

English Summary

The present report presents a preliminary statistical analysis of serious and fatal traffic accidents in Iceland. Annual and monthly data is considered, the longest time series reaching back to 1970 on a monthly basis, and the shortest monthly series only to 1988. Apart from a count of fatally and seriously injured, data on four different component groups, i.e. 17 years, 18 years, 19-24 years and others, are provided with one series. Evidently the data is discrete, and with some of the subgroups the figures are too low for a normality approximation to be justifiable. This somewhat complicates the analysis, but an effort is made to circumvent this problem by the use of non-parametric tests. Apart from the above series, reference series such as monthly amount of petrol sold, enter the analysis indirectly. The analysis mainly tackles four aspects of the series: long term tendency, seasonal variation and differences between age groups, as well as attempting to construct a viable model to forecast the number of fatally and seriously injured monthly.

The main results are the following:

1. Long term tendency: Serious and fatal injuries are diminishing in number, especially during this decade, and this holds not only per capita, but also in absolute terms. For the majority of the series a structural break can be postulated with some justification at the beginning of this decade.
2. Seasonal variation: The data contain a strong seasonal component, although not an altogether regular one, in comparison with the seasonal variation in the amount of petrol sold per month. As it seems, not all months are significantly different from one another, and a great deal of the seasonal variation can even be captured by defining only two seasons, November-May on one hand, and June-October on the other. An inspection of recursive coefficients in a regression on such seasonal components suggests that the reduction in summer-autumn season fatalities began earlier than the one that has taken place in fatalities during winter and spring. A comparison of the seasonal variation in fatalities and serious injuries with that in the amount of petrol sold each month, seems to indicate that the main deviations occur in April and October.
3. Young drivers: An inverse relation holds between the age of drivers and their accident-proneness. Non-parametric test even reveal a significant difference between the 17 and 18 year old groups. An inspection of the variance in each age groups accident frequency indicates that it exhibits the same pattern and increases with lower age above 17. This holds both for seasonal variation and the variance over the whole period and the difference is significant between all but the youngest groups of drivers.
4. Modeling and forecasting: A model is set up for the monthly series of killed and seriously injured that is based on a constant, a trend component and monthly seasonal components. An effort is made to improve it by allowing stochastic parameter variation, but as a number of outliers not explained by the model are present in the series, its mean expected deviation remains as high as 25%. Although a good forecast can hardly be expected, the dynamic model does allow a better estimate of the present trend, which indicates that presently the reduction in traffic deaths and serious injuries may be faster than other would lead us to think. It also suggests that seasonal variation in this series is diminishing

Ágrip

Skýrsla sú sem hér liggur fyrir felur í sér nokkur skref í átt að tölfræðilegri greiningu fjölda dauðsfalla og alvarlegra meiðsla í umferðinni á Íslandi. Gögnin sem skoðuð eru, eru annars vegar árlegar og hins vegar mánaðarlegar tölur um dauðsföll og alvarleg meiðsl og ná talnaraðirnar mislangt aftur í tímann, lengst aftur til 1970, en skemmst til 1988. Einnig liggur fyrir sundurliðun sumra raðanna í fjóra aldurshópa, 17 ára, 18 ára, 19-24 ára og aðra. Eðli málsins samkvæmt eru gögnin strjál, og takmarkar það nokkuð svigrúm til greiningar þegar tölurnar eru mjög lágar og nálgun við normaldreifingu er ekki réttlæt看leg. Auk þessara tímaraða eru tölur um fólksfjölda og bensínsölu hafðar til viðmiðunar. Greiningin skiptist einkum í fjóra þætti, ályktanir um langtímaþróun, árstíðasveiflu og mismun á milli aldurshópa, auk þess sem metið er spálíkan á mánaðargrundvelli fyrir fjölda látinna og alvarlega slasaðra.

Helstu niðurstöður eru þessar:

1. Langtímaþróun. Dauðsföllum og alvarlegum slysum fer fækkandi, einkum á þessum áratug. Gildir það jafnt, hvort sem miðað er við fólksfjölda eða ekki. Í mörgum tilfellum er um óyggjandi þáttaskil að ræða strax í upphafi áratugarins.
2. Árstíðasveifla. Árstíðasveifla er sterk í gögnunum, en þó ekki fyllilega regluleg, a.m.k. ekki samanborið við árstíðasveiflu í bensínsölu, sem notuð er sem lauslegur mælikvarði á umferðarþunga. Svo virðist sem lítt marktækur munur sé á meðaltölum mánaðanna nóvember til maí annars vegar og hins vegar júní til október. Bendir það til þess að skýra megi umtalsverðan hluta árstíðabreytileika í slysum með því að nota einungis tvær árstíðir. Sé það gert kemur í ljós að meiri og jafnari fækkun hefur orðið á dauðsföllum yfir sumar og haustmánuðina frá 1980, en dauðsföllum að vetri og vori byrjar ekki að fækka umtalsvert fyrr en mun síðar, eða 1992. Sé árstíðasveifla í slysum borin saman við þá sem einkennir bensínsölu eða umferðarþunga, kemur í ljós að hún er einkum frábrugðin í apríl og október.
3. Ungir ökumenn: Meðaltal slysatíðni í aldurshópum stendur í öfugu hlutfalli við meðalaldur innan hópsins. Með stikalausum prófum má jafnvel greina marktækan mun á milli 17 og 18 ára vegfarenda hvað þetta varðar. Sama mynstur kemur fram sé dreifni eða sveifla slysatíðninnar skoðuð, hvort sem er innan árs (árstíðasveifla) eða yfir heilt tímabil. Dreifnin er meiri og sveiflan stærri eftir því sem aldurinn í hópunum er lægri og er mismunurinn marktækur milli allra nema yngstu tveggja hópa ökumanna.
4. Spálíkön: Skilgreint er spálíkan fyrir fjölda látinna og alvarlega slasaðra í mánuði, sem byggir á föstum þætti, leitni og árstíðasveiflu. Reynt að bæta eiginleika þess með því að leyfa stikum að þróast yfir tíma. Vart er hægt að segja að góð spá fáiist með þessum hætti, enda er mikið um mjög stór frávik í matinu sjálfu sem erfitt er að skýra. Þannig er vænt skekkja spárinnar um 25%. Kvika líkanið leyfir aftur á móti að draga ályktanir um það að fækkun slysa er meiri á síðustu árum en aðrar aðferðir gefa til kynna, sem og um það að árstíðasveifla virðist vera í rénun.

Inngangur

Viðfangsefni og gögn

Umferðarráð hefur um nokkurt skeið haldið utan um ýmis tölfræðileg gögn sem lúta að slysum í umferðinni hérlandis og einnig unnið úr þeim að nokkru leyti.¹ Þegar að því kemur að ganga skrefi lengra í tölfræðilegri úrvinnslu vakna óhjákvæmilega tvær spurningar. Önnur lýtur að áherslum umferðaryfirvalda, enda eru margar leiðir færar við slíkt verk og verður því að ákveða forgangsröð. Hin spurningin er sú sem ávallt verður að setja fram áður en hafist er handa á þessu sviði: Hvers konar úrvinnslu leyfa þau gögn sem fáanleg eru? Eðlilegast er að leita svara við fyrri spurningunni í verkáætlun Umferðaröryggisnefndar dómsmálaráðuneytisins, *Umferðaröryggisáætlun 1997-2001*² Þar kemur fram að á þessu ári verða meginviðfangsefnin þessi:

- ✓ bílbelti og öryggisbúnaður fyrir börn í bílum
- ✓ ölvunarakstur
- ✓ ökuhraði
- ✓ ungir ökumenn

Því er rökrétt að byrja á því að kanna hvort ekki megi einnig beina tölfræðilegri úrvinnslu að því að greina þessa áhersluþætti nánar. Við nánari athugun kom þó í ljós að ýmsir annmarkar eru á því að ráðast beinlínis í slíkt viðfangsefni. Þannig er er hægara sagt en gert að afla gagna um þessi atriði, a.m.k. sum hver. Aðeins eru til tölur aftur til 1993 (maí) um ölvun í tengslum við alvarleg slys og ökuhraði kemur sjaldnast fram svo óyggjandi sé þegar slys eru skráð. Skráð hefur verið um nokkurt skeið hvort öryggisbúnaður var notaður þegar alvarleg slys urðu, en erfitt er að draga ályktanir um áhrif hans án þess að skoða hvert einstakt tilvik. Hvað unga ökumenn varðar eru gögn fáanleg sundurliðuð eftir aldri, svo ekki virðist sérstökum vandkvæðum bundið að reyna að svara nokkrum spurningum varðandi sérstöðu þessa hóps.

Svo vill svo til að nokkur tímamót verða í sambandi við öll þrjú fyrstu áhersluatriðin í lok síðasta áratugar. Þannig er vanræksla á notkun bílbelta gerð refsiverð í mars 1988, leyfilegur ökuhraði utan þéttbýlis hækkaður sama ár úr 80 í 90 km/klst og sala á áfengum bjór leyfð 1989. Auðvelt er að leiða getur að því að aukin bílbeltanotkun fækki slysum með alvarlegum meiðslum, aukinn ökuhraði fjölgi þeim og aukin bjórdrykkja valdi því að fleiri glepjist til að aka undir áhrifum. Þá vaknar sú spurning hvort staðsetja megi afleiðingar þessara ráðstafana á óyggjandi hátt í tölulegum gögnum og jafnvel fara nærri um það hversu miklar þær urðu. Svarið er að á því eru ýmsir annmarkar. Atburðirnir gerast með stuttu millibili og því er örðugt um vik að greina þá að. Óvíst er að áhrif breytinga af þessu tagi komi fram öll í einu, þannig kunna t.d. áhrif væntanlegrar bílbeltaskyldu að hafa verið komin fram að nokkru leyti áður en lögin tóku gildi og ekki er víst að allir ökumenn hafi strax tekið við sér þótt vanrækslan yrði refsiverð. Á sama hátt telja kunnugir hugsanlegt að hækkan hraðatakmarkana á þjóðvegum hafi haft mest áhrif til hins verra í fyrstu, sem síðan hafi gengið til baka að nokkru leyti. Enn má nefna það að þau gögn sem best eru fallin til tölfræðilegrar greiningar - mánaðarlegar tölur um fjölda látinna alvarlega slasaðra 1988 til 1997 - ná aðeins örskammt aftur fyrir þau tímamót sem hér eru nefnd. Þetta

¹ Sjá t.d. Umferðarráð (1997) *Skýrsla um umferðarslys á Íslandi* og Dómsmálaráðuneytið (1997) *Umferðaröryggisáætlun 1997-2001*.

² Dómsmálaráðuneytið (1997) *Umferðaröryggisáætlun 1997-2001*.

veldur því að óhægt er um samanburð á tímabilum fyrir og eftir breytingarnar. Þegar þessi atriði eru tekin saman, sést að tölfræðilegri greiningu á þremur fyrstu áhersluatriðunum í umferðaröryggisáætlun 1998 er þröngur stakkur sniðinn. Þrátt fyrir það verða spurningar á borð við þessar hafðar í huga við þá greiningu sem á eftir fer og því er þeirra getið í upphafi máls.

Að öðru leyti verða áhersluatriði greiningarinnar að ráðast af gögnunum sem fyrir liggja. Eingöngu verður reynt að gera grein fyrir þróun dauðsfalla og alvarlegra slysa, enda kemur hvort tveggja til að það er alvarlegasta áhyggjuefnið og um þessi atriði eru traustustu gögnin fyrir hendi. Þannig verður t.d. ekki vikið að eignatjóni í umferðarslysum, né heldur þeim slysum þar sem meiðsl urðu óveruleg.

Þau gögn sem rannsóknin beindist að voru eftirtaldar tímaraðir:

1. Fjöldi látinna og alvarlega slasaðra í umferðinni mánaðarlega 1988:1-1997:12 (FLASm). Auk heildarfjölda lágu fyrir upplýsingar um skiptingu eftir aldursflokkum yngstu öikumannanna, þ.e. 17 ára, 18 ára og 19-24 ára.
2. Fjöldi látinna í umferðarslysum mánaðarlega 1970:1-1997:12 (FLm).
3. Fjöldi alvarlega slasaðra árlega 1975-1997 (ASar).
4. Fjöldi látinna árlega 1970-1997

Auk þessa gegndu tvær aðrar tímaraðir óbeinu hlutverki.

1. Bensínsala í hverjum mánuði 1988:1-1997:12 (BENSIN).
2. Meðalfólksfjöldi ár hvert 1970-1997 (FOLK).³

Viðfangsefnið sem þessi gögn gefa tilefni til að vinna er einkum þríþætt:

1. Greina langtímaþróun FLAS raðanna þriggja. Þá er spurt hversu mikil fækkun látinna og alvarlega slasaðra í umferðinni er, hvort hún er mismikil á tímanum sem raðirnar ná til og þá hvernig, hvort greina megi skörp skil og þá hvenær. Þetta er einnig skoðað fyrir einstaka aldurshópa innan FLASm.
2. Greina reglubundinn þátt mánaðargagnanna til skamms tíma, þ.e. innan ársins. Þá er spurt hvort um árstíðasveiflu sé að ræða, hversu regluleg hún er og hún borin saman milli aldurshópa og á milli FLm og FLASm.
3. Að lokum verður þess freistað að búa til tölfræðilegt líkan af þróun FLASm og spá fyrir um þróun stærðarinnar í næstu framtíð. Slíkt líkan má að vissu marki hafa til samanburðar og til þess að átta sig á því hvað eru raunhæf markmið í þessu efni.

Þróun til lengri tíma og sveifla hvers árs

Árleg gögn

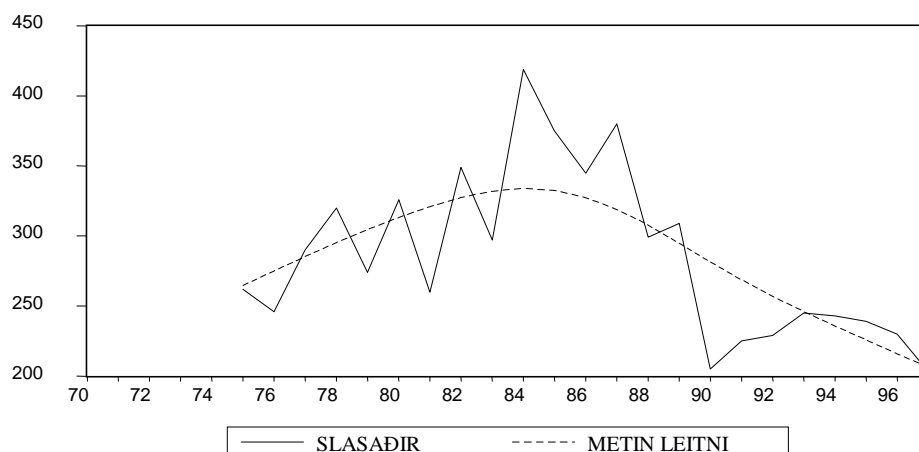
Fjöldi alvarlega slasaðra - fjöldi látinna

Þau gögn sem skoðuð voru á árlegu formi eru fjöldi látinna og alvarlega slasaðra í umferðinni 1975-1997 (ASar) annars vegar, og hins vegar fjöldi látinna (FLar) 1970-97. Tilgangurinn með því að skoða þessar tölur er einkum sá að fá yfirlit yfir þróun

³ Öll gögn eru fengin hjá Umferðarráði nema fólksfjöldinn sem Hagstofa Íslands lét í té.

stærðanna á lengra tímabili en völ er á í mánaðargögnum þar sem þau ná aðeins aftur til 1988 hvað varðar alvarlega slasaða. Auk þessara stærða liggur fyrir meðalfólksfjöldi hvers árs svo hægt er að skoða fjölda slysa sem hlutfall af fólksfjöldastærðum, t.d. á hverja 10,000 íbúa á bílprófsaldri. 1. mynd gefur vísbendingu um langtímatilhneigingu fjölda alvarlega slasaðra ár hvert. Þar sést að hann fer greinilega dvínandi eftir 1985 og raunar virðist mega greina nokkuð skörp skil árið 1990. Hér hefur ekki verið tekið tillit til fólksfjölgunar en það yrði vitanlega til þess að undirstrika þessa þróun enn frekar. Þegar það var skoðað kom í ljós að leiðrétting fyrir fólksfjölgun breytir aftur á móti engu um það að hámarkið er um miðjan níunda áratuginn og greinileg skil við árið 1990.

1. mynd: Fjöldi alvarlega slasaðra ár hvert 1975-1997 auk leitni



Myndin gefur tilefni til að prófa tölfræðilega hvort meðaltalið sé hið sama fyrir og eftir 1990 eða hvort telja má að grundvallar breyting hafi orðið það ár. Röðin virðist ekki fjarri því að geta verið normaldreifð en þó er þess ekki að vænta að styrkur prófsins sé mikill enda athuganir fáar (aðeins 23). Niðurstaða prófsins er sú að tilgátunni um sama meðaltal fyrir og eftir 1990 er ótvírætt hafnað við öll algeng óvissumörk.⁴

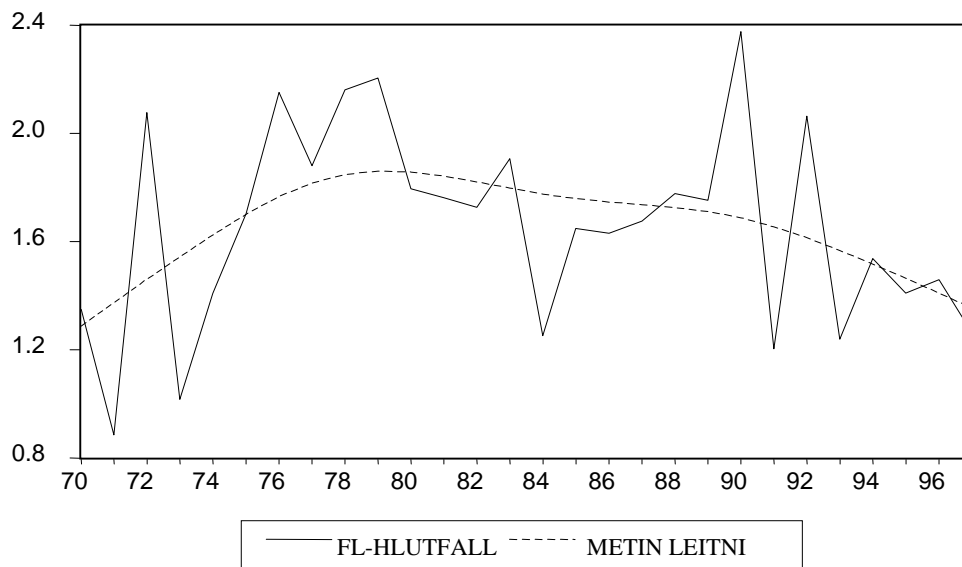
2. mynd: Fjöldi látinna árlega 1970-1997, ásamt leitni.

⁴ Sjá töflu V3



Ef aftur á móti er lítið á FLar, þ.e. fjölda látinna í umferðinni árlega, vekur athygli að mun minna virðist hafa dregið úr honum á síðustu árum og er ekki auðvelt að sjá nein augljós skil við árið 1990. 2. mynd sýnir FLar 1970-1997 ásamt reiknaðri leitni. Af myndinni má ráða að FLar hefur farið nokkuð hratt vaxandi á árunum 1970-75 og kann svo að vera einnig um ASar sem fjallað er um að ofan, en sú röð nær skemmra aftur í tímann og þar vantar þessi ár. Hið lága meðaltal fyrstu áranna veldur því að ekki er hægt að finna marktæka lækkun eftir 1990 á sams konar prófum og beitt var fyrir ASar að ofan. Sé FLar skoðaður sem hlutfall af fólksfjölda, t.d. á hverja 10,000 íbúa á aldrinum 17-65 ára lítur þróunin svolítið öðruvísi út og hlutfallslega skilningi hefur nokkuð greinilega dregið jafnt og þétt úr dauðsföllum í umferðinni síðan í lok áttunda áratugarins. Þetta sést vel á 3. mynd sem sýnir hlutfallslegan fjölda dauðsfalla ásamt metinni leitni.

3. mynd: Hlutfallslegur FLar 1970-97, ásamt leitni.



Þrátt fyrir þetta er heldur ekki hægt að greina marktæk skil við árið 1990 í hlutfallsgögnunum og gildir það einnig þótt aðeins sé miðað við tímabilið 1975-1997, m.ö.o. sama tímabil og skoðað var varðandi ASar.

Þessi lauslega skoðun á árlegum gögnum veitir ákveðnar vísbendingar þótt athuganir séu fáar. Þegar má álykta að meðaltíðni alvarlegra meiðsla í umferðinni að frátöldum dauðsföllum (ASar) sé marktækt lægri á þessum áratug en þeim næsta á undan og þar megi tala um þáttaskil milli áráanna 1989 og 1990, eftir að hápunktur var náð 1985. Öðru máli gegnir um fjölda látinna ár hvert (FLar) og kemur það nokkuð á óvart svo skörp sem skilin eru í ASar, enda má telja rökrétt að þessar stærðir þróuðist samhliða. Þetta á við hvort sem FLar er skoðaður sem slíkur, eða sem hlutfall af mannfjölda 17-65 ára. FLar óx mikið á áttunda áratugnum, einnig í hlutfalli við fólksfjölda, en nokkru hægar á þeim níunda og minnkaði þá miðað við fólksfjölda. Á þessum áratug hefur hann farið minnkandi hvernig sem litið er á, en án merkjanlegra þáttaskila eins og áður sagði. Áður en seilst er um hurð til loku í leit að skýringum á þessu misræmi milli annars náskyldra gagnaraða, verður reynt að skyggjast dýpra í tölfræði þeirra með því að skoða mánaðarleg gögn um fjölda látinna.

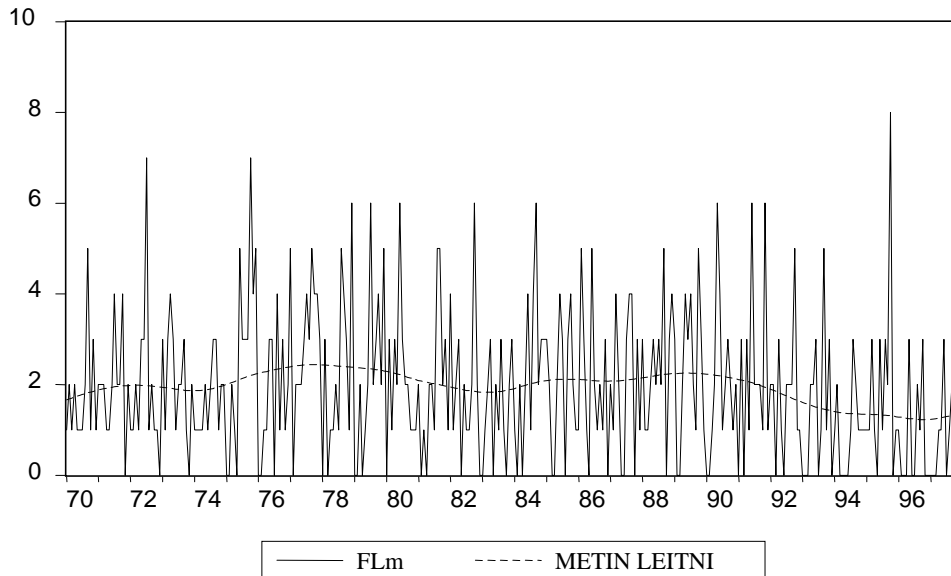
Mánaðarleg gögn

Fjöldi látinna

Mánaðarleg gögn tryggja ekki einungis fleiri mælingar á langtímapætti gagnanna, heldur gefa einnig möguleika á því að skoða árstíðasveiflu. Þær raðir sem völ er á á mánaðarlegu formi er annars vegar mánaðarlegur fjöldi látinna í umferðarslysum (FLm) sem til er allt aftur til 1970 og fjöldi látinna og alvarlega slasaðra í hverjum mánuði 1988-97 (FLASm). FLm er strjál hending í þeim skilningi að hún getur aðeins tekið heiltölugildi. Þetta gildir vitanlega um allar talnaraðir sem lúta að umferðarslysum, en í þessu tilfalli eru tölurnar lágar, dreifast á fá gildi og talsvert er um núll í röðinni. Því er ekki hægt að nota ályktunarfræði sem byggir á nálgun við normaldreifingu. Þrátt fyrir þær skorður sem þetta setur kann að vera nokkuð á því að græða að skoða röðina nánar.

Á grafi virðist FLm heldur fara lækandi, einkum eftir 1990, jafnvel án þess að tekið sé tillit til fólksfjölda. Það virðist jafnvel koma til álita að finna megi skil í upphafi þessa áratugar þrátt fyrir að svo hafi ekki verið í árgögnunum enda lækkar leitnilínan merkjanlega snemma á þessum áratug.

4. mynd: FLm ásamt metinni leitnilínu.



Að öðru leyti vekur FL í októbermánuði 1995 sérstaka athygli á sóðasta hlita tímabilsins en í þeim mánuði létust átta manns og reyndar slösuðust 34 einstaklingar til viðbótar alvarlega. Þetta er hæsta tala látinna í mánuði á öllu tímabilinu og leita þarf allt aftur til ársins 1974 til að finna mánuð þegar 7 manns létust. Sé tekið tillit til þess að þetta á sér stað í október er um enn meiri undantekningu að ræða, enda októbermeðaltalið mun lægra en t.d. meðaltal júlímánaðar sé litið á öll árin.

Þrátt fyrir þetta bendir leitnilínan til fækkunar á síðasta fjórðungi þessa 28 ára tímabils. Séu tölurnar skoðaðar sem hlutfall af fjölda íbúa á aldrinum 17-65 ára, er þessi tilhneiging vitanlega enn skýrari.⁵ Hlutfallslega er talan fyrir október 1995 t.d. ekki lengur sú hæsta yfir tímabilið. Þessi sérkennilegi mánuður kann að eiga sinn þátt í því að sjá má nokkurri lækkun stað í mánaðargögnunum sem ekki var áberandi í árgögnum. Ef reynt er að lesa líkleg tímamót út úr grafi þessarar raðar sýnist mitt ár 1992 koma sterklega til greina. Því var gert tölfræðilegt próf á þeirri tilgátu hvort meðaltalstíðni dauðsfalla í mánuði væri jafnhá fyrir og eftir þann tíma. Eins og áður er sagt má vænta villandi niðurstöðu sé beitt venjulegu prófi þar sem normaldreifing er slæm nálgun. Því var beitt stikalausú prófi sem kennt er við Kruskal og Wallis, og miðast einungis við niðurröðun athugana eftir stærð.⁶ Í ljós kom að ótvírætt má staðhæfa að meðaltalið sé annað eftir mitt ár 1992. Það útilokar þó vitanlega alls ekki að þáttaskil hafi orðið nokkru fyrr og í ljósi þess sem fram kom um ASar hér að framan var einnig prófað hvort meðaltalið væri eins fyrir og eftir mitt ár 1990. Einnig því var ótvírætt hafnað.⁷ Þannig virðist vera meira samræmi milli tíðni slysa og dauðsfalla að þessu leyti ef notuð eru mánaðargögn um hin síðarnefndu en hægt er að sjá ef aðeins árgögn eru skoðuð.

Ætla má að umferðarslys ráðist nokkuð af því hversu mikið er ekið og hvar, sem og af veðráttu að nokkru leyti. Því vaknar óhjákvæmilega sú spurning hvers eðlis breytileikinn innan ársins er í mánaðargögnum. Til þess að greina það atriði nánar voru reiknuð mánaðarmeðaltöl FLm á tímabilinu og borin saman. Niðurstaðan kemur fram í töflu V2 í viðauka. Stuðlarnir sem þar koma fram gefa vísbendingu um

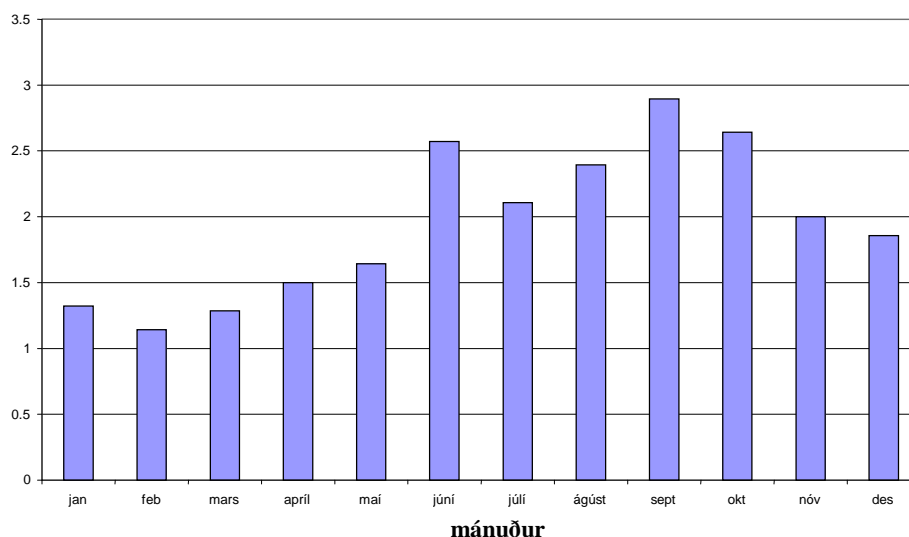
⁵ Mynd V1 í viðauka.

⁶ Sbr. Newbold (1995), Statistics for Business and Economics, bls. 606

⁷ Í fyrra prófinu var Kruskal-Wallis 84.0, í því síðara 77.8. Í báðum tilvikum er viðmiðunin Kíkvaðrat-dreifing með eina frígráðu.

meðaltal hvers mánaðar og sé það reiknað fæst sú niðurstaða sem fram kemur á 5. mynd.

5. mynd: Mánaðarmeðaltöl FLM eftir mánuðum 1970-97



Eins og sjá má verða færri dauðaslys fyrstu fimm mánuði ársins en næstu fjóra þar á eftir, en síðustu tvo mánuðina er fjöldi slysa þar á milli. Af töflu V2 má ráða að ekki er tölfræðilega marktækur munur á meðaltalinu í janúar annars vegar og hins vegar í febrúar, mars, apríl og maí. Á hinn bóginn er munurinn á meðaltali janúarmánaðar annars vegar og júní, júlí, ágúst, september og október hinsvegar marktækur við 95% mörkin. Um nóvember og desember gildir það sama og um mánuðina í upphafi ársins: meðaltal þessara mánaða ekki marktækt frábrugðið janúarmeðaltalinu. Þessa niðurstöðu má draga saman á þann veg að skýr munur sé á tíðni mannláta í umferðarslysum annars vegar að vetri og vori (nóv-maí) og hins vegar að sumri og hausti (júní-okt), og er meðaltalið hærra að sumri og hausti. Þessi skipting í veturvor/sumar-haust var könnuð með aðhvarfsgreiningu.⁸ Í ljós kom að hún lýsir gögnunum lítt síður en hin fyrri.⁹ Það ber þó að taka fram að í báðum tilvikum nær aðhvarfsgreiningin aðeins að skýra lítinn hluta breytileikans í þessari talnaröð, eða innan við tíu prósent. Verið getur að ástæða þess sé að nokkru leyti sú að meðaltöl árstíðanna séu ekki söm yfir tímabilið. Ef sú kenning að þau séu söm og jöfn er prófuð og sama dagsetning valin og hér að framan, mitt ár 1990, er henni hafnað miðað við aðeins tvær árstíðir, en ekki miðað við forsenduna um tólf mismunandi meðaltöl. Hér er líklegt að tæknilegt atriði hafi sín áhrif.¹⁰ Samt sem áður verður einnig að hafa í huga að hér er þrjár mismunandi kenningar að ræða. Fyrsta spurningin er hvort meðaltíðnin sem slík hafi breyst, önnur hvort skipting þessarar tíðni á tvær árstíðir hafi breyst tiltekið ár og hin þriðja hvort innbyrðis vægi mánaða í heildarslysátíðninni hafi breyst. Augljóslega þarf þetta þrennt alls ekki að fara saman.¹¹

Til þess að glöggva sig á því hvernig sú breyting sem prófin leiða í ljós á síðasta fjórðungi tímabilsins er til komin, má fylgjast með því hvernig mat á meðaltölum

⁸ Niðurstaðan kemur fram í töflu V3 í viðauka.

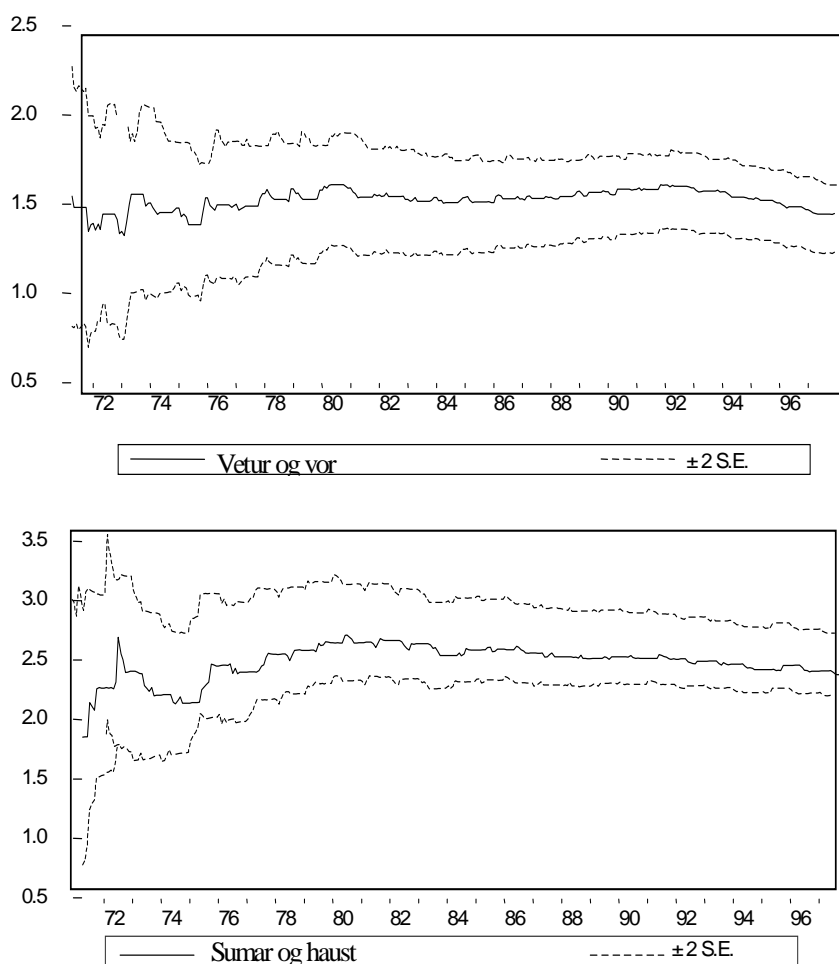
⁹ A.m.k. ef miðað er við Akaike eða Schwartz mælikvarðana sem fram koma í töflunum.

¹⁰ Nánar tiltekið það, hvað margar frígráður tapast við að meta svo mörg meðaltöl.

¹¹ Þess ber þó að geta að sé tímamótum valinn tími um mitt ár 1992 er því hafnað í öllum þremur tilvikum að viðkomandi meðaltöl séu óbreytt.

mismunandi árstíða þróast yfir tíma. Varðandi einstaka mánuði er þetta nokkuð flókið og erfitt að draga skýrar ályktanir af þróun matsins.¹² Þegar skoðaðar eru aðeins tvær árstíðir, nóvember til og með maí annars vegar, og hins vegar júní til október, er betra að glöggva sig á þessu. Þá sést að vetrar-vor meðaltalið er nokkuð stöðugt fram til 1992 en lækkar þá fremur skarpt.

6. mynd: Þróun mats á meðaltölum FLm 1970:1-1997:12 - Tvær árstíðir



Sumar-haust meðaltalið, sem kemur fram á neðri myndinni, byrjar aftur á móti mun fyrr að lækka, þ.e. um 1980, og dvínar tiltölulega jafnt og þétt síðan. Af þessu má ráða að það er tíðni dauðsfalla í umferðinni að vetrarlagi sem veldur því að þáttaskil koma síðar fram í FLm en í ASar og alls ekki í árlegu röðinni, FLar. Forvitnilegt væri að túlka þessa niðurstöðu nánar til þess að skilja hvers vegna þróunin helst ekki fyllilega í hendur á þessum tveimur árstímum.

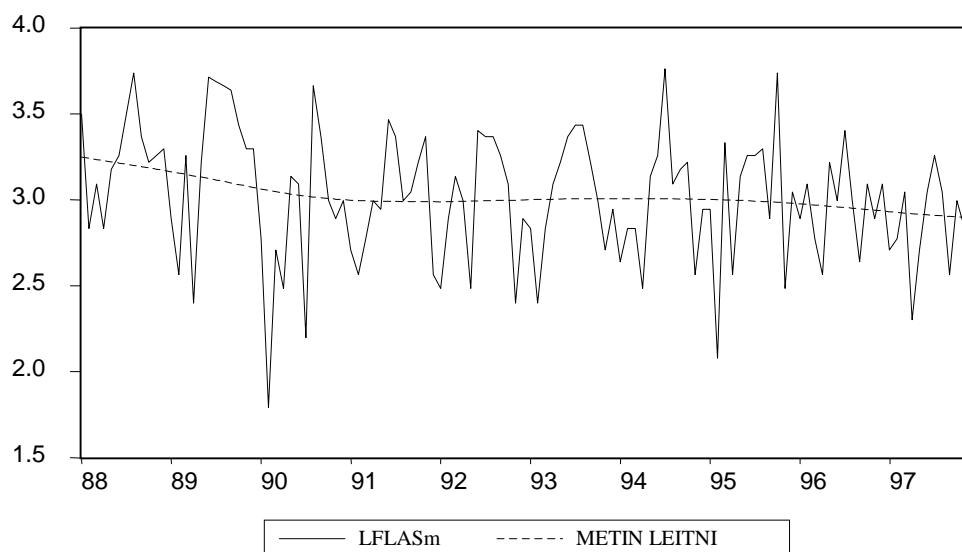
Fjöldi látinna og alvarlega slasaðra

Þótt FLASm nái yfir styttra tímabil en FLm er hún heppilegri til tölfræðilegra ályktana vegna þess að niðurstöður venjulegs prófs um normaldreifingu leyfa að líta svo á að ligrinn lúti normaldreifingu. Það að athuganir eru 120 í stað 336 í FLm

¹² Sjá mynd V3 í viðauka.

kemur ekki endilega að sök ef áhuginn beinist einkum að nánustu fortíð. 7. mynd sýnir ligra FLASm 1988:1-1997:12, ásamt metinni leitni.

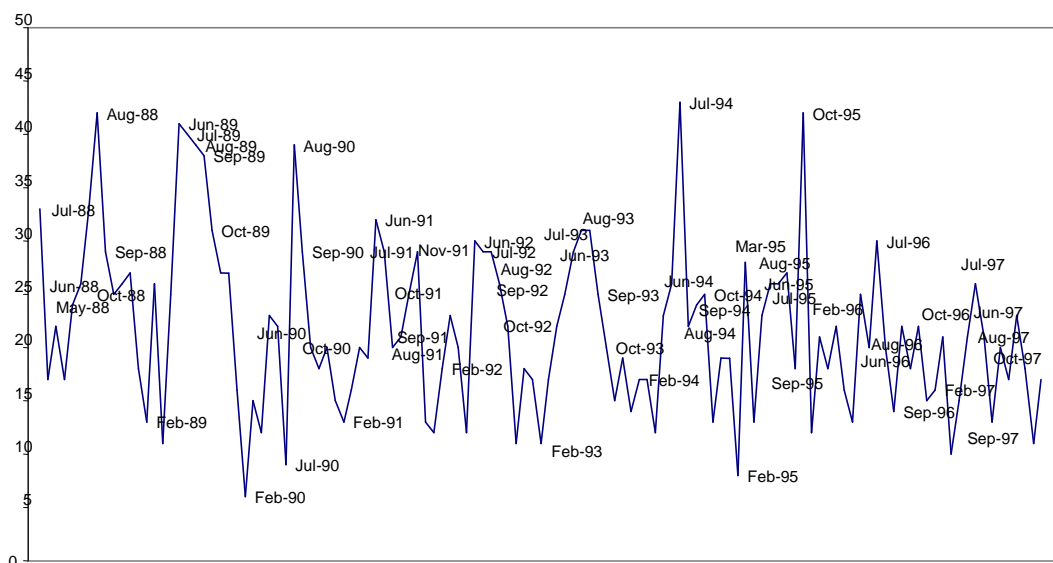
7. mynd: Ligri FLASm 1988:1-1997:12 ásamt leitni.



Eftir myndinni að dæma má lýsa langtímaþróun þessarar stærðar í grófum dráttum þannig að umtalsverð fækkun hafi orðið á tímabilinu 1988-1991, síðan ríkt stöðugleiki fram til 1995, en síðan votti fyrir fækkun á nýjan leik síðustu tvö ár. Taka ber fram að hér er ekki um hlutfallstölur að ræða. Eðli málsins samkvæmt er nærtækt að leiða getur að því að árstíðasveiflu megi finna í þessari röð. Ef hluti mánaða er merktur inn á myndina er þrennt sem vekur athygli.¹³

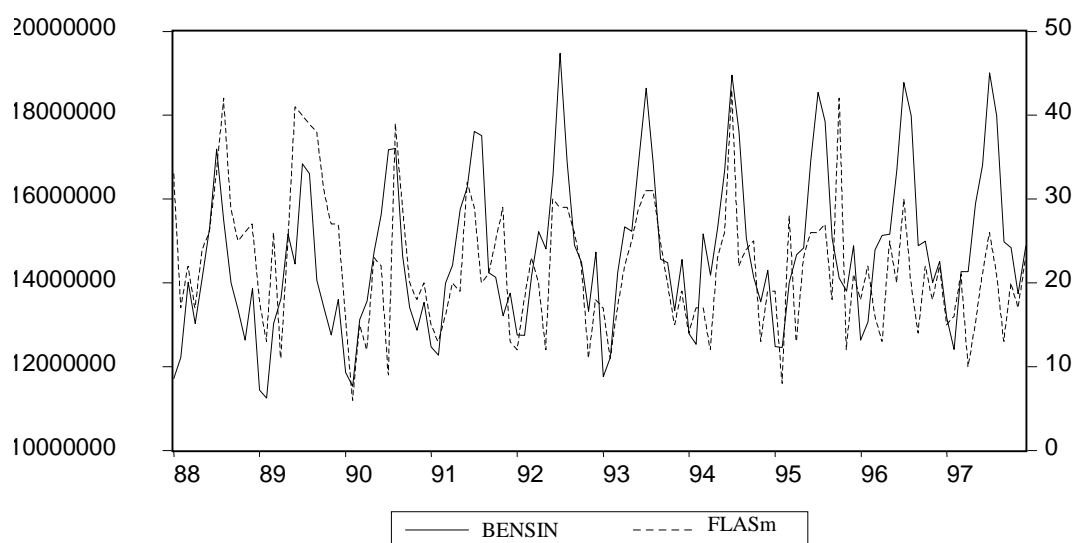
¹³ Myndin yrði ólæsileg ef allir mánuðir væru merktir inn. Valdir voru mánuðirnir júní til október (sumar-haust hér að framan), ásamt febrúar, þegar tölurnar eru einna lægstar.

8. mynd: FLASm merkt mánuðum (jún-okt, feb)



Í fyrsta lagi er sumarið bersýnilega hættulegasti tíminn í flestum árum en minnst er um alvarleg slys í febrúar. Í öðru lagi er samt sem áður nokkuð um undantekningar frá þessu. Þannig er júlí meðal lægstu mánaða 1990 en október sá hæsti 1995, svo aðeins tvö augljós dæmi séu tekin. Í þriðja lagi bendir myndin til þess að það fremur dragi úr árstíðasveiflunni heldur en hitt á síðari hluta tímabilsins þótt erfitt sé að átta sig á því vegna þess hversu óregluleg röðin er. Fróðlegt er að skoða árstíðasveiflu í bensínsölu til samanburðar. Jafnvel þótt bensínsalan sé ekki óbyggjandi mælikvarði á umferðarþunga þegar til lengri tíma er litið, má ætla að hún gefi nokkuð góða vísbendingu um hlutfallslega dreifingu hans innan hvers árs og sé því heppilegur samanburður varðandi árstíðasveifluna.

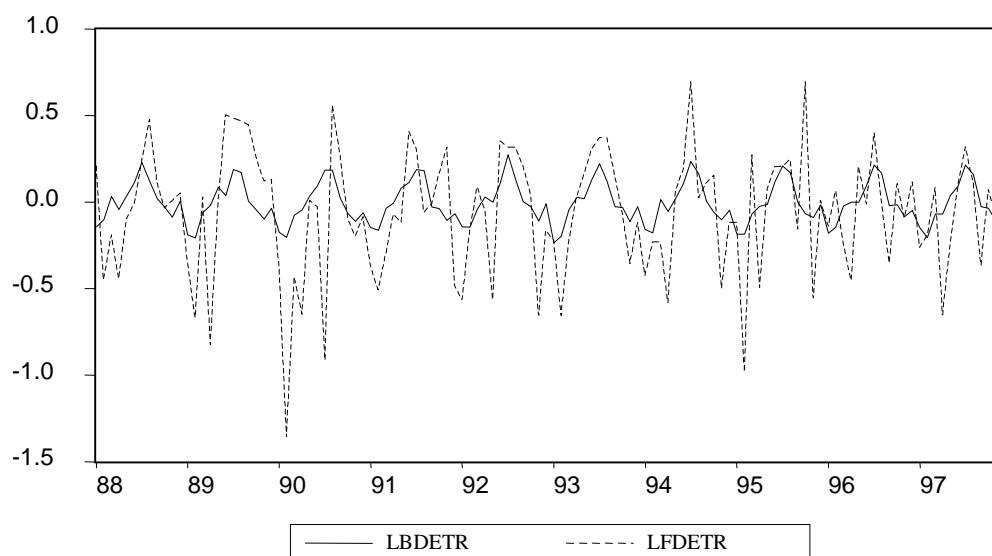
9. mynd: Bensínsala í mánuði og FLASm 1988:1-1997:12



Bersýnilega er sterkt samhengi milli árstíðabáttarins í þessum tveimur röðum. Þó virðist bensínsalan sveiflast á reglubundnari hátt innan ársins en FLASm og eins

sýnist sveiflan innan ársins fara vaxandi í bensínsölu ef eitthvað er, á meðan hún rénar nokkuð eftir 1980 í FLASm ef frá eru taldar tölurnar fyrir júlí 1994 og október 1995. Þetta er þó ekki óyggjandi, enda er leitni að finna í röðunum og fer FLASm lækkandi en bensínsalan vaxandi með tímanum. Til þess að fá skýrari hugmynd um samhengi árstíðasveiflu þessara raða innbyrðis er því vert að skoða hana sem hlutfallslegar breytingar (með því að taka ligra) og draga metinn leitniþátt frá hvorri um sig til þess að gera sveifluna sambærilega þeirra á milli.¹⁴ Þá lítur samanburður aðeins öðruvísi út.

10. mynd: Ligrar bensínsölu og FLASm að frádregnum leitniþætti

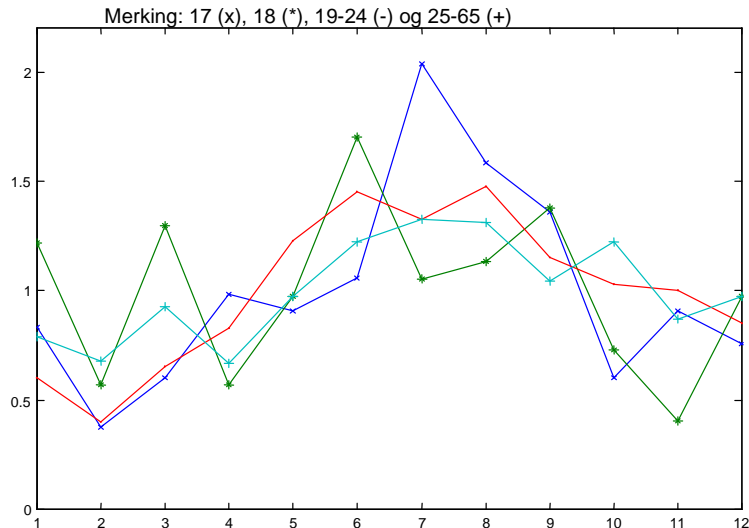


Myndin staðfestir að sveifla bensínsölu er mun reglubundnari innan ársins en sú sem vart verður í fjölda látinna og alvarlega slasaðra, en hún sýnir einnig að hlutfallslega er sveiflan í bensínsölunni mun minni. Mun minna ber nú á því að mánaðasveiflan í slysum sýnist fara minnkandi og er því ljóst að beita þarf öðrum ráðum til að skera úr um það hvort svo er. Eins og vænta mátti dregur allverulega úr árstíðasveiflu ef slysin eru skoðuð í hlutfalli við selda bensínlítra. Aðhvarfsgreining leiðir í ljós að á þessu eru þó tvær undantekningar helstar, þ.e.a.s. aprílmánuður, þegar FLASm er hlutfallslega minni en bensínsalan gefur ein sér tilefni til að ætla, og október, þegar hann er öllu meiri. Nánar verður vikið að sveiflunni í bensínsölu og FLASm hér að neðan, þegar rófgreiningu verður beitt til að greina endurtekið mynstur.

Áður en lengra er haldið má staldra við og líta nánar á dreifni FLASm eftir aldursflokkum. Ef skoðuð eru mánaðarmeðaltöl fyrir hvern aldursflokk, þ.e. 17 ára, 18 ára, 19-24 ára og síðan aðra, sést að dreifnin í röð mánaðarmeðaltalanna, þ.e. stærð árstíðasveiflunnar er nokkuð mismunandi. Mest er hún í yngstu aldursflokkunum eins og fram kemur á 10. mynd.

11. mynd: Mánaðameðaltöl eftir aldursflokkum FLASm

¹⁴ Leitnin er metin með Hodrick-Prescott síu.



Athygli vekur að júlí er mesti slysamánuðurinn hjá 17 ára þáttakendum í umferðinni en ekki í tveimur næst yngstu flokkunum. Áhugavert er að velta vöngum yfir þessu og sú spurning gæti vaknað hvort þetta tengist ekki vaxandi reynslu ökumanna í akstri á þjóðvegum. Þess ber að geta að 10. mynd sýnir ekki rétt hlutfall milli slysatíðni í mismunandi aldurshópum, heldur er henni einungis ætlað að sýna að slysin dreifast á mánuði innan hvers hóps á ólíkan hátt. En áður en vikið er að mismun á slysatíðninni sem slíkri á milli aldurshópa er rétt að svara þeirri spurningu sem 10. mynd hlýtur óhjákvæmilega að vekja, þ.e. hvort munurinn á stærð árstíðasveiflunnar á milli aldurshópa sé marktækur. Þótt um fáa mælipunkta sé að ræða, einungis tólf innan hvers hóps, er leyfilegt að líta svo á að árstíðameðaltölin lúti normaldreifingu, gagnstætt því sem á við um sumar af röðunum sjálfum. Auðveldar það nokkuð ályktanir. Niðurstaðan reyndist vera sú að ekki er marktækur munur á breytileika innan ársins í 17 og 18 ára árgöngunum. Aftur á móti má hafna kenningunni um sama breytileika, m.ö.o. sömu árstíðasveiflu, á milli allra annara aldurshópa. Það segir okkur að árstíðasveiflan er marktækt meiri í 17 og 18 ára hópunum en í 19-24 ára hópnum og marktækt meiri í honum en í hópi hinna sem eldri eru.¹⁵ Það er því nokkuð ótvírætt að árstíðasveifla í alvarlegum slysum rénar með hækkandi aldri þeirra sem í hlut eiga, þótt um óverulegan mun sé að ræða á tveimur yngstu aldursflokkunum innbyrðis.

Einnig voru gerð próf sem lúta að því hvort mismunandi breytileiki milli aldurshópa innan FLASm væri marktækur væri litið á allt tímabilið. Niðurstaða þess var einmitt á sama veg, mestur var er breytileikinn í 17 og 18 ára hópnum en þó ekki marktækt frábrugðinn á milli þeirra. Hinir hóparnir tveir reyndust frábrugðnir þessum tveimur og einnig hvor öðrum.¹⁶ Leggja ber áherslu á það ályktanir varðandi allt tímabilið standa ekki eins traustum fótum og þær sem snerta árstíðasveifluna, þar sem ekki eru allar raðirnar normaldreifðar.

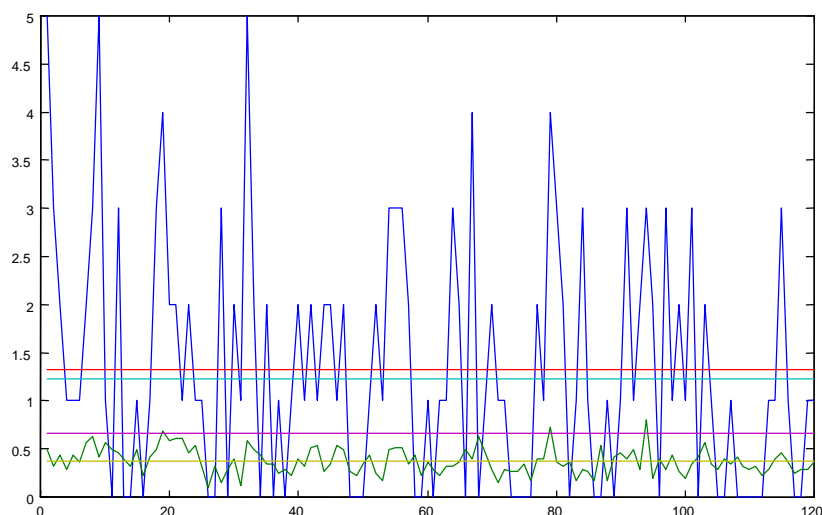
Auk mismunandi dreifni raðanna á milli aldursflokka er vitanlega áhugavert að skoða mismun meðaltalsins. Engum blandast hugur um það að yngstu ökumönnum er hættast við að lenda í umferðarslysum og því er nokkuð ljóst hvaða niðurstöðu er að vænta. 11. mynd sýnir FLASm í sundurliðaðan í tvo aldursflokka, þ.e. 17 ára og aðra.

¹⁵ Niðurstöður er að finna í töflu V5 í viðauka.

¹⁶ Þessar niðurstöður er að finna í töflu V6 í viðauka.

Þar sem í fyrra tilvikinu er er um stakan árgang að ræða, en í því síðara meðaltal 48 árganga er nokkur áferðarmunur á röðunum. Beinu línurnar eru meðaltöl fjögurra aldurshópa á öllu tímabilinu, 17 ára, 18 ára, 19-24 ára og annara, að teknu tilliti til fjölda árganga í hverjum hópi.¹⁷ Bersýnilega munar nokkru á meðaltíðni FLASm í mánuði í yngstu tveimur aldurshópunum og þeim eldri.

12. mynd: FLASm 17 ára og FLASm aðrir ásamt meðaltölum.



Prófað var hvort meðaltal slysatíðni væri hið sama milli hverra tveggja aldurshópa. Ekki reyndist gerlegt að greina 17 og 18 ára hópana í sundur væri beitt prófi sem byggir á forsendu um normaldreifingu, en munurinn á milli allra annarra aldurshópa innbyrðis var marktækur.¹⁸ Væri slakað á þeirri forsendu eins og full ástæða er til, einkum varðandi stöku árgangana 17 og 18 ára, og beitt stikalausni prófi reyndist munurinn aftur á móti marktækur í öllum tilfellum, einnig á milli yngstu aldursflokka innbyrðis.¹⁹ Þetta eru vitanlega ekki óvæntar niðurstöður, en þó segir ótvíræð niðurstaða stikalausni prófsins að slyshætta rénar marktækt á milli fyrsta og annars bílprófsársins. Þetta er athyglisverð niðurstaða og undirstrikar það mikilvæga hlutverk sem reynsla og þjálfun ökumanna gegna varðandi umferðaröryggi.

Rófgreining - FLASm og bensínsala

Til þess að skilja sveifluhegðun tímaraða betur er vænlegt að teikna upp loturit þeirra (e. periodogram) og þar sem það hefur tilhneigingu til að verða óþarflega óreglulegt er það oft fágað til þess að auðvelda túlkun þess og tryggja tölfræðilega samkvæmni. Þá verður til það sem kallað er fágað róf (e. smoothed spectrum). Loturitið og rófið gefur til kynna hvort, og þá hvernig, breytileiki tímaraðarinnar dreifist ójafnt á mismunandi tíðni eða lotur. Þessa aðferð má þannig nota til þess að finna háttbundnar endurtekningar í tímaröðum, t.d. árstíðasveiflu. Þegar hefur komið fram að slíkrar sveiflu er að vænta í t.d. FLASm, en við höfum séð að hún er tiltölulega óregluleg og því er full ástæða til að prófa fyrir tilvist hennar með formlegum hætti. Ennfremur

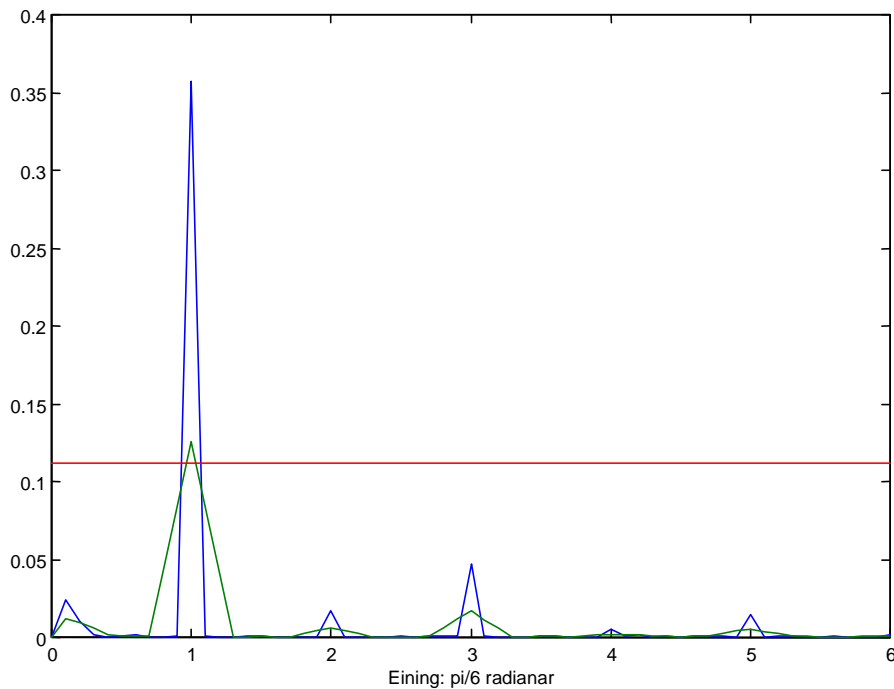
¹⁷ Meðaltöl og staðalfrávik hvers hóps koma fram í töflu V7 í viðauka.

¹⁸ Tafla V8 í viðauka.

¹⁹ Notað var Willcoxon próf, sjá Newbold (1990), bls. 391. Niðurstöður er að finna í töflu V9 í viðauka.

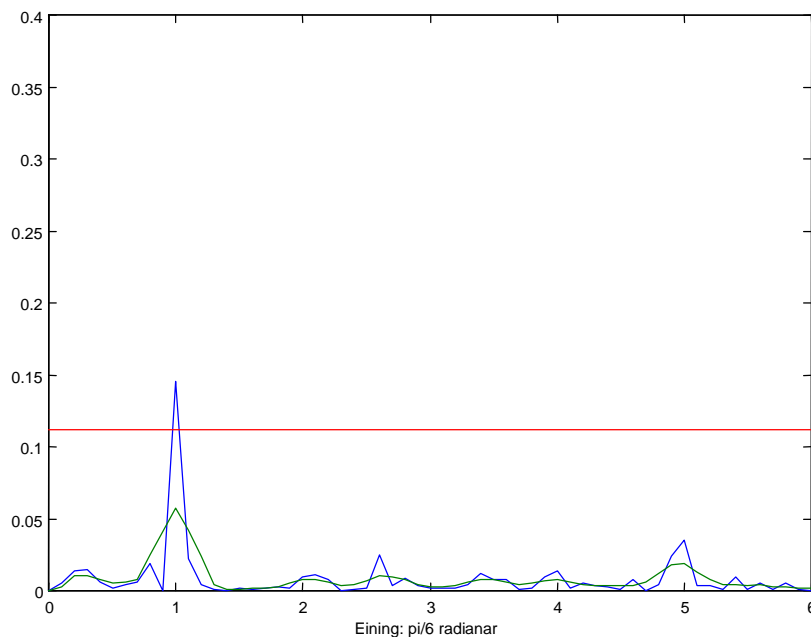
getum við ekki útilokað það fyrirfram að röðin hafi aðra reglulega lotu auk hinnar árlegu, sem torvelt er að greina á venjulegu grafi. Ef svo er myndi hún að líkindum koma fram á loturitinu og nýtast við frekari túlkun raðarinnar sjálfrar. Eins og fram hefur komið er 12 mánaða sveifla bensínsölunnar ákaflega regluleg og því ekki úr vegi að nota hana til viðmiðunar eins og áður. 12. mynd sýnir hlutfall breytileika raðarinnar sem fellur á hverja lotu á y-ás en x-ásinn er kvarðaður í heiltölumargfeldum af $\pi/6$ radiönnum. Þetta þýðir að 12 mánaða lotan fellur á töluna 1 (12/1), 6 mánaða lotan á 2 (12/2) og svo framvegis.

13. mynd: Loturit fyrir ligra bensínsölu, auk fágaðrar lotu og marktæknikvarða



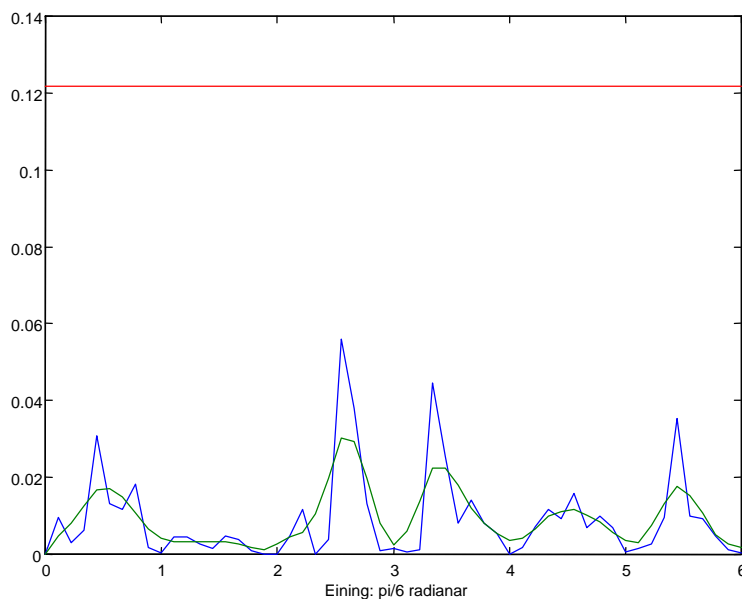
Sjá má að nánast allur breytileiki raðarinnar fellur á heiltölutíðnirnar (e. harmonic frequencies) og þar af að langmestu leyti á 12 mánaða lotuna. Þetta kemur heim og saman við það að reglubundin árleg sveifla þar sem hver mánuður hefur sína ákveðnu bensínsölu skýrir röðina mjög vel. Ef beitt er sömu aðferð til að draga fram lotu FLASm fæst svolítið ólík niðurstaða.

14. mynd: Loturit fyrir ligra FLASm, auk fágaðrar lotu og marktæknikvarða



Hér má sjá að mun minna hlutfall breytileikans er einskorðað við mánaðartíðnina og þótt heiltöluloturnar séu einnig greinilegar, falla alls ekki allir topparnir á heiltölur eins og á fyrri myndinni. Því ber að álykta að mun meira sé um aðra sveifluþætti en þann mánaðarlega í þessari röð en hinni fyrri, þ.á.m. sé óreglulegur þáttur einfaldlega mun sterkari. Fróðlegt er að skoða þessar raðir eftir að mánaðarsveiflan hefur verið síuð burt með því að taka mismun. Það sem eftir stendur má þá túlka sem röð hlutfallslegra breytinga frá sama tímabili fyrra árs.

15. mynd: Loturit fyrir árstíðamismun ligra FLASm



Hér bregður svo við að enginn toppanna er nógu stór til að hægt sé að túlka þá sem traustan vitnisburð um sveiflutíðni. Þeir geta m.ö.o. auðveldlega verið til komnir fyrir tilviljun. Þrátt fyrir það er forvitnilegt að staðsetja toppana nánar með tilliti til þeirrar

sveiflutíðni sem þeir standa fyrir, ef vera skyldi að hægt sé að tengja þá tíðni við utanaðkomandi þætti. Greina má þrjá nokkuð hvassa toppa í fágáða rófinu og tvo ávala. Þeir hvassari vitna um sveiflu á 4.7, 3.6 og 4.5 mánaða bili, en ávölu topparnir tveir votta um 2.2 og 27 mánaða sveiflu. Sé hlutfall FLASm gagnvart bensínsölu skoðað er mánaðarsveiflan enn fyrir hendi en ekki marktæk frekar en sveiflur af annarri tíðni. Fyrir utan hana og harmóniska sveiflu í hverjum ársfimmtungi, má greina fimm ára sveiflu í þeim gögnum, auk 11 og 13 mánaða sveiflu sem kemur væntanlega til af því að mánaðarsveiflan er reglulegri í bensínsölunni en í umferðarslysunum.

Líkön og spár

Stöðugt líkan FLASm

Í þessum kafla skal þess freistað að meta tölfræðilegt líkan sem lýsir þróun umferðarslysa. Ekki er auðvelt að koma tölum á líklega áhrifavalda í þeirri þróun. Þannig mætti hugsa sér að bætt umferðarfræðsla, áróður, betri ökukennsla, öruggari bifreiðar og fleira væru líkleg til að draga úr dauðsföllum og alvarlegum meiðslum í umferðinni. Aftur á móti mætti vænta fleiri alvarlegra slysa t.d. ef hraðakstur og áfengisneysla undir stýri færðist í aukana. Vandinn er sá að um ekkert af þessu liggja fyrir tölulegir gögn. Þó vænta megi að slysatíðni haldist í hendur við umferðarpunga að öðru jöfnu virðast aðrir þættir vega nógu þungt til þess að í reynd fer slysum fækkandi meðan umferðarpungi vex, hvort sem reynt er að gera því skóna að hann standi í réttu hlutfalli við fjölda seldra bensínlítra eða fjölda landsmanna á aldrinum 17-65 ára. Samt sem áður höfum við séð að svo sem vænta mátti er árstíðasveiflan að vissu marki lík í bensínsölu og FLASm, þótt önnur röðin sé vaxandi og hin minnkandi. Í samræmi við þetta leiðir venjuleg aðferð minnstu kvaðrata í ljós marktækt samband á milli þeirra. Einnig var prófað fyrir "Granger-orsakasambengi" milli raðanna tveggja, en það miðar að því að kanna hvort önnur röðin er áhrifavaldur hinnar eða hvort áhrifin eru gagnkvæm og samtímis. Ekki þarf að koma á óvart að bensínsalan reyndist Granger-orsaka FLASm, en ekki öfugt.²⁰ Því er umferðarpunginn í þeim skilningi orsakavaldur eða skýring breytileikans í fjölda látinna og alvarlega slasaðra. Þetta marktæka samband hverfur aftur á móti ef sama próf er gert á árstíðamismun raðanna. Því má álykta sem svo að orsakasambandið sé einskorðað við árstíðasveifluna.

Þar sem ekki festir hönd á utanaðkomandi orsakavöldum alvarlegra slysa ef frá er skilin árstíðasveiflan í umferðarpunga, liggur beinast við að búa til tímaraðalíkan af röðinni, reyna m.ö.o. að skýra hegðun hennar án utanaðkomandi skírskotunar. Ein aðferð til þess er að leita bestu leiðar til að skrifa gildin á hverjum tíma sem fall af fyrri gildum og fyrri skekkjuliðum. Þetta er kallað ARMA greining.²¹ Í því tilfelli sem hér um ræðir er þó nokkuð ljóst nú þegar, hverjir eru grundvallarþættir tímaraðarinnar og því kemur einnig til greina að búa til líkan á grundvelli þeirrar vitneskju. Þessi aðferð hefur þann kost að undirliggjandi þættir raðarinnar hafa nokkuð læsilega merkingu, en þegar ARMA aðferðum er beitt getur stundum verið erfitt að túlka t.a.m. áhrif skekkjuliðar frá þriðja síðasta tímabili á annan mismun raðarinnar, svo dæmi sé tekið. Því er sú aðferð valin hér að líta svo á að tímaröðin sé samsett úr nokkrum

²⁰ Sjá töflu V10 í viðauka.

²¹ Sjá t.d. Wei, W.S. (1990), *Time Series Analysis - Univariate and Multivariate Methods*, Addison-Wesley Publishing Company, Inc.

grunnþáttum og reyna að meta innbyrðis vægi þeirra í því skyni að setja fram tölulegt (e. quantitative) líkan sem lýsir henni sem best. Röðin er skoðuð í ligrum, enda leyfist að líta svo á að hún lúti normaldreifingu á því formi. Þættirnir sem ætla má að geti gert nokkuð góða grein fyrir þessari röð eru eftirtaldir:

1. Fasti. Ætla má að FLASm hafi meðaltal, eða væntanlegt gildi, sem er frábrugðið núlli.
2. Leitni. Auðvelt er að ganga úr skugga um að FLASm fer minnkandi á tímabilinu.
3. Mánaðarleg árstíðasveifla.

Þessar forsendur leiða af sér einfalt tímaraðalíkan af gerðinni

$$\text{FLASm} = \text{FASTI} + \text{LEITNIÞÁTTUR} + \text{ÁRSTÍÐAÞÁTTUR}$$

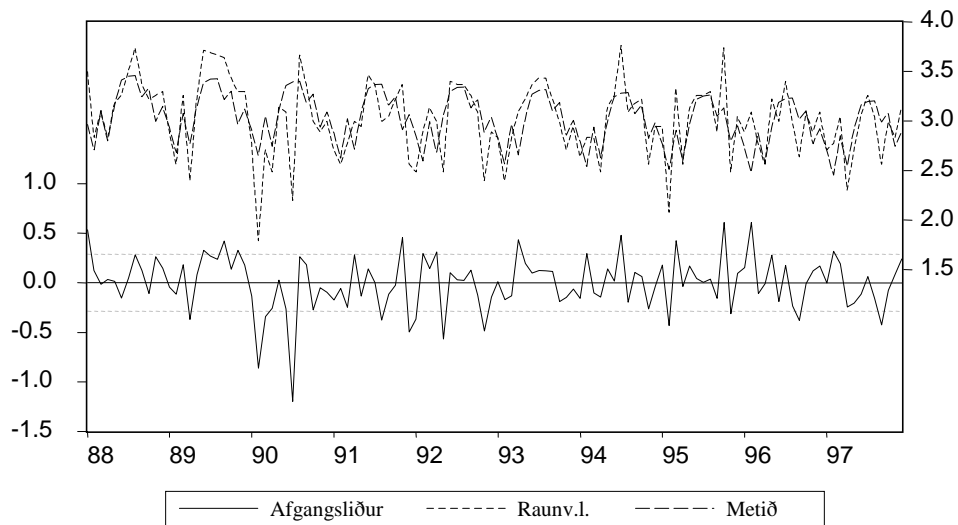
sem meta má með venjulegri aðferð minnstu kvaðrata (VAMK). Niðurstaðan er að ýmsu leyti nokkuð viðunandi.²² Þannig vitnar greiningin um það að tæplega 40% af breytileika í ligra FLASm megi rekja til ofangreindra þátta. Strangt tekið eru ekki allir árstíðastuðlarnir frábrugðnir fastanum við 95% viðmiðunarmörkin og gildir það öðru fremur um vetrar og vormánuðina eins og fram hefur komið. Eins og jafnan er sett upp má skilja fastann sem janúarmeðaltal. Mat á meðaltölum annarra mánaða fæst síðan með því að leggja stuðlana við fastann. Þar sem jafnan er metin í ligrum verður að túlka árstíðapættina sem margfeldisstuðla miðað við upphaflegu gögnin. Af sömu ástæðu hefur metin leitni raðarinnar beina túlkun og gefur til kynna meðaltal hlutfallslegra breytinga á FLASm yfir tímabilið. Þar sem stuðullinn er -0.002341 er sýnir þessi tala 0.23% fækkun í hverjum mánuði, eða 2.81% samdrátt árlega að meðaltali yfir tímabilið. Prófanir á líkaninu leiða í ljós að eiginleikar þess eru að sumu leyti nokkuð góðir, sér í lagi bendir ekkert til sjálffylgni eða misdreifni. Aftur á móti bendir CUSUM graf til óstöðugleika þótt ekki sé það með ótvíræðum hætti og af því má einnig ráða að líkanið spáir að jafnaði of lágt.²³ Chow próf var gert fyrir sama tímamark og í röðunum sem fyrr var fjallað um (mitt ár 1990) og var niðurstaða þess ekki ótvíræð.²⁴ Þannig leiðir gildi F-prófstærðarinnar ekki til höfnunar þess að líkanið sé það sama fyrir og eftir þann tíma, en gildi LR-prófstærðarinnar gerir það aftur á móti. Afgangslíðir virðast ekki vera normaldreifðir í þessu líkani og er dreifni þeirra tiltölulega mikil. Hvort tveggja má líklega rekja til nokkurra mjög stórra frávíka. 14. mynd sýnir metin og raunveruleg gildi raðarinnar ásamt mismun þessara tveggja stærða, afgangslíðunum.

²² Sbr. töflu V11 í viðauka.

²³ Sjá mynd V3 í viðauka.

²⁴ Sjá töflu V12 í viðauka.

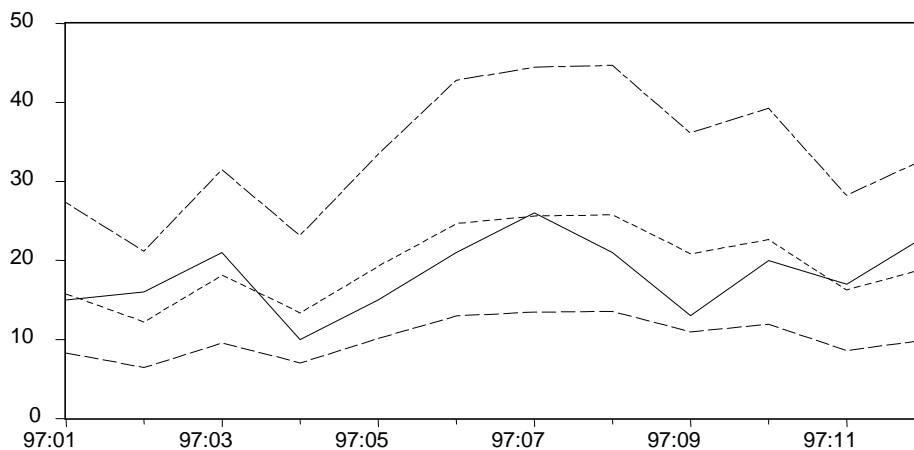
16. mynd: Metin og raunveruleg gildi FLASm, ásamt afgangslíðum (VAMK)



Niðurstaðan er sú að þótt erfitt sé að gera sér í hugarlund VAMK líkan sem lýsti þessari röð betur, þá er ólíklegt að þetta geti staðið sig mjög vel, t.d. í því skyni að spá fyrir um væntanlegan fjölda alvarlegra slysa. Þetta er einfaldlega vegna þess að röðin virðist í eðli sínu tiltölulega óregluleg. Til samanburðar má líta aftur á bensínsöluna, sem sama líkan lýsir mjög vel, skýrir t.d. um 94% breytileikans.

Þrátt fyrir þetta er vitaskuld forvitnilegt að skoða spáeiginleika þessa líkans m.t.t. FLASm. Ef matið er einskorðað við tímabilið 1988:1-1996:12 og spá gerð fyrir árið 1997 má að vissu marki leggja mat á spáeiginleikana í samanburði við raunverulegu tölurnar fyrir árið 1997. Næsta mynd gefur vísbendingu um niðurstöðuna.

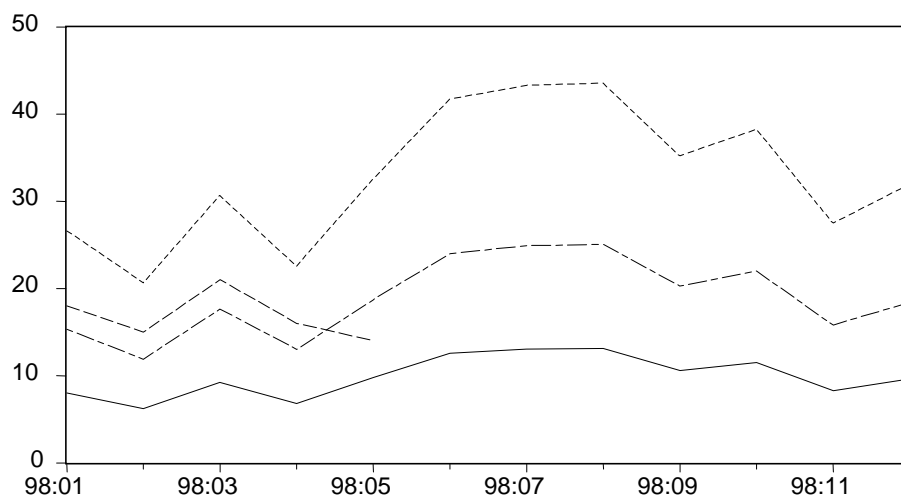
17. mynd: VAMK spá FLASm 1997, 95% spámörk, raunveruleg gildi.



Miðað við ákveðna hefðbundna mælikvarða er þetta ekki svo galin spá, t.d. eru kvaðratfrávik spárinnar ívið minni en í matinu sjálfu. Aftur á móti er ljóst af grafi raðarinnar og metnu gildanna að hér skiptir miklu máli að engin stór frávik urðu á árinu 1997, t.d. í líkingu við það sem gerðist árin 1990, 1995 og 1996. Önnur ástæða þess að þetta líkan kemur vel út, mælt á þennan kvarða er svo einfaldlega sú að kvaðratfrávikin í matinu sjálfu eru há. Enn á eftir að taka tillit til þeirrar skekkju sem

verður til við það að hækka þarf spána eða lækka til að fá heiltölu, en hún getur numið nokkrum prósentum vegna þess hve tölurnar eru lágar. Ef notaðar eru bráðabirgðatölur fyrir fyrstu fimm mánuði ársins 1998, má að vissu marki einnig bera saman spá og raunveruleika fyrir það ár.²⁵

18. mynd: VAMK spá FLASm 1998, 95% spámörk, bráðabirgðatölur.



Þess má geta að þessar spár má væntanlega bæta nokkuð með því að leiðrétta jafn óðum og nýjar tölur fást, m.ö.o. spá aðeins fyrir einn mánuð í einu. Á það ekki síst við þegar spáskekkjan er á þann veg sem getur að líta á síðari myndinni, þar sem á fyrstu fjórum mánuðunum er alls staðar um vanmat að ræða.

Kvikt líkan FLASm

Til þess að bæta það líkan sem fjallað er um hér að framan koma nokkrar leiðir til greina. Fram kom í greiningunni að það vottar fyrir óstöðugleika í stikum þess. Sést það m.a. á því að CUSUM fer út fyrir 90% mörkin og er nálægt 95% mörkum.²⁶ Í annan stað valda fá stór frávik tímabilinu mikilli óvissu. Dæmi um þetta eru tilvik eins og janúar og júlí 1990, október 1995 og febrúar 1996, ásamt jafnvel apríl 1991 og febrúar 1992, þar sem fjöldi látinna og slasaðra er í miklu ósamræmi við árstíma. Hugsanlega mætti ráða bót á þessum ef til eru skýringar á einhverjum þessara frávikum í utanaðkomandi þáttum sem taka mætti tillit til. Að öðrum kosti verður að líta svo á að þessi ófyrirsjáanlegu stökk séu óaðskiljanlegur þáttur í því ferli sem að baki býr. Eina leið má þó reyna sem vinnur að vissu marki gegn báðum þessum vanköntum, en það er að leyfa því að breytast með tímanum og laga sig þannig að breytingum sem kunna að verða á undirliggjandi ferli umferðaslysa í tímans rás, m.ö.o. setja upp kvikt líkan (e. dynamic model). Ef þetta er heppnast vel má draga úr úr áhrifum stórra frávikum snemma á tímabilinu á spána og ekki þarf að koma að sök þótt breytingar verði á innbyrðis vægi grunnþátta í tímans rás, þar sem stíkar líkansins geta breyst til samræmis. Þó verður að taka vara fyrir því að stór frávik seint á mats tímabilinu hafa tiltölulega meiri áhrif á slíkt líkan en líkan þar sem stuðlarnir eru fastir og eins og

²⁵ Spátölurnar sjálfar er að finna í töflum V13 og V14 í viðauka.

²⁶ Hér vísast til myndar V3 í viðauka.

fram hefur komið er nokkuð um þau. Samt sem áður verður hér sett fram og metið kvikt spálíkan í þessum skilningi.²⁷

Byggt var á líkani sem hefur m.a. verið notað til að lýsa þróun árstíðabundinna tímaraða á borð við fjölda flugfarþega og fjölda umferðarslysa og kallað er "grundvallar gerðarformslíkanið" (e. Basic Structural Model, (BSM)). Það er í raun nákvæmlega eins og aðhvarfslíkanið sem beitt er hér að framan að öðru leyti en því að BSM gerir ráð fyrir því að stíkar líkansins geti þróast í tímans rás. Þá vaknar vitanlega sú spurning hversu hratt er best að leyfa stikum líkansins að breytast. Þetta má meta með aðferð hámarks sennileika (e. maximum likelihood), sé gert ráð fyrir normaldreifingu gagna. Þá eru gögnin sjálf notuð til að skera úr um það hvert er heppilegasta hlutfall á milli dreifni breytilegra þátta líkansins sjálfs annars vegar, og hins vegar mæliskekku, eða m.ö.o. afgangslíðar. Þegar ljóst er hver sennilegasti breytileiki stikanna er, er síðan líkanið sjálft metið með Kalman síu. Í þessari útfærslu eru þrjú stíkar sem geta breyst. Einn þeirra er langtímameðaltal raðarinnar (e. level) sem hún sveiflast um og samsvarar fasta jöfnunnar í VAMK líkaninu sem sett var fram að ofan. Þá er um að ræða leitni hennar (e. local linear trend, drift component). Þessi þáttur felur í sér mat á því hversu hratt meðaltalið er að vaxa eða minnka á hverjum tíma, ef hann er hafður breytilegur. Að lokum er um að ræða árstíðasveiflu (e. seasonal component). Þegar allt tímabilið er skoðað reynast bestu forsendur um breytileika fela í sér að leitnin sé föst og árstíðasveiflan u.þ.b. fjórum sinnum breytilegri en meðaltalið. Ef tímaröð bensínsölu er skoðuð á sama hátt til samanburðar, kemur í ljós að þar fæst besta mat með því að gera ráð fyrir því að bæði árstíðasveifla og leitni séu fastar yfir tímabilið. Þetta er í samræmi við það að bensínsalan er mjög regluleg og fastur vöxtur og árstíðasveifla skýra hana vel.

Tafla 1: Matsniðurstöður fyrir á kvik líkön (BSM)

	FLASm	Bensínsala
Breytil. í meðaltali (σ_{η}^2)	0.0049	0.0182
Breytil. í leitni (σ_{ζ}^2)	0.0	0.0
Breytil. í árstíðapætti (σ_{ω}^2)	0.0196	0.0
Vænt spáskekka (m.e.d.)	25.0%	2.4%
Metinn ársvöxtur (β)	-3.65%	+1%

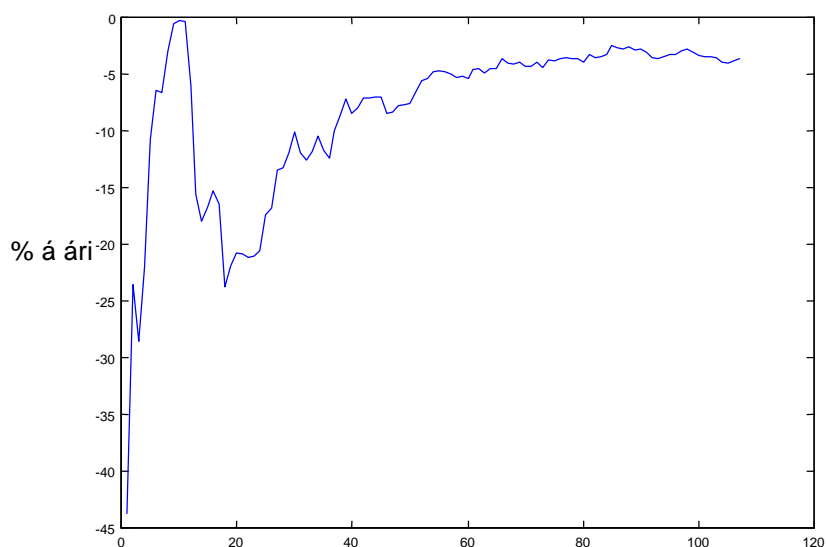
Úr matinu hér að ofan má lesa að í viðleitni til að bæta mat líkansins og spáeiginleika þess hrekkur það ekki nógu langt að leyfa stíkunum að þróast. Þetta má ráða af því hversu há vænta spáskekkan er. Það má með öðrum orðum vænta þess fyrirfram að spám á grundvelli líkansins skakki um fjórðung að meðaltali fyrir FLASm, á meðan sambærileg stærð er aðeins 2.4% fyrir bensínsöluna. Samt sem áður er fróðlegt að skoða þetta líkan nánar.

Í kvika líkaninu má fylgja því eftir hvernig gerðarþættir FLASm, þ.e. meðaltalið, leitnin og árstíðasveiflan, hafa þróast í tíma. Ef t.d. mat á leitni í lok tímans í kvika líkaninu er borið saman við VAMK líkanið þar sem stíkar eru fastir, sést að hið fyrrnefnda gefur mun hærra mat á þessum stíka eða -0.00345 í stað -0.00234. Þetta jafngildir 3.65% árlegum samdrætti í slysum undir lok tímans á meðan VAMK líkanið gefur aðeins matið 2.81%. Ef skoðuð er mynd af ferlinum sést að mikið dregur úr fækkun slysa 1989 en 1990 er fækkunin mikil. Síðan þá er fækkunin nokkuð

²⁷ Aðferðafræðin byggir um flest á Harvey, A.C. (1989) *Forecasting, Structural Time Series Models and the Kalman Filter*, Cambridge University Press.

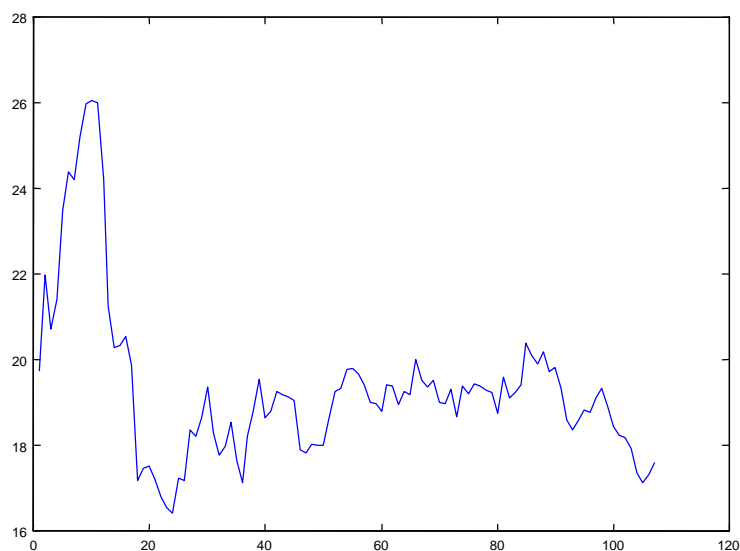
stöðug, en þó dregur úr henni þar til í ársbyrjun 1996 er hún fer að aukast lítillega á ný.²⁸

19. mynd: Leitni í FLASm 1989-97. Kvikt líkan.



Svo vikið sé að meðaltalinu, má sjá samsvarandi þróun stað. Það er hátt 1989, lækkar mikið 1990 og sveiflast síðan nokkuð jafnt um fast gildi þar til nokkurrar lækkunar virðist gæta á síðustu tveimur árum, 1996-1997. Sú spurning vaknar sjálfkrafa hvort aukningunni sumarið 1989, sem síðan rénar strax árið eftir, megi tengja við það að hámarkshraði á þjóðvegum var hækkaður árið 1988. Það virðist ekki allsendis fráleitt að mestu áhrifanna gæti sumarið eftir, en síðan aðlagist ökumenn breytingunni að vissu marki.

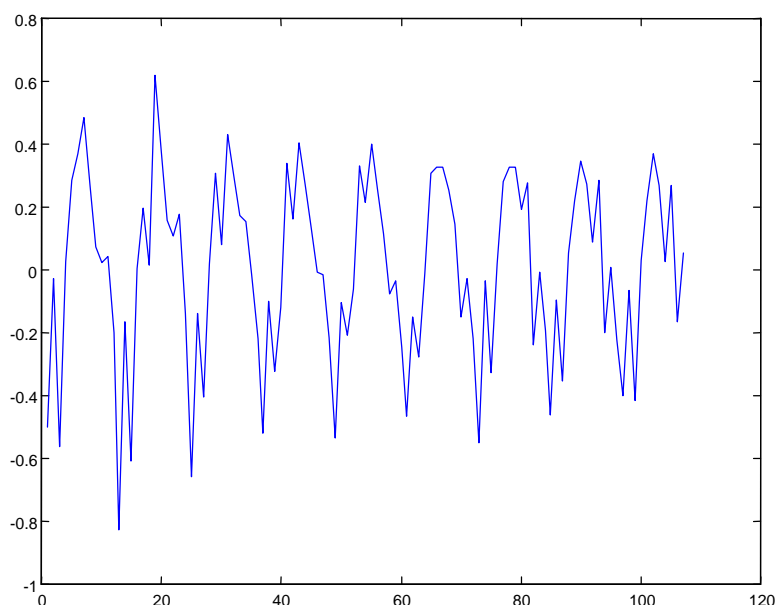
20. mynd: Þróun meðaltals FLASm án árstíðasveiflu 1989-1997



²⁸ Hafa ber í huga þegar gröfin fyrir kvika líkanið eru skoðuð að athuganir fyrsta ársins eru notaðar til að setja síuna af stað og því fæst aðeins mat frá 1989-1997.

Að endingu má huga að þróun árstíðasveiflunnar, en gagnstætt t.d. leitninni í þessari tímaröð leiddi mat í ljós að árstíðasveiflan virðist í raun vera breytileg á milli ára.

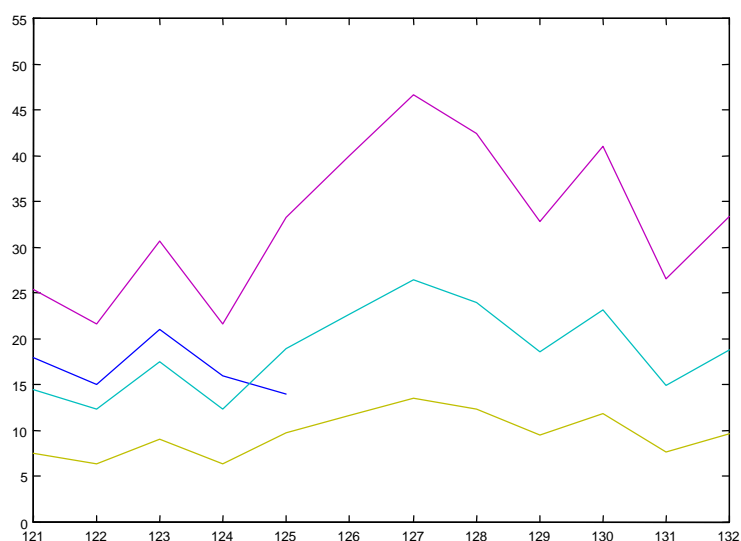
21. mynd: Þróun árstíðasveiflu 1989-97



Myndin staðfestir það að árstíðasveiflan hefur farið rénanandi seinni ár, ef miðað er við bestu sundurliðun gerðarþáttanna þriggja, meðaltals, leitni og árstíðapáttar. Þetta virðist út af fyrir sig vera forvitnileg niðurstaða um þróun umferðarslysa þótt ekki verði hún túlkuð í smáatriðum á þessum vettvangi. Þó verður að undirstrika það að þetta þýðir ekki að slysum að vetrarlagi fari fjölgandi, heldur styður það sem fengist hafði vísbending um hér að framan, að slysum að sumarlagi hafi fækkað tiltölulega meira.

Frá tölfræðilegum sjónarhóli er aftur á móti álitamál hvort rökrétt er að skilgreina tímaraðalíkan með mjög breytilegri árstíðasveiflu. Eins og fram hefur komið stafar stærsti hluti breytileikans í undirliggjandi gerðarþáttum frá árstíðasveiflunni í þessu tilviki og kann það að hafa óheillavænleg áhrif m.a. á spáeiginleikana, þegar eitthvað er um mjög stór frávik eins og við höfum t.d. séð í júlí 1994 og október 1995, þar sem áhrifin á árstíðasveifluna verða sterk. Ef skoðuð er spá fyrir 1998, og hún borin saman við VAMK líkanið hér að ofan, sést að líkanið spáir enn mjög hátt fyrir þessa mánuði. Ástæðan er áhrif af tveimur nýlegum og óvenju stórum stökkum, sem komin eru inn í árstíðasveifluna.

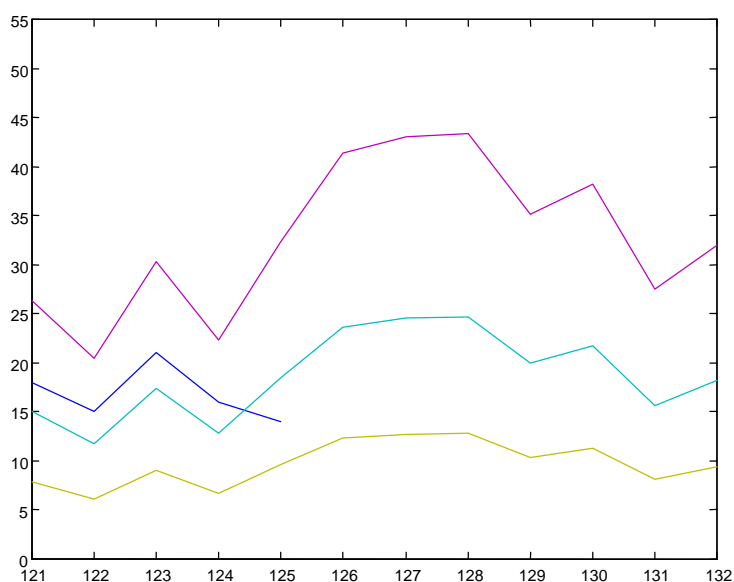
22. mynd: Spá 1998, kvikt líkan, breytileg árstíðasveifla.



Þótt þessi áhrif eigi eftir að fjara út í kviku líkani, má færa rök fyrir því að atvik eins og þau sem þessar tvær tölur bera vitni um ættu að réttu lagi að koma fram í öðrum þáttum líkansins en árstíðasveiflunni.

Sé tekin sú afstaða til greina að leysa hámarksvandann sem liggur matinu til grundvallar með hliðarskilyrði, m.ö.o. þvinga árstíðasveifluna til að vera fasta í líkaninu. Ef það er gert verður lítur spáin svolítið öðruvísi út.

23. mynd: Spá 1998, kvikt líkan, föst árstíðasveifla



Í þessum kafla var reynt að bæta VAMK líkan sem sett var upp fyrir FLASm með því að leyfa gerð þess að þróast yfir tíma. Árangur þessrar tilraunar getur vart talist mjög nákvæmt spálikan. Þannig myndi t.d. spáin fyrir júlímánuð 1998 verða á þá leið ef hún væri sett fram í orðum, að líklegasti fjöldi látinna og alvarlega slasaðra í umferðarslysum í þeim mánuði væri 25 vegfarendur, og að 95% líkur væru á því að

hann yrði ekki minni en 13 og ekki hærri en 43.²⁹ Niðurstaða þessarar athugunar er samt sem áður að betri spá er vandfengin nema til komi tölulegar upplýsingar sem ekki lá fyrir við gerð hennar. En þótt ekki hafi heppnast að bæta spáeiginleikana umtalsvert, hefur kvika líkanið þó leitt í ljós tvær forvitnilegar staðreyndir, sem ekki lágu fyrir í greiningu með VAMK. Önnur er sú að hagkvæmasta mat á slíku líkani fyrir FLASm leiðir í ljós að árstíðasveiflan í röðinni er breytingum undirorpin og fer minnkandi. Hin er sú að umferðarslysum fækkar með vaxandi hraða síðustu ár og er besta mat á fækkuninni 3.65% sé hún færð á årsgrundvöll, en ekki 2.81% eins og fram kom í mati stöðuga líkansins.

Niðurstöður

Í þeirri skýrslu sem hér liggur fyrir hefur verið reynt að vinna úr fyrirbyggjandi tölulegum upplýsingum sem alvarlegum umferðarslysum á tölfræðilegan hátt. Ekki lágu fyrir í upphafi verkefnisins tilteknar spurningar sem leitað skyldi svara við, enda hafa viðkomandi tímaraðir lítið verið rannsakaðar fram að þessu. Það liggur því í hlutarins eðli, að skýrslan felur í sér leit að áhugaverðum hliðum viðfangsefnisins fremur en að þar sé skýrt afmarkað vandamál brotið til mergjar. Hér er um frumathugun að ræða sem er nauðsynleg til þess að hægt sé að einangra áhugaverðar spurningar í tölfræði íslenskra umferðarmála, skilgreina þær nákvæmlega og greiða úr þeim. Því er við hæfi að draga saman í stuttu máli nokkra áhugaverða fleti á þróun í umferðarslysum, sem fjallað er um hér að ofan.

Svo sem við var að búast kom í ljós að alvarlegum umferðarslysum hefur farið fækkandi á Íslandi einkum á þessum áratug. Við athugun á árlegum gögnum kom í ljós að nokkuð skörp skil eru á milli áranna 1989 og 1990 varðandi fjölda alvarlega slasaðra. Fjöldi látinna virðist hins vegar hafa farið vaxandi fram til loka níunda áratugarins, en þó ekki að tiltölu. Í árlegum gögnum um fjölda látinna komu ekki fram marktæk þáttaskil á sama tíma og í gögnum um alvarlega slasaða. Þau komu aftur á móti fram í stikalausni prófi þegar mánaðargögn voru skoðuð, þótt ekki virðist útilokað að tímamót hafi orðið síðar varðandi dauðsföll en mikil meiðsl. Skoðuð voru mánaðarmeðaltöl fjölda látinna og kom í ljós að ekki var marktækur munur á mánuðum að vetri og vori annars vegar, og að sumri og hausti hins vegar. Því mátti lýsa einnig árstíðasveiflu þessarar stærðar með því að skilgreina aðeins tvær árstíðir. Nokkur munur reyndist vera á þróun fjölda látinna til lengri tíma á þessum tveimur árstíðum. Þannig virtist herra meðaltalið, sumar og haust, hafa lækkað jafnt og þétt síðan 1980, en hið lægra, vetur og vor, hafa staðið nokkurn veginn í stað fram til 1992 en lækkað svo nokkuð skarpt eftir það.

Í mánaðarlegum gögnum um fjölda látinna og alvarlega slasaðra má nokkuð greinilega finna þáttaskil um mitt ár 1990. Árstíðasveifla í þeirri röð var borin saman við árstíðasveiflu í bensínsölu og kom í ljós að í fjölda slasaðra var hún mun óreglulegri. Þegar skoðað var hlutfallið milli þessara tveggja raða kom í ljós að það er í apríl og október sem árstíðasveifla í bensínsölu er einna síst fallin til að skýra árstíðasveiflu í alvarlegum umferðarslysum. Beitt var rófgreiningu til að kanna árstíðasveiflu raðanna tveggja nokkuð ítarlega. Báðar reyndust fyrst og fremst hafa 12 mánaða lotu, og var hún mun skýrari í bensínsölunni. Ekki fannst önnur marktæk lota en hin árlega. Borin var saman tíðni dauðsfalla og alvarlegra slysa á milli mismunandi

²⁹ Sbr. töflu V16 í viðauka.

aldurshópa. Í ljós kom að árstíðasveifla í yngstu aldurshópunum er mun sterkari í yngstu árgöngunum en öðrum. Árstíðasveiflan reyndist ekki marktækt frábrugðin milli tveggja yngstu árganganna, 17 og 18 ára innbyrðis, en í öllum öðrum tilvikum kom fram marktækur munur. Einnig virðist dreifni eða sveifla í slysum standa í öfugu hlutfalli við aldur hópanna ef litið er framhjá árstíðasveiflunni og allt tímabilið prófað. Meðaltíðni slysa reyndist marktækt frábrugðin milli allra hópa ef stikalausú prófi var beitt, og í öfugu hlutfalli við aldurinn eins og vænta mátti.

Að lokum var sett fram spálíkan um fjölda látinna og slasaðra í hverjum mánuði, sem byggir á föstum þætti, leitni og árstíðaðætti. Spáeiginleikar líkansins reyndust síðri en æskilegt hefði verið og var reynt að bæta þá með því að leyfa stikum að þróast yfir tíma í kviku mati. Það bar ekki umtalsverðan árangur. Þannig var væntanleg spáskekkja líkansins tíu sinnum hærrí en í sams konar líkani af bensínsölu sem metið var samhliða. Fróðlegt var þó það sem í ljós kom við mat kvika líkansins, að lausn tilheyrandi háþörkunarvandamáls leiðir til breytilegrar árstíðasveiflu og fer hún minnkandi á síðustu árum. Einnig kom á daginn að kvika líkanið leiðir til herra mats á neikvæðri leitni raðarinnar en venjulegt líkan. Ástæða þess er sú að kvika líkanið tekur meira mark á nýjustu upplýsingum en hið stöðuga og því þýðir þetta að látnum og alvarlega slösuðum fækkar talsvert hraðar síðustu ár en að meðaltali yfir síðasta tíu ára tímabil. Þessi munur er nægilegur til þess að haldist leitnin óbreytt miðað við kvika matið er líklegast að látnir og alvarlega slasaðir verði 195 árið 2000, en sé miðað við matið úr stöðuga líkaninu verða þeir 200.