

Sóttvarnir vegna COVID-19 á landa- mærum Íslands. Árangursmat á mis- munandi aðgerðum.

Mars 2021



HÁSKÓLI ÍSLANDS

Sóttvarnir vegna COVID-19 á
landamærum Íslands. Árangursmat á
mismunandi aðgerðum.

Höfundar

Kári Rögnvaldsson*
Rafael Daníel Vias†
Alexander Berg Garðarsson*
Thor Aspelund‡

*Nemi í stærðfræði við Háskóla Íslands

†Nemi í hagnýttri stærðfræði við Háskóla Íslands

*Sérfræðingur í gagnavísindum við Háskóli Íslands

‡Prófessor í líftölfræði við Háskóli Íslands

mars 2021

Inngangur

Verkefni þetta er unnið í framhaldi af styrk sem ríkisstjórn Íslands veitti til vísindafólks við Háskóla Íslands í rannsóknir á áhrifum sóttvarnaaðgerða á þróun COVID-19 faraldursins (*Stjórnarráð Íslands*, 2020).

Markmið verkefnisins er að meta áhrif mismunandi sóttvarnaaðgerða á landamærum Íslands. Harðar aðgerðir minnka líkur á innanlandssmitum en geta verið hindrum fyrir fólk sem er að ferðast. Með því að kanna ólíka möguleika og meta afleiðingar þeirra er hægt að leita að heppilegri málamiðlun milli þessara tveggja sjónarmiða. Í skýrslunni eru eftirfarandi aðgerðir bornar saman:

- A. Tvær skimanir á landamærunum, ein í heimalandi ferðamanns og hin á Íslandi og PCR vottorðs krafist sem staðfestingu á fyrri skimun.
- B. Tvær skimanir, báðar á Íslandi og fimm daga ferðamannasmitgát milli skimana.
- C. Ein skimun á landamærunum.
- D. Tvær skimanir á landamærunum, báðar á Íslandi og fimm daga sóttkví á milli skimana.

Til þess að meta áhrif þessara aðgerða er mat lagt á eftirfarandi þrjá þætti:

1. Fjölda smitaðra ferðamanna sem komast í gegnum sóttvarnareftirlit.
2. Fjölda ferðamanna í sóttvarnarhúsi.
3. Fjölda innanlandssmita í kjölfar smitaðra ferðamanna.

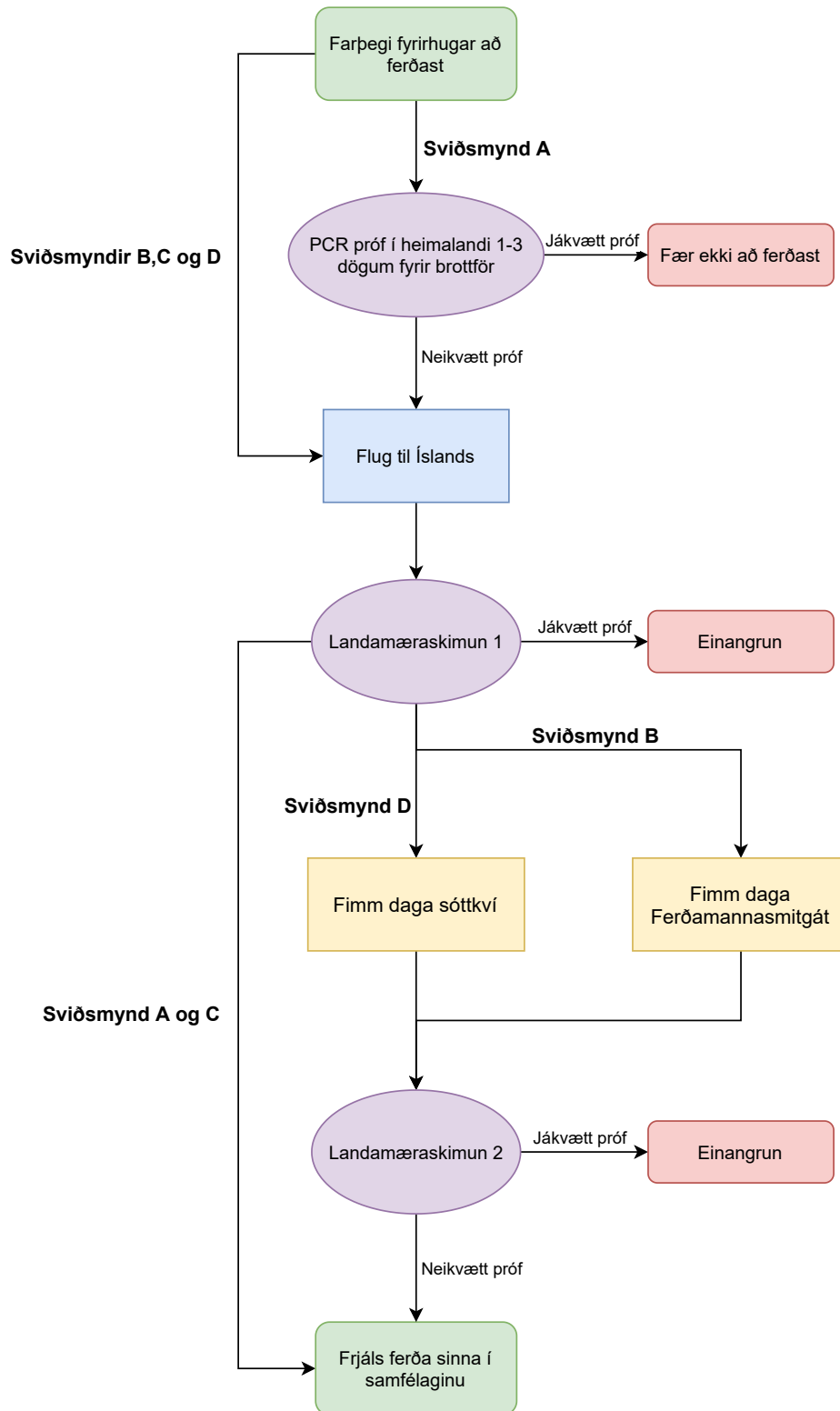
Í þessari skýrslu verða þessir þrír þættir metnir og bornir saman fyrir aðgerðir A-D.

Aðferðir og forsendur

Til að bera saman aðgerðir A-D var notað hermilíkan fyrir COVID-19 sem byggir á smitstuðlalíkani covid.hi.is (Sölvi Rögnvaldsson, 2020). Spáð var í 60 daga, frá 1. febrúar til 1. apríl. Þessar dagsetningar hafa engin áhrif á niðurstöður skýrslunnar. Í líkaninu var gert ráð fyrir að ákveðinn fjöldi erlendra ferðamanna komi til landsins á hverjum degi og fari í skimun á landamærunum. Sumir ferðamenn eru smitaðir og allir sem greinast smitaðir á landamærunum fara í sóttvarnarhús þar sem þeir dvelja í 14 daga. Mynd 1 sýnir ferli ferðamanns í gegnum sóttvarnareftirlit fyrir aðgerðir A-D. Gert var ráð fyrir að ferðafólk með íslenska kennitölu færi alltaf í tvöfalda skimun með 5 daga sóttkví á milli. Áhrif þess eru ekki metin í þessari skýrslu.

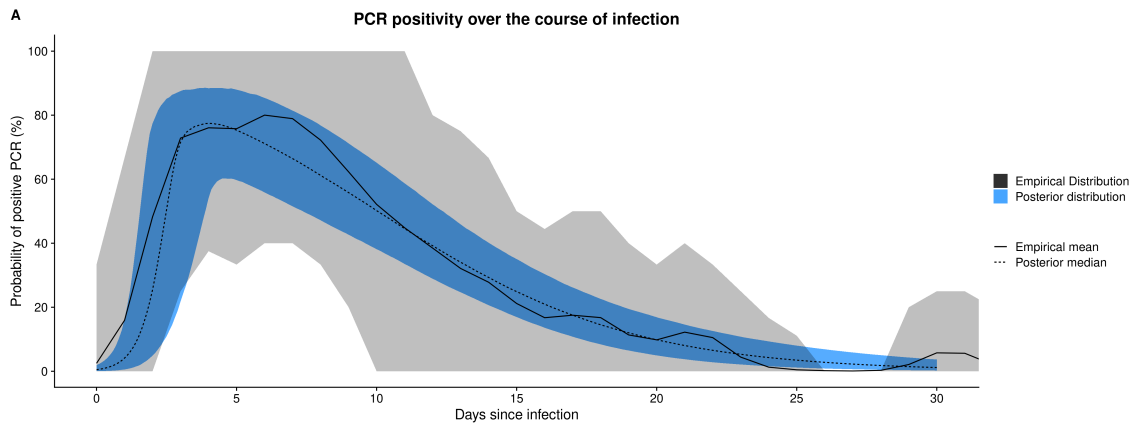
Einhverjir af smituðu ferðamönnum komast í gegnum sóttvarnareftirlit og smita út frá sér innanlands. Hugsum okkur að ferðamaður X sem er utan sóttkvíar smiti einstakling Y sem er ekki ferðamaður og er utan sóttkvíar. Einstaklingur Y smitar svo einstakling Z sem er ekki ferðamaður. Einstaklingur Z getur annaðhvort verið innan eða utan sóttkvíar þegar hann greinist vegna þess að í einhverjum tilfellum næst að rekja smit Y til Z. Einstaklingur Z smitar svo mögulega út frá sér og þannig getur myndast ný bylgja innanlandssmita. Daglegur fjöldi greindra innanlandssmita er því summa þriggja þátta: smit út frá ferðamönnum, smit út frá einstaklingum sem greinast utan sóttkvíar og smit út frá einstaklingum sem eru í sóttkví við greiningu.

Þegar áhrif aðgerða voru skoðuð var gert ráð fyrir að í upphafi séu engin virk smit í samfélaginu og að ferðamenn skapi nýja bylgju innanlandssmita. Smitaður ferðamaður er skilgreindur sem ferðamaður sem hefur smitast einhvern tímann á síðustu 15 dögum. Frá og með 16. degi smits er einstaklingur ekki lengur smitandi. Þegar smitaður ferðamaður kemur til landsins er gert ráð fyrir jöfnum líkum á að hann hafi smitast fyrir 1-15 dögum síðan.



Mynd 1: Flæðirit sem sýnir ferli ferðamanns í gegnum sóttvarnareftirlit fyrir aðgerðir A-D.

Skimun á landamærunum byggir á PCR prófi. PCR próf eru ekki fullkomin og ná ekki að greina alla smitaða ferðamenn. Gert var ráð fyrir því að næmni PCR prófa sé 0.8 á degi 2-14 en 0.0 á degi 0, degi 1 og frá og með degi 16. Sérþækni prófanna er höfð 0.9995. Þessi forsenda um að næmni prófanna haldist föst frá degi 2 til 14 er einföldun og er líklegra að hún sé háð því hvar í sjúkdómsferlinu hinn sýkti er. Mynd 2 sýnir hvernig næmni prófanna gæti verið breytileg eftir sjúkdómsferli sjúklings (Joel Hellewell o.fl., 2020).



Mynd 2: Mat á næmni PCR prófa eftir fjölda daga frá sýkingu.

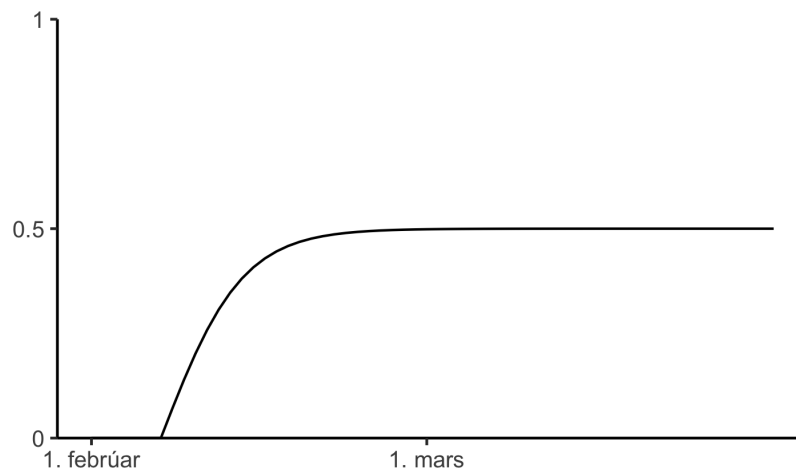
Samkvæmt gögnum sem þessi mynd byggir á virðist næmni prófanna vera mjög lág hjá sýktum einstaklingi fyrstu daga sýkingarinnar, ná svo hámarki í nokkra daga en fjara svo aftur út. Þetta gæti verið efni til frekari skoðunar. Ef við gerum ráð fyrir að einstaklingur sé smitandi frá degi 2 til 14 þá væri hægt að skilyrða næmni prófanna á dagsetningu sjúkdómsferlisins. Niðurstöður þessarar skýrslu gera ráð fyrir fastri næmni, eins og lýst var hér að ofan.

Til þess að meta hlutfall ferðamanna sem komast sýktir í gegnum sóttvarnareftirlit á landamærunum og álag á sóttvarnarhús voru keyrðar 2000 hermanir í þremur umferðum þar sem algengi meðal ferðamanna, þ.e. hlutfall ferðamanna sem koma smitaðir til landsins, var látið vera 0.5%, 1% og 2% og miðað var við að 1000 ferðamenn kæmu til landsins á dag. Þessum forsendum er auðvelt að breyta.

Eins og áður sagði er fjöldi innanlandssmita summa þriggja þátta: smit út frá ferðamönnum, smit utan sóttkvíar og smit innan sóttkvíar. Þessi flokkun gerir okkur kleift að leggja mat á innanlandssmit í kjölfar ferðamanna miðað við ólíkar aðgerðir

út frá forsendum sem við gefum okkur. Eins og áður kom fram var notast við aðferðafræði líkans covid.hi.is og þeirri uppsetningu fylgt að mestu leyti sem lýst er af Sölva Rögnvaldssyni (Sölvi Rögnvaldsson, 2020). Þetta líkan var þó frábrugðið að því leyti að gert var ráð fyrir að ferðamenn smiti út frá sér.

Fyrir hverja af aðgerðum A-D var spáð 60 daga fram í tímann. Miðað var við að aðgerðin tæki gildi 1. febrúar og spáð til 1. apríl. Gert var ráð fyrir að smitstuðull fólks utan sóttkvíar væri 2, en það þýðir að hver smitaður einstaklingur sem greinist utan sóttkvíar smitar að jafnaði 2 aðra. Eins var gert ráð fyrir að smitstuðull fólks innan sóttkvíar væri 0.6 (miðgildi úr spálíkani covid.hi.is). Gert var ráð fyrir að smitaðir ferðamenn sem komast ógreindir í gegnum sóttvarnareftirlit smiti út frá sér með smitstuðli ferðamanna. Erfitt er að leggja mat á smitstuðul ferðamanna vegna þess að smit út frá ferðamönnum hefur verið erfitt að rekja. Í þessu líkani er gert ráð fyrir að smitstuðull ferðamanna utan sóttkvíar sé 1 og 0.5 í ferðamannasmitgát. Ferðamanni í sóttkví eða einangrun var gefinn smitstuðul 0. Hlutfall greindra í sóttkví fylgir ferli eins og sjá má á Mynd 3.



Mynd 3: Hlutfall smitaðra sem greinast í sóttkví frá 1. febrúar til 1. apríl.

Hér er reynt að herma það að smitakning taki ekki við sér um leið og aðgerðin tekur gildi heldur tekur viku að byrja að ná að rekja smit og senda fólk í sóttkví. Hlutfall greindra í sóttkví eykst þangað til á 21. degi, en eftir það helst það í 50%.

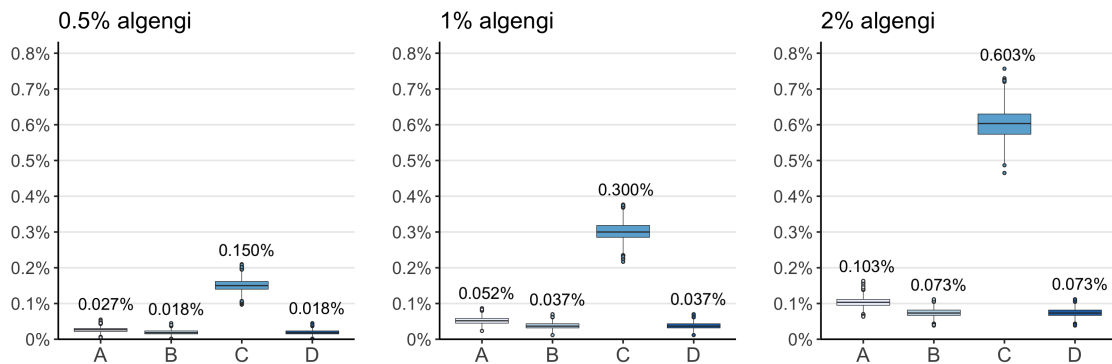
Niðurstöður

Þær aðgerðir sem bornar voru saman:

- A. Tvær skimanir á landamærunum, ein í heimalandi ferðamanns og hin á Íslandi og PCR vottorðs krafist sem staðfestingu á fyrri skimun.
- B. Tvær skimanir, báðar á Íslandi og fimm daga ferðamannasmitgát milli skimana.
- C. Ein skimun á landamærunum.
- D. Tvær skimanir á landamærunum, báðar á Íslandi og fimm daga sóttkví á milli skimana.

Fjöldi smitaðra ferðamanna sem komast í gegnum sóttvarnareftirlit

Mynd 4 sýnir hlutfall ferðamanna sem komast smitaðir í gegnum sóttvarnareftirlit af heildarfjölda ferðamanna eftir aðgerð og miðað við mismunandi algengi. Ef við lítum á myndina fyrir 1% algengi og hugsum okkur að 1000 ferðamenn komi til landsins á gefnum degi þá komast $1000 \times 0.003 = 3$ ferðamenn smitaðir í gegnum sóttvarnareftirlit miðað við aðgerð C.



Aðgerðir: A: Tvær skimanir; PCRv B: Tvær skimanir; smitgát C: Ein skimun D: Tvær skimanir; sóttkví

Mynd 4: Kassarit sem sýna hlutfall ferðamanna sem komast smitaðir í gegnum sóttvarnareftirlit af heildarfjölda ferðamanna. Miðgildin eru sýnd fyrir ofan kassaritinn.

Á mynd 4 sést einnig hvernig aðgerð C sker sig úr en miðað við hana komast langflestir ferðamenn smitaðir í gegnum sóttvarnareftirlit, um 6 sinnum fleiri en miðað við hinar aðgerðirnar. Aðgerðir B og D skila sömu niðurstöðu vegna þess að líkurnar á því að ferðamaður komist smitaður í gegnum seinni skimun eru óháðar því hvort hann var í sóttkví eða smitgát. Fyrir aðgerð A sleppa um 40% fleiri smitaðir í gegnum sóttvarnareftirlit en miðað við B og D. Það er vegna þess að mislangur tími er á milli skimana og því eru að jafnaði fleiri ferðamenn sem ljúka smitferli sínu í sóttkví eða ferðamannasmitgát fyrir aðgerðir B og D en fyrir aðgerð A. Tafla 1 sýnir miðgildi og 95% öryggismörk fyrir þessar stærðir.

	Neðri 95%	Miðgildi	Efri 95%
Aðgerð A			
0.5% algengi	0.013 %	0.027 %	0.040 %
1% algengi	0.035 %	0.052 %	0.072 %
2% algengi	0.078 %	0.103 %	0.130 %
Aðgerð B			
0.5% algengi	0.008 %	0.018 %	0.032 %
1% algengi	0.022 %	0.037 %	0.053 %
2% algengi	0.052 %	0.073 %	0.097 %
Aðgerð C			
0.5% algengi	0.118 %	0.150 %	0.185 %
1% algengi	0.252 %	0.300 %	0.352 %
2% algengi	0.522 %	0.603 %	0.683 %
Aðgerð D			
0.5% algengi	0.008 %	0.018 %	0.032 %
1% algengi	0.022 %	0.037 %	0.053 %
2% algengi	0.052 %	0.073 %	0.097 %

Tafla 1: Miðgildi og 95% öryggismörk fyrir hlutfall ferðamanna sem eru smitaðir og sleppa í gegnum sóttvarnareftirlit af heildarfjölda ferðamanna fyrir 0.5%, 1% og 2% algengi og aðgerðir A-D.

Fjöldi í sóttvarnarhúsi

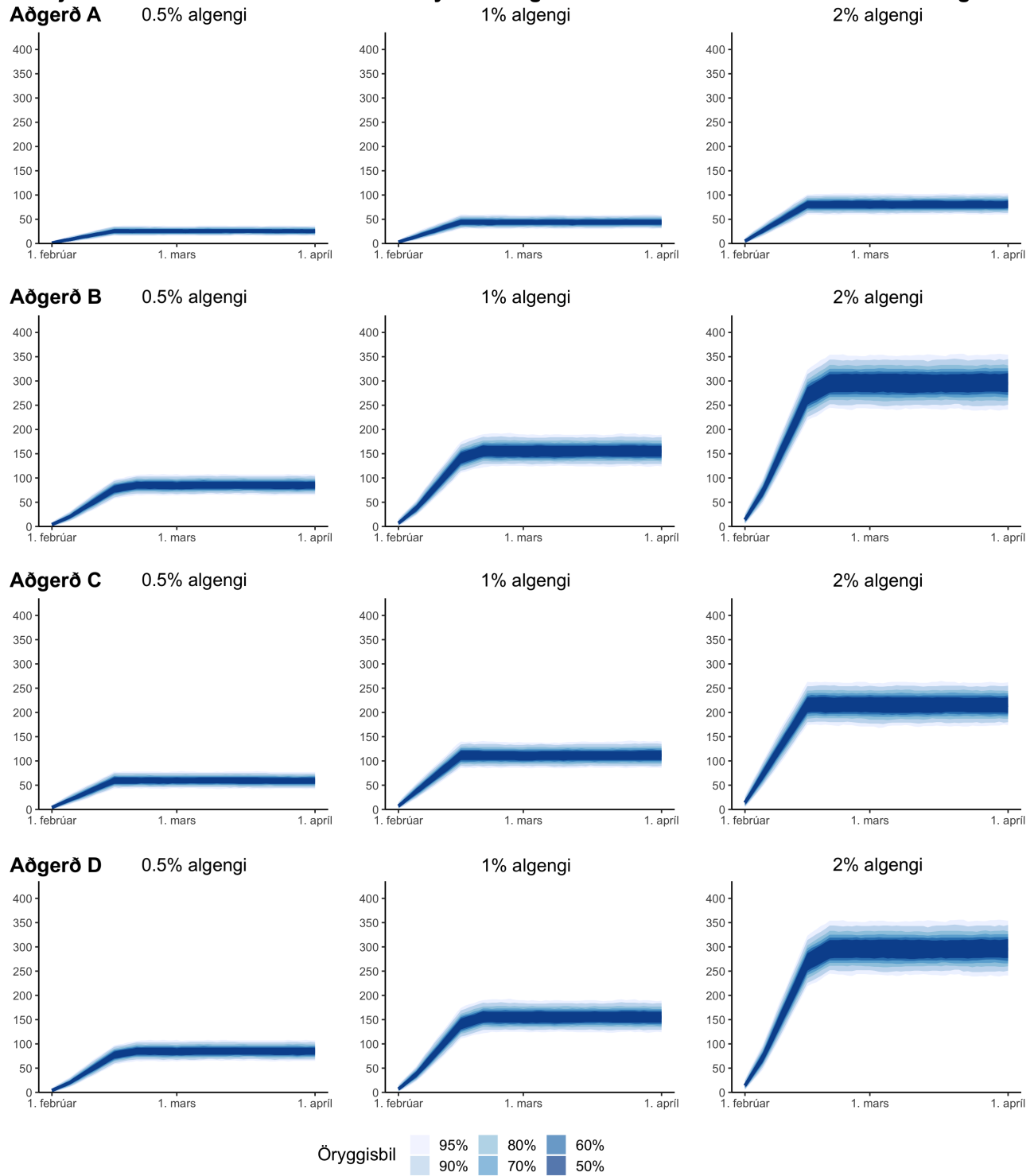
Mynd 5 sýnir fjölda ferðamanna sem ætlaður er að verði í sóttvarnarhúsi á tímabilinu 1. febrúar til 1. apríl miðað við að 1000 ferðamenn komi til landsins á dag. Á myndinni sést hvernig álagið eykst frá 1. febrúar þangað til jafnvægi myndast þegar sýktir ferðamenn byrja að tínast út á 15. degi þegar dvöl þeirra lýkur. Miðað við 1% algengi verður fjöldi í sóttvarnarhúsi fyrir aðgerðir B og D mestur um 156, fyrir

aðgerð A verður hann mestur um 44 og fyrir aðgerð C verður hann mestur um 111 (miðgildi, sjá töflu 2). Fyrir aðgerðir B og D er mest álag á sóttvarnarhús vegna þess að langflestir smitaðir ferðamenn greinast hér á landi og eru sendir í sóttvarnarhús. Fyrir aðgerð C er aðeins minna álag vegna þess að þeir sem hefðu greinst í seinni skimuninni hefðu farið í sóttvarnarhús og því er álagið minna sem nemur því. Við bendum á að aðgerð A kemur best út þar sem stærsti hluti þeirra sem greinast smitaðir greinast í fyrri skimuninni í heimalandinu og fara því ekki í sóttvarnarhús á Íslandi.

	Neðri 95%	Miðgildi	Efri 95%
Aðgerð A			
0.5% algengi	16	25	36
1% algengi	30	44	59
2% algengi	60	80	103
Aðgerð B			
0.5% algengi	65	85	107
1% algengi	125	156	189
2% algengi	245	296	355
Aðgerð C			
0.5% algengi	43	59	78
1% algengi	85	111	140
2% algengi	172	215	262
Aðgerð D			
0.5% algengi	65	85	107
1% algengi	125	156	189
2% algengi	245	296	355

Tafla 2: Miðgildi og 95% öryggismörk fjölda ferðamanna í sóttvarnarhúsum þegar álagið er mest miðað við 1000 ferðamenn á dag og fyrir 0.5%, 1% og 2% algengi og aðgerðir A-D.

Fjöldi ferðamanna í sóttvarnarhúsum yfir 60 daga tímabil miðað við 1000 ferðamenn á dag



Mynd 5: Öryggisbil fyrir ætlaðan fjölda ferðamanna í sóttvarnarhúsum frá 1. febrúar til 1. apríl fyrir 0.5%, 1% og 2% algengi og aðgerðir A-D.

Fjöldi innanlandssmita í kjölfar smitaðra ferðamanna

Teymið hannaði viðmót til þess að skoða afleidd innanlandssmit út frá aðgerðum A-D (Kári Rögnvaldsson o.fl., 2021). Þar er hægt að breyta algengi ferðamanna (hlutfall ferðamanna sem koma smitaðir til landsins) og velja á milli þess að 200, 500, 1000 eða 1500 ferðamenn komi til landsins á hverjum degi og bera saman niðurstöður. Mynd 6 sýnir niðurstöður fyrir 1000 ferðamenn á dag. Á myndinni merkir gul brotalína dagsetningu þess að Ísland verði sett á gulan lista ECDC þ.e. að nýgengi innanlandssmita (heildarfjöldi innanlandssmita yfir 14 daga tímabil á 100 þúsund íbúa) sé yfir 25 (*European Centre for Disease Prevention and Control*, 2021). Rauð brotalína merkir dagsetningu þess að Ísland verði sett á rauðan lista ECDC þ.e. að nýgengi innanlandssmita sé yfir 150. Því eru brotalínurnar viðmið á það hvenær þyrfti að herða sóttvarnaraðgerðir innanlands.

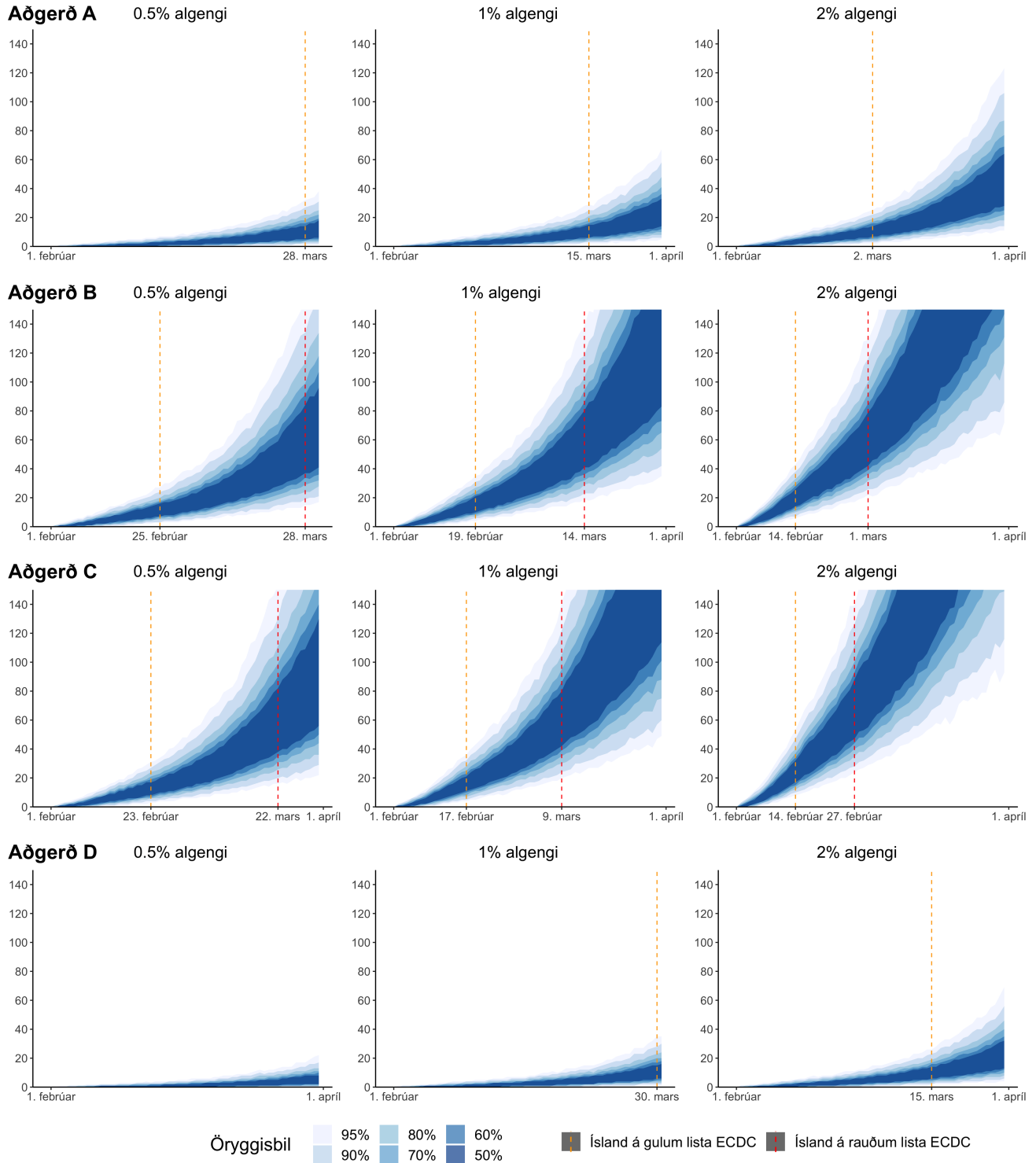
	Gulur listi ECDC	Rauður listi ECDC
Aðgerð A		
0.5% algengi	28. mars	eftir 1. apríl
1% algengi	15. mars	eftir 1. apríl
2% algengi	2. mars	eftir 1. apríl
Aðgerð B		
0.5% algengi	25. febrúar	28. mars
1% algengi	19. febrúar	14. mars
2% algengi	14. febrúar	1. mars
Aðgerð C		
0.5% algengi	23. febrúar	22. mars
1% algengi	17. febrúar	9. mars
2% algengi	14. febrúar	27. febrúar
Aðgerð D		
0.5% algengi	eftir 1. apríl	eftir 1. apríl
1% algengi	30. mars	eftir 1. apríl
2% algengi	15. mars	eftir 1. apríl

Tafla 2: Þær dagsetningar sem Ísland yrði sett á gulan eða rauðan lista ECDC miðað við 1000 ferðamenn á dag og fyrir 0.5%, 1% og 2% algengi og aðgerðir A-D.

Á mynd 6 sést að fyrir aðgerð C verða flest innanlandssmit í kjölfar smitaðra ferðamanna. Fyrir aðgerð D verða þau fæst. Þetta endurspeglast í dagsetningunum á rauðu og gulu brotalínunum. Miðað við 1% algengi yrði Ísland sett á gulan lista 17. febrúar fyrir aðgerð C, 19. febrúar fyrir aðgerð B, 15. mars fyrir aðgerð A og 30.

mars fyrir aðgerð D. Miðað við sama algengi yrði Ísland sett á rauðan lista 9. mars fyrir aðgerð C, 14. mars fyrir aðgerð B en ekki innan tímarammans fyrir aðgerðir A og D. Athyglisvert er að sjá muninn á aðgerðum A og B. Það verða mun færri afleidd smit fyrir aðgerð A en fyrir aðgerð B. Aðgerð A kemur nánast jafn vel út og aðgerð D en aðgerð B kemur nánast eins illa út og aðgerð C. Þetta er vegna þess að einhver fjöldi ferðamanna eru smitaðir í smitgát og smita út frá sér.

Fjöldi innanlandssmita í kjölfar ferðamanna miðað við 1000 ferðamenn á dag



Mynd 6: Öryggisbil fyrir ætlaðan fjölda smita í kjölfar ferðamanna á Íslandi frá 1. febrúar til 1. apríl fyrir 0.5%, 1% og 2% algengi og aðgerðir A-D.

Ályktanir

Þær aðgerðir sem bornar voru saman:

- A. Tvær skimanir á landamærunum, ein í heimalandi ferðamanns og hin á Íslandi og PCR vottorðs krafist sem staðfestingu á fyrri skimun.
- B. Tvær skimanir, báðar á Íslandi og fimm daga ferðamannasmitgát milli skimana.
- C. Ein skimun á landamærunum.
- D. Tvær skimanir á landamærunum, báðar á Íslandi og fimm daga sóttkví á milli skimana.

Aðgerðir A-D voru bornar saman m.t.t. fjölda smitaðra ferðamanna sem komast í gegnum sóttvarnareftirlit, fjölda í sóttvarnarhúsi og innanlandssmit í kjölfar smitaðra ferðamanna. Aðgerð C skar sig úr af þessum sviðsmyndum að því leyti að þá sleppa flestir ferðamenn smitaðir í gegnum sóttvarnareftirlit og flest smit verða í kjölfar þeirra. Aðgerð D kom best út með tilliti til fjölda smitaðra ferðamanna sem komast í gegnum sóttvarnareftirlit og fjölda innanlandssmita í kjölfar þeirra.

Miðað við niðurstöður var nokkur munur á aðgerðum A og B að því leyti að fyrir aðgerð A verður álag á sóttvarnarhús sem minnst og fjöldi innanlandssmita í kjölfar ferðamanna verður lítil en fyrir aðgerð B verður mikið álag á sóttvarnarhús auk þess sem talsvert fleiri smit verða í kjölfar smitaðra ferðamanna. Miðað við gefnar forsendur virðist því aðgerð A koma betur út en aðgerð B hvað varðar smit innanlands og álag á sóttvarnarhús.

Möguleikar á þróun líkansins

Líkanið sem notast var við í þessar hermanir er mjög sveigjanlegt og hægt að innleiða ýmislegt inn í það, svo sem skilyrta næmni (sjá Aðferðir og forsendur), hægt að breyta algengi, skoða aðrar aðgerðir, nota annað mat á smitstuðlum og skilyrða á hvaðan ferðamenn koma.

Heimildir

Stjórnarráð Íslands. (2020). Áhrif sóttvarna á þróun COVID-19 faraldurs rannsökuð. Sótt 5. mars 2021 af <https://www.stjornarradid.is/efst-abaugi/frettir/stok-frett/2020/10/09/Ahrif-sottvarna-a-throun-COVID-19-faraldurs-rannsokud/>

Sölvi Rögnvaldsson. (2020). Rýnt í faraldur - Smitstuðull utan sóttkvíar. Sótt 5. mars 2021 af <https://rpubs.com/sor16/665674>

Joel Hellewell, Timothy W. Russell, Rupert Beale, Gavin Kelly o.fl.. (2020). Estimating the effectiveness of routine asymptomatic PCR testing at different frequencies for the detection of SARS-CoV-2 infections.

Kári Rögnvaldsson, Rafael D. Vias, Alexander B. Garðarsson og Thor Aspelund. (2021). Covid-19 Sviðsmyndir (uppfærsla 0.0.1). Sótt 5. mars 2021 af https://kar26.shinyapps.io/covid_landamaeri/

European Centre for Disease Prevention and Control. (2021). Maps in support of the Council Recommendation on a coordinated approach to travel measures in the EU. Sótt 5. mars 2021 af <https://www.ecdc.europa.eu/en/covid-19/situation-updates/weekly-maps-coordinated-restriction-free-movement/>