

Ärendenummer  
2017:11

Dokumentdatum  
2017-10-08

Ert ärendenummer  
[Motpartens ärendeID]

Sidor  
**1(50)**

Sampersgruppen

# Path-based och SOLA traffic assignment i Emme 4.2.

Ska vi byta eller måste vi?

Vad är "Good enough" i nätutläggningen?

Kan en pingvin flyga?

## Konvention till dokumentet

Målgruppen till PM:et är användare av Trafikverkets transportmodellverktyg Sampers i samverkan med INRO's transportplaneringsapplikation Emme. Det förutsätts att läsaren har en mera ingående kunskap om trafiknätutläggningen.

PM:et består i bilagan av ett stort antal grafer och bilder, som enligt min mening är självförklarande. Ändå har jag satt in extra benämningar och förtydliganden men låter annars graferna visa på resultat. Graferna visar trender snarare än siffror i sig. I sammanhanget med utvärderingen är det viktigare att se de olika testscenarierna mot varandra och deras konjugerande mot målet än att se på de detaljerade siffrorna i varje beräkning och varje steg för sig. Här handlar det sig inte om någon specifik objektkostnadsnyttoanalys utan enbart om en jämförelse mellan olika nätutläggningsmetoder och stoppkriterier och lämpligheten till en mera robust och tids effektivare arbete i prognosframtagandet. Därför ska värden i PM:et inte ses som absolut utan relativ mot varandra.

Ibland används av inte svenska begrepp i texten då Emme använder sig av engelska och franska, men vi föredra engelska här. Att översätta alla engelska begrepp till motsvarande svenska ord skulle vara mera irriterande än behjälpligt då i alla applikationssamhang det engelska begreppet används.

Till exempel:

Traffic assignment – nätutläggning

Relative gap (rel gap) – relativa gapet – skillnaden till den senast uppnådde och den ideala jämvikten av alla möjliga resor i det definierade nätet.

Equilibrium - jämvikt

Jag kommer inte att förklara de olika metoder och matematiska modellerna som ligger bakom alla beräkningar här i PM:et utan hänvisar främst till Emme-dokumentationen eller till öppna källor på nätet.

I PM:et går jag inte heller in på konsekvenser till den normalt efterföljande Samkalkalysen, det var inte subjektet av detta arbete.

## Innehåll

|   |    |
|---|----|
| Konvention till dokumentet .....  | 2  |
| Path-based och SOLA traffic assignment i Emme 4.2. ....                                     | 4  |
| Vad behövs för att en nättutläggning ska vara tillräcklig bra? .....                        | 4  |
| Jag gör det kort .....  | 4  |
| Inledning.....  | 5  |
| Nätutläggning .....   | 5  |
| Problemställningen .....  | 5  |
| Målsättningen .....   | 6  |
| Testuppbyggnad .....  | 7  |
| Testmiljö .....   | 7  |
| Projekt och Scenario.....   | 7  |
| Makro .....   | 10 |
| Generell .....  | 10 |
| Avrundning .....  | 10 |
| Nätutläggning .....   | 12 |
| Stoppkriterier.....   | 12 |
| Genomförande .....  | 14 |
| Utvärdering.....  | 15 |
| Generell .....  | 15 |
| Jämförelse mellan de olika scenarier .....  | 17 |
| Slutsats.....   | 19 |
| Rekommendation .....  | 21 |
| Benchmark .....   | 22 |
| Bildförteckningen.....  | 23 |
| Bilaga till de som är intresserade i de enskilda resultaten.....                            | 26 |
| 7x21: PBA, relative gap $10^{-4}$ med rundning till 0,1 av efterfråge-matriser .....        | 26 |
| 2x21: SOLA relative gap $10^{-4}$ med rundning till 0,1 av efterfråge-matriser.....         | 29 |
| 3x21: SOLA relative gap $10^{-5}$ utan rundning av efterfråge-matriser .....                | 32 |
| 4x21: PBA, relative gap $10^{-4}$ utan avrundning av efterfråge-matriser .....              | 35 |
| 5x21: PBA, relative gap $10^{-5}$ utan rundning av efterfråge-matriser .....                | 38 |
| 6x21: PBA, relative gap $10^{-5}$ med rundning till 0,1 av efterfråge-matriser .....        | 41 |
| 8x21: PBA, relative gap $10^{-5}$ med rundning till 0,1, cost eq. tolerance $10^{-4}$ ..... | 44 |
| 9x21: PBA, relative gap $10^{-5}$ utan rundning, cost eq. tolerance $10^{-4}$ .....         | 47 |
| Den siste frågan .....  | 50 |

## Path-based och SOLA traffic assignment i Emme 4.2.

### Vad behövs för att en nättutläggning ska vara tillräcklig bra?

I samband med INROs uppdatering av EMME 4.0 till 4.1 presenterades en ny metod till nättutläggningen, SOLA trafik assignment.

SOLA står för Second Order Linear Approximation och är en variant till Standard traffic assignment som används inom Sampers tills 2009.

Jämfört med dagens nättutläggning i Sampers Path-based traffic assignment (PBA) ska SOLA ha ett mera stabilt ruttval och samtidigt vara mycket snabbare i beräkningen.

I föreliggande PM studeras hur det förhåller sig mellan SOLA och PBA i Samm-område (Region Stockholm i Sampers) med fokus på exekveringstid och ruttvalsstabilitet.

I detta sammanhang gjordes funderingar till följande frågor

- Är rundningen av efterfrågematriser nödvändig?
- Vad betyder "No flow change on any OD-pair" till efterföljande analyser?
- SOLA eller PBA eller SOLA och PBA?
- Hur nära ska vi beräkna jämvikten, vad är "good enough".
- Kan vi ändringar i trafikflödet i områden som inte berörs ignorera?

### Jag gör det kort

Rundningen sparar framförallt beräkningstid och minnesplats på disk. Men bidrar inte till ett bättre resultat. Det gäller bara PBA, då SOLA inte avrundar om man inte själva föredra att göra så.

Vi vet inte med vilka förutsättningar vi fortsätter att arbeta vidare när vi använder nättutläggningen som avslutades med "No flow change ...", det är att jämföra med katten i säcken eller en dimmig kristallkula.

Såväl SOLA som PBA har sina för och nackdelar. Den störste nackdel som SOLA hade försvann med Emme-version 4.3.3 då SOLA nu kan göra lika många path-based-analyser som PBA. Tidigare versioner har bara tillåtit 2 analyser per nättutläggning. Däremot är det fortfarande bara PBA som sparar path-filer till senare användning/återanvändning.

"Good enough" är svaret till en relativ fråga och kan därmed besvaras med "det kommer an" vad du vill göra med resultatet. Den ökade tids- och resursåtgång som resultat av en tätare beräkning av relative gap och en minskning av kostnadstoleransen är inte alltid motiverad i jämförelse med dagens metodik. Det gäller såväl SOLA som PBA. Det skulle åt andra sidan vara framförallt "Good" och inte bara "Enough" Om hårdvaran tillåter ska alltid än tätare relativ gap väljas fram för en "Mind the Gap".

Kast i trafikflöde i område som inte tillhör själva utredningsområde kan ha stora effekter i efterföljande CBA. Vid en tillräcklig jämvikt ( $<10^{-5}$ ) däremot kan de ignoreras.

# Inledning

## Nätutläggning

En kort förklaring

Prognosen om trafikflödet på länkar utgår från en given efterfrågan som matas in i modellen genom precis definierade efterfrågematriser. Nätutläggningsverktyget Emme beräkna trafikflöden på alla länkar i nätverket givet den eller de efterfrågematriser som används.

Nätutläggningen fördelar samtliga resor mellan en given startpunkt "Origin" och en given målpunkt "Destination", ett OD-par, via tillgängliga noder och länkar tills ingen insparning av såväl restid eller reskostnad med ett alternativ ruttval uppnås. I nätutläggningen beaktas såväl vägens karakteristika som trängsel på nätet och eventuella avgifter, såväl som längd och hastighet som länken tillåter.

Mellan varje beräkningssteg i nätutläggningen (iteration) försöker Emme hitta en bättre lösning än den senast beräknade. Om ingen bättre lösning uppnås har en jämvikt (equilibrium) erhållits.

Med stöd av olika beräkningsmetoder som Path-based-traffic-assignment (projected-gradient metod) eller Standard-traffic-assignment resp. SOLA-traffic-assignment (linear-approximation metod) och förutsättningar (stoppkriterium, kostnadskänslighet) kan resultatet efter behov förfinas och på olika sätt utvärderas eller återanvändas.

## Problemställningen

Vid en översyn av de makro som används av Sampers för att styra Emme, samt i samband med övergången till Python-script visade det sig i rapportfiler till Sampersriggningen "BAS-prognos 2040" att en del av nättutläggningen avslutades på ett mindre lämplig sätt. Istället för det primära stoppkriteriet "relative gap" avslutades beräkningar med sekundära stoppkriterier såsom "best relative gap", "max iteration number" och "no flow change on any OD-pair".

|           | JA   | JA tid   | ass tid | ass.tid  | stopp          | relative gap | iterationer |
|-----------|------|----------|---------|----------|----------------|--------------|-------------|
| Samm      | R136 | 05:27:14 |         |          |                |              |             |
| kallstart | M833 | 01:25:38 | 5114,27 | 01:25:15 | iteration      | 0,00049026   | 20          |
| kallstart | M839 | 00:45:52 | 2734,73 | 00:45:35 | rel gap        | 0,00007557   | 10          |
| kallstart | M844 | 01:28:50 | 5314,18 | 01:28:35 | iteration      | 0,00034864   | 20          |
| kallstart | M850 | 00:19:06 | 1128,94 | 00:18:49 | no flow change |              | 4           |
|           | M855 | 0:35:26  | 1161,78 | 00:19:22 | best rel gap   | 0,00008531   | 20          |
|           |      |          | 822,15  | 00:13:43 | best rel gap   | 0,00006648   | 25          |

Figur 1: Översikt av resultat i Samm- Samkalkberäkningen tillhörande BAS2040 JA

Figur 1 visar utfallet till JA-nätutläggningen i Samkalk-beräkningen till Samm-regionen. I kolumn "stopp" visas hur beräkningen avslutades. Den kolumnen längst till höger visar antalet iterationer och kolumnen vänster därifrån den då uppnådde värdet till "relative gap". Det önskade relative gapet (stoppkriterium: relative gap) var  $10^{-4}$ . Beakta att tredje kolumn "JA tid" syftar på exekveringstiden till hela makrot, däremot visar 4:e och 5:e kolumn (ass tid) bara tiden nätutläggningen inom makrot trängde.

Vidare var det påfallande att nätutläggningar behövde endast några få iterationer. Standardinställningen beräknar gapet (skillnaden mellan det sist uppnådde närmandet till och nätets jämvikt) endast vart femte iteration (för att spara exekveringstid). Då en del beräkningar avslutades efter 4 iterationer resulterade det i att det inte beräknades något gap. Det är i och för sig inget större problem då det ändå sker en nätutläggning. Dock medför det att vi inte kunnat observera i vilken grad nätutläggningen kom till en jämvikt.

I diskussioner med INRO samt dokumentation på deras hemsida och andra källor på nätet krävs några hundra iterationer för att komma till ett relativt gap om  $10^{-4}$  eller mindre (tolkas som mer eller mindre försumbart) i ett komplext nät. Då uppstår automatisk frågan varför är vårt nät (prognosmodell) så enkelt att beräkna och uppnå vi en tillfredsställande jämvikt?

Detta förde till frågan om stabiliteten i ruttvalet med beräkningsmetoden PBA och om ruttvalet blir stabilare (eller bättre) med SOLA samt om det finns behov av anpassningar i våra standardinställningar till nätutläggningen.

Med ett test av några makro kom samtliga beräkningar, från figur 1, till det inställda kriteriet om relativt gap.

|        | UA    | UA tid   | ass tid | ass tid  | stopp   | relative gap | iterationer |
|--------|-------|----------|---------|----------|---------|--------------|-------------|
|        | R141  |          |         |          |         |              |             |
| sola   | M1022 | 00:18:33 | 3056,60 | 00:50:57 | rel gap | 0,0000879    | 58          |
| sola   | M1027 | 00:12:00 | 696,00  | 00:11:36 | rel gap | 0,0000376    | 12          |
| sola   | M1032 | 00:14:04 | 822,50  | 00:13:43 | rel gap | 0,0000853    | 15          |
| sola   | M1037 | 00:04:39 | 251,40  | 00:04:12 | rel gap | 0,000017     | 4           |
| 2x PBA | M1042 | 00:25:00 | 850,68  | 00:14:11 | rel gap | 0,0000898    | 19          |
|        |       |          | 543,71  | 00:09:04 | rel gap | 0,00008229   | 23          |

Figur 2: Samma information som i figur 1, nu för UA och med hjälp av SOLA

I figur 2 visas resultatet från en ny beräkning med samma ingångsdata (UA = JA) som i testet som visas i figur 1. Istället från PBA används SOLA, utom siste (gul) nätutläggningen. Resultatet blev genomgående bättre. Det gäller för jämvikten såväl som för exekveringstiden. En annan ändring i utförandet är att stoppkriterium "best relative gap" och "normalised gap" sätts till 0 (noll) och tvingade beräkningen att räkna tills "relative gap" kriteriet uppnåddes. Maximalt antal iterationer sattes till 100.

Att M1042 (lastbilarna nätutläggning) inte använder SOLA hänger ihop med att makron behöver mer path-based-analyser än SOLA tillät i den där aktuella versionen av Emme.

## Målsättningen

Uppgiften var att testa olika inställningar och metoder, samt jämföra resultaten av PBA och SOLA med fokusområdet på exekveringstid och stabilitet i ruttvalet.

## Testuppbyggnad

Test har genomförts med hjälp av en så kallad iterativ-sekventiell metod, dvs. förbättringar som framkommer i testsekvensen tas över i fortsatt arbete. Felaktiga antagande/slutsatser förkastas. Som ett resultat av metoden kan tester genomgå flera varv/ ansatser för att uppnå ett tillfredställande svar.

Tillfredsställande svar handlar inte om önskade svar

## Testmiljö

4-kärnig Intel Core i7 processor 2,8 GHz, 16 GB RAM

Sampers version 3.4.0.1-3

Emme version 4.2.9 och 4.3.3

Trafikverkets BAS-prognos 2040

Sampersriggning Person2040\_160401\_v06

Emmebank -RB/Samm/Bil-

Som testregion används ett område inom Stockholm med hög trafikvolym, Essingeleden.

UA simulerades genom att klippa bort en (1) dubbelriktad länk på Essingeleden.

## Projekt och Scenario

Alla scenarier återfinns i ett gemensamt projekt Bil.emp

16 scenarier, 8 JA-scenarier (x021) med 8 motsvarande UA-scenarier (x121)

JA scenarier är en kopia av originalscenario 21 "Förmiddag amd 2040"

Samtliga JA resp. UA scenarier är lika från början.

2x21: SOLA relative gap  $10^{-4}$  med rundning till 0,1 av efterfråge-matriser

3x21: SOLA relative gap  $10^{-5}$  utan rundning av efterfråge-matriser

4x21: PBA, relative gap  $10^{-4}$  utan rundning av efterfråge-matriser

5x21: PBA, relative gap  $10^{-5}$  utan rundning av efterfråge-matriser

6x21: PBA, relative gap  $10^{-5}$  med rundning till 0,1 av efterfråge-matriser

7x21: PBA, relative gap  $10^{-4}$  med rundning till 0,1 av efterfråge-matriser

8x21: PBA, relative gap  $10^{-5}$  med rundning till 0,1, cost eq. tolerance  $10^{-4}$

9x21: PBA, relative gap  $10^{-5}$  utan rundning, cost eq. tolerance  $10^{-4}$

Scenario 7x21 motsvarar originalinställningar från riggningen BAS2040 och kommer att vara det scenario som de alternativa scenarierna huvudsakligen jämföras med.

- Scen. 2021(--- A-): Förmiddag amd 2040 JA SOLA 0\_0001\_rundad
- Scen. 2121(--- A-): Förmiddag amd 2040 UA SOLA 0\_0001\_rundad
- Scen. 3021(--- A-): Förmiddag amd 2040 JA SOLA 0\_00001
- Scen. 3121(--- A-): Förmiddag amd 2040 UA SOLA 0\_00001
- Scen. 4021(--- A-): Förmiddag amd 2040 JA Path 0\_0001
- Scen. 4121(--- A-): Förmiddag amd 2040 UA Path 0\_0001
- Scen. 5021(--- A-): Förmiddag amd 2040 JA Path 0\_00001
- Scen. 5121(--- A-): Förmiddag amd 2040 UA Path 0\_00001
- Scen. 6021(--- A-): Förmiddag amd 2040 JA Path 0\_00001 rundad
- Scen. 6121(--- A-): Förmiddag amd 2040 UA Path 0\_00001\_rundad
- Scen. 7021(--- A-): Förmiddag amd 2040 JA Path 0\_0001\_rundad
- Scen. 7121(--- A-): Förmiddag amd 2040 UA Path 0\_0001\_rundad
- Scen. 8021(--- A-): Förmiddag amd 2040 JA Path 0\_00001 rundad tol-4
- Scen. 8121(--- A-): Förmiddag amd 2040 UA Path 0\_00001 rundad tol-4
- Scen. 9021(--- A-): Förmiddag amd 2040 JA Path 0\_00001 tol -4
- Scen. 9121(--- A-): Förmiddag amd 2040 UA Path 0\_00001 tol -4

Figur 3: Scenarioöversikt i Emme

JA-scenariot skapades genom kopiering av scenario 21 "Förmiddag amd 2040"

UA-scenariot skapades genom kopiering av detta JA scenario.

Ändringen i nätet genomfördes genom borttagning av en dubbelriktad länk med hjälp av Emme Network-Editor, sedan kopierades samtliga JA och UA varianter från dessa två "ur"-scenarier.

Skillnad mellan JA och UA:

Avstängning av E4 Essingeleden mellan Store Essinge och Gröndal.

Vägen är en viktig huvud- och genomfartsled såväl regionalt som mellanregionalt.

"Förbifarten Stockholm" är i drift och förväntats ta den största delen av flödesförändringen, ingår dock i JA såväl som UA och genererar själva ingen skillnad mellan JA och UA.

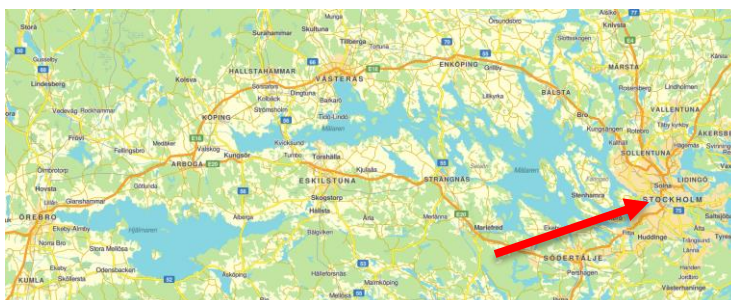




Figur 4: länköversikt i berört område (pilen visar bortklippta länken)



Figur 5: luftbild av berört område (pilen visar bortklippta länken)



Figur 6: kartbild på indirekt berört område (pilen visar bortklippta länken)

## Makro

### Generell

Standardmakro CarAssign\_n10\_v07.mac anpassades till testet och benämndes CarAssign\_n10\_v08\_SOLA/Path\_RB\_[variant]\_[scenario].mac.

För att kunna rekonstruera de olika teststegen skapades ett eget makro till varje scenariouppsättning:

CarAssign\_n10\_v08\_SOLA\_RB\_10e-4\_rund\_2x21.mac

CarAssign\_n10\_v08\_SOLA\_RB\_10e-5\_3x21.mac

CarAssign\_n10\_v08\_path\_RB\_10e-4\_4x21.mac

CarAssign\_n10\_v08\_path\_RB\_10e-5\_5x21.mac

CarAssign\_n10\_v08\_path\_RB\_10e-5\_rund\_6x21.mac

CarAssign\_n10\_v08\_path\_RB\_10e-4\_rund\_7x21.mac

CarAssign\_n10\_v08\_path\_RB\_10e-5\_rund\_tol10e-4\_8x21.mac

CarAssign\_n10\_v08\_path\_RB\_10e-5\_tol10e-4\_9x21.mac

- avrundning: Avrundning av efterfrågematriser (i originalet är rundning satt till 0,1)
- utan avrundning: Avrundningsvärdet är satt till 0,0001, som är det minsta värdet i matriser och därmed ett de facto "utan avrundning"
- tol10<sup>-4</sup>: Path cost equality tolerance satt från 0,001 till 0,0001

### Avrundning

Utom själva utläggningsmetoden testades också avrundningens inflytande på exekveringstid och resursförbrukningen.

I Emme-manualen står det:

*This assignment method (anm. PBA) operates on an O-D pair basis, skipping the O-D pairs with no demand (and those corresponding to intrazonals). As a consequence, the higher the number of O-D pairs with non-zero demand, the larger the execution time of the assignment and the memory it requires, as well as the resulting path files. For matrices with a large number of O-D pairs that have a very small demand, it is thus recommended to reduce this number prior to the assignment. Assigning the rounded demand instead of the original one does not affect too much the assignment results.*

Emme-prompt-manual s.4-359

*Reducing the number of O-D pairs with very small demand. This reduces both the amount of memory required for paths and the assignment execution time, and the changes in the assigned flows are minimal.*

Emme-prompt-manual s.4-367

```

~/ avrunda n bilmatriser
~x=1
~y=#5%
~$NEXT_MATRIX
5.25 /avrunda
1 /controlled rounding for small demand
mf%y% /demand to be rounded
~?q=3
~$NULL_DEMAND_NO_ROUNDING
0.1 /minimum demand per O_D pair (def = 0.0001)
1 /only values smaller than the minimum demand are rounded
mf%y% /matrix to hold rounded demand (new demand)
n /keep header
2 /list dev printer
~$NULL_DEMAND_NO_ROUNDING
q
~x+1
~y+1
~?!x>%3%
~$NEXT_MATRIX
169 ~/ avrunda n bilmatriser
170 ~x=1
171 ~y=#5%
172 ~$NEXT_MATRIX
173 5.25 /avrunda
174 1 /controlled rounding for small demand
175 mf%y% /demand to be rounded
176 ~?q=3
177 ~$NULL_DEMAND_NO_ROUNDING
178 0.0001 /minimum demand per O_D pair (def = 0.0001)
179 1 /only values smaller than the minimum demand are rounded
180 mf%y% /matrix to hold rounded demand (new demand)
181 n /keep header
182 2 /list dev printer
183 ~$NULL_DEMAND_NO_ROUNDING
184 q
185 ~x+1
186 ~y+1
187 ~?!x>%3%
188 ~$NEXT_MATRIX

```

Figur 7: Del i makro som visar hantering om avrundning -med avrundning till vänster, utan avrundning till höger

I realiteten ser en avrundning ut så här

före avrundning:

| Interval             | O-D pairs          | Vehicles            |
|----------------------|--------------------|---------------------|
| > 0                  | 9093796            | 51719.12            |
| >=1                  | 3592 ( 0.04 %)     | 11630.07 ( 22.49 %) |
| >= 0.1 and <1        | 70939 ( 0.78 %)    | 16776.90 ( 32.44 %) |
| >= 0.01 and <0.1     | 564575 ( 6.21 %)   | 16373.01 ( 31.66 %) |
| >= 0.001 and <0.01   | 1696127 ( 18.65 %) | 5702.63 ( 11.03 %)  |
| >= 0.0001 and <0.001 | 3041207 ( 33.44 %) | 1126.49 ( 2.18 %)   |
| > 0 and <0.0001      | 3717356 ( 40.88 %) | 110.01 ( 0.21 %)    |

efter avrundning:

| Interval             | O-D pairs         | Vehicles            |
|----------------------|-------------------|---------------------|
| > 0                  | 307671            | 51720.98            |
| >=1                  | 3592 ( 1.17 %)    | 11630.07 ( 22.49 %) |
| >= 0.1 and <1        | 304079 ( 98.83 %) | 40090.90 ( 77.51 %) |
| >= 0.01 and <0.1     | 0 ( 0.00 %)       | 0.00 ( 0.00 %)      |
| >= 0.001 and <0.01   | 0 ( 0.00 %)       | 0.00 ( 0.00 %)      |
| >= 0.0001 and <0.001 | 0 ( 0.00 %)       | 0.00 ( 0.00 %)      |
| > 0 and <0.0001      | 0 ( 0.00 %)       | 0.00 ( 0.00 %)      |

Angående lagringsplats i minnet och på hårddisken kan konstateras att det behövs mängder av mer lagringsplats om beräkningen genomförs utan avrundning.

|                 |                  |      |           |                 |                  |      |              |
|-----------------|------------------|------|-----------|-----------------|------------------|------|--------------|
| PATHS_s7021_c1  | 2017-03-13 05:14 | File | 64 080 kB | PATHS_s4021_c1  | 2017-03-12 10:58 | File | 2 921 739 kB |
| PATHS_s7021_c2  | 2017-03-13 05:14 | File | 56 609 kB | PATHS_s4021_c2  | 2017-03-12 10:58 | File | 2 555 215 kB |
| PATHS_s7021_c3  | 2017-03-13 05:14 | File | 45 831 kB | PATHS_s4021_c3  | 2017-03-12 10:58 | File | 2 386 679 kB |
| PATHS_s7021_c4  | 2017-03-13 05:14 | File | 28 223 kB | PATHS_s4021_c4  | 2017-03-12 10:58 | File | 1 099 576 kB |
| PATHS_s7021_c5  | 2017-03-13 05:14 | File | 42 710 kB | PATHS_s4021_c5  | 2017-03-12 10:58 | File | 2 361 885 kB |
| PATHS_s7021_c6  | 2017-03-13 05:14 | File | 14 148 kB | PATHS_s4021_c6  | 2017-03-12 10:58 | File | 812 654 kB   |
| PATHS_s7021_c7  | 2017-03-13 05:14 | File | 14 165 kB | PATHS_s4021_c7  | 2017-03-12 10:58 | File | 818 245 kB   |
| PATHS_s7021_c8  | 2017-03-13 05:14 | File | 11 192 kB | PATHS_s4021_c8  | 2017-03-12 10:58 | File | 877 485 kB   |
| PATHS_s7021_c9  | 2017-03-13 05:14 | File | 11 211 kB | PATHS_s4021_c9  | 2017-03-12 10:58 | File | 881 993 kB   |
| PATHS_s7021_c10 | 2017-03-13 05:14 | File | 33 336 kB | PATHS_s4021_c10 | 2017-03-12 10:58 | File | 554 826 kB   |
| PATHS_s7021_c11 | 2017-03-13 05:14 | File | 33 597 kB | PATHS_s4021_c11 | 2017-03-12 10:58 | File | 565 117 kB   |

Figur 8: Path-Filstorlek scenario 7021 med avrundning (346 MB)

Figur 9: Path-Filstorlek scenario 4021 utan avrundning (15,1 GB)

Path-filer i scenario 7021 med avrundning (figur 8 vänster) och 4021 utan avrundning (figur 9 höger) och deras 11 klasser

SOLA sparar inga Path-filer. Det är bra med hänsyn till lagringsplats, åt andra sidan måste en ny nättutläggning utföras om så önskas med risken att ruttvalet ändras om inte en tillräcklig bra jämvikt beräknas.

Den stora nackdelen att behöva mycket lagringsplats relativiseras idag med mängder billigt tillgänglig lagringsplats.

## Nätutläggning

I makron till scenario 2x21 och 3x21 byts själva nätutläggningen ut från punkt 5.25 Path based traffic assignment till den nya punkten 5.23 SOLAtraffic assignment i EMME-prompt-meny.

```

189 ~/ path based assignment n classes
190 5.25
191 2 /assignment set-up and execution
192 ~?i=2
193 ~$NO_PATHS_SAVED
194 %6% /use saved paths or new set-up
195 ~x=%6%
196 ~?x=1
197 ~$OLD_SETUP
198 ~:NO_PATHS_SAVED
199 1 /no additional volumes
200 ~x=1
201 ~y=101 /startnummer f"r tullvikter i register ry
202 ~z=%5% /nummer f"r rsta resematrix
203 ~:NEXT_CLASS1
204 c /mode klass x
205 @cst%x% /fixed link costs klass x
206 ~?ry<0.0001 /weight factor is at least 0.0001 to avoid
207 ~?ry=0.0001 / fix cost questions at next assignment
208 %ry% /weight factor for fixed cost attribute klass x
209 mf%z% /demand for klass x as rounded
210 ~x+1
211 ~y+1
212 ~z+1
213 ~?!x>%3%
214 ~$NEXT_CLASS1
215 /
216 ~?q=3 /type of initialization
217 3 /initialize paths and reset iteration counter
218 ~:OLD_SETUP
219 ~?q=3 /type of initialization
220 2 /start with existing paths and reset iteration counter
221 4000 /maximum memory for paths in MB
222 0.0010 /path costs equality tolerance (def 0.0010)
223 30 /refinement iterations (def=30)
224 0.00010 /refined proportion (def=0.000010)
225 5 /compute gaps every ( x ) iterations (def=5)
226 %4% /max iteration number (def=50)
227 0.01000 /stopping criterion for best leative gap (def=0.01000)
228 0.0001000 /stopping criterion for relative gap (def=0.0001000)
229 0.001000 /stopping criterion for normalized gap (def=0.001000)
230 ~o=294
231 2 /list dev
232 ~o=295

197 ~/ SOLA assignment n classes
198 ~/
199 ~/o116
200 5.23
201 1
202 ~x=1
203 ~y=101
204 ~z=%5%
205 ~:NEXT_CLASS1
206 c
207 @cst%x%
208 %ry%
209 mf%z%
210
211 @voc%x%
212 no
213
214
215
216 ~x+1
217 ~y+1
218 ~z+1
219 ~?!x>%3%
220 ~$NEXT_CLASS1
221
222 %4%
223 0.0000
224 0.00001
225 0.0000
226 1
227 ~o=294
228 2 /list dev
229 ~o=295
230 ~/
231 ~<e2411.sub macro.rep %1% @pbh @voc1+@voc2+@voc3+@voc4+@voc5 *
232 ~<e2411.sub macro.rep %1% @lbuh @voc6+@voc7 *
233 ~<e2411.sub macro.rep %1% @lbsh @voc8+@voc9 *
234 ~<e2411.sub macro.rep %1% @pbyh @voc10+@voc11 *
235 ~/
236 ~!echo continue >>macro.sta
237 ~/
238 reports=?
239 ~/
240

```

Figur 10: Del i makro som visar momentet med nätutläggning - PBA till vänster, SOLA till höger

## Stoppkriterier

För att kunna säkerställa att nätutläggning uppnår det önskade "relative gap" sattes stoppkriterier "normalized gap" och "best relative gap" till 0,00 (därmed inaktiveras detta stoppkriteriet) samt antal iterationer så högt att "relative gap" nås i nätutläggningen.

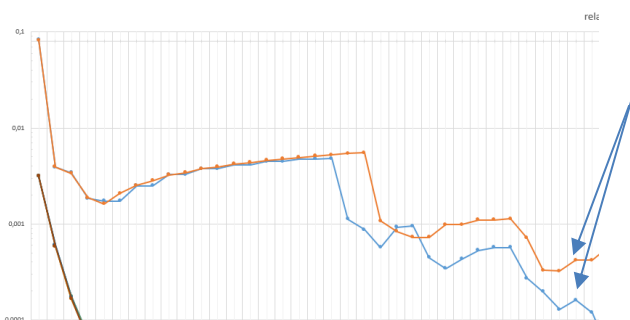
Standardinställningar var:

Testinställningar är:

|  |                                    |                 |
|--|------------------------------------|-----------------|
| Antal iterationer:                           | 20                                 | 100             |
| Best relative gap:                           | 0,01                               | 0,00            |
| Relative gap:                                | 0,0001                             | 0,0001/0,00001  |
| Normalized gap:                              | 0,001                              | 0,00            |
| Cost equality tolerance<br>(gäller bara PBA) | 0,001 (it 1-30)<br>0,0001 (it >30) | 0,0001 (it >=1) |

Ett ord till de olika stoppkriterierna och Path cost equality tolerance, Antal iterationer

För att minska risken att nätutläggningen räknar i all oändlighet kan det sättas olika stoppkriterier, om det första stoppkriteriet uppfylls, avslutas beräkningen. De kriterierna innehåller en maxgräns för antal iterationer, standard är kring 20 stycken i aktuell prognos, men sattes nu till 200 i antagandet att utläggningen når relative gap inom det intervallet. Att sätta ett för litet värde här kan äventyra resultatet. För SOLA gäller dessutom att resultatet kan bli sämre i vissa fall än i föregående iteration (pilar på figur 11) om metoden inte tillåts räkna klart. Vid beräkningen enligt PBA är resultatet alltid på "rätt väg", dvs. att gapet minskar med varje iteration ytterlige.



Figur 11: den blåa och orange kurvan visar trenden i närmandet till relative gap ( $y$ ) i förhållande till antal iterationer ( $x$ ) i en typisk SOLA nätutläggning.

Emme- dokumentation:

Best relative gap

The **best relative gap**, which is an estimate of the difference, based on the values of the objective function (see Chapter 6), between the current assignment and a perfect equilibrium assignment, in which, for each class, all routes used for a given O-D pair would have exactly the same time (or cost).

Relative gap

The **relative gap**, which is the difference between the total travel time on the network and the total travel time on the shortest paths for the current iteration, divided by the total travel time on the network. (For a **generalized cost assignment**, the relative gap corresponds to a **cost** difference.

Normalized gap

The **normalized gap**, which is the difference between the **mean trip time** of the current assignment and the **mean minimal trip time**. The mean trip time is the average trip time on the paths used in the previous iteration; the mean minimal trip time is the average time computed by using the shortest paths of the current iteration. (For a **generalized cost assignment**, the normalized gap corresponds to a **cost** difference. Note that the **best relative gap** decreases strictly from one iteration to the next, whereas the **relative gap** and the **normalized gap** do not necessarily have this property

Path costs equality tolerance

The **path cost equality tolerance** is the criterion used in the assignment to determine if a new shortest path computed is significantly shorter than the paths currently used. If a new path is shorter by more than the tolerance proportion multiplied by the path cost (time), it is added to the set of used paths.

## Genomförande

Till varje scenario skapades ett extra makrosteg i Sampers, på detta sätt var det möjligt att jämföra de olika scenarierna med varandra, att beräkningen kunde genomföras i ett steg och att samtidigt behålla samtliga skapade loggfiler till senare utvärdering.

Bilmatrixberäkningar genomfördes i början av varje efterfrågeberäkning, så att något fel i ett makro inte äventyrar de efterföljande nätutläggningar och därmed garanteras att alla scenarier beräknas med samma värden i utgångsmatriser.

Efter varje PBA-steg skapades klassflöden (PB-analys) som inte behövs i ett extra steg vid SOLA. Steget finns redan som del i SOLA och är därmed en option i makrot<sup>1</sup>.

Efter att alla scenarier var skapad och alla makrosteg i Sampers inlagd, startades exekvering av Sampersteg R141 med undantag av steg som gällde lastbilar och kollektivtrafik.

|       |    |         |                   |  |
|-------|----|---------|-------------------|--|
| M1019 | OK | 35      |                   | Alla tidsperioder - Skapa attribut klassflöden |
| M1021 | OK | 3:17    |                   | Förmiddag max - Beräkna bilmatriser            |
| M1022 | OK | 1:06:51 | 4021-test-path-JA | Förmiddag max - Nätutläggning                  |
| M1209 | OK | 2:12    |                   | Förmiddag max - Skapa klassflöden              |
| M1200 | OK | 3:26    |                   | Förmiddag max - Beräkna bilmatriser            |
| M1187 | OK | 1:18:04 | 4121-test-path-UA | Förmiddag max - Nätutläggning                  |
| M1210 | OK | 2:07    |                   | Förmiddag max - Skapa klassflöden              |
| M1197 | OK | 3:21    |                   | Förmiddag max - Beräkna bilmatriser            |
| M1196 | OK | 4:24:08 | 5021-test-path-JA | Förmiddag max - Nätutläggning                  |
| M1211 | OK | 2:20    |                   | Förmiddag max - Skapa klassflöden              |
| M1201 | OK | 3:25    |                   | Förmiddag max - Beräkna bilmatriser            |
| M1190 | OK | 6:16:55 | 5121-test-path-UA | Förmiddag max - Nätutläggning                  |
| M1212 | OK | 2:19    |                   | Förmiddag max - Skapa klassflöden              |
| M1202 | OK | 3:24    |                   | Förmiddag max - Beräkna bilmatriser            |
| M1193 | OK | 2:14:38 | 6021-test-path-JA | Förmiddag max - Nätutläggning                  |
| M1213 | OK | 7       |                   | Förmiddag max - Skapa klassflöden              |
| M1203 | OK | 3:14    |                   | Förmiddag max - Beräkna bilmatriser            |
| M1194 | OK | 3:05:30 | 6121-test-path-UA | Förmiddag max - Nätutläggning                  |
| M1214 | OK | 6       |                   | Förmiddag max - Skapa klassflöden              |
| M1204 | OK | 3:16    |                   | Förmiddag max - Beräkna bilmatriser            |
| M1192 | OK | 27:26   | 7021-test-path-JA | Förmiddag max - Nätutläggning                  |
| M1215 | OK | 5       |                   | Förmiddag max - Skapa klassflöden              |
| M1205 | OK | 3:15    |                   | Förmiddag max - Beräkna bilmatriser            |
| M1191 | OK | 33:07   | 7121-test-path-UA | Förmiddag max - Nätutläggning                  |
| M1218 | OK | 5       |                   | Förmiddag max - Skapa klassflöden              |
| M1206 | OK | 3:14    |                   | Förmiddag max - Beräkna bilmatriser            |
| M1188 | OK | 2:26:50 | 3021-test-SOLA-JA | Förmiddag max - Nätutläggning                  |
| M1221 | OK | 3:13    |                   | Förmiddag max - Beräkna bilmatriser            |
| M1220 | OK | 1:00:17 | 2021-test-SOLA-JA | Förmiddag max - Nätutläggning                  |
| M1222 | OK | 3:31    |                   | Förmiddag max - Beräkna bilmatriser            |
| M1223 | OK | 55:42   | 2121-test-SOLA-JA | Förmiddag max - Nätutläggning                  |
| M1207 | OK | 3:26    |                   | Förmiddag max - Beräkna bilmatriser            |
| M1189 | OK | 1:56:31 | 3121-test-SOLA-UA | Förmiddag max - Nätutläggning                  |

Figur 12: Makrostegsuppsättning i Sampers

Makrostegsuppsättning i Sampers under → S117 - UA Indata till Samkalk → R141 - Samm Regional prognoskörning (på bilden Essingeleden-test)

<sup>1</sup> I Emme 4.2.x är det möjligt att utföra max 2 Path-based-analys till varje nätutläggning, från och med Emmeversion 4.3.3 är denne begränsningen borttagen.

# Utvärdering

## Generell

För att komma åt den effektivaste metoden i förhållandet mellan beräkningstiden och bästa jämvikten vid nätutläggningen jämfördes differenser i ruttvalet mellan UA och JA inom alla 8 scenariogrupper och exekveringstiden mellan scenariogrupper.

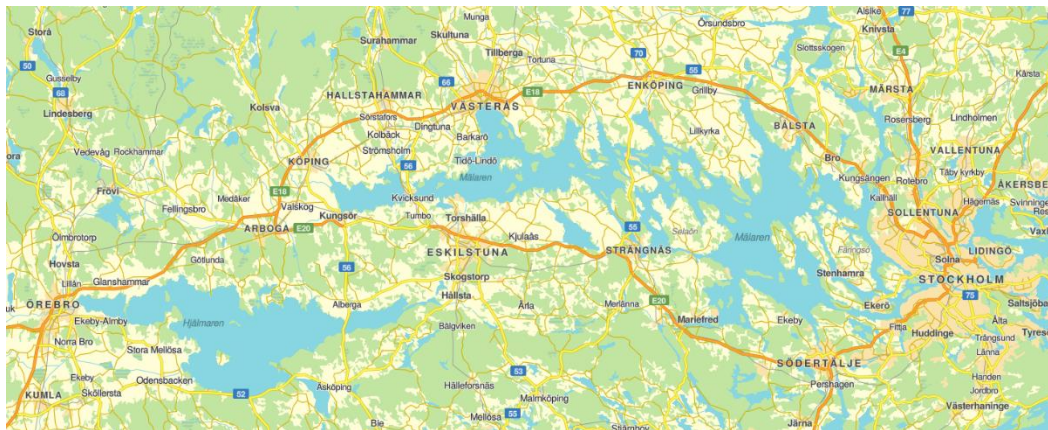
Förväntad är en omflyttning av trafikflödet från Essingeleden till Förbifarten Stockholm och Stockholms Innerstan (figur 14) via Väster- och Centralbron.

I indirekt berörda områden syns en förväntat överflyttning av en del av den långväga trafiken redan i Arboga och Strängnäs från E20 till E18.

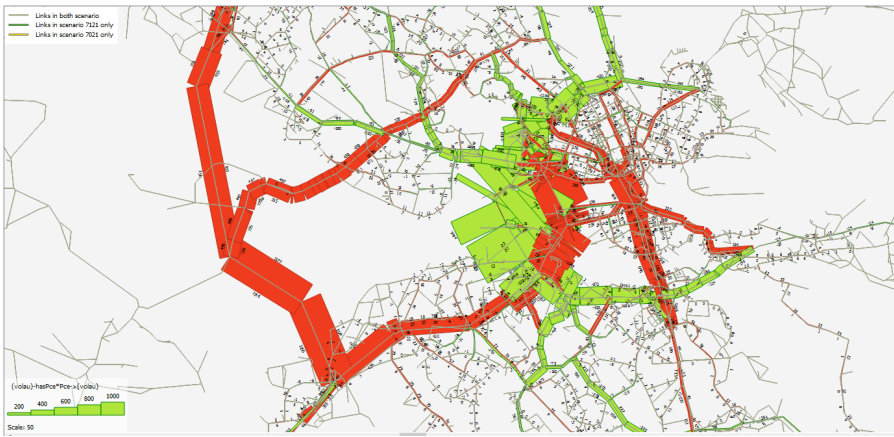
Sen sker en del ändringar i de indirekt berörda områden som är helt frikopplad av nätförändringen. Differensen är av mindre storlek, men kan skapa betydande variationer i efterföljande Samkalkberäkningen. I den ideala nätutläggningen är dessa kast helt borta.

Som stöd för utvärdering av ruttvalsstabiliteten används bilder från Emme- Desktop i varje scenariopar JA/UA.

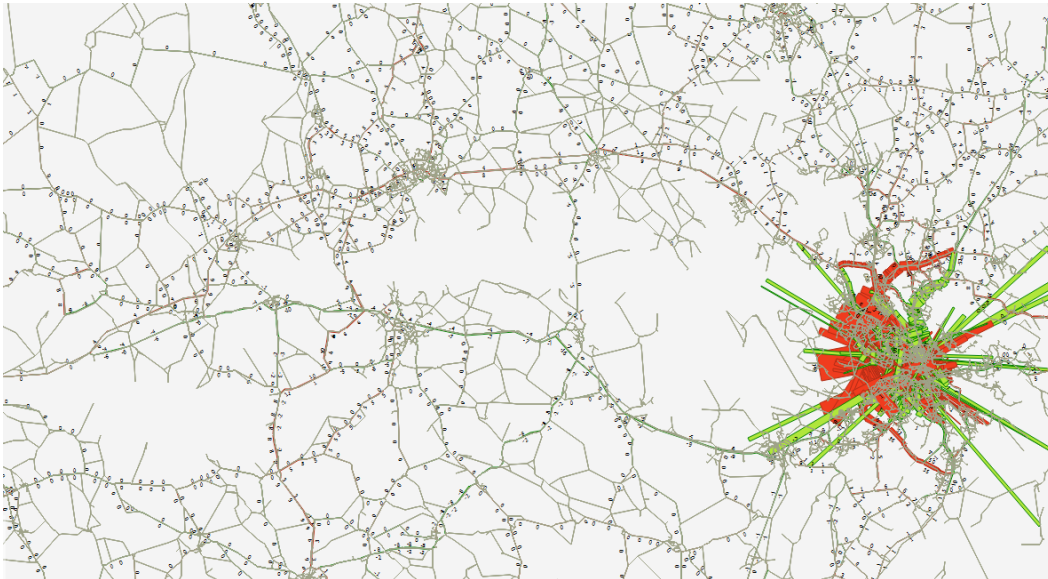
Bilden visar området som direkt berörs av nätförändringen (Figur 14) och som indirekt berörs av nätförändringen och som direkt ansluter västerut mot Örebro (Figur 15). Kring Arboga börjar den förväntade flödesförändringen, resor flyttas från E20 via Eskilstuna/Strängnäs till E18 via Västerås/Enköping. Som figur uppstår en ”pingvin” (Figur 16). Notera att i pingvinbilden används en visningsskala 1:1 i totalvolym (volau) jämfört med visningsskala 1:50 i Stockholmsbilden.



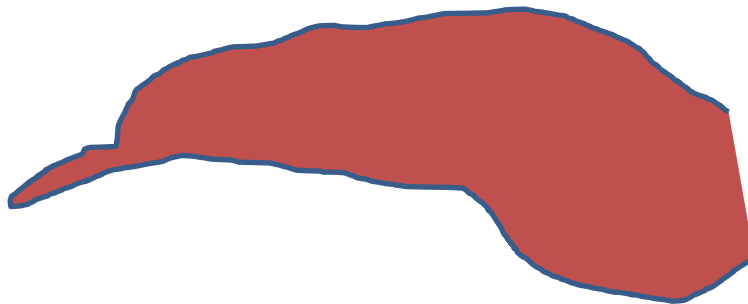
Figur 13: Kartbilden på analyserad testområdet



Figur 14: Flödesbild på direkt berört område i Stockholm. Som förväntat överflyttas trafiken till Förbifarten Stockholm, Centralbron och Västerbron.



Figur 15: Nätbild på indirekt berört område, på höger sidan ses det direkt berörda område



Figur 16: Pingvinen, E18 och E20 bildar ramen till pingvinen



## Jämförelse mellan de olika scenarier<sup>2</sup>

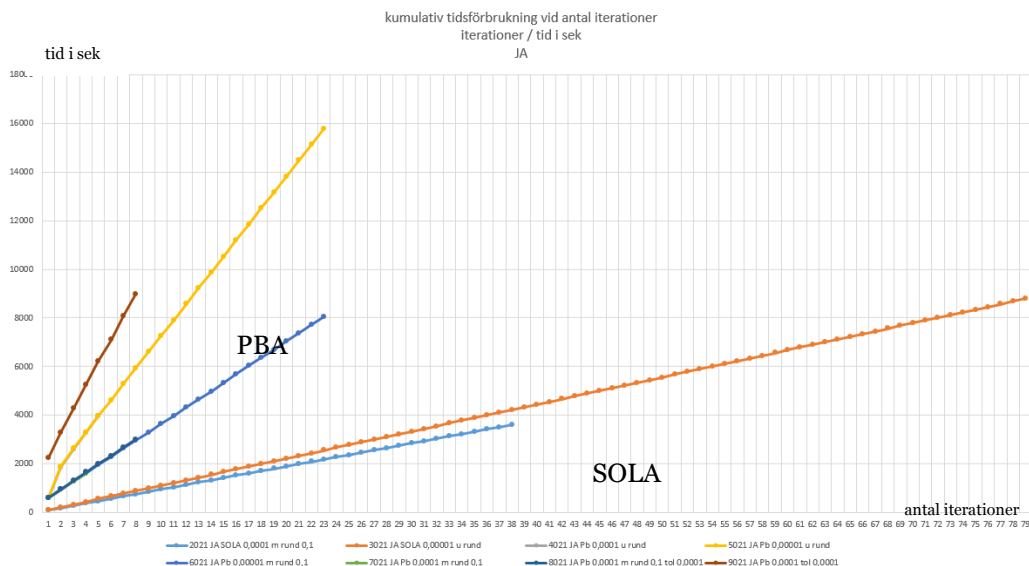
| Scen | exekveringstid | iterationer | rgap             | cet              | stopp   | Metod             |
|------|----------------|-------------|------------------|------------------|---------|-------------------|
| 2021 | 01:00:08       | 38          | 10 <sup>-4</sup> | ----             | rel gap | SOLA              |
| 2121 | 00:55:24       | 35          | 10 <sup>-4</sup> | ----             | rel gap | SOLA              |
| 3021 | 02:26:34       | 79          | 10 <sup>-5</sup> | ----             | rel gap | SOLA              |
| 3121 | 01:56:15       | 62          | 10 <sup>-5</sup> | ----             | rel gap | SOLA              |
| 4021 | 01:05:55       | 5           | 10 <sup>-4</sup> | 10 <sup>-3</sup> | rel gap | PBA               |
| 4121 | 01:17:05       | 6           | 10 <sup>-4</sup> | 10 <sup>-3</sup> | rel gap | PBA               |
| 5021 | 04:03:10       | 23          | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-3</sup> | nfc     | PBA med rundn 0,1 |
| 5121 | 06:15:56       | 33          | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-3</sup> | nfc     | PBA med rundn 0,1 |
| 6021 | 02:14:13       | 24          | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-3</sup> | nfc     | PBA med rundn 0,1 |
| 6121 | 03:05:06       | 33          | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-3</sup> | nfc     | PBA med rundn 0,1 |
| 7021 | 00:27:01       | 5           | 10 <sup>-4</sup> | 10 <sup>-3</sup> | rel gap | PBA med rundn 0,1 |
| 7121 | 00:32:43       | 6           | 10 <sup>-4</sup> | 10 <sup>-3</sup> | rel gap | PBA med rundn 0,1 |
| 8021 | 00:50:05       | 8           | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-4</sup> | rel gap | PBA med rundn 0,1 |
| 8121 | 01:33:55       | 16          | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-4</sup> | rel gap | PBA med rundn 0,1 |
| 9021 | 02:29:34       | 8           | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-4</sup> | rel gap | PBA               |
| 9121 | 04:23:36       | 16          | 10 <sup>-5</sup> | 10 <sup>-4</sup> | rel gap | PBA               |

Figur 17: Sammanfattning av antal iterationer och exekveringstid (grön = referensscenario)

nfc – no flow change at any OD-pair

cet – path cost equality tolerance (kostnadskänslighet i val av kortaste vägen)

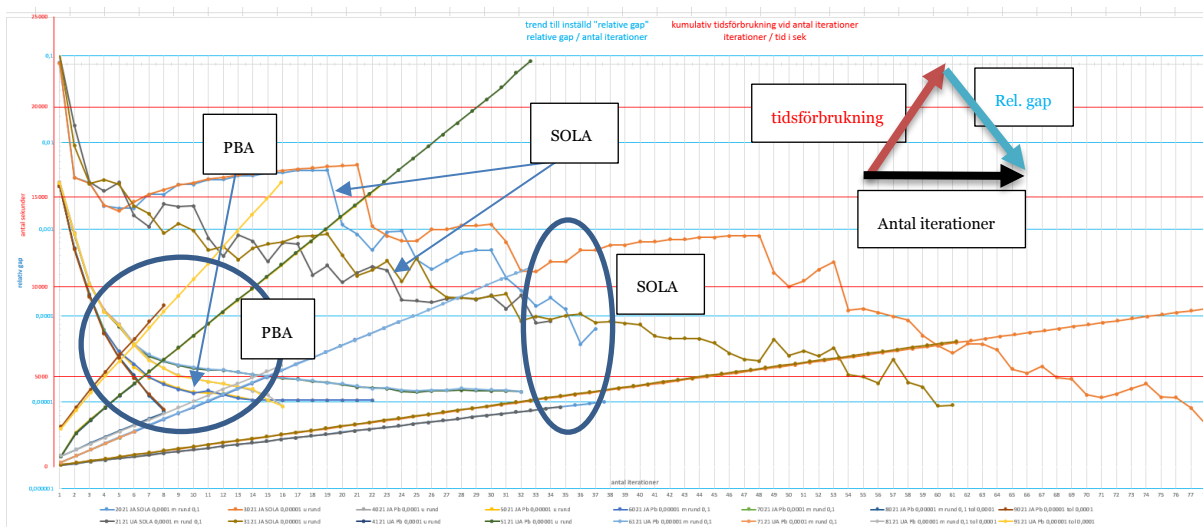
Att minska på gapet till jämvikten (relative gap) utan att minska på kostnadskänsligheten (cet) resulterar i en ”no flow change at any OD-pair”. Det gäller PBA då SOLA inte har den punkten att välja fritt.



Figur 18: total tidsåtgång (y) och antal iterationer (y) vid exekveringen av JA scenarierna

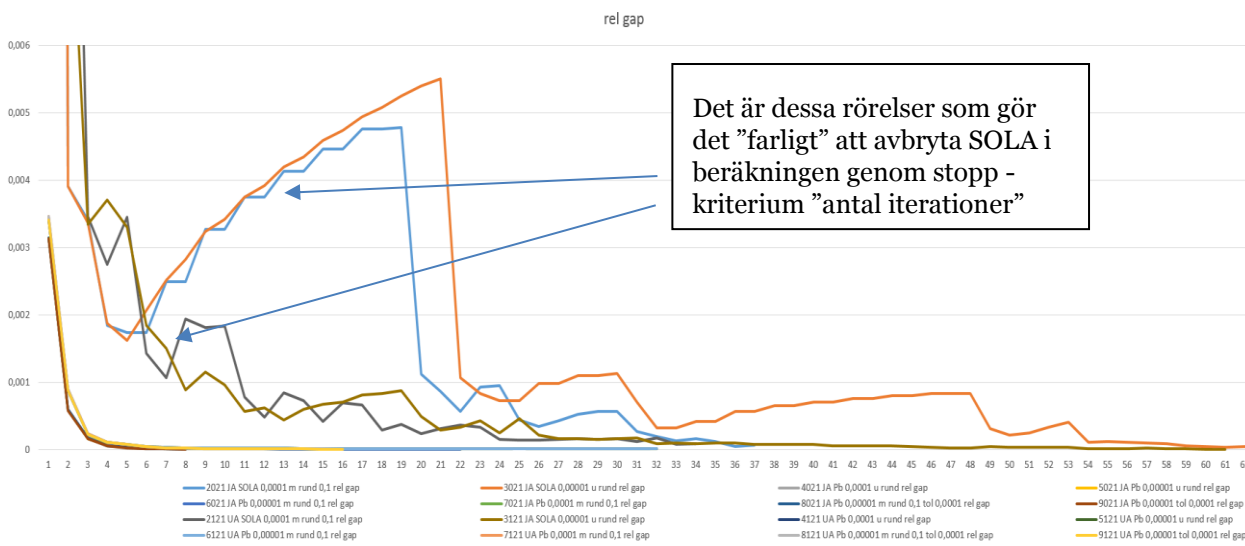
Figuren ovan visar klart att varje iteration vid alla beräkningar behöver ungefär samma tid, dvs. att tids-/iterationsförhållande är kvasi lineärt.

<sup>2</sup> Grafen i det här avsnittet är inte till för att läsa ut några exakta värden utan är för att se skillnader mellan de olika scenariernas vis att konvergera till stoppkriterierna. Det är en mängd data, bara en begränsad del har använts för att visas här.



Figur 19: närmandet till "relative gap" och total tidsåtgång i förhållandet till antal iterationer till alla scenarier.

Det som syns tydligt är att SOLA närmar sig snabbt men försiktigt (via "omvägar") till målet. Däremot går PBA "direkt" till målet fast med mycket betänktid.



Figur 20: Närmandet till "relative gap" i förhållandet till antal iterationer till alla scenarier.

Det som diagrammet visar tydligast är att SOLA (de vågliknande graferna) i motsats till PBA med sina lineära grafer beräknar jämvikten på helt olika sätt.

## Slutsats

SOLA är snabbt (per iteration). För att SOLA ska vara stabilt i utläggningen behövs ett relativt gap uppemot  $10^{-7}$ . Det behövs många iterationer för att nå denna jämvikt och med dagens inställningar och PBA som jämförelse kommer beräkningstiden att öka avsevärt.

PBA är långsamt (per iteration), men antal iteration i vårt nät är få. Som initierar frågan varför behöver ett nät till ett helt land bara ett fåtal iterationer till en nätutläggning. Har vi för lite trängsel eller en för bra nät eller är det bara så? Trängselproblematiken skiljer sig i de olika regionerna men också inom regionerna. Det hänger ihop med Sveriges vägnät och befolkningsstruktur i sig. Det finns några få områden med högt befolkningsandel och högt trängsel och utanför dessa områden är trängseln mycket mindre eller till och med nästan försumbart.

Det kan resultera i att den metodiken som används av PBA kommer till ett falskt positivt resultat när den tror att har hittat jämvikten inom den ställda stoppkriterium, fast det är inte så.

Till det första använder PBA efter initialiseringen av beräkningen bara ett urval av lämpliga lösningar och till det andra är en relativ gap av  $10^{-4}$  för bred för att kunna fånga fler möjliga lösningar i beräkningen. Till PBA finns helt enkelt inte bättre lösningar och de alternativ som hittades är lika bra som de hittade.

För att komma åt detta behövs en mindre relativ gap i storleksordning  $10^{-5}$  eller  $10^{-6}$ .

Att nå det gapet ökar såväl antal iterationer och beräkningstiden kraftig (scen 5 och 6). Det gäller att beakta vid det här upplägget att minska kostnadskänsligheten (cet) redan i början av beräkningen från  $10^{-3}$  till  $10^{-4}$  för att inte riskera ett "no flow change..."-resultat. (scen 8 och 9).

Att minska gapet och cet vid PBA betyder igen att exekveringstiden ökar och SOLA kan spela ut sin fördel i snabbare beräkningstid per iteration.

Åt andra sidan har PBA en fördel med att kunna spara Path-filer så att man kan använda de till senare analyser utan att en ny nätutläggning krävs. I Sampers finns en del steg som nyttjar den funktionaliteten, vilket spar tid (varmstart).

Jämfört med SOLA som inkluderar möjligheten att gör Path-based-analys finns det ingen begränsning till antal analyser i kombinationen PBAssignment – PBAAnalys.<sup>3</sup> En PBAAnalys efter avslutad SOLA är inte möjligt, då inga Path-filer sparas.

För att fånga olika kast i trafikflödet på områden som inte är berörd av förändringar behövs mer än att bara ändra i relativt gap eller ändra kostnadstoleransen. Det behövs en robust jämvikt i nätet som inte kräver lång tid att beräkna för varken SOLA eller PBA.

Vid små förändringar i nätet är det bättre att isolera utredningsområdet från resten av nätet för att få ett "rent" resultat som bara kan härledas av en eventuell åtgärd i nätet.

Avrundningen som är en del av PBA avslöjar framför allt datorns begränsningar i såväl beräknings- som minnesprestanda. Med datorer av nyare modell och snabba externa lagringsmedier i storleksordning Terabyte är denna aspekt inget större problem idag. Å andra sidan beskriver INRO att differensen genom avrundningen i PBA jämfört med inte

---

<sup>3</sup> Testet genomfördes med Emme 4.2.9. Från och med Emme 4.3.3. finns den begränsningen i SOLA inte kvar. Nu är det möjligt att gör många fler PB-analyser i SOLA-nätutläggningen.

avrundad indata är försumbart. En fråga som inte kan besvaras här är hur en avrundning påverkar CBA analyser.

Det som kan besvaras är den höjda tidsåtgången och lagringsplats som behövs i direkt jämförelse mellan avrundade och ej avrundade efterfrågematriser. Skillnad i storleken på Path-filer är 350 MB mot 15 GB och i exekveringstiden 6h mot 3h i scen 6 mot 5.

Ett annat problem som dyker upp är "no flow change on any OD-pair" vid PBA beräkningar.

Om det önskade relativt gapet är för litet ( $<10^{-4}$ ) och kostnadstoleransen för stort ( $>10^{-4}$ ) är det för många alternativa vägar att gå och det finns inget incitament att hitta en kortare väg, då, efter specifikationen, alla vägar är relativt "lika". Resultatet blir "no flow change on any OD-pair". Att minska kostnadstoleransen med faktor 10 ändrar på resultatet väsentlig. I testet är det inte bara att onödiga kast försvann, utan även antal iterationer och den tiden exekveringen tog minskade kraftig, scen. 5x21/6x21 mot 8x21/9x21. Vid mindre gap och mindre tolerans kan PBA välja bort fler varianter i rutvalet som är mera kostsamt. Ändå behöver PBA mer tid än den motsvarande SOLA exekveringen.

Hur små ska differensen mellan beräkningens avslut och nätets jämvikt vara?

Resultatet av testet visade att ett relative gap av  $10^{-4}$  i PBA och fram för allt SOLA är för bred för att få en godtagbar jämvikt för att kunna beräkna CBA på ett trovärdigt set. Helt enkelt är bruset i bakgrunden för stort för att kunna urskilja små förändringar som initieras av den tänkte åtgärden och flödet av ett nät med otillräckligt jämvikt. Frågan var nu om man ska välja ett relative gap  $10^{-6}$  eller  $10^{-7}$  och hur stort skillnaden det är mellan de två. SOLA med  $10^{-5}$  har redan testats och bedömts som otillräckligt.

Resultatet blev mycket bra vid både  $10^{-6}$  och  $10^{-7}$  däremot var det  
249 iterationer som beräknades inom 8 timmar vid rel gap  $10^{-7}$  och  
119 iterationer och 3,75 tim vid rel gap  $10^{-6}$ .  
Resultatet kan jämföras med scenario 9x21 i testet.

Differensen i nätet mellan  $10^{-6}$  och  $10^{-7}$  är så små att de är försumbar. Det är i klartext att den dubbla tiden som beräkningen behöver till  $10^{-7}$  är inte als värd besväret.

Svaret till frågan är därmed  $10^{-6}$  ska det vara i nätutläggningen för att få et godtagbar jämvikt. En jämvikt som är så bra att bruset och slumpmässiga kast minimeras och att resultatet är minst "good enough".

## Rekommendation

Det kan ges en grov rekommendation vilken metod som ska användas. Men det kommer an på en del frågor.

Ska data återanvändas i ett senare skede, loop eller analys?

Då är den rekommendation att använda PBA. PBA har som i detta fall fördelen att spara Path-filer som kan återanvändas, samtidigt som varmstart sparar tid. Den fördelen saknar SOLA som måste göra en ny nätutläggning.

Ska det vara en enskild beräkning med maximalt 2 PBA i slutet?

Då är rekommendation SOLA. SOLA är snabbare och har möjligheten att inkludera Path-based-analyser i beräkningen. I Trafikverkets aktuella version av Emme 4.2.9 är analyser begränsat till 2. I senare Emme-versioner finns det ingen begränsning längre.

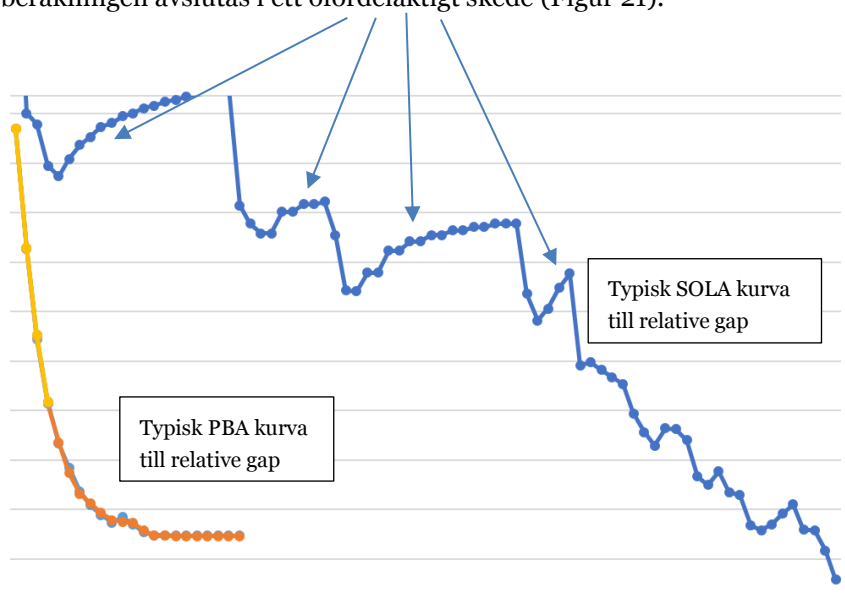
Ska det relativa gapet vara  $10^{-6}$  men beräkningen snabbt

Rekommendationen är SOLA. SOLA är snabbare och kan här spela ut denna fördel.

Om det behövs att man återanvänder data och gapet ska vara  $10^{-6}$

Nu blir rekommendationen PBA, men med path cost equality toleransen  $10^{-4}$  redan från första iteration för att undvika "no flow change..."-avslutningen. Den andra grunden till rekommendationen är sparandet av Path-filer och möjligheten till varmstart.

Om SOLA används ska antal iterationer sättas till minst 500 för att undvika att beräkningen avslutas i ett ofördelaktigt skede (Figur 21).



Figur 21: typisk bild av ett närmande till relative gap per iteration

## Benchmark

För att man kan använda ett genomgående jämvikt som är minst "good enough" behövs starkare datorer än de som idag används till beräkningen.

Som tabellen nedan visar, halverar sig beräkningstiden med fördubbling av antal kärnor som den datorn kan använda sig av.

Ta vi första och sista kolumn så visas att med några kärnor mer få man ut ett mycket bättre resultat vid samma tid än det som vi använder idag.

|                   |            |           |           |           |           |           |
|-------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| nätutläggning     | PATH       | SOLA      | SOLA      | SOLA      | SOLA      | SOLA      |
| Makro             | M833       | M1022     | M1022     | M1022     | M1022     | M1022     |
| kärnor            | 6          | 2         | 2         | 4         | 2         | 4         |
| relative gap      | $10^{-4}$  | $10^{-4}$ | $10^{-5}$ | $10^{-5}$ | $10^{-6}$ | $10^{-6}$ |
| total tid sek     | 5114,27    | 6583,5    | 8792,8    | 4109,8    | 12713,9   | 5877,9    |
| hh:mm             | 01:26      | 01:50     | 02:27     | 01:09     | 03:32     | 01:38     |
| antal iterationer | 20         | 58        | 78        | 78        | 111       | 111       |
| stopp             | no. Iterat | rel gap   | rel gap   | rel gap   | rel gap   | rel gap   |
| resultat rel.gap  | 0.00049026 | 0.0000879 | 0.0000057 | 0.0000057 | 0.0000008 | 0.0000008 |

Att investera i datorer med utmärkt prestanda i applikationer med krävande beräkningar är i slutänden billigare än att vänta i samma tid på ett sämre resultat. Det gäller såväl den nationala som den regionala organisationen. Mer nytta för pengarna.

Att låna den kraften via externa aktörer är ingen lösning, då detta skulle begränsa vårt eget handlingsutrymme till den punkten att allt kan förbli som det är.

## Bildförteckningen

|   |    |
|---|----|
| Figur 1: Översikt av resultat i Samm- Samkalkberäkningen tillhörande BAS2040 JA .....   | 5  |
| Figur 2: Samma information som i figur 1, nu för UA och med hjälp av SOLA .....   | 6  |
| Figur 3: Scenarioöversikt i Emme .....  | 8  |
| Figur 4: länköversikt i berört område (pilen visar bortklippta länken) .....  | 9  |
| Figur 5: luftbild av berört område (pilen visar bortklippta länken) .....   | 9  |
| Figur 6: kartbild på indirekt berört område (pilen visar bortklippta länken) .....  | 9  |
| Figur 7: Del i makro som visar hantering om avrundning -med avrundning till vänster, utan avrundning till höger .....   | 11 |
| Figur 8: Path-Filstorlek scenario 7021 med avrundning (346 MB) .....  | 11 |
| Figur 9: Path-Filstorlek scenario 4021 utan avrundning (15,1 GB).....   | 11 |
| Figur 10: Del i makro som visar momentet med nätutläggning - PBA till vänster, SOLA till höger .....  | 12 |
| Figur 11: den blåa och orange kurvan visar trenden i närmandet till relative gap (y) i förhållande till antal iterationer (x) i en typisk SOLA nätutläggning..... | 13 |
| Figur 12: Makrostegsuppsättning i Sampers .....   | 14 |
| Figur 13: Kartbilden på analyserad testområdet .....  | 15 |
| Figur 14: Flödesbild på direkt berört område i Stockholm. Som förväntat överflyttas trafiken till Förbifarten Stockholm, Centralbron och Västerbron.....          | 16 |
| Figur 15: Nätbild på indirekt berört område, på höger sidan ses det direkt berörda område .....   | 16 |
| Figur 16: Pingvinen, E18 och E20 bildar ramen till pingvinen .....  | 16 |
| Figur 17: Sammanfattning av antal iterationer och exekveringstid (grön = referensscenario).....   | 17 |
| Figur 18: total tidsåtgång (y) och antal iterationer (y) vid exekveringen av JA scenarierna .....   | 17 |
| Figur 19: närmandet till "relative gap" och total tidsåtgång i förhållandet till antal iterationer till alla scenarier. ....                                      | 18 |
| Figur 20: Närmandet till "relative gap" i förhållandet till antal iterationer till alla scenarier.....  | 18 |
| Figur 21: typisk bild av ett närmande till relative gap per iteration .....   | 21 |
| Figur 22: 7x21 tidsåtgång vid exekveringen.....   | 26 |
| Figur 23: 7x21 – närmandet av relative gap (y) i förhållandet till exekveringstiden i sekunder (x).....   | 27 |
| Figur 24: 7121 - 7021 Essingeleden. Trafiken överflyttas till Förbifarten, Västerbron och Centralbron.....  | 27 |
| Figur 25: 7121 - 7021 indirekte områden (pingvinen).....  | 28 |

|  |    |
|--|----|
| Figur 26: Översikt över genomsnittlig och minste genomsnittliga resekostnad (SEK/resa på y-axeln) på nätet till JA 7021 och UA 7121 vid motsvarande iteration. ....            | 28 |
| Figur 27: 2x21 tidsåtgång vid exekveringen (orange 2121, blå 2021).....  | 29 |
| Figur 28: Tidsåtgång vid närmandet till relative gap i jämförelse med standardscenario 7x21. ....  | 29 |
| Figur 29: 2121 - 2021 Essingeleden ingen konstigheter här. ....  | 30 |
| Figur 30: 2121 - 2021 indirekt område (pingvinen) .....  | 30 |
| Figur 31: 2x21- Översikt över genomsnittlig och minsta genomsnittlig resekostnad på nätet. ....  | 31 |
| Figur 32: 2x21 - tid och relative gap i förhållandet till antal iterationer. ....  | 31 |
| Figur 33: 3x21 tidsåtgång vid exekveringen (orange 3021, blå 3121).....  | 32 |
| Figur 34: Nästan fem gånger beräkningstiden av 7x21, resultatet på inte berörda områden är ändå inte als tillfredsställande. ....  | 32 |
| Figur 35: 3121 - 3021 Essingeleden. I direkt berörde områden är det ingen skillnad till föregående scenario 2x21.....  | 33 |
| Figur 36: 3121 - 3021 indirekt område (pingvinen) .....  | 33 |
| Figur 37: 3x21- Översikt över genomsnittlig och minsta genomsnittlig resekostnad på nätet. ....  | 34 |
| Figur 38:3x21 - tid och relative gap i förhållandet till antal iterationer också här, att räkna ta tid men åt andra sidan närmar sig beräkningen det inställda gapet.....      | 34 |
| Figur 39: 4x21 tidsåtgång vid exekveringen. ....   | 35 |
| Figur 40: 4121 - 4021 Essingeleden. Resultatet liknar mera 7x21 än SOLA-beräkningar.35   |    |
| Figur 41: 4121 - 4021 indirekt område (pingvinen).....   | 36 |
| Figur 42: 4x21- Översikt över genomsnittlig och minsta genomsnittlig reskostnad på nätet .....   | 36 |
| Figur 43: 4x21 - tid och relative gap i förhållandet till antal iterationer .....  | 37 |
| Figur 44: Av graferna kan man utläsa att bara initialisering av nätutläggningen ta nästan lika långt tid som referensscenario 7x21 hade behov av under hela sin beräkning..... | 37 |
| Figur 45: 5x21 tidsåtgång vid exekveringen. Som man kan se så behöver bara läsningen av Path-filer mer tid nu än hela nätutläggningen i föregående scenario 4x21. ....         | 38 |
| Figur 46: 5121 - 5021 Essingeleden. Resultatet i åtgärdens närområde liknar nu mera SOLA beräkningar än de tidigare PBAs. Mer resor flyttar ut till kapillärnätet. ....        | 38 |
| Figur 47: 5121 - 5021 indirekt område (pingvinen).....   | 39 |
| Figur 48: 5x21- Översikt över genomsnittlig och minsta genomsnittlig reskostnad på nätet. ....   | 39 |
| Figur 49: 5x21 - tid och relative gap i förhållandet till antal iterationer. ....  | 40 |
| Figur 50: Efter 22000 sek var det slut utan att avsluta. ....  | 40 |
| Figur 51: 6x21 tidsåtgång vid exekveringen. ....   | 41 |
| Figur 52: 6121 - 6021 Essingeleden. Nätutläggningen i innerstan är ganska lik scenario 5x21. ....  | 41 |
| Figur 53: 6121 - 6021 indirekt område (pingvinen) .....  | 42 |



|  |    |
|--|----|
| Figur 54: 6x21- Översikt över genomsnittlig och minsta genomsnittlig reskostnad på nätet. .... | 42 |
| Figur 55: 6x21 - tid och relative gap i förhållandet till antal iterationer. ....              | 43 |
| Figur 56: Lång tid ändå ingen önskad jämvikt. ....   | 43 |
| Figur 57: 8x21 tidsåtgång vid exekveringen.....  | 44 |
| Figur 58: 8121 - 8021 Essingeleden. ....   | 44 |
| Figur 59: 8121 - 8021 indirekt område (pingvinen). ....  | 45 |
| Figur 60: 8x21- Översikt över genomsnittlig och minsta genomsnittlig reskostnad på nätet. .... | 45 |
| Figur 61: 8x21 - tid och relative gap i förhållandet till antal iterationer. ....              | 46 |
| Figur 62: 8x21 - tid i förhållandet till relative gap.....                                     | 46 |
| Figur 63: 9x21 tidsåtgång vid exekveringen. ....   | 47 |
| Figur 64: förhållandet mellan tidsåtgången och konvergeringen till inställd relative gap. .... | 47 |
| Figur 65: 9121 - 9021 Essingeleden.....  | 48 |
| Figur 66: 9121 - 9021 indirekt område (pingvinen). ....  | 48 |
| Figur 67: 9x21- Översikt över genomsnittlig och minsta genomsnittlig reskostnad på nätet. .... | 49 |
| Figur 68: 9x21 - tid och relative gap i förhållandet till antal iterationer.....               | 49 |

## Bilaga till de som är intresserade i de enskilda resultaten

För utvärderingen används ett flertal diagram som visar tidsåtgång, relative gap och kostnader i de olika scenarierna.

Vid Path-based-traffic-assignment disaggregeras tidsgrafan.

Det är viktigt att kunna se hur en avrundning eller en stoppvärdeändring påverkar tidsåtgången i exekveringen.

I tidsdiagram visas fem värden

- Sub: själva beräkningen av jämvikten
- Gap: beräkningen av de just nu uppnådde gap (relativ, best relativ, normalized)
- Path read: tiden det behövs till att läsa de sparade länkflödena
- Path write: tiden det behövs till att spara de precis beräknade länkflöden
- Totalt: summering av samtliga deltider

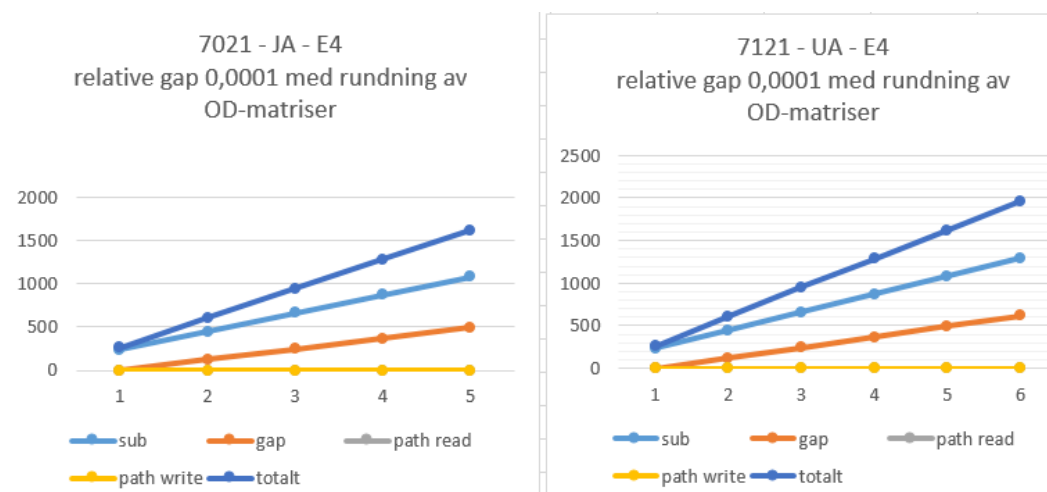
### 7x21: PBA, relative gap $10^{-4}$ med rundning till 0,1 av efterfråge-matriser

Scenario 7021 motsvarar JA-beräkningen i riggningen till BAS 2040 prognosen

Då detta scenariopar motsvarar den nuvarande nätutläggningsmetoden används detta scenario som referensscenario.

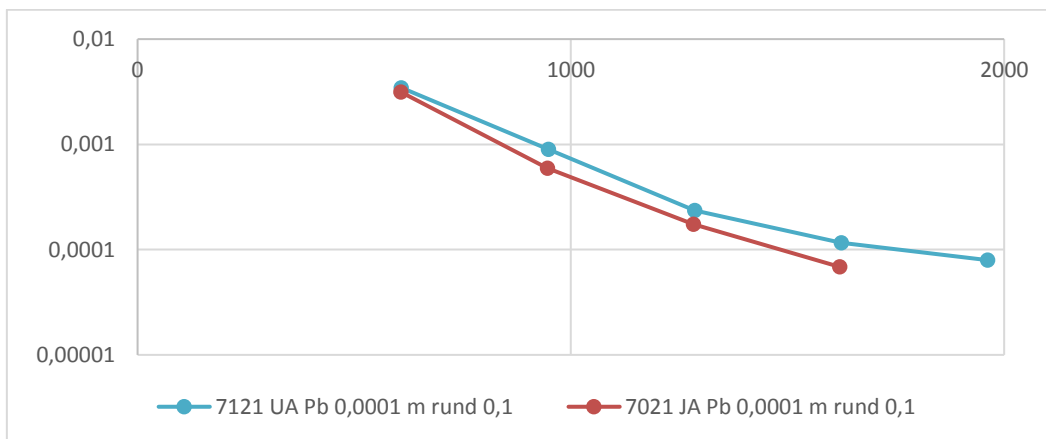
Alla scenarierna bifogas en del diagram som kommer att ge en mera bredd insyn i de olika faktorer som påverkar tidsåtgången vid exekveringen.

Stopp: relative gap  
Antal iterationer JA/UA: 5 / 6  
Exekveringstid JA/UA: 1621 sek (0:27:01) / 1962 sek (0:32:43)

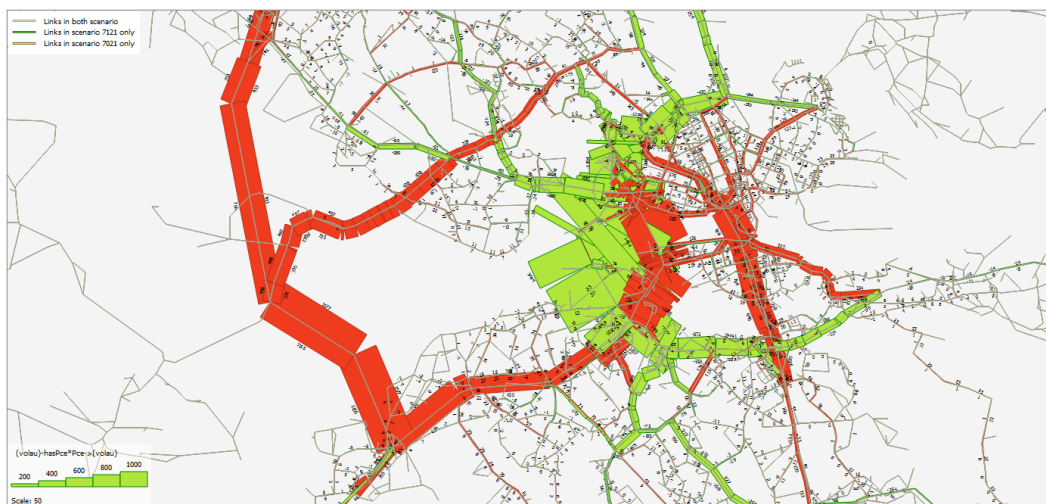


Figur 22: 7x21 tidsåtgång vid exekveringen.

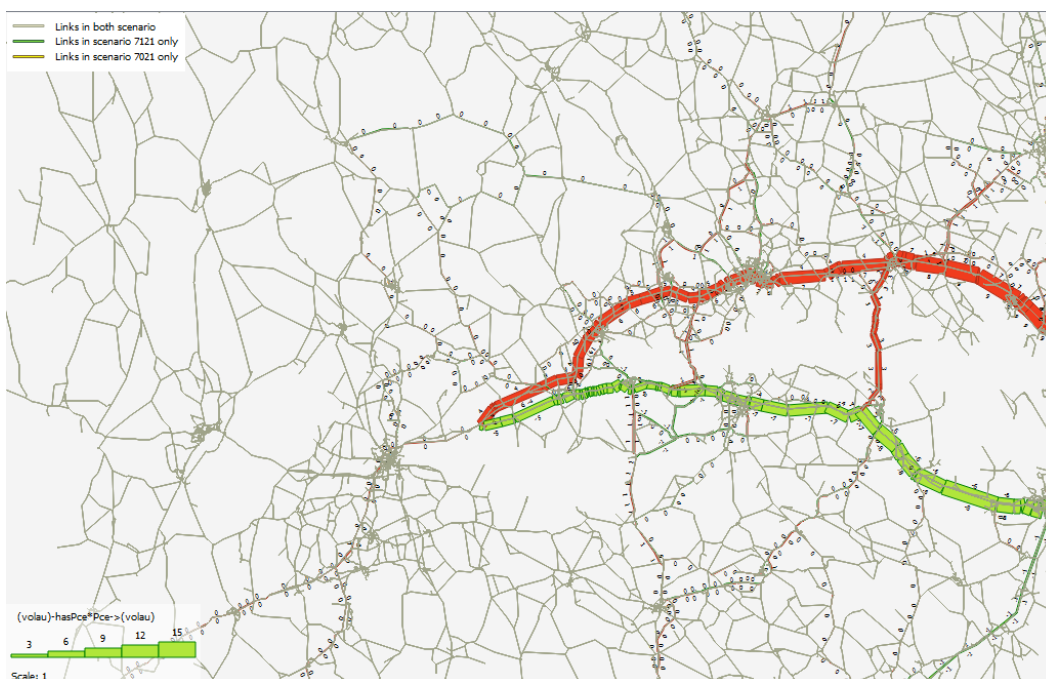
Bilden visar att beräkningen av gapet (orange) vid varje iteration tar lika många tid som själva beräkningen till nätutläggningen (ljusblå). Att läsa och skriva path-filer (gul och grå) tar däremot nästan ingen tid i anspråk.



Figur 23: 7x21 – närmandet av relative gap (y) i förhållandet till exekveringstiden i sekunder (x)



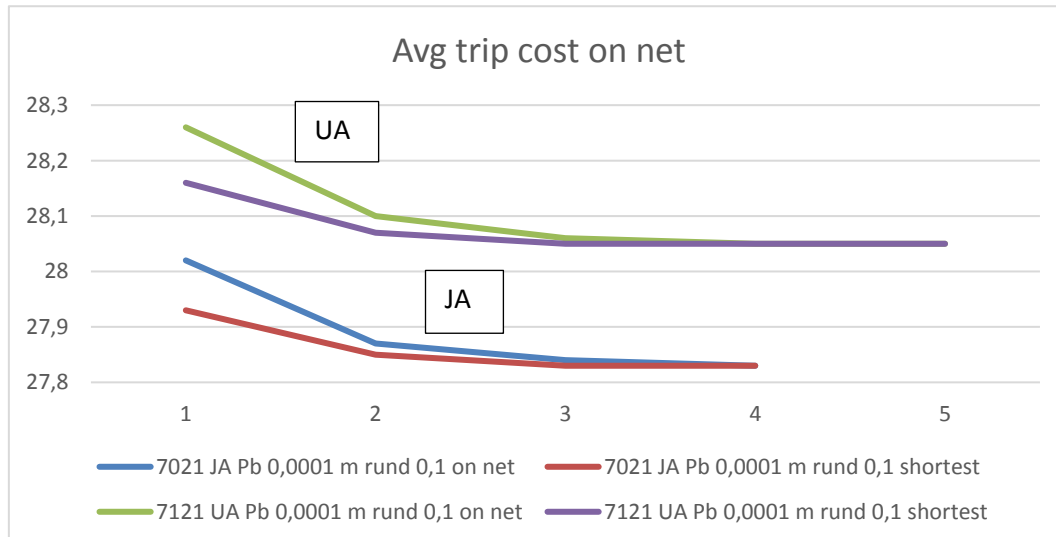
Figur 24: 7121 - 7021 Essingeleden. Trafiken överflyttas till Förfärdan, Västerbron och Centralbron.



Figur 25: 7121 - 7021 indirekte områden (pingvinen)

Vi ser enskilda små kast utanför det förväntade trafikflödet som inte är kopplad till åtgärden.

Bilden visar ett stabilt ruttval mellan JA och UA, en vanlig pingvin.



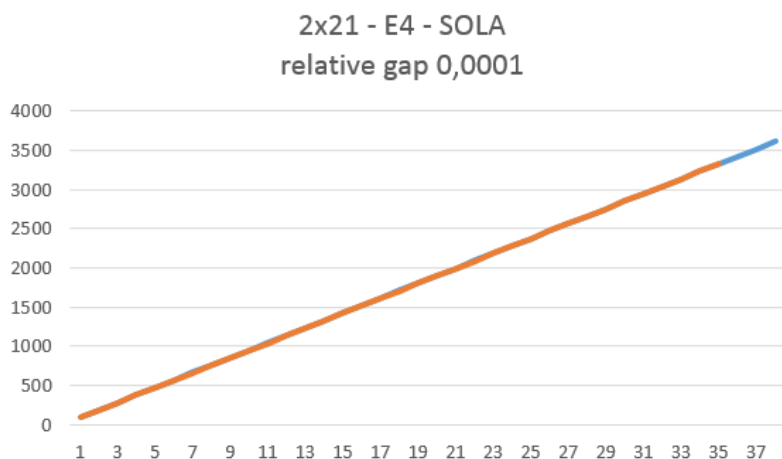
Figur 26: Översikt över genomsnittlig och minste genomsnittliga resekostnad (SEK/resa på y-axeln) på nätet till JA 7021 och UA 7121 vid motsvarande iteration.

Scenario 7x21 motsvarar den uppsättningen som BAS-prognosen 2040 i Samm-område bygger på. Beräkningen ta en halv timme med 5 resp. 4 iterationer och det finns ganska lite flödesförändringar utanför det förväntade.

Den kortaste vägen (avg trip cost) nås vid sista iteration i JA.

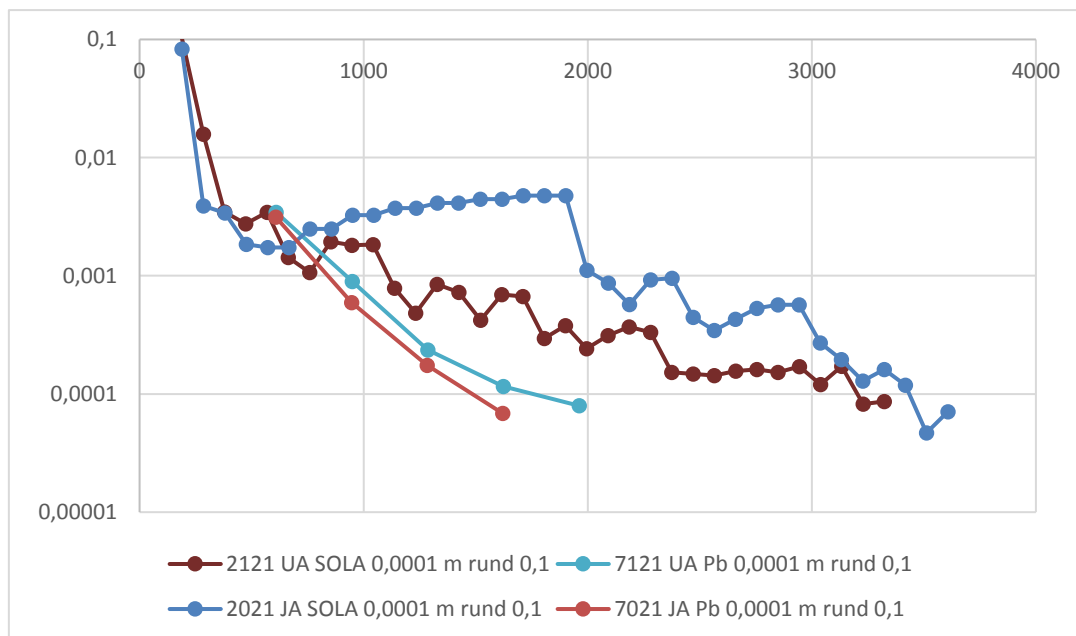
### 2x21: SOLA relative gap $10^{-4}$ med rundning till 0,1 av efterfråge-matriser

Stopp: relative gap  
Antal iterationer: 38 / 35  
Exekveringstid: 3607 sek (1:00:08) / 3324 sek (0:55:24)

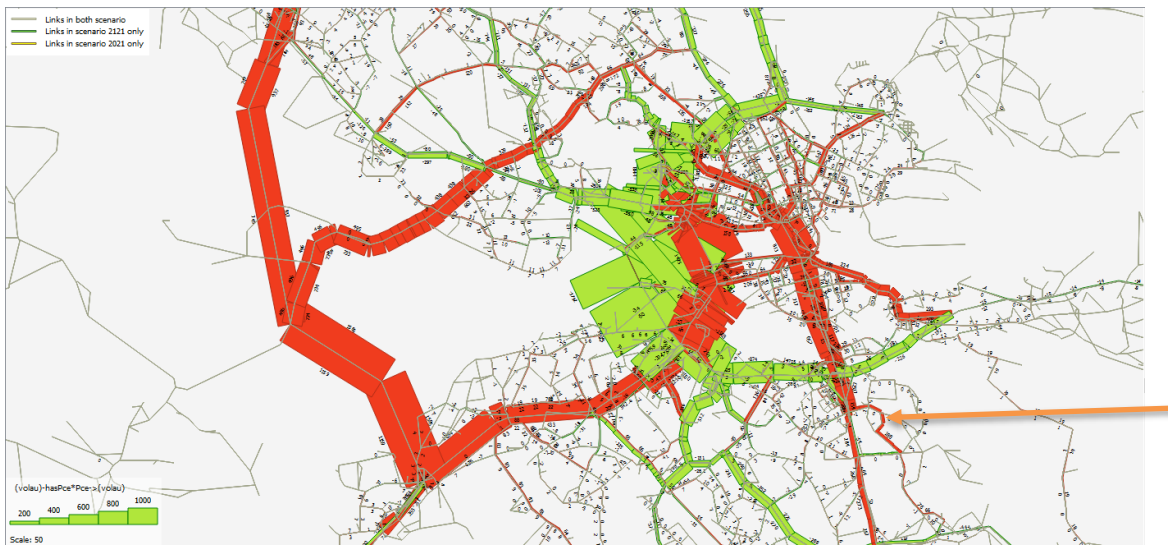


Figur 27: 2x21 tidsåtgång vid exekveringen (orange 2121, blå 2021).

Jämfört med PBA visar den här tidsgrafen bara att beräkningen ta tid och ju mera iterationer avarbetas ju mer tiden går åt.

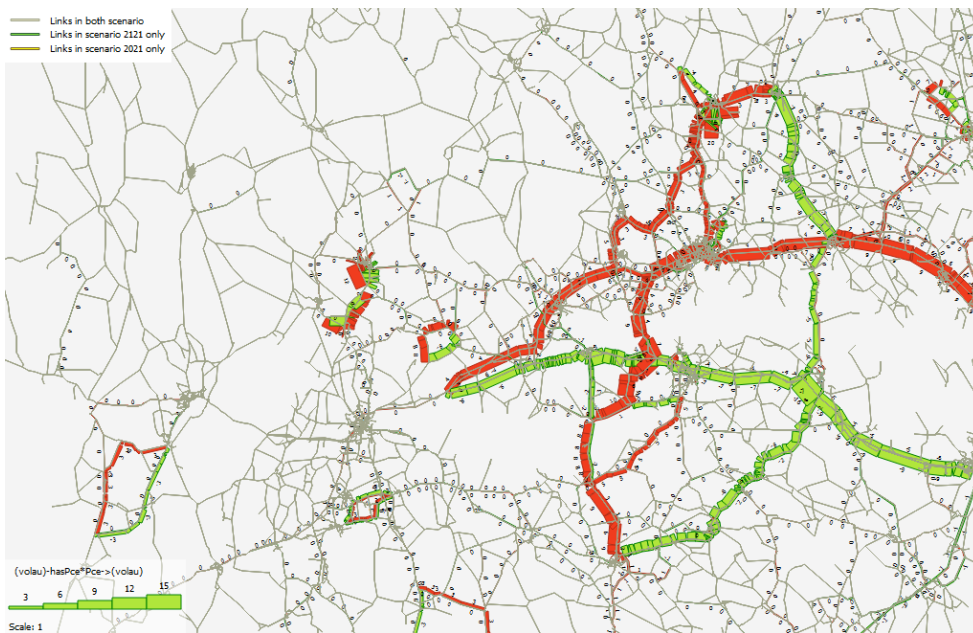


Figur 28: Tidsåtgång vid närmandet till relative gap i jämförelse med standardscenario 7x21.



Figur 29: 2121 - 2021 Essingeleden ingen konstigheter här.

Det är fler som kör via bostadsområden i Enskede (pil) istället för den kö-känsliga Nynäsvägen och mindre på Sveavägen än vid referensscenario 7x21. Det är ett viktigt underlag till Samkalkberäkningen som inte syns i 7x21.

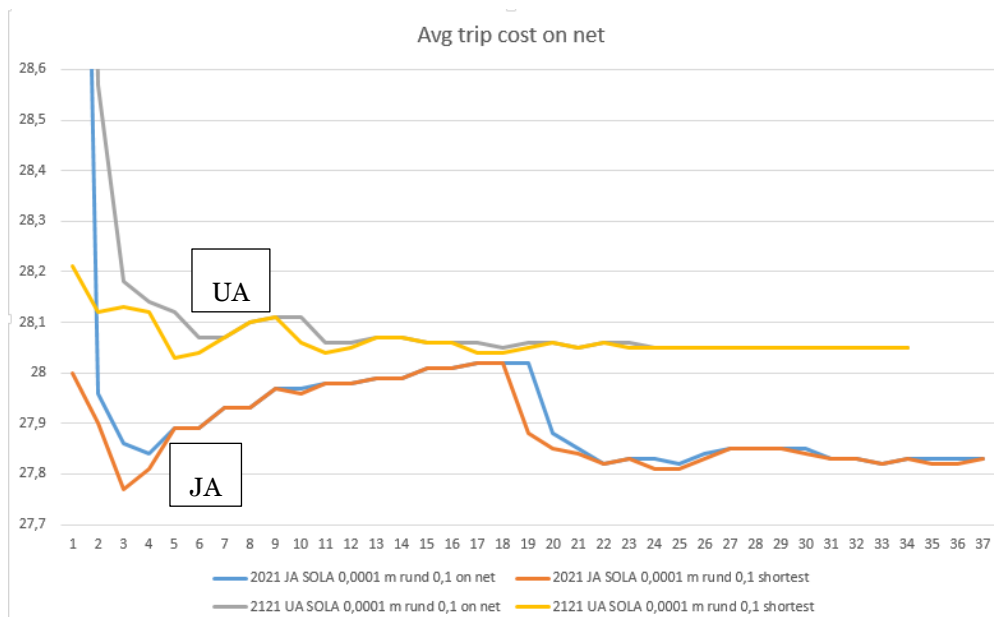


Figur 30: 2121 - 2021 indirekt område (pingvinen)

På bilden syns att pingvinen flyger riktig bra, men som tyvärr är ett tecken på en dålig jämvikt.

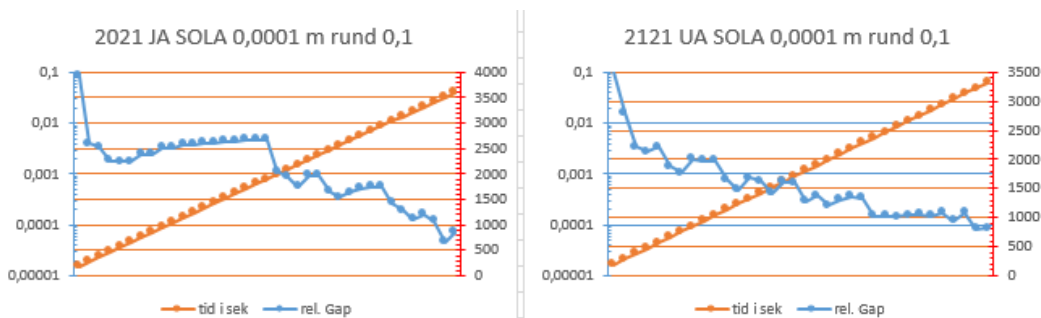
Det är för många kast i beräkningen. Det betyder att precisionen i jämvikten inte är tillräckligt tight för att hitta en jämvikt som är "good enough". Flödesförändringar här har ingenting med åtgärden att göra. Den nätutläggningen kan komma att "förstöra" en eventuell annars bra åtgärd men projekterar trafiken eventuell genom kostnadskänsliga områden som kan dra NNK:t från plus till minus.

Det kan hända att en beräkning till ett mindre gapet och utan rundnig kommer till ett bättre resultat som ska testas i scenario 3x21.



Figur 31: 2x21- Översikt över genomsnittlig och minsta genomsnittlig resekostnad på nätet.

Som per definition och därmed förväntad är resekostnadsresultatet direkt proportional relative gapet.

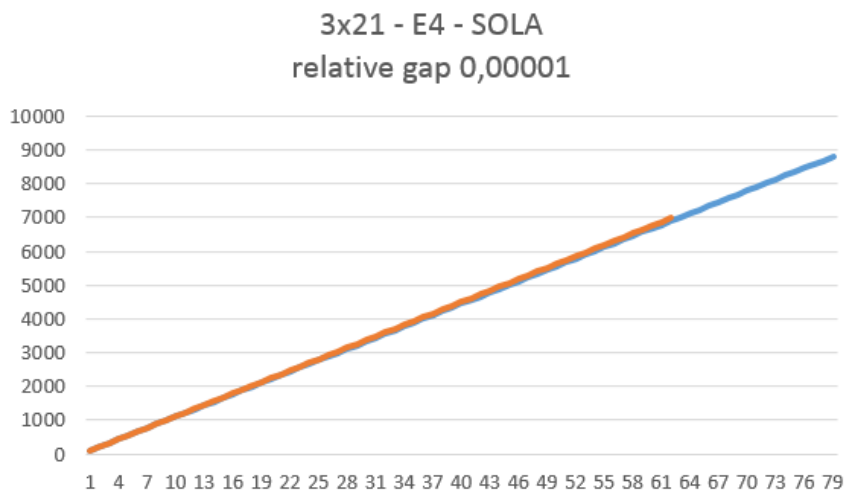


Figur 32: 2x21 - tid och relative gap i förhållandet till antal iterationer.

Också den här grafen visar att beräkningen inte är snabbare än den lokala tiden.

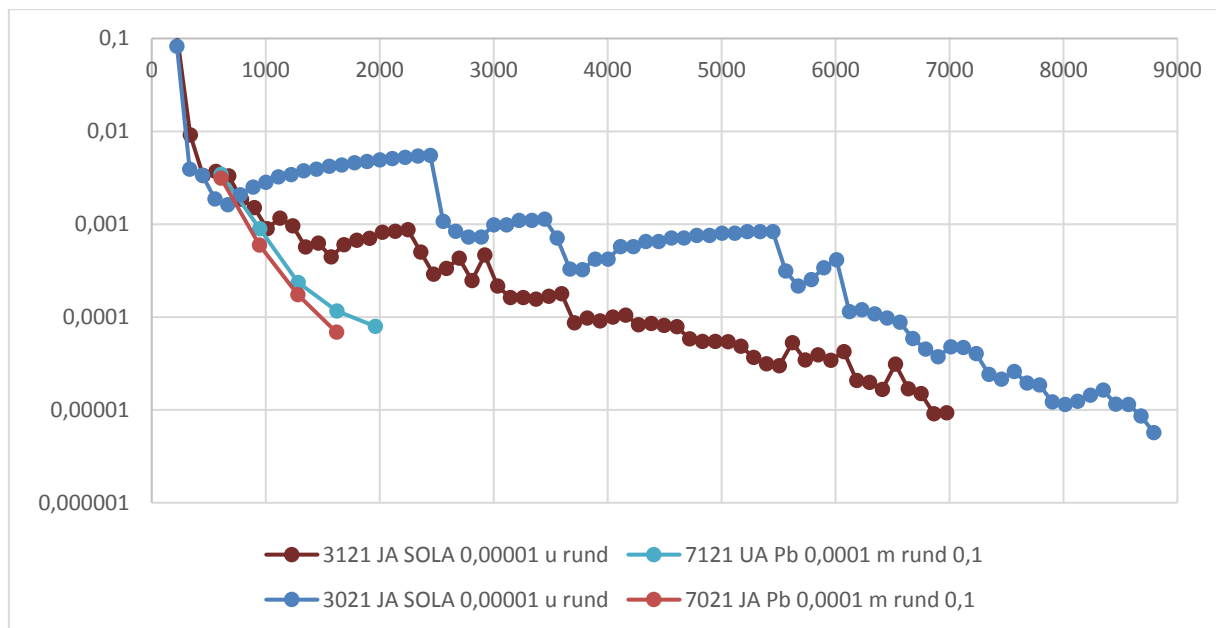
### 3x21: SOLA relative gap $10^{-5}$ utan rundning av efterfråge-matriser

Stopp: relative gap  
 Antal iterationer: 79 / 62  
 Exekveringstid: 8793 sek (2:26:34) / 6975 sek (01:56:15)



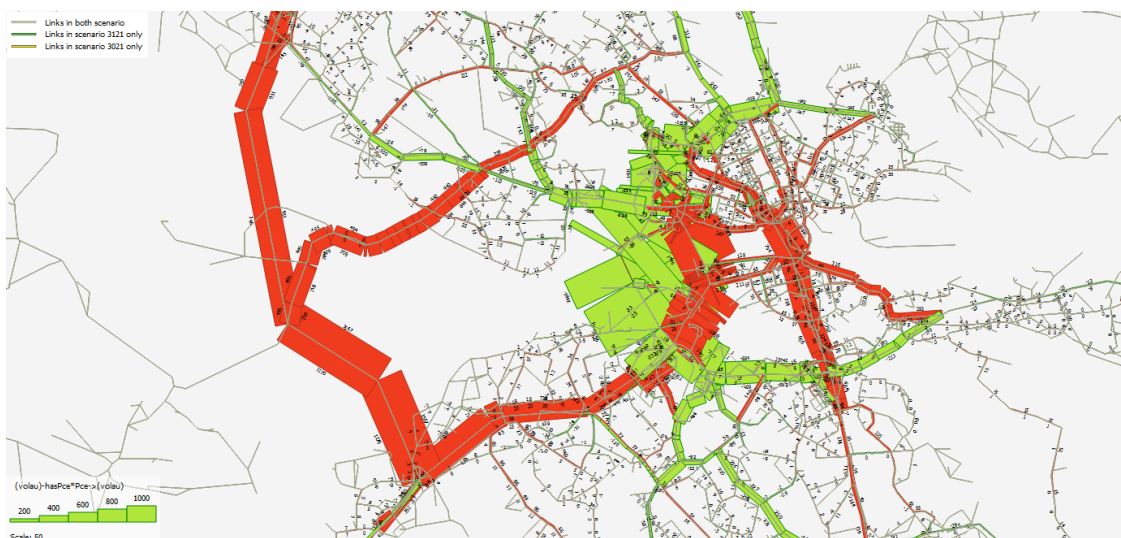
Figur 33: 3x21 tidsåtgång vid exekveringen (orange 3021, blå 3121).

Den vanliga linjära "kurvan" som också här visar att alla iterationer behöver samma tid.

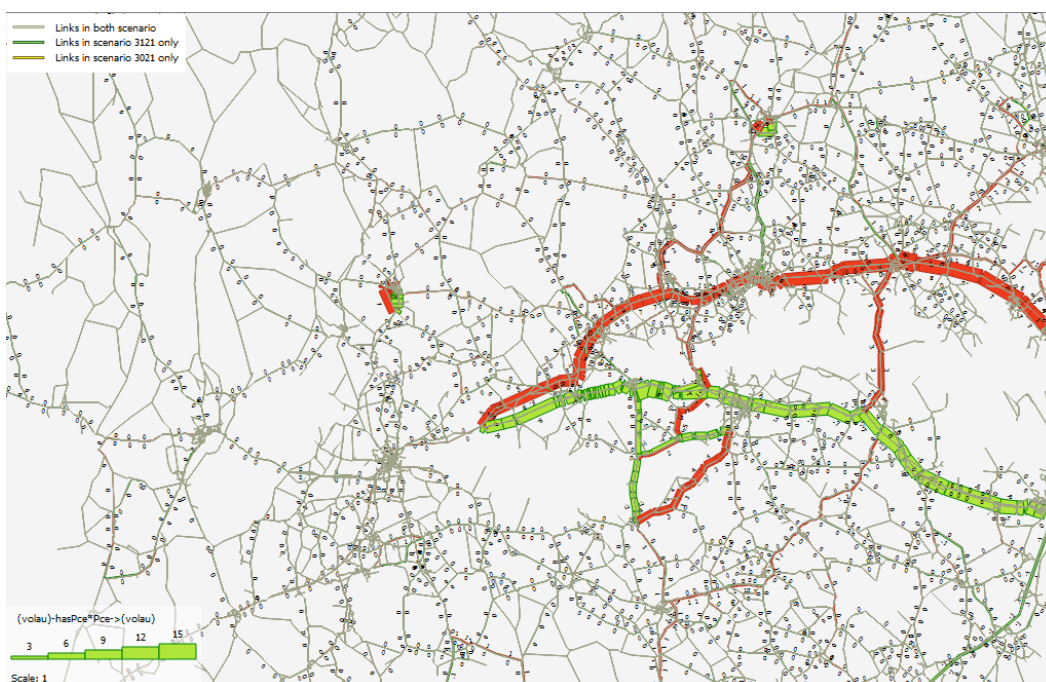


Figur 34: Nästan fem gånger beräkningstiden av 7x21, resultatet på inte berörda områden är ändå inte alls tillfredsställande.





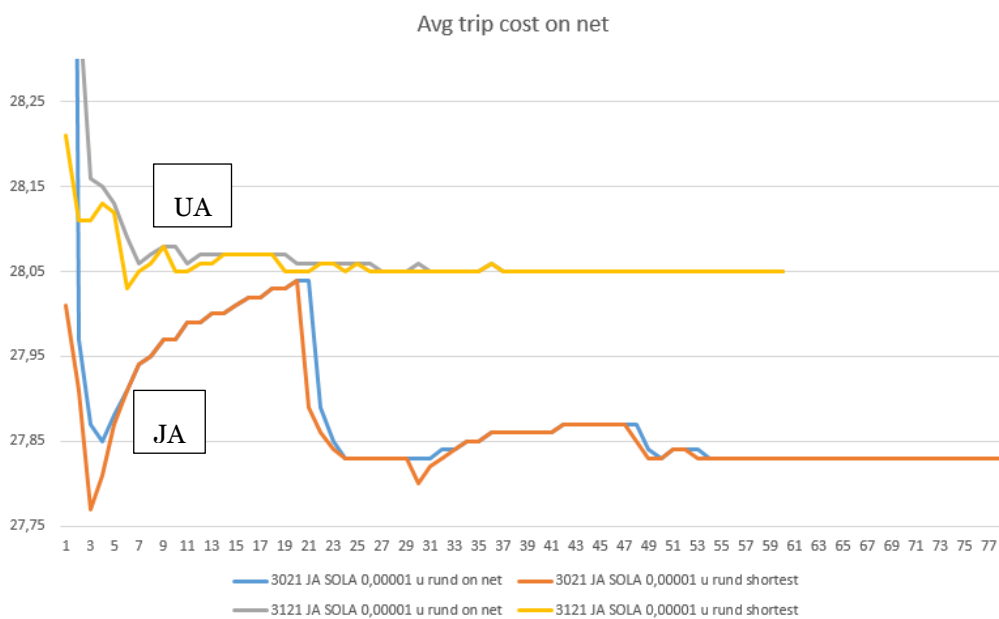
Figur 35: 3121 - 3021 Essingeleden. I direkt berörde områden är det ingen skillnad till föregående scenario 2x21.



Figur 36: 3121 - 3021 indirekt område (pingvinen)

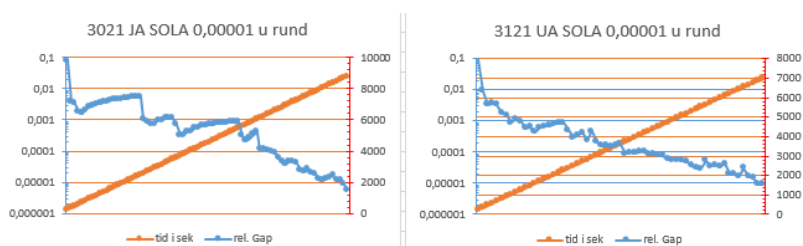
Pingvinen har nu åter svårt att flyga. Till synes minskade antal och storleken på kast utanför åtgärdsområdet betydligt men inte fullständigt. Relative gap har satts 10 ggr tightare jämfört med scen 2x21 och det genomföras inga avrundningar. Det som kommer fram är att vid SOLA beräkningen behövs en ännu mindre relative gap i storleksordningen  $10^{-6}$  eller  $10^{-7}$ . Åt andra sidan kommer exekveringstiden att stiga kraftig. Redan mellan 2x21 och 3x21 var det en fördubbling av exekveringstiden. Tills nu verkar det inte vara en fördel att använda sig av SOLA när det är så ostabilt i nätet med de förutsättningar (indata) som vi kan tillföra beräkningen. Med hänsyn att bara ett fåtal Path-based-analys kan göras med SOLA i Emme 4.2.9, så är det inte så lämpligt att övergå helhjärtat till SOLA.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Uppdatering: Emme 4.3.3 tillåter en mängd mera Path-based-analys i SOLA



Figur 37: 3x21- Översikt över genomsnittlig och minsta genomsnittlig resekostnad på nätet.

Som per definition och därmed förväntad är resekostnadsresultatet direkt proportionalt relative gapet.



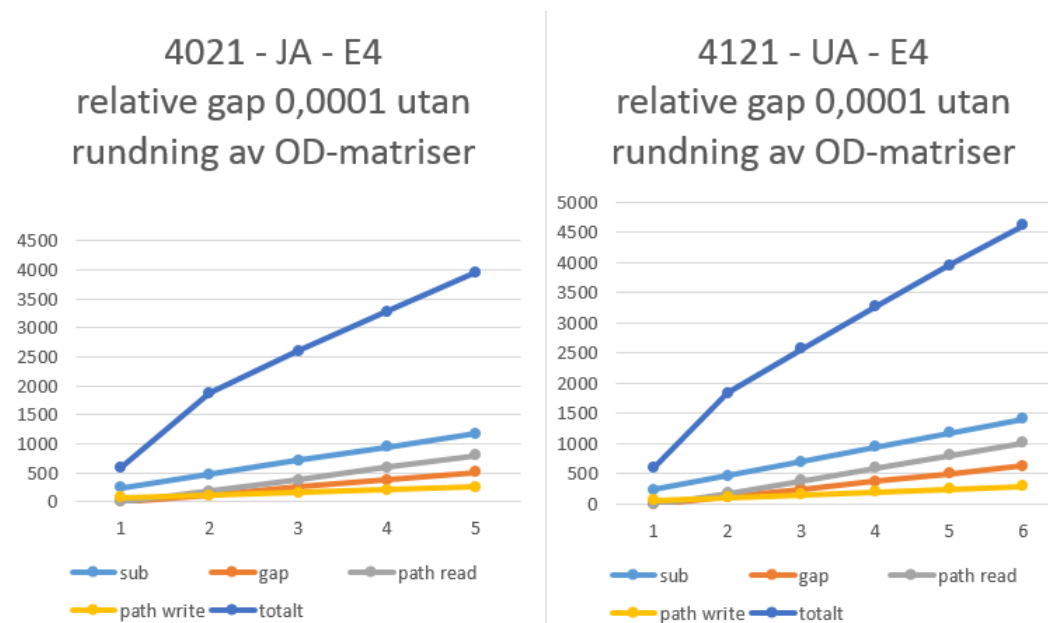
Figur 38: 3x21 - tid och relative gap i förhållande till antal iterationer också här, att räkna ta tid men åt andra sidan närmar sig beräkningen det inställda gapet.

#### 4x21: PBA, relative gap $10^{-4}$ utan avrundning av efterfråge-matriser

Stopp: relative gap  
Antal iterationer: 5 / 6  
Exekveringstid: 3954 sek (01:05:55) / 4625 sek (01:17:05)

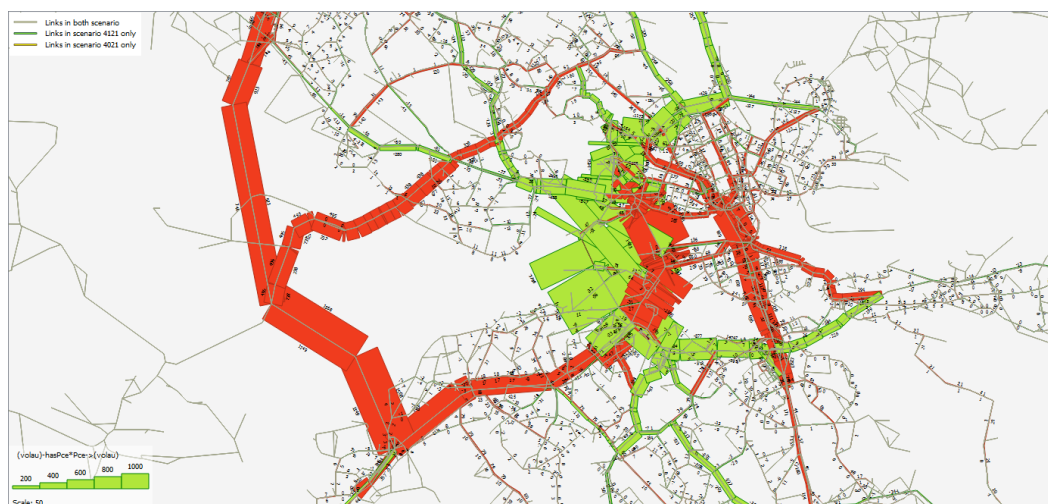
Efter SOLA exekveringen med så-la-la resultat återgår jag i de följande scenarierna tillbaka till PBA.

Först ute är en variant av referensscenario 7x21 fast den här gången utan avrundningen. Om avrundningen har jag skrivit redan längre upp. Så jag har den tiden att räkna med tillräcklig resurser för att klara den beräkningen.

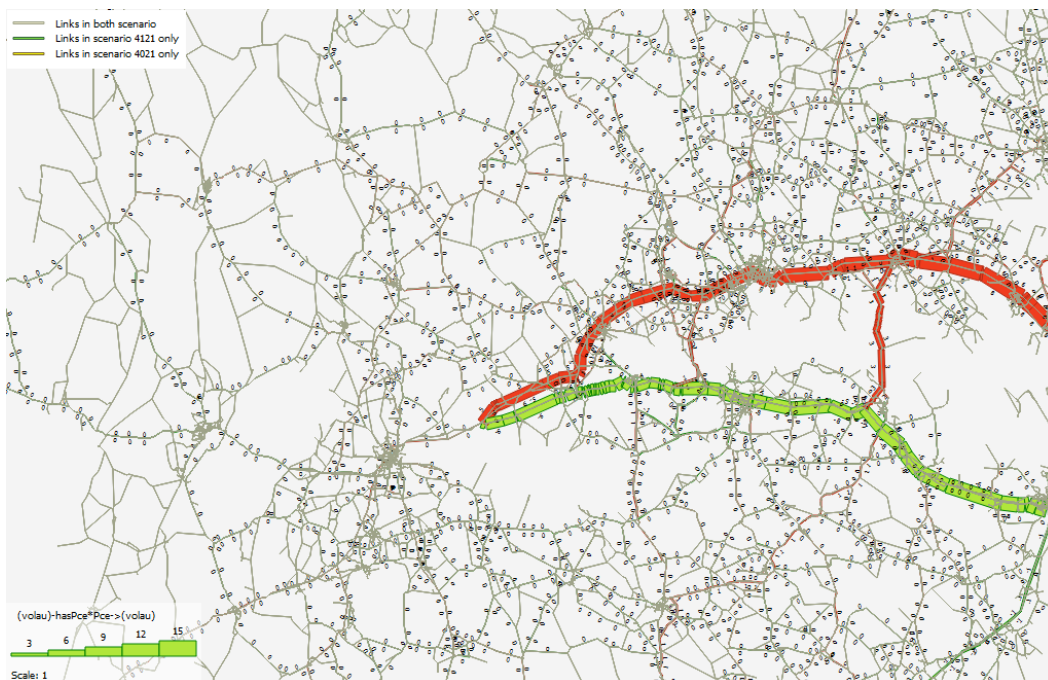


Figur 39: 4x21 tidsåtgång vid exekveringen.

Disaggregeringen av tidsåtgången visar i motsatt till figur 17 att läsningen och skrivningen av stora filer ta sin tid. Bara path-read tar nu nästan en fjärdedel av beräkningstiden. Det är inte längre försumbart.

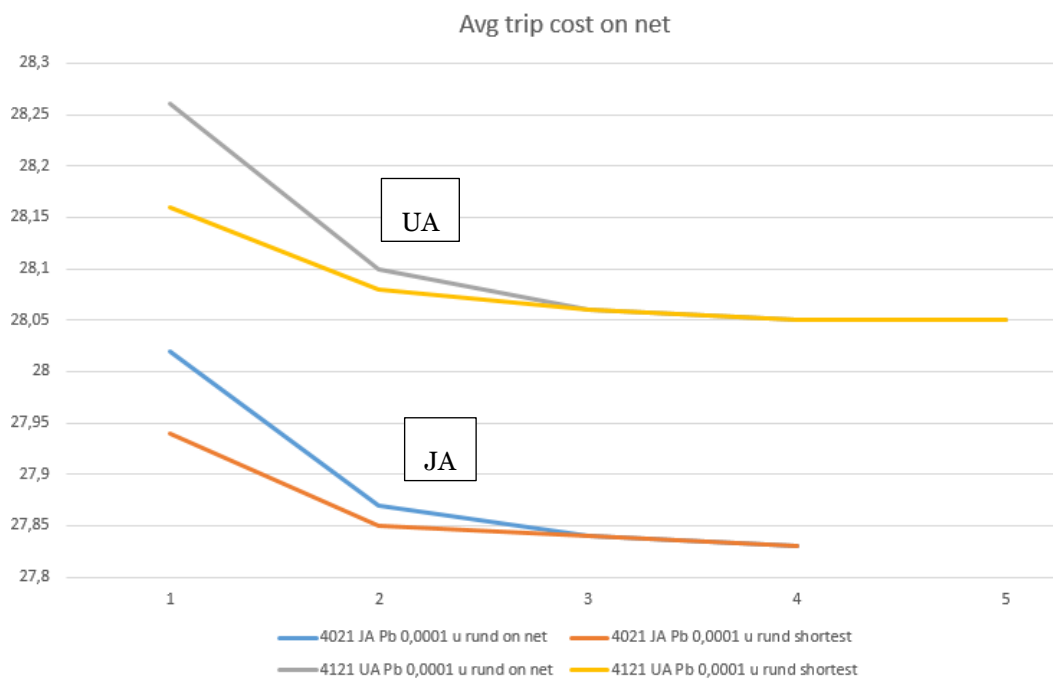


Figur 40: 4121 - 4021 Essingeleden. Resultatet liknar mera 7x21 än SOLA-beräkningar.

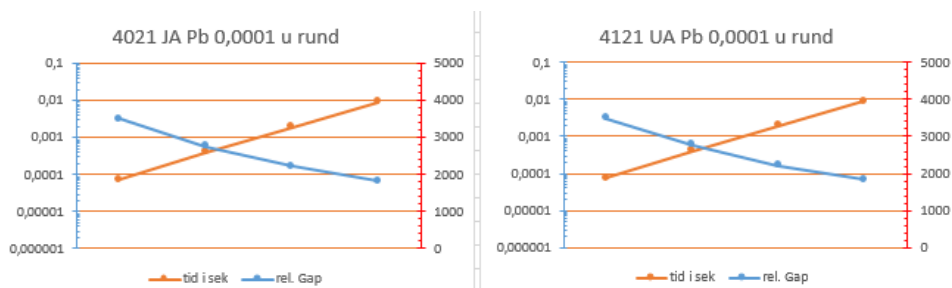


Figur 41: 4121 - 4021 indirekt område (pingvinen)

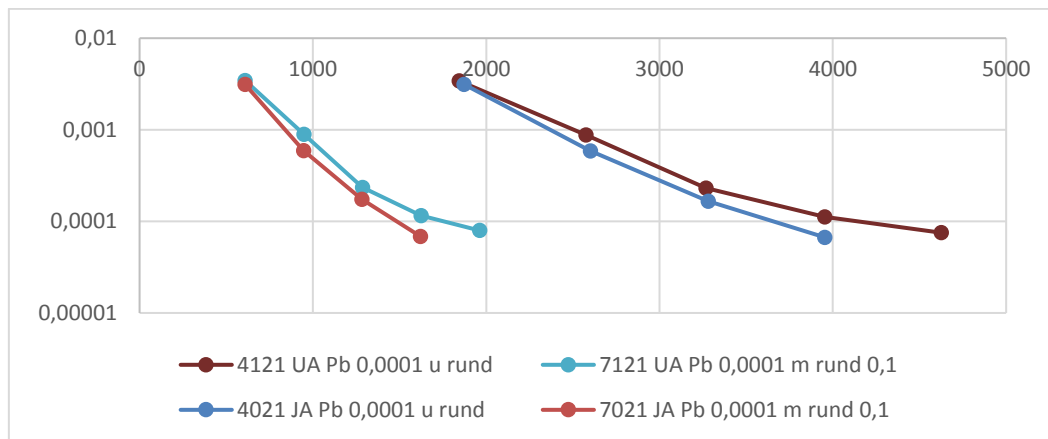
Ingen chans att denna pingvin kan lyfta. De kast som återfinns i kransområdet är enskilda fordon eller delar av dem. Kostnaden till denna jämvikt är en fördubbling av exekveringstiden och en flerfaldig ökning av storleken på Path-filer i jämförelse med 7x21. Mycket bra och robust ruttval.



Figur 42: 4x21- Översikt över genomsnittlig och minsta genomsnittlig reskostnad på nätet



Figur 43: 4x21 - tid och relative gap i förhållandet till antal iterationer

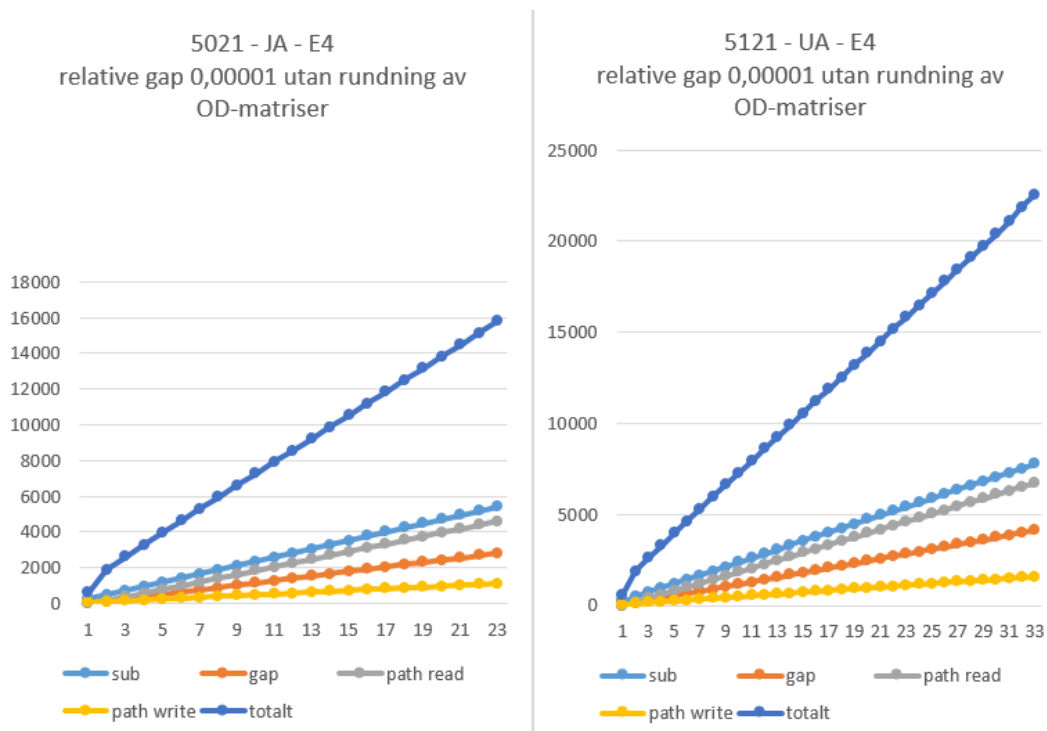


Figur 44: Av graferna kan man utläsa att bara initialisering av nätutläggningen ta nästan lika långt tid som referensscenario 7x21 hade behov av under hela sin beräkning.

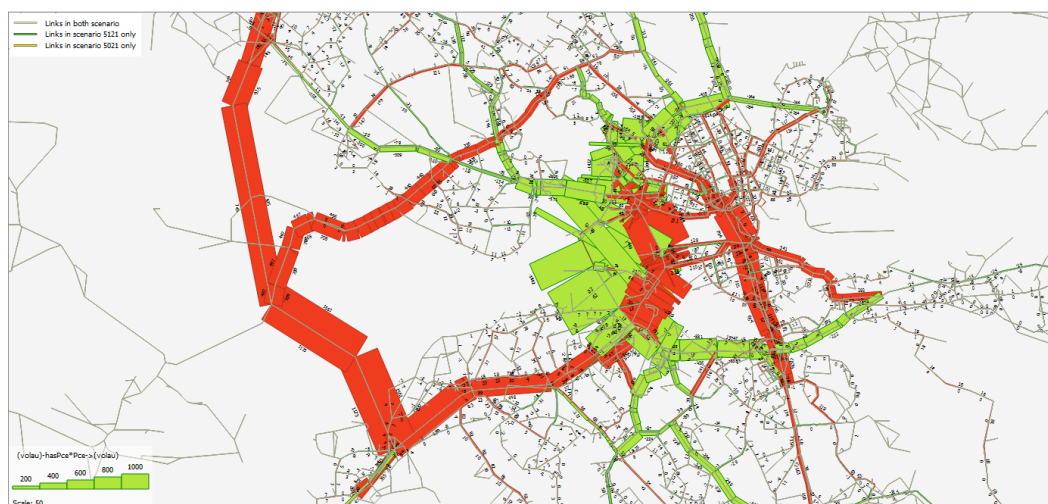
### 5x21: PBA, relative gap $10^{-5}$ utan rundning av efterfråge-matriser

Stopp: no flow change at any OD-pair  
 Antal iterationer: 23 / 33  
 Exekveringstid: 15790 sek (4:03:10) / 22555 sek (6:15:56)

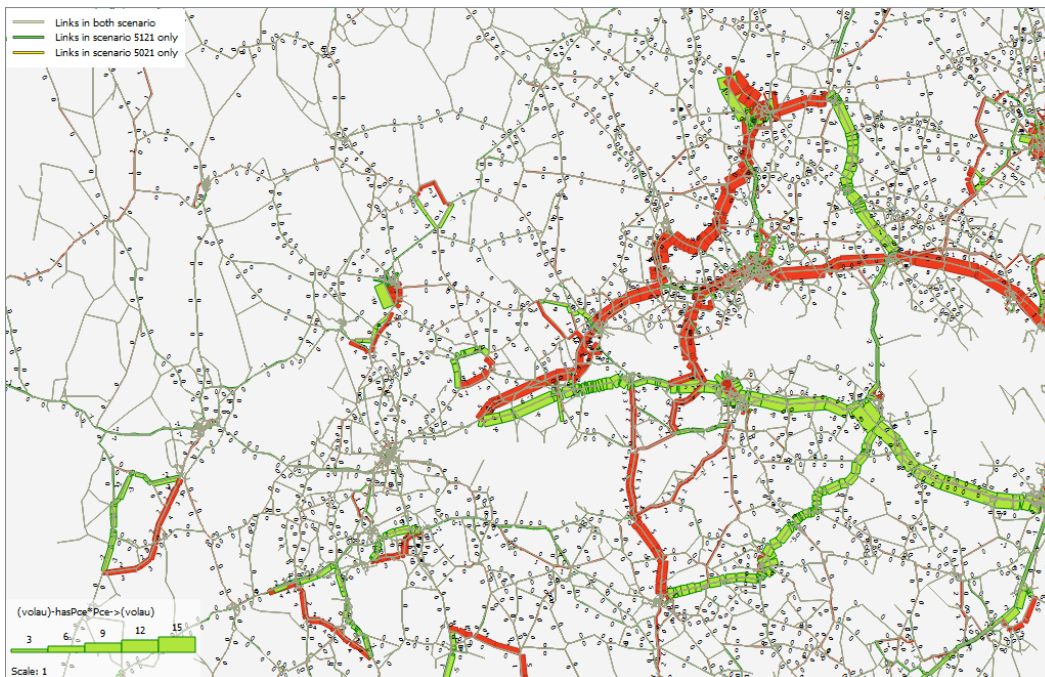
I scenario 5x21 går vi ett steg längre än i 4x21. Vi minskar gapet till  $10^{-5}$  och fortsätter att inte avrunda.



Figur 45: 5x21 tidsåtgång vid exekveringen. Som man kan se så behöver bara läsningen av Path-filer mer tid nu än hela nätutläggningen i föregående scenario 4x21.

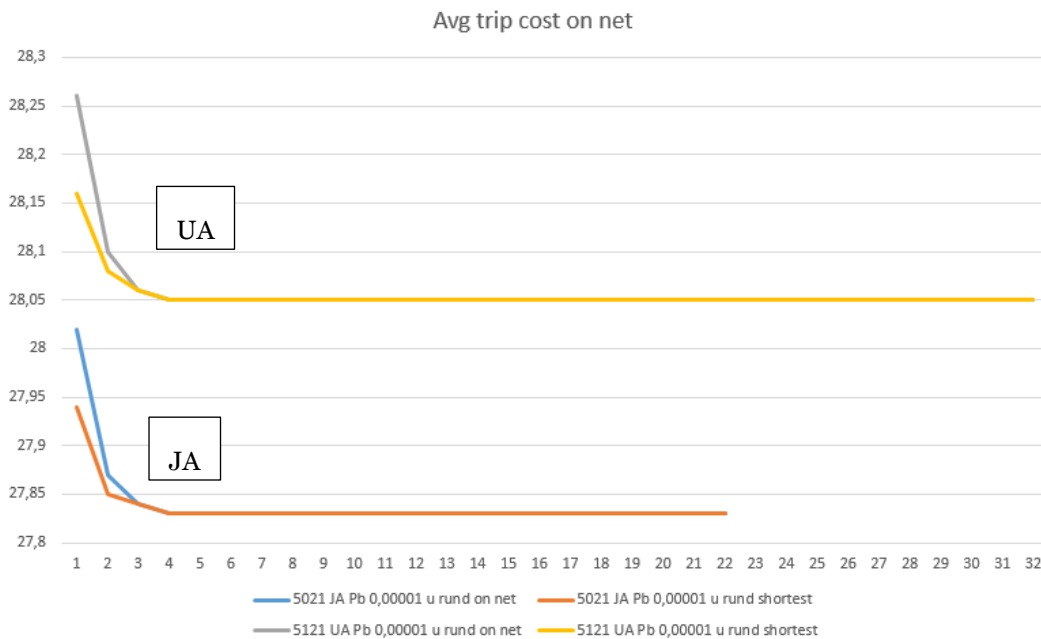


Figur 46: 5121 - 5021 Essingeleden. Resultatet i åtgårdens närområde liknar nu mera SOLA beräkningar än de tidigare PBAs. Mer resor flyttar ut till kapillärnätet.



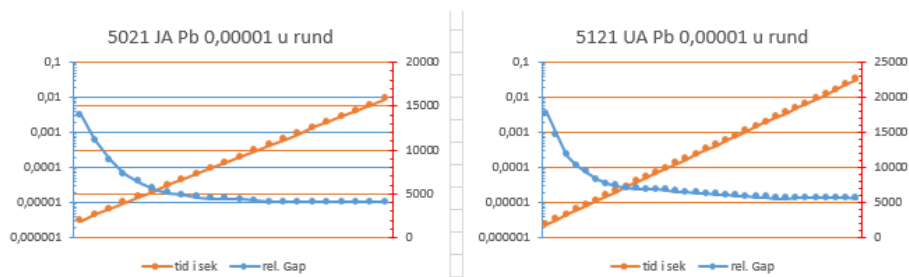
Figur 47: 5121 - 5021 indirekt område (pingvinen)

Och där lyfter pingvinen igen. Lite oväntad faktisk. Jämfört med 7x21 har vi minskat relativt gap till  $10^{-5}$  men inte avrundad, fast scenario 4x21 var så bra. Att det som resultat finns så många kast är förkastlig och inte användbart i praktiken. I tillägg tog beräkningen JA och UA tillsammans 10 timmar och slutade i "no flow change". Dvs. att beräkningen inte slutfördes utan stannade någonstans på vägen utan att hitta nya idéer för att nå det önskade relative gapet.



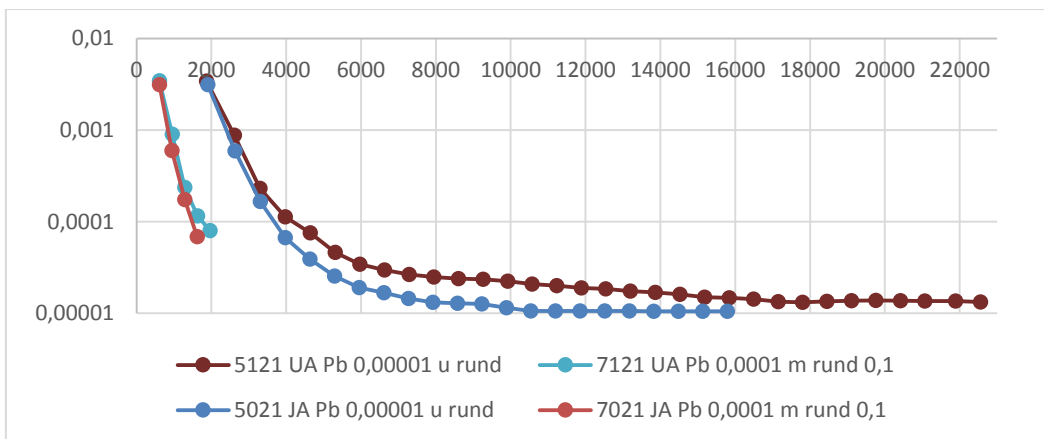
Figur 48: 5x21- Översikt över genomsnittlig och minsta genomsnittlig reskostnad på nätet.

I reskostnadsgrafnen ser man tydligt att redan efter den 4:e iterationen gick det inte längre att hitta nya lösningar trots att PBA letade i otroliga 9 timmar eller 30 iterationer.



Figur 49: 5x21 - tid och relative gap i förhållandet till antal iterationer.

I diagrammet syns att beräkningen konvergerar mot relative gap  $10^{-5}$  utan att nå strecket. Tills den gett upp med "no flow change".



Figur 50: Efter 22000 sek var det slut utan att avsluta.

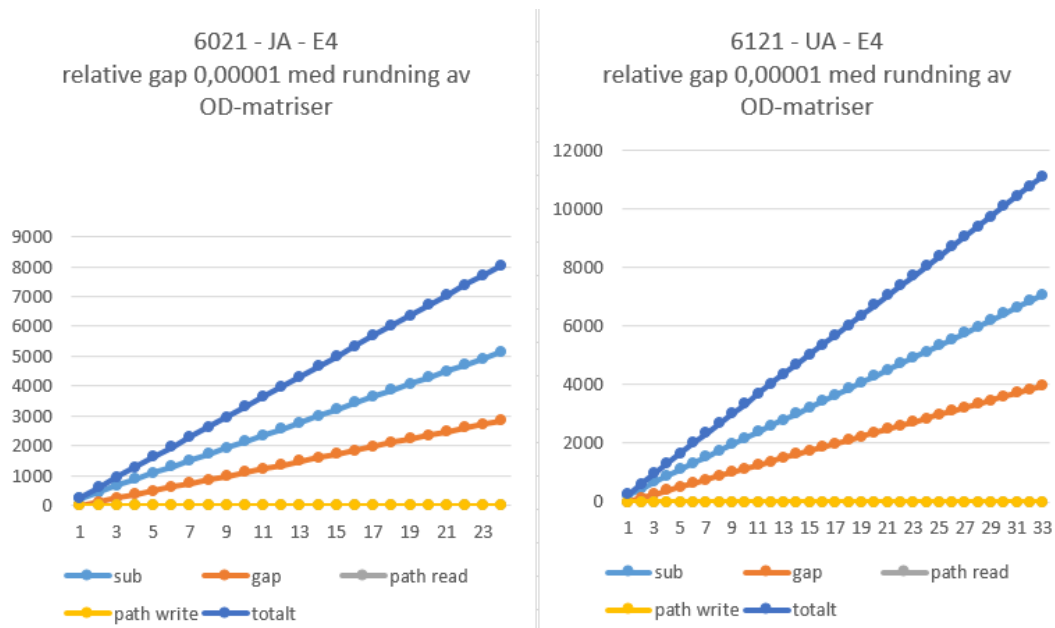
Scenario 5x21 visar tydligt att det inte är så enkelt att bara minska gapet för att kunna få en mer robust nätutläggning. Trots stora resurser i datorkraft såväl som minnesutrymme (15 GB Path-filer) så är resultatet helt oanvändbart. Till den detaljeringsgraden finns helt enkelt för många lika rutter att välja, det har blivit ett slags Sampers-Ruttlett.



**6x21: PBA, relative gap  $10^{-5}$  med rundning till 0,1 av efterfråge-matriser**

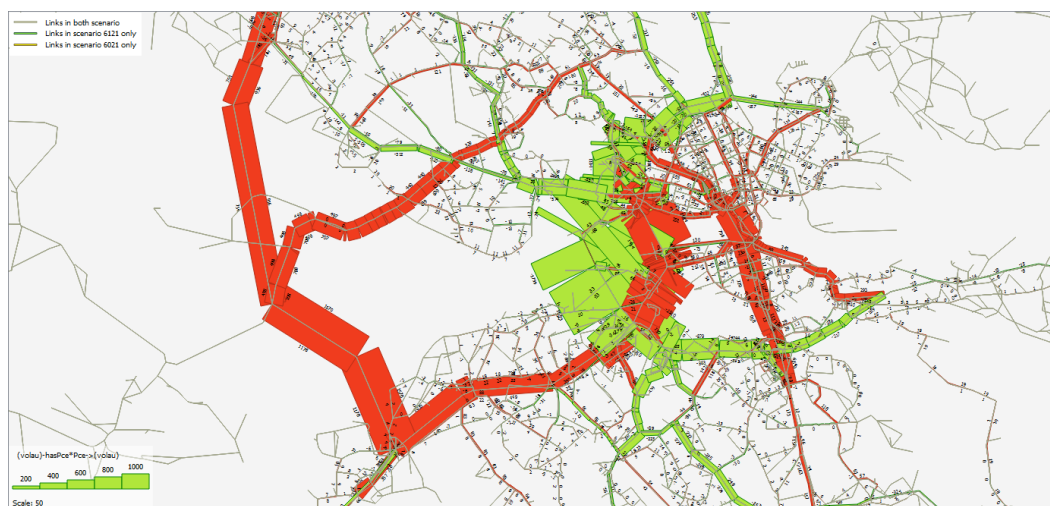
Stopp: no flow change at any OD-pair  
 Antal iterationer: 24 / 33  
 Exekveringstid: 8052 sek (2:14:13)/ 11106 sek (3:05:06)

I detta scenario går vi ett steg tillbaka och avrundar efterfrågematriser vid samma relativ gap som 5x21.

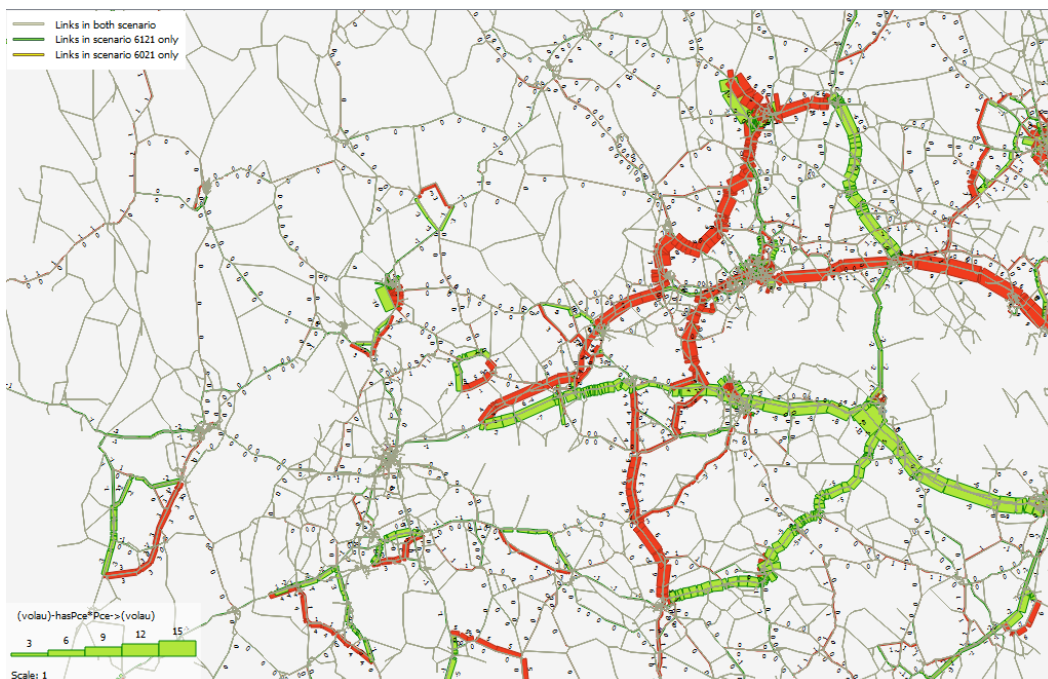


Figur 51: 6x21 tidsåtgång vid exekveringen.

Tiden minskar kraftig då tiden till hanteringen av Path-filerna har gått ned till obefintlig igen.

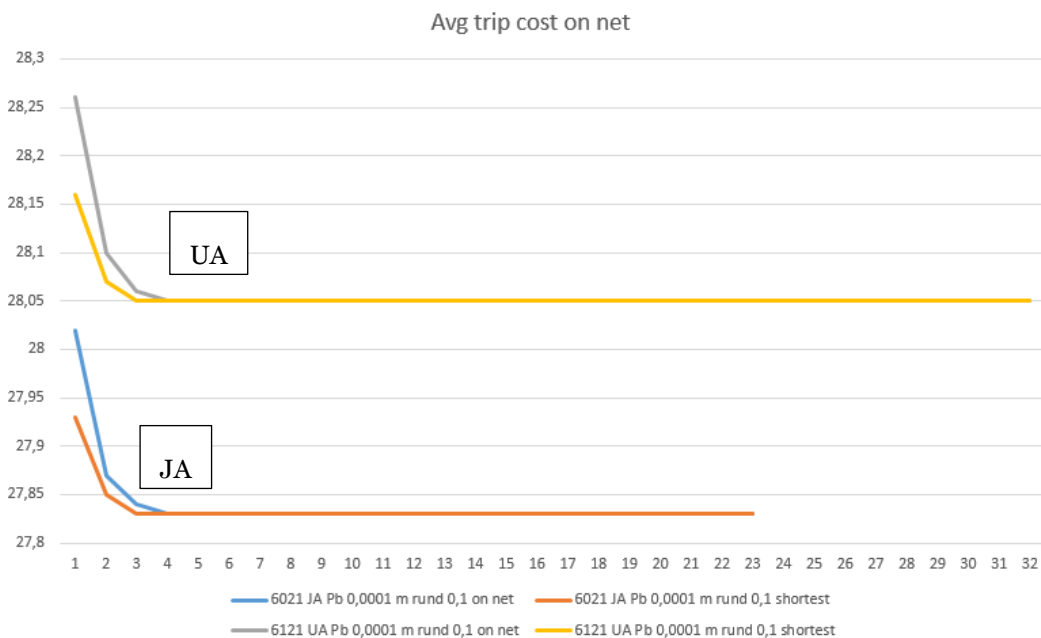


Figur 52: 6121 - 6021 Essingeleden. Nätutläggningen i innerstan är ganska lik scenario 5x21.



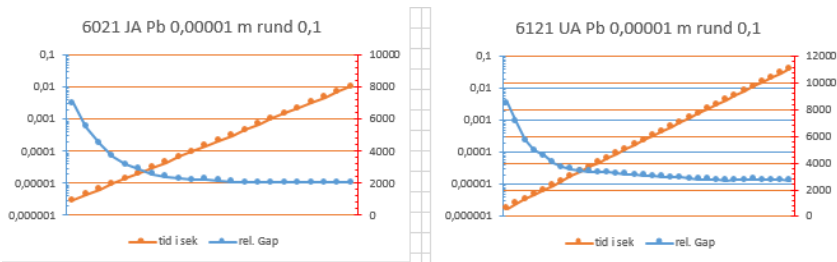
Figur 53: 6121 - 6021 indirekt område (pingvinen)

Samma resultat som 5x21, fast vingarna är mera laminär och starkare. "No flow change" blev resultatet. Att bilden ser lite mera "städad" ut jämfört med 5x21 hänger ihop med avrundningen som tar bort en del av "mindre trips". Som redan konstaterades så var det med avrundningen bara hälften av exekveringstiden. JA och UA tillsammans 5 tim.



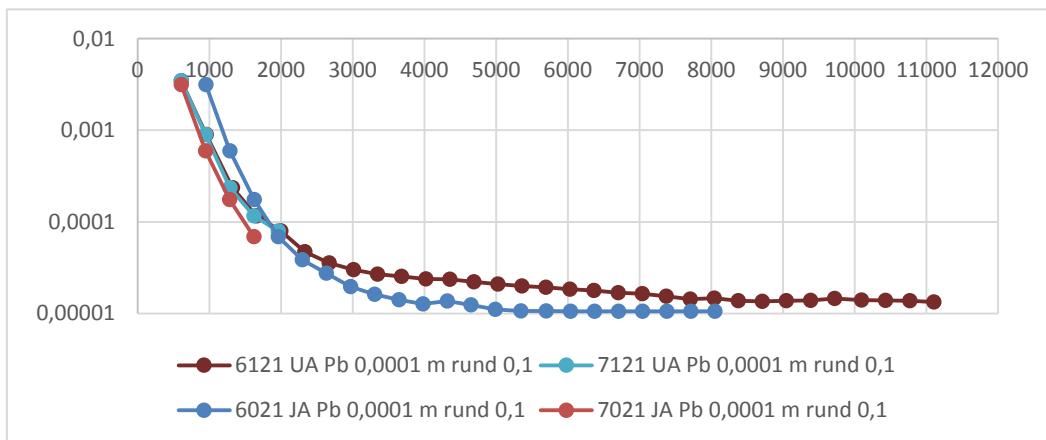
Figur 54: 6x21- Översikt över genomsnittlig och minsta genomsnittlig reskostnad på nätet.

Se kommentar till Figur 48 vid scenario 5x21



Figur 55: 6x21 - tid och relative gap i förhållandet till antal iterationer.

Samme kommentar som vid förra scenariot. Typ: Ett hål som konvergerar mot noll genom halvering av storleken.



Figur 56: Lång tid ändå ingen önskad jämvikt.

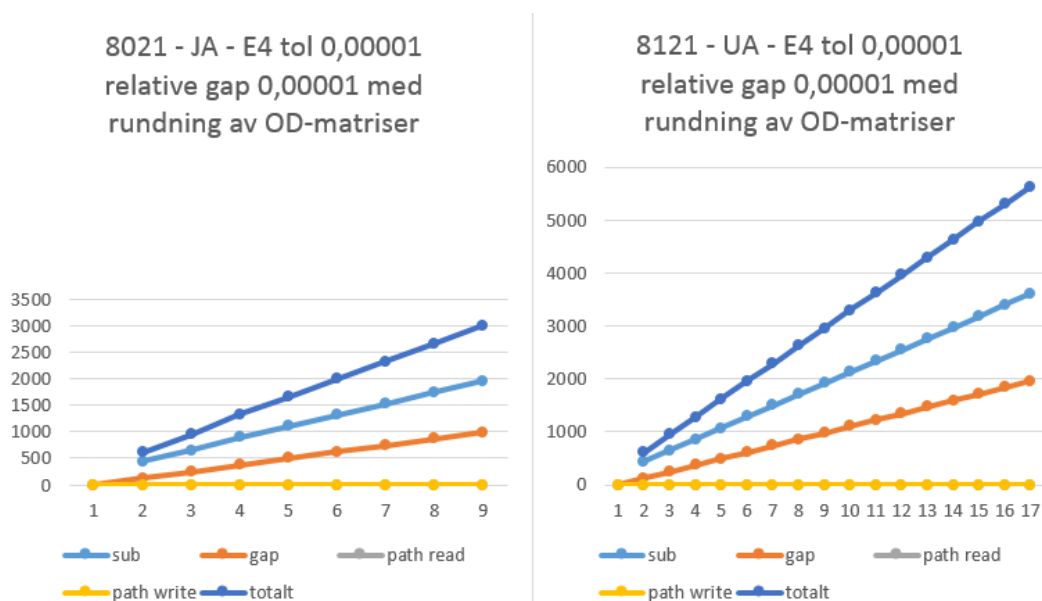
”Now flow change att any OD-pair” i det här fallet (scenario 5x21 och 6x21) betyder att motståndet i nätet är ganska lika överallt, så att nätutläggningsmetoden inte klarar att hitta en bättre lösning än den siste, oavsett hur mycket den också försöker att lägga om trafiken hit eller dit. Överallt är det samma kostnaden i nätet.

Den ända möjligheten som kommer rund fenomenet är att sänka kostnadstoleransen. Cost equality toleranse (cet) är en av inställningar i PBA. I referensscenariot är den satt så att den minskar med 0,001 för varje iteration och efter 30 iterationer minskar den med 0,0001. I de nästa två scenarier sätts cet till 0,0001 redan vid första iteration.

### 8x21: PBA, relative gap $10^{-5}$ med rundning till 0,1, cost eq. tolerance $10^{-4}$

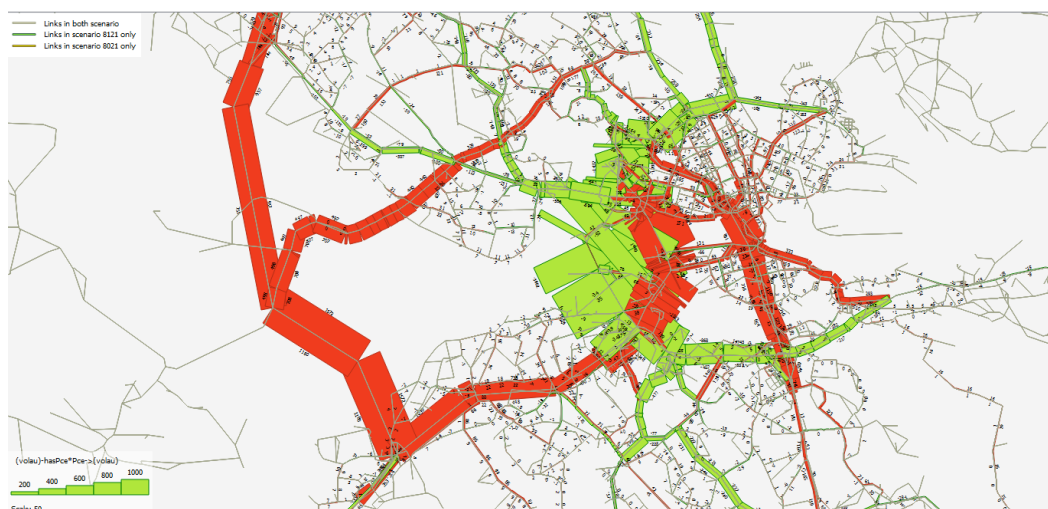
Stopp: relative gap  
Antal iterationer: 8 / 16  
Exekveringstid: 3004 sek (0:50:05) / 5634 sek (1:33:55)

I det här scenariot har jag upprepat körningen 5x21 och minskad path cost equality tolerans 10ggr till 0,0001. Pingvinen har landad och bilden liknar mera utgångsscenario 7x21. Det finns fortfarande kast men det handlar om enskilda fordon som i alla fall hänger på något sätt ihop med de förväntade flödesförändringarna om man ignorerar de kast söder om E20. Tiden är den dubbla till 3 ggr 7x21.



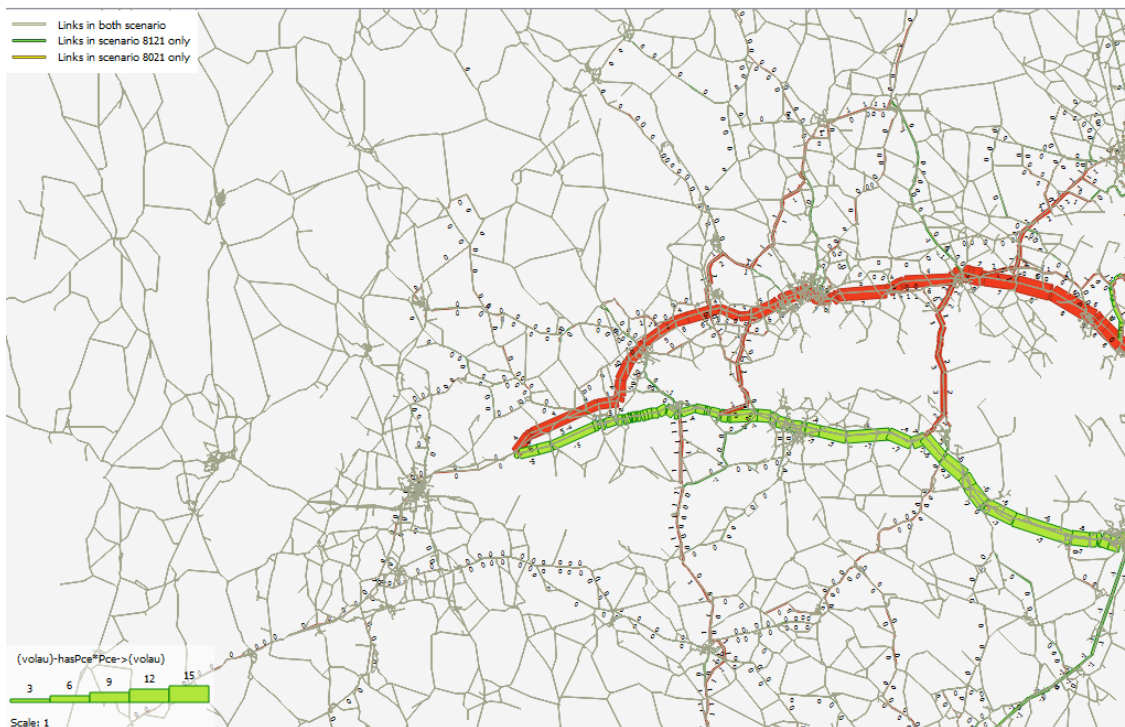
Figur 57: 8x21 tidsåtgång vid exekveringen

Tiden håller sig inom ramen för rel gap  $10^{-5}$  då efterfrågematrisen avrundats och därmed inga stora Path-filer hanteras.



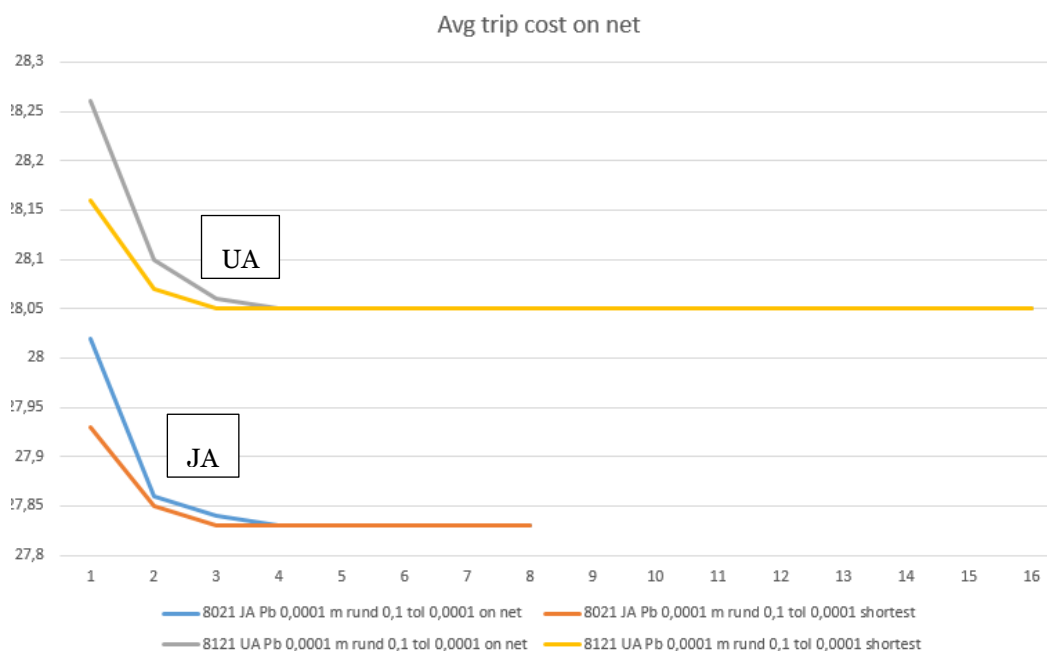
Figur 58: 8121 - 8021 Essingeleden.

Som i förre  $10^{-5}$  - scenariot ligger innerstan mera i linje med SOLA än PBA scenarier.



Figur 59: 8121 - 8021 indirekt område (pingvinen).

Pingvinen har landat och jämförd med förra försöket ser bilden städad ut. Ändå är det en del kast som kommer söderifrån till E20 som inte borde vara där. Allting ovanför E20 ser faktisk mycket bra ut.



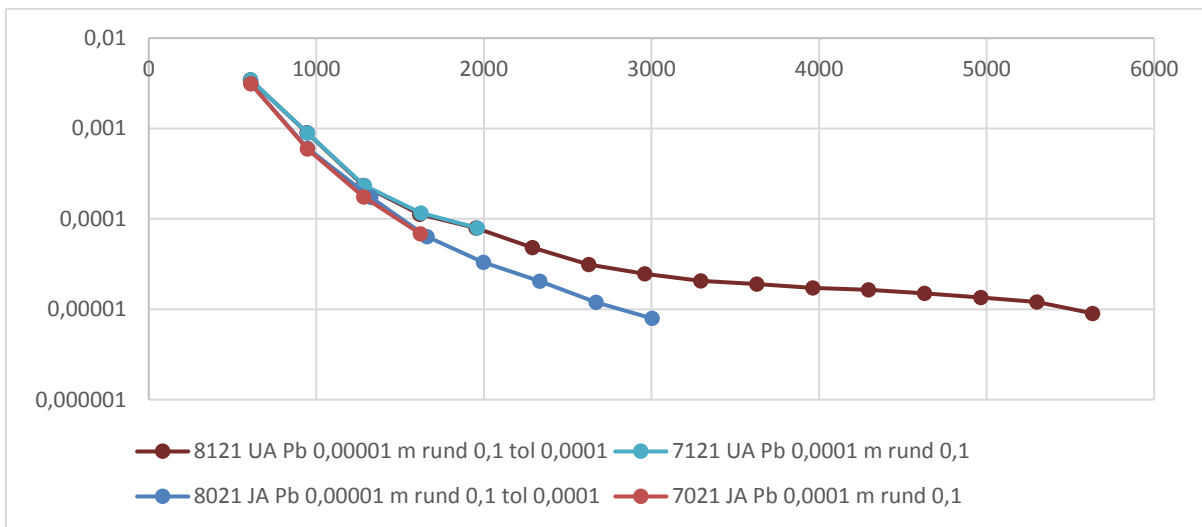
Figur 60: 8x21- Översikt över genomsnittlig och minsta genomsnittlig reskostnad på nätet.

Faktisk ser grafen ut ganska likt 5x21 med "no flow change..." men inställningar till nätutläggningen tillät det ändå att hitta en lösning till att nå det önskade gapet och därmed tvinga pingvinen att landa.



Figur 61: 8x21 - tid och relative gap i förhållandet till antal iterationer.

Det relativa gapet nådd målet.

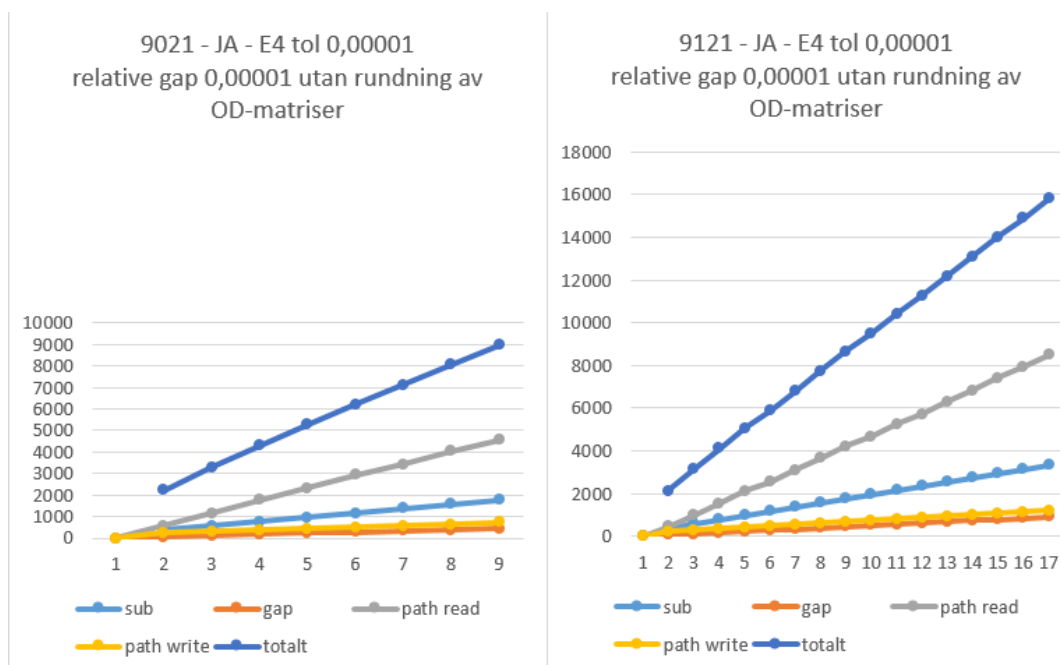


Figur 62: 8x21 - tid i förhållandet till relative gap

Där har vi hittat en släkting. Referensscenariot 7x21 är närmast identisk med 8x21 i exekveringstid och närmandet till relative gapet till sina respektive inställda stoppkriterier. Skillnaden är endast faktor  $10^{-1}$  i gapet och i cet. Att PBA här minskar gapet vidare vid lika utläggning som scen 7 betyder faktisk att bakgrundsbruset rensas bort i den här nätutläggningen.

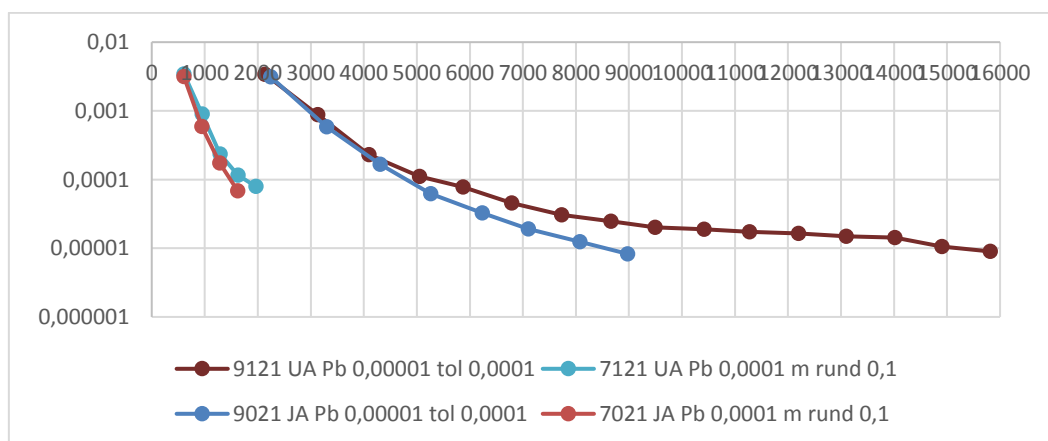
**9x21: PBA, relative gap  $10^{-5}$  utan rundning, cost eq. tolerance  $10^{-4}$**

Stopp: relative gap  
 Antal iterationer: 8 / 16  
 Exekveringstid: 8974 sek (2:29:34)/ 15816 sek (4:23:36)



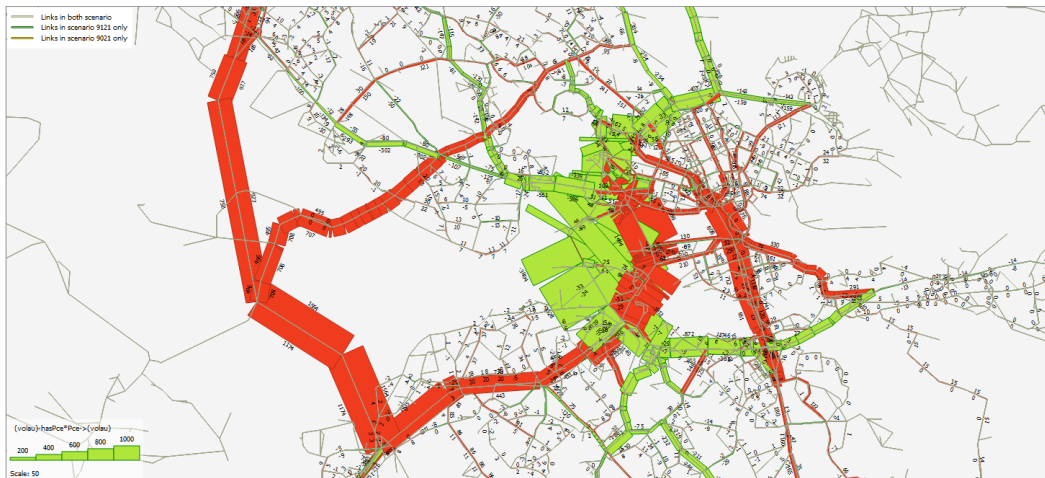
Figur 63: 9x21 tidsåtgång vid exekveringen.

Med uppsättningen av beräkningen i detta scenario tar bara läsningen av de stora Path-filer i 9121 hela 2,5 timmar i anspråk, däremot verkar beräkningen av själva nätutläggningen som en bisyssla.

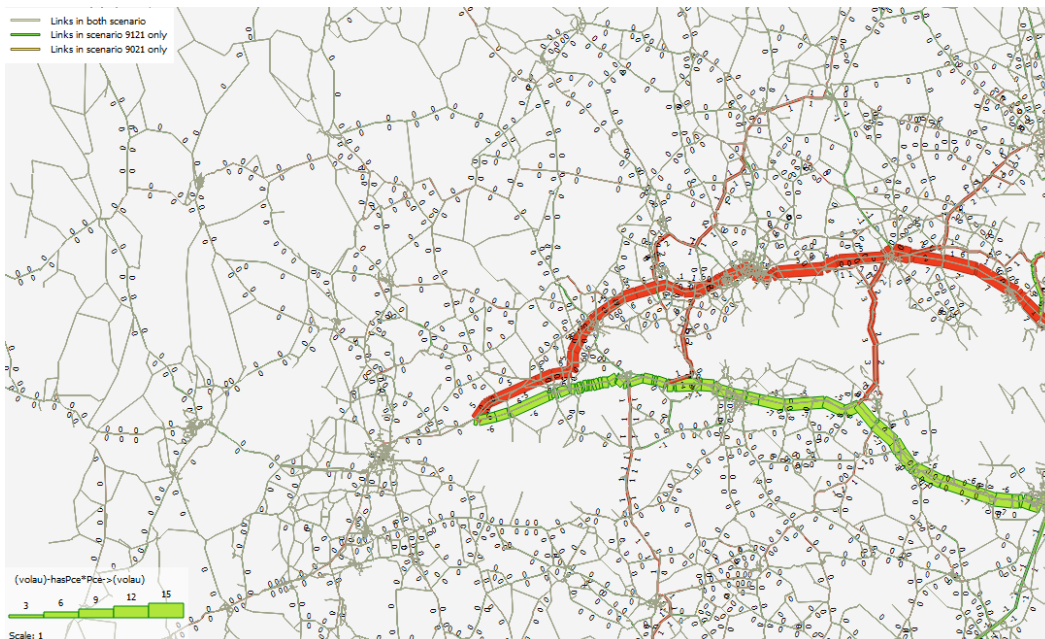


Figur 64: förhållandet mellan tidsåtgången och konvergeringen till inställd relative gap.

Också här är det tydligt att initieringen av beräkningen tar mer tid än hela referensberäkningen för sig.



Figur 65: 9121 - 9021 Essingeleden

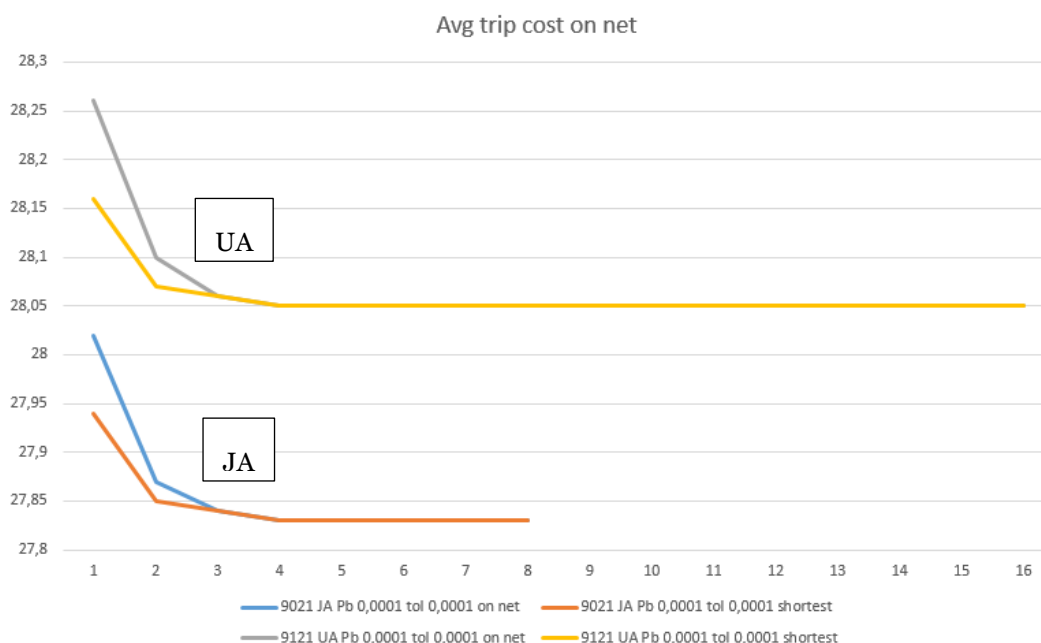


Figur 66: 9121 - 9021 indirekt område (pingvinen).

*Pingvinen sitter på marken De olika kast är mindre än i 8x21 fast bilden ser mera ostädad ut. Det hänger ihop med fram för allt minimala kast i kapillärnätet som resulterar av den inte avrundade efterfrågematrisen. Men i den storleksordningen är kasten försumbart och skulle inte påverka Samkalkresultatet.*

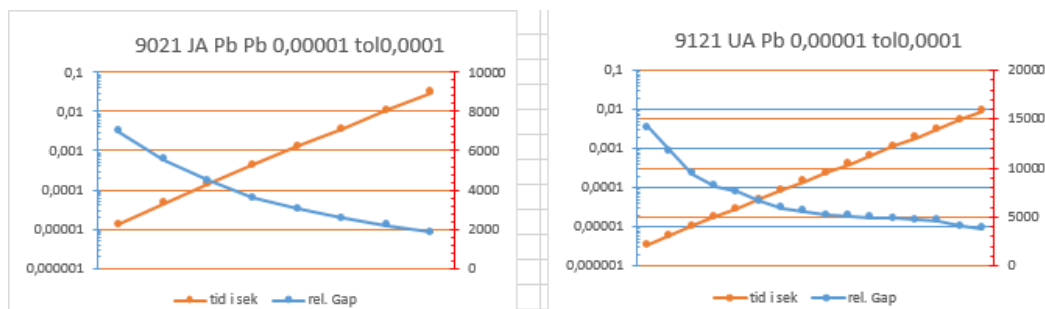
6 tim. total exekveringstid är å andra sidan ganska häftigt. Så den här uppsättningen skulle man kanske använda sparsamt. Våra intressant att veta hur Samkalkresultatet till det här scenariot matcher det av scenario 7x21, men det är inte frågan som ska besvaras av detta arbete.





Figur 67: 9x21- Översikt över genomsnittlig och minsta genomsnittlig reskostnad på nätet.

Konvergens uppnådd ganska tidig i beräkningsprocessen redan efter 3 iterationer och efter 4 iterationer verkar det inte att det finns någon nämnvärd bättre rutt att välja. I varje fall inte i den upplösningen som kostnadsaxeln är.



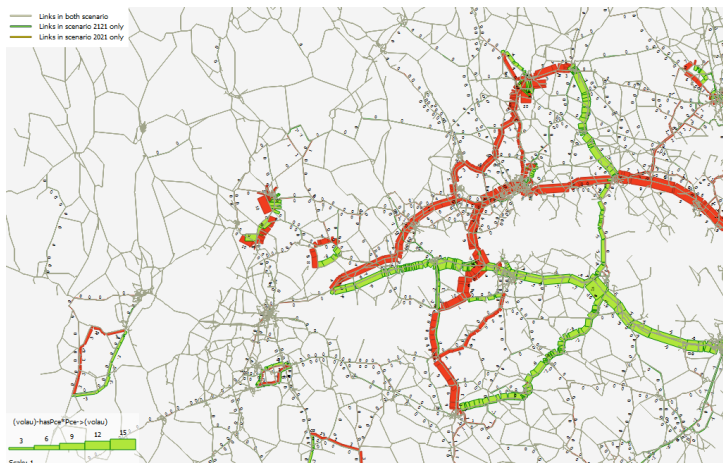
Figur 68: 9x21 - tid och relative gap i förhållandet till antal iterationer.

Medan 9021 närmar sig mer eller mindre rak det önskade jämviktstal, tar 9121 två suck (6:e och 15:e iteration) för att nå relative gap  $10^{-5}$ .

## Den siste frågan

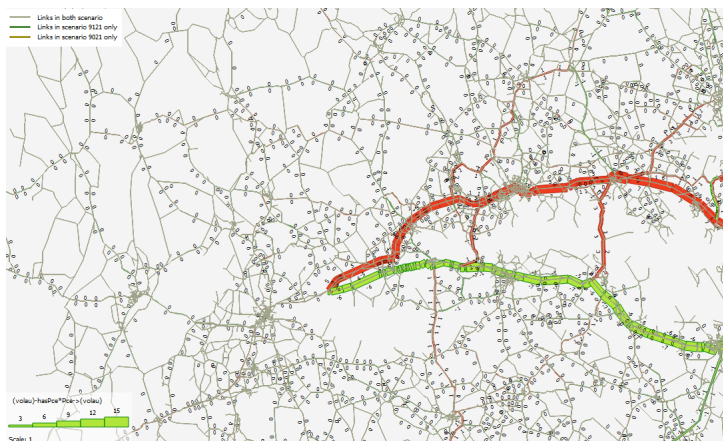
Kan en pingvin flyga?

Svaret är ja den kan, men den ska inte.



Ja en pingvin kan flyga.

Som man ser på bilden så lyfter pingvinen lätt med hjälp av en otillräckligt konvergerad jämvikt (på bilden SOLA  $10^{-4}$ )



Men den ska inte flyga.

Att få ned pingvinen till säkert mark handlar om en bra konvergerad jämvikt, helst  $10^{-6}$

Därför är också den siste rekommendation att hålla gapet så tätt som försvarbar angående beräkningsprestanda, tidsförbrukningen och betydelse av ett tillsvarende resultat.