO₂ e.
- Kokonaispäästöt metriä kohden ovat 6 700 kg CO₂ e./m
- Resurssiviisaat ratkaisut: Vähäpäästöinen betoni paalulaatassa, vähäpäästöinen asfaltti, kotimaiset luonnonkivet ja nupukiveys, sillan purkubetonia hyödynnetään jakavassa kerroksessa, pengermassojen kivimurske korvataan tehtävien maaleikkausten materiaaleilla. Laskennassa on huomioitu vähäpäästöisten kuljetusten ja työkonoiden vaikutus, joka on yhteensä 19 % vähennys kokonaispäästöihin.

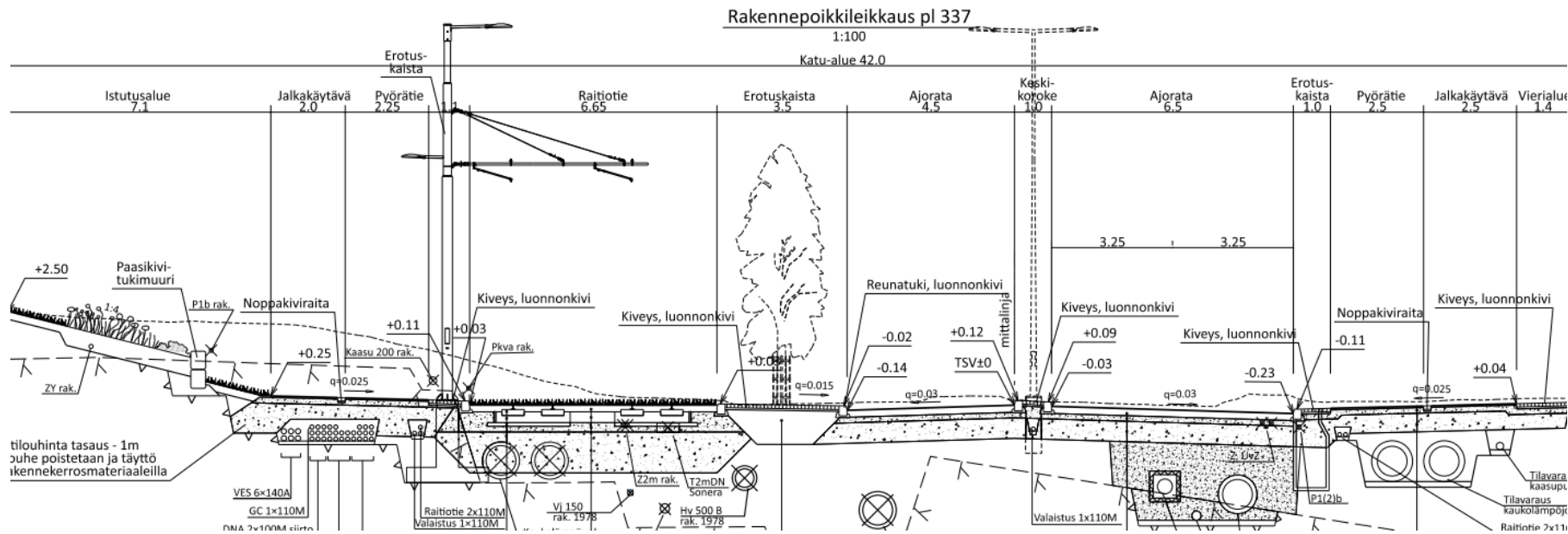
Maalle pengerretty
maapenger
28 kg CO₂ e./m
→ -92 %

Asfalttipäällysteet
255 kg CO₂ e./m
→ -20 %

Kantava kerros, KaM
147 kg CO₂ e./m
→ -84 %

Jakava kerros, KaM
46 kg CO₂ e. / m
→ -59 %

Kotimaiset luonnonkivet 101 kg CO₂ e. / m → -77 %
Kotimainen nupukiveys, graniitti 14 kg CO₂ e./m → -88 %
Noppakiveys, graniitti 53 kg CO₂ e./m → -22 %



Paalulaatta
1 555 kg CO₂ e./m
→ -31 %

Teräsbetonipaalu
943 kg CO₂ e./m
→ -4 %

Teräsponttiseinät
2 797 t CO₂ e./m
→ -3 %

Teräsponttiseinän
ankkuripalkit
176 kg CO₂ e./ m
→ -4 %

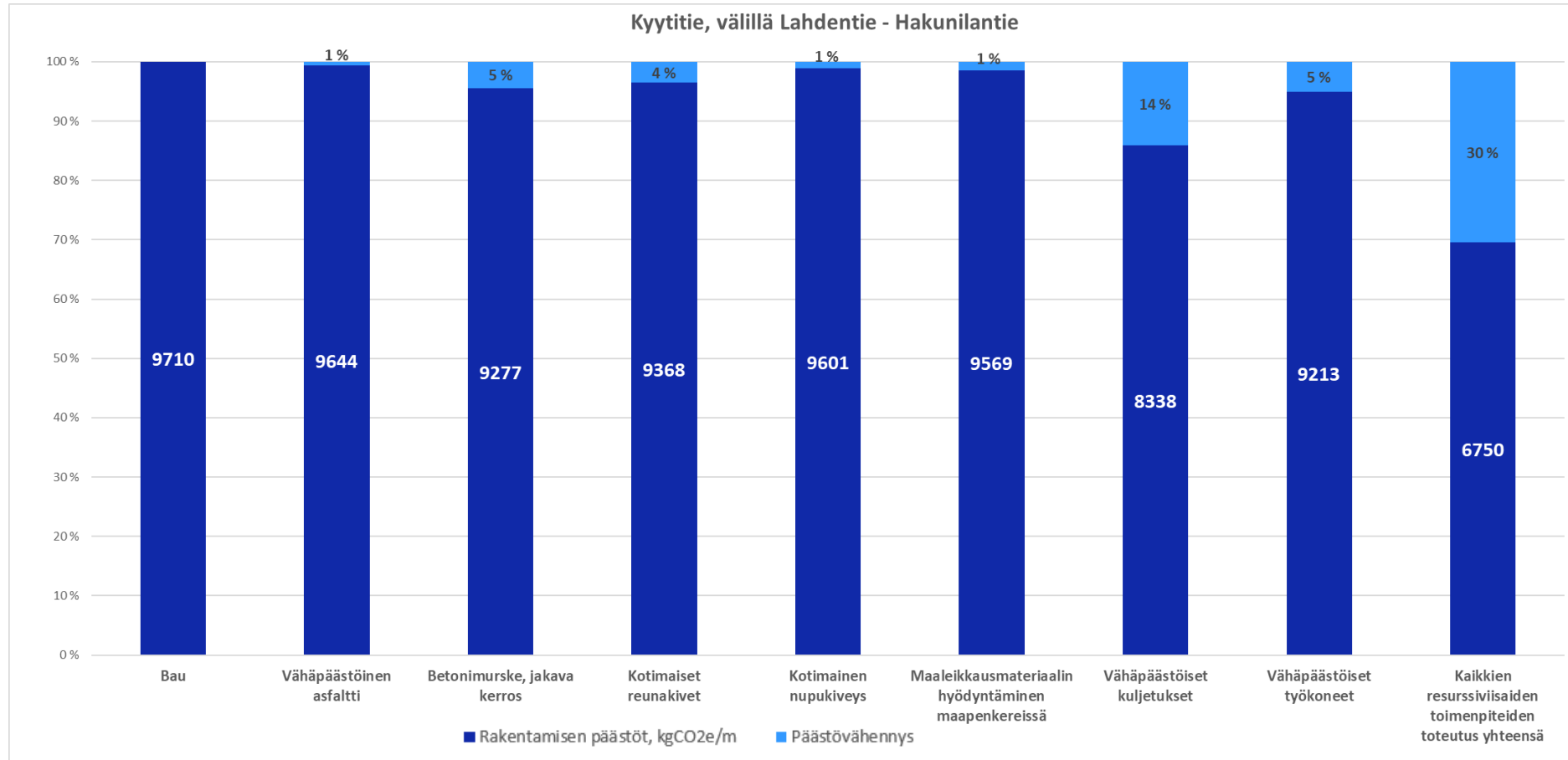
Kasvialustat
5 kg CO₂ e./m → -81 %

Betonikivipäällyste
32 kg CO₂ e./m → -7 %

Kallioavoleikkaus 28 kg CO₂ e./m
→ -90 % (kuljetukset ja työkonet)

5. C. Kyytitie – Yhteenveto tuloksista

- Kuvaajassa on esitetty laskentakohteen kokonaispäästöt (kgCO₂e/m) sekä eri päästövähennystoimien vaikutusten osuus (%) kokonaispäästöihin.

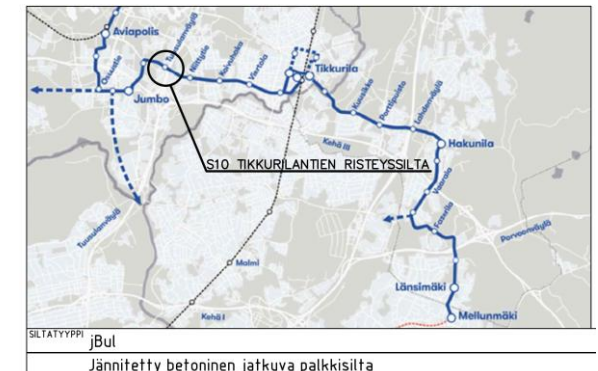
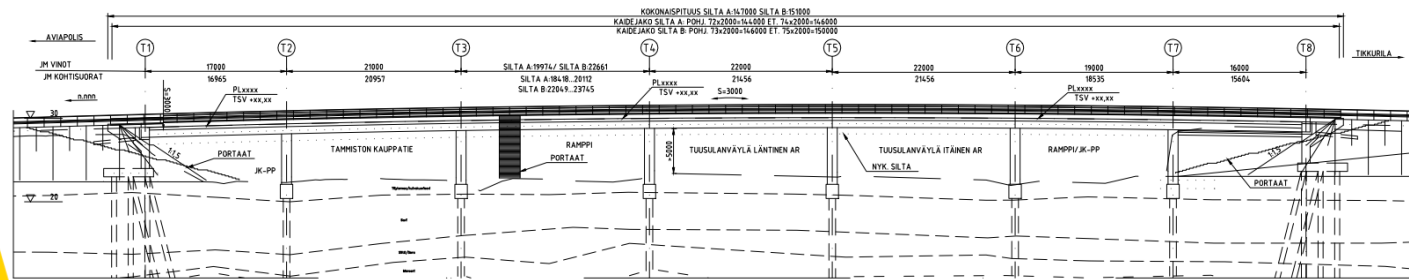
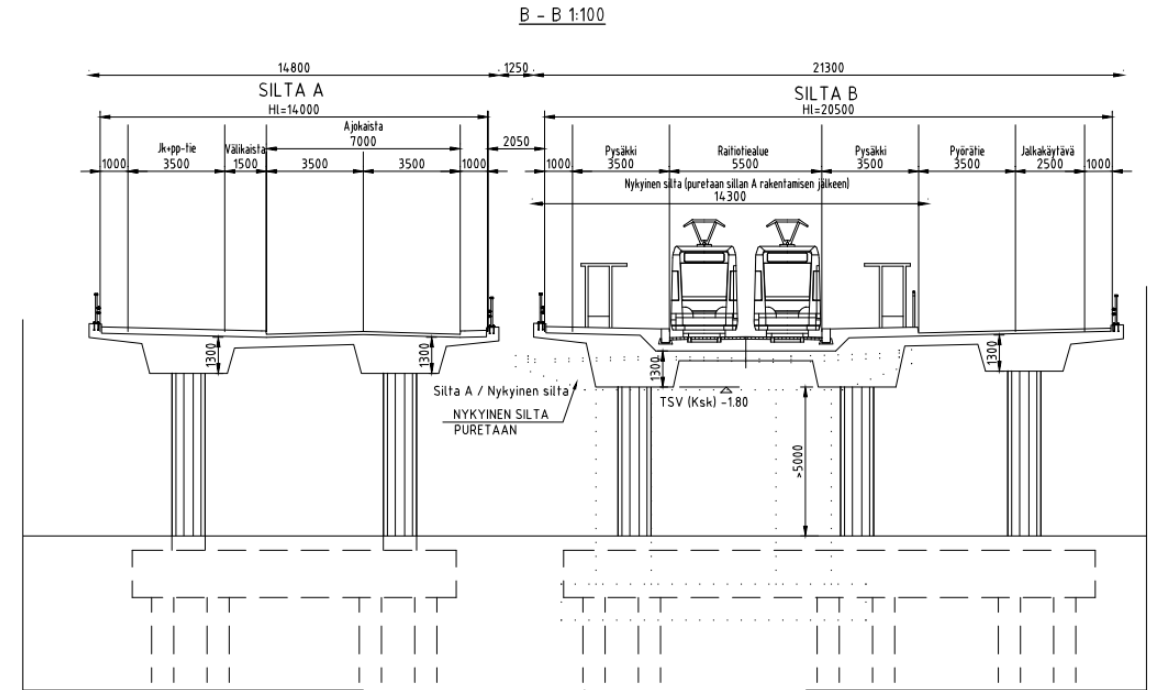


5. Tulosten yhteenveto: Katualueet

- Tarkastelluissa katukohteissa suurimmat päästöt aiheutuvat raitiotielaatasta, betonikivistä, kiskoista, asfaltista, vaahtolasimurskeesta, stabiloinnin sideaineesta sekä maa- ja kiviaineksista.
- Merkittävimmät päästövähennystoimet on mahdollista saavuttaa:
 - Hyödyntämällä vähähiilistä betonia raitiotielaatassa ja betonikivissä
 - Korvaamalla kalliomurske betonimurskeella katualueiden jakavissa kerroksissa
 - Käyttämällä kotimaisia luonnonkiviä
 - Vähäpäästöisillä työkoneilla ja kuljetusajoneuvoilla

5. D. Tikkurilantien RS

- Jännitetty betoninen jatkuva palkkisilta
- Päästölaskennassa huomioidaan kannen pituuden ja poikkileikkauskuvien perusteella
 - betonin & betoniraudoituksen määrät sillassa ja sen pilareissa
 - Päälysrakenteista asfaltin osuus
 - lisäksi selvitetään nykyisen sillan purkamisen vaikutukset sekä betonimurskeen mahdollinen hyötykäyttö luiskien pengerryksissä.



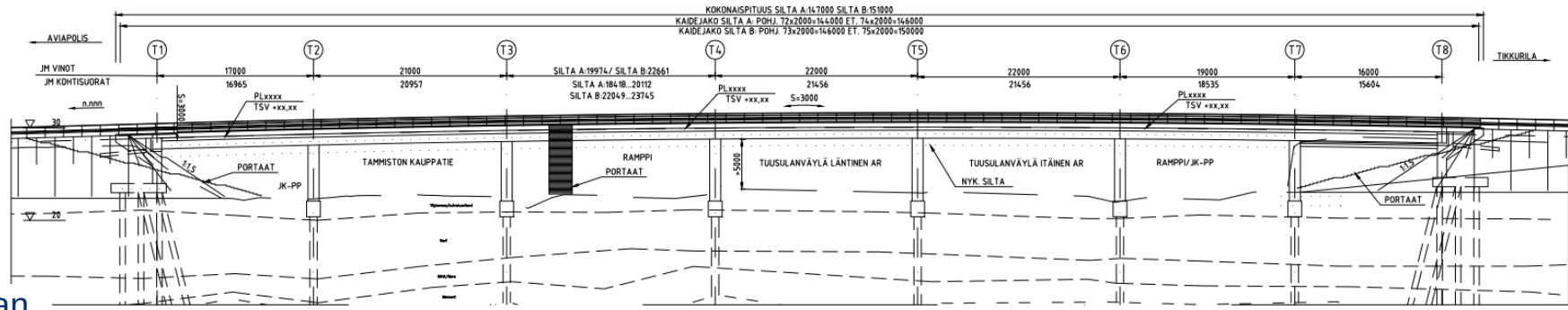
5. D. Tikkurilantien RS - Tulokset

- Kohteen kokonaispäästöt ovat 7 232 t CO₂e (vrt Tietotie 54 t CO₂e)
- Kuvassa on esitetty päästöarviot laskentaosittain (esim penkereet, paalulaatta yms. erikseen).
- Suurimmat päästöt aiheutuvat paalulaatasta, paalulaatan paaluista sekä sillan betonista.

Penger
980 tCO₂ e

Paalulaatta
2 630 tCO₂ e

Paalulaatan
paalut
1 521 tCO₂ e



Asfaltti
13 tCO₂ e

Betoni
1 385 tCO₂ e

Teräs
276 tCO₂ e

Teräspaalut
366 tCO₂ e

Vanhan sillan purkamiseen liittyvät päästöt 62 tCO₂e

5. D. Tikkurilantien RS - Resurssiviisaat ratkaisut

- Kohteen kokonaispäästöt ovat 5 353 t CO₂e., eli 26 % pienemmät BAU skenaarioon verrattuna
- Resurssiviisaat ratkaisut: Vähäpäästöinen betoni paalulaatassa ja sillassa, Pengermassojen kivimurskeesta korvataan betonimurskeella, josta osa saadaan nykyisistä purettavissa silloista. Laskennassa on huomioitu vähäpäästöisten kuljetusten ja työkonien vaikutus, joka on yhteensä 6 % vähennys kokonaispäästöihin.
- Kuvan lukemissa päästövähennykset on esitetty laskentaosuuksittain.

Penger
356 tCO₂e
→ -63 %

Paalulaatta
1 936 tCO₂e
→ -26 %

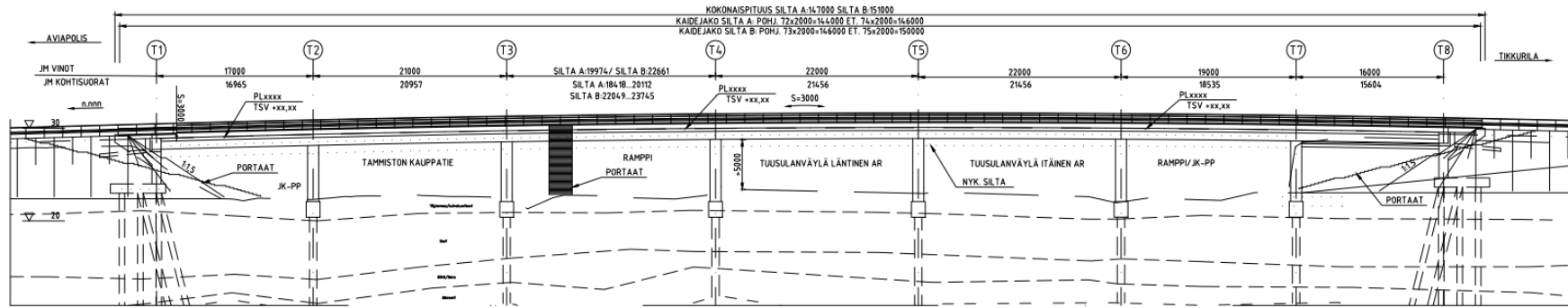
Paalulaatan paalut
1 472 tCO₂e
→ -3 % (kuljetukset
ja työkonet)

Teräspaalut
366 tCO₂e
→ -7 %
(kuljetukset
ja työkonet)

Asfaltti
13 tCO₂e
→ -4 %
(kuljetukset
ja työkonet)

Betoni
981 tCO₂e
→ -31 %

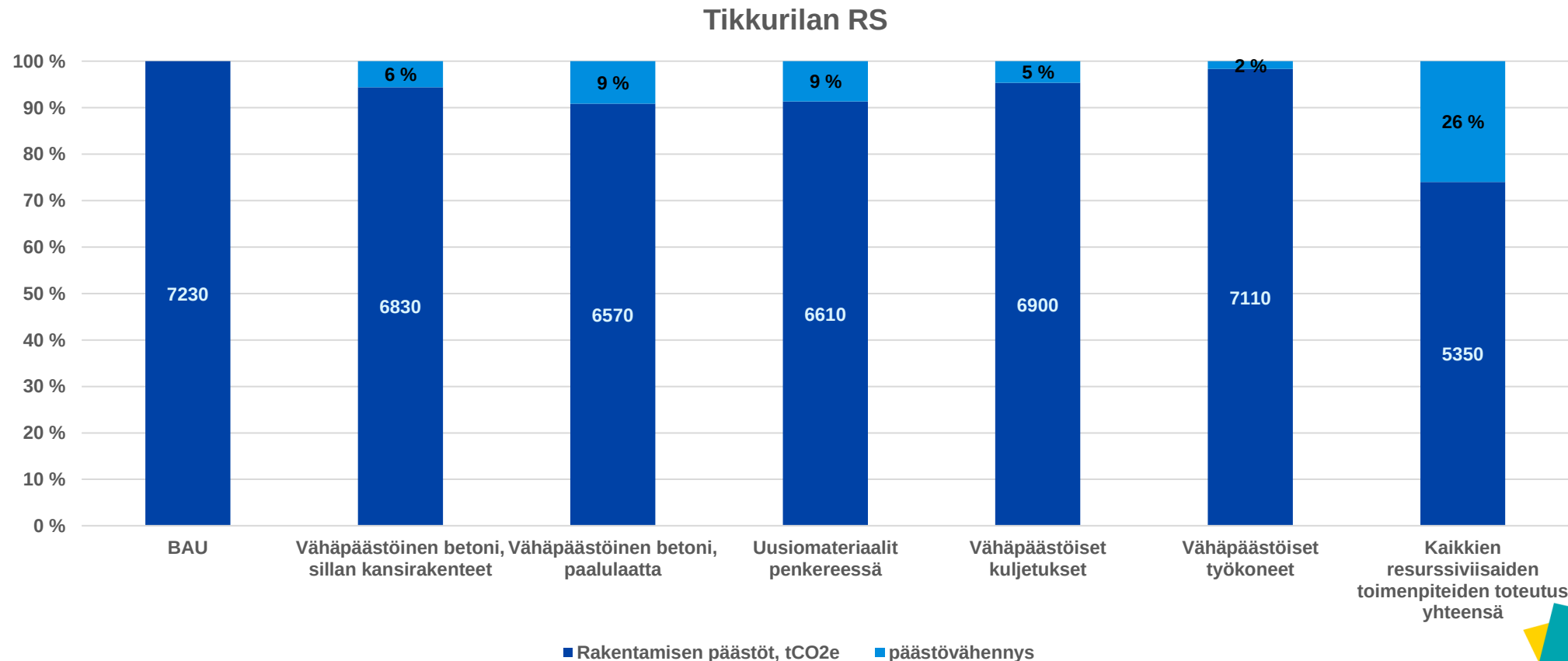
Teräs
276 tCO₂e
→ -2 %
(kuljetukset
ja työkonet)



Vanhan sillan purkamiseen liittyvät päästöt 6 tCO₂e → -90 % (kuljetukset ja työkonet)

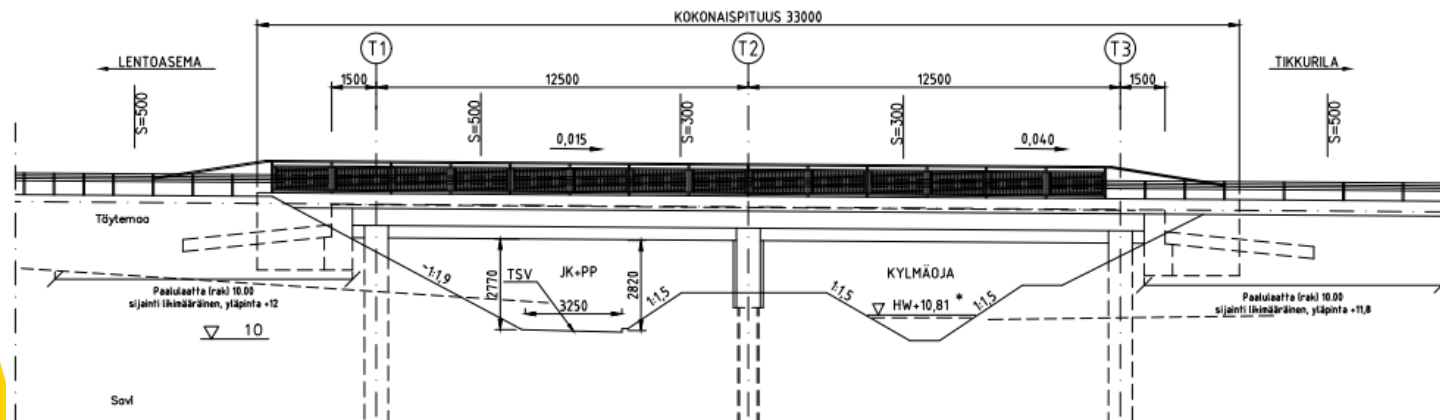
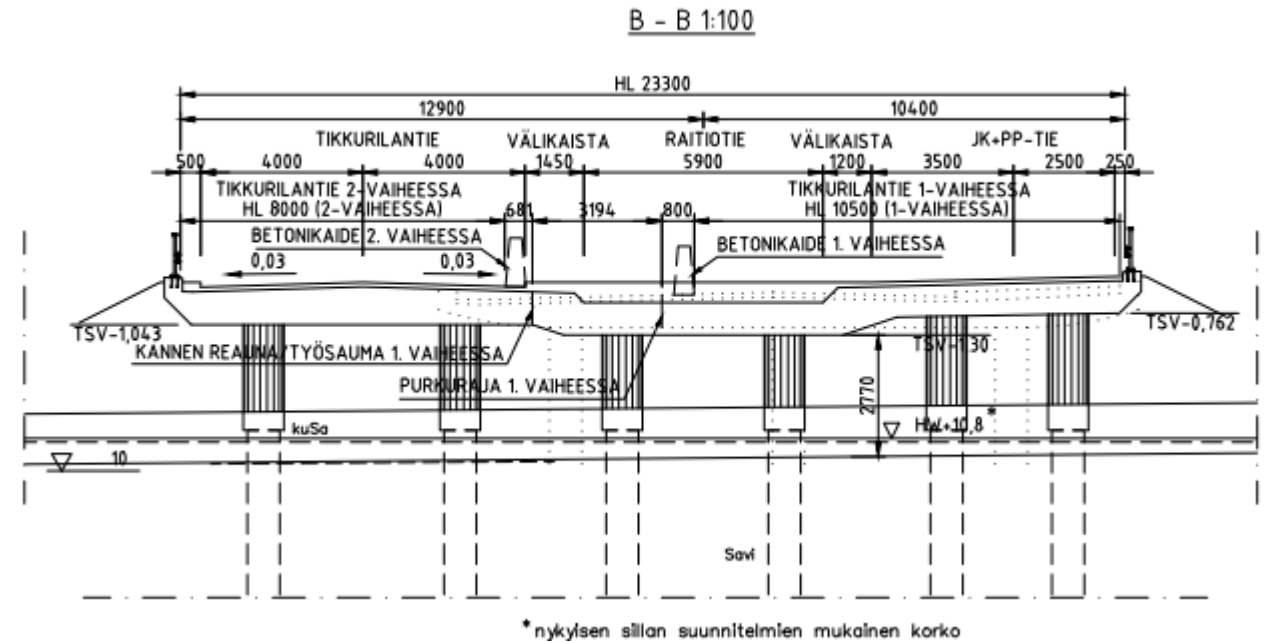
5. D. Tikkurilan RS – Yhteenveto tuloksista

- Kuvaajassa on esitetty laskentakohteen kokonaispäästöt (t CO₂e.) sekä eri päästövähennystoimien vaikutusten osuus (%) kokonaispäästöihin.



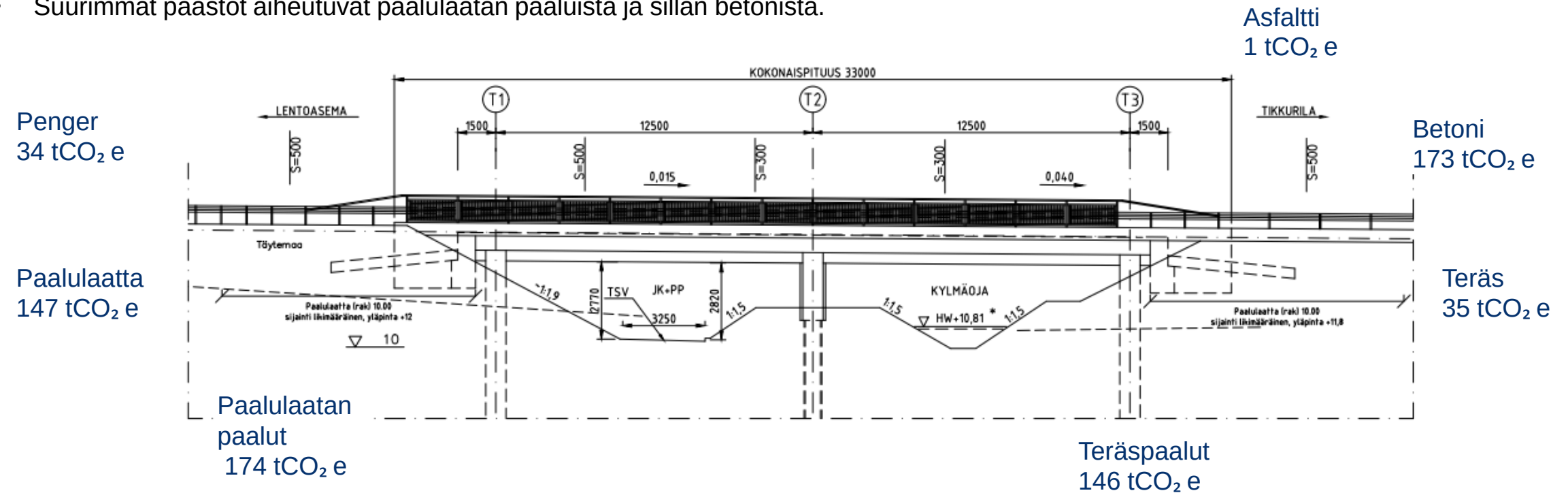
5. E. Kylmäojan silta

- Teräsbetoninen jatkuva ulokelaattasilta
- Päästölaskennassa huomioidaan kannen pituuden ja poikkileikkauksien perusteella
 - teräsbetonin & betoniraudoituksen määrät sillassa ja sen pilareissa
 - Päälysrakenteista asfaltin osuus



5. E. Kylmäojan silta - Tulokset

- Kohteen kokonaispäästöt ovat 710 t CO₂e. (vrt Tikkurilan rs 7 200 t CO₂e.)
- Kuvassa on esitetty päästöarviot laskentaosittain (esim penkereet, paalulaatta yms. erikseen).
- Suurimmat päästöt aiheutuvat paalulaatan paaluista ja sillan betonista.

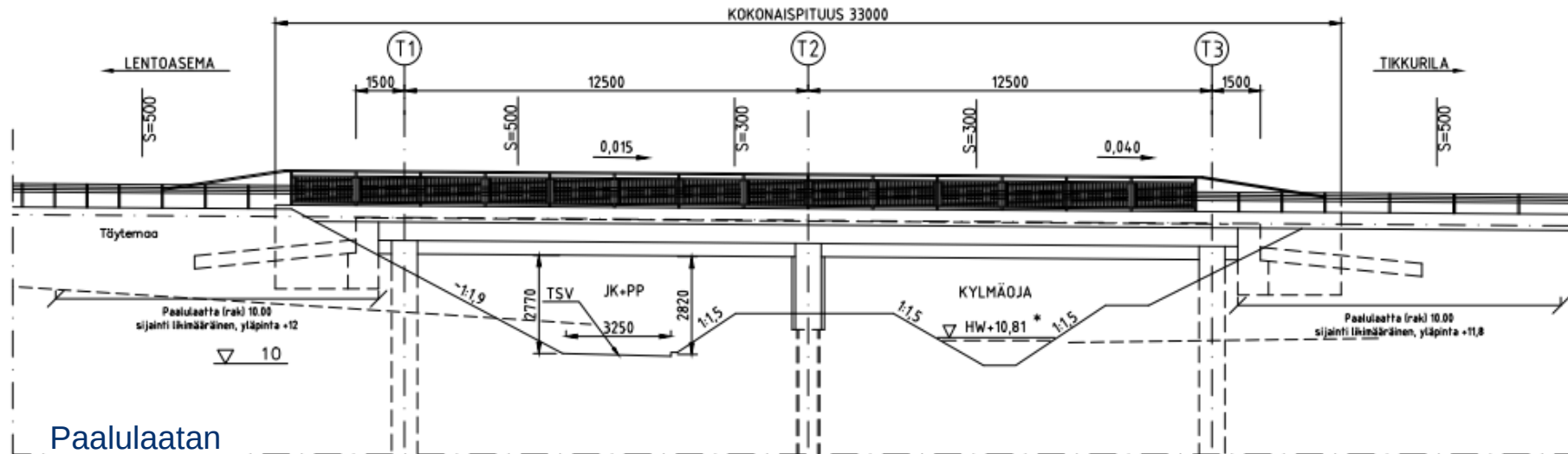


5. E. Kylmäojan silta - Resurssiviisaat ratkaisut

- Kohteen kokonaispäästöt ovat 593 t CO₂e., eli 16 % pienemmät BAU skenaarioon verrattuna
- Resurssiviisaat ratkaisut: Vähäpäästöinen betoni paalulaatassa ja sillassa. Laskennassa on huomioitu vähäpäästöisten kuljetusten ja työkoneiden vaikutus, joka on yhteensä 4 % vähennys kokonaispäästöihin.
- Kuvan lukemissa päästövähennykset on esitetty laskentaosuuksittain.

Penger
34 tCO₂ e
→ -23 %
(kuljetukset ja
työkoneet)

Paalulaatta
110 tCO₂ e
→ -26 %



Paalulaatan
paalut
174 tCO₂ e
→ -3 %
(kuljetukset
ja työkoneet)

Teräspaalut
146 tCO₂ e
→ -7 %
(kuljetukset
ja työkoneet)

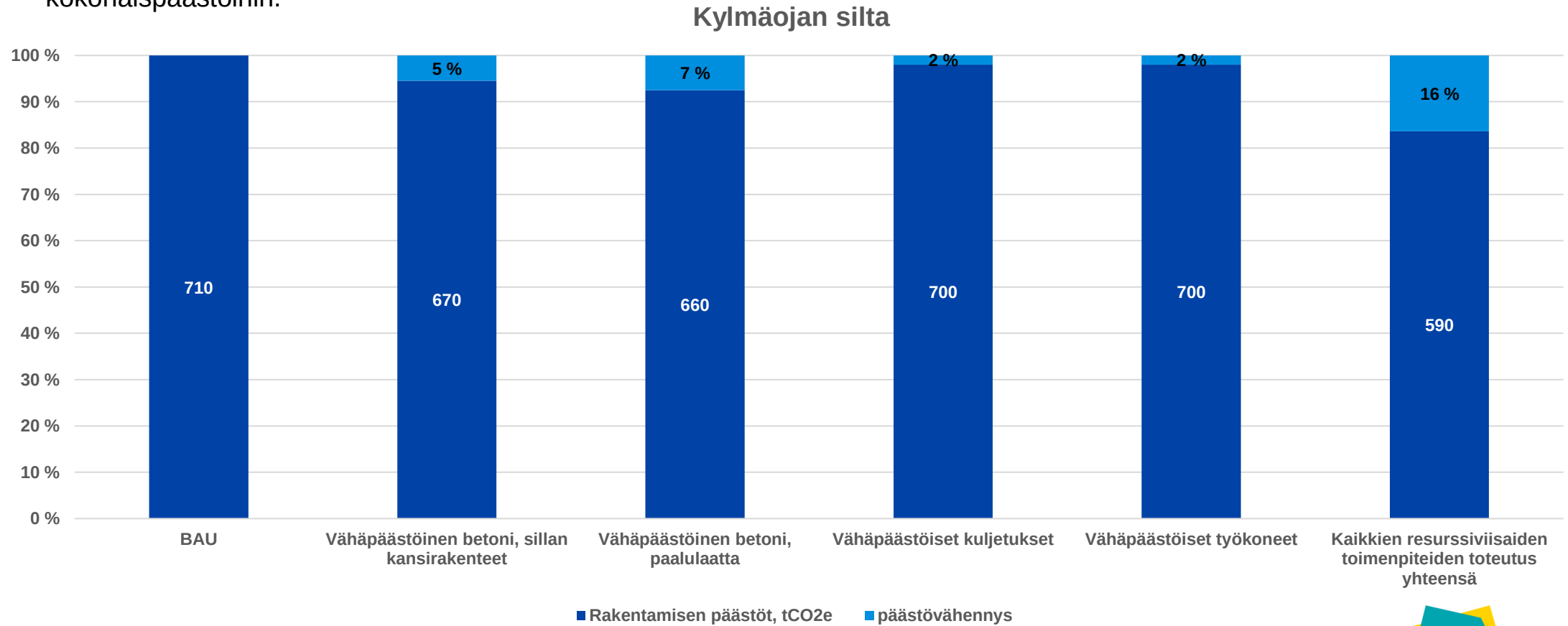
Asfaltti
1 tCO₂ e
→ -4 %
(kuljetukset ja
työkoneet)

Betoni
123 tCO₂ e
→ -31 %

Teräs
35 tCO₂ e
→ -2 %
(kuljetukset
ja työkoneet)

5. E. Kylmäojan silta – Yhteenvedo tuloksista

- Kuvaajassa on esitetty laskentakohteen kokonaispäästöt (tCO₂e) sekä eri päästövähennystoimien vaikutusten osuus (%) kokonaispäästöihin.

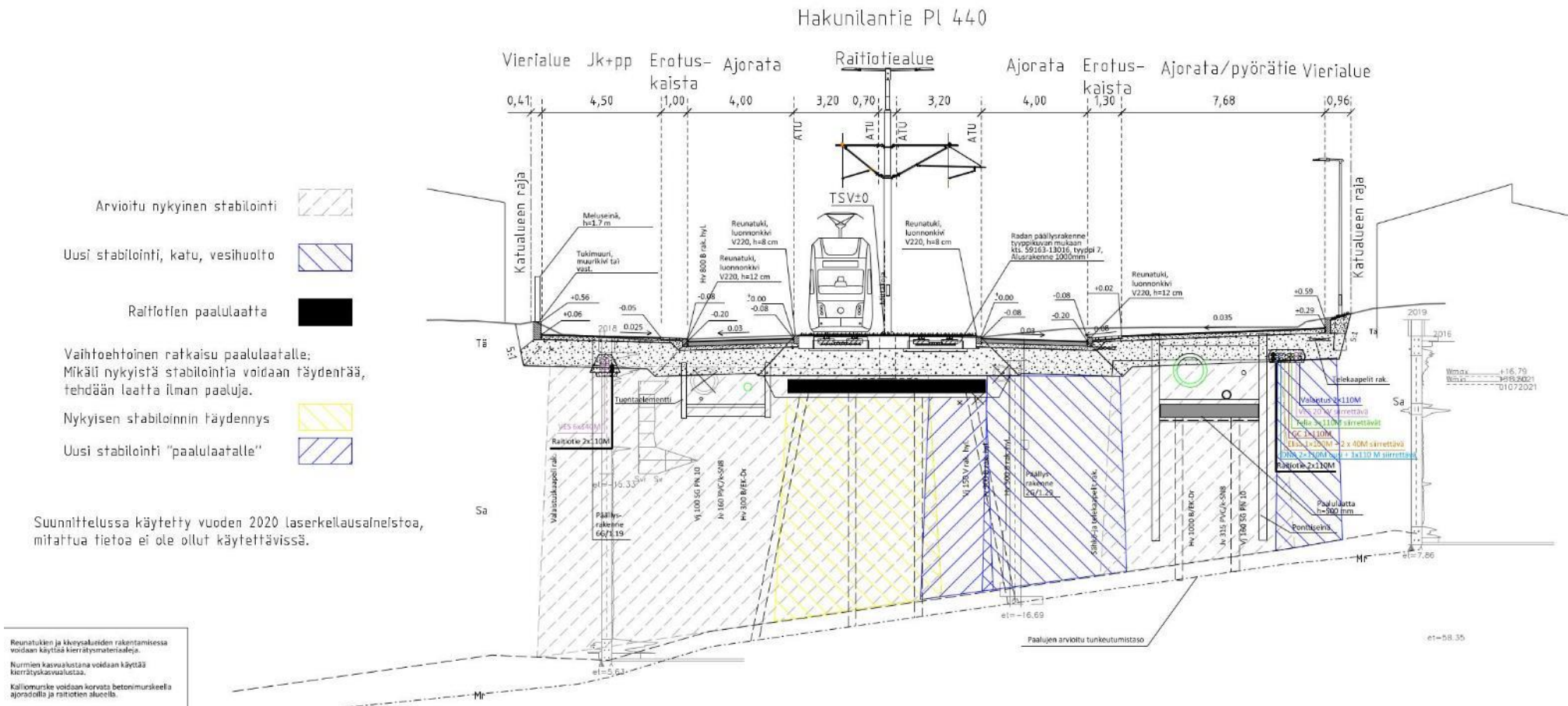


5. Tulosten yhteenveto: Sillat

- Siltojen suurimmat päästöjä aiheuttavat materiaalikomponentit molemmissa tarkastelluissa silloissa ovat betoni ja teräs.
- Suurimmat päästövähennystoimet saavutetaan hyödyntämällä vähäpäästöistä betonia paalulaatassa ja sillan kansirakenteessa. Vähäpäästöisellä betonilla olisi mahdollista saavuttaa noin 25–29 % vähennykset betonirakenteiden päästöissä.
- Kivimurskeen osittainen korvaaminen betonimurskeella vähentää siltojen penkereiden päästöjä jopa puoleen.
- Kaikkien selvitettyjen resurssiviisaiden vaihtoehtojen toteutus mahdollistaisi Tikkurilan ratasillalla noin 26 % ja Kylmäojan sillalla noin 16 % päästövähennykset.

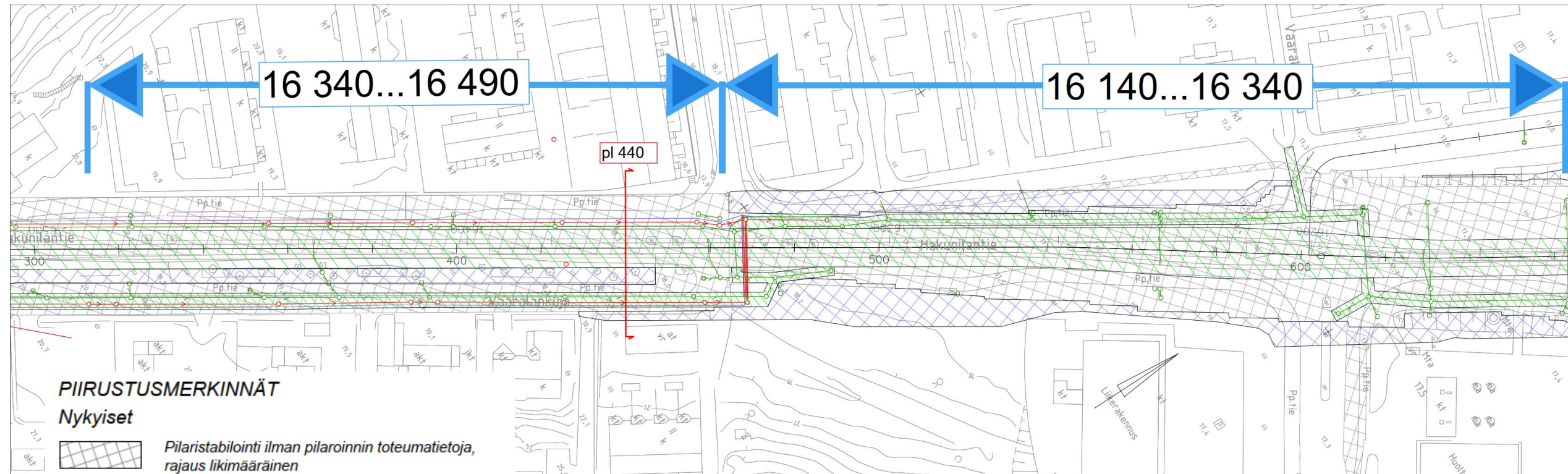
5. F. Hakunilantie

- Tarkastellaan kahta erilaista pohjanvahvistusmenetelmää. Molemmissa vaihtoehdoissa katualueet stabiloidaan (entuudestaan stabiloimattomilta osin) ja ratikka perustetaan joko:
 - a) Paalulaatalle = teräsbetonilaatta + tb-paalut (worst case).
 - b) TB-arinalle = teräsbetonilaatta + pilaristabilointi”paalut” olemassaolevaa stabilointia täydentäen ja leventäen (best case).
- Savikerroksen paksuus vaihtelee Hakunilantien pituussuunnassa ja tämä vaikuttaa paalujen/stabilointipilarien pituuteen. Tästä syystä katuosuudelta on tehty kaksi tarkasteluväliä, joiden pituudet ovat 200 m ja 150 m.



5. F. Hakunilantie

- Poikkileikkauksen sijoittuminen asemapiirustuksessa



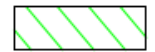
PIIRUSTUSMERKINNÄT

Nykyiset



Pilaristabilointi ilman pilaroinnin toteumatietoja, raja-
aus likimääräinen

Uudet



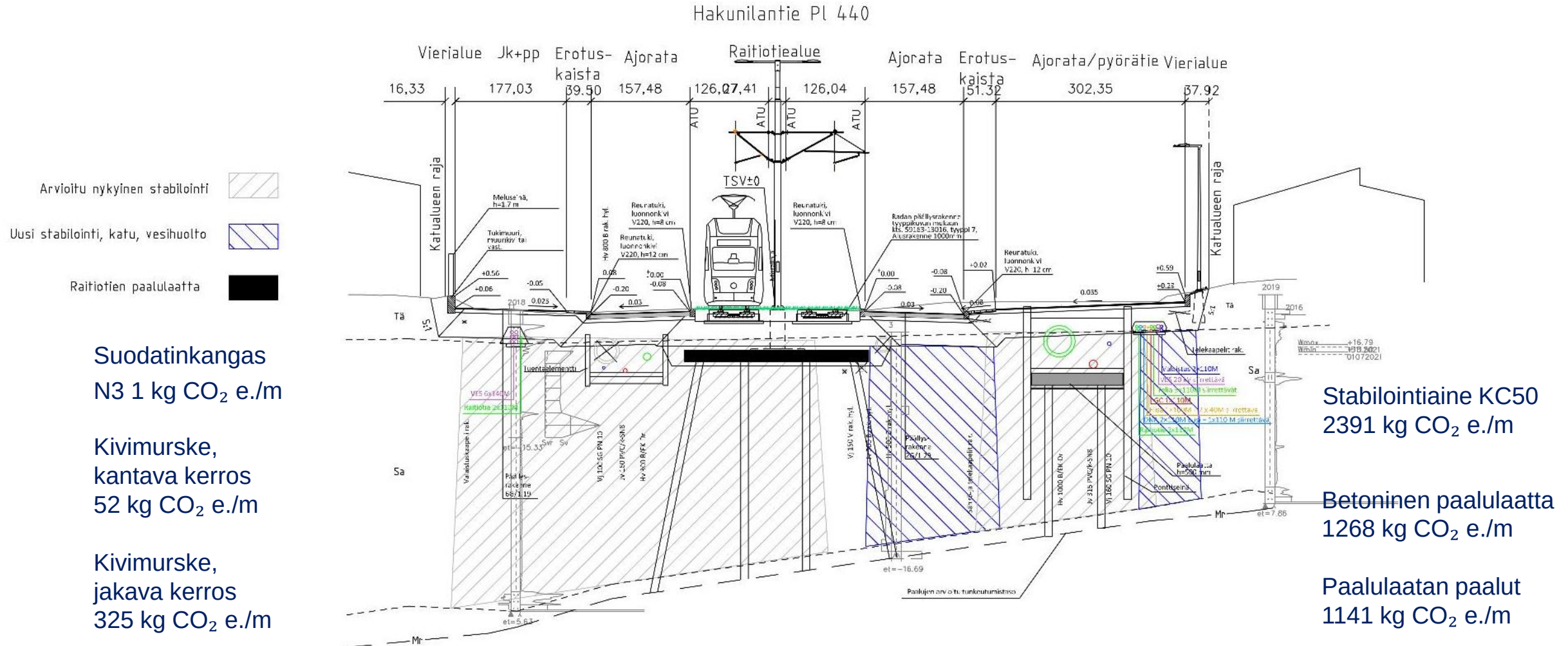
Paalulaatta



Pilaristabilointi

5. F. Hakunilantie, Worst Case – Tulokset

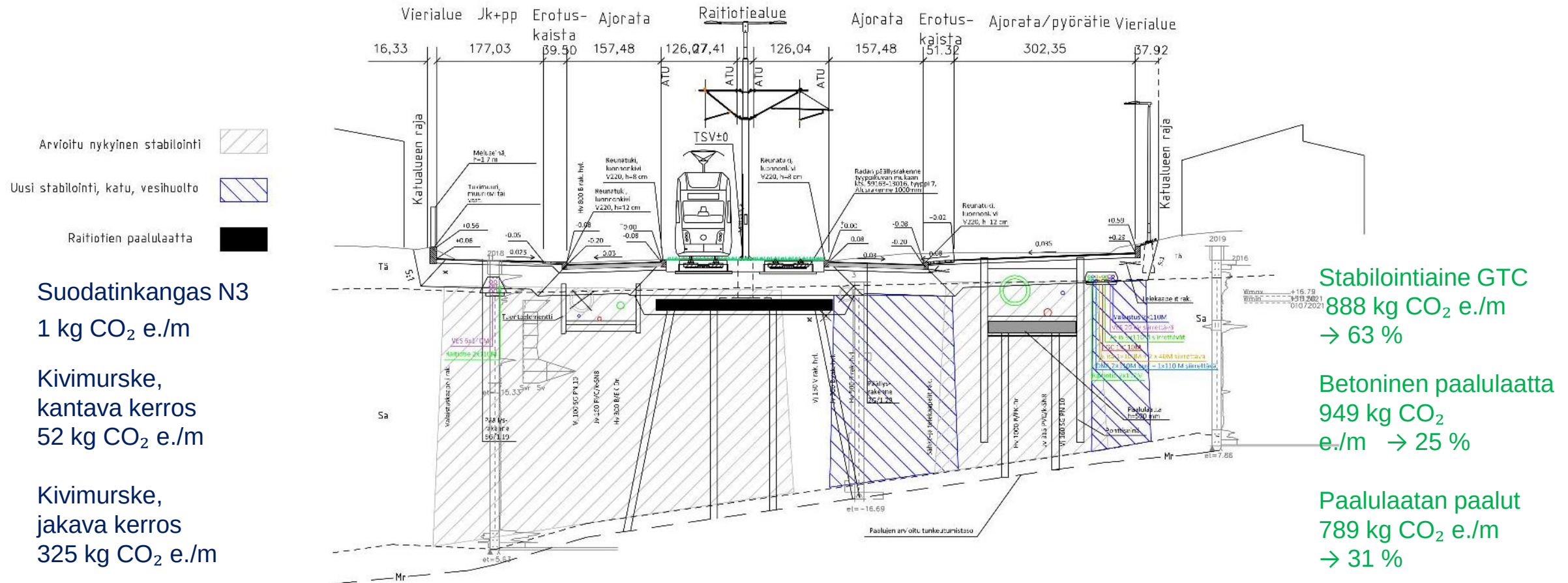
- Ratikan pohjanvahvistusmenetelmänä paalulaatta + teräsbetonipaalut.
- Kohteen kokonaispäästöt ovat 1840 t CO₂e 350 metrin tarkasteluvälillä (5,5 t CO₂e/m).
- Suurimmat päästöt aiheutuvat stabilointiaineesta, paalulaatasta ja paalulaatan paaluista.



5.F. Hakunilantie, Worst Case - Resurssiviisaat ratkaisut

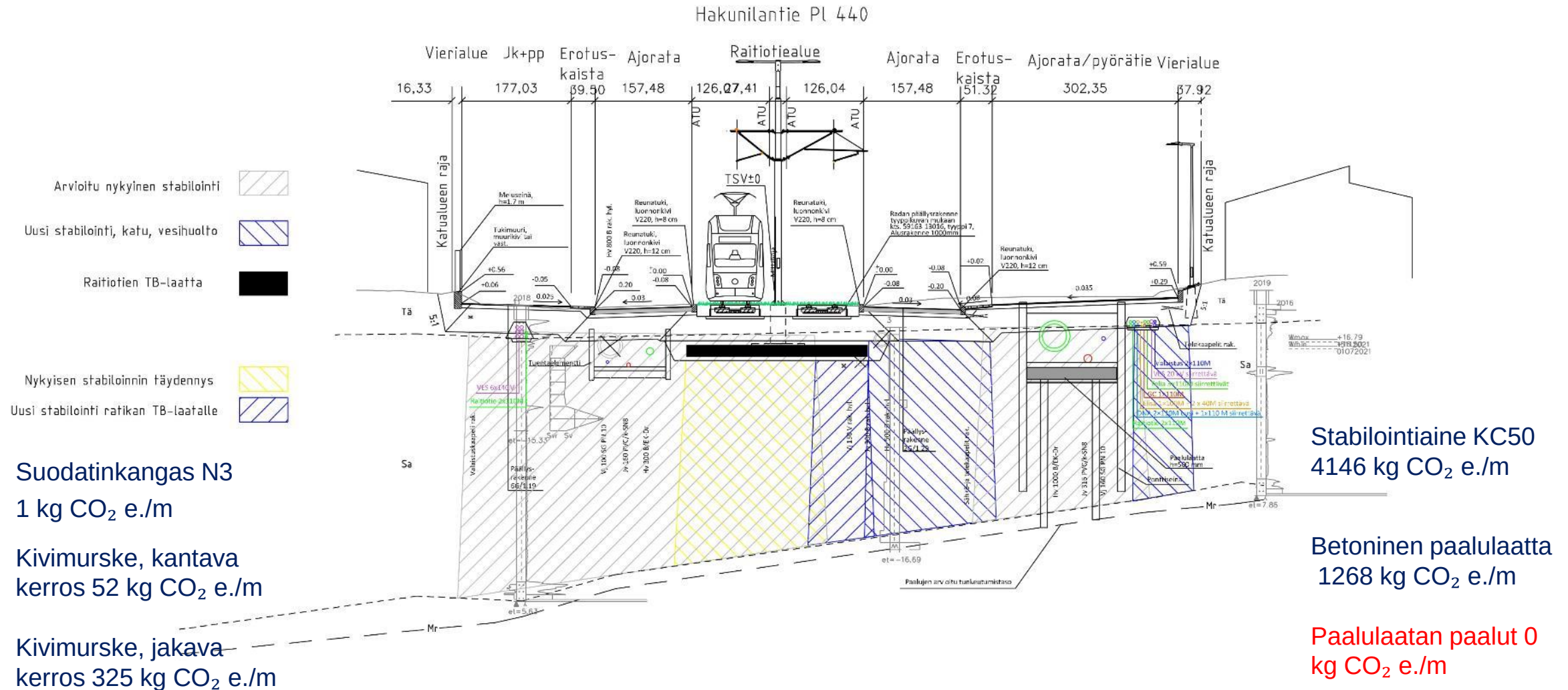
- Ratikan pohjanvahvistusmenetelmänä paalulaatta + teräsbetonipaalut.
- Kohteen kokonaispäästöt ovat 1090 t CO₂e 350 m tarkasteluvälillä (3,1 t CO₂e /m), eli 44 % pienemmät kuin BAU-skenaariossa.
- Resurssiviisaat ratkaisut: Vähäpäästöinen betoni paalulaatassa ja yleinen KC50 on vaihdettu vähäpäästöisempään vaihtoehtoon stabilointiaine GTC.

Hakunilantie PL 440



5. F. Hakunilantie – Tulokset, Best Case

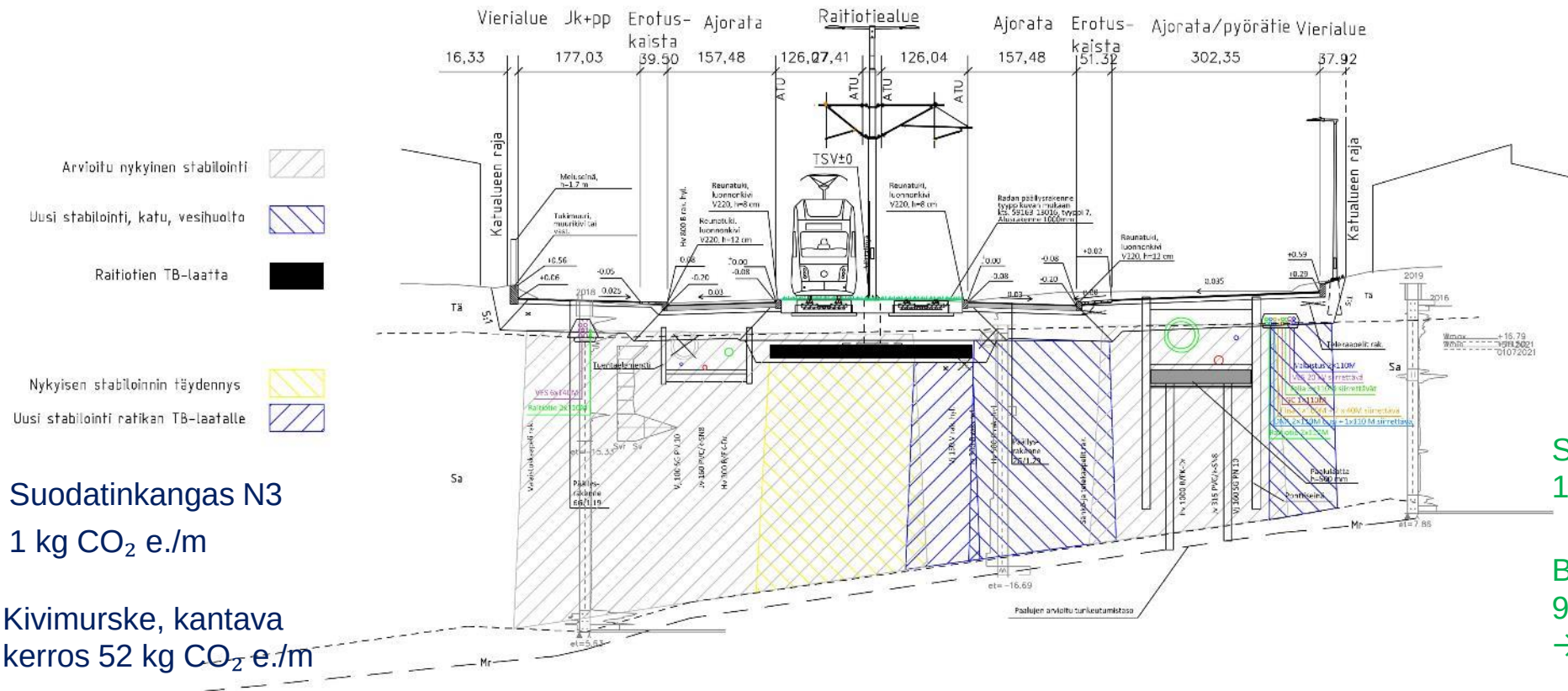
- Ratikan pohjanvahvistusmenetelmänä ”TB-arina + pilaristabilointi”-paalut”.
- Kohteen kokonaispäästöt ovat 2060 t CO₂e 350 metrin tarkasteluvälillä (6,2 t CO₂e /m).
- Suurimmat päästöt aiheutuvat stabilointiaineesta, paalulaatasta ja paalulaatan paaluista.



5. F. Hakunilantie - Resurssiviisaat ratkaisut, Best Case

- Ratikan pohjanvahvistusmenetelmänä TB-arina + pilaristabilointi”paalut”.
- Kohteen kokonaispäästöt ovat 1050 t CO₂ e 350 metrin tarkasteluvälillä (3,3 t CO₂e /m), eli 51% pienemmät kuin BAU-skenaariossa.
- Resurssiviisaat ratkaisut: Vähäpäästöinen betoni paalulaatassa ja vähäpäästöisempi stabilointiaine GTC.

Hakunilantie Pl 440



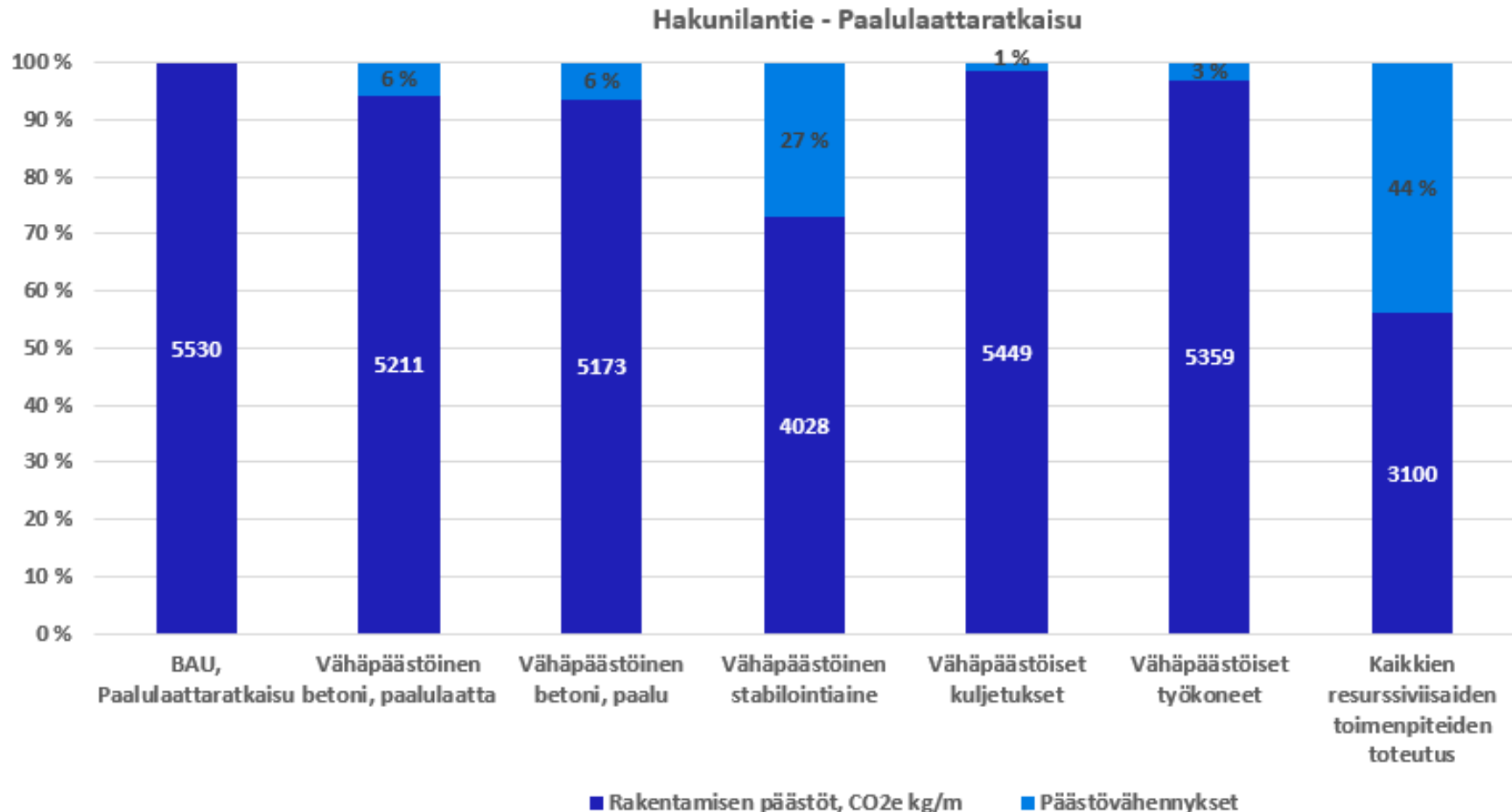
Stabilointiaine GTC
1541 kg CO₂ e./m → 63 %

Betoninen paalulaatta
949 kg CO₂ e./m
→ 25 %

Paalulaatan paalut 0
kg CO₂ e./m

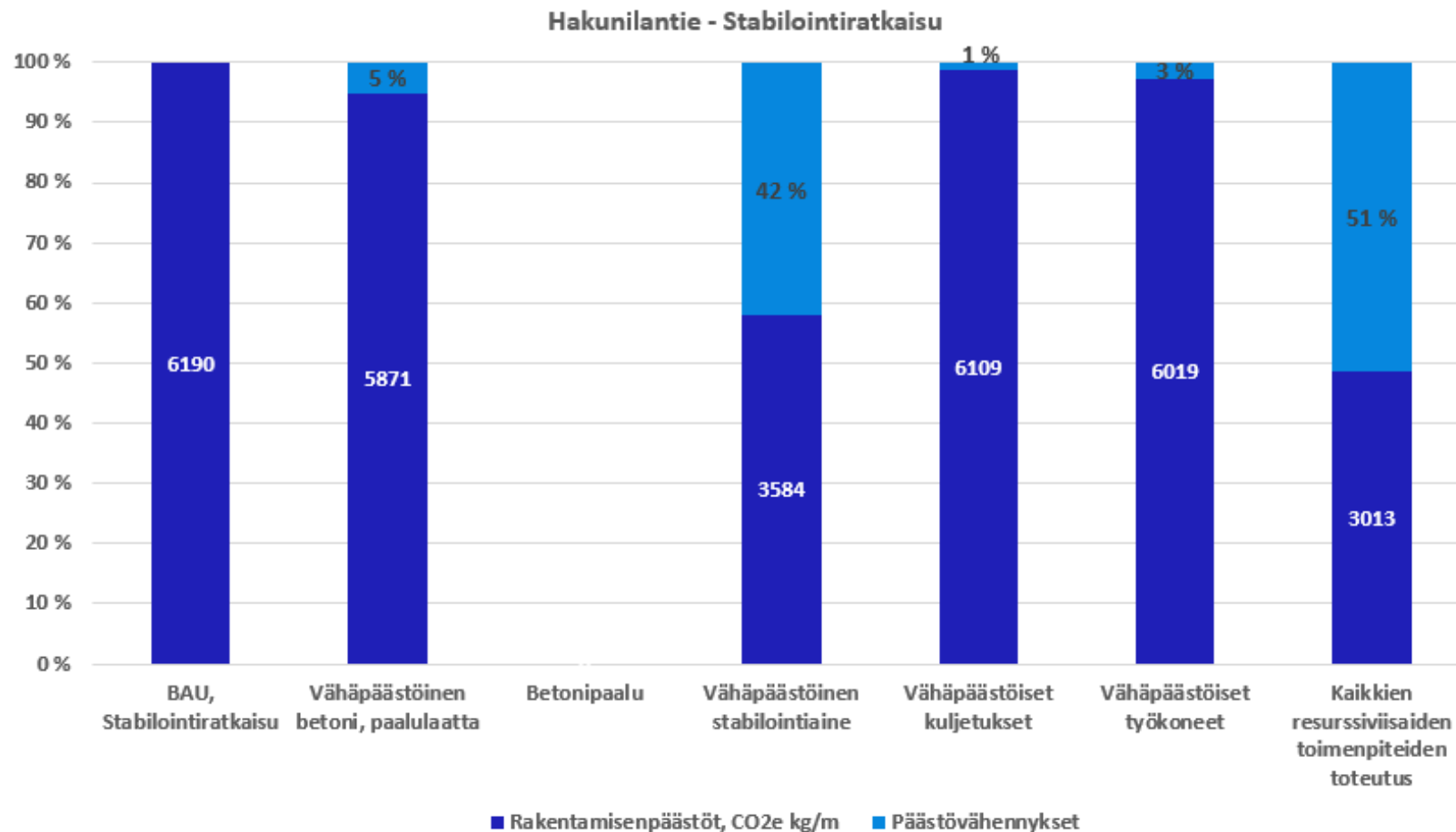
5. F. Hakunilantie - Yhteenvedo tuloksista

- Perustamistapana paalulaatta + teräsbetonipaalut (Worst case). Kuvaajassa on esitetty laskentakohteen kokonaispäästöt (kgCO₂e/m) sekä eri päästövähennystoimien vaikutusten osuus (%) kokonaispäästöihin.



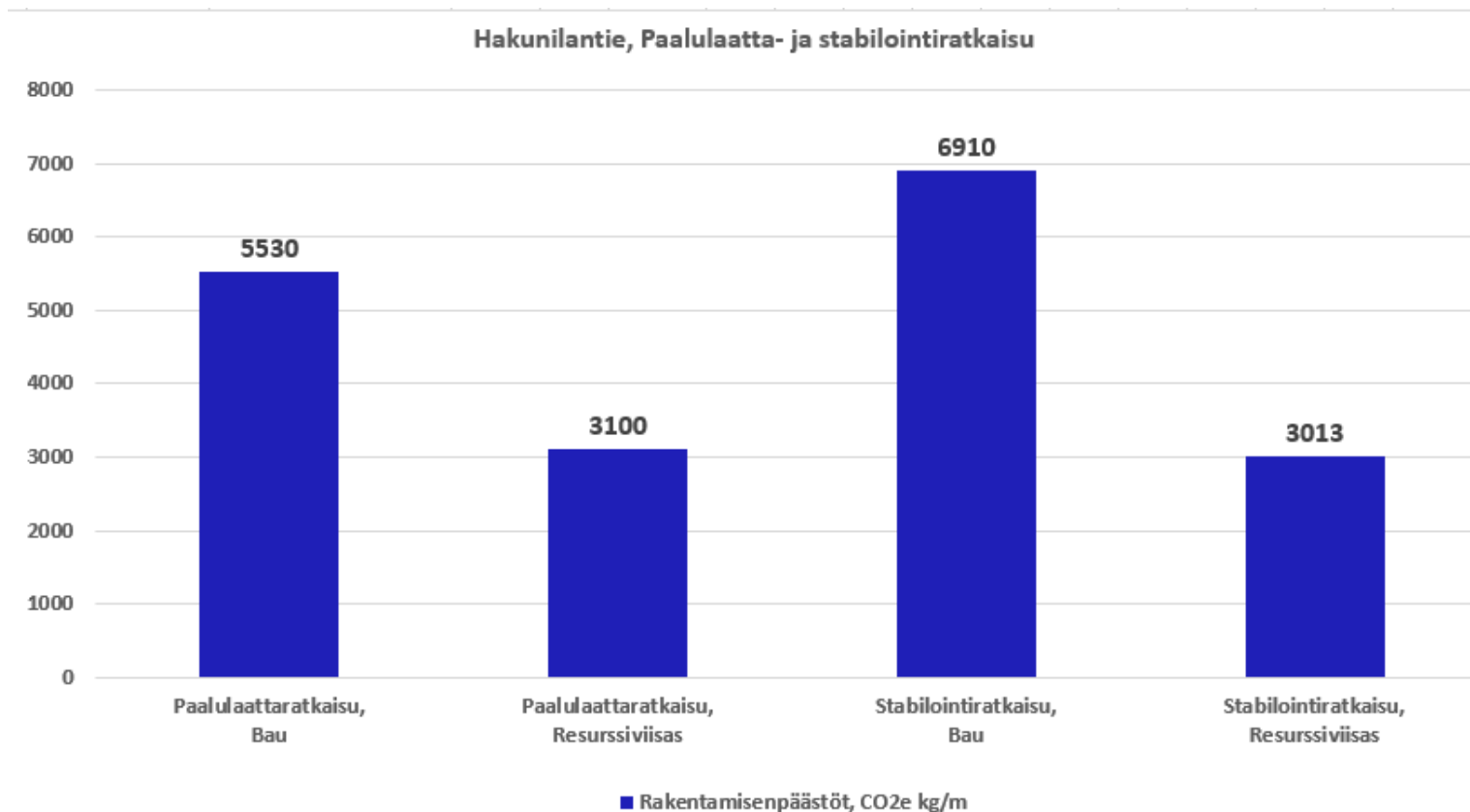
5. F. Hakunilantie - Yhteenveto tuloksista

- Perustamistapana TB-arina + pilaristabilointi”paalut” (Best case). Kuvaajassa on esitetty laskentakohteen kokonaispäästöt (kgCO₂e/m) sekä eri päästövähennystoimien vaikutusten osuus (%) kokonaispäästöihin.



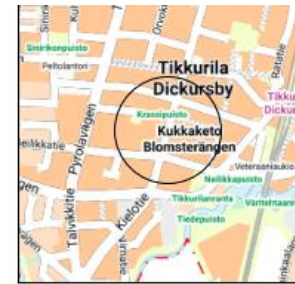
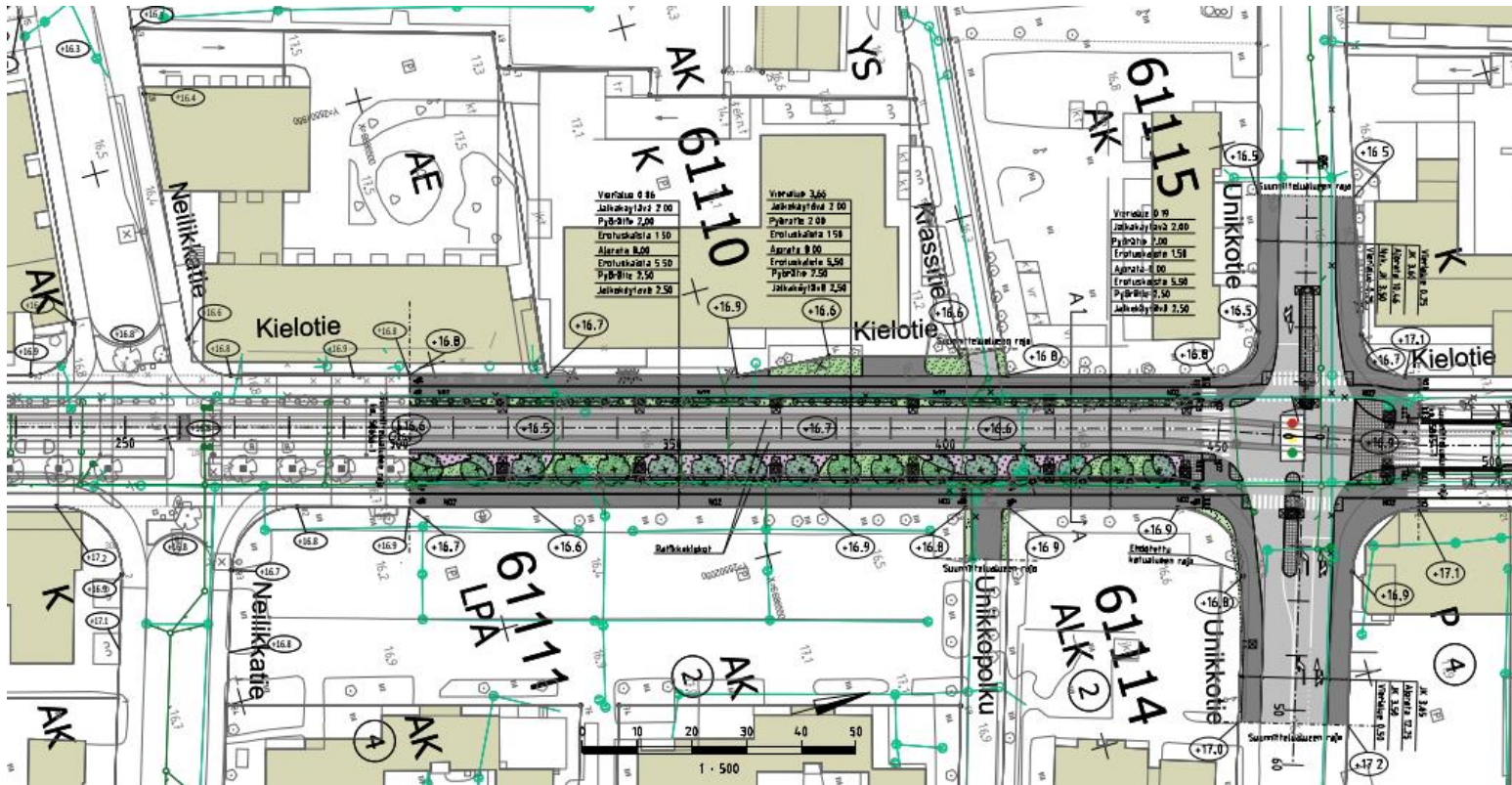
5. F. Hakunilantie - Yhteenveto tuloksista

- Paras tulos saavutetaan käyttämällä perustamistapana TB-arinaa pilaristabilointi”paaluilla”, sekä käyttämällä resurssiviisaita materiaalivalintoja, kuten vähäpäästöistä betonia ja stabilointia.
- Huonoin tulos syntyy TB-arinan ja pilaristabilointi”paalujen” yhdistelmällä perinteisiä materiaalivalintoja käyttämällä (BAU).
- Tässä tarkastelussa tulee ottaa huomioon, että tieto olemassa olevan stabiloinnin hyödynnettävyydestä sekä rakennuspaikan perustamisolosuhteista tarkentuu myöhemmässä suunnittelussa ja vaikuttaa käytettävissä oleviin suunnitelmaratkaisuihin.



5. G. Kielotie

- Tarkastellaan kahta erilaista pohjanvahvistusmenetelmää. Huomioidaan pohjarakentaminen, jossa vaihtoehtoisia rakenteita (ei tarkastella nykyisten asfalttien ja kiveyksien poistoa, kadun rakennekerroksia eikä uusia kadun pintarakenteita)
- **Vaihtoehto VE1: Ratalinja ja sivuille tulevat putkilinjat ovat paalulaatalla**
- **Vaihtoehto VE2: Ratalinja on paalulaatalla, sivuilla olevat putkilinjat ovat pilaristabiloinnilla**
- Resurssiviisas vaihtoehto: vähäpäästöiset työkoneet, kuljetukset, materiaalivalinnat sekä uusiomateriaalitäytöt

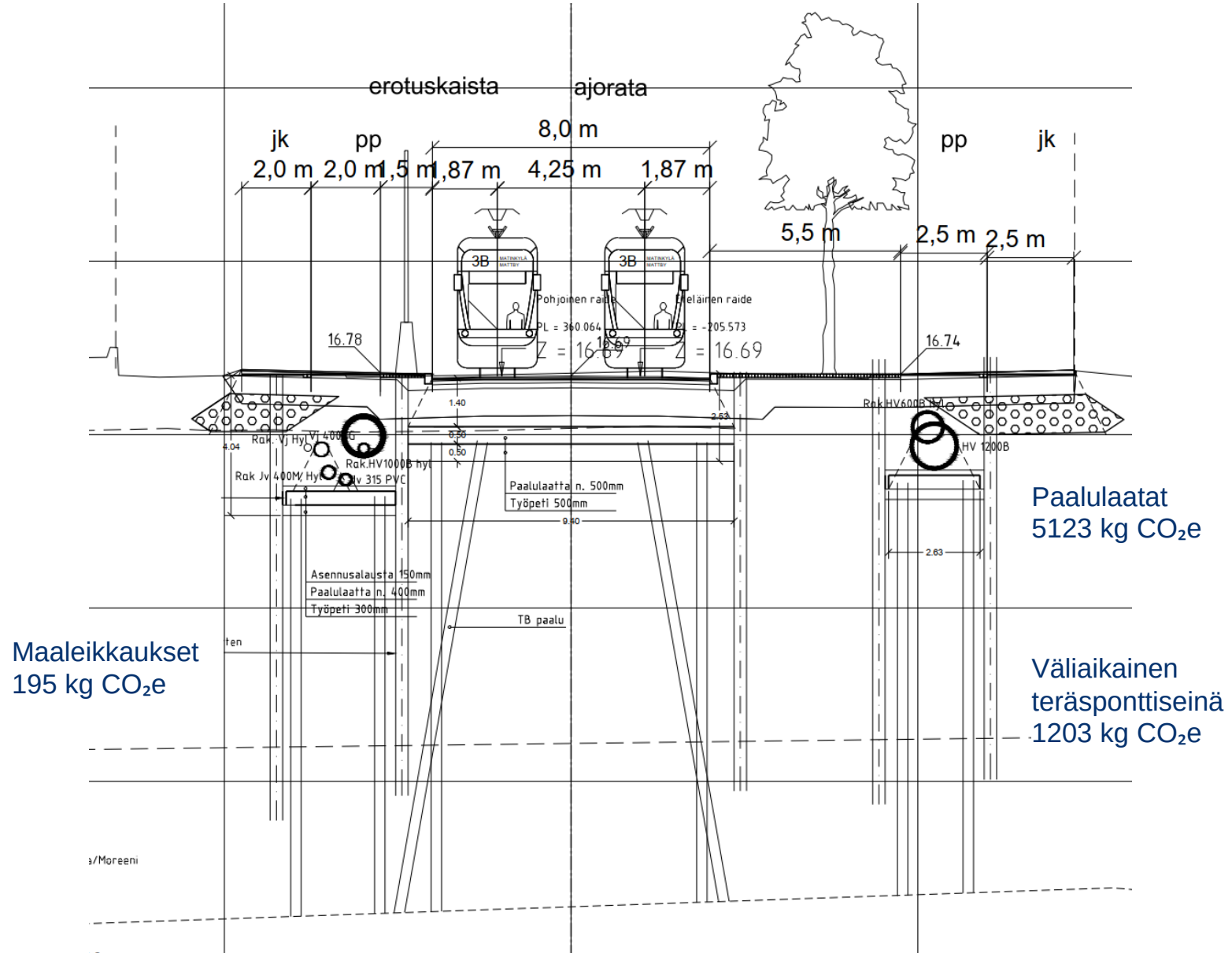


5. G. Kielotie VE1 - Tulokset

Ratalinja ja sivuille tulevat putkilinjat ovat paalulaatalla

Kohteen kokonaispäästöt
7584 kg CO₂e.

- A1-A3 Tuotevaihe:
5528 kg CO₂e
- A4 Kuljetukset: 455
kg CO₂e
- A5 Rakentaminen:
1458 kg CO₂e



5. G. Kielotie VE1 - Resurssiviisaat ratkaisut

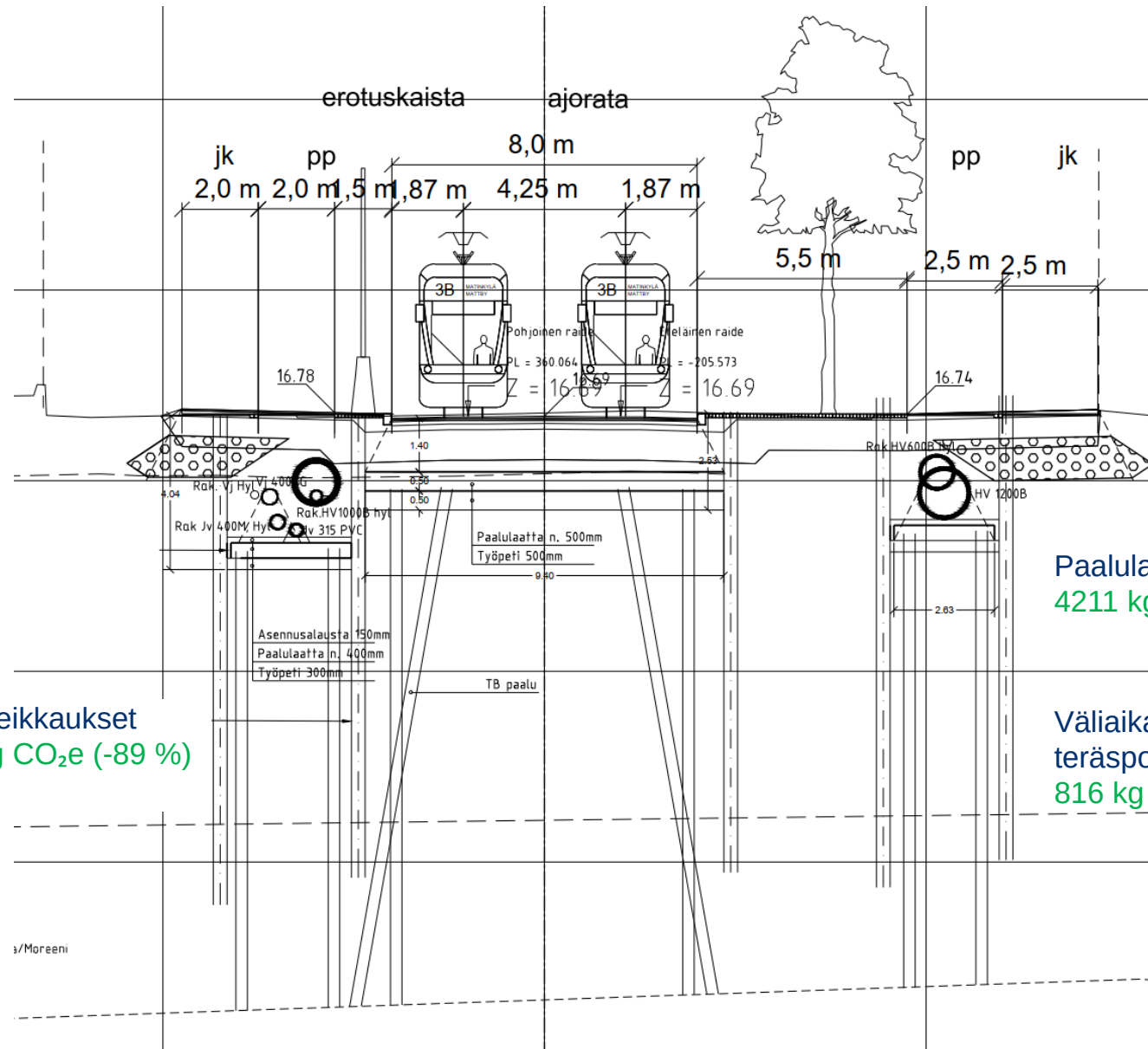
Ratalinja ja sivuille tulevat putkilinjat ovat paalulaatalla

Kohteen kokonaispäästöt

7584 kg -> 5125 kg CO₂e
(-32 %).

- A1-A3 Tuotevaihe:
5528 kg -> 4045 kg
CO₂e (-27 %)
- A4 Kuljetukset: 455
kg -> 51 kg CO₂e (-89
%)
- A5 Rakentaminen:
1458 kg -> 886 kg
CO₂e (-39 %)

Maaleikkaukset
20 kg CO₂e (-89 %)

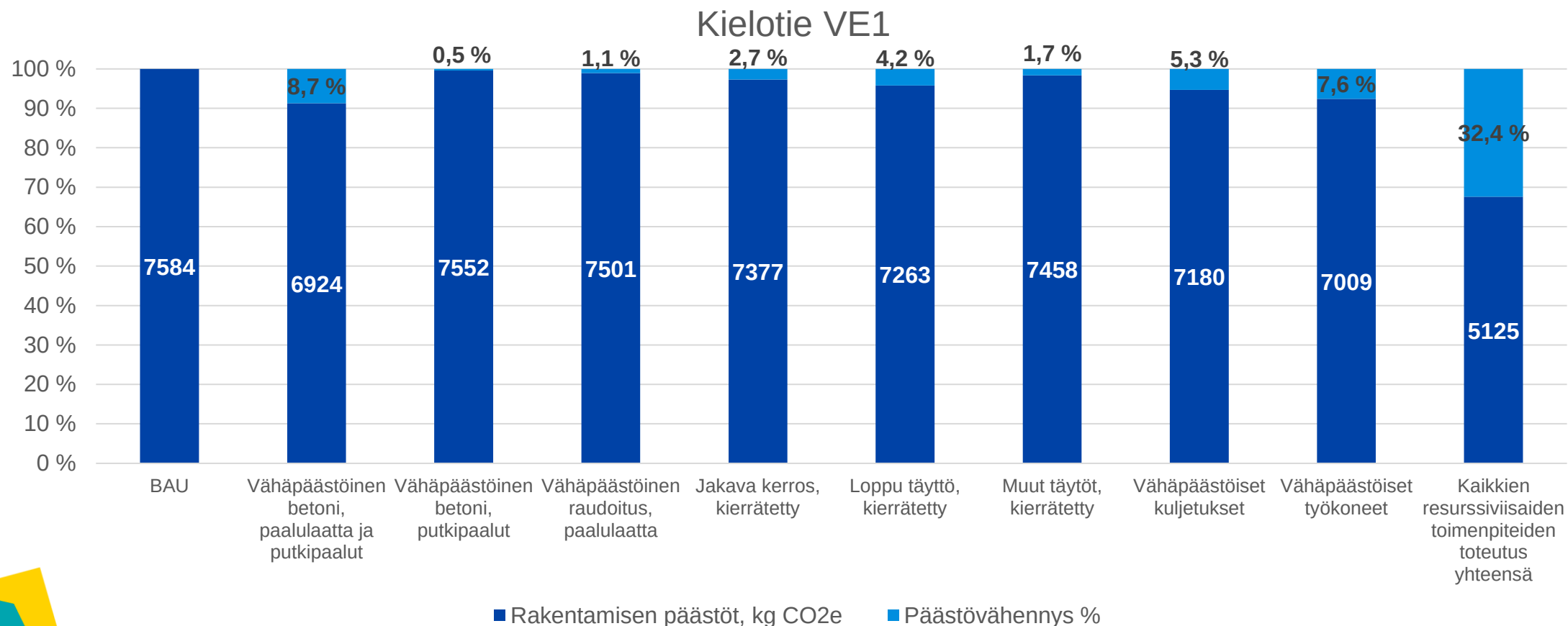


Paalulaatat
4211 kg CO₂e (-18 %)

Väliaikainen
teräsponttiseinä
816 kg CO₂e (-32 %)

5. G. Kielotie VE1 – Yhteenveto tuloksista

- Kuvaajassa on esitetty laskentakohteen kokonaispäästöt (kg CO₂e) sekä eri päästövähennystoimien vaikutusten osuus (%) kokonaispäästöihin.



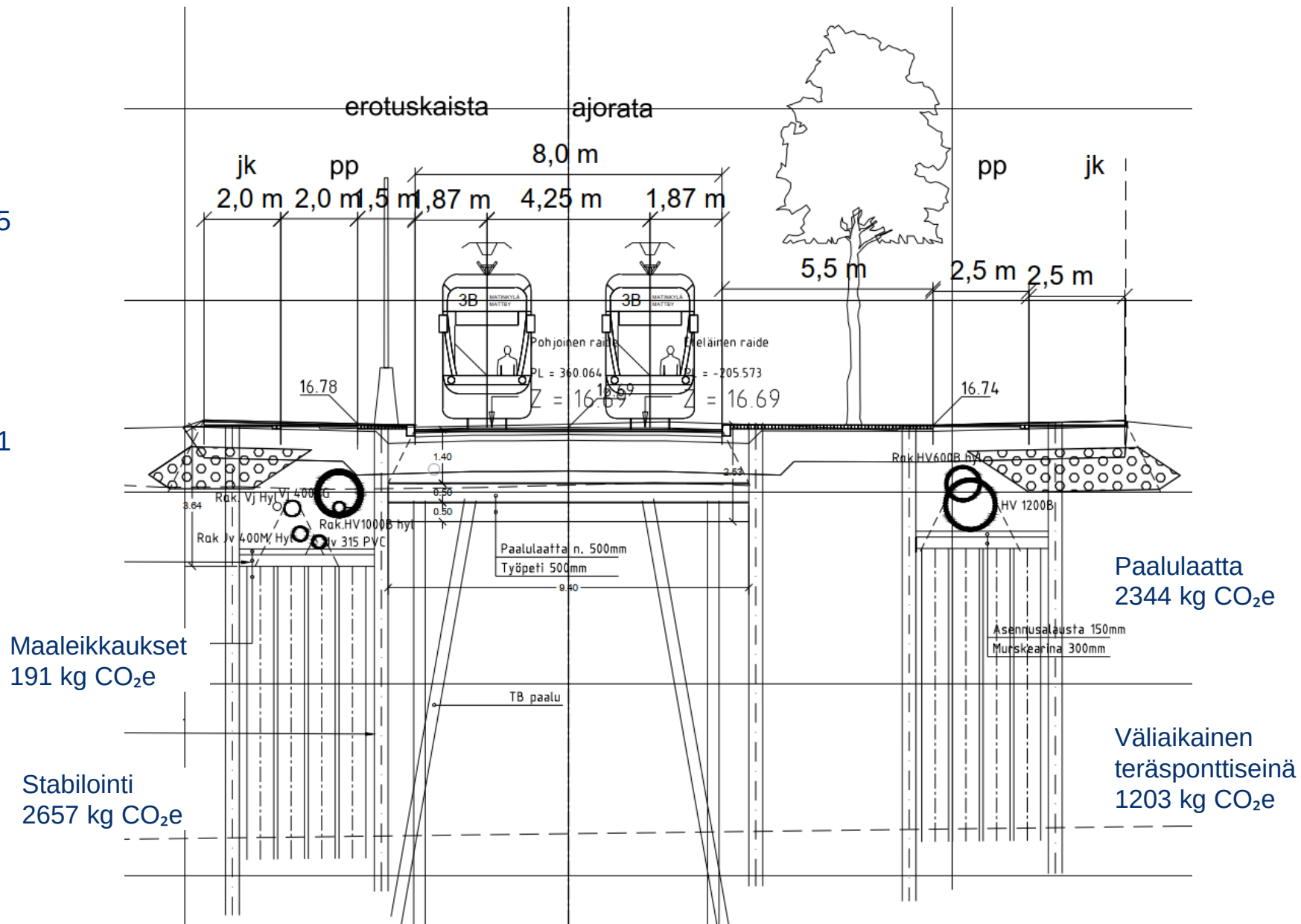
5. G. Kielotie VE2 - Tulokset

Ratalinja on paalulaatalla, sivuilla olevat putkilinjat ovat pilaristabiloinnilla

Kohteen kokonaispäästöt

7390 kg CO₂e

- A1-A3 Tuotevaihe: 5395 kg CO₂e
- A4 Kuljetukset: 389 kg CO₂e
- A5 Rakentaminen: 1531 kg CO₂e



5. G. Kielotie VE2 - Resurssiviisaat ratkaisut

Ratalinja on paalulaatalla, sivuilla olevat putkiliinjat ovat pilaristabiloinnilla

Kohteen kokonaispäästöt

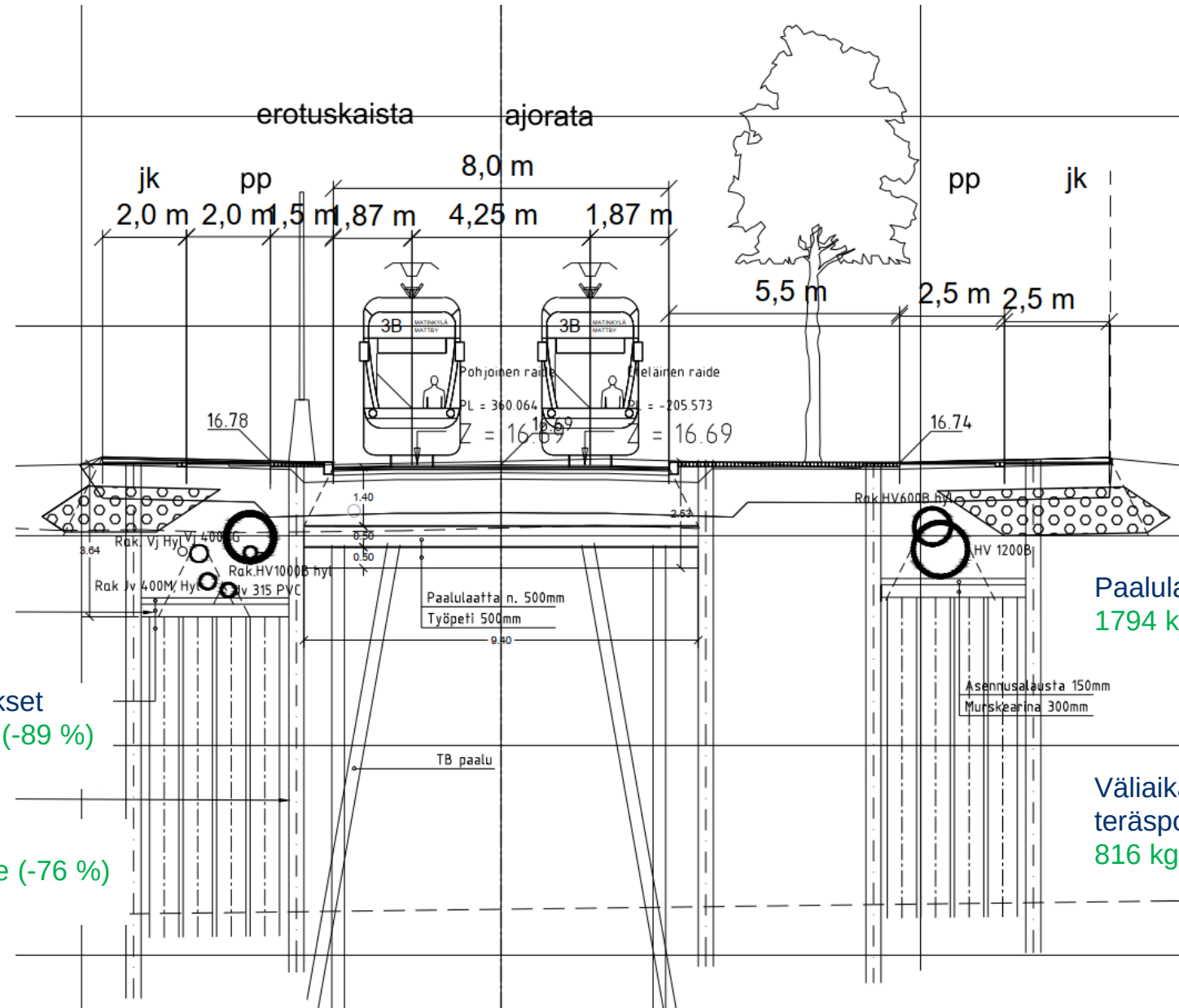
7390 kg CO₂e -> 3317 kg

CO₂e (-55 %).

- A1-A3 Tuotevaihe: 5395 kg -> 2328 kg CO₂e (-57 %)
- A4 Kuljetukset: 389 kg -> 38 kg CO₂e (-90 %)
- A5 Rakentaminen: 1531 kg -> 874 kg CO₂e (-43 %)

Maaleikkaukset
20 kg CO₂e (-89 %)

Stabilointi
637 kg CO₂e (-76 %)

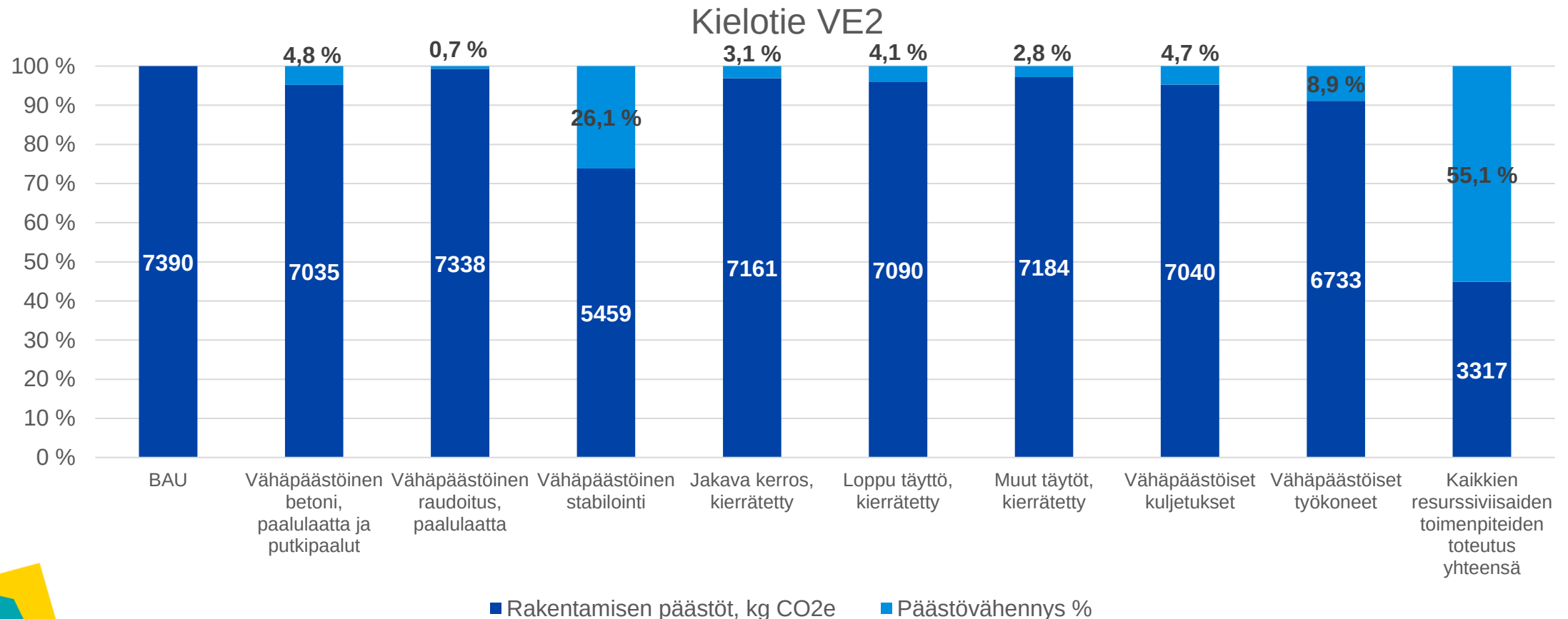


Paalulaatta
1794 kg CO₂e (-23 %)

Väliaikainen
teräsponttiseinä
816 kg CO₂e (-32 %)

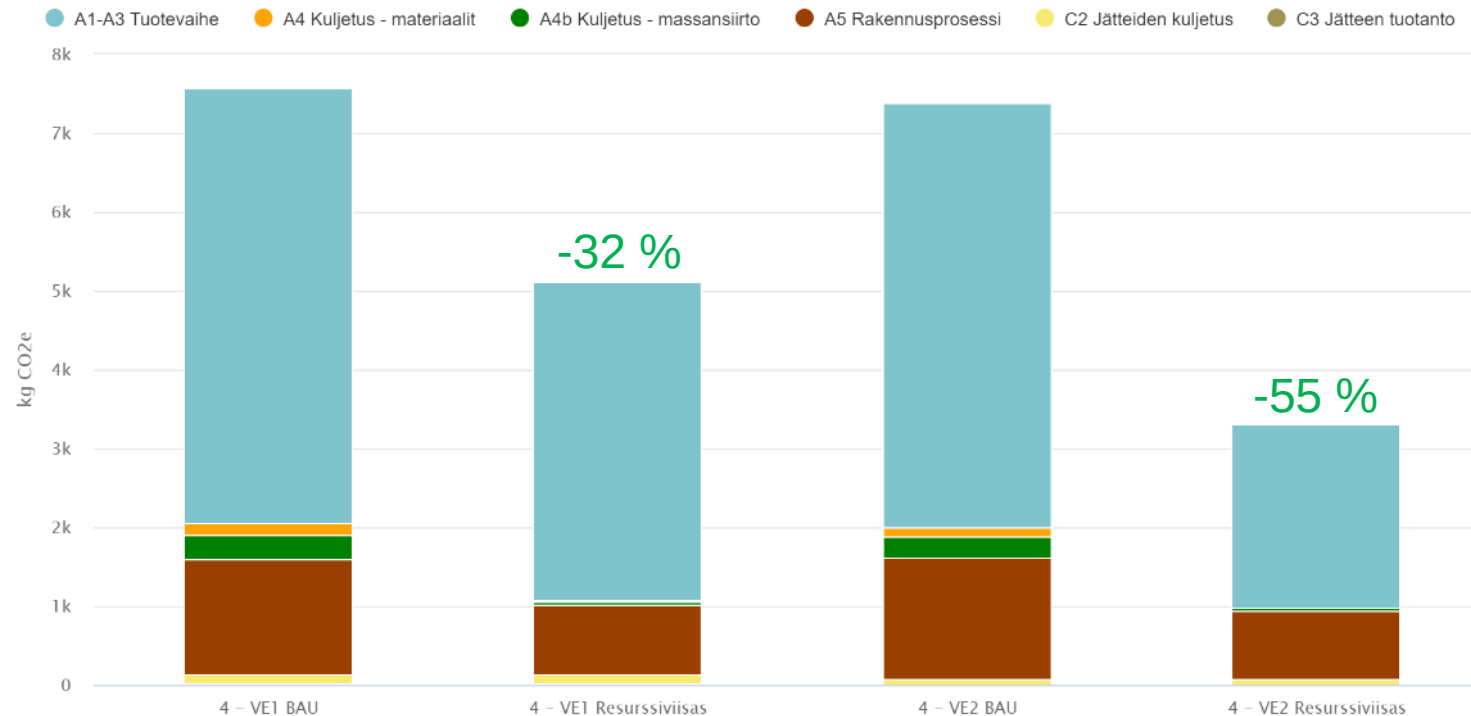
5. G. Kielotie VE2 – Yhteenveto tuloksista

- Kuvaajassa on esitetty laskentakohteen kokonaispäästöt (kg CO₂e) sekä eri päästövähennystoimien vaikutusten osuus (%) kokonaispäästöihin.



5. G. Kielotien tulosten yhteenveto

- Vaihtoehto 1 valikoitui teknisen toteutettavuutensa vuoksi rakentamisvaihtoehdoksi.
- Suuremmasta päästövähennyspotentialista huolimatta vaihtoehto 2 jouduttiin hylkäämään suunnittelun edetessä.
 - Stabilointi ei ole toteutettavissa nykyisten putkien ja niiden mahdollisten hirsiarinoiden vuoksi.

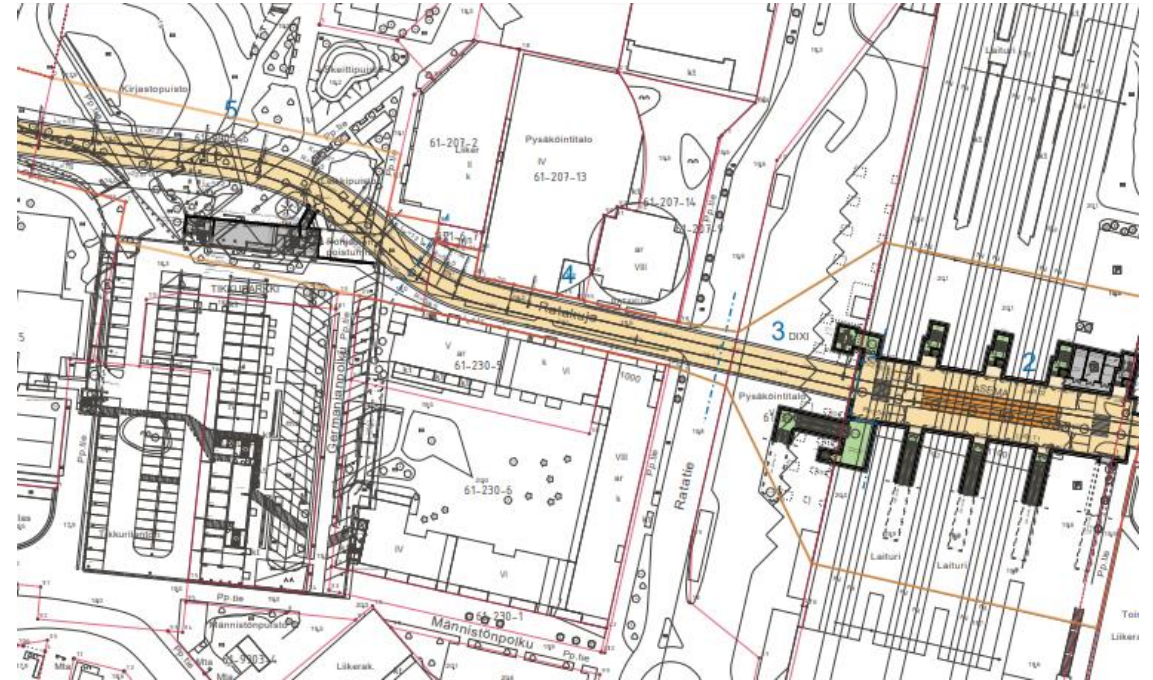
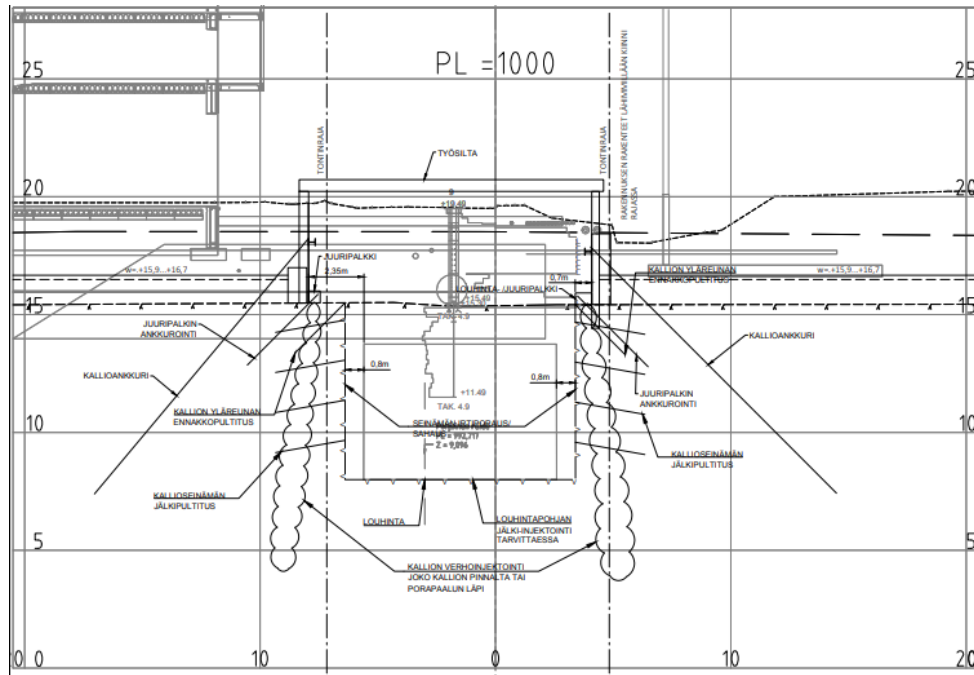


5. Tulosten yhteenveto: Pohjanvahvistus

- Pohjanvahvistusmenetelmän toteuttamiskelpoisuus on selvitettävä lisätutkimuksin.
 - Olemassa olevan pilaristabiloinnin laajuus sekä laatu on tutkittava, jotta voidaan varmistua siitä, onko vanhan pilarikentän täydentäminen teknisesti toimiva ratkaisu.
- Merkittäviä päästövähennyksiä on mahdollista saavuttaa:
 - Stabilointiaineen valinnalla
 - Resurssiviisaiden materiaalien valinnalla
 - Vähäpäästöisten työkoneiden valinnalla
 - Vähäpäästöisten kuljetusten käytöllä

5. H. Tikkurilan tunneli

- Tunneli koostuu kuudesta keskenään hyvin erilaisesta lohkoista.
- Tarkastelukohteena lohko 4, jossa raitiotietunneli sijaitsee Ratakujalla kadun alla kahden tontinrajan välissä
- Resurssiviisas vaihtoehto: vähäpäästöiset työkoneet ja materiaalivalinnat

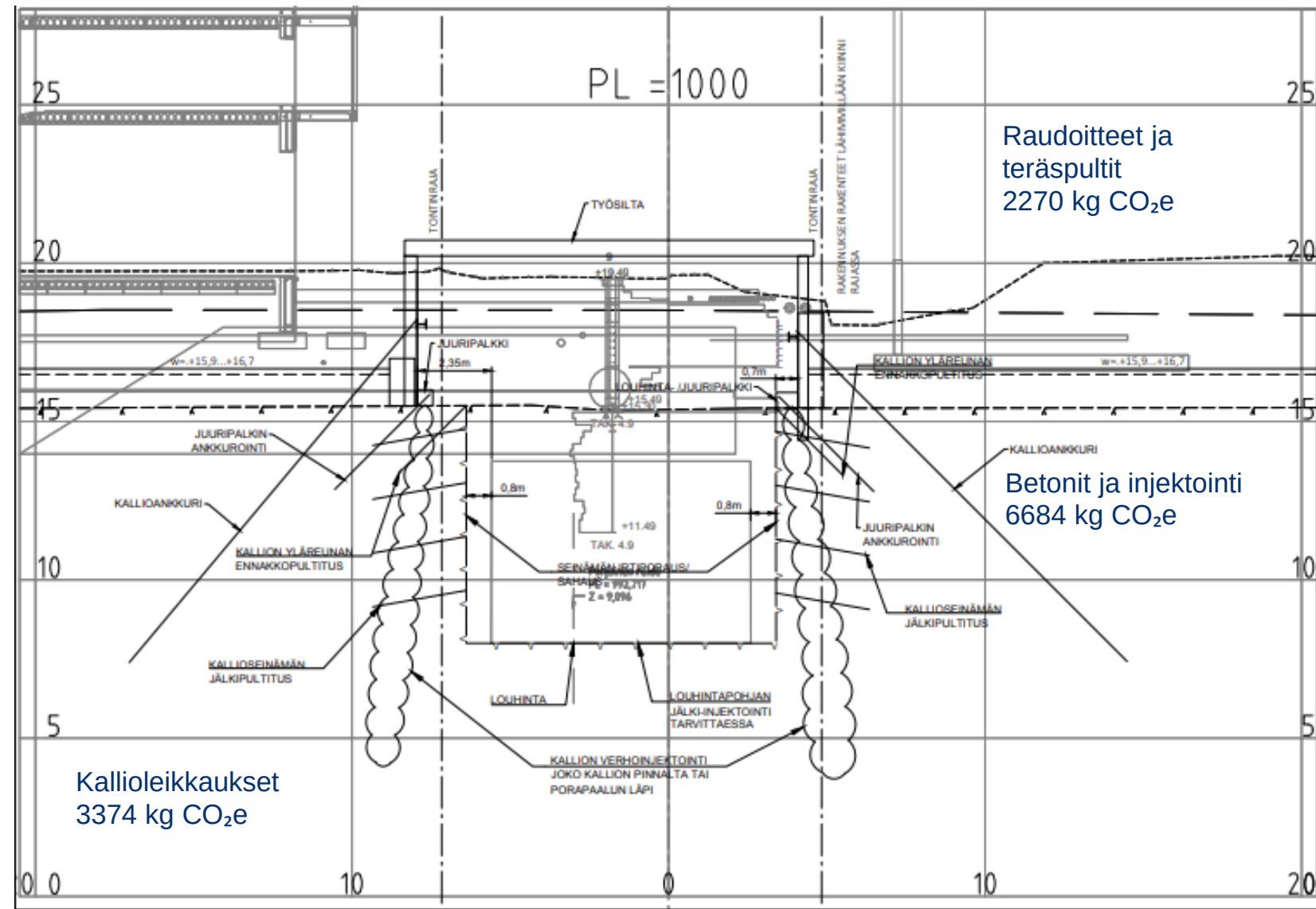


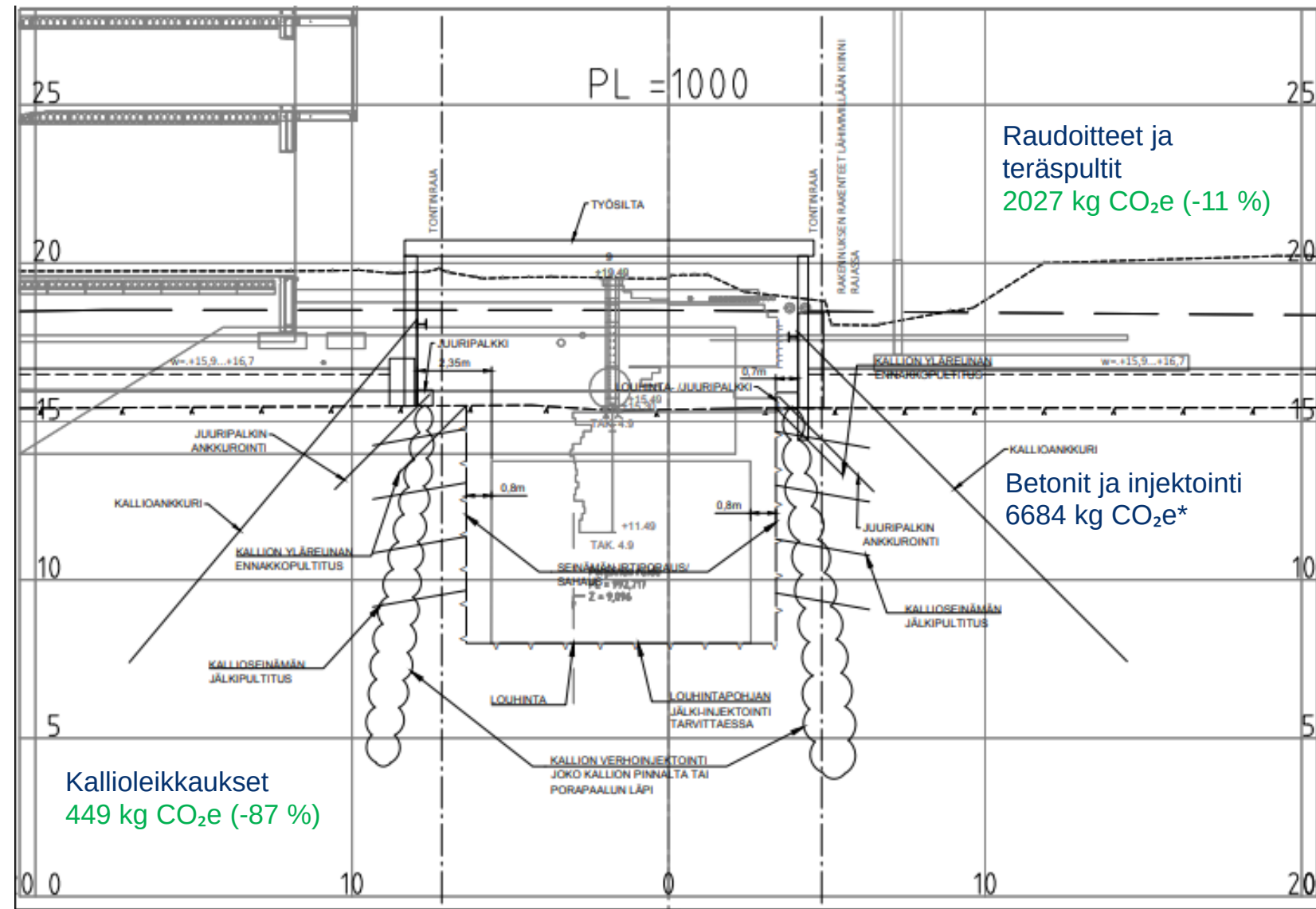
5. H. Tikkurilan tunneli – lohko 4

Alustavat tulokset

Kokonaispäästöt 13776 kg CO₂e

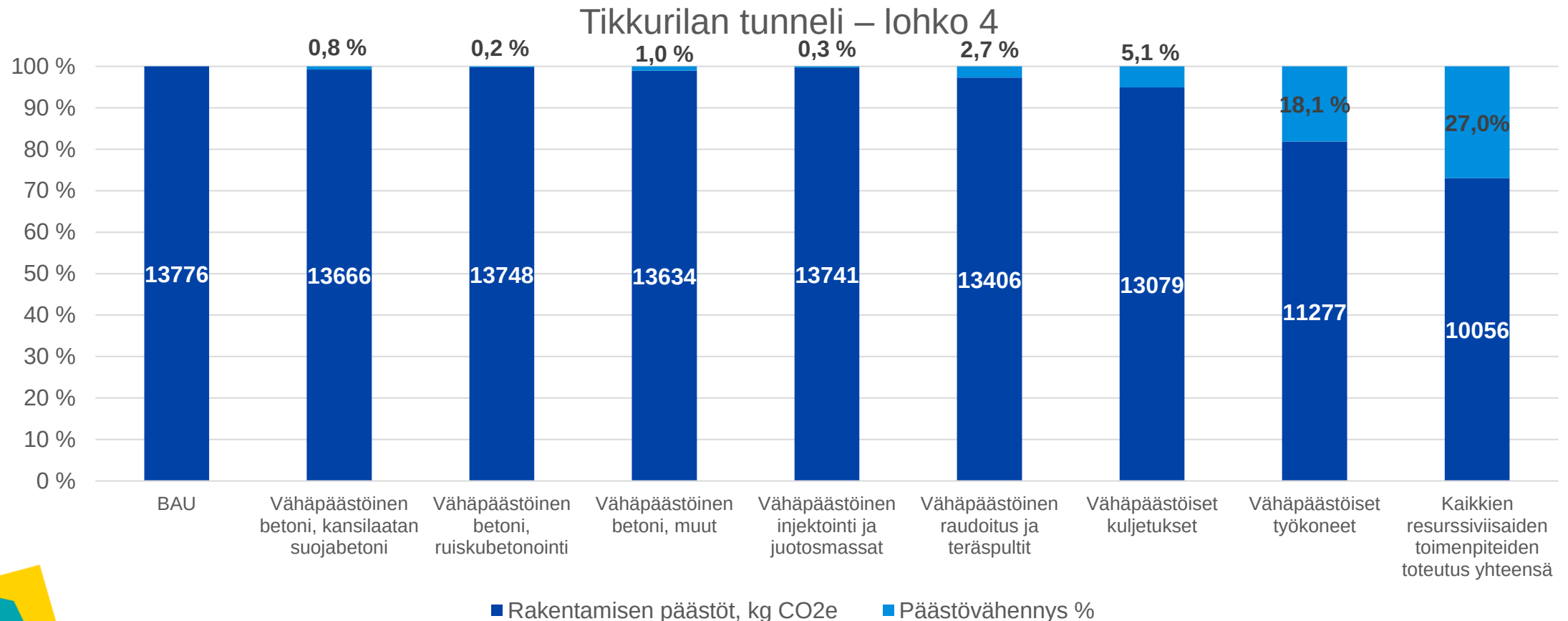
- A1-A3 Tuotevaihe: 8424 kg CO₂e
- A4 Kuljetukset: 771,9 kg CO₂e
- A5 Rakentaminen: 4052 kg CO₂e





5. H. Tikkurilan tunneli – lohko 4 – yhteenveto alustavista tuloksista

- Kuvaajassa on esitetty laskentakohteen kokonaispäästöt (kgCO₂e) sekä eri päästövähennystoimien vaikutusten osuus (%) kokonaispäästöihin.



6. Tulosten hyödyntäminen

Laskentatulosten perusteella rakentamisen vähähiilisyteen voidaan vaikuttaa suunnitteluratkaisulla ja hankinnoilla. Alla olevassa kaaviossa on esitetty yksinkertaistettu perusajatus vähähiilisyteen vaikuttamisesta.

