

Tvärförbindelse Södertörn

Framtagning av kalibreringsmetod

1. Sammanfattning

Till följd av underskattade flöden längs väg 259 i Sampers nulägesprognos för 2014 har beslut tagits om att kalibrering bör genomföras för att på ett bättre sätt återspegla dagens flöden inom området.

Detta PM syftar till att beskriva den metodik som använts för kalibrering¹. Till följd av upptäckta fel i Sampers basprognos som uppdagades under detta arbetes gång kommer de resultat som redovisas i detta PM inte återspegla de resultat som skulle återges i en skarp analys där dessa felaktigheter rättats.

Då den så kallade SAMM modellen i Samperssystemet använder sig av mer komplexa nätutläggningsmetoder än andra regionala sampersmodeller (palt, sydost och Skåne) syftar detta PM till att utreda huruvida det är möjligt att på ett relativt enkelt sätt kalibrera biltrafik på ett bra sätt i denna modell.

Resultaten visar på att det för aktuellt utredningsobjekt är fullt möjligt att genomföra kalibrering på dygnsnivå. Det är dock troligt att kalibrering på timnivå är mer lämpligt för analyser närmare centrala delar av Stockholm. Vilken metod som bör användas (kalibrering på dygnsnivå eller på timnivå) bör avgöras specifikt för varje ny analys i SAMM modellen.

Resultaten visar även att det för aktuellt objekt är möjligt att kalibrera modellen till bra överensstämmelse mot trafikräkningar utan att göra alltför grova ingrepp i startmatriser som i sin tur skulle kunna påverka resultat i Samkalk på ett orimligt sätt.

En relevant del vid kalibrering är hur man kan ta med sig sin kalibreringsmatris från dagens trafik till ett framtida prognosår. Det finns ett antal olika metoder för detta att välja mellan (differensmetod, kvotmetod eller en kombination av dessa båda, så kallad Daly:s metod). I detta fall bedöms Daly:s metod vara mest lämplig, framförallt då den undviker att negativa värden skapas i prognosmatrisen men även för att på ett bättre sätt kontrollera relationer där stora förändringar skett i indata mellan nuläget och prognosåret.

¹ Detta PM har ursprungligen skrivits av Johannes Östlund på M4Traffic som var underkonsult till Tyréns AB som på uppdrag av Trafikverket gjorde en undersökning om Tvärförbindelse Södertörn. Resultat av analysen publicerades separat som Arbets PM Tvärförbindelse Södertörn (M4Traffic, 2017). I ArbetsPM-ets kapitel 4 beskrivs kalibreringsmetoden och resultat mycket kortfattat. Syftet med den föreliggande PM var att ge en mer detaljerad beskrivning av kalibreringen som ett exempel på hur kalibrering kan göras i Sampers i samband med ett vägprojekt. Leonid Engelson, Trafikverket, lämnade kommentarer till första utkast av PM-et men p.g.a. resursbrist har dessa kommentarer inte tagits om hand av M4Traffic. M4Traffic och Trafikverket har i efterhand kommit överens om att Leonids kommentarer omvandlas till fotnoter och PM:et publiceras i detta skick. Alla fotnoter i PM:et som Leonid skrivit har markerats som följande: – LE.

2. Bakgrund

Inom ramen för lokaliseringsutredning av Tvärförbindelse Södertörn har uppmärksamats att de modellflöden som genereras i nulägesprognosen 2014 (trafikverkets basriggning ver 1604) överensstämmer mindre bra med trafikräkningar inom utredningsområdet.

Till följd av detta har beslut tagits av Trafikverket att nulägesprognosen 2014 måste kalibreras för att uppnå mer trovärdiga resultat i prognosåret 2040.

Då det inte finns några färdiga direktiv för hur kalibrering av den så kallade SAMM modellen i Sampers bör ett antal olika metoder för kalibrering av modellen utprovas. En viktig del i kalibreringsarbetet är att kalibreringen av nulägesprognosen ger resultat som är tillämpbara, inte bara för prognosåret, men även för användning i Samkalkmodellen.

Efter påbörjat arbete med framtagning av metod uppdagades ett antal problem i den basprognos som detta arbete baseras på, bland annat hittades fel i de kalibreringsfiler som används i Sampers för styrning av ex. färdmedelsval och reslängdsfördelning. Även stora avvikelser i yrkesmatriser samt ett antal felkodningar i vägnätet. Merparten av dessa problem påverkar främst Stockholms innerstad, men viss påverkan ges även i området för denna specifika utredning.

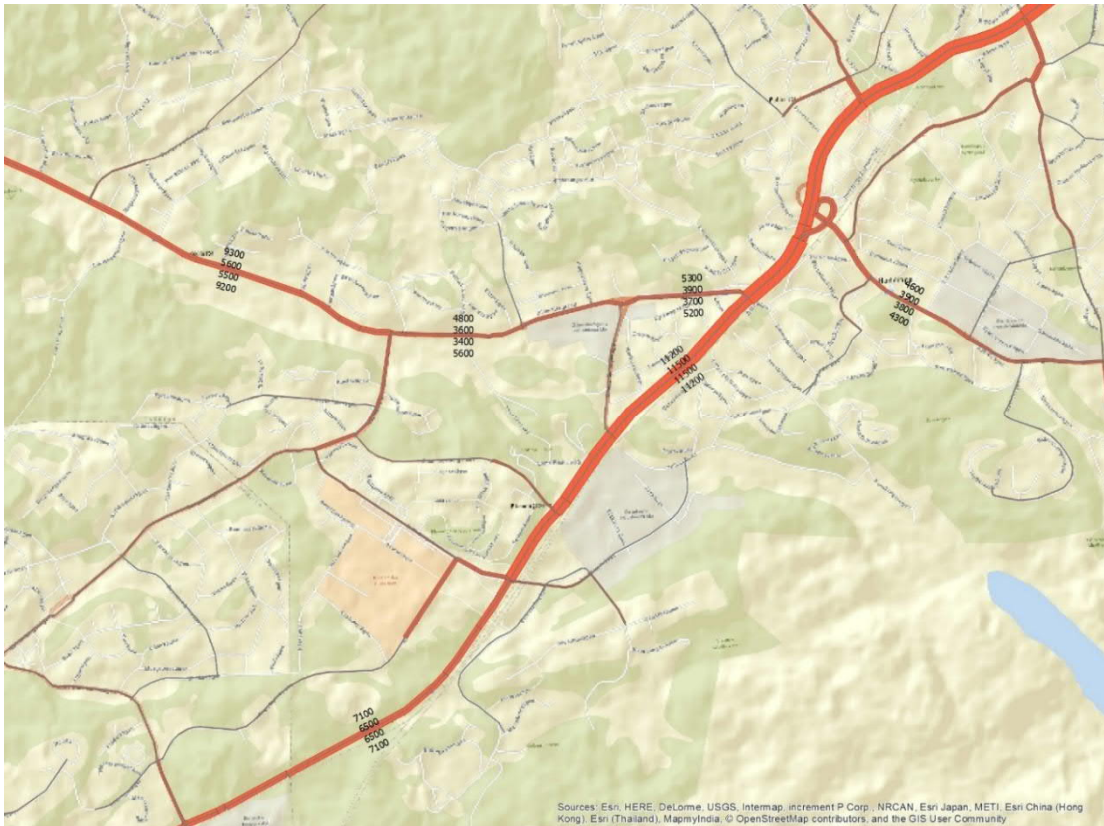
Ovanstående innebär att resultat som redovisas i detta PM inte stämmer överens med resultaten som skulle genereras med en uppdaterad modell. Detta PM avser dock främst redovisa exempel på metod för kalibrering av SAMM modellen. Inom ramen för lokaliseringsutredningen kommer kalibrering att ske med uppdaterade förutsättningar enligt ovan.

3. Utgångsläge

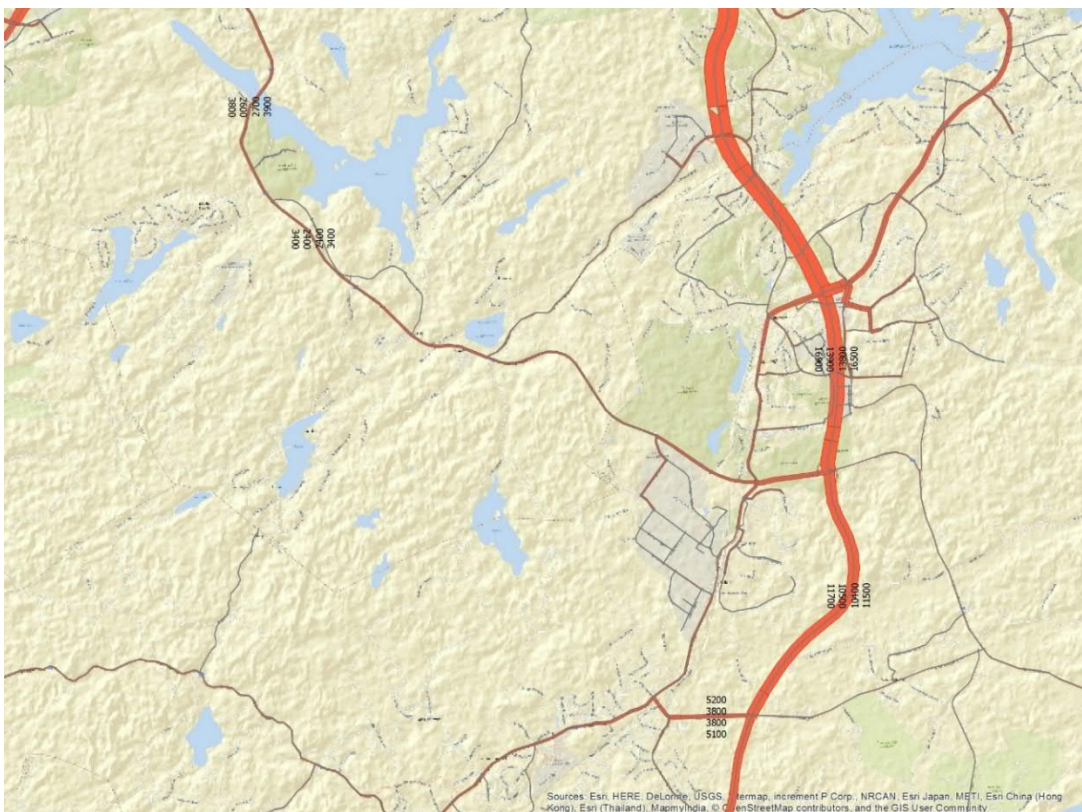
Som beskrivs ovan är överensstämmelse mellan modellens resultat och trafikräkningar inom utredningsområdet relativt dålig. Nedan visas bilder där modellgenererade flöden visas innerst och trafikräkningar ytterst. Resultaten avser ÅMD (årsmedeldygnstrafik).

3.1 Personbil

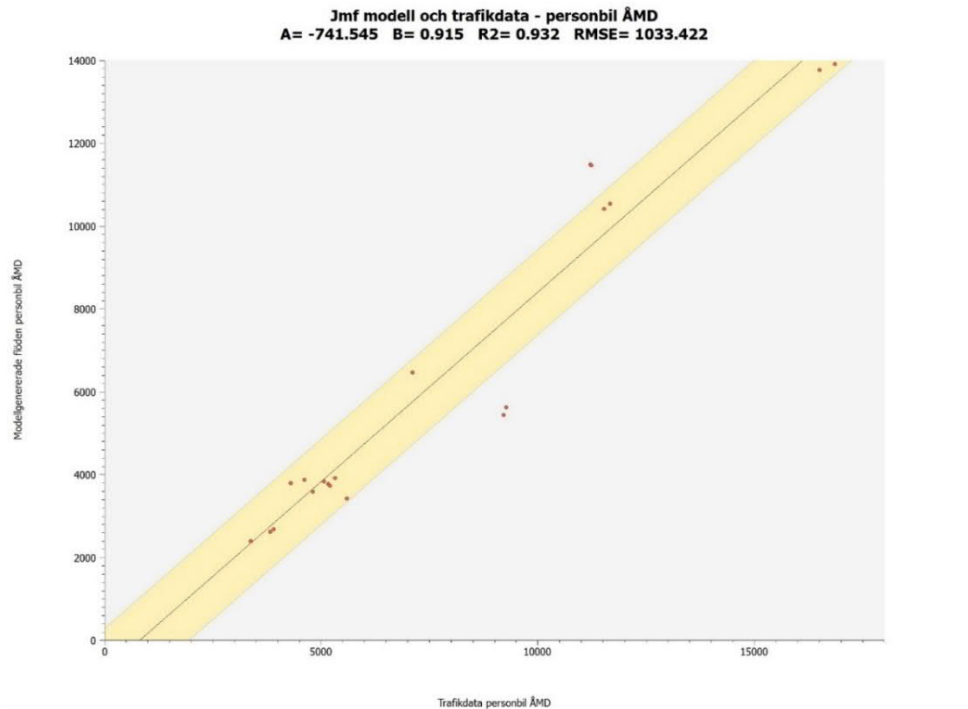
I nord-sydlig riktning är överensstämmelsen relativt bra på väg 226. Dock avviker modellen med ca 4000 personbilar per dygn på väg 259 väster om Flemingsberg. Relativt stora underskattningar i modellen ses även på väg 259 öster om Huddinge.



Figur x: Jmf modellgenererade flöden och trafikmätningar (ÅMD, personbil), modell innerst, trafikdata ytterst



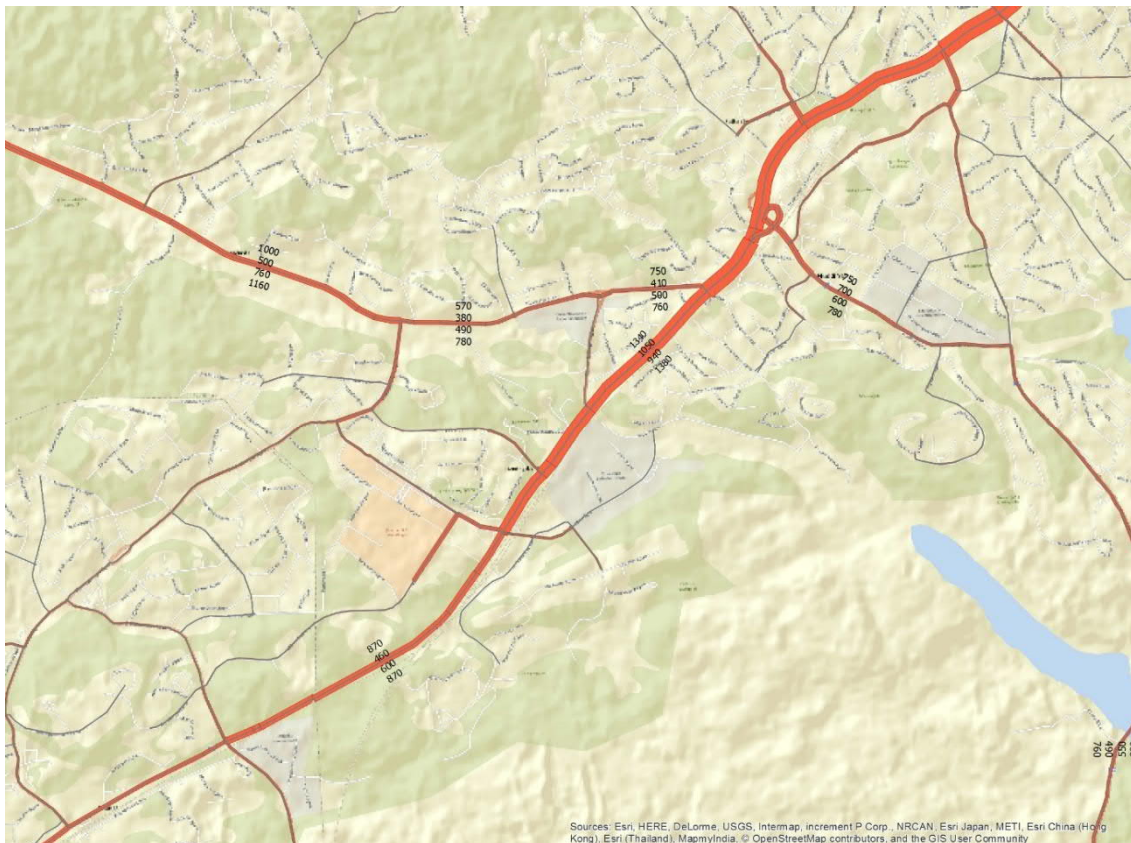
Figur x: Jmf modellgenererade flöden och trafikmätningar (ÅMD, personbil), modell innerst, trafikdata ytterst



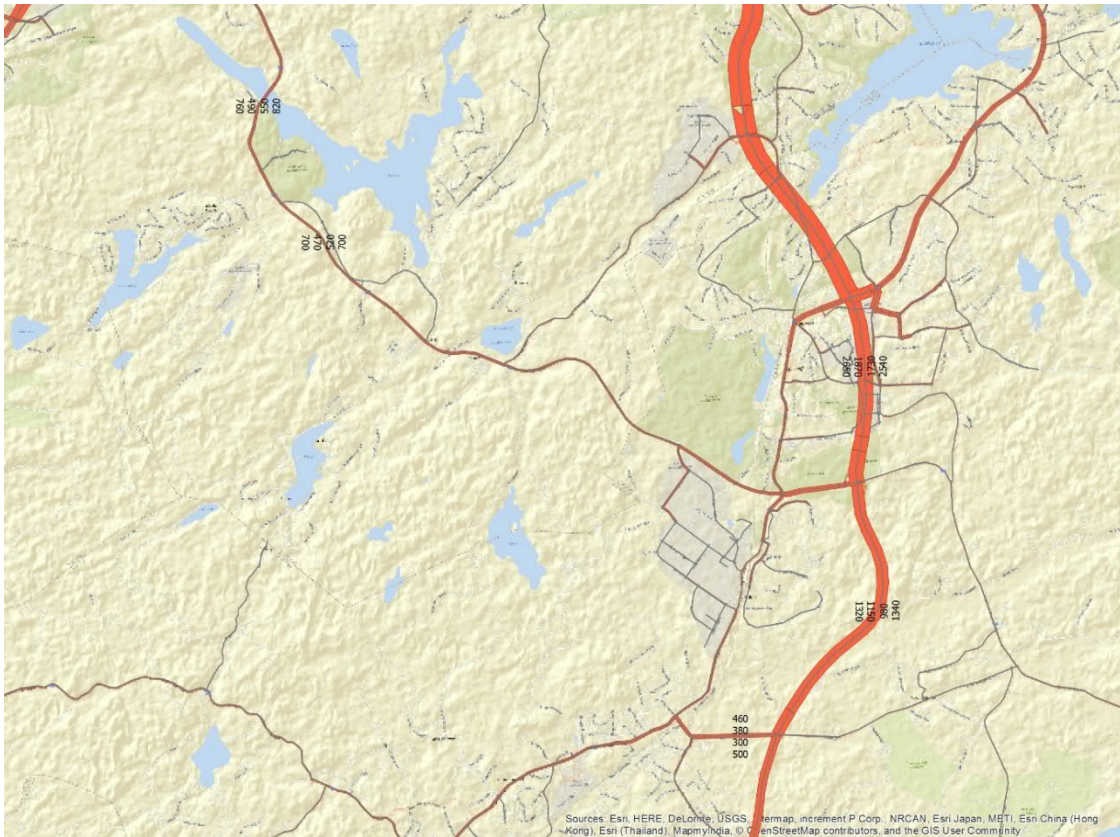
Figur x: Jmf modellgenererade flöden och trafikmätningar (ÅMD, personbil)

3.2 Tung trafik

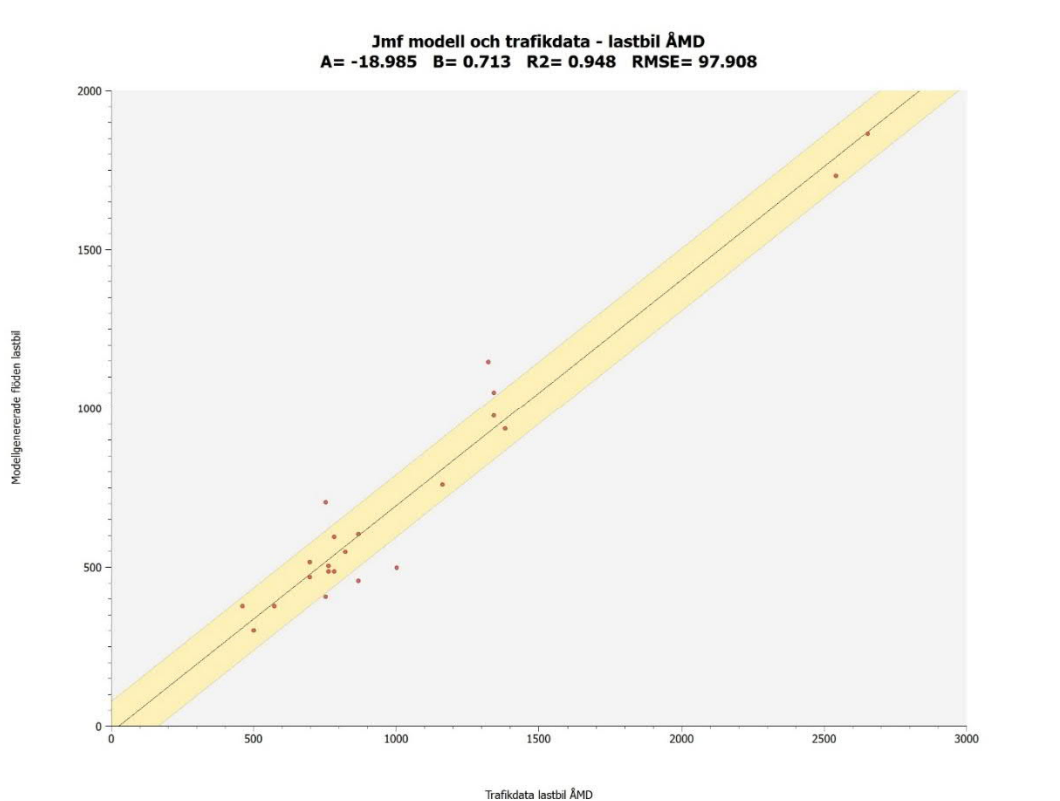
För den tunga trafiken ser modellen ut att underskatta flödena generellt, alltså inte bara i enstaka punkter.



Figur x: Jmf modellgenererade flöden och trafikmätningar (ÅMD, lastbil), modell innerst, trafikdata ytterst



Figur x: Jmf modellgenererade flöden och trafikmätningar (ÅMD, lastbil), modell innerst, trafikdata ytterst



Figur x: Jmf modellgenererade flöden och trafikmätningar (ÅMD, lastbil)

4. Genomförande

Efter diskussion med Trafikverket har beslut tagits om att huvudspår för den metod som bör användas är så kallad gradientjusteringsmetod. Kalibrering bör om möjligt ske med så kallad dygnsutläggning.²

5. Kalibrering dygnsnivå

För att kalibrering av flöden på dygnsnivå ska vara möjligt vid kalibrering måste säkerställas att resultaten av en nätutläggning på dygnsnivå i Sampersmodellen ger liknande resultat som standardmetod i SAMM modellen.

För att utreda vilken nätutläggningsmetod på dygnsnivå som genererar bäst överensstämmelse med standardmetod i SAMM har tre olika utläggningsmetoder testats. En där enbart snabbaste resväg per relation tillämpas (exkl. vägavgifter), en där utöver restid även reslängden och vägavgifter tas hänsyn samt en tredje där restid och vägavgifter tas hänsyn.

I Sampers standardmetod görs nätutläggningar i modul 5.25 för att kunna spara så kallade path-filer. Vid kalibrering av matriser med stöd av gradientjusteringsmetoden kan denna modul inte tillämpas³ innebärande att moduler 5.11 och 5.21 måste användas vid nätutläggning. I Sampers används dessutom som standard, nätutläggning med flera olika klasser (multiclass assignment) vilket ofta inte är möjligt vid kalibrering då trafikdata sällan är uppdelad på denna nivå, exempelvis personbilar och personbilar yrkestrafik för sig.⁴

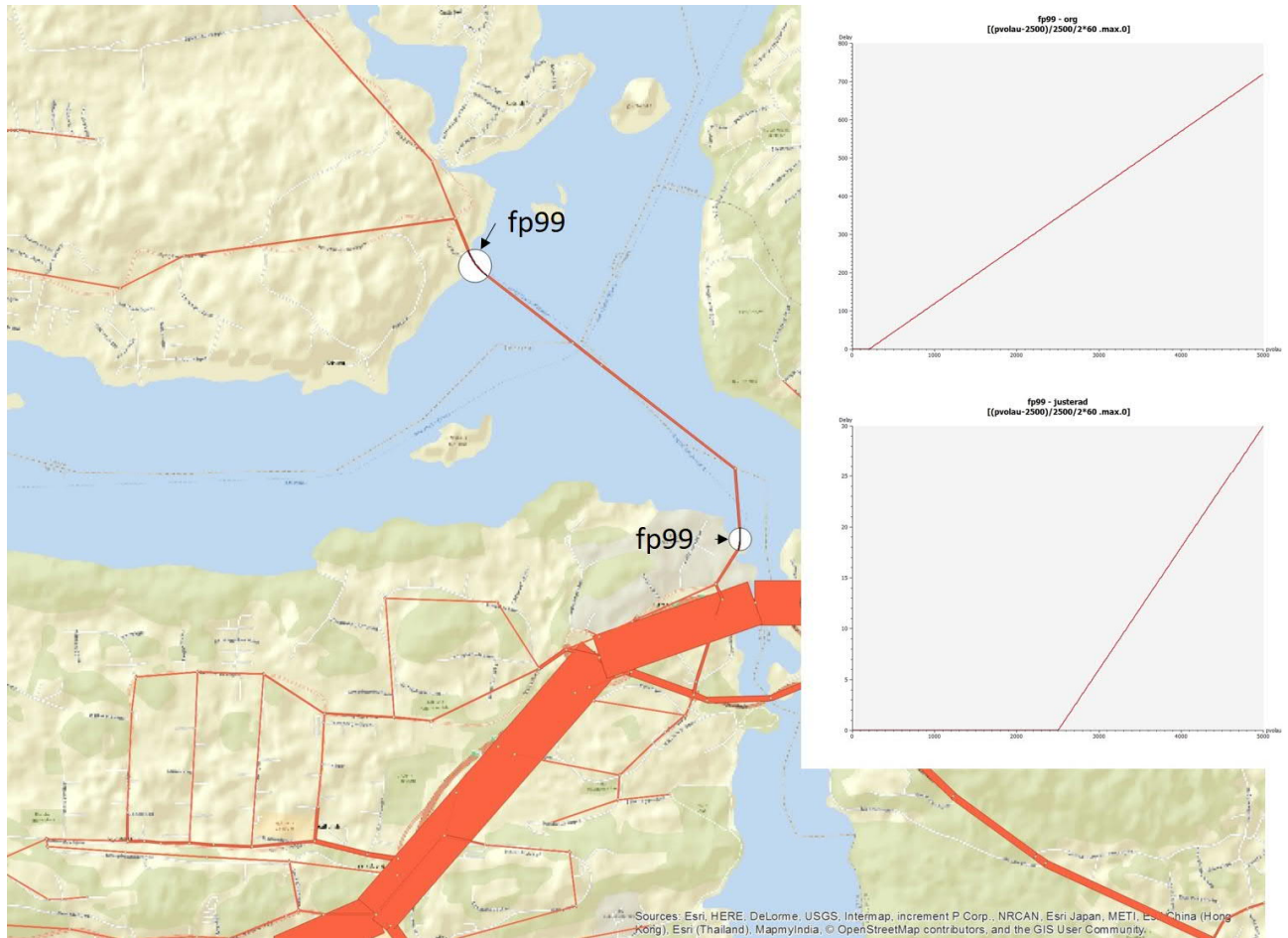
5.1 Anpassning av modellen inför dygnsassignment

En anpassning i modellen som varit nödvändig vid nätutläggning på dygnsnivå är att förändra ett funktionsuttryck i de vdf- filer som används i modellen. Funktionen heter fp99 och används i modellen som ett svängstraff för påfart på färjelinje. Funktionen innebär att man i princip begränsar kapaciteteten för att trafikera färjelänken till ett fixt värde (i standardfilerna ca 200 fordon per timme). Se nedan för funktionsuttryck och kurvor.

² Gradientjustering kan genomföras för varje tidsperiod (förmiddagens maxtimme, lågtrafik, eftermiddagens maxtimme, natt) för sig om det finns trafikräkningar för respektive period. De gradientjusterade matriserna kan användas för att beräkna skillnads- eller kvotmatriser som sedan kan utnyttjas för att justera prognoser för varje tidsperiod för sig. Däremot finns det för ingen metod att sammanställa dessa perioduppdelade matriser till dygnsmatriser som Samkalk ska använda vid beräkning av konsumentöverskott.- LE

³ Modul 5.25 (path-based assignment) och 5.21 (standard assignment) beräknar samma jämvikt, d v s totala länkflöden och restider skiljer sig väldigt lite om man har kört tillräckligt många iterationer. Men resultat m a p ruttflöden och sammansättning av olika klasser på länkarna kan skilja sig betydande mellan de två metoderna. Gradientjustering använder information om hur många bilar mellan OD-par använder specifika länkar, d v s ruttinformation, och rutter som genereras av 5.21 anses mer realistiska än de som genereras av 5.25. - LE

⁴ Med antagandet om att felet är proportionellt mot modellerade flöden av olika klasser skulle trafikdatat kunna delas upp i proportion med resultat av modellen på motsvarande länk.- LE



Figur xx: Justerad turn penalty function

Bild ovan visar aktuella noder som innehar svängstraff som måste justeras, samt funktionsuttryck före och efter justering. Justeringen innebär att kapaciteten på färjelänken ökas från ca 200 fordon per timme till 2500 fordon per dygn.

5.2 Matriser

Utgångsläget för att genomföra tester av nätutläggning på dygnsnivå är en standardkörning i Sampers för SAMM modellen på ÅMD nivå. Vid standardförfarande i SAMM modellen kommer de matriser som Sampers genererat på dygnsnivå brytas ner till olika tidsperioder och olika klasser för nätutläggning på timnivå. I detta fall vill vi dock lägga ut hela dygnsmatrisen samtidigt.

För att jämförelsen ska bli så bra som möjligt måste vi i ett första steg säkerställa att vi lägger ut samma matriser i testerna som i standardförfarande. Detta kan göras genom att summera och räkna upp de matriser som läggs ut vid standardförfarande på timnivå och jämföra med matrissummera på dygnsnivå.

Uppräkning av timmatriser till dygns görs på följande sätt:

$$\text{Dygn} = 2 * \text{förmiddagen} + 3 * \text{eftermiddagen} + 6 * \text{lågtrafik} + 13 * \text{natt.}$$

$$\text{I modellen motsvaras detta av } 2 * \text{mf40} + 3 * \text{mf41} + 6 * \text{mf42} + 13 * \text{mf43} = 4\,405\,893 \text{ fordon}$$

$$\text{Motsvarande för dygnsmatriser innebär: } (\text{mf8} + \text{mf9} + \text{mf10} + \text{mf20} + \text{mf21} + \text{mf23} + \text{mf24} + \text{mf25} + \text{mf28}) * 2 = 4\,406\,740$$

Resultaten visar att summering av dygnsmatriser ger 847 fler fordon än summering av timmatriser. Avvikelsen är troligtvis en konsekvens av noggrannheten på decimalnivå som används vid nedbrytning av matriser från dygn till timme. Avvikelsen bedöms inte påverka resultaten för vidare tester.

Då vi vill genomföra vår nätutläggning på dygnsnivå uppdelat på personbilar för sig och lastbilar för sig måste vi nu summera en personbilsmatrix och en lastbilsmatrix. Nedan beskrivs vilka matriser som använts.

Personbil = (mf8+mf8'+mf9+mf9'+mf10+mf10'+mf20+mf20'+mf21+mf21'+mf25+mf25'+mf28+mf28'), dvs. summan av arbetsresor, tjänsteresor, övriga resor, långväga privat, långväga tjänste, pby samt arlandaresor.

Lastbil = (mf24+mf25)*2, dvs. lastbil med släp och lastbil utan släp.

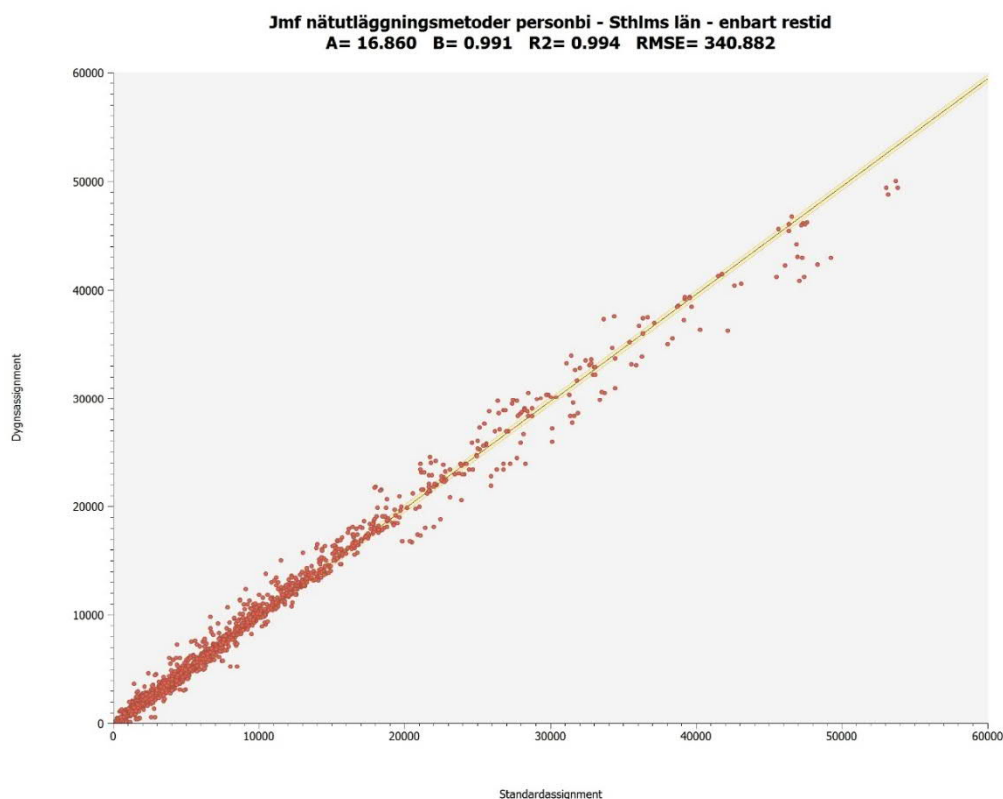
5.3 Personbilar

Då vi i en förlängning kommer vilja kalibrera matriserna med uppdelning på fordonstyp genomförs tester av nätutläggningsmetoder uppdelat på personbil och lastbil. Nedan redovisas resultat för personbilsutläggningar.

5.3.1 Dygnsassignment– enbart snabbaste tid

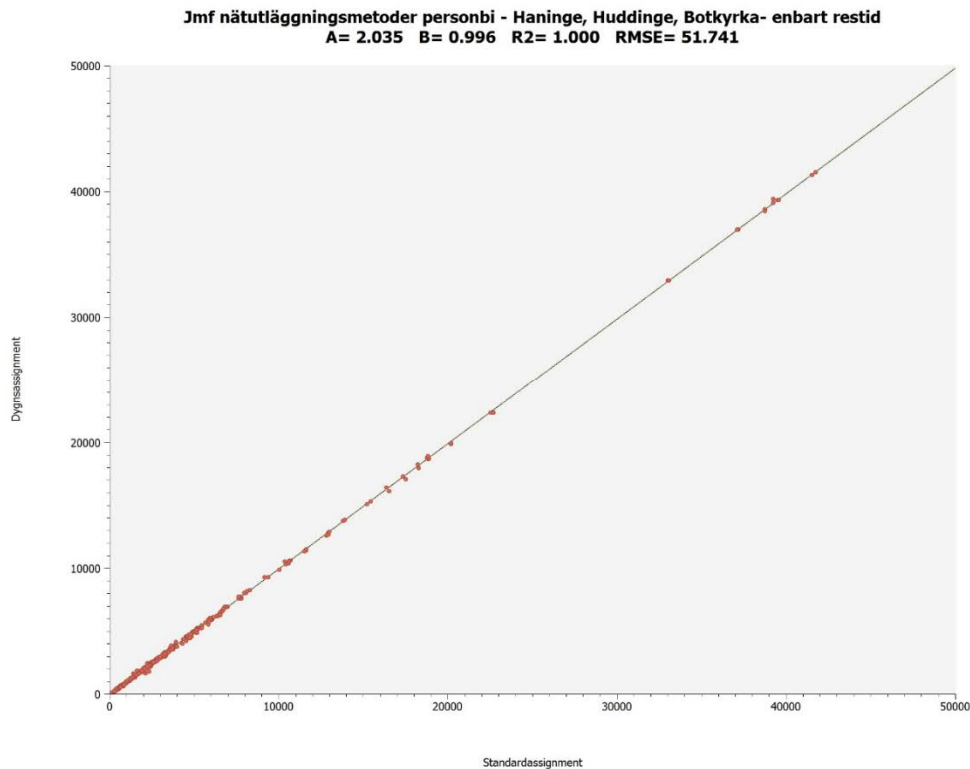
Denna typ av nätutläggning på dygnsnivå tar enbart hänsyn till snabbaste restid mellan de olika relationerna i matrisen. Vi kommer alltså inte att ta hänsyn till vägavgifter förekommer eller att folk väljer sin resväg med hänsyn till resans längd.

Resultat redovisas som scattergram där flöden vid nätutläggning med standardmetod visas på x-axeln och flöden med nätutläggning på dygnsnivå visas på y-axeln. Regressionsanalys visar på hur bra de två metoderna stämmer överens med varandra.



Figur x: Jmf flöden vid nätutläggning enligt standardmetod och nätutläggning på dygnsnivå, Stockholms Län

Resultaten indikerar en generellt bra passning mellan de två metoderna. Då aktuell utredning framförallt påverkar flöden i Haninge, Huddinge och Botkyrka kommuner har motsvarande jämförelse gjorts separat för dessa kommuner.



Figur x: Jmf flöden vid nätutläggning enligt standardmetod och nätutläggning på dygnsnivå, kommuner inom utredningsområdet

Resultaten visar på en i princip perfekt passning mellan de båda nätutläggning metoderna.

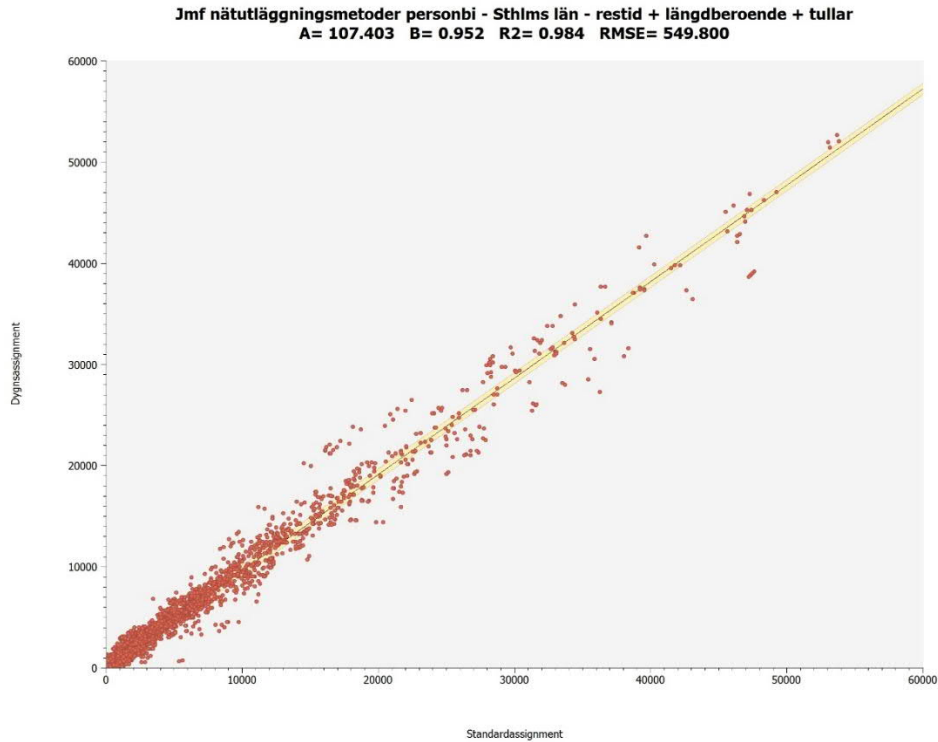
5.3.2 Dygnsassignment– Inklusive längdberoende och vägavgifter

Denna typ av nätutläggning på dygnsnivå tar hänsyn till snabbaste restid i kombination med resans längd samt ev. vägavgifter mellan de olika relationerna i matrisen. Det är denna metod som används i Sampers regionala modeller för Skåne, Sydost och Palt. Tidstillägg på länknivå beräknas genom:

$$(\text{length} * 1.3 + (@\text{avg1} + @\text{avg2}) / 2) / (136 / 60)$$

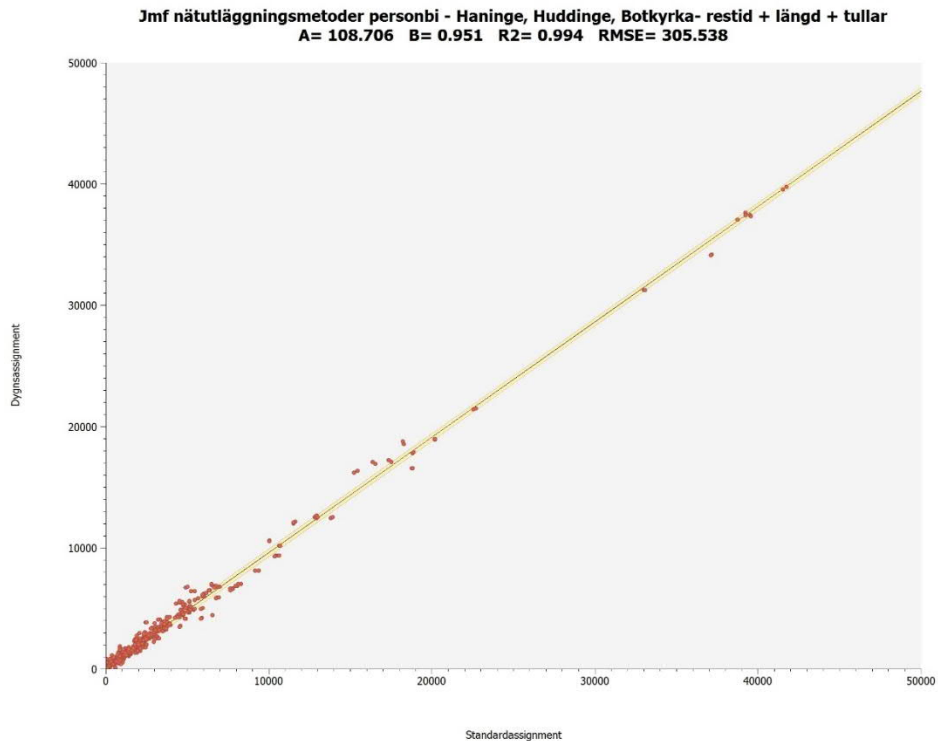
där @avg1 = vägavgifter i högtrafik och @avg2 = vägavgifter i lågtrafik.

Resultat redovisas som scattergram där flöden vid nätutläggning med standardmetod visas på x-axeln och flöden med nätutläggning på dygnsnivå visas på y-axeln. Regressionsanalys visar på hur bra de två metoderna stämmer överens med varandra.



Figur x: Jmf flöden vid nätutläggning enligt standardmetod och nätutläggning på dygnsnivå, Stockholms Län

Resultaten visar på en generellt bra överensstämmelse mellan de två nätutläggningsmetoderna. Metoden visare dock på något sämre resultat än metoden där enbart restid togs hänsyn.



Figur x: Jmf flöden nätutläggning enligt standardmetod och nätutläggning på dygnsnivå, kommuner inom utredningsområdet

För kommuner inom utredningsområdet ges även god överensstämmelse. Metoden med enbart restid ger dock en något bättre passning.

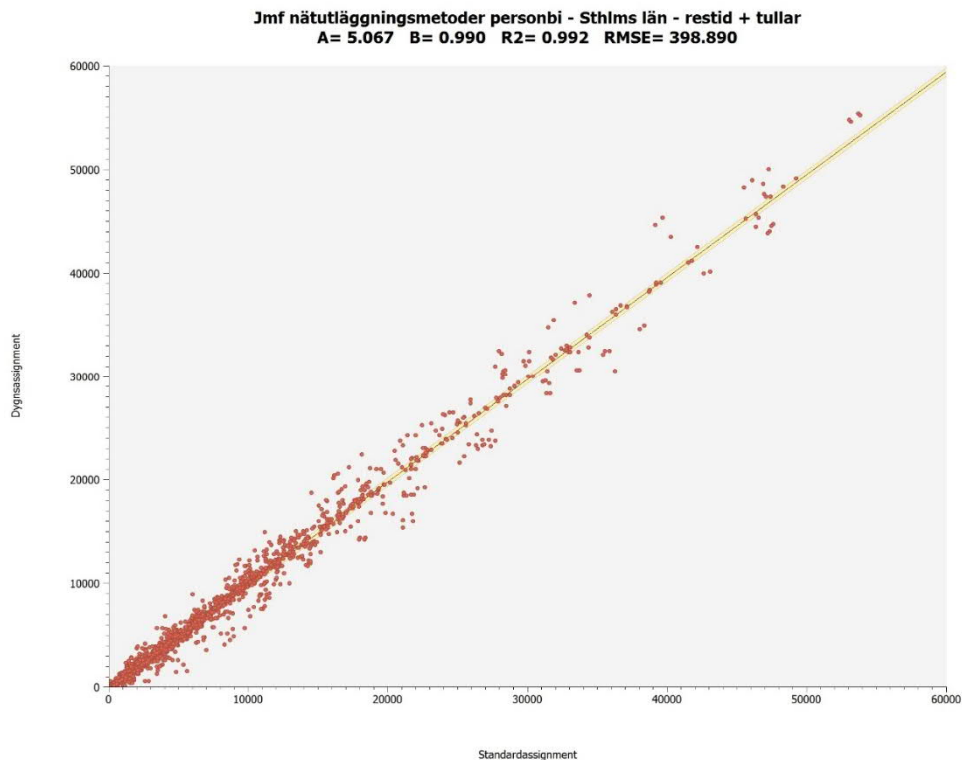
5.3.3 Dygnsassignment – Inklusiv vägavgifter

Denna typ av dygnsassignment tar hänsyn till snabbaste restid i kombination med ev. vägavgifter mellan de olika relationerna i matrisen. Tidstillägg på länknivå beräknas genom:

$$((@avg1+@avg2)/2)/(136/60)$$

där @avg1 = vägavgifter i högtrafik och @avg2 = vägavgifter i lågtrafik.⁵

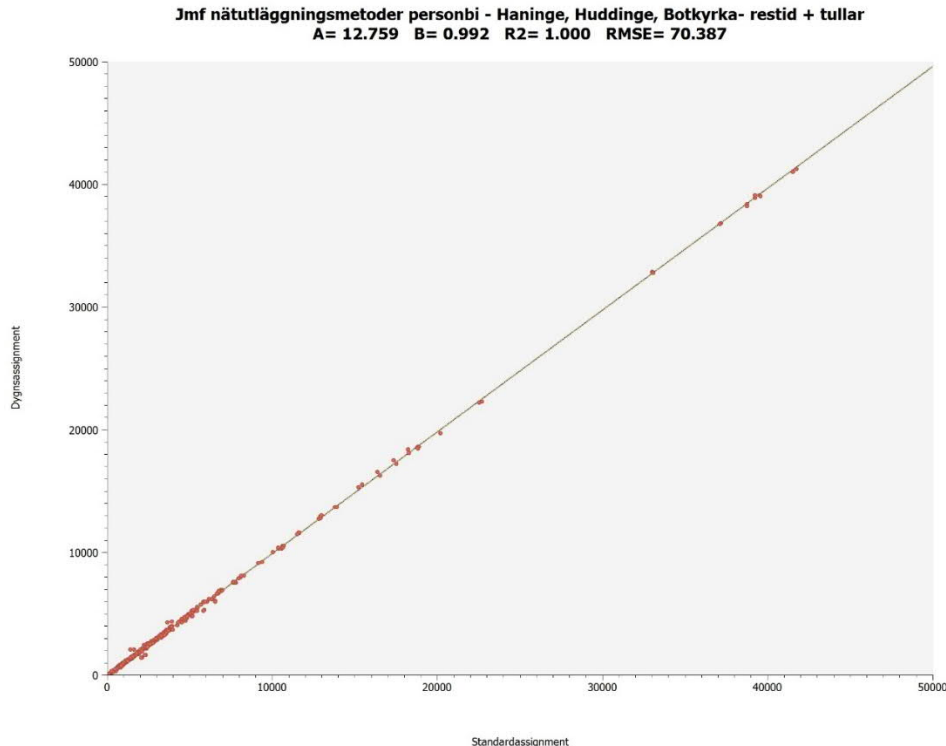
Resultat redovisas som scattergram där flöden vid nätutläggning med standardmetod visas på x-axeln och flöden med nätutläggning på dygnsnivå visas på y-axeln. Regressionsanalys visar på hur bra de två metoderna stämmer överens med varandra.



Figur x: Jmf flöden vid nätutläggning enligt standardmetod och nätutläggning på dygnsnivå, Stockholms Län

Resultaten visar på god överensstämmelse för Stockholms län. Metoden ger i princip samma resultat som metoden med enbart restid.

⁵ 136 är antaget tidsvärde (kr/h) - LE



Figur x: Jmf flöden vid nätutläggning enligt standardmetod och nätutläggning på dygnsnivå, kommuner inom utredningsområdet

För kommuner inom utredningsområdet ges i princip en perfekt passning mellan de två nätutläggningsmetoderna. Metoden med enbart restid ger en marginellt bättre passning.

5.4 Lastbilstrafik

I Sampers görs nätutläggning av lastbilstrafiken separat med särskilda vd-funktioner för lastbilstrafik på dygnsnivå. För att skapa flöden i modellen (ÅMD) läggs lastbilsmatriserna ut separat i två olika klasser, en för lastbil med släp och en för lastbil utan släp.⁶

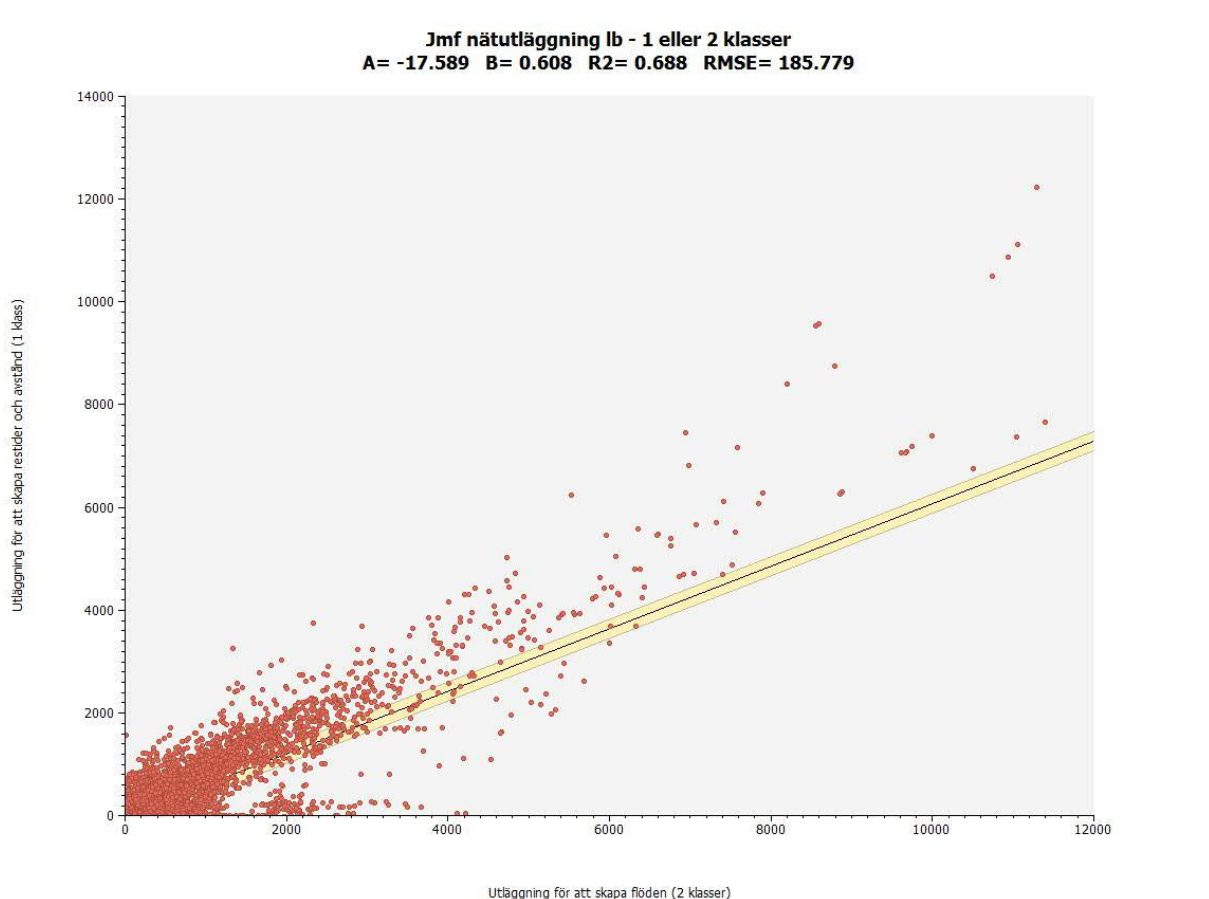
För att skapa restids och avståndsmatriser till Samkalk för denna trafik summeras de två matriserna för utläggning i gemensam klass.

Nätutläggningarna görs med hänsyn till restid och länklängd, dock tas ingen hänsyn till ev. vägavgifter.

Då man sällan har trafikdata för lastbilstrafiken uppdelad på lastbil med släp och lastbil utan släp kommer vi vid kalibrering att vilja summera lastbilsmatriserna till en totalmatris, precis om vid som görs vid nätutläggning för att skapa restider och avstånd till Samkalk.

För att kontrollera konsistensen mellan utläggning med en klass eller två klasser i Sampers standardförfarande har jämförelse gjorts mellan dessa två metoder.

⁶ Utläggning med särskilda VD-funktioner görs i standarddriggnen endast för beräkning av resekostnadsmatriser som sedan används i Samkalk. Trafikflöden resulterande från denna utläggning skrivs i standarddriggnen för SAMM över, Det som finns kvar efter scenariot "Indata till Samkalk" i attribut @lbu, @lbs i sc 2001 är länkvolymer per dygn beräknade som kombination av flöden (fordon/timme) för varje tidsperiod med formeln $amd=2*fmmax+3*emmax+6*lagtrafik+13*avgiftsfri$. Flödena per tidsperiod beräknas i standarddriggnen med en utläggning där både personbilar och lastbilar ingår, utan särskild hänsyn till avstånd men med hänsyn till trängselskatt: hälften av lastbilarna lades ut med tullvikt 0 och hälften med tullvikt 0,13. Utläggningen använder personbilsfunktionerna där ingående argument är totalt flöde per timme - LE



Figur x: Jmf flöden vid nätutläggning enligt standardmetod med en eller två klasser för lastbil.

Resultaten visar på en relativt dålig passning mellan nätutläggning med en eller två klasser. Detta innebär att det kan bli svårt att återskapa en nätutläggning på dygnsnivå för en klass som stämmer bra överens med den metod som används för att skapa flöden i Sampers.

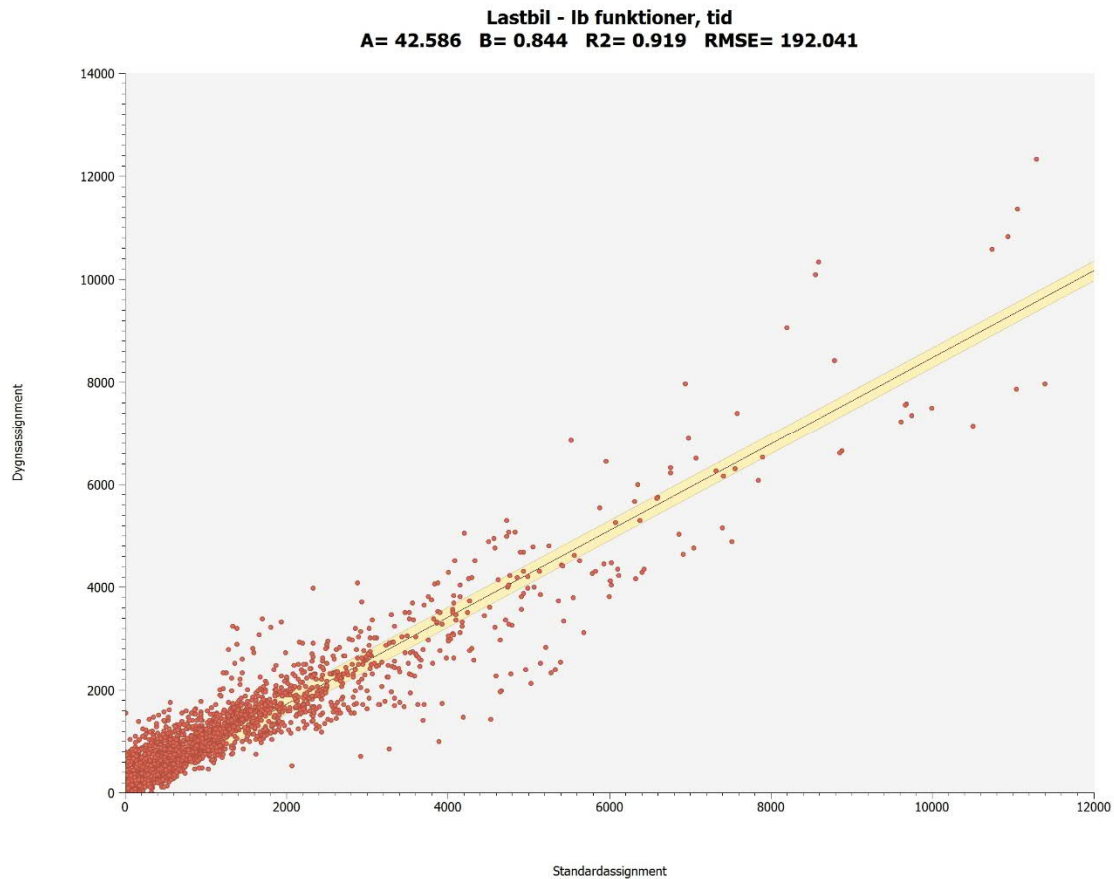
För att hitta lämpligast metod vid assignment vid kalibrering har fyra tester gjorts.

- Lb matris och Lb funktioner – enbart restid
- Lb matris och Lb funktioner – restid + länklängdsberoende
- Lb matris och Pb- funktioner - enbart restid
- Lb matris och Pb- funktioner - – restid + länklängdsberoende

5.4.1 Lastbilsmatris – lastbilsfunktion, enbart tid

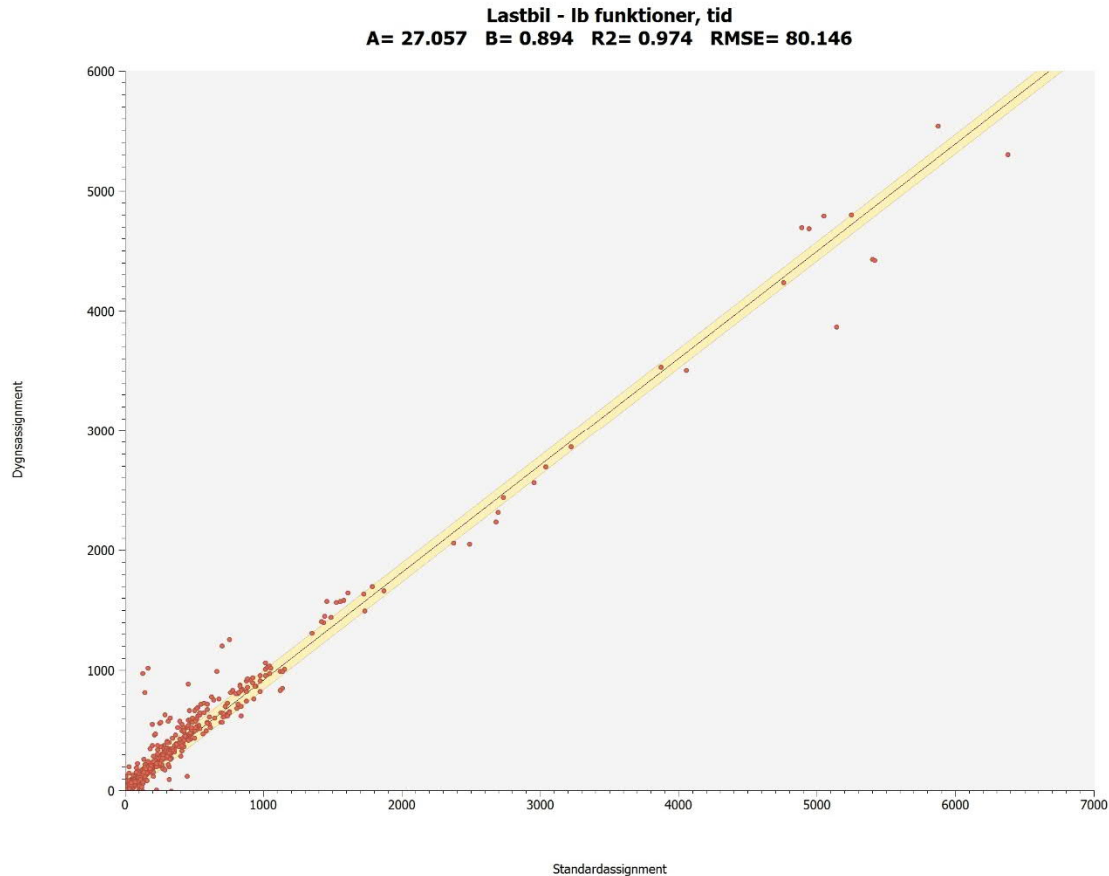
Denna typ av nätutläggning tar enbart hänsyn till snabbaste restid mellan de olika relationerna i matrisen. Vi kommer alltså inte att ta hänsyn till vägavgifter förekommer eller att föraren väljer sin resväg med hänsyn till resans längd.

Resultat redovisas som scattergram där flöden vid nätutläggning med standardmetod visas på x-axeln och flöden med nätutläggning enligt ovan visas på y- axeln. Regressionsanalys visar på hur bra de två metoderna stämmer överens med varandra.



Figur x: Jmf flöden vid enligt standardmetod och nätutläggning på dygnsnivå, Stockholms Län

Resultaten visar på en relativt bra passning för Stockholms län. Dock inte lika bra överensstämmelse som uppnåddes för personbilstrafiken.



Figur x: Jmf flöden vid enligt standardmetod och nätutläggning på dygnsnivå, kommuner inom utredningsområdet

För kommuner inom utredningsområdet visas på en bättre passning än för länet, dock inte på samma nivå som personbilsresandet.

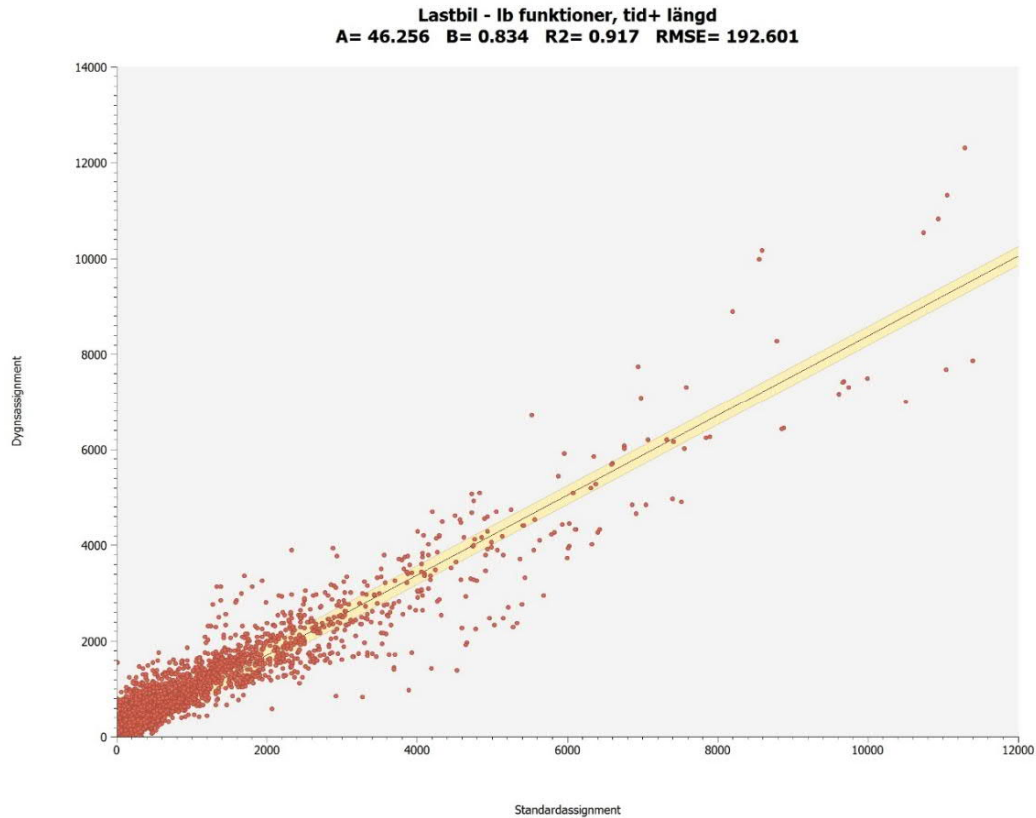
5.4.2 Lastbilsmatris – lastbilsfunktion, tid och länklängdberoende

Denna typ av dygnsassignment tar hänsyn till snabbaste restid i kombination med resans längd mellan de olika relationerna i matrisen. Det är denna metod som används i Sampers⁷. Tidstillägg på länknivå beräknas genom:

$$\text{length} * 2.6 / (430 / 60)$$

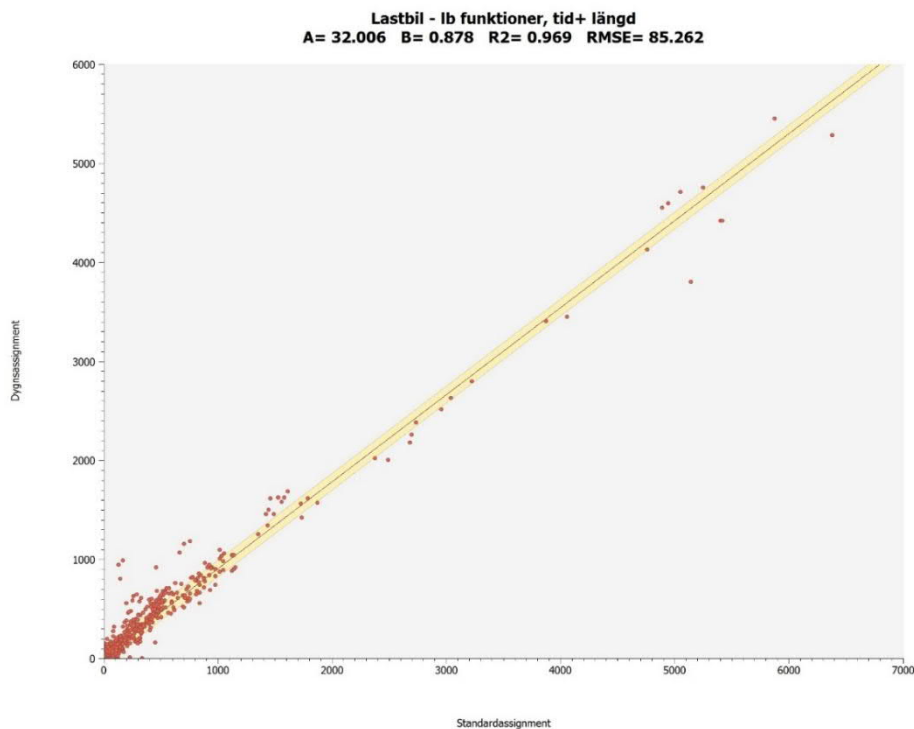
Resultat redovisas som scattergram där flöden vid nätutläggning enligt standardmetod visas på x-axeln och flöden med nätutläggning enligt ovan visas på y-axeln. Regressionsanalys visar på hur bra de två metoderna stämmer överens med varandra.

⁷ Som förklaras i föregående fotnot, används denna metod bara för beräkning av restids- och resavståndsmatriserna medan länkflödena från denna utläggning används inte och sparas inte i standardriggningen. - LE



Figur x: Jmf flöden vid enligt standardmetod och nätutläggning på dygnsnivå, Sthlms Län

Resultaten visar på liknande mönster som metoden med enbart restid och lastbilsfunktioner. Dock något sämre passning.



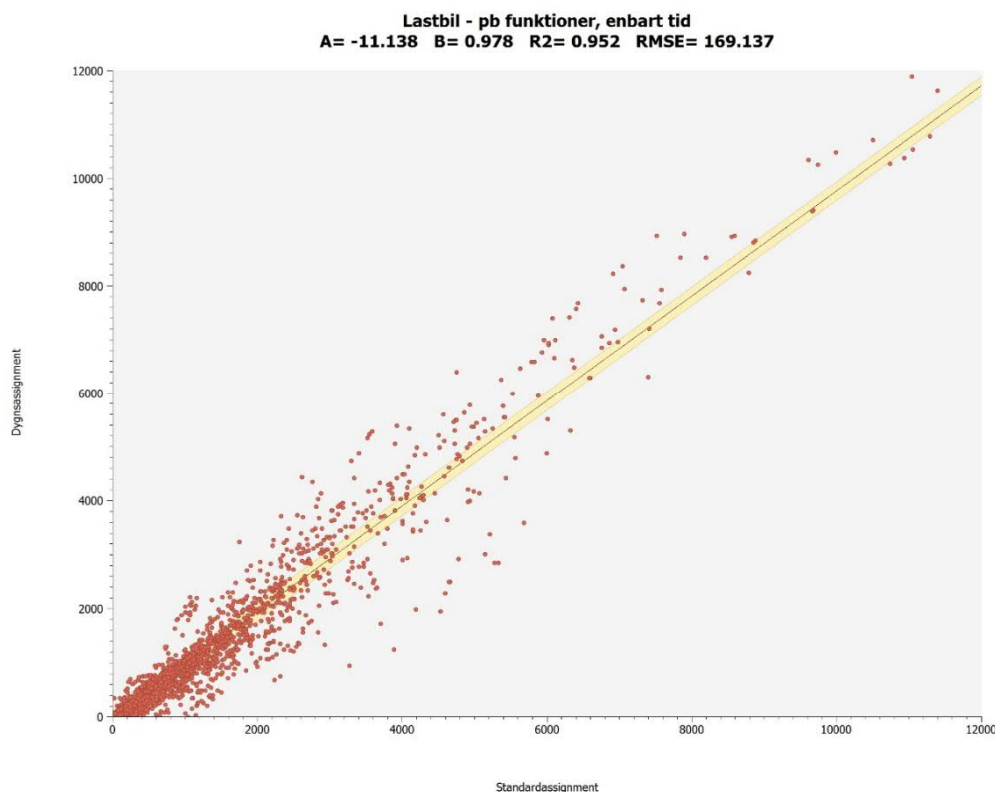
Figur x: Jmf flöden vid enligt standardmetod och nätutläggning på dygnsnivå t, kommuner inom utredningsområdet

För kommuner inom utredningsområdet visas på en bättre passning än för länet, dock inte på samma nivå som personbilsresandet.

5.4.3 Lastbilsmatris – personbilsfunktion⁸, enbart tid

Denna typ av nätutläggning tar enbart hänsyn till snabbaste restid mellan de olika relationerna i matrisen. Vi kommer alltså inte att ta hänsyn till vägavgifter förekommer eller att folk väljer sin resväg med hänsyn till resans längd. Istället för lastbilfunktioner används samma funktioner som för personbilstrafiken.

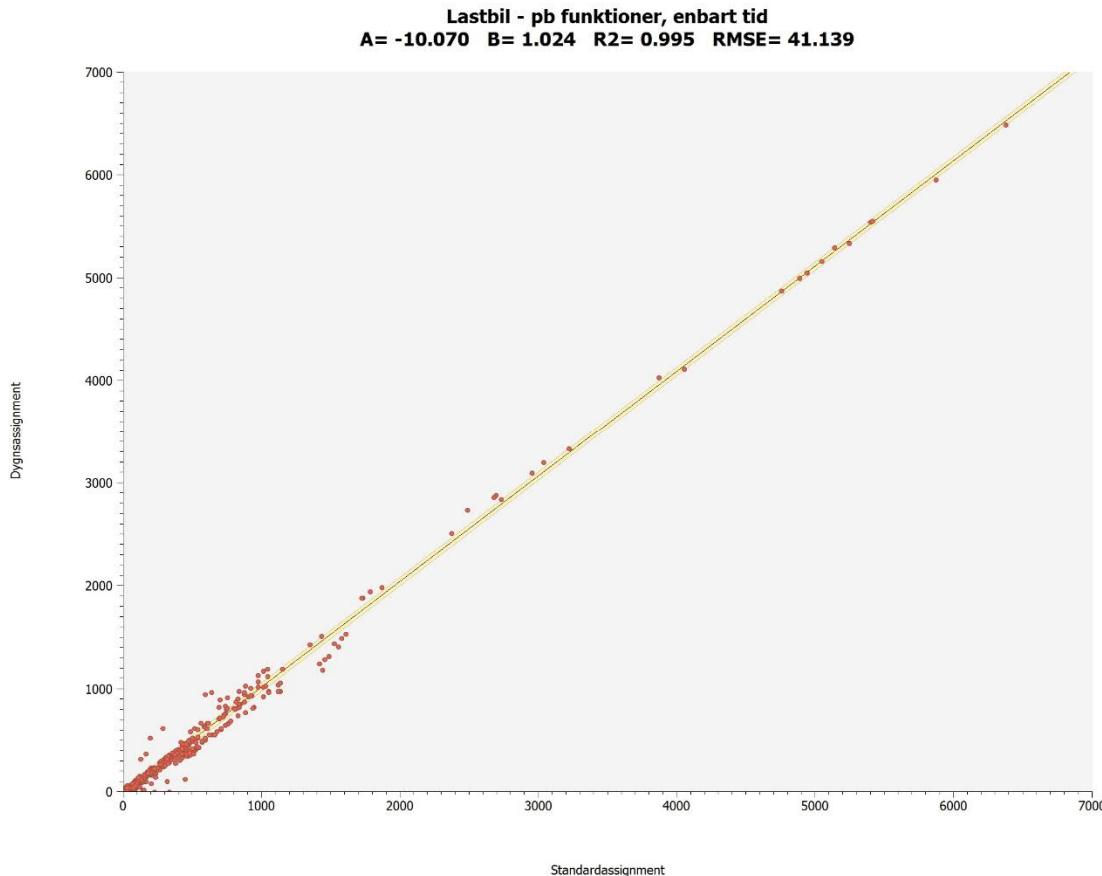
Resultat redovisas som scattergram där flöden vid nätutläggning med standardmetod visas på x-axeln och flöden med metod enligt ovan visas på y-axeln. Regressionsanalys visar på hur bra de två metoderna stämmer överens med varandra.



Figur x: Jmf flöden vid enligt standardmetod och nätutläggning på dygnsnivå Sthlms Län

⁸ Personbilsfunktionerna används i standardrigningen för att samtidigt lägga ut på bilvägnätet matriser för både personbilar och lastbilar. Det finns två uppsättningar av personbilsfunktioner: en för timme och en för dygn. Argument i funktionerna är totalt flöde (personbilar + lastbilar) för respektive period. Funktionerna för dygn skiljer sig från respektive funktioner för timme genom att en faktor 1/0,07 tillämpas på flödet för att skala upp trafikflödet från timme till dygn. Från avsnitt 5.7 kan man förstå att M4Traffic genomförde kalibreringen separat för lastbilsmatrisen och för privatbilsmatrisen. Det är dock oklart vilken uppsättning av personbilsfunktioner (dygn- eller timfunktioner) användes och om funktionerna på något sätt anpassats för att ta hänsyn till att inte hela trafikflödet utan bara lastbilsflödet läggs ut.-LE

Resultaten visar på betydligt bättre passning än motsvarande metod med lastbilsfunktioner. I många enskilda punkter är dock avvikelserna stora⁹.



Figur x: Jmf flöden vid enligt standardmetod och nätutläggning på dygnsnivå, kommuner inom utredningsområdet

För kommuner inom utredningsområdet visar resultaten på en i princip perfekt passning mellan de båda nätutläggningsmetoderna.

5.4.4 Lastbilsmatris – personbilsfunktion, tid och länklängdberoende

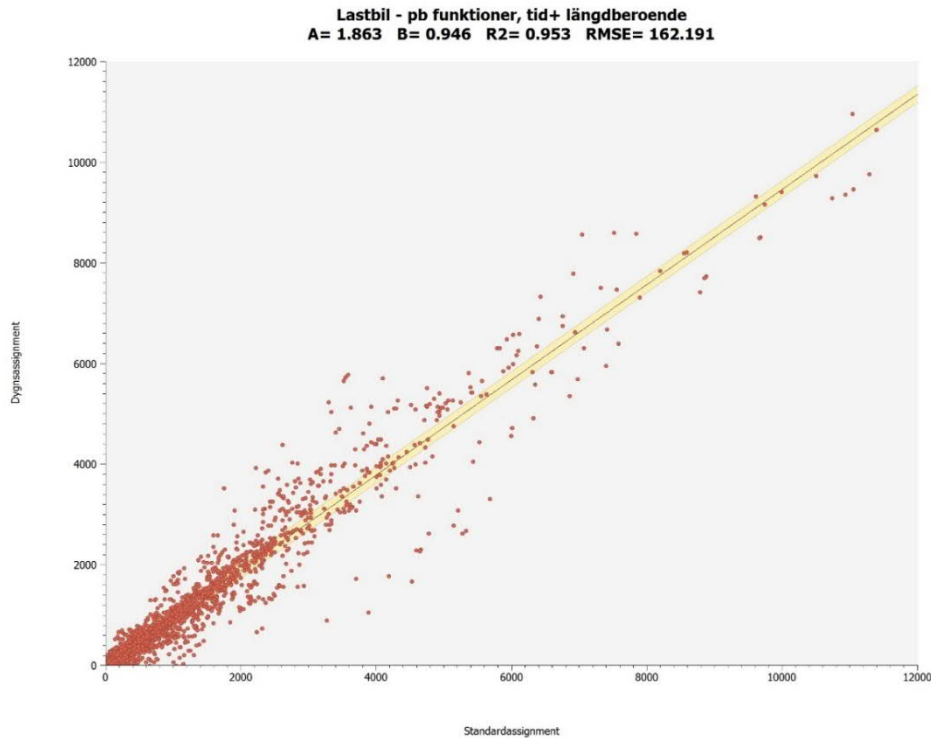
Denna typ av nätutläggningsmetod tar hänsyn till snabbaste restid i kombination med resans längd mellan de olika relationerna i matrisen. Det är denna metod som används i Sampers.¹⁰ Tidstillägg på länknivå beräknas genom:

$$\text{length} * 2.6 / (430 / 60)$$

Resultat redovisas som scattergram där flöden vid nätutläggning enligt standardmetod visas på x-axeln och flöden med metod enligt ovan visas på y-axeln. Regressionsanalys visar på hur bra de två metoderna stämmer överens med varandra.

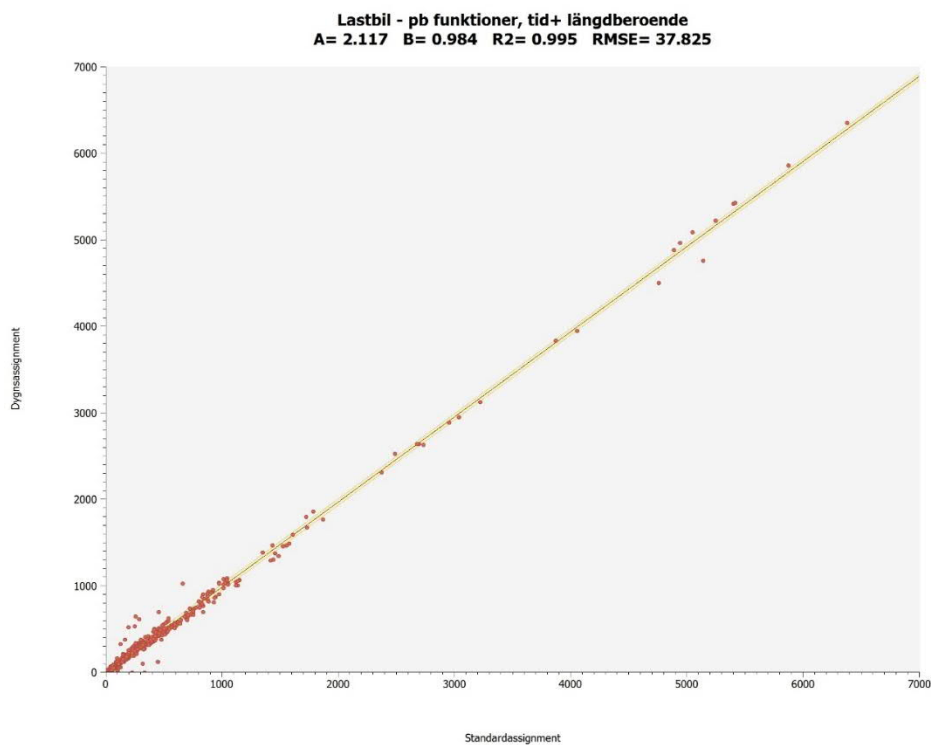
⁹ Avvikelse kan förklaras av att dygnassignment av lastbilsmatriser inte tar hänsyn till trängsel som skapas av personbilar medan standardassignment gör det (om inte VDF på något sätt anpassats, se föregående fotnot). - LE

¹⁰ För beräkning av flöden av lastbilar på väglänkar i gällande riggning för SAMM används personbilsfunktioner med hänsyn till trängselskatt men utan särskild hänsyn till länklängden. Lastbilar och personbilar läggs ut samtidigt i denna utläggning i standardriggningen - LE



Figur x: Jmf flöden vid enligt standardmetod och nätutläggning på dygnsnivå, Sthlms Län

Resultaten visar på betydligt bättre passning än motsvarande metod med lastbilsfunktioner. I många enskilda punkter är dock avvikelserna stora.



Figur x: Jmf flöden enligt standardmetod och nätutläggning på dygnsnivå, kommuner inom utredningsområdet

För kommuner inom utredningsområdet visar resultaten på en i princip perfekt passning mellan de båda nätutläggningsmetoderna.

5.5 Sammanfattning nätutläggningsmetoder på dygnsnivå

Målet med de tester som redovisas ovan är att hitta den nätutläggningsmetod på dygnsnivå som genererar bäst överensstämmelse med Sampers standardmetoder i SAMM. Detta då vi vid kalibrering av länkflöden i utgångsläget vill använda den metod som mest liknar standardmetoden.

För personbilstrafiken visar resultaten för samtliga tester på en god överensstämmelse med standardmetoden. För aktuellt utredningsområdet ser dock metoden där enbart restid tas hänsyn ut att generera bäst resultat.

För lastbilstrafiken ser nätutläggning med personbilsfunktioner ut att generera mest liknande flöden som standardmodellen i utredningsområdet. Skillnaden mellan att enbart använda tid eller tid+ längdberoende är marginell. För enkelhetens skull kommer därav utläggning med enbart tid att användas vid kalibrering.

Se nedan för sammanställning av regressionsanalys där nätutläggningar med respektive metod jämförs med standardutläggning i SAMM.

Personbil	Stockholms Län			Haninge, Huddinge, Botkyrka		
Metod	A	B	R2	A	B	R2
Restid	17	0,991	0,994	2	0,996	1
Restid+avstånd+tull	107	0,952	0,984	109	0,951	0,994
Restid+tull	5	0,99	0,992	13	0,992	1

Tung trafik	Stockholms Län			Haninge, Huddinge, Botkyrka		
Metod	A	B	R2	A	B	R2
Lb funktion restid	43	0,844	0,919	27	0,894	0,974
Lb funktion restid+ avstånd	46	0,834	0,917	32	0,878	0,969
Pb funktion restid	-11	0,978	0,952	-10	1,024	0,995
Pb funktion restid+ avstånd	2	0,946	0,953	2	0,984	0,995

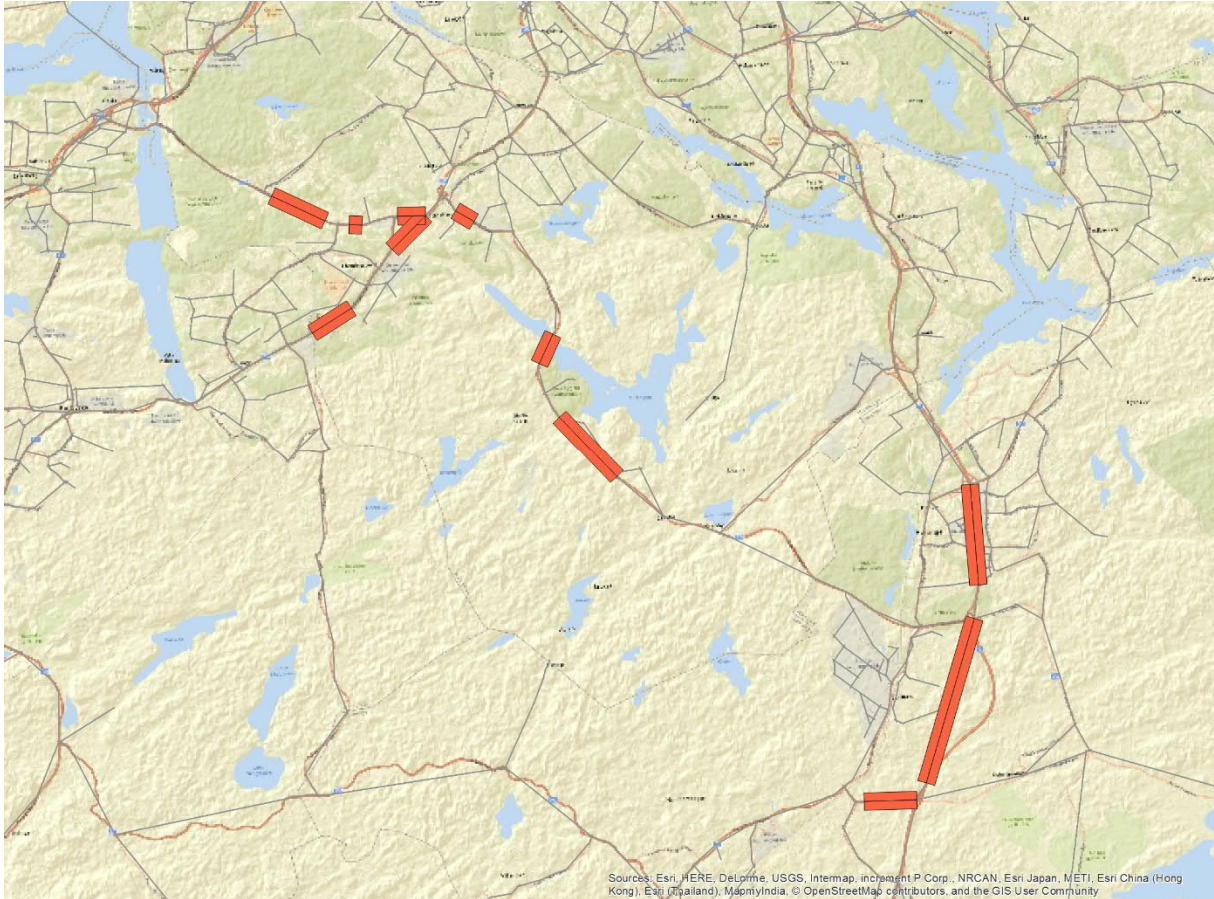
Figur x: Sammanställning av resultat från regressionsanalyser med olika nätutläggningsmetoder

5.6 Trafikdata

Trafikdata har insamlats via Trafikverkets trafikmätningssystem. Mätningar avser ÅMD uppdelat på personbilar och lastbilar i ett antal punkter inom utredningsområdet.

Punkter har valts ut där tron om att redovisade trafikmätningar håller en god kvalitet och där eventuella felaktigheter i ruttvalen i modellen ger minimal påverkan.

Då vi vid validering av nulägesmodellen konstaterat att underskattningarna i modellen främst avser väst-östliga stråket på väg 259 ligger fokus i detta stråk. I nord-sydligt stråk, ex. väg 73 och väg 226 ser grundmodellen ut att generera relativt bra flöden i utgångsläget.



Figur x: Trafikdatapunkter vid kalibrering

5.7 Kalibrering (Gradientjustering)

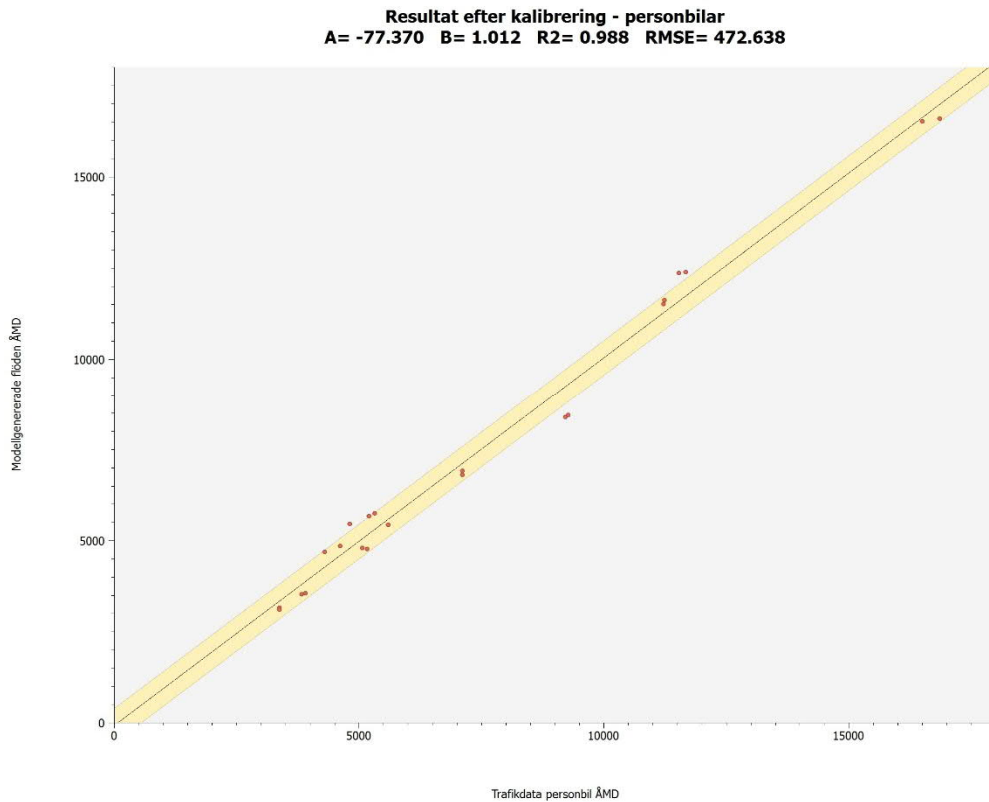
Gradientmetoden innebär att startmatriserna förändras så lite som möjligt¹¹. I varje steg av gradientjusteringen beräknas riktning i vilken matriserna bör förändras (s.k. gradient) och en steglängd som ger optimal storlek på förändringen. Vid varje steg minskar målfunktionen samtidigt som förändringar i matriserna blir större jämfört med startmatriserna. Vid tillräckligt många gradientsteg kan nästan perfekt överensstämmelse åstadkommas mellan modellerade och uppmätta flöden men matriserna kan ha förändrats så mycket att de blir helt orealistiska eftersom det inte finns någon koppling i processen till modellens indata. T ex kan antalet resor som startar från vissa områden överstiga antalet boende i dessa. Därför rekommenderas det inte att genomföra många gradientsteg¹².

Inom detta projekt har gradientjustering gjorts via modul i emme modeller. Nätutläggningsmetoder har valt utifrån de metoder som genererade bäst resultat vid tester enligt ovan.

Efter gradientjustering ges följande resultat:

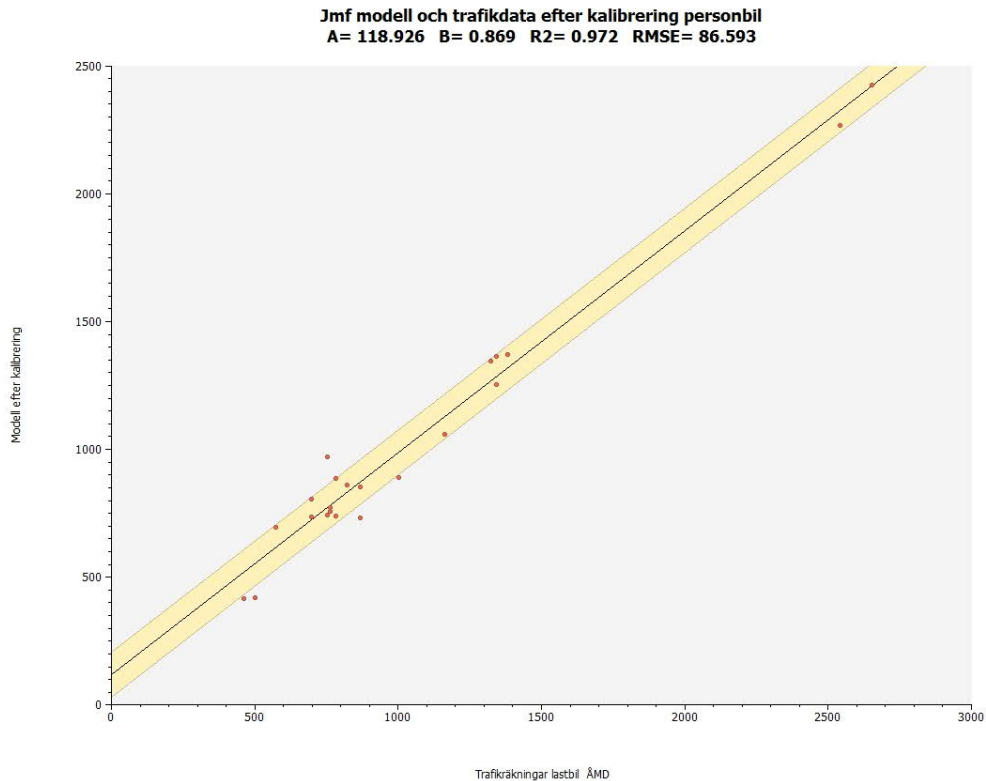
¹¹ Syftet med metoden är att förändra efterfrågematrisen så att resultat av utläggningen ligger närmare uppmätta trafikflöden. Skillnaden mellan dessa sammanfattas i en målfunktion (summa av kvadratavvikelsena). - LE

¹² Sampers beräkningshandledning



Figur x: Jmf flöden, kalibrerad matris, personbil.

Efter kalibrering uppvisas god överensstämmelse mellan modellen och trafikräkningar. I några enskilda punkter är det troligtvis möjligt att kalibrera in ännu bättre överensstämmelse. Ett sådant förfarande kan dock innebära att större ingrepp i matriserna görs. Då vi i en förlängning vill kunna använda resultaten av kalibreringen i Samkalk är det av relevans att inte göra alltför stora ingrepp i enskilda relationer i matrisen. Därav har antalet iterationer i kalibreringen hållits till ett minimum (3 steg)



Figur x: Jmf flöden, kalibrerad matris, lastbil.

Precis som för personbilarna får vi relativt god överensstämmelse mellan trafikdata och modell efter kalibrering. Precis som för personbilarna har antalet iterationer i kalibreringen hållits till ett minimum för att inte göra för stora ingrepp i grundmatrisernas struktur.

Ett sätt att se hur stor inverkan kalibreringen haft på grundmodellen är att titta på matrissummor. Nedan visas matrissummor för samtlig trafik före och efter kalibrering.

Följande matrissummor uppnås:

Matrissummor	Personbil	Lastbil
Före Kalibrering	4 033 991	342 685
Efter kalibrering	4 048 176	345 814
Differens	14 185	3 129

Figur x: Matrissummor före och efter kalibrering.

Av de ca 14 000 fordon som tillkommer för personbilar fördelar sig deras start- och målpunkter enligt följande.

Område	Andel
Haninge kommun	28%
Huddinge kommun	26%
Botkyrka kommun	10%
Stockholms kommun	11%
Södertälje kommun	5%
Nynäshamns kommun	5%
Övriga kommuner Sthlms län	ca 11 %
Västanlands län	0%

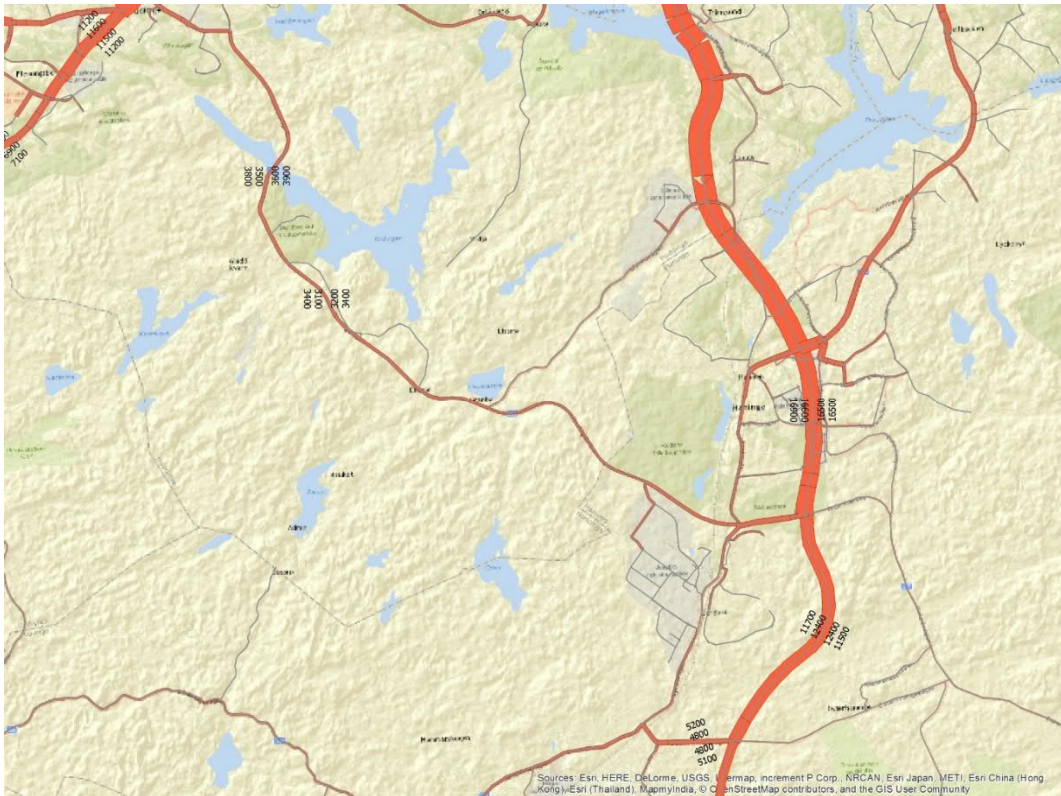
Södermanland län	4%
Örebro Län	0%
Uppsala län	0%

Start och målpunktsfördelning för kalibrerade resor.

Nedan visas modellgenererade flöden (innerst) och trafikräkningar (ytterst) efter kalibrering.



Figur x: Jmf modellgenererade flöden och trafikmätningar (ÅMD, personbil), modell innerst, trafikdata ytterst, efter kalibrering



Figur x: Jmf modellgenererade flöden och trafikmätningar (ÅMD, personbil), modell innerst, trafikdata ytterst, efter kalibrering

Resultaten visar på god överensstämmelse mellan modell och trafikdata. I princip alla punkter genererar flöden med mindre än 10 % avvikelse.

Nedan visas resultat av regressionsanalys, före- och efter kalibrering. Resultaten visar på stora förbättringar i passning mot trafikdata.

	Personbil			Lastbil		
	A	B	R2	A	B	R2
Före Kalibrering	-741	0,92	0,93	-19	0,71	0,95
Efter Kalibrering	-77	1,01	0,99	119	0,87	0,97

Figur x: Resultat av regressionsanalys före- och efter kalibrering

5.8 Ärendeuppdelning gradientmatris

Den nya totalmatris som genererats efter kalibrering avser en total matris som innehåller alla ärenden. De nya matrisen är dessutom transponerad innebärande att den även innehåller tillbakaresan för respektive relation i matrisen.

Då Sampers och Samkalk kräver otransponerade matriser måste vi hitta ett sätt att återföra den nya matrisen till otransponerade och ärendeuppdelade matriser.

Detta har gjorts enligt följande metod.

$T(0)_{ij}$ = Totalmatris innan kalibrering

$T(1)_{ij}$ = Totalmatris efter kalibrering

$a(0)_{ij}$ = Sampersgenererad arbetsresematrix otransponerad

$a(1)_{ij}$ = Kalibrerad arbetsresematris otransponerad

$$a(1)_{ij} = T(1)_{ij} * \frac{a(0)_{ij}}{T(0)_{ij}}$$

dvs. Den kalibrerade totalmatrisen * kvoten mellan den otransponerade arbetsresematrisen och den totala okalibrerade matrisen.

Motsvarande beräkning görs för samtliga ärenden.

5.9 Kontroll av kalibreringens påverkan på matriserna

Det finns en risk att en kalibrering påverkar enskilda relationer på ett orimligt sätt (exempelvis genom att antalet resor fördubblas eller halveras). Detta skulle exempelvis kunna spegla sig i att kalibreringen påverkar antalet arbetsresor så att det efter kalibrering förekommer fler arbetsresor till en målpunkt än det finns arbetsplatser. Om sådana relationer hittas bör de justeras.

Nedan listas ett antal punkter som kan medföra sådana avvikelser:

- Brister i trafikdata
- Brister i ruttval i modellen
- Kodningar i modellen, exempelvis skift som påverkar trafiken vid en räknepunkt.

Det finns olika sätt att komma till rätta med avvikelser av detta slag. Om felaktigheter enligt ovan kan identifieras bör dessa rättas till och kalibreringen göras om. Detta kan dock vara väldigt tidskrävande.

Ett annat sätt att hantera det är att vid implementering av kalibrering till prognosåret (se avsnitt 4.11) inte justera matriser på relationsnivå (cell för cell) utan att skapa grupper av områden som justeras. På detta sätt kommer dessa avvikelser att "smetas ut över flera områden och påverkar därför inte enskilda relationer på ett orimligt sätt".

I den kalibrering som genomförts ovan bedöms särskild hantering inte vara nödvändig då påverkan av kalibrering på relationsnivå inte varit av omfattande karaktär (minavvikelser på <-2 % och maxavvikelser på < 30 %)

5.10 Implementering av kalibrering i nulägesprognosen

Då kalibrerade matriser avser ÅMD är det enklaste att direkt implementera de kalibrerade och ärendeuppdelade matriserna på motsvarande platser i emmebanken som de ursprungliga matriserna och sedan köra nätutläggning enligt standardmetod på de kalibrerade matriserna.

En brist i denna metod är att vi inte fångar upp kalibreringens påverkan för restider. Risken med att implementera kalibrering i ett skede där restidsberäkningar görs är att resultaten förändras så att kalibreringen inte längre är giltig. Ett alternativ skulle vara att genomföra kalibrering vid varje enskild iteration i Sampers. Detta bedöms dock inte som en rimlig väg då det vore väldigt tidskrävande.

5.11 Implementering av kalibrering i prognosåret

En viktig fråga är hur vi kan överföra genererade kalibreringsmatriser från nulägesprognosen till prognosåret.

Tre olika metoder har identifierats.

- Differensmetoden
- Kvotmetod
- Kombination av båda ovanstående (Daly)

Resultat av kalibreringen kan bero starkt på vilken metod som tillämpas. Valet av metoden bör bestämmas med hänsyn till huvudsakliga orsaken till modellfelet. Till exempel, om felet beror på att modellen saknar en viss typ av resor som har ett annat resmönster jämfört med de resor som finns

med (t ex anslutningsresor) då är det lämpligt att använda differensmetoden. Om modellen däremot under- eller överskattar vissa typer av resor som finns med i efterfrågemodellen då är kvotmetoden mer lämplig. När det gäller inkrementella metoden så är den teoretiskt mest underbyggda (i den andra situationen) men dess tillämpning är tekniskt mer komplicerad än differens- och kvotmetoderna.

Ofta är det svårt att bestämma vad felet beror på. I detta fall är det lämpligt att använda en kombination av differens- och kvotmetoden som ger mest stabila resultat m a p eventuella fel i indata till prognosen. Även om kalibrering av modeller genomförs vid många tillämpningar är det väldigt lite material om kalibreringsmetoder som finns publicerad. Daly et al (2012)¹³ rekommenderar att tillämpa kvotmetoden för värden i prognosmatrisen som inte är större än 5 gånger respektive värde i modellproducerade nulägesmatriser. De rekommenderar att tillämpa kvotmetoden vid relativt små förändringar mellan basåret och prognosåret och differensmetoden till den delen av prognosvärdet som överstiger den femdubbla av nulägesprognosen. Låt N beteckna ett cellvärde i den modellberäknade nulägesmatrisen, B respektive värde i den gradientjusterade matrisen och S värdet i den modellberäknade matrisen för prognosåret. Prognosmatrisen P beräknas enligt Daly-metoden som $P = (B/N)S$ om $S < 5N$, och $P = S + 5(B - N)$ annars¹⁴. Metoden undviker att antalet resor "exploderar" vid starka förändringar i markanvändningsdata mellan basåret och prognosåret och stora värden i kvotmatrisen. En annan fördel av metoden är att den aldrig genererar negativa värden i matrisen P .

Då vi vill undvika att generera negativa värden i matrisen har i denna studie Dalys metod använts.¹⁵

Tillämpningen har skett för respektive ärende varpå differensmatriser¹⁶ för prognosåret kan skapas. Dessa differensmatriser implementeras sedan i riggingen i det sista modellsteget som körs inför Samkalk.

6. Resultat prognosår 2040 - dygnskalibrering

Nedan visas resultat före och efter införd kalibrering i prognosåret 2040, dels för nollalternativet inom projektet Tvärförbindelse Södertörn och dels för utredningsalternativ avseende Norra Korridoren.

6.1 Okalibrerad modell

Nedan visas flödeskartor för den okalibrerade prognosmodellen, dels för nollalternativet och dels för utredningsalternativ avseende den norra korridoren inom ramen för Tvärförbindelse Södertörn.

6.1.1 Nollalternativ

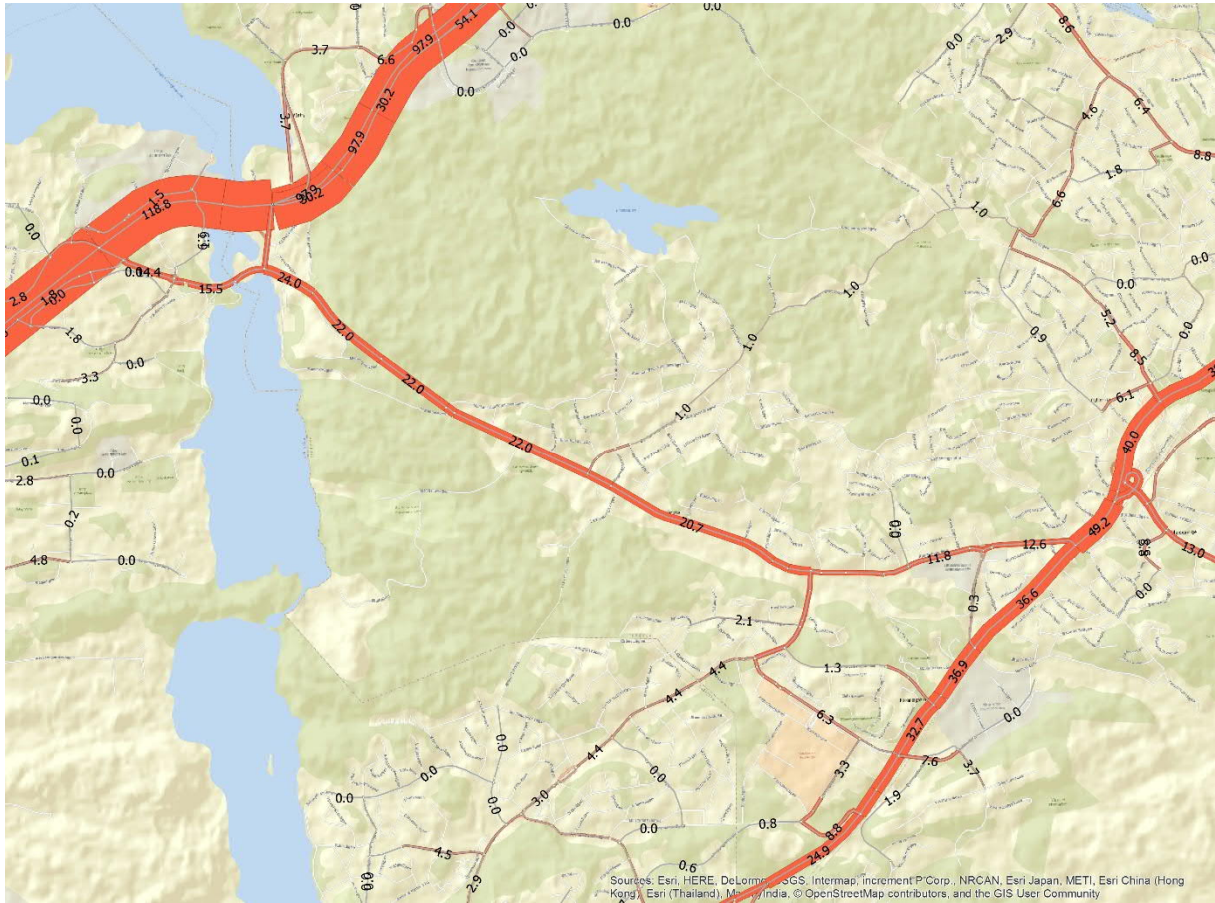
Flödeskartor avser total trafik, båda riktningar, 1000-tals fordon per ÅMD.

¹³ A. Daly, J. Fox, B. Partuni and F. Milthorpe. Pivoting in Travel Demand Models. Proceedings of Australasian Transport Research Forum, 26-28 September 2012, Perth, Australia.

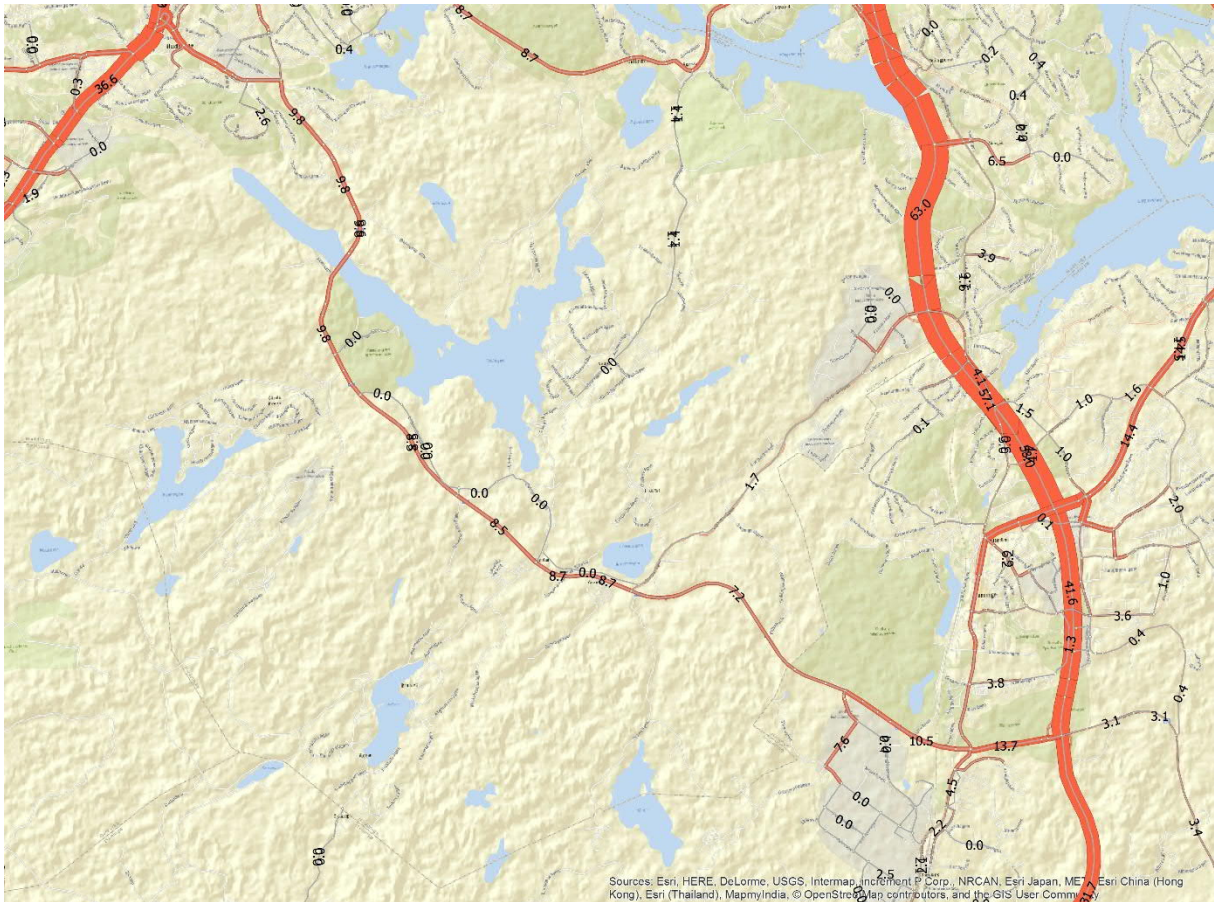
¹⁴ Notera att båda uttryck ger samma värde $P = 5B$ vid tröskeln $S = 5N$, som implicerar kontinuitet m a p S . Detta är en viktig egenskap som garanterar att metoden inte ger plötsliga språng vid tröskeln som skulle kunna orsaka konstiga resultat vid jämförelsen mellan JA och UA.

¹⁵ Även kvotmetoden och inkrementella metoden aldrig genererar negativa värden i matrisen P . Däremot kan differensmetoden generera negativa värden - LE

¹⁶ För korrekt tillämpning av Daly:s metod behöver både differensmatriser $B-N$ och kvotmatriser B/N sparas, alternativt att man i prognosberäkningen använder matriserna för nuläget, både B och N . - LE



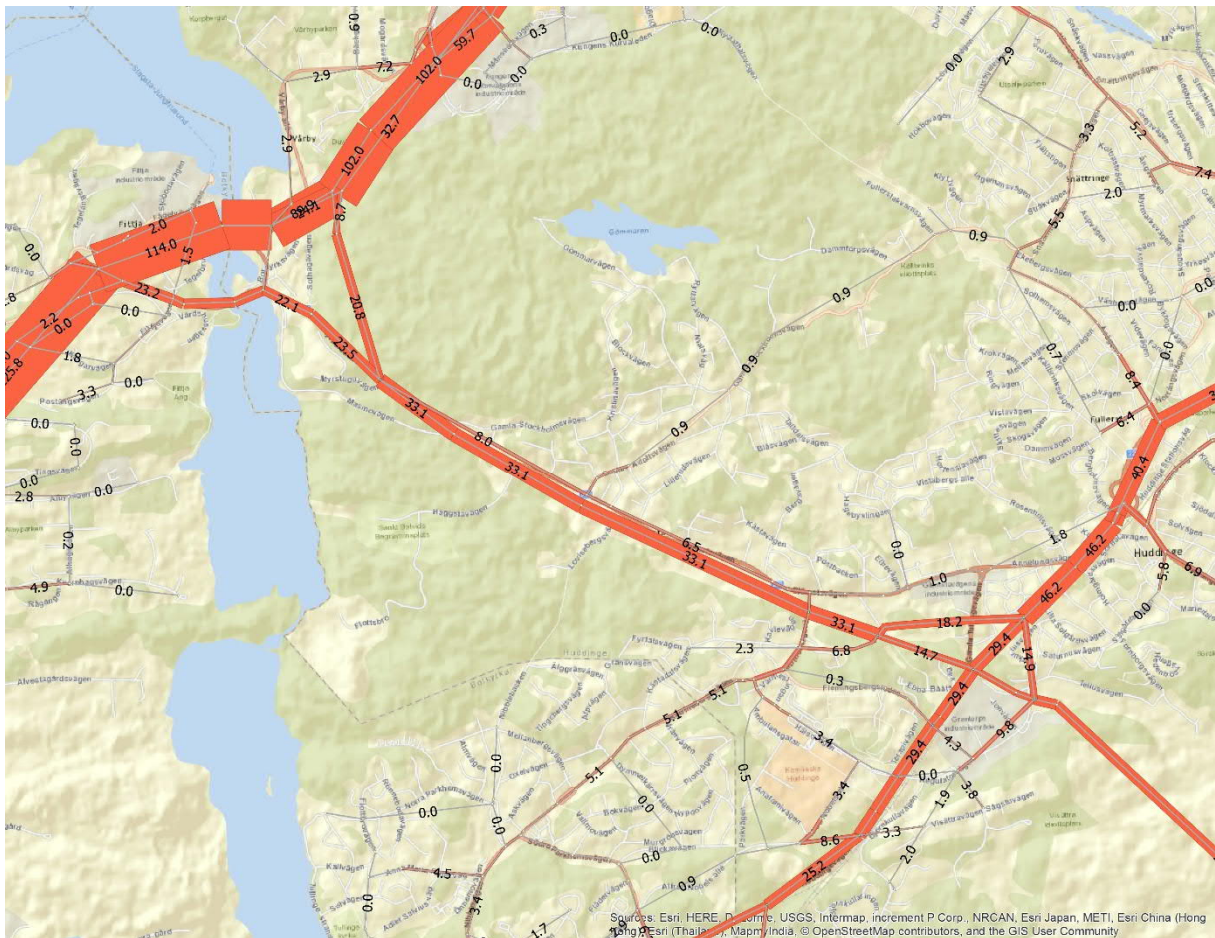
Figur x: Totala flöden dygn, okalibrerad modell, nollalternativ 2040.



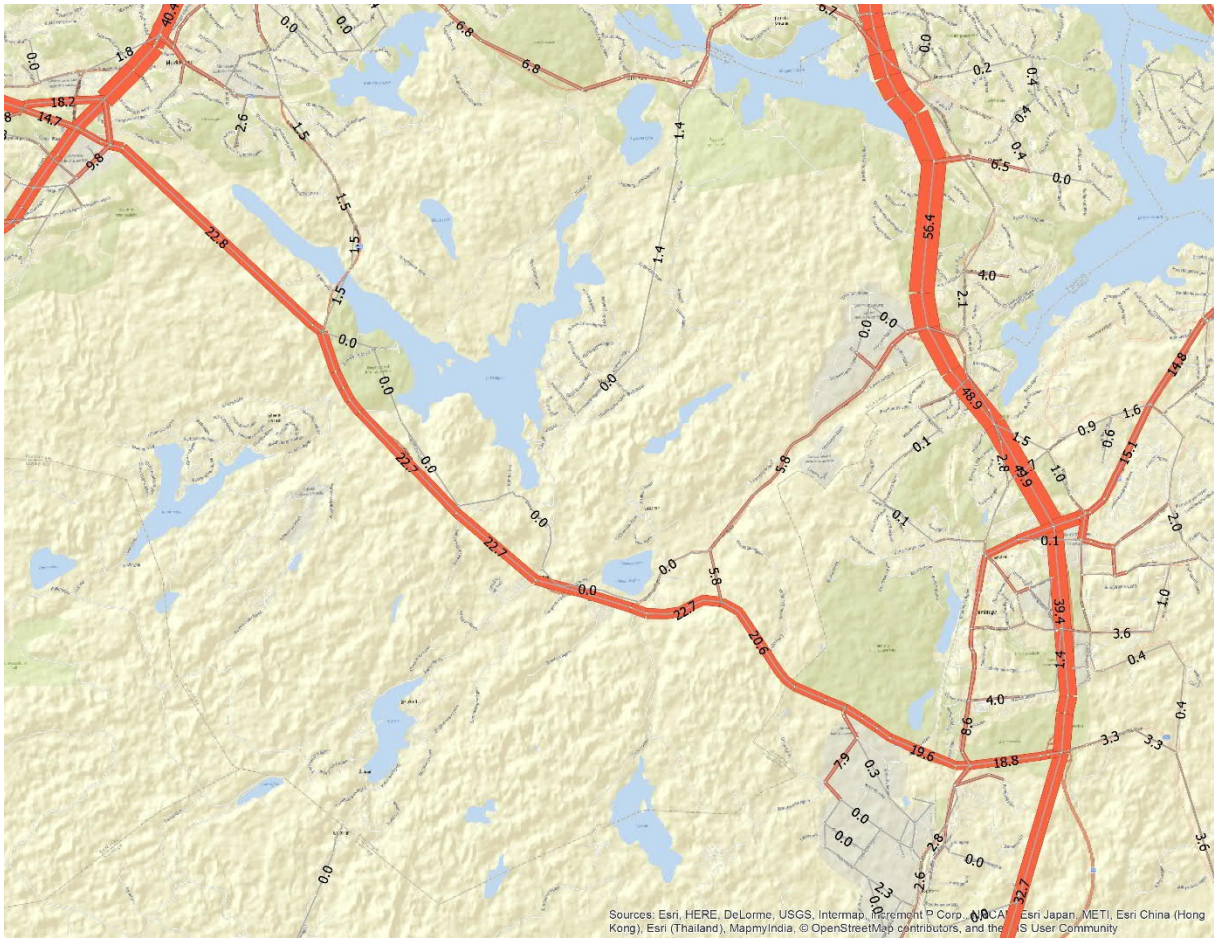
Figur x: Totala flöden dygn, okalibrerad modell, nollalternativ 2040.

6.1.2 Utredningsalternativ Norra Korridoren

Flödeskartor avser total trafik, båda riktningar, 1000-tals fordon per ÅMD.



Figur x: Totala flöden dygn, okalibrerad modell, utredningsalternativ (norra) 2040.



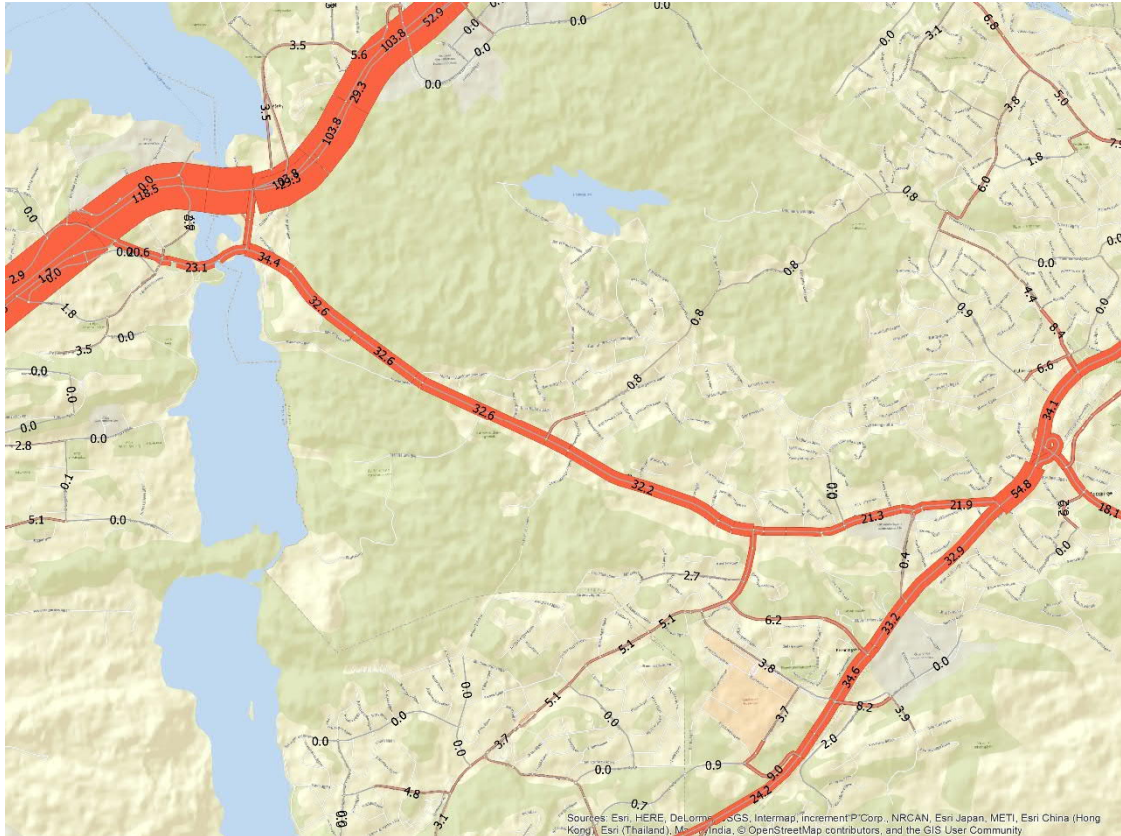
Figur x: Totala flöden dygn, okalibrerad modell, utredningsalternativ (norra) 2040.

6.2 Kalibrerad modell

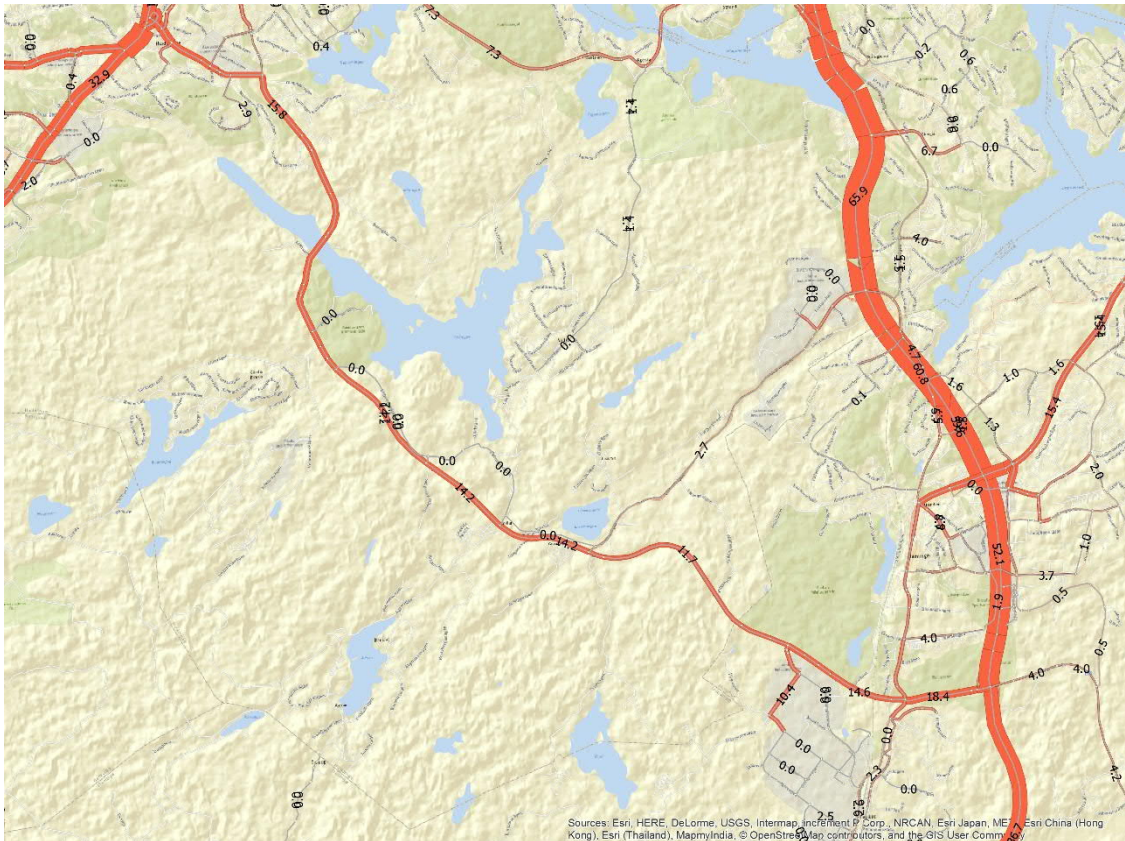
Nedan visas flödeskartor för den kalibrerade prognosmodellen, dels för nollalternativet och dels för utredningsalternativ avseende den norra korridoren inom ramen för Tvärförbindelse Södertörn.

6.2.1 Nollalternativ

Flödeskartor avser total trafik, båda riktningar, 1000-tals fordon per ÅMD.



Figur x: Totala flöden dygn, kalibrerad modell, nollalternativ 2040.

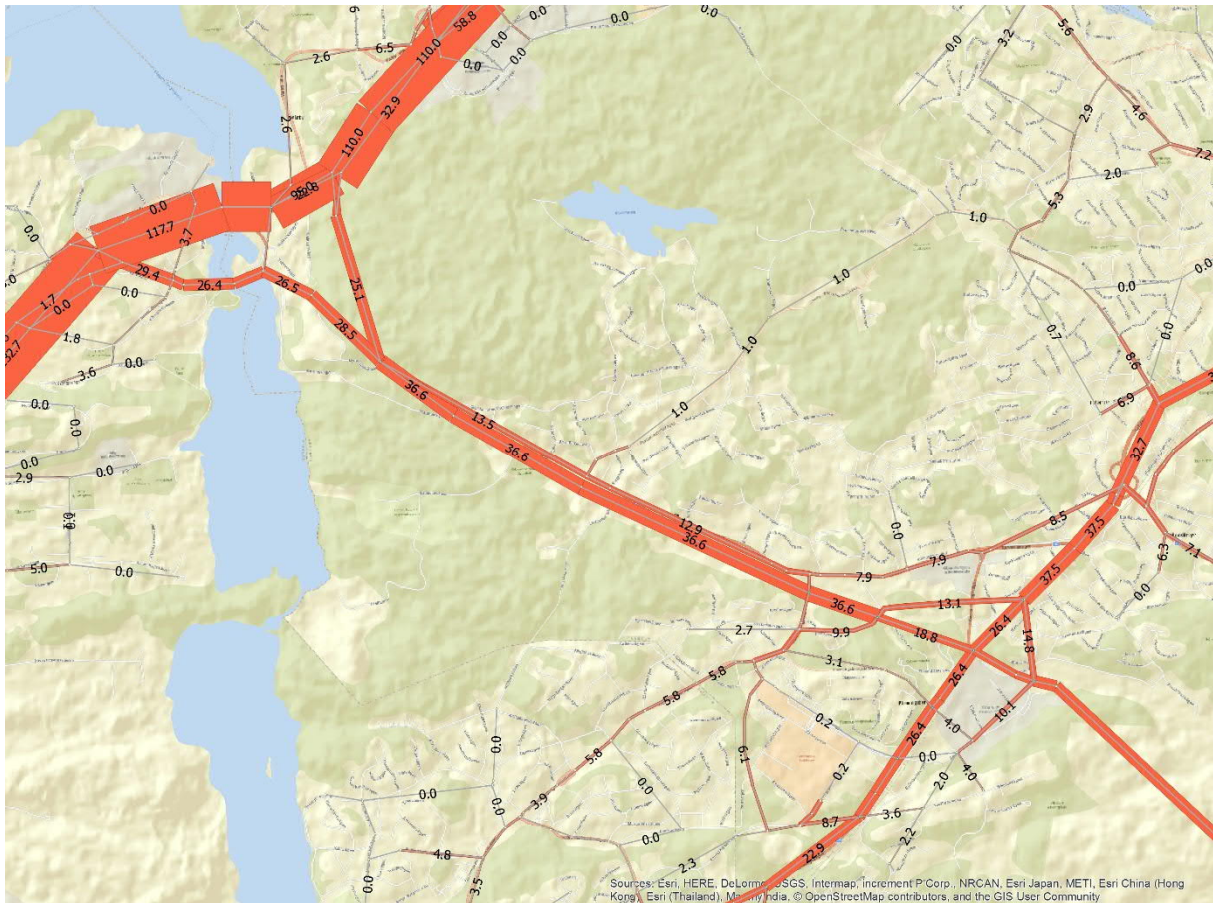


Figur x: Totala flöden dygn, kalibrerad modell, nollalternativ 2040.

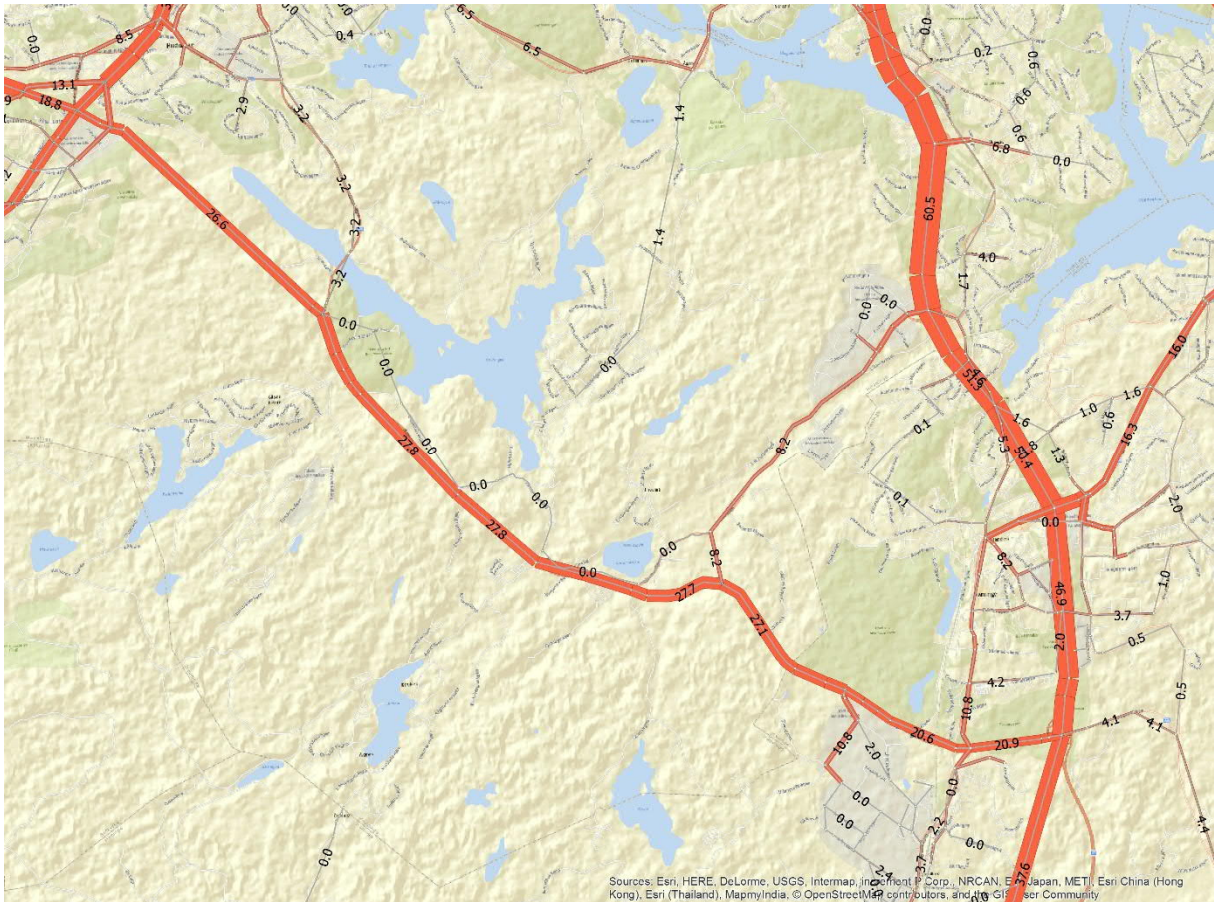
Jämfört med den okalibrerade modellen ökar flödet med ca 10 000 fordon per dygn väster om Huddinge på väg 259. Öster om väg 226 ökar flödet med ca 4000 fordon per dygn efter kalibrering.

6.2.2 Utredningsalternativ Norra Korridoren

Flödeskartor avser total trafik, båda riktningar, 1000-tals fordon per ÅMD.



Figur x: Totala flöden dygn, kalibrerad modell, utredningsalternativ (norra) 2040.



Figur x: Totala flöden dygn, kalibrerad modell, utredningsalternativ (norra) 2040.

6.3 Resultat i Samkalk

Körning av Samkalk har genomförts dels med okalibrerad modell och dels med kalibrerad modell för att utreda konsekvenser till följd av kalibrering.

6.3.1 Okalibrerad modell

Sammanställning av resultat					
NATIONELL OCH REGIONAL TRAFIK					
Miljoner SEK					
	Totalt	Personbil	Lastbil*	Buss och tåg	Flyg
1) Producentöverskott	-72			-72	
Biljettintäkter	-202			-202	
Fordonskostnader kollektivtrafik	117			117	
Moms på biljettintäkter	11			11	
Banavgifter	1			1	
2) Budgeteffekter (inkl. Skf 2)	569	422	159	-13	
Drivmedelsskatt för vägtrafik	677	452	225		
Vägavgifter/vägskatt	-106	-40	-66		
Moms på biljettintäkter	-11			-11	
Banavgifter	-1			-1	
Moms fordonskostnader	10	10			
3) Konsumentöverskott	9315	4397	4917		
Reskostnader	380	19	361		
Restider	8757	4339	4418		
Vägavgifter/vägskatt	106	40	66		
Godskostnader	72		72		
4) Externa effekter	1022	472	546	4	
Luftföroreningar o klimatgaser	62	-57	118	1	
Trafikolyckor**	957	529	428		
Marginellt slitage kollektivtrafik	4			4	
5) DoU och reinvesteringar***	132	14	118		
DoU vägtrafik	132	14	118		
Trafikberoende DoU järnväg					
Reinvesteringar järnväg					
SUMMA	10965				

6.3.2 Kalibrerad modell

Sammanställning av resultat					
NATIONELL OCH REGIONAL TRAFIK					
Miljoner SEK					
	Totalt	Personbil	Lastbil*	Buss och tåg	Flyg
1) Producentöverskott	-72			-72	
Biljettintäkter	-202			-202	
Fordonskostnader kollektivtrafik	117			117	

Moms på biljettintäkter	11			11	
Banavgifter	1			1	
2) Budgeteffekter (inkl. Skf 2)	159	661	-489	-13	
Drivmedelsskatt för vägtrafik	260	668	-408		
Vägavgifter/vägs katt	-124	-43	-81		
Moms på biljettintäkter	-11			-11	
Banavgifter	-1			-1	
Moms fordonskostnader	36	36			
3) Konsumentöverskott	11615	5153	6462		
Reskostnader	799	138	661		
Restider	10596	4972	5624		
Vägavgifter/vägs katt	124	43	81		
Godskostnader	96		96		
4) Externa effekter	1330	356	969	4	
Luftföroreningar o klimatgaser	189	-138	326	1	
Trafikolyckor**	1137	495	643		
Marginellt slitage kollektivtrafik	4			4	
5) DoU och reinvesteringar***	119	-32	151		
DoU vägtrafik	119	-32	151		
Trafikberoende DoU järnväg					
Reinvesteringar järnväg					
SUMMA	13151				

Resultaten visar på att den totala nyttan ökar med ca 30 % i den kalibrerade modellen. I princip samtliga nyttor kommer påverkas på ett eller annat sätt vilket är naturligt då trafiken i området kring åtgärden kommer öka.

7. Slutsatser

Detta PM beskriver metod för hur vägtrafikflöden kan modelleras i sampers regionala modell för Stockholm och Mälardalen (SAMM). Slutsatser av genomfört arbete visar att det är fullt möjligt att genomföra kalibrering med så kallad gradientjustering i denna modell.

Det som dock är kritiskt vid kalibrering i SAMM modellen är vilken nätutläggningsmetod som bör användas vid kalibreringsförfarandet, detta då det inte är möjligt att använda sig av standardmetod vid gradientjustering¹⁷. I detta fall har kalibrering på dygnsnivå varit möjlig då modellen genererade god överensstämmelse mellan sampers standardmetod för nätutläggning i SAMM och nätutläggning med dygnsfunktioner och kortaste restid inom kalibreringsområdet för analysen.

Hade analysen genomförts i ett annat geografiskt läge hade möjligen en annan nätutläggningsmetod varit att föredra, ex. kalibrering på timnivå eller dygnsnivå med generaliserad kostnad mm. Vilken nätutläggningsmetod som bör användas vid kalibrering bör utredas före varje enskilt fall.

En annan viktig del vid kalibrering är hur man får med sig sina kalibrerade matriser in i ett framtida prognosår. I detta PM beskrivs tre olika metoder. Då man sällan vet exakt vad avvikelser i modellen beror på (så även i detta fall) bör Daly:s metod användas som standard. Denna metod innebär även att man undviker negativa värden i sin nya prognosmatris vilket underlättar hantering i Samkalk. Användandet av differens eller kvotmetod bör dock givetvis övervägas vid varje enskild analys.

M4Traffic, 2016-06-28

Johannes Östlund

Johannes.ostlund@m4traffic.se

¹⁷ Gradientjustering är ej möjlig med modul 5.25 i emme, trafikdata finns inte uppdelat på olika tidsvärdeklasser.