



Väylävirasto
Trafikledsverket

Päällysteen nastarengaskulumiskestävyys ja RC-prosentin vaikutus urautumisnopeuteen

Väyläviraston julkaisu 30/2023
Erkka Lumme ja Janne Junes

Sisällysluettelo

[Tiivistelmä](#)

[Esipuhe](#)

[Tausta ja tavoitteet](#)

[Urautumisnopeuden vaikutus päällysteiden korjauksen vuosikustannuksiin](#)

[Datan kerääminen ja käsittely](#)

[Kuulamylyarvon vaikutuksen tutkiminen](#)

[Kuulamylyarvon vaikutuksen tutkiminen: keskeiset havainnot](#)

[RC-prosentin vaikutuksen tutkiminen](#)

[RC-prosentin vaikutuksen tutkiminen: keskeiset havainnot](#)



Tiivistelmä

- Tämän työn ensimmäisessä osassa (s. 9–17) tarkasteltiin AB- ja SMA-maantiepäällysteiden keskimääräistä urautumisnopeutta eri liikennemäärä- ja nopeusluokissa. Tavoitteena (s. 5) oli arvioida uusien päällysteiden suunnittelussa käytettävien valintaperusteiden päivitystarvetta massatyypin, kiviaineksen raekoon sekä nastarengaskulumiskestävyyden osalta.
- Toisessa osassa (s. 18–23) tarkasteltiin, miten asfalttirouheen käyttö (RC-prosentti) vaikuttaa keskimääräiseen urautumisnopeuteen.
- Aineistona (s. 7–8) käytettiin Väyläviraston PTM-mittaustuloksia (100 metrin aineisto) vuosilta 2013–2021. Urautumisnopeuteen vaikuttavia muita tekijöitä, esim. deformaation osuutta ja tien leveyden vaikutusta ei tarkasteltu. Muista päällysteen kulumisnopeuteen vaikuttavista tekijöistä, kuten tyhjätilasta tai asfalttirouheen kiviaineksen nastarengaskulumiskestävyydsluokasta ei ollut tietoa.

Esipuhe

Tässä julkaisussa

Tutkitaan päällysteiden urautumisnopeuden riippuvuutta kiviaineksen kuulamylyarvosta ja asfalttirouheen suhteellisesta määrästä (RC-prosentti).

Työhön (2/2022–2/2023) osallistuneet

Julkaisun on laatinut Ramboll CM Oy, jossa työstä ovat vastanneet Erkkä Lumme ja Janne Junes.

Väylävirastosta projektista on vastannut Katri Eskola.

Helsingissä huhtikuussa 2023

Väylävirasto

Tausta ja tavoitteet

Keskimääräinen urautumisnopeus (mm/v)

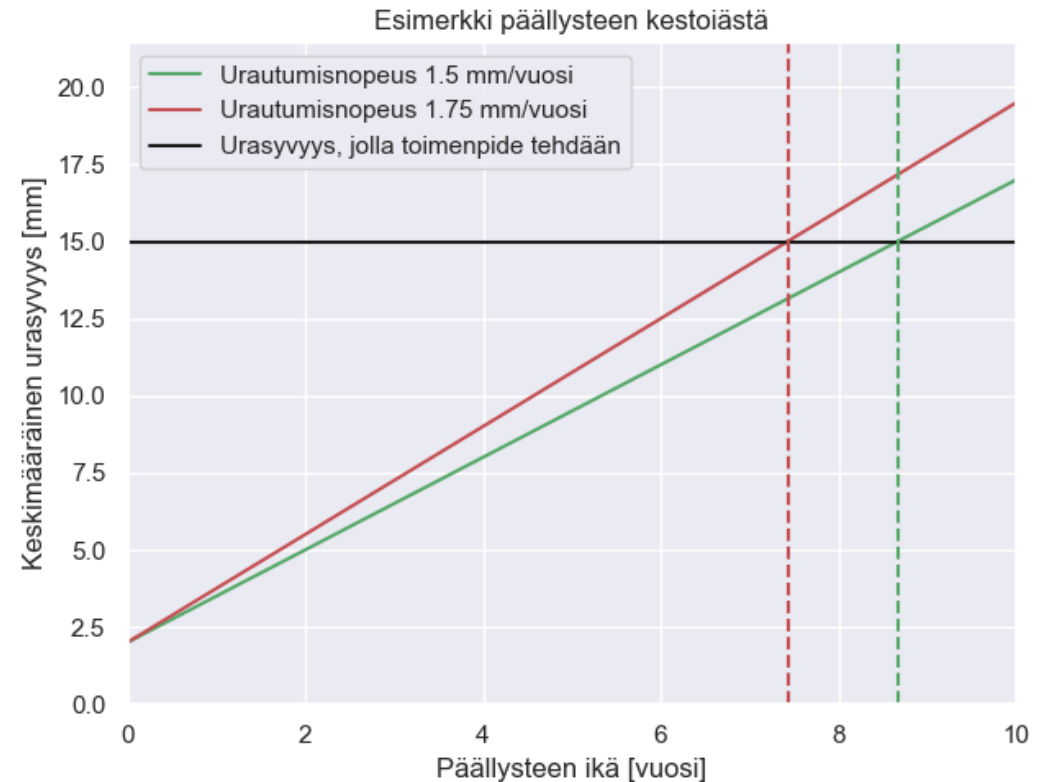
- Tarkasteltiin kokonaisurautumista, joka muodostuu nastarenkaiden käyttökaudella kulumisesta ja sen ulkopuolella tapahtuvasta deformaatiosta.
- Perustuu Väyläviraston säännöllisiin maanteiden kuntomittauksiin.

Päällysteen nastarengaskulumiskestävyys

- Suomen maantiepäällysteiden tärkeä kestävyysominaisuus, johon vaikutetaan massatyypillä sekä kiviaineksen maksimiraekoolla ja nastarengaskulumiskestävyydellä (jonka yksi mitta on kuulamylyarvo).
- Mitä suurempia liikenteen määrä ja nopeus ovat, sitä parempi kulumiskestävyys tarvitaan.
- Tuloksia käytetään uusien päällysteiden suunnitteluohjeiden ja laatuvaatimusten päivityksissä.

Urautumisnopeuden vaikutus päällysteiden korjauksen vuosikustannuksiin

- Urautumisnopeudella on merkittävä vaikutus päällysteen toteutuvaan kestoikään ja siten vuosikustannuksiin.
- Esimerkiksi keskimääräisen urautumisnopeuden pienentyessä arvosta 1,75 mm/vuosi arvoon 1,5 mm/vuosi, voidaan 15 mm:n keskiurasyvyydellä tehtävä päällystystoimenpide toteuttaa keskimäärin 1,3 vuotta myöhemmin.
- Tällöin vuosikustannus pienenee keskimäärin 14 %, jota tulee verrata päällystystoimenpiteiden kustannuksiin (esim. kestävämmän kiviaineksen kustannusvaikutus).



Datan kerääminen ja käsittely 1 (2)

- Datana käytettiin vuosina 2015–2021 vuosittain kerättyjä Tierakenteiden hallintajärjestelmän (YHA) lähtötietoja koko Suomen päällystetyltä maantieverkolta (pois lukien rampit).
- Eri vuosien yhdistetystä datasta eroteltiin uniikit PTM-mittaukset siten, että KVL- ja nopeusrajoitustieto kuvaavat mahdollisimman tarkkaan mittaushetken tilannetta.
 - Huom. samalta 100 metrin jaksolta saattaa olla useita mittauksia eri vuosilta.
- Urautumisnopeus laskettiin kaavalla $u.nop = (ura_max - 2 \text{ mm})/ikä$, missä ura_max on 100 metrin jakson maksimiurasyvyyden keskiarvo ja 2 mm edustaa tyypillistä uuden päällysteen mitattua alku-uraa.
- KVL-tiedoista muodostettiin laskennallinen KVL, joka huomioi kaistakohtaisen vaihtelun teillä, joilla on lisäkaistoja tai useampi ajorata.

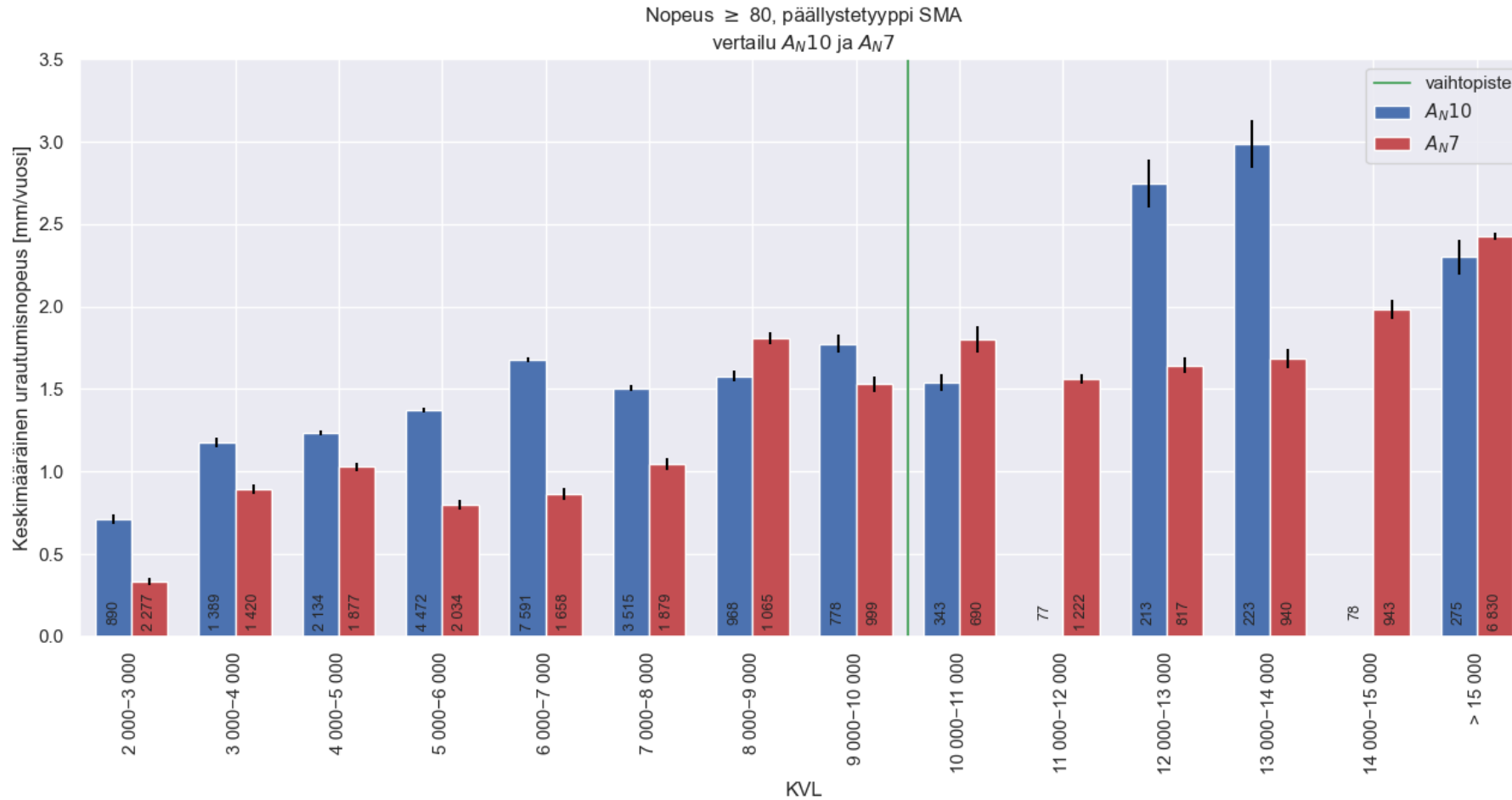
Datan kerääminen ja käsittely 2 (2)

- Dataa karsittiin siten, että kuulamylyarvon ja RC-prosentin vaikutuksen lisäksi muut tekijät vaikuttaisivat urautumisnopeuteen mahdollisimman vähän. Tien leveyden vaikutusta ei tarkasteltu.
- Dataan sisällytettiin ainoastaan päällysteet, joiden:
 - ikä oli yli 2 vuotta
 - päällystetyyppi oli SMA tai AB
 - edellinen työmenetelmä oli LTA, MP, MPKJ tai MPK
 - kiviaineksen
 - maksimiraekoko oli 16 mm
 - kuulamylyarvoluokka oli määritelty ja jokin seuraavista: A_N7 , A_N10 , A_N14 tai A_N19
 - mittausjakson pituus oli 100 metriä.
- Karsitusta datasta tehtiin kaksi versiota, joista toisessa vaadittiin, että RC-prosentin on oltava 0 ja toisessa RC-prosentin sallittiin olevan myös nollaa suurempi.
 - RC-prosentti = 0 datassa oli yhteensä 156 852 datapistettä
 - Ilman RC-prosentin rajoituksia datassa oli 179 047 datapistettä.
- Tehtyjen rajausten vuoksi valtaosa (99 %) lopullisen datan mittausjaksoista oli päällystetty vuosina 2014–2018, ja loput (1 %) oli päällystetty vuosina 2004–2013. Merkittävin rajaava tekijä on se, että päällystystoimenpiteen kuulamylyarvoluokka löytyy laajemmasta määrin YHAn datasta vasta vuoden 2014 päällystystoimenpiteistä alkaen.

Kuulamylyarvon vaikutuksen tutkiminen 1 (8)

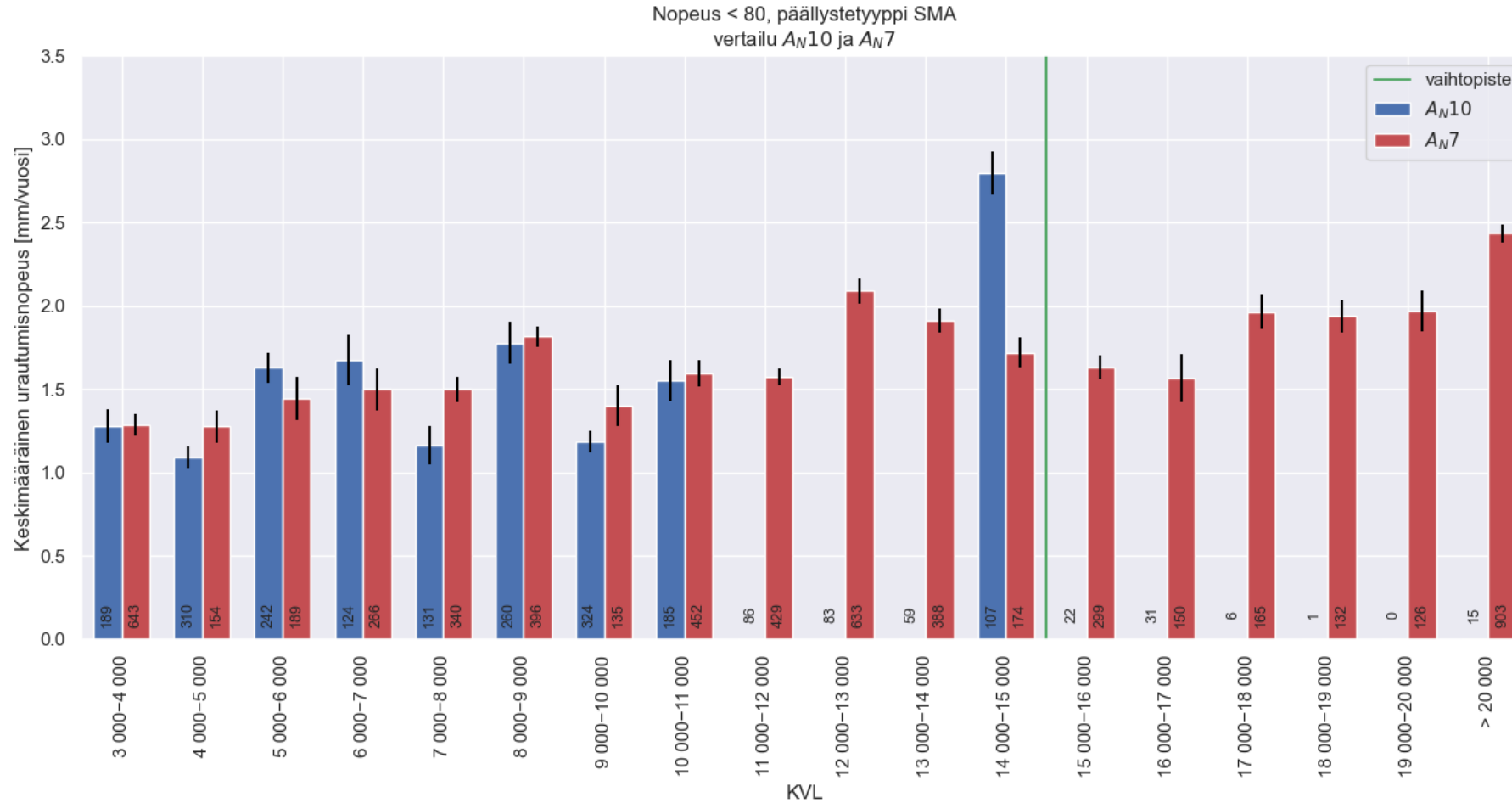
- Kuulamylyarvon vaikutusta lähdettiin tutkimaan datalla, jossa RC-prosentti oli 0.
- Käyttäen hyväksi Asfalttinormien 2017 taulukkoa 50 data jaoteltiin nopeusrajoituksen perusteella ryhmiin < 80 km/h ja ≥ 80 km/h sekä päällystetyypin perusteella ryhmiin SMA ja AB.
- Ylläolevat ryhmät pilkottiin laskennallisen KVL:n perusteella KVL-luokkiin, joiden leveys oli 1000 ajon./vrk.
- Kullekin KVL-luokalle laskettiin keskimääräinen urautumisnopeus eri kuulamylyarvoluokille (A_N7 , A_N10 , A_N14 ja A_N19).
 - Keskiarvo katsottiin epäluotettavaksi, jos se perustui alle 100 mittauspisteeseen.
- Peräkkäisten kuulamylyarvoluokkien parin (esim. A_N19 ja A_N14) urautumisnopeudet piirrettiin ryhmiteltyyn palkkikuvaajaan KVL-luokittain sellaisella KVL-välillä, jossa kyseisiä kuulamylyarvoluokkia suositeltiin käytettävän Asfalttinormeissa 2017 (ks. seuraavat sivut).
 - Paria A_N10 – A_N7 nopeusrajoituksella < 80 km/h ja päällystetyypillä AB ei tarkasteltu johtuen datapisteiden vähyydestä kyseisten kuulamylyarvoluokkien käyttösuositusten KVL-väleillä.

Kuulamylyarvon vaikutuksen tutkiminen 2 (8)



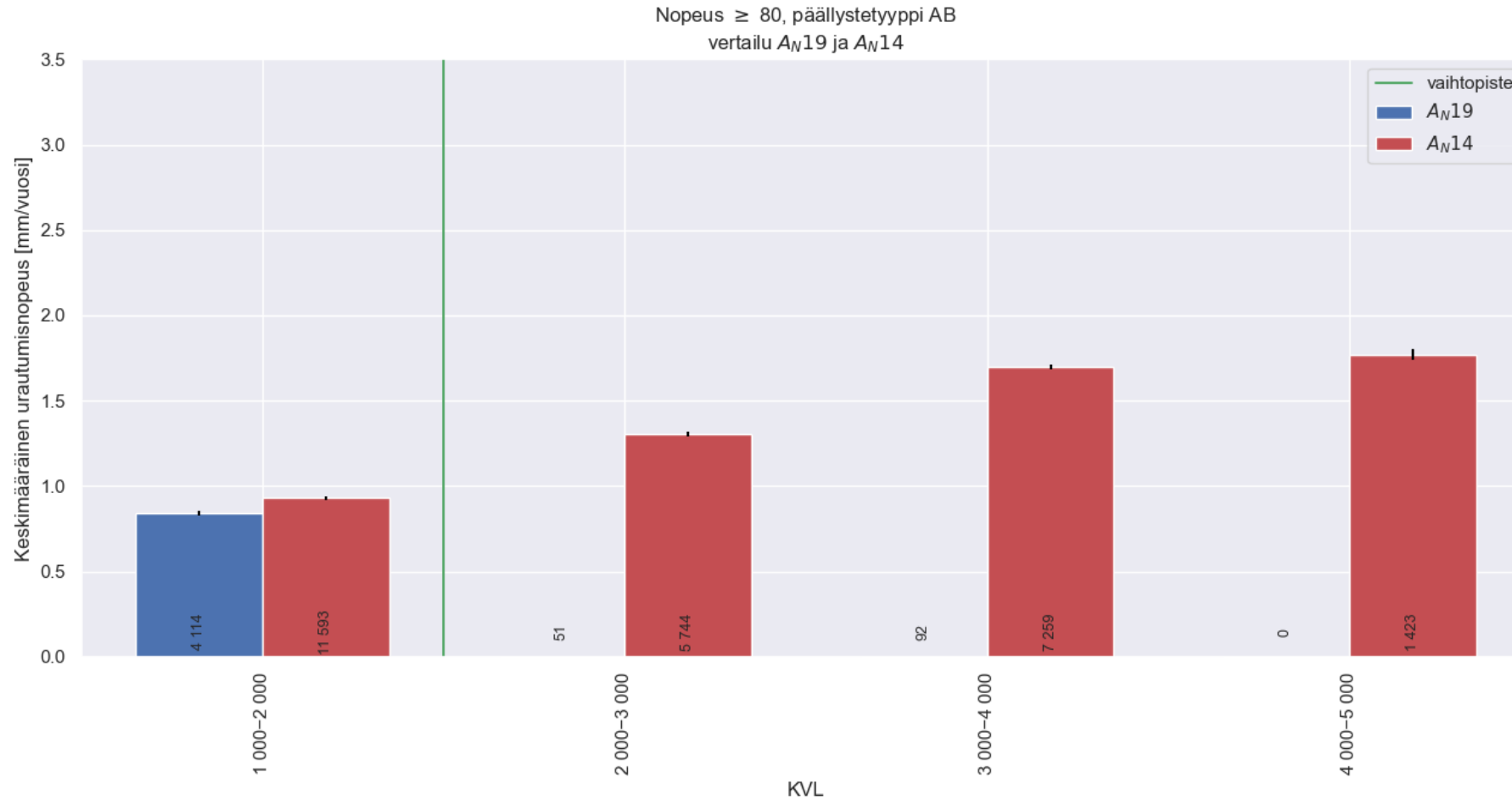
Palkkien alareunassa olevat luvut kertovat, kuinka moneen mittauspisteeseen keskiarvo perustuu. Palkkia ei piirretä, jos keskiarvo perustuu < 100 mittauspisteeseen. Mustat pystyviivat kuvaavat keskiarvojen 95 %:n luottamustason luottamuvälejä (autokorrelaatioita ei ole huomioitu). Vaihtopiste kertoo, millä KVL-arvolla kuulamylyarvoluokan suositeltu arvo vaihtuu Asfalttinormien 2017 mukaan (pienemmällä KVL:llä suurempi suositeltu kuulamylyarvoluokka).

Kuulamylyarvon vaikutuksen tutkiminen 3 (8)



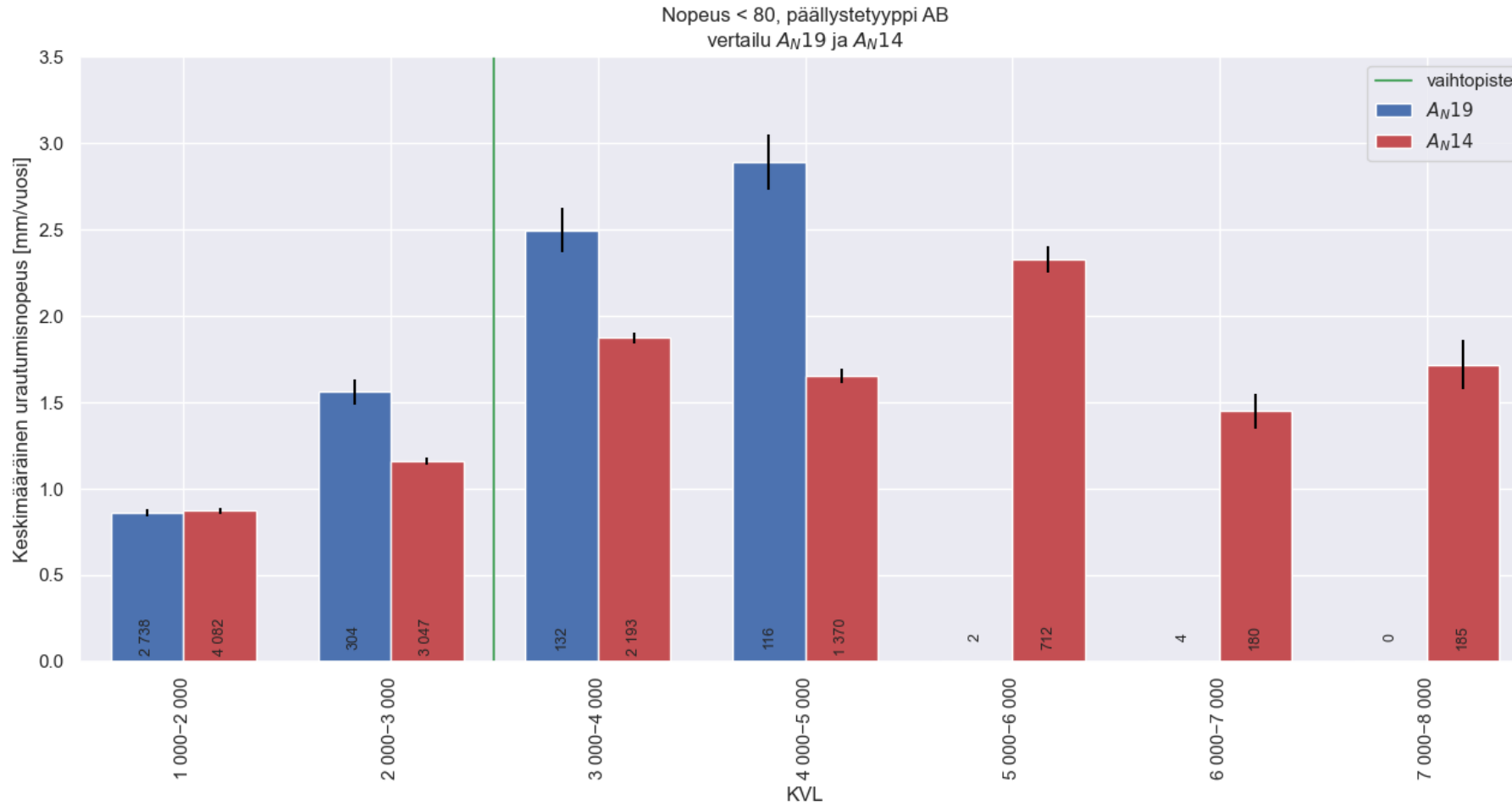
Palkkien alareunassa olevat luvut kertovat, kuinka moneen mittauspisteeseen keskiarvo perustuu. Palkkia ei piirretä, jos keskiarvo perustuu < 100 mittauspisteeseen. Mustat pystyviivat kuvaavat keskiarvojen 95 %:n luottamustason luottamuvälejä (autokorrelaatioita ei ole huomioitu). Vaihtopiste kertoo, millä KVL-arvolla kuulamylyarvoluokan suositeltu arvo vaihtuu Asfalttinormien 2017 mukaan (pienemmällä KVL:llä suurempi suositeltu kuulamylyarvoluokka).

Kuulamylyarvon vaikutuksen tutkiminen 4 (8)



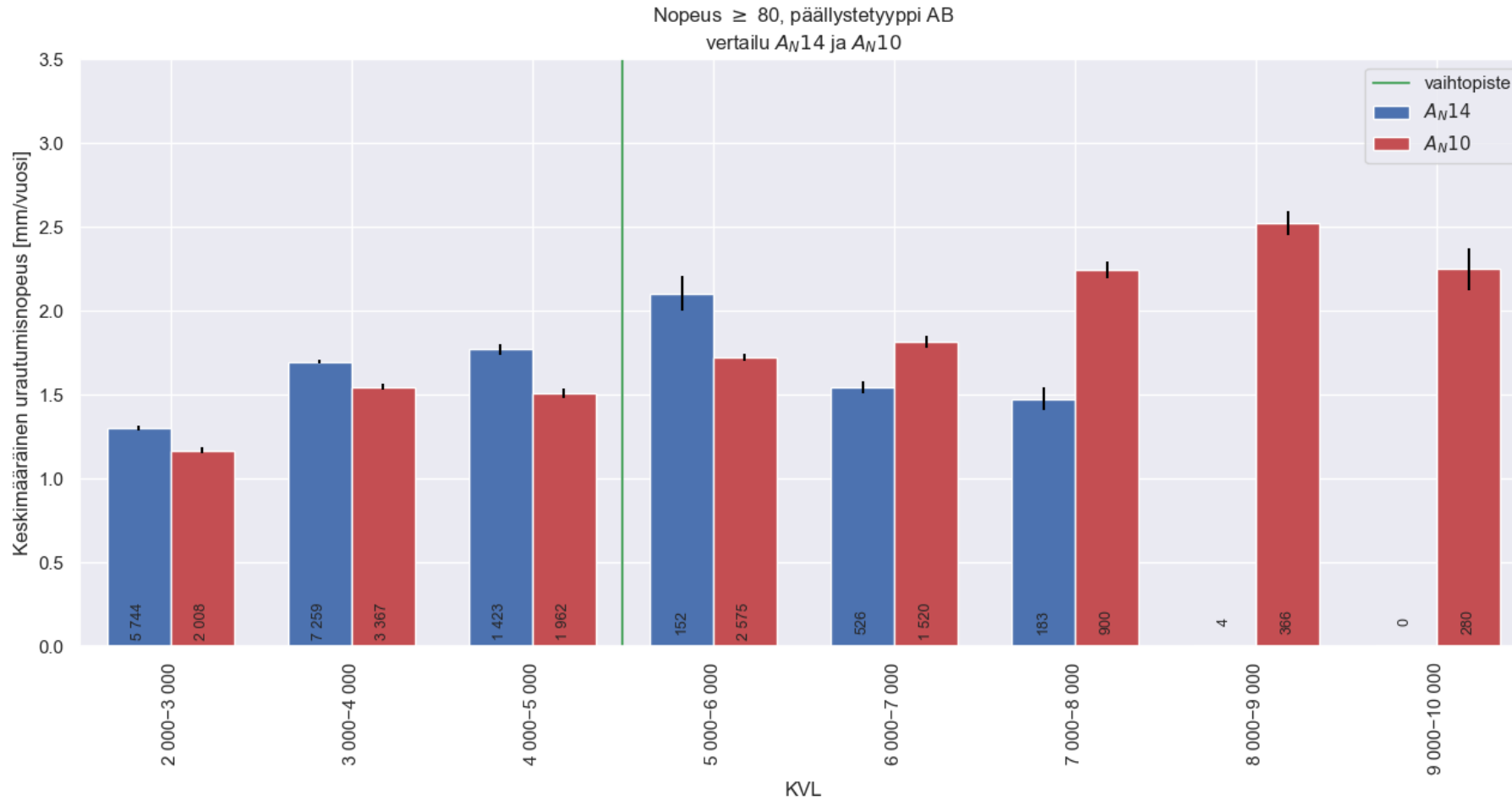
Palkkien alareunassa olevat luvut kertovat, kuinka moneen mittauspisteeseen keskiarvo perustuu. Palkkia ei piirretä, jos keskiarvo perustuu < 100 mittauspisteeseen. Mustat pystyviivat kuvaavat keskiarvojen 95 %:n luottamustason luottamuvälejä (autokorrelaatioita ei ole huomioitu). Vaihtopiste kertoo, millä KVL-arvolla kuulamylyarvoluokan suositeltu arvo vaihtuu Asfalttinormien 2017 mukaan (pienemmällä KVL:llä suurempi suositeltu kuulamylyarvoluokka).

Kuulamylyarvon vaikutuksen tutkiminen 5 (8)



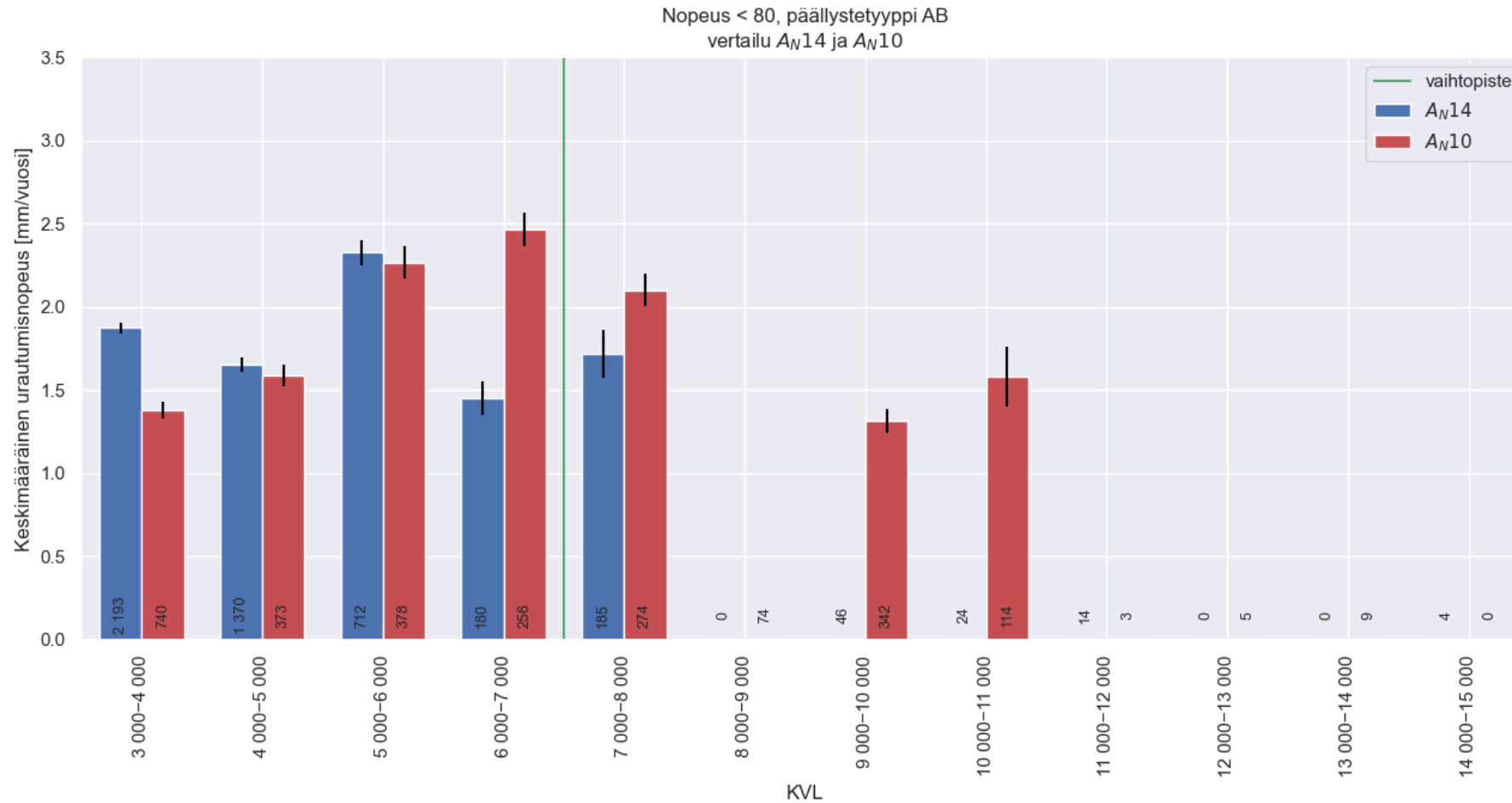
Palkkien alareunassa olevat luvut kertovat, kuinka moneen mittauspisteeseen keskiarvo perustuu. Palkkia ei piirretä, jos keskiarvo perustuu < 100 mittauspisteeseen. Mustat pystyviivat kuvaavat keskiarvojen 95 %:n luottamustason luottamuvälejä (autokorrelaatioita ei ole huomioitu). Vaihtopiste kertoo, millä KVL-arvolla kuulamylyarvoluokan suositeltu arvo vaihtuu Asfalttinormien 2017 mukaan (pienemmällä KVL:llä suurempi suositeltu kuulamylyarvoluokka).

Kuulamylyarvon vaikutuksen tutkiminen 6 (8)



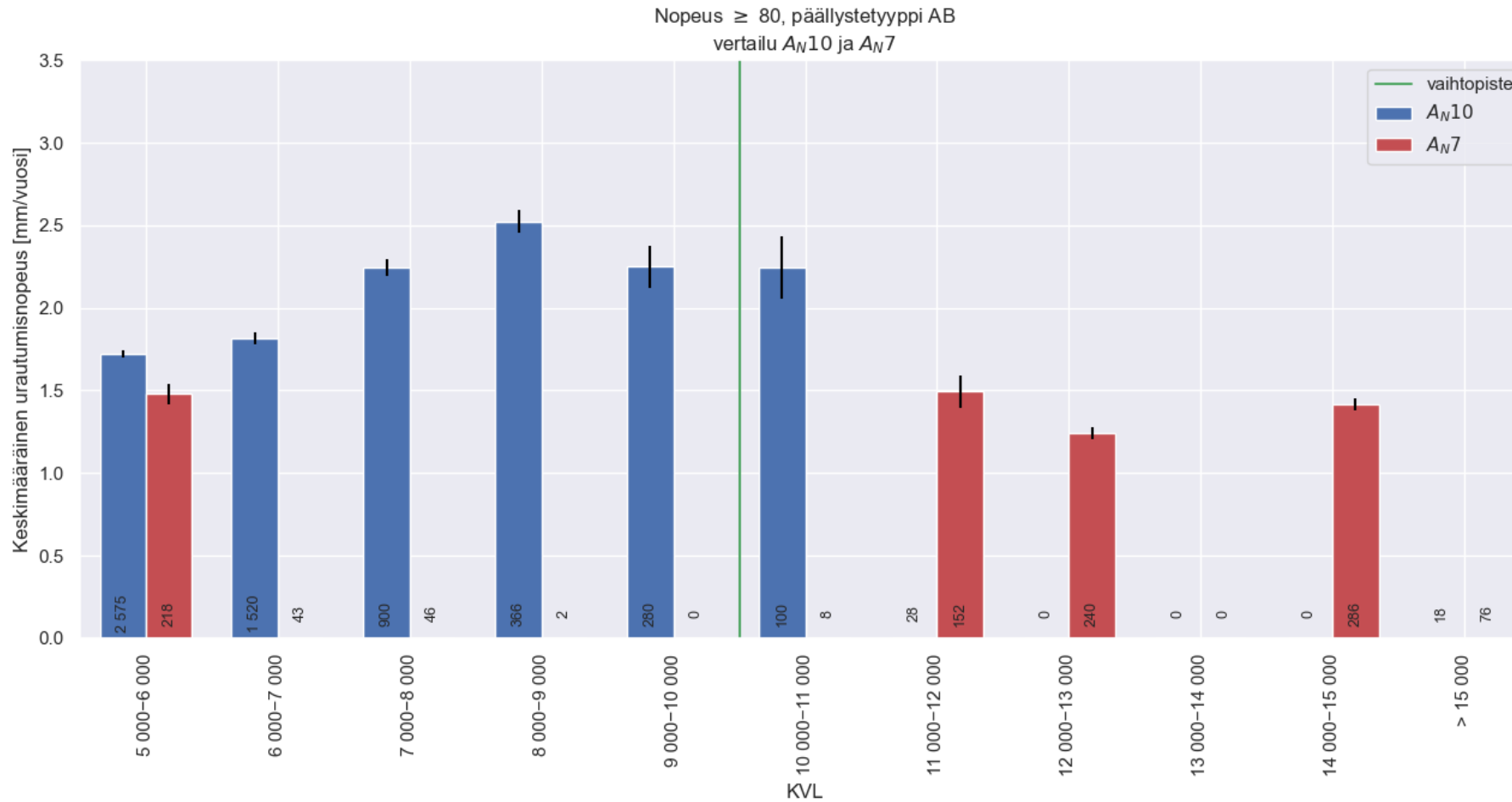
Palkkien alareunassa olevat luvut kertovat, kuinka moneen mittauspisteeseen keskiarvo perustuu. Palkkia ei piirretä, jos keskiarvo perustuu < 100 mittauspisteeseen. Mustat pystyviivat kuvaavat keskiarvojen 95 %:n luottamustason luottamuvälejä (autokorrelaatioita ei ole huomioitu). Vaihtopiste kertoo, millä KVL-arvolla kuulamylyarvoluokan suositeltu arvo vaihtuu Asfalttinormien 2017 mukaan (pienemmällä KVL:llä suurempi suositeltu kuulamylyarvoluokka).

Kuulamylyarvon vaikutuksen tutkiminen 7 (8)



Palkkien alareunassa olevat luvut kertovat, kuinka moneen mittauspisteeseen keskiarvo perustuu. Palkkia ei piirretä, jos keskiarvo perustuu < 100 mittauspisteeseen. Mustat pystyviivat kuvaavat keskiarvojen 95 %:n luottamustason luottamuvälejä (autokorrelaatioita ei ole huomioitu). Vaihtopiste kertoo, millä KVL-arvolla kuulamylyarvoluokan suositeltu arvo vaihtuu Asfalttinormien 2017 mukaan (pienemmällä KVL:llä suurempi suositeltu kuulamylyarvoluokka). **HUOM! Vaihtopiste on todellisuudessa KVL = 7 500, mutta selvyden vuoksi se on kuvassa piirretty arvolle 7 000.**

Kuulamylyarvon vaikutuksen tutkiminen 8 (8)



Palkkien alareunassa olevat luvut kertovat, kuinka moneen mittauspisteeseen keskiarvo perustuu. Palkkia ei piirretä, jos keskiarvo perustuu < 100 mittauspisteeseen. Mustat pystyviivat kuvaavat keskiarvojen 95 %:n luottamustason luottamuvälejä (autokorrelaatioita ei ole huomioitu). Vaihtopiste kertoo, millä KVL-arvolla kuulamylyarvoluokan suositeltu arvo vaihtuu Asfalttinormien 2017 mukaan (pienemmällä KVL:llä suurempi suositeltu kuulamylyarvoluokka).

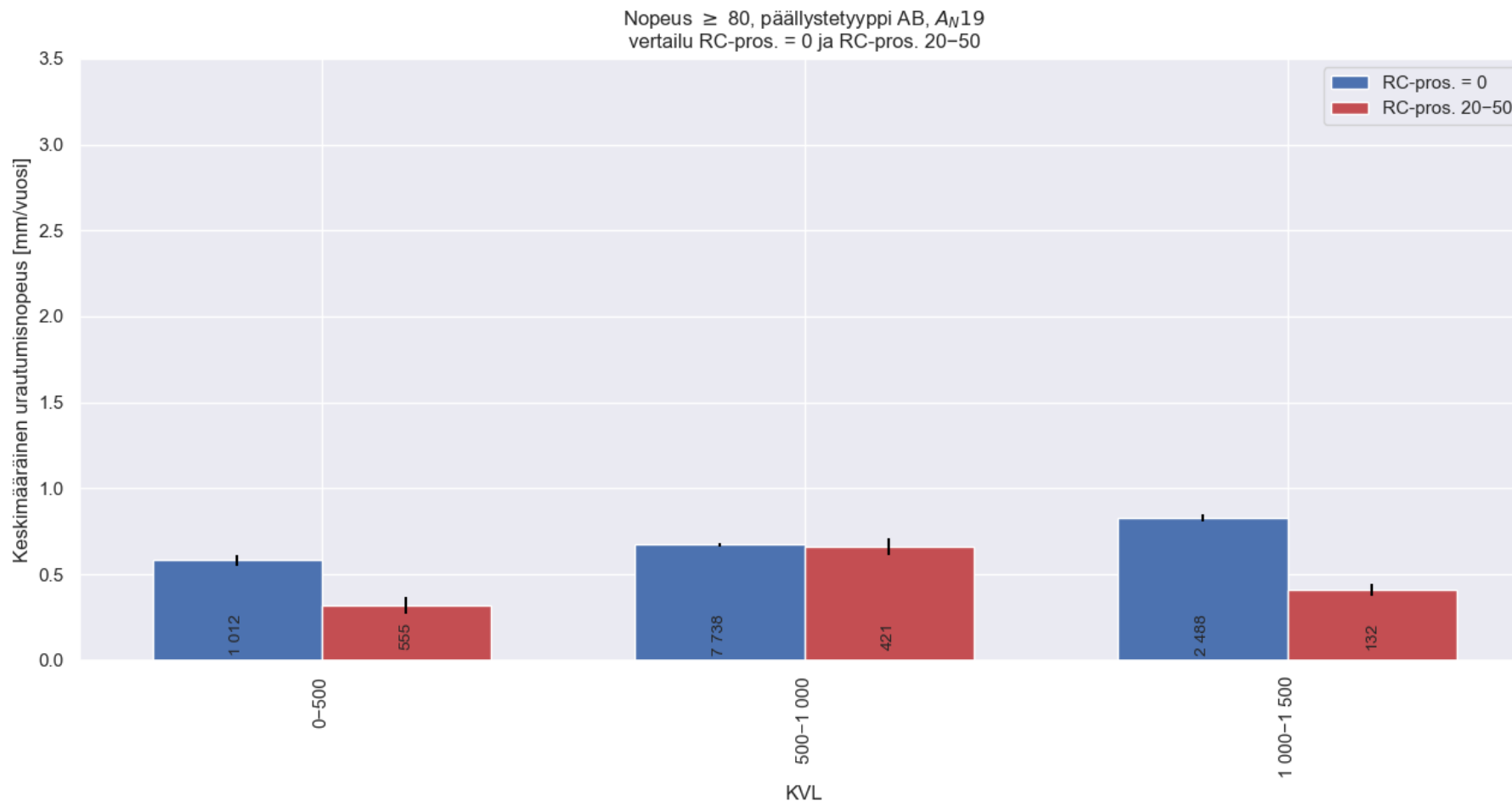
Kuulamylyarvon vaikutuksen tutkiminen: keskeiset havainnot

- Löytyi useita KVL-luokkia, joissa korkeamman kuulamylyarvoluokan päällysteet urautuivat odotusten mukaisesti nopeammin kuin matalamman kuulamylyarvon päällysteet (esim. A_N14-A_N10 , nopeus ≥ 80 km/h, päällystetyyppi AB, KVL 2 000–6 000).
- Vastakkaisia esimerkkejä löytyi kuitenkin myös (esim. A_N14-A_N10 , nopeus ≥ 80 km/h, päällystetyyppi AB, KVL 6 000–8 000).
- Monissa KVL-luokissa mittauspisteiden määrä oli varsin alhainen, vaikkakin ≥ 100 .
- On syytä ottaa huomioon, että kuulamylyarvoluokkarien urautumisnopeuksien keskiarvojen erotukseen vaikuttavat myös muut tekijät kuin kuulamylyarvoluokka, kuten:
 - erot KVL:ssä ja nopeusrajoituksissa
 - erot tien geometriassa sekä jarrutus- ja kiihdytysprofiileissa
 - erot nastarengaskulutukseen vaikuttavissa muissa tekijöissä kuin kuulamylyarvo (esim. päällysteen tyhjätila)
 - erot muissa urautumista aiheuttavissa prosesseissa kuin nastarengaskulutus (esim. deformaatio).

RC-prosentin vaikutuksen tutkiminen 1 (5)

- RC-prosentin vaikutuksen tutkimiseen käytettiin dataa, jossa RC-prosentti sai vapaasti eri arvoja.
- Data pilkottiin kahteen luokkaan: (1) RC-prosentti = 0 sekä (2) RC-prosentti on välillä 20–50.
- Molemmissa luokissa tarkasteltiin ainoastaan AB-päällysteitä ja nopeusrajoituksia ≥ 80 km/h.
- Data eroteltiin luokkiin kuulamylyarvoluokan mukaan, jolloin sen vaihtelu ei häiritse RC-prosentin vaikutuksen tutkimista.
- Eroteltu data pilkottiin KVL-luokkiin, joiden leveys oli 500 ajon./vrk.
- Kullekin KVL-luokalle määritettiin keskimääräinen urautumisnopeus kahdessa RC-prosenttiluokassa.
- Tulokset koottiin vertailukuvaajiin (ks. seuraavat sivut), jotka rajattiin niihin KVL-luokkiin, joissa molemmissa RC-prosenttiluokassa oli riittävästi mittauspisteitä.

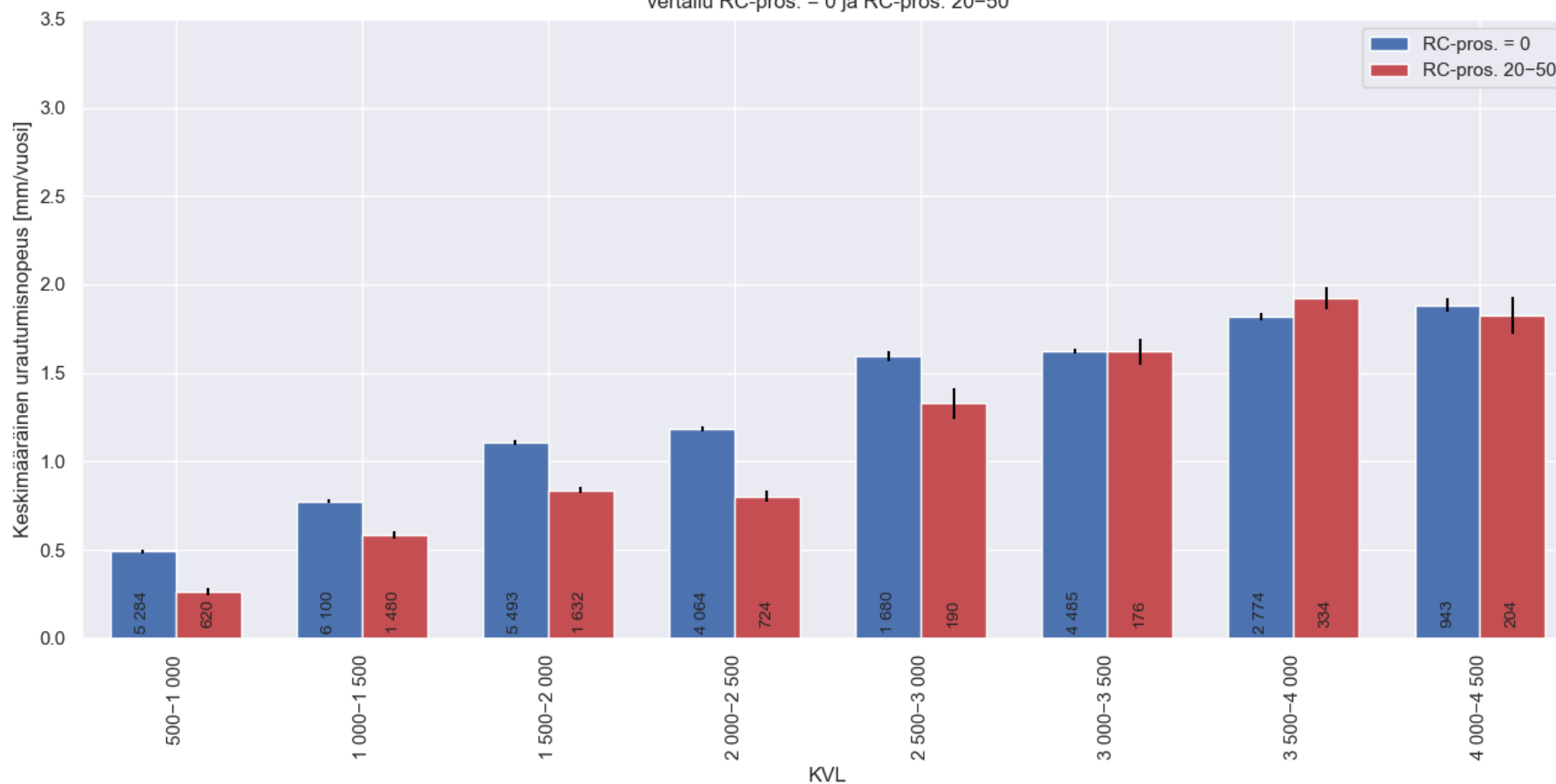
RC-prosentin vaikutuksen tutkiminen 2 (5)



Palkkien alareunassa olevat luvut kertovat, kuinka moneen mittauspisteeseen keskiarvo perustuu. Palkkia ei piirretä, jos keskiarvo perustuu < 100 mittauspisteeseen. Mustat pystyviivat kuvaavat keskiarvojen 95 %:n luottamustason luottamusvälejä (autokorrelaatioita ei ole huomioitu).

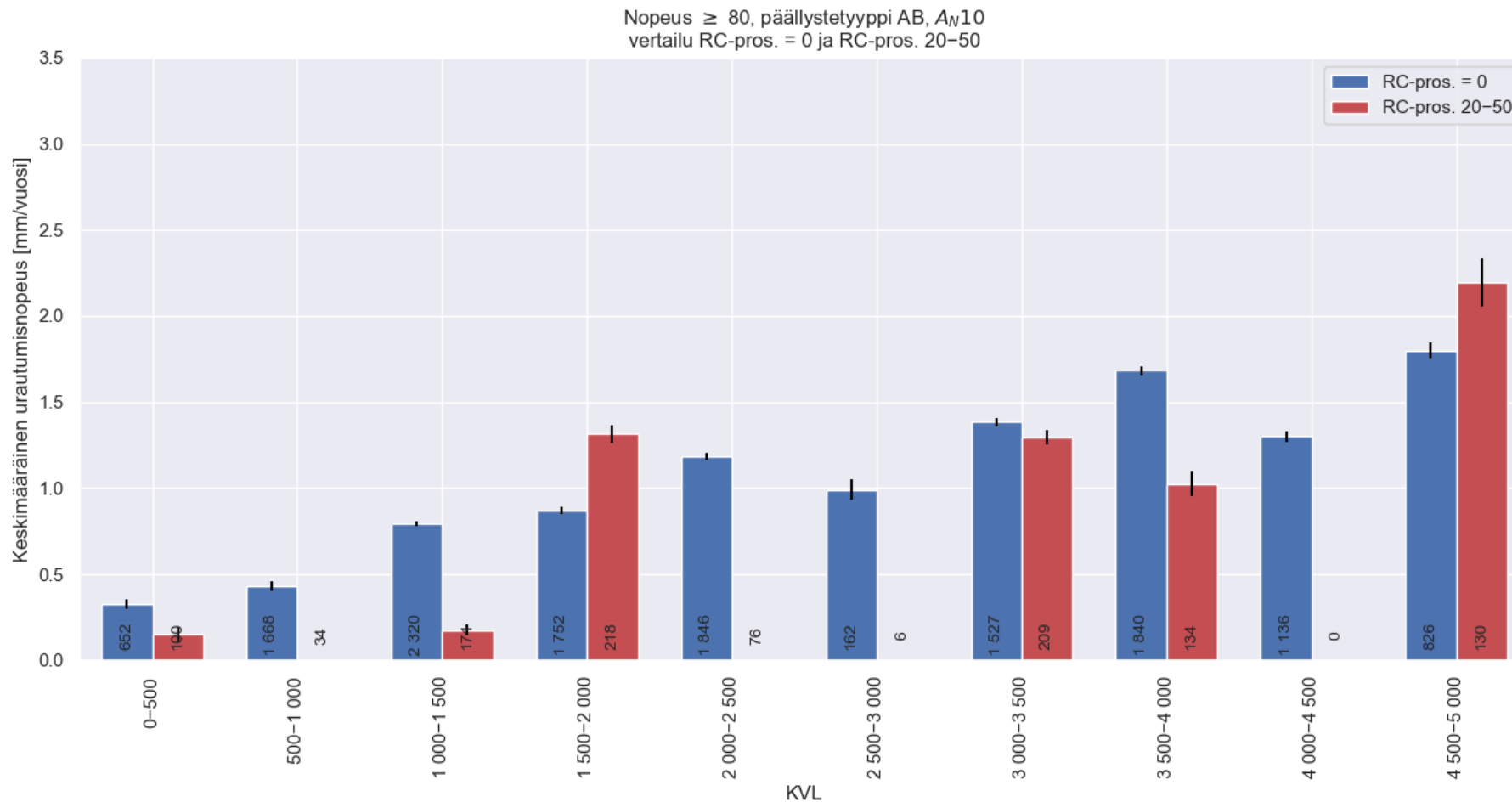
RC-prosentin vaikutuksen tutkiminen 3 (5)

Nopeus \geq 80, päällystetyyppi AB, A_N14
vertailu RC-pros. = 0 ja RC-pros. 20-50



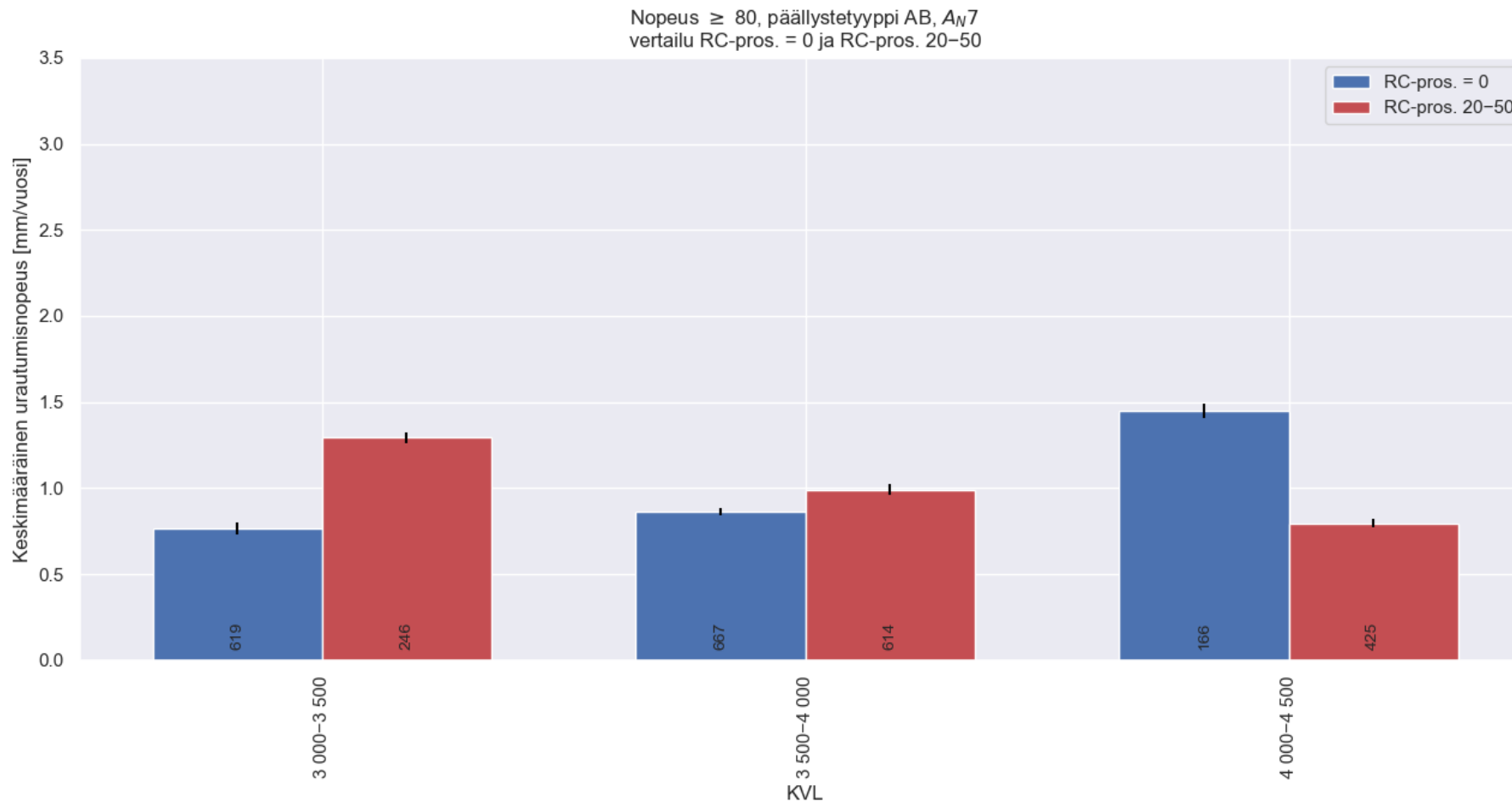
Palkkien alareunassa olevat luvut kertovat, kuinka moneen mittauspisteeseen keskiarvo perustuu. Palkkia ei piirretä, jos keskiarvo perustuu < 100 mittauspisteeseen. Mustat pystyviivat kuvaavat keskiarvojen 95 %:n luottamustason luottamusvälejä (autokorrelaatioita ei ole huomioitu).

RC-prosentin vaikutuksen tutkiminen 4 (5)



Palkkien alareunassa olevat luvut kertovat, kuinka moneen mittauspisteeseen keskiarvo perustuu. Palkkia ei piirretä, jos keskiarvo perustuu < 100 mittauspisteeseen. Mustat pystyviivat kuvaavat keskiarvojen 95 %:n luottamustason luottamusvälejä (autokorrelaatioita ei ole huomioitu).

RC-prosentin vaikutuksen tutkiminen 5 (5)



Palkkien alareunassa olevat luvut kertovat, kuinka moneen mittauspisteeseen keskiarvo perustuu. Palkkia ei piirretä, jos keskiarvo perustuu < 100 mittauspisteeseen. Mustat pystyviivat kuvaavat keskiarvojen 95 %:n luottamustason luottamusvälejä (autokorrelaatioita ei ole huomioitu).

RC-prosentin vaikutuksen tutkiminen: keskeiset havainnot

- Tuloksista löytyi KVL-luokkia, joissa RC-prosentin 20–50 päällysteet urautuivat nopeammin kuin RC-prosentin 0 päällysteet (esim. A_N7 KVL 3 000–4 000), mutta myös vastakkaisia esimerkkejä löytyi runsaasti (esim. A_N14 KVL 500–3 000).
 - On mahdollista, että asfalttirouheen käyttö tekee päällysteestä tiiviimpää, mikä hidastaa urautumista.
 - Lisäksi on mahdollista asfalttirouheessa käytetyn kiviaineksen kuulamylyarvoluokka on matalampi, mikä myös hidastaisi asfalttirouhetta sisältävän päällysteen urautumista. Asfalttirouheen kuulamylyarvoluokka ei ollut tässä työssä tiedossa.
- On syytä ottaa huomioon, että RC-prosenttiluokkien urautumisnopeuksien keskiarvojen erotukseen vaikuttavat myös muut tekijät kuin RC-prosentti, kuten:
 - erot KVL:ssä ja nopeusrajoituksissa
 - erot tien geometriassa sekä jarrutus- ja kiihdytysprofiileissa
 - erot deformaation määrässä, päällysteen tyhjätilassa, sideaineessa.



Väylävirasto
Trafikledsverket

Verkkójulkaisu pdf (www.vayla.fi)

ISSN 2490-0745

ISBN 978-952-405-067-8