



UPPRUNI SVIFRYKS Í REYKJAVÍK

Rannsóknarverkefni Vegagerðarinnar 2015

28.06.2017



SKÝRSLA – UPPLÝSINGABLAÐ

SKJALALYKILL

2970-200-SKY-001-V01

SKÝRSLUNÚMÉR / SÍÐUFJÖLDI

01 / 27

VERKEFNISSTJÓRI – FULLTRÚI VERKKAUPA

Pórir Ingason

VERKEFNISSTJÓRI – EFLA

Páll Höskuldsson

LYKILORÐ

Svifryk, mengun, loftgæði, uppsprettur, bílaumferð, vegaslit

STAÐA SKÝRSLU

- Í vinnslu
- Drög til yfirllestrar
- Lokið

DREIFING

- Opin
- Dreifing með leyfi verkkaupa
- Trúnaðarmál

UPPRUNI SVIFRYKS Í REYKJAVÍK

Rannsóknarskýrsla

VERKHEITI

Uppruni svifryks í Reykjavík

VERKKAUPI

Vegagerðin

HÖFUNDUR

Páll Höskuldsson
Arngrímur Thorlacius, Efnagreiningar ehf

ÚTDRÁTTUR

Frá miðjum mars og fram í byrjun maí 2015 voru tekin svifrykssýni við gatnamót Miklubrautar og Grensásvegur til að meta samsetningu svifryksins. Svifrykssýnum (grófu svifryki PM10) var safnað á kvarssíur með sérstökum svifrykssafnara. Ryksýnin voru síðan efnagreind með plasma-massagreini og fjölbreytulíkan var útbúið til að rekja uppruna svifrykssins. Til að fá viðmiðunargildi var safnað ryki af ætluðum uppsprettum á sams konar síur og með sama ryksafnara þannig að uppsprettusýnin og raunverulegu ryksýnin fengu sömu meðhöndlun. Eftirfarandi niðurstöður fengust: Malbik 48.8%, sótt 31,2%, jarðvegur 7,7%, bremsur 1,6% og salt 3,9%.

Stór hluti eða yfir 80% af svifrykinu stafar af bílaumferð þar sem stærsti hlutinn kemur frá malbiki. Í samanburði við mælingar sem gerðar voru árin 2003 og 2013 sést að eldfjallaaska er ekki lengur til staðar sem hafði mælst í töluverðu magni 2013. Hlutfall jarðvegs fer minnkandi sem helst í hendur við lítil umsvif byggingarframkvæmda á höfuðborgarsvæðinu á þessum tíma. Einnig er áberandi hátt hlutfall sóts sem mældis svipað og árið 2013 en mun lægra árið 2003. Niðurstöðurnar styðja eindregið þann grun að vægi sóts í svifryki hafi vaxið mjög á síðustu árum sem má sennilega rekja til mikillar aukningar í bílaumferð og hækkandi hlutfalls díselbíla.

Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar.

ÚTGÁFUSAGA

NR.	HÖFUNDUR	DAGS.	RÝNT	DAGS.	SAMÞYKKT	DAGS.
01	Páll Höskuldsson Arngrímur Thorlacius	23.06.17	Helga J. Bjarnadóttir	26.06.17	Páll Höskuldsson	28.06.17

SAMANTEKT

Frá miðjum mars og fram í byrjun maí 2015 voru tekin svifrykssýni við gatnamót Miklubrautar og Grensásvegur til að meta samsetningu svifryksins. Svifrykssýnum (grófu svifryki PM10) var safnað á kvarssiur með sérstökum svifrykksafnara. Ryksýnin voru síðan efnagreind með plasma-massagreini og fjölbreytulíkan var útbúið til að rekja uppruna svifryksins. Til að fá viðmiðunargildi var safnað ryki af ætluðum uppsprettum á sams konar síur og með sama ryksafnara þannig að uppsprettusýnin og raunverulegu ryksýnin fengu sömu meðhöndlun. Eftirfarandi niðurstöður fengust: Malbik 48.8%, sótt 31,2%, jarðvegur 7,7%, bremsur 1,6% og salt 3,9%.

Stór hluti eða yfir 80% af svifrykinu stafar af bílaumferð. Í samanburði við mælingar sem gerðar voru árin 2003 og 2013 sést að eldfjallaaska er ekki lengur til staðar sem hafði mælst í töluverðu magni 2013. Hlutfall jarðvegs fer minnkandi sem helst í hendur við lítil umsvif byggingarframkvæmda á höfuðborgarsvæðinu á þessum tíma. Hlutfall malbiks mældist 48,8% og er stærsti hluti svifryksins. Þetta er nokkur aukning frá mælingunni sem gerð var 2013 og er lítillega minna en mældist 2003. Erfitt er að segja nákvæmlega hvað veldur þessum mismun í niðurstöðum. Líklegasta skýringin er að veðuraðstæður spili þarna inn í, en gera má ráð fyrir að blautviðri dragi mikið úr svifryksmyndun frá malbiki. Aðrir áhrifaþættir eins og umferðarpungi, nagladekkjanotkun og malbiksgerðir hafa ekki breyst mikið frá 2013. Þrátt fyrir ýmsar aðgerðir til að draga úr svifryksmengun frá malbiki eins og minni notkun nagladekkja og slitþolnara malbik, þá er hlutfall þess að mælast nokkuð hátt. Full ástæða er til að leita áfram leiða til að takmarka malbiksslit þar sem malbik inniheldur mörg heilsuspillandi efni. Einnig er áberandi hátt hlutfall sóts sem mældis svipað og árið 2013 en mun lægra árið 2003. Niðurstöðurnar styðja eindregið þann grun að vægi sóts í svifryki hafi vaxið mjög á síðustu árum sem má sennilega rekja til mikillar aukningar í bílaumferð og hækkandi hlutfalls díselbíla. Vegna þess hversu hlutfall sóts er að mælast hátt og vegna neikvæðra heilsufarsáhrifa þess er ástæða til að rannsaka þennan mengunarpátt nánar og skoða leiðir til að draga úr sótmengun t.d. með takmörkun á umferð díselbíla sem uppfylla ekki ákveðin útblástursskilyrði.

EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	5
1 INNGANGUR OG BAKGRUNNUR	8
1.1 Almennt	8
1.2 Uppruni svifryks	9
1.3 Framhaldsmælingar	9
2 FRAMKVÆMD	11
2.1 Sýnataka	11
2.2 Uppsprettusýni	13
2.3 Efnagreining og útreikningur	14
3 NIÐURSTÖÐUR	15
4 UMRÆÐUR	17
5 HEIMILDASKRÁ	20
VIÐAUKI A EFNAGREININGAR, LÍKANSMÍÐI OG ÚTREIKNINGAR	22

MYNDASKRÁ

Mynd 1	Staðsetning sýnataka við gatnamót Miklubrautar og Grensásvegur	12
Mynd 2	Sýnataka staðsettur uppi á þaki loftgæðastöðvar við gatnamót Grensásvegur og Miklubrautar	12
Mynd 3	Hlutfall einstakra upprunaefna í greindum svifrykssýnum	16
Mynd 4	Samsetning svifryks vetur 2015	17
Mynd 5	Samsetning svifryks samkvæmt verkefni 2013	17
Mynd 6	Samsetning svifryks samkvæmt verkefni 2003	17

TÖFLUSKRÁ

Tafla 1	Styrkur svifryks og veðuraðstæður	15
Tafla 2	Samsetning einstakra svifrykssýna	15
Tafla 3	Magngreind frumefni	23
Tafla 4	Vægi breytna (frumefna) í einstökum fjölbreytulíkönum	25
Tafla 5	Reiknuð gildi úr líkönum - Uppsprettur, dálkur fyrir hvert líkan.	26
Tafla 6	Reiknuð gildi fyrir svifrykssýni af gatnamótum Grensásvegur - Miklabraut	26

1 INNGANGUR OG BAKGRUNNUR

1.1 Almennt

Svifryk er sá mengunarpáttur sem hefur hvað mest áhrif á heilsu almennings sem rekja má til mengunar í borgum. Svifryk (PM10) eru agnir sem eru minni en 10 míkrometrar (μm) að stærð og svífa auðveldlega um í andrúmsloftinu og eiga því greiða leið ofan í öndunarfærin. Eftir því sem rykið er fínna er það talið hættulegra heilsu fólks þar sem það berst lengra niður í fínni vefi lungnanna þar sem það safnast upp og getur valdið meiri skaða. Svifryki er gjarnan skipt í tvo flokka sem oft eru mældir sérstaklega þ.e. fínt svifryk (PM2,5) sem er minna en 2,5 μm og gróft svifryk (PM10) sem er minna en 10 μm . Uppruni svifryks getur verið af ýmsum toga, bæði náttúrlegum og af mannavöldum. Meiri líkur eru á að fína svifrykið eins og t.d. sót frá bruna jarðefnaeldsneytis stafi af mannavöldum en grófa rykið er líklegra að komi frá náttúrlegum uppsprettum. Heilsuverndarmörk fyrir svifryk hafa verið sett í reglugerð nr. 920/2016 um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu, styrk ósons við yfirborð jarðar og um upplýsingar til almennings [1]. Markmið reglugerðarinnar eru að viðhalda gæðum andrúmslofts þar sem þau eru mikil en bæta þau ella að því er varðar m.a. svifryk og viðhalda þeim gæðum sem felast í hreinu og ómenguðu lofti. Samkvæmt reglugerðinni má meðaltalssólarhringsstyrkur fyrir svifryk vera hæstur 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ og má styrkurinn fara að hámarki 35 sinnum á ári yfir þessi mörk. Einnig eru sett umhverfismörk fyrir ársmeðaltalsstyrk svifryks sem má vera hæstur 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fyrir PM10 og 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fyrir PM2,5. Svifryk er mælt reglulega í tveimur föstum mælistöðvum í Reykjavík, á Grensásvegi og í Fjölskyldu- og húsdýragarðinum og auk þess eru í notkun tvær færanlegar mælistöðvar. Mesta svifryksmengunin er talin vera við gatnamót Miklubrautar og Grensásvegjar þar sem ein fjölförnustu gatnamót borgarinnar eru. Mælistöðin við Grensásveg mælir þessa mengun og eru mæliniðurstöður birtar jafnóðum á heimasíðu Reykjavíkurborgar og Umhverfisstofnunar. Fylgst er náið með styrk svifryks frá mælistöðunum og þegar styrkur fer yfir viðmiðunarmörk er lagt mat á uppruna mengunarinnar til að auðvelda ákvarðanatöku um mótvægisáðgerðir til að draga úr svifryksmenguninni. Matið byggir m.a. á skoðun veðurgagna. Orsakir eru flokkaðar t.d. í umferð, uppþyrlun svifryks frá götum eða vegna framkvæmda eða vegna jarðvegs og ösku sem berst til borgarinnar með vindum.

1.2 Uppruni svifryks

Uppruni svifryksins getur verið af ýmsum toga en gerðar hafa verið þrjár rannsóknir við mat á uppsprettum svifryks í Reykjavík. EFLA verkfræðistofa (áður Línuhönnun) vann á árinu 2000 rannsóknarverkefnið „Magn og uppspretta svifryks – Rannsókn á loftmengun í Reykjavík“ sem styrkt var af Nýsköpunarsjóði námsmanna, Vegagerðinni og sveitarfélögum á höfuðborgarsvæðinu. Þar var kannað með samanburði á loftgæðamælingum hvernig samsetningu á svifryki í borginni væri háttað [2]. Niðurstöður þessara rannsóknar bentu til að um helmingur alls svifryks í Reykjavík kæmi frá umferðinni og stór áhrifaþáttur þar væri notkun nagladekkja.

Á árinu 2003 var unnin rannsókn á svifryki undir ritstjórn Bryndísar Skúladóttur „Method for determining the composition of airborne particle pollution. Composition of particle air pollution in Reykjavík“ [3]. Þróuð var aðferð til að meta samsetningu svifryksmengunar. Svifryk sem safnað var á teflon-ryksúr á árunum 1999-2002 við Miklubrautina í Reykjavík var frumefnagreint en auk þess var mælt endurvarp ljóss af sýnunum á sýnilegu og nær-innrauðu bylgjusviði. Einstök upprunasýni voru útbúin (malbik, jarðvegur, götusalt, sótt og bremsuborðar) og meðhöndluð á sama hátt. Niðurstöður efnagreininganna og ljósgleypnimælinganna voru sett í sérstakt reiknimódel þar sem beitt er tölfræðilegri fjölbreytugreiningu við magngreiningu einstakra upprunaefna. Niðurstöður rannsóknarinnar sýndu að stærstan hluta svifryks í Reykjavík megi rekja til slits á götum. Samsetning vetrarsýna var að meðaltali: malbik 55%, jarðvegur 25%, sótt 7%, salt 11% og bremsuborðar um 2%.

Árið 2013 vann EFLA verkfræðistofa rannsóknarverkefnið „Samsetning svifryks í Reykjavík“ [4] með styrk frá rannsóknarsjóði Vegaerðarinnar þar sem hlutfall einstakra uppsprettuefna í svifryki voru metin. Svifrykssýnum var safnað á glerrefjasúr við loftgæðastöðina á Grensásvegi. Efnagreiningar og úrvinnsla var svo sambærileg rannsókninni sem gerð var árið 2003 [3]. Niðurstöður þessarar rannsóknar sýndu nokkuð breytta samsetningu miðað við rannsóknin frá 2003 eða: malbik 17%, jarðvegur 18%, sótt 30%, salt 3%, bremsuborðar um 14% og aska 18%. Töluvert magn af ösku mældist í þessari rannsókn en hún var ekki til staðar í fyrri rannsókninni. Hlutfall svifryks frá bremsum og hlutfall sóts frá útblæstri bifreiða eykst töluvert. Á móti minnkar hlutfall malbiks og salts í svifrykinu töluvert. Einnig minnkar hlutfall jarðvegs lítillga

1.3 Framhaldsmælingar

Tilgangur þessa verkefnisins er að kanna frekar og staðfesta samsetningu svifryks í Reykjavík með framhaldi á mælingum sem gerðar voru 2013 [4] sem gáfu til kynna mikla breytingu frá mælingum frá 2003 [3]. Staðfesting er mikilvæg þar sem niðurstaðar rannsóknar sem þessar nýtast sem grunnur, m.a. til vinnu við mat á loftgæðum í tengslum við mat á umhverfisáhrifum vegna vegaframkvæmda, sem og túlkun á niðurstöðum vöktunarmælinga á loftgæðum og þróun spálíkana.

Svo virðist sem miklar breytingar hafi orðið á samsetningu svifryks á árunum milli 2003 og 2013. Það þarf ekki að koma á óvart þar sem miklar breytingar hafa orðið á þeim þáttum sem hafa áhrif á myndun svifryks á tímabilinu. Notkun nagladekkja hefur minnkað og breytingar hafa orðið á malbikstegundum og malbikunaraðferðum. Umferð hefur aukist mikið og einnig hlutfall díselbíla. Eldfjöll hafa gosið og aska borist til borgarinnar og dregið hefur úr jarðvegsframkvæmdum. Allt eru þetta þættir sem hafa mikli áhrif á mengun af völdum svifryks. Mælingin frá 2013 sýndi fram á miklar breytingar frá fyrri

mælingu þar sem áberandi var mikil aukning á sóti og töluverð minnkun á malbiki í svifryki. Umhverfislegar aðstæður geta haft mikil áhrif á niðurstöður mælinganna og því æskilegt að framhald verði gerð á mælingunni við mismunandi aðstæður til að staðfesta niðurstöður fyrri mælingar og þær vísbendingar sem með þeim fengust.

Slit á götum er áfram mikilvægur þáttur í myndun svifryks þó mælingin sem gerð var 2013 sýni að hlutfall malbiks í svifryki virðist hafa minnkað töluvert. Gerðar hafa verið ýmsar ráðstafanir til að draga úr sliti akvega og einn þáttur í því er að stuðla að minni notkun nagladekkja.

2 FRAMKVÆMD

Framkvæmd sýnatöku og mælinga var svipuð núna og í fyrri verkefnum frá 2003 [3] og 2013 [4]. Í fyrri verkefnum varð að rýra gagnasöfn umtalsvert vegna þess hve lág og óviss mæligildi fengust fyrir mörg frumefni. Í þessu verkefni var völ á mun næmara mælitæki, en jafnframt var sýnatökutími lengdur úr tveimur sólarhringum í þrjá, með það fyrir augum að fá sem flest efni mæld ofan greiningarmarka. Almennt horfa menn á sólarhringsgildi þegar mengunarálag er skoðað, en hér er ekki verið að því og er áhuginn einvörðungu á efnasamsetningunni. Rykinu var safnað á þar til gerðar kvarssíur (SKC 47mm, 1,2µm) sem eru mun hreinni en glertrefjasíur og auðveldari í upplausn en teflonsíur, að því er talið var.

Til að meta hlutöll einstakra uppsprettuefna var notast við fjölbreytulíkan. Líkanið er unnið með PLS (Partial Least Squares Regression) fjölbreytuaðferð út frá magngreiningu fjölda frumefna í svifrykssýnum, sem safnað var á kvarssíur. Til að fá viðmiðunargildi var safnað ryki af ætluðum uppsprettum á sams konar síur og með sama ryksafnara. Uppsprettusýni og raunveruleg ryksýni fengu þannig sömu meðhöndlun og voru efnagreind með plasma-massagreini ICP-MS. Alls fengust niðurstöður fyrir 51 frumefni, en endanleg líkön nýttu niðurstöður fyrir 38 frumefni.

2.1 Sýnataka

Við sýnatökuna var notaður sérstakur sýnataka til svifrykssýnatöku að gerðinni Thermo Scientific Partisol-Plus 2025. Sýnatakinn sem er færanlegur er í eigu Umhverfisstofnunar sem lánaði hann í verkefnið. Sýnatakinn var staðsettur upp á þaki loftgæðastöðvarinnar við gatnamót Miklubrautar og Grensásvegar (sjá mynd 1 og 2) en það er sá staður sem búast má við hvað mestri svifryksmengun í Reykjavík. Svifrykssýnum (PM10) var safnað á 37 mm kvarssíur með því að soga loft í gegnum síurnar, 1 m³/klst., í 3 sólarhringa í senn á hverja síu. Sýnataka stóð yfir í tæpa tvo mánuði, frá miðjum mars fram í miðjan maí.



MYND 1 Staðsetning sýnataka við gatnamót Miklubrautar og Grensásvegur



MYND 2 Sýnataki staðsettur uppi á þaki loftgæðastöðvar við gatnamót Grensásvegur og Miklubrautar

2.2 Uppsprettusýni

Valdar voru þær rykuppsprettur sem talið var að gætu haft marktækt framlag til svifryks í borginni sem safnað er á vetrartíma (þegar svifryk mælist mest) í nánd við gatnamót Miklubrautar og Grensásvegur þar sem umferðarmengun er hvað mest. Þessar uppsprettur eru malbik, sótt, jarðvegur, bræðslusalt, dekk og efni úr bremsubúnaði. Ekki var talið líklegt að langt að komið ryk ofan af hálendi Íslands eða utanlands frá hefði marktækt framlag til heildarmagns ryks á slæmum mengunardögum, sem hér eru til skoðunar, og því ekki reynt að leggja mat á slíkt.

Malbik: Mismunandi tegundir af malbiki eru í notkun á götum Reykjavíkur þar sem notast er við mismunandi grjóttegundir og malbiksaðferðir. Tvær stórar umferðargötur, Miklabraut og Grensásvegur, liggja við mælistöðina. Þessar götur hafa sitt hvora tegundina af malbiki. Miklabraut er lögð malbiki með innfluttu harðri grjóttegund sem sem á gefa mikið slitþol. Grensásvegur er aftur á móti lagður með malbiki með innlendri grjóttegund þar sem slitþolið verður ekki eins mikið og með notkun innflutta grjótsins. Tekin voru tvö malbikssýni, annað úr Miklubrautinni og hitt úr Grensásvegi. Sýnin voru spænd upp með sérstökum nagladekkjahermi og rykinu síðan safnað á síur með ryksýnatakanum.

Bremsuborðar: Fengið var ryksýni frá hemlaverkstæðinu Hemli í Kópavogi. Rykið myndast við viðgerðarvinnu á hemlaborðum og aðallega við slípivinnu á hemlaborðum.

Sótt: Sótsýni var fengið úr útblæstri bílvéla. Útblástur tveggja bílvéla, annarsvegar díselvélar og hinsvegar bensínvélar var leiddur inn í plasthólk þar sem ryksýni voru tekin með ryksýnatakanum.

Salt: Saltsýni kom frá götusalti sem borið er á götur borgarinnar til hálfuvarnar. Notast var við sama sýni og í rannsókninni árið 2003 [3].

Jarðvegur: Notuð voru sömu sýni og notuð voru við rannsóknina árið 2003 [3]. Sýnin eru valin m.t.t. ríkjandi austlægrar vindáttar í Reykjavík. Sýnin voru tekin á tveimur stöðum. Annað sýnið er tekið við Korpu við austurjaðar Reykjavíkur. Þar var tekið bæði sýni úr yfirborði og svo einnig aðeins undir yfirborðinu. Hitt sýnið er tekið úr námu við Mosfell 20 km NA frá Reykjavík.

Malbikssýni voru tekin af tveim gerðum malbiks sem er að finna á og við þessi gatnamót. Sýnin voru spænd upp með sérstökum nagladekkjahermi og rykinu síðan safnað á síur með ryksýnatakanum. Sóttinu var safnað úr útblæstri díselbils sem ekki er búinn agnasíu. Notuð voru tvö sýni af jarðvegi, af höfuðborgarsvæðinu, sem áður höfðu reynst vel í sams konar verkefni frá 2003 [3]. Jarðvegssýnin eru valin m.t.t. ríkjandi austlægrar vindáttar í Reykjavík. Sýnin voru tekin á tveimur stöðum. Annað sýnið er tekið við Korpu við austurjaðar Reykjavíkur. Þar var tekið bæði sýni úr yfirborði og svo einnig aðeins undir yfirborðinu. Hitt sýnið er tekið úr námu við Mosfell 20 km NA frá Reykjavík.

Salt og dekk: Ekki tókst að búa til ryk úr dekkjum en í staðin voru örður klipptar úr dekkjakurli leystar upp beint og mæliniðurstöður af þeirri upplausn notaðar til viðmiðunar. Sama aðferð var höfð fyrir bræðslusaltið (fengið frá Reykjavíkurborg) enda ekki talið líklegt að malaðar agnir af saltinu hefður marktækt frábrugðið innihald frá heilum saltkornum.

Ryki af uppsprettuefnum var safnað með því að þyrlla upp ryki, með þrýstilofti, inni í 0.5L plastflösku sem opin var um víða slöngu upp í inntak safnarans. Þannig dregur safnarinn ryk úr þessum

gervirykmekki líkt og um raunverulega rykmengun væri að ræða. Þessar ryksíur voru vigtaðar fyrir og eftir á sama hátt og mengunarsýnin. Ryk hefur almennt aðra efnasamsetningu en upprunaefnið sjálf, nema um mjög einsleit efnivið sé að ræða. Sér í lagi er hægt að reiknað með umtalsverðum mun fyrir efnivið á borð við jarðveg, malbik og jafnvel bremsuleifarnar. Sótagfir eru almennt mun smærri en 10 μm og því ólíklegt að agfir stærri en 10 μm séu á ferðinni sem myndu skiljast frá við inntak safnarans. Reiknað var með að bræðslusalt og dekk séu fremur einsleit efni og líkur á að ryk af þessum uppsprettum væri áþekkt ósundruðu sýni að efnasamsetningu. Því voru sýni af þessum uppsprettum greind án tilraunar til rykmyndunar.

2.3 Efnagreining og útreikningur

Hver sía var vigtuð með greiningarvog með nákvæmni upp á 0,01 mg. Sýnin voru síðan leyst upp í saltpéturssýru og vetnisperoxíði með hitun í örbylgjuofni undir þrýstingi. Uppleystu sýnin voru svo frumefnagreind með plasma-massagreini. Niðurstöður efnagreininganna voru sett í sérstakt reiknimódel þar sem beitt er tölfræðilegri fjölbreytugreiningu við magnagreiningu einstakra upprunaefna. Efnagreiningarnar og líkansmíðin voru gerðar af Arngrími Thorlacius hjá Efnagreiningu ehf. Nánari lýsing á aðferðum við efnagreiningar, líkansmíði og útreikningum er að finna í viðauka 1.

3 NIÐURSTÖÐUR

Tekin voru samtals 17 þriggja sólarhringasýni á tímabilinu 15. mars 2015 til 5. maí 2015. Í töflu 1 er að finna yfirlit sýnatökudaga þar sem koma fram veðuraðstæður meðan á sýnatöku stóð og meðalstyrkur svifryks á hverju sýnatöku bili sem stóð yfir í 72 tíma. Veðurupplýsingar eru fengnar frá Veðurstofu Íslands [5].

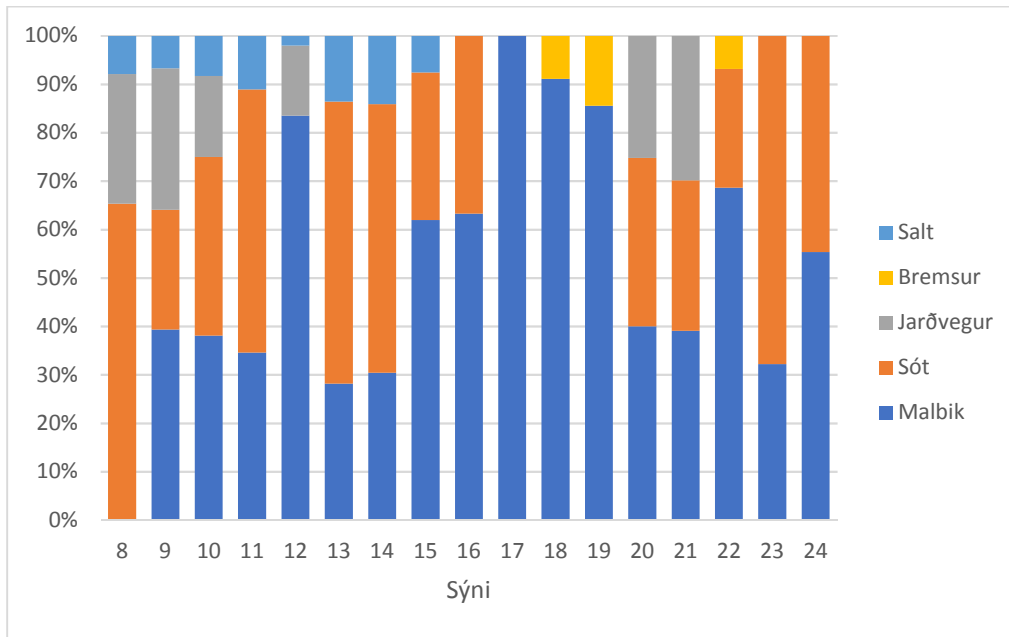
TAFLA 1 Styrkur svifryks og veðuraðstæður

Sýni	Dagsetning	Vindstefna [gráður]	Vindhraði [m/s]	Hitastig [°C]	Raki [%]	Úrkoma [mm/dag]	Svifryk PM ₁₀ [µg/m ³]
8	15-17. mars 2015	154	5,9	2,5	76,3	3,4	39,3
9	18-20. mars 2015	122	5,0	3,0	81,7	3,2	49,9
10	21-23. mars 2015	146	4,8	2,1	81,7	3,4	48,1
11	24-26. mars 2015	170	4,9	1,1	77,7	7,6	37,0
12	27-29. mars 2015	181	3,9	-0,6	79,3	2,7	107,3
13	30-1. apríl 2015	45	2,6	-3,7	60,0	1,0	40,5
14	2-4. apríl 2015	156	6,0	3,3	81,0	3,2	44,6
15	5-7. apríl 2015	196	7,1	4,5	82,3	2,2	51,7
16	8-10. apríl 2015	138	4,3	0,1	76,0	1,9	32,6
17	11-14. apríl 2015	218	5,9	0,6	77,0	4,5	39,9
18	15-17. apríl 2015	166	3,8	5,7	77,7	0,8	40,9
19	18-20. apríl 2015	152	7,4	6,9	82,3	0,8	31,1
20	21-23. apríl 2015	280	5,2	3,2	72,3	1,9	46,0
21	24-26. apríl 2015	38	4,9	-2,2	56,0	0,0	50,2
22	27-29. apríl 2015	129	4,7	1,6	59,7	0,0	30,5
23	30-2. maí 2015	265	2,7	1,4	59,3	0,0	34,8
24	3-5. maí 2015	41	3,3	2,1	57,0	0,9	32,5

Niðurstöður útreikninga á samsetningu svifrykssýna er að finna í töflu 2 og mynd 3 sýnir hlutfallssamsetningu skilgreindra upprunaefna í súluriti. Ryk frá dekkjum greindist ekki og er því sleppt.

TAFLA 2 Samsetning einstakra svifrykssýna

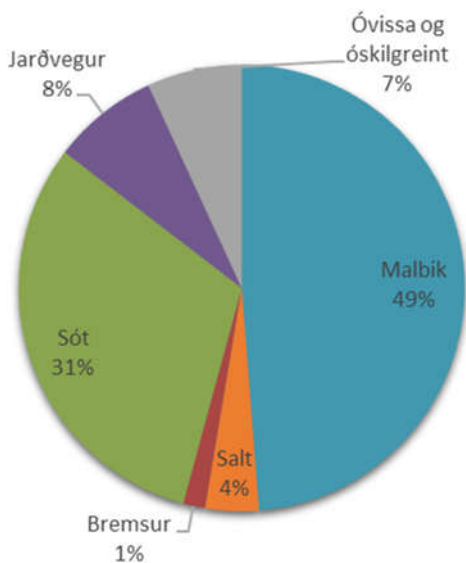
Sýni	Dagsetning	Malbik [%]	Sót [%]	Jarðvegur [%]	Bremsur [%]	Salt [%]	Óvissa og óskilgreint [%]	Svifryk PM ₁₀ [µg/m ³]
8	15-17. mars 2015	0	66	27	0	8	-1	39,3
9	18-20. mars 2015	35	22	26	0	6	11	49,9
10	21-23. mars 2015	32	31	14	0	7	16	48,1
11	24-26. mars 2015	28	44	0	0	9	19	37,0
12	27-29. mars 2015	81	0	14	0	2	3	107,3
13	30-1. apríl 2015	29	60	0	0	14	-3	40,5
14	2-4. apríl 2015	28	51	0	0	13	8	44,6
15	5-7. apríl 2015	57	28	0	0	7	8	51,7
16	8-10. apríl 2015	62	36	0	0	0	2	32,6
17	11-14. apríl 2015	96	0	0	0	0	4	39,9
18	15-17. apríl 2015	82	0	0	8	0	10	40,9
19	18-20. apríl 2015	71	0	0	12	0	17	31,1
20	21-23. apríl 2015	38	33	24	0	0	5	46,0
21	24-26. apríl 2015	34	27	26	0	0	13	50,2
22	27-29. apríl 2015	70	25	0	7	0	-2	30,5
23	30-2. maí 2015	29	61	0	0	0	10	34,8
24	3-5. maí 2015	57	46	0	0	0	-3	32,5
Meðaltal		48,8	31,2	7,7	1,6	3,9	6,9	44,5



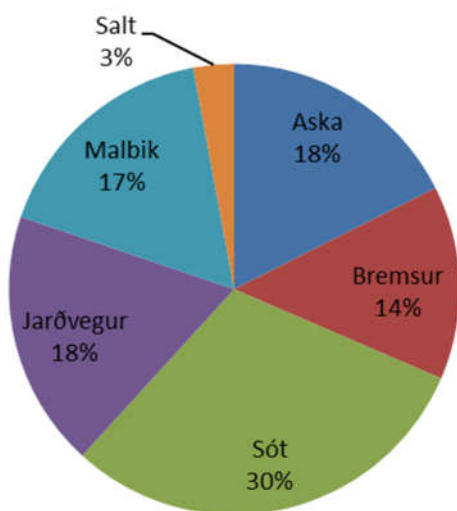
MYND 3 Hlutfall einstakra upprunaefna í greindum svifrykssýnum

4 UMRÆÐUR

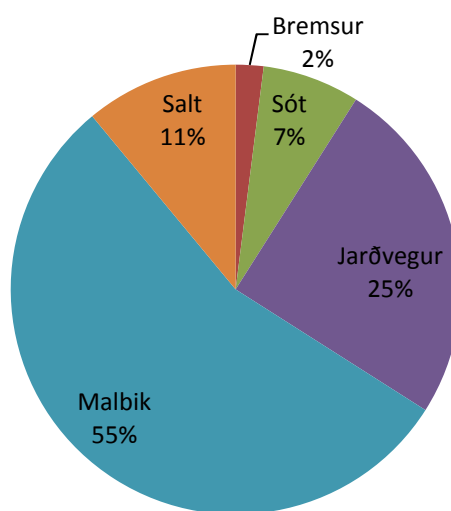
Hafa þarf í huga að niðurstöður mælinganna endurspeglar aðeins svifryksmengunina á því tímabili sem sýnataka stóð yfir þ.e. yfir vetramánuði frá miðjum mars til byrjun maí. Veðuraðstæður hafa töluverð áhrif á samsetningu svifryks þar sem búast má við að hlutfall vegryks og jarðvegs sé hærra á þurrum dögum en sót og salt meira áberandi þegar úrkoma er eða snjór á jörðu. Nokkuð votviðrasamt var yfir þetta tímabil sem sýnataka stóð yfir og voru ekki margir þurrir hægviðrisdagar þegar vænta má mjög mikillar vegmengunar. Mynd 4 sýnir meðaltalshlutföll einstakra upprunaefna og á myndum 5 og 6 eru niðurstöður rannsókna sem gerðar voru árið 2003 [3] og 2013 [4].



MYND 4 Samsetning svifryks vetur 2015



MYND 5 Samsetning svifryks samkvæmt verkefni 2013



MYND 6 Samsetning svifryks samkvæmt verkefni 2003

Töluverður breytileiki er á hlutfalli einstakra upprunaefna á milli sýna sem líklega skýrist af breytilegum ytri aðstæðum eins og veðuraðstæðum og umferðarpunga einstaka daga. Ekki var hægt að finna beina fylgni á milli mæliniðurstaðna og veðurskilyrða. Í því samhengi er rétt að benda á að hvert sýni er tekið yfir 3 sólarhringa og veðuraðstæður geta verið mjög breytilegar á þeim tíma. Til að geta metið fylgni á milli hlutfalla einstakra efna og ytri aðstæðna hefði þurft að taka fleiri sýni og hvert sýni í styttri tíma.

Nokkur hluti flokkast sem „óvissa og óskilgreint“ sem stendur fyrir óvissu í mælingum og önnur efni sem ekki voru skoðuð sérstaklega. Hér ræður óvissan mestu en stundum lentu reiknuð mæligildi innan skekkjumarka en í þeim tilfellum voru gildin sett sem núll, en samt viðbúið að þar hafi eitthvað framlag átt sér stað.

Í rannsókninni núna var notast við kvarssíur sem hafa minni bakgrunnsáhrif en glertrefjasíur sem notaðar voru í rannsókninni 2013. Einnig er efnagreiningartækið sem notað var núna mun fullkomnara og gefur nákvæmari niðurstöður en tækið sem var notað 2013. Þessir þættir gera það að verkum að áreiðanlegri niðurstöður fást með nákvæmara líkani núna samanborið við rannsóknina 2013.

Í rannsókninni núna sáust engar vísbendingar um eldfjallaösku og var hún því ekki höfð með, en hún hafði mælst 18 % í rannsókninni 2013. Engin eldgos þar sem aska hefur borist til Reykjavíkur hafa orðið eftir 2013 og svo virðist að askan sem myndaðist í eldgosunum í Eyjafjallajökli 2010 og Grímsvötnum 2011 sé ekki lengur til staðar í svifrykinu.

Hlutfall malbiks mældist um 49% og er stærsti hluti svifryksins. Þetta er nokkur aukning frá mælingunni sem gerð var 2013 og er lítillega minna en mældist 2003. Erfitt er að segja nákvæmlega hvað veldur þessum mismun í niðurstöðum. Líklegasta skýringin er að veðuraðstæður spili þarna inn í, en gera má ráð fyrir að votviðri dragi mikið úr svifryksmyndun frá malbiki en mikið vottviðri var á mælitímabilinu 2013. Einnig má benda á að reiknilíkanið núna er nákvæmara en líkanið frá 2013 vegna betri ryksía og nákvæmara efnagreiningartækis. Aðrir áhrifaþættir eins og umferðarpungi, nagladekkjanotkun og malbiksgerðir höfðu ekki breyst mikið frá 2013. Enginn verulegur munur er á malbiksryki eftir 15. apríl þegar nagladekkjatímabilinu líkur svo ekki verður hægt að fullyrða um áhrif nagladekkja á svifryksmengunina út frá þessum gögnum. Þó bannað sé að aka á nagladekkjum eftir 15. apríl þá er ljóst að einhverjir keyra áfram á nagladekkjum fram yfir þann tíma. Einnig var nokkuð þurrviðrasamt á mælitímabilinu eftir 15. apríl þar sem búast má við meiri mengun frá hverju nagladekki og uppþryllun af gömlu ryki, þannig að heildar svifryksmengunin þarf ekki endilega að minnka þó fjöldi nagladekkja minnki. Þrátt fyrir að ýmislegt hafi verið gert til að draga úr svifryksmengun frá malbiki eins og að draga úr notkun nagladekkja og nota slitþolnara malbik, þá er hlutfall þess að mælast nokkuð hátt. Full ástæða er til að leita áfram leiða til að takmarka malbiksslit þar sem malbik inniheldur mörg heilsuspillandi efni eins og t.d. fjölhringja arómatísk kolvetnissambönd (PAH-efni).

Hlutfall jarðvegs minnkar enn frekar og mældist núna um 8% miðað við 19% árið 2013. Þetta skýrist líklega af litlum jarðvegsframkvæmdum höfuðborgarsvæðinu. Hér hefur veðurfar líka mikil áhrif þannig að búast má við miklum sveiflum í þessum þætti.

Svifryk frá bremsum mældist núna frekar lágt eða rétt um 2% sem er töluvert lægra en í mælingunni 2013. Erfitt er að skýra þennan mun en hugsanlegt er að nákvæmari mælitæki sem var notað núna og aðrar tegundir af síum með minni bakgrunnsáhrifum spili þarna inn í.

Hlutfall salts mældist núna um 4% sem er mjög svipað og mældist 2013. Seinnihluta mælitímabilsins þegar farið er að hlýna í veðri og söltun gatna hætt, mældist ekkert salt í sýnunum.

Hlutfall sóts, um 31%, mældist svipað og 2013. Niðurstöðurnar styðja eindregið þann grun að vægi sóts í svifryki hafi vaxið mjög á síðustu árum. Vaxandi sótmengun er verulegt áhyggjuefni. Loftbornar agnir eða svifryk er sá þáttur loftmengunar sem sýnir mesta fylgni við heilsuvandamál hvers kyns og flestir telja sótið þar eiga mikinn hlut að máli [6]. Í sótinu eru svonefnd PAH-efni þ.e. fjölhringja arómatísk kolvetnissambönd og í þeim flokki eru efni sem án efa valda krabbameinum. Aukning á sótmengun má að öllum líkindum rekja til aukinnar umferðar og aukins hlutfalls díselbifreiða sem hefur hækkað mikið undanfarin ár. Í byrjun árs 2015 var hlutfall díselbifreiða í Reykjavík 27,9% borið saman við 24,6% í byrjun árs 2013 og 15,1% árið 2000 [7]. Mengun frá díselbifreiðum hefur verið vaxandi vandamál í mörgum stórborgum og hafa nokkrar borgir nú þegar takmarkað eða hyggjast takmarka umferð díselbíla [8]. Oslóborg hefur t.d. nú þegar sett reglur um takmörkun umferðar díselbifreiða þegar loftmengun í borginni fer yfir ákveðin viðmið [9].

Mælingarnar sýna að stór hluti eða yfir 80% af mældu heildar svifryki (malbik 48,8%, sót 31,2% og bremsur 1,6%) má rekja beint til bílaumferðar. Gera má ráð fyrir að þetta svifryk hafi neikvæð heilsufarslegáhrif og þá sérstaklega sótið sem er mjög fínt ryk sem inniheldur ýmis eiturefni sem getur borist langt niður í öndunarfæri. Svifryksmengun frá malbiki hefur verið þekkt lengi og lagt hefur verið í ýmsar aðgerðir til að draga úr þeirri mengun. Niðurstöður þessarar rannsóknar sýna að hlutfall malbiks í svifryki er enn töluvert hátt og því full ástæða til að halda áfram að leita leiða til að draga úr þeirri mengun. Greinilegt er að hlutfall sóts er umtalsvert og hefur aukist mikið frá árinu 2000. Á síðustu árum hafa verið gerða auknar kröfur á bílaframleiðendur varðandi minnkun á útblástursmengun bílvéla. Ekki er vitað til að gripið hafi verið til sérstakra ráðstafanna af hálfu yfirvalda hér á landi til að draga úr sótmengun. Vegna þess hversu hlutfall sóts er að mælast hátt og vegna neikvæðra heilsufarsáhrifa þess er ástæða til að rannsaka þennan mengunarþátt nánar og skoða leiðir til að draga úr sótmengun t.d. með takmörkun á umferð díselbíla sem uppfylla ekki ákveðin útblástursskilyrði.

5 HEIMILDASKRÁ

- [1] Umhverfis- og auðlindaráðuneytið, *Reglugerð nr. 920/2016 um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu, styrk ósons við yfirborð jarðar og upplýsingar til almennings.*, 2016.
- [2] Ylfa Thordarson, „Magn og uppspretta svifryks - Rannsókn á loftmengun í Reykjavík,“ Línuhönnun verkfræðistofa, Reykjavík, 2000.
- [3] Bryndís Skúladóttir, Arngrímur Thorlacius, Steinar Larssen, Guðmundur G. Bjarnason og Hermann Þórðarson, „Method for determining the composition of airborne particle pollution - Composition of particle air pollution in Reykjavik,“ IceTec - Technological Institute of Iceland, Reykjavík, 2003.
- [4] Páll Höskuldsson, *Samsetning svifryks í Reykjavík*, Reykjavík: EFLA, 2013.
- [5] Þórunna Pálsdóttir, *Tölvupóstur frá 16. 06. 2017*, Veðurstofa Íslands.
- [6] Wikipedia, „Diesel exhaust,“ [Á neti]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Diesel_exhaust. [Skoðað 26 júní 2017].
- [7] Samgöngustofa, „Bifreiðatölur,“ [Á neti]. Available: <http://bifreidatolur.samgongustofa.is/>.
- [8] The Guardian, „Four of world's biggest cities to ban diesel cars from their centres,“ [Á neti]. Available: <https://www.theguardian.com/environment/2016/dec/02/four-of-worlds-biggest-cities-to-ban-diesel-cars-from-their-centres>. [Skoðað 26 júní 2017].

- [9] Oslo kommune, „Forskrift om midlertidig trafikkregulerende tiltak ved høy luftforurensning, Oslo kommune, Oslo,“ [Á neti]. Available: <https://lovdata.no/dokument/OV/forskrift/2016-12-01-1424>. [Skoðað 26 júní 2017].
- [10] *Reglugerð nr. 251/2002 um brennisteinsdíoxíð, köfnunarefnisdíoxíð og köfnunarefnisoxíð, bensen, kolsýring, svifryk og blý í andrúmsloftinu og upplýsingar til almennings.*, Umhverfissráðuneytið, 25. mars 2002.

VIÐAUKI A EFNAGREININGAR, LÍKANSMÍÐI OG ÚTREIKNINGAR

Upplausn sía var framkvæmd með megnri saltpéturrssýru í örbylgjuofni (Parr Multiwave Go) undir þrýstingi. Kvarssíur með ryki var komið fyrir í heilu lagi í teflonhylki og bætt við megnri saltpéturrssýru, hylkinu lokað og hitað með örbylgjum að 180°C. Innihald hylkis var síðan fært yfir í sýrupvegið kvarðað 50mL plastglas (polypropylene) og fyllt upp að marki. Eftir blöndun voru glösin skilundin til að skilja kvarsleifar frá upplausninni. 12 mL af tærri lausn fært yfir í 12mL sýrupvegið glas til mælingar.

Frumefni í lausnunum voru magngreind með plasma-massagreini (Thermo X-series II) hjá Efnagreiningu ehf. Tafla 3 sýnir frumefnin sem voru greind, innri staðla sem voru notaðir og hvaða frumefnum var hafnað áður en líkanasmíðin hófst. Ástæður fyrir höfnun frumefnis geta verið tvær. Í fyrsta lagi var allmörgum efnum hafnað vegna þess að verulegur hluti mæliðurstaðna var undir eða nærri greiningarmörkum mæliaðferðarinnar. Hins vegar voru nokkur efni þar sem sum svifrykssýnanna höfðu hærri mæligildi en allar uppspretturnar og því ekki hægt að fá nothæft framlag frá þessum breytum til líkansins.

TAFLA 3 Magngreind frumefni

Frufefni	Hafnað v. lágra gilda	Hafnað v. ósamræmis *
Li	x	
Be	x	
B	x	
Sc		
Ti		
V	x	
Cr		x
Ni		x
Br	x	
Rb	x	
Sr		
Y		
Zr		
Nb		x
Pd	x	
Cd		
Sn		
Sb		
I	x	
Ba		
La		
Ce		
Pr		
Nd		
Sm		
Eu		
Gd		
Dy		
Ho		
Er		
Tm		
Yb		
W		
Hg	x	
Tl	x	
Pb		
Th	x	
Ca		
P		
Mg		
K	x	
Na		
S	x	
Fe		
Mn		
Zn		
Cu		
Se		x
Co		
Mo		
Al		

* Styrkur frumefnis í ryksýni hærrí en í öllum uppsprettusýnum

Til þess að jafna áhrif einstakra breyta (frumefna) innbyrðis voru gögnin formeðhöndluð, fyrst með normun og síðan með miðjun. Án formeðhöndlunar myndu efnin með hæsta styrk hafa ríkjandi áhrif á líkanið, enda alls ekki gefið eða líklegt að efni í háum styrk sé einkennandi fyrir tiltekna uppsprettu umfram aðra. Þetta var hér leyst með normun þ.e. deilt var með hæsta styrk viðkomandi frumefnis í gagnasafninu og margfaldað með 100 til að bæta læsileika. Þannig dreifast mæligildi fyrir öll greiningarefnin á bilið 0 til 100. Miðjun gagnanna (dregið frá meðalgildi fyrir styrk tiltekins frumefnis frá öllum styrkgildum frumefnisins) er til að einfalda útreikning höfuðþátta (principal components) í fjölbreytuhugbúnaðinum. Þessi formeðhöndlun var framkvæmd í töflureikni áður en gögnin voru flutt yfir í fjölbreytugreininguna.

"Partial Least Squares Regression" (PLS) er ein margra fjölbreytuaðferða sem byggir á útreikningi undirliggjandi breyta, svonefndra höfuðþátta (principal components). Höfuðþættirnir eru línulegar samantektir grunnbreytanna (hér mæligildi fyrir frumefni) og þeir eru hornréttir hver á annan. Ef unnið er með n grunnbreytur er 1. höfuðþáttur vektor með stefnu eftir aðfallslínu í gegnum n -vitt gagnasafnið sem gefur mestan breytileika (variability). Til eru óteljandi margar hornréttar línur á þessa línu, en sú þeirra sem gefur mestan breytileika ákveður stefnu 2. höfuðþáttar og þannig koll af kolli. Tilgangur með þessum hernaði er fækkun breyta og í mörgum tilvikum má skýra yfir 90% af breytileika í flóknu gagnasafni með fáeinum eða jafnvel einum höfuðþætti. Þetta má nýta bæði til að flokka áþekk sýni í hópa eftir "skyldleika" og til að reikna samhengi við aðrar stærðir þ.e. til að smíða líkön. PLS-aðferðin kemur úr ranni efnafræðinnar þ.e. frá fagsviðinu sem nefnt er "chemometrics" en nýtur vaxandi vinsælda langt út fyrir raðir efnafræðinga vegna þess hve sveigjanleg aðferðin er og lítið næm fyrir skaðlegum áhrifum samdreifni (covariance), sem er mikið vandamál í mörgum öðrum útfærslum fjölbreytugreininga. Hér var notaður Unscrambler-hugbúnaður frá CAMO Software AS í Noregi.

Reiknað er líkan fyrir hverja uppsprettu um sig. Hrein uppspretta fær styrkgildið 100 þ.e. segja ryk af t.d. malbiki telst 100% malbik í líkani fyrir malbik. Hinar uppsprettur fá gildið 0 í sama líkani. Í vel lánuðu líkani þarf því reiknað gildi fyrir uppsprettuna að vera sem næst 100 og gildi fyrir hinar uppsprettur sem næst 0. Bæta má nákvæmni líkans með því að gefa breytum mismikið vægi og dregur slík "mannleg" innblöndun ekkert úr vægi útreikninganna. Til að mynda er auðvelt að sjá að styrkur natríums hlýtur að vera öðrum breytum mikilvægari þegar meta á framlag bræðslusaltsins. Vægi einstakra breyta er slegið inn í hugbúnaðinn á formi stuðla þar sem grunnildi fyrir allar breytur er 1. Í töflu 4 má sjá lista yfir frumefnin sem nýtt voru við líkanasmíðina og vægisstuðlana í hverju líkani um sig.

TAFLA 4 Vægi breytna (frumefna) í einstökum fjölbreytulíkönunum

Frumefni	Malbik	Sót	Jarövegur	Dekk	Bremsuleifar	Salt
Sc	1,7	0,8	3,0	0,0	0,0	1,0
Ti	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sr	0,3	0,0	0,2	0,2	0,0	1,0
Y	1,9	0,9	0,4	0,0	0,0	0,0
Zr	1,3	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0
Cd	0,9	0,2	1,3	0,0	1,1	0,0
Sn	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sb	1,3	0,2	0,0	3,5	1,1	0,0
Ba	1,5	0,2	0,0	0,0	2,2	0,0
La	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ce	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pr	1,3	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nd	0,3	2,5	0,0	0,6	0,0	0,0
Sm	0,3	2,9	1,1	0,0	0,0	0,0
Eu	1,3	1,3	0,9	0,0	0,0	0,0
Gd	1,3	1,3	0,9	0,0	0,0	0,0
Dy	1,2	2,8	0,9	0,0	2,0	0,0
Ho	1,2	3,0	0,9	0,0	2,0	0,0
Er	1,2	3,1	0,9	0,0	2,0	0,0
Tm	1,2	0,2	0,9	0,0	0,0	0,0
Yb	1,2	0,9	0,9	0,0	2,0	0,0
W	2,2	0,9	0,1	0,2	0,0	0,0
Pb	0,5	0,4	1,6	0,0	0,0	1,0
Ca	0,5	1,0	1,2	0,2	0,0	1,0
P	1,1	4,7	1,1	0,9	0,9	0,5
Mg	1,3	0,7	1,2	0,8	0,0	1,0
Na	0,7	0,9	0,7	0,0	0,0	3,0
Fe	0,8	0,8	0,7	1,7	4,2	1,0
Mn	0,8	1,3	0,4	0,0	0,0	0,0
Zn	0,8	0,2	0,2	6,0	0,6	1,5
Cu	1,6	0,8	1,4	0,0	0,2	0,0
Co	0,6	1,3	1,4	0,8	0,2	0,0
Mo	0,6	1,0	0,2	1,7	1,6	0,5
Al	0,6	3,0	0,2	0,0	0,0	1,0

Sérhverju reiknuðu gildi fylgir skekkjumat og skekkjan verður að vera minni en reiknað mæligildi til að eitthvert mark sé á takandi. Í töflu 5 má sjá reiknuð gildi fyrir allar uppsprettur og staðalfrávik innan sviga. Engin víxlverkun (framlag einnar uppsprettu til annarar) telst marktækt ef miðað er við 95% öryggismörk (+/- 2 staðalfrávik).

TAFLA 5 Reiknuð gildi úr líkönum - Uppspretta, dálkur fyrir hvert líkan.

Uppspretta	Malbik %	Sót %	Jarðv. %	Dekk %	Bremsuleifar %	Salt %
Bremsuleifar 1	2 (15)	-3 (9)	2 (8)	4 (4)	97 (5)	-2 (3)
Bremsuleifar 2	9 (22)	9 (16)	-1 (7)	-2 (4)	102 (6)	-7 (6)
Jarðvegur B	0 (9)	-6 (8)	99 (5)	-1 (2)	2 (8)	0 (4)
Jarðvegur A	-1 (9)	3 (7)	101 (5)	-1 (2)	-5 (9)	0 (4)
Malbik 1	96 (9)	-7 (6)	3 (5)	-2 (2)	0 (6)	-3 (4)
Malbik 2	103 (9)	8 (8)	-3 (5)	-2 (2)	9 (5)	-4 (4)
Sót	-1 (8)	99 (6)	1 (5)	1 (2)	-1 (5)	6 (3)
Salt	0 (9)	-2 (7)	-1 (6)	1 (3)	-2 (5)	99 (3)
Dekk	-3 (9)	1 (7)	0 (7)	100 (2)	1 (5)	3 (5)

TAFLA 6 Reiknuð gildi fyrir svifrykssýni af gatnamótum Grensásvegur - Miklabraut

Sýni	Malbik %	Sót %	Jarðv. %	Dekk %	Bremsuleifar %	Salt %	Alls %
4		60	24			5	89
8		66	27			8	101
9	35	22	26			6	89
10	32	31	14			7	85
11	28	44				9	82
12	81		14			2	97
13	29	60				14	103
14	28	51				13	92
15	57	28				7	92
16	62	36					99
17	96						96
18	82				8		90
19	71				12		83
20	38	33	24				94
21	34	27	26				87
22	70	25			7		102
23	29	61					90
24	57	46					103

Í töflu 6 má sjá meginniðurstöðu verkefnisins þ.e. mat á framlagi ryk uppsprettanna til ryksýna sem safnað var við gatnamót Grensásvegur og Miklubrautar á tímabilinu 15. mars 2015 til 5. maí 2015. Í dálkinum lengst til hægri má sjá samanlagt framlag uppsprettanna til einstakra sýna. Þar sem framlag reiknast neikvætt og þar sem metin skekkja (95% öryggismörk) var stærri en reiknað framlag eru eyður í töflunni. Hér ber að undirstrika að um er að ræða líkan, fremur en mælingu, byggt á tilteknum forsendum og flóknum útreikningum. Og þótt prósentutölurnar í dálkinum lengst til hægri séu býsna nærri 100% ber alls ekki að skilja þær sem nákvæmar niðurstöður. Heilt yfir eru niðurstöðurnar vonum framar miðað við einfaldleika aðferðafræðinnar. Til að mynda byggjum við útreikningana á tveim jarðvegssýnum til að áætla framlag frá hvers kyns jarðvegi, sem kann að vera þyrlað upp í framkvæmdum víðs vegar á höfuðborgarsvæðinu eða sem losnar af tættum umferðareyjum. Sótsýnið er tekið úr einum bíl og það er myndað úr einni (aðallega) áfyllingu á tank bílsins og bremsuleifarnar koma úr hreinsunarbúnaði tveggja bremsuverkstæða, en þau voru tekin með margra ára millibili. Malbikssýnin voru tekin af tveim gerðum malbiks sem finna má á þessum gatnamótum, en engin tilraun gerð til að meta hlutfallslegt framlag hvorrar um sig þ.e. hve stóran flöt þau dekkja eða hve mikið slit er á þeim flötum. Styrkur fjölbreytugreiningarinnar liggur í því að þegar mældir eru nægilega margir eiginleikar þá verður munur á milli mismunandi sýna úr sama flokki (sömu uppsprettu) lítil í samanburð við muninn á milli flokka.

Einsleitu svifryksuppsprettur salt og dekk skiluðu sérlega góðum líkönum, sem rekja má til að þessi efniviður inniheldur ríkjandi efnisþætti (Na í salti og Zn í dekkjunum) sem eru marktækt hærri en í öðrum uppsprettum og auk þess mjög lág gildi fyrir mörg hinna efnanna. Annars vegar gefur þetta okkur þokkalega trúverðugt mat á fremur lágu innihaldi salts í mörgum sýnanna og hins vegar gefur líkanið fyrir dekk til kynna að ekkert bendir til að þau hafi marktækt framlag til svifryksins.