

GREINING UMFERÐATAFA

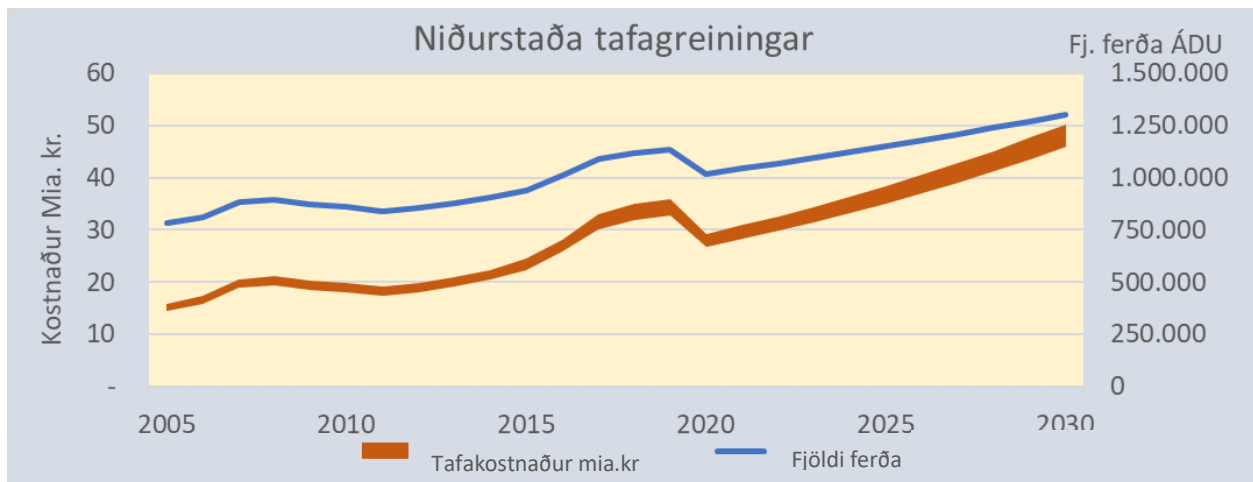
Inngangur og niðurstöður

Umferð og tímatöfum vegna þrengsla á vegum má lýsa með tímaröðum sem eru eðlilega mjög skyldar. Því liggur beint við að nota þá stærðfræði sem þróuð hefur verið við greiningu tímaraða til að spá fyrir um umferð og greina tafirnar.

Umferð er eðlilega tengd efnahagslegri virkni þjóðarbúsins og því kemur ekki á óvart að þjóðarframleiðsla á hverjum tíma gefur góð nálgun á umferðmagn. Vegagerðin hefur unnið upp slíkt samhengi fyrir umferð um þrjá lykilpunkta á höfuðborgarsvæðinu og birtir á vef sínum¹. Þetta samhengi má telja nokkuð gott til að spá fyrir um umferðamagn.

Á sama vefsvæði eru upplýsingar um dreifingu umferðar yfir daginn fyrir árið 2019, en upplýsingar um dreifingu tafa yfir daginn má finna á vefsíðu TomTom². Þessar upplýsingar eru fyrir árið 2020, en niðurstöður samanburðar gefa samt sterka vísbendingu um að skekkjur sem af því kunna að stafa séu takmarkaðar og þrátt fyrir að árið 2020 sé afbrigðilegt þá sé umferðamynstrið stöðugt.

Þessar upplýsingar má nýta til að spá fyrir um umferð á höfuðborgarsvæðinu, gefandi sér þá forsendu að umferðamynstur sé ætíð svipað frá tíma til tíma, en aðferðin tekur að sjálfsögðu ekki til áhrifa af breytingum á gatnakerfinu eða umferðastýringum. Niðurstaða slíkrar greiningar er birt hér (Mynd 1) og aðferðinni lýst á eftir.



Mynd 1 Spá um umferð og þjóðhagslegan kostnað vegna umferðatafa á höfuðborgarsvæðinu

Umferðaspáin á myndinn er sett 852.400 ferðir á sólahring árið 2012 til samræmis við grunnár umferðaspár VSÓ frá 2017³. Neðri mörk kostnaðarlínunnar eru einnig sett í samræmi við þá skýrslu 2012, en efri mörkin eru fengin út frá ofan greindum heimildum Vegagerðarinnar og TomTom fyrir 2020. Mismunurinn á efri og neðri mörkum 2012 er lítill og líklega innan skekkjumarka bæði þessarar greiningar og spár VSÓ.

Eins og myndin sýnir er beinn félagslegur kostnaður vegna umferðatafa þegar kominn upp í 30 milljarða króna á ári, en kostnaður vegna erfiðleika við skipulagningu framkvæmda og aukinn rekstrarkostnað bíla ásamt fleiru á höfuðborgarsvæðinu og gæti verið jafn stór ef út í það er farið. Hér er gert ráð fyrir 2,5% árlegum hagvexti til 203 og umferðin í samræmi við það.

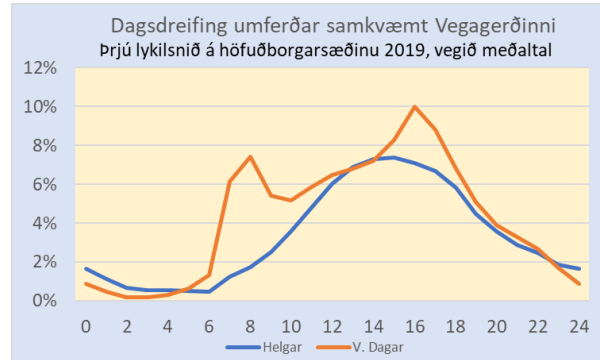
¹ [vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/hb_2020/\\$file/Hb_%C3%A1_net%202020.pdf](http://vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/hb_2020/$file/Hb_%C3%A1_net%202020.pdf)

² tomtom.com/en_gb/traffic-index/reykjavik-traffic

³ ssh.is/images/stories/Samgongumal/2017_Greinagerd_Umferdarspa_2030_LOKA.pdf

Tafakostnaðurinn fex u.þ.b. tvöfalt hraðar og er farinn að nálgast 50 milljarða árlega í lok þessa áratugar.

Umferðatafir verða með ýmsu móti. Þéttari umferð fylgir alla jafna minni hraði og umferðaljós tefja einnig. Einn helsti galli þessarar greiningar er að flutningsgeta umferðaljósa fylgir ekki vaxandi umferð heldur stendur í stað sem veldur því að tafirnar vaxa hraðar eftir að flutningsgetu þeirra er náð. Hægt er að laga þetta að vissu marki með tölvustýringu ljósa meðan umferð á hliðargötum er lítil en sé hún mikil er tilgangslítið að reyna það. Ekki er reynt að greina þessi áhrif í þeirri athugun sem hér liggur fyrir og því líkur til að spá um umferðatafir eftir 2020 séu vanáætlaðar. Sú vanáætlun getur verið umtalsverð hvað varðar tafatímama en þess utan eru dæmi um að tímavirðið sem notað er við gerð myndar nr. 1 sé mun herra en hér er notað. Ástæða er til að telja, að frekari rannsóknir muni leið í ljós mun hærri tafakostnað en hér er birtur.



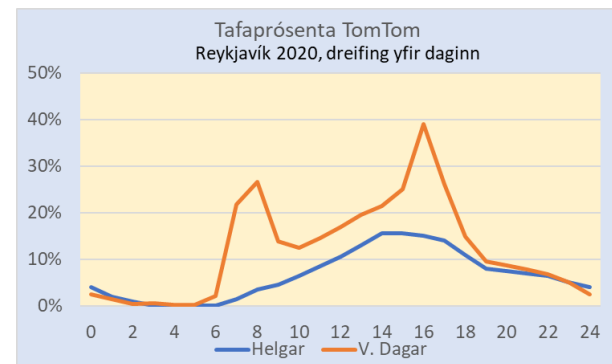
Mynd 2 Dreifing umferðar 2019 yfir daginn á höfuðborgarsvæðinu Heimild: Vegagerðin

Af þeim niðurstöðum sem hér liggja fyrir er alveg ljóst, á þróun umferðar í Reykjavík er að taka hættulega stefnu. Kostnaður vegna umferðartafa er á hraðri uppleið, á næstu 15 árum gæti hann vaxið frá rúmlega 20 milljörðum króna árlega í 50. Til viðbótar koma 6 - 10.000 tonn af bíla eldsneyti sem væntanlega vex í 15 - 20.000. tonn árlega.

Reikniðferð

Umferðamynstur

Mynd 2 sýnir hvernig umferðin dreifist yfir sólahringinn á höfuðborgarsvæðinu, en þessi mynd sýnir mynstur ársins 2019. Þar sjást greinilega umferðatopparnir um áttaleitið á morgnana og í lok síðdegis, hinn síðar nefndi verulega hærri. Þetta mynstur er ráðandi þar sem fólk ferðast á sama tíma til vinnu á morgnanna og heim aftur síðdegis, sem er reglan hvar sem er í heiminum. Umferðin tefst af ýmsum orsökum og mestar verða tafirnar þegar umferðin er þéttust. Mynd 3 sýnir svo tafirnar eins og mældar eru af fyrirtækinu TomTom, sem sérhæfir sig í leiðsögutækjum fyrir bíla. Þessar mælingar eru framkvæmdar á helstu umferðaræðum á höfuðborgarsvæðinu og eru nokkuð nákvæmar. Eins og myndin sýnir eru tafirnar mestar þegar umferðin er mest og falla niður í núll á nóttunni, eins og umferðin. TomTom gefur upp meðalgildi þessara ferla fyrir hvern vikudag en Vegagerðin gefur aðeins upp einn feril fyrir helgar og annan fyrir vinnudaga. Er því haldið í þessari athugun.



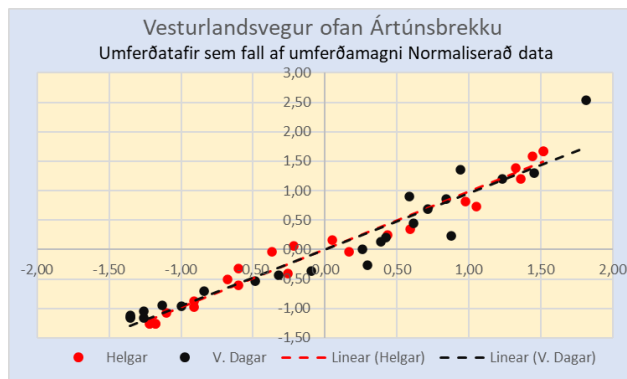
Mynd 3 Tafir í umferð á höfuðborgarsvæðinu, % af ferðatíma í frjálssu flæði. Heimild: TomTom.

Ljóst er að ferlarnir á myndum 2 og 3 eru mjög skyldir. Til að líta nánar á þetta sýnir Mynd 4 þessi gildi á normaliseruðu formi, það er að segja að meðaltal er dregið frá breytunum og deilt í með staðalfrávik. Rauðir punktar á myndinni sýna helgargildin og hinir bláu vinnudagagildin.

Einnig eru á myndinni beinar brotnar línur sem sýna bestu jöfnun, en þær liggja svo þétt að erfitt er að greina þær í sundur. Þessi mynd sýnir aðeins einn af lykilpunktum Vegagerðarinnar en hinar tvær líta nánast eins út. Mynstrið er því eins á þeim öllum. Báðar breyturnar hafa lágmark 0 og gert er ráð fyrir að ef meðaltalið hækkar haldi mynstrið sér hlutfallslega. Hallatalan á myndinni er nálægt 0,96 í öllum tilfellum.

Tímaraðagreining

Raðirnar sem myndir 2 og 3 sýna eru svipaðar fra degi til dags, nema helgar eru ekki eins og vinnudagar. Ef vinnudagar einnar viku eru skoðaðir sem ein röð er hún með 120 gildi og 10 toppa á svipuðum stöðum á hverjum degi. Þá liggur beint við að nálga hana með Yevjevitchlíkaninu.



Mynd 4 Fylgni umferðar og tafa

$$N(t) = P(t) + S(t)e(t) \quad (1)$$

Hér eru N bílafjöldinn en $P(t)$ og $S(t)$ lotuföll með 24 tíma lotu. Taka má alla vinnudaga í einum mánuði til að finna þau föll. Fallið $e(t)$ er stokastísk breyta, $e(0,1)$, (meðaltal, staðalfrávik), með einhverja, en lága sjálffylgni. Breytingar frá degi til dags eru í því falli. Slíkar raðir má búa til með einföldu Marco líkani með sjálffylgnistuðli af stærðargráðunni 0, 3 - 0,4 eða minna. Nánari útreikningar sýna, að meðan (1) heldur er hægt að reikna meðaltafatíma hvers klukkutíma þannig

$$E\{T_b(t,s)\} = \sum_{s=0}^{s=N(t)} T(t; s) = N(t)TT(t) \quad (2)$$

N er fjöldi bíla og TT meðaltöfin á hvern bíl á viðhlítandi klukkutíma eins og hún mælist hjá TomTom. Meðaltalið yfir daginn er þá.

$$E\{T_b(t,s)\} = E\{N(t)TT(t)\} = E\{N(t)\}E\{TT(t)\} (1 + \rho_{N,TT}C_vN C_vTT) \quad (3)$$

Fylgnistuðullinn er 96% samkvæmt framansögðu, og breytileikastuðullinn C_v tekinn fyrir föll sem byrja og enda í núlli eins og TT , er gjarnan um 1,0 eða rétt þar undir. Sviginn $(1 + \rho_{N,TT}C_vTT^2)$ er því af stærðargráðu 1,7 - 1,9 í klukkutímaupplausn, sem segir að heildar tafatími er 70 - 90 % hærri en beint margfeldi sólarhringsmeðaltala. Þetta merkir líka að kostnaður af umferðatöfum vex með umferðinni í öðru veldi. Sést það greinilega á mynd 1.

Dálítill breytileiki er milli mánaða til viðbótar dagsbreytileikanum hér að ofan. Þegar það dæmi er reiknað eru líkur á að stuðullinn 1,7 - 1,9 hækki um 20 %, en sú niðurstaða krefst nánari athugunar.

Beinn útreikningur á dæminu á myndum 2 - 4

Til að reikna samanlagðar tafir yfir daginn þarf að margfalda saman gildi punkta fyrir sama tíma á myndunum tveim. Þar sem ferlarnir fylgjast svo vel að sem myndirnar sýna margfaldast hæsta tafaprósantan með mesta fjölda í umferðinni og svo koll af kalli. Þegar allt er lagt saman verur útkoman töluvert hærri en ef meðaltölin væru margfölduð saman.,

Eins og áður segir er meðaltal allra breytna á Mynd 4 jafnt og 0 og margfeldi meðaltalanna þá einnig. Samanlagt margfeldi gildanna fyrir tafir og umferð verður hins vegar hærri, eða nálægt 0,92 fyrir bláu vinnudaga (bláu punktanna) og 0,94 fyrir helgidaga (rauða punkta) Vegna forsendurnar um að mynstrið haldi sér hlutfallslega kemur það út, þegar við tökum upprunagildin

til margföldunar að margfeldið verður Tafir alls $=T \cdot U \cdot (1 + 0,92)$ þar sem T meðaltal normeruðu raðarinnar fyrir TT og U meðaltal normeruðu raðarinnar fyrir N. Samsvarandi fæst fyrir helgidaga. Athuginin á þessum gögnum bendir eindregið til að tafamynstrið sé mjög stöðugt og sé nánast eins um helgar og á virkum dögum þrátt fyrir verulegan mun á umferð. Sama er að segja um samanburð milli hinna þriggja lykilkpunkta Vegagerðarinnar. Í raun er tekið vegið meðaltal af þessum gildum til notkunar í greiningunni.

Forsendan um að mynstrið haldi sér hlutfallslega stenst ekki að fullu vegna þess hvernig umferðljós tefja þegar flutningsgetu þeirra er náð. Sú skekkja veldur því, að tafir verða heldur vanmetnar þegar umferðin vex mikið yfir flutningsgetu ljósanna á mynd 5 eins og raunin er orðin á höfuðborgarsvæðið. Þetta vanmat vex með vaxandi umferð, þannig að spáin um tafir eftir 2020 hækkar full hægt.



Mynd 5 Umferðaljós og helstu tafasvæði

Umferðamagn

Eins og segir í upphafi sýnir Vegagerðin á síðu sinni hvernig umferð fylgir hagvexti nánast alveg. Til að spá fyrir um árlegan fjölda ferða er notuð umferðavísitala vegagerðarinnar og gengið út frá að nákvæmast gildi til að finna samsvörun við raunverulega umferð sé að finna í umferðaspá VSÓ frá 2017 í ³ fyrir grunnár þeirrar spár, 2012. Þannig fást tölur fyrir daglega umferð frá 2005 til 2020. Eftir 2020 er reiknað með 2,5% hagvexti á ári til 2030. Í sömu skýrslu VSÓ er að finna upplýsingar um meðallengd ferða og hraða umferðar í frjálsu flæði. Þar með má reikna ferðatímamann í frjálsu flæði og síðan tafatímamann eins og segir í kaflanum um umferðmynstur. Notuð er tala vegagerðarinnar fyrir umferð 2020 og tafamælingar TomTom sama ár til að reikna fyrsta punktinn og síðan er auðvelt að reikna önnur gildi. Þessar tölur margfaldaðar með tímavirði tafa (4000 kr/klst per mann) eru efri mörk tafakostnaðarins á Mynd 1. Við athugun á út reiknuðum töfum 2012 kom í ljós að Tala VSÓ um tafir var um 8% lægri. Trúlega er þessi munur innan skekkjumarka beggja reikniðferða en til að setja lægri mörk á kostnaðinn voru umferðatafir lækkaðar þannig að sama tala fékkst.