VERKFRÆÐISTOFAN VATNASKIL

Skipulag byggðar í Gunnarshólma

Dreifingarreikningar vegna áhættumats

Unnið fyrir Aflvaka Þróunarfélag ehf.

Skýrsla nr. 24.14

Nóvember 2024

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026

Verkfræðistofan Vatnaskil
Síðumúli 28
108 Reykjavík

s. 512-2121
vatnaskil@vatnaskil.is
www.vatnaskil.is

Skýrsla nr:	Útgefið:	Fjöldi síðna:	Dreifing:
24.14	Nóvember 2024	98	Opin ☒ Lokuð ☐

Heiti skýrslu:
Skipulag byggðar í Gunnarshólma. Dreifingarreikningar vegna áhættumats.

Höfundar:
Ágúst Guðmundsson, Auður Eva Jónsdóttir, Jean-Claude C. Berthet og Sveinn Óli Pálmarsson.

Verkefnisstjóri:
Sveinn Óli Pálmarsson

Útdráttur:
Aflvaki þróunarfélag ehf. hefur unnið að tillögu skipulags byggðar í landi Gunnarshólma, innan Kópavogs. Fyrirhuguð byggð í Gunnarshólma fellur innan marka öryggissvæðis vegna grunnvatns sem ákvörðuð voru við heildarendurskoðun vatnsverndar á höfuðborgarsvæðinu árið 2015 (Vatnaskil, 2015). Vegna staðsetningarinnar og nálægðar við vatnsbólin í Gvendarbrunnum og á Jaðri þarf að framkvæma áhættumat vegna framkvæmdatíma og rekstrartíma verkefnisins og til að styðja við þá vinnu voru Vatnaskil fengin til að framkvæma dreifingarreikninga vegna mats á áhrifum hugsanlegra mengunarslysa á framkvæmdatíma og rekstrartíma verkefnisins.

Framkvæmdir voru dreifingarreikningar til mats á dreifingu mengunar með grunnvatni fyrir valdar staðsetningar innan skipulagssvæðisins. Tvennskonar reikningar voru framkvæmdir fyrir hverja staðsetningu; í fyrsta lagi atvikareikningar þar sem líkt er eftir tilteknu slysi og í öðru lagi tíðni-reikningar sem bæði setja niðurstöður atvikareikninga í samhengi við langtíma vatnafarsbreytileika og gefa einnig mat á áhrifum langtíma mengunar á stærra svæði.

Niðurstöður dreifingareikninga sýna að mikið grunnvatnsstreymi í Gunnarshólma tekur fljótt upp mengunarefnin og flytur þau greiðlega á skömmum tíma niður fyrir Elliðavatn. Hæsti styrkur innan brunnsvæðis Gvendarbrunna er 10^{-6} af upphafsstyrk í grunnvatnsleiðara, sem svarar til milljón faldrar þynningar.

Túlkun á niðurstöðunum m.t.t. olíuefna gefa til kynna að mengunarslys þar sem díselolía fer niður innan skipulagssvæðis Gunnarshólma geti að lágmarki haft nokkur til mikil áhrif á brunnsvæði. Fyrir minni slys minnka þessi áhrif hins vegar verulega og verða nær því að teljast lítil. Fjallað er um mögulega varfærni við val á viðmiðum fyrir áhrif af reiknuðum styrk olíuefna í brunni til móts við þá varfærnu nálgun sem farin var við mat á styrk í brunni. Mótvægis- og viðbragðsaðgerðir þurfa hvernig sem er, eðli málsins samkvæmt, að lágmarka magn mengunar sem gæti borist niður í grunnvatnsleiðarann eins og kostur er.

Verkkaupar:	Tengiliður verkkaupa:
Aflvaki þróunarfélag ehf.	Sigurður Stefánsson

Lykilorð:
Mengunarhætta, dreifingarreikningar, grunnvatnslíkan, vatnsból, Gvendarbrunnar, skipulag

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

Efnisyfirlit

Efnisyfirlit 4
Myndaskrá 5
Töfluskrá 9
1. Inngangur 10
2. Forsendur 11
2.1. Vatnafar 11
2.2. Grunnvatnsmælingar 11
2.3. Grunnvatns- og yfirborðslíkan 15
3. Dreifingarreikningar 16
4. Niðurstöður dreifingarreikninga 18
4.1. Atvikareikningar 18
4.2. Tíðnireikningar 22
5. Mat á áhrifum mengunarslysa 24
5.1. Fulluppleyst mengunarefni 25
5.2. Torleyst mengunarefni 26
6. Niðurlag 29
Heimildaskrá 30
Viðauki A. Niðurstöður atvikareikninga 31
Viðauki B. Niðurstöður tíðnireikninga 42
Viðauki C. Túlkun dreifingarreikninga og nýting við mat á áhrifum mengunarslysa 48
C1. Reikninet líkansins 49
C2. Reiknietið á upptakastað og niðurstöður með hliðsjón af því 49
C3. Samanburðarreikningar með fínna reiknineti á upptakastað 50
C4. Varfærin nálgun við nýtingu líkanreikninga til mats á áhrifum mengunarslysa 52
Viðauki D. Olíudreifingarreikningar í Heiðmörk 54
D1. Inngangur 55
D2. Aðferðafræði 55
D3. Uppleysing olíu í vatni og massastreymi olíu til grunnvatns 56
D4. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1 59
D5. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2 68
D6. Samanburður olíumengunar frá upptakastöðum 1 og 2 81
D7. Mismunandi stærð olíuslysa 83
D8. Hefðbundnir dreifingarreikningar til samanburðar 84

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

D9. Lærdómur gagnvart hættumati 90
D9.1 Mælikvarðar á alvarleika mengunarslysa 90
D9.2 Leysni og aðsog olíuefna 90
D9.3 Lyktarmörk 91
D9.4 Heilsuverndarmörk 92
D9.5 Viðmiðunarmagn og afleiðingar slysa 92
D10. Stuðningur við hættumat við Gunnarshólma 95

Myndaskrá

Mynd 1. Yfirlitskort af skipulagssvæði og nærliggjandi svæði ásamt staðsetningum grunnvatns- og rennslismæla. 12
Mynd 2. Efri mynd; reiknuð dagsúrkoma (ljósblá lína) og hitastig (rauð og blá lína). Neðri mynd; mæld grunnvatnshæð í holu VR87-02 og VR87-03 ásamt mældu meðal- og hámarksdagsrennsli í Hólmsá fyrir vatnsárið 2017. Landhæð við VR87-02 og VR87-03 er rétt rúmir 90 m y.s. 13
Mynd 3. Efri mynd; reiknuð dagsúrkoma (ljósblá lína) og hitastig (rauð og blá lína). Neðri mynd; mæld grunnvatnshæð í holu VR87-03 og R-17 ásamt mældu meðal- og hámarksdagsrennsli í Hólmsá fyrir vatnsárið 2014. Landhæð við VR87-03 er rétt rúmir 90 m y.s. en landhæð við R-17 er rétt rúmir 94 m y.s. 14
Mynd 4. Yfirlitsmynd skipulagssvæðis og viðmiðunarstaðsetninga dreifingarreikninga. 16
Mynd 5. Þróun dreifingu mengunar frá viðmiðunarstað S1 í Gunnarshólma, 1 til 40 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatns. 19
Mynd 6. Samanburður dreifingu mengunar frá viðmiðunarstöðum S1 til S5 í Gunnarshólma, 10 dögum eftir að mengunarefni berst til grunnvatns. 20
Mynd 7. Samanburður dreifingu mengunar frá viðmiðunarstöðum S1 til S5 í Gunnarshólma, 20 dögum eftir að mengunarefni berst til grunnvatns. 21
Mynd 8. Þynningargeta grunnvatnsleiðara 90% tímans miðað við fastan styrk mengunar í írennsli á viðmiðunarstöðum S1 til S5. 23
Mynd 9. Skematísk mynd til útskýringar á túlkun dreifingarreikninga m.t.t. mengunarslyss. 24
Mynd 10. Metinn mesti styrkur á brunnsvæði m.v. mismunandi forsendur um mengunarefni og aðstæður á upptakastað og í grunnvatnsleiðara. Styrkur er gefinn sem fall af stærð mengunarslyss sem miðar við magn efnisins sem berst til grunnvatnsleiðarans. 27
Mynd 11. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S1 í Gunnarshólma eftir 1 dag, 5 og 10 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs. 32
Mynd 12. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S1 í Gunnarshólma eftir 20, 30 og 40 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs. 33
Mynd 13. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S2 í Gunnarshólma eftir 1 dag, 5 og 10 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs. 34

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

Mynd 14. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S2 í Gunnarshólma eftir 20, 30 og 40 eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs. 35
Mynd 15. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S3 í Gunnarshólma eftir 1 dag, 5 og 10 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs. 36
Mynd 16. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S3 í Gunnarshólma eftir 20, 30 og 40 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs. 37
Mynd 17. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S4 í Gunnarshólma eftir 1 dag, 5 og 10 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs. 38
Mynd 18. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S4 í Gunnarshólma eftir 20, 30 og 40 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs. 39
Mynd 19. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S5 í Geirlandi eftir 1 dag, 5 og 10 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs. 40
Mynd 20. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S5 í Geirlandi eftir 20, 30 og 40 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs. 41
Mynd 21. Þynningargeta grunnvatnsleiðara 90% tímans (efri mynd) og 50% tímans (neðri mynd) miðað við fastan styrk mengunar í írennsli á viðmiðunarstað S1. 43
Mynd 22. Þynningargeta grunnvatnsleiðara 90% tímans (efri mynd) og 50% tímans (neðri mynd) miðað við fastan styrk mengunar í írennsli á viðmiðunarstað S2. 44
Mynd 23. Þynningargeta grunnvatnsleiðara 90% tímans (efri mynd) og 50% tímans (neðri mynd) miðað við fastan styrk mengunar í írennsli á viðmiðunarstað S3. 45
Mynd 24. Þynningargeta grunnvatnsleiðara 90% tímans (efri mynd) og 50% tímans (neðri mynd) miðað við fastan styrk mengunar í írennsli á viðmiðunarstað S4. 46
Mynd 25. Þynningargeta grunnvatnsleiðara 90% tímans (efri mynd) og 50% tímans (neðri mynd) miðað við fastan styrk mengunar í írennsli á viðmiðunarstað S5. 47
Mynd 26. Þróun dreifingar mengunar frá viðmiðunarstað S2 í Gunnarshólma, 1 til 10 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatns. Samanburður á niðurstöðum fyrir mismunandi stærð reikninets á upptakastað. 51
Mynd 27. Staðsetningar mengunarstaða, upptakastaðar 1 og upptakastaðar 2, lega sniða, vinnsluhola og grunnvatnsstraumar. 56
Mynd 28. Massi olíu sem enn er óuppleystur í vatnsfasa á hverjum tímapunkti frá 5000 L olíuslysi, fyrir vegstæði og jarðrakasvæði á upptakastað 1 (S1) og jarðrakasvæði á upptakastað 2 (S2) í Heiðmörk. 57
Mynd 29. Massi olíu sem berst í vatnsfasa daglega frá 5000 L olíuslysi á upptakastað 1 (S1) og upptakastað 2 (S2) í Heiðmörk. 58
Mynd 30. Massi olíu sem borist hefur í grunnvatn og massi sem enn er óuppleystur í vatni frá 5000 L olíuslysi á upptakastað 1 (S1) og upptakastað 2 (S2) í Heiðmörk. 58
Mynd 31. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 59 dögum eftir slys þar sem 5000 L af olíu fara niður. Efst langsnið (Snið 1) eftir mengunarskýi frá upptakastað að vatnstökusvæðum í Heiðmörk. Fyrir miðju langsnið (Snið 2) frá Hrauntúnstjörn í Leitarhrauni að Elliðavatni. Neðst yfirlitsmynd yfir dreifingu mengunar frá upptakastað. 60
Mynd 32. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 169 dögum eftir mengunarslys þar sem 5000 L af olíu fara niður. Efst langsnið (Snið 1) eftir mengunarskýi frá upptakastað að

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

vatnstökusvæðum í Heiðmörk. Fyrir miðju langsnið (Snið 2) frá Hrauntúnstjörn í Leitarhrauni að Elliðavatni. Neðst yfirlitsmynd yfir dreifingu mengunar frá upptakastað. 61
Mynd 33. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 1610 dögum eftir mengunarslys þar sem 5000 L af olíu fara niður. Efst langsnið (Snið 1) eftir mengunarskýi frá upptakastað að vatnstökusvæðum í Heiðmörk. Fyrir miðju langsnið (Snið 2) frá Hrauntúnstjörn í Leitarhrauni að Elliðavatni. Neðst yfirlitsmynd yfir dreifingu mengunar frá upptakastað. 62
Mynd 34. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 1, 4 og 9 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 63
Mynd 35. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 14, 19 og 29 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 63
Mynd 36. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 59, 89 og 119 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 64
Mynd 37. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 149, 169 og 209 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 64
Mynd 38. Dreifing olíumengunar frá upptakstað 1, 239, 269 og 299 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 65
Mynd 39. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 329, 364 og 424 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 65
Mynd 40. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 484, 544 og 604 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 66
Mynd 41. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 664, 729 og 819 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 66
Mynd 42. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 909, 999 og 1094 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 67
Mynd 43. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 1276, 1459 og 1610 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 67
Mynd 44. Þróun á reiknuðum mesta styrk olíu í grunnvatni eftir sniði 1 milli upptakastaðar 1 (0 m fjarlægð) og vatnsbólasvæðis (930 m fjarlægð) fyrir 5000 L mengunarslys og valda mánuði liðna frá slysi. 68
Mynd 45. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 19 dögum eftir mengunarslys þar sem 5000 L af olíu fara niður. Efst langsnið (Snið 3) eftir mengunarskýi frá upptakastað að vatnstökusvæðinu í Myllulæk. Neðst yfirlitsmynd yfir dreifingu mengunar frá upptakastað. 69
Mynd 46. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 89 dögum eftir mengunarslys þar sem 5000 L af olíu fara niður. Efst langsnið (Snið 3) eftir mengunarskýi frá upptakastað að vatnstökusvæðinu í Myllulæk. Neðst yfirlitsmynd yfir dreifingu mengunar frá upptakastað. 70
Mynd 47. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 1610 dögum eftir mengunarslys þar sem 5000 L af olíu fara niður. Efst langsnið (Snið 3) eftir mengunarskýi frá upptakastað að vatnstökusvæðinu í Myllulæk. Neðst yfirlitsmynd yfir dreifingu mengunar frá upptakastað. 71
Mynd 48. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 1, 4 og 9 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 72

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

Mynd 49. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 14, 19 og 29 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 73
Mynd 50. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 59, 89 og 119 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 74
Mynd 51. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 149, 169 og 209 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 75
Mynd 52. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 239, 269 og 299 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 76
Mynd 53. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 329, 364 og 424 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 77
Mynd 54. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 484, 544 og 604 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 78
Mynd 55. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 664, 729 og 819 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 79
Mynd 56. Dreifing olíumengunar frá stað upptakastað setningu 2, 909, 999 og 1094 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 80
Mynd 57. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 1276, 1459 og 1610 dögum eftir 5000 L mengunarslys. 81
Mynd 58. Samanburður á styrk olíu í næstu vinnsluholu frá upptakastað mengunar og þróun með tíma frá mengunarslysi. T_m er tíminn sem hæsti styrkur olíu S_m reiknast í næstu vinnsluholu. 82
Mynd 59. Áhrif grunnvatnsstöðu á hæsta styrk olíu í vatni í V-1 eftir 5000 L mengunarslys við upptakastað 1. 82
Mynd 60. Áhrif stærðar mengunarslyss á flutningstíma og styrk olíu í vinnsluholu V-1. 83
Mynd 61. Magn óuppleystrar olíu í efsta 1 m í vegstæði, samanburður milli stærðar olíuslysa og tíma frá olíuslysi. 84
Mynd 62. Niðurstöður atvikareikninga óhvarfgjarns ferilefnis frá upptakastað 1 í Heiðmörk ofan Gvendarbrunna og Jaðars. Sýndar er jafngildislínur þynningar ferilefnis í grunnvatnsleiðaranum, 1, 10, 30, 60, 90 og 100 dögum eftir að ferilefni berst til grunnvatnsborðs og blandast strax í upphafsrúmmáli á upptakastað. 87
Mynd 63. Niðurstöður tíðnireikninga óhvarfgjarns ferilefnis frá upptakastað 1 í Heiðmörk ofan Gvendarbrunna og Jaðars. Sýndar er jafngildislínur þynningar ferilefnis í grunnvatnsleiðaranum 90% tímans (efri mynd) og 50% tímans (neðri mynd) miðað við fastan styrk mengunar í írennsli á upptakastað. 88
Mynd 64. Þróun hlutstyrks ferilefnis í atvikareikningum óhvarfgjarns ferilefnis frá upptakastað 1 í Heiðmörk ofan Gvendarbrunna og Jaðars eftir sniði 4. Sýndar er niðurstöður á völdum dögum eftir að ferilefni berst til grunnvatnsborðs og blandast strax í upphafsrúmmáli á upptakastað. 89
Mynd 65. Tíðnigreining á hlutstyrk ferilefnis í tíðnireikningum óhvarfgjarns ferilefnis frá upptakastað 1 í Heiðmörk ofan Gvendarbrunna og Jaðars eftir sniði 4. Sýndar er niðurstöður fyrir valið hlutfall keyrslutímans (60 ár), milli 10 og 95% tímans. Reikningarnir miða við fastan styrk ferilefnis í írennsli á upptakastað. 89

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

Mynd 66. Viðmið notað í Efla (2017) varðandi samband upphafsstyrks á slysstað, þynningar mengunarefnis í grunnvatnsleiðara og styrks mengunarefnis á brunnsvæði. 93
Mynd 67. Metinn mesti styrkur á brunnsvæði fyrir mismunandi stærði mengunarslysa út frá dreifingarreikningum (atvikareikningum) og varfærnum viðmiðum um styrk fulluppleystra og torleystra efna. 98

Töfluskrá

Tafla 1. Forsendur og útreikningar á styrk mengunarefnis á brunnsvæði fyrir þrjár stærðargráður mengunarslyss þar sem tiltekið magn fulluppleysts mengunarefnis berst til grunnvatns. 25
Tafla 2. Forsendur og útreikningar á styrk mengunarefnis á brunnsvæði fyrir þrjár stærðargráður mengunarslyss þar sem tiltekið magn fulluppleysts mengunarefnis berst til grunnvatns og tekið er tillit til uppsetningar reiknilíkans að öllu leyti. Flatarmál aðliggjandi þríhyrninga á upptakastað ~60 m^2 49
Tafla 3. Forsendur og útreikningar á styrk mengunarefnis á brunnsvæði fyrir þrjár stærðargráður mengunarslyss þar sem tiltekið magn fulluppleysts mengunarefnis berst til grunnvatns og tekið er tillit til uppsetningar reiknilíkans að öllu leyti. Flatarmál aðliggjandi þríhyrninga á upptakastað ~5 m^2 50
Tafla 4. Varfærnar forsendur og útreikningar á styrk mengunarefnis á brunnsvæði fyrir þrjár stærðargráður mengunarslyss þar sem tiltekið magn fulluppleysts mengunarefnis berst til grunnvatns. 53
Tafla 5. Forsendur og útreikningar á styrk mengunarefnis á brunnsvæði fyrir þrjár stærðargráður mengunarslyss þar sem tiltekið magn fulluppleysts mengunarefnis berst til grunnvatns og tekið er tillit til uppsetningar reiknilíkans fyrir dreifingarreikninga ferilefnis frá upptakastað 1 í Heiðmörk. Flatarmál aðliggjandi þríhyrninga á upptakastað ~60 m^2. 86
Tafla 6. Viðmiðunarmagn olíuslyss á viðkvæmum stað línuleiðar og tilsvarandi styrkur díselolíu í brunni, afleiðingar vegna þess og nauðsynleg viðbrögð (Efla, 2017). 94
Tafla 7. Samantekt ætlaðra afleiðinga mismunandi stærðar olíuslysa í Heiðmörk út frá annars vegar viðmiði um atvikareikninga og áhrifaviðmið frá Eflu (2017) og hins vegar viðmiði um einfaldaða olíudreifingarreikninga og áhrifaviðmiði út frá leysnistyrk valinna viðmiðunarefna. 95

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

1. Inngangur

Aflvaki þróunarfélag ehf. hefur unnið að tillögu skipulags byggðar í landi Gunnarshólma, innan Kópavogs. Fyrirhuguð byggð í Gunnarshólma fellur innan marka öryggissvæðis vegna grunnvatns sem ákvörðuð voru við heildarendurskoðun vatnsverndar á höfuðborgarsvæðinu árið 2015 (Vatnaskil, 2015). Innan öryggissvæðis vegna grunnvatns er mögulegt að mengun sem berst til grunnvatnsborðs geti dreifst með grunnvatnsstraumum og borist í einhverju mæli til vatnsbólanna í Gvendarbrunnum og á Jaðri og haft þannig mögulega neikvæð áhrif á vatnsbólin. Framkvæma þarf því áhættumat vegna hverskonar starfsemi eða framkvæmda sem fyrirhugaðar eru innan öryggissvæðisins.

Í ljósi fyrirætlana Aflvaka þróunarfélags voru Vatnaskil fengin til þess að framkvæma dreifingarreikninga vegna mats á áhrifum hugsanlegra mengunarslysa á framkvæmdatíma og rekstrartíma verkefnisins. Niðurstöður dreifingarreikninganna draga fram mögulega hættu af völdum mengunarslysa og leggja þannig grunn að áhættumati fyrir framkvæmdina sem VSÓ Ráðgjöf hefur umsjón með fyrir Aflvaka þróunarfélag.

Hér í framhaldi verður gerð grein fyrir helstu forsendum verkefnisins, dreifingarreikningum og niðurstöðum þeirra ásamt því að farið er yfir hvernig nýta megi dreifingarreikningana til varfærinnar nálgunar að hættumati.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

2. Forsendur

2.1. Vatnafar

Elliðaár falla úr Elliðavatni og eru lindár að uppruna með um 270 km^2 vatnasvið. Vatnasviðið einkennist jarðfræðilega af ungum bergmyndunum, aðallega móbergi, grágrýti og hraunum. Hólmsheiðin einkennist að mestu af grágrýtismyndunum en undirliggjandi eru móbergsmyndanir sem koma í ljós við Hafravatnsveg upp af Geithálsi. Grágrýtið hefur miðlungsgóða lekt en móbergið er þeim mun þéttara. Suður af heiðinni í Hólminum eru hriplek hraun þar sem meirihluti úrkomu lekur í jörð. Svæðið er nokkuð skorið af sprungum og misgengjum með NA-læga stefnu sem auka lekt berggrunnsins verulega. Heiðin sjálf og hraunin suður af eru að mestum hluta afrennslislaus, þ.e. mestöll úrkoma sígur beint í jörð. Í Hólminum, milli Hólmsheiðar og Hólmshrauna í suðri eru svokölluð Leitarhraun. Svæðið sem skipulagstillagan nær til stendur á Leitarhraunum og um Leitarhraun fer öflugur grunnvatnsstraumur.

Vatnasvið Hólmsár er um 200 km^2 og einkennist að hluta af mjög lekum hraunum í bland við þéttari bergtegundir. Meirihluti (*talið vera um 75%*) þeirrar úrkomu sem fellur á vatnasviðið skilar sér allajafna fljótt niður í grunnvatnsgeyma og því endar einungis lítill hluti úrkomunnar sem yfirborðsrennsli í Hólmsá. Há grunnvatnsstaða á svæðinu leiðir þó til til aukins lindarennslis og þannig rennslisaukningar í Hólmsá (Axel Valur Birgisson o.fl., 1999).

Rennsli Hólmsár einkennist af löngum lágrennslistímabilum og stórum leysingaflóðum, en stór flóð verða gjarnan við þær aðstæður þegar gerir mikið leysingaveður og hluti yfirborðs vatnasviðsins er þakinn klakahellu sem myndast í jarðvegi þegar frystir og hlánar á víxl. Meirihluti leysingavatnsins rennur þá strax fram í Hólmsá í stað þess að leka niður í grunnvatnsgeymana. Rennsli Hólmsár er jafnframt meira að vetri til, að hluta til vegna grunnvatnsáhrifa en einnig vegna fyrrnefndra leysinga á freðinni jörð (Axel Valur Birgisson o.fl., 1999).

2.2. Grunnvatnsmælingar

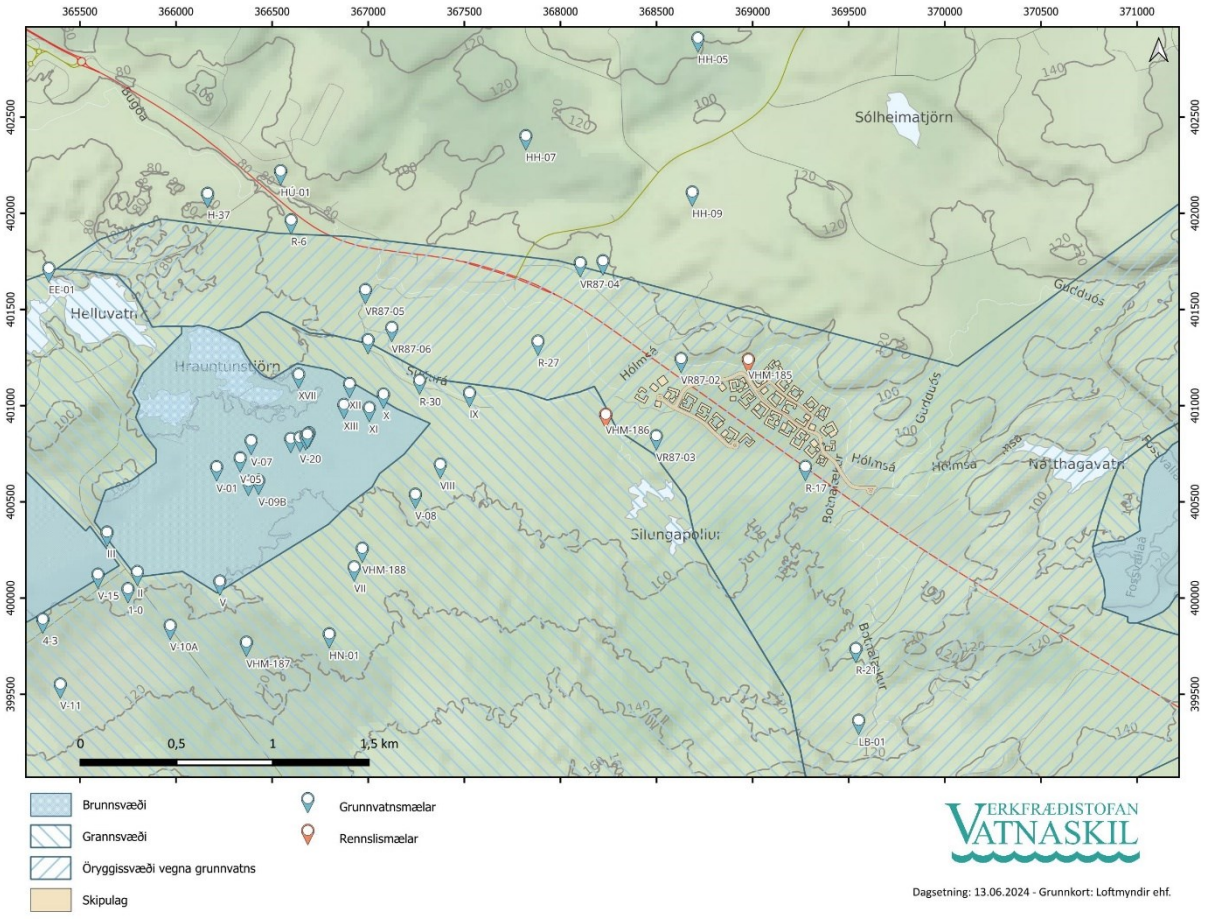
Þrjár borholur eru innan skipulagssvæðisins, sjá mynd 1. Holur VR87-02 og VR87-03 voru boraðar árið 1987 að beiðni Vatnsveitu Reykjavíkur. VR87-02 er 13,5 m að dýpt en VR87-03 er 15 m. R-17 holan er líklega um áratug eldri, boruð að beiðni Vatnsveitu Reykjavíkur. Fáar holur eru austan Gunnarshólma en töluvert er af borholum vestan hans. Flestar holur hafa verið boraðar í tengslum við vatnsvinnslu á svæðinu, þ.e. austan Elliðavatns, í Heiðmörk og í Hólminum. Einnig eru þó nokkrar holur á Hólmsheiði, einkum nýlegar holur sem boraðar hafa verið á undanförnum árum í rannsóknaskyni en einnig töluverður fjöldi vatnstökuhola til einkanota á sumarhúsalóðum.

Mæliraðir grunnvatnshæðar fyrir svæðið eru mislangar og spanna mismunandi tímabil. Tiltæk mæligögn eru eftirfarandi:

1. Grunnvatnshæð í holum innan skipulagssvæðisins
    a. **VR87-02.** Síritað á klukkustundarfresti frá ágúst 2017 til júní 2021.
    b. **VR87-03.** Síritað á 15-mínútna fresti frá desember 2013 til ágúst 2015 og á klukkustundarfresti frá ágúst 2017 til júní 2021.
    c. **R-17.** Síritað á 15-mínútna fresti frá desember 2013 til ágúst 2015.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

2. Grunnvatnshæð í næsta nágrenni utan skipulagssvæðis
    a. **VR87-04.** Sírituð á 15-mínútna fresti frá desember 2013 til ágúst 2015.
    b. **HH-09.** Sírituð á 15-mínútna fresti frá desember 2013 til ágúst 2015.
    c. **MD-57.** Sírituð á klukkustundarfresti frá apríl 2020 til ágúst 2021.
    d. **VR87-06.** Sírituð á 15-mínútna fresti frá desember 2013 til ágúst 2015.
    e. **VR87-05.** Sírituð á klukkustundarfresti frá ágúst 2017 til júní 2021.
    f. **VR87-07, R-27, R-30, R-9.** Stakar mælingar.

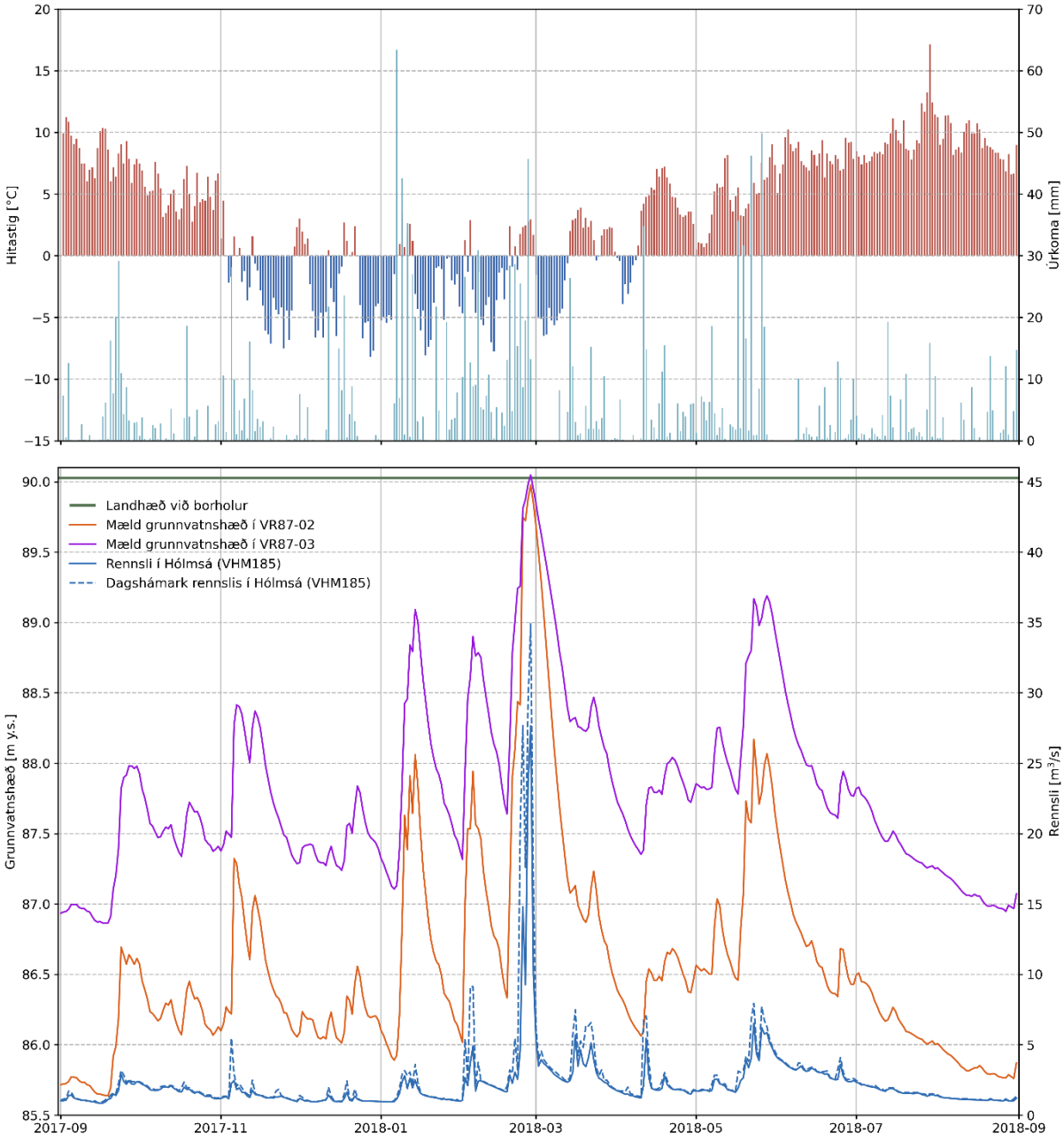


Mynd 1. Yfirlitskort af skipulagssvæði og nærliggjandi svæði ásamt staðsetningum grunnvatns- og rennslismæla.

Grunnvatnsstaðan innan skipulagssvæðisins er nálægt landyfirborði. Á mynd 2 og mynd 3 er samanburður á reiknaðri úrkomu, hitastig, rennsli Hólmsár og mældri grunnvatnshæð í holunum þremur sem eru innan skipulagssvæðisins, VR87-02, VR87-03 og R-17. Mælingar í holunum vestast á svæðinu, VR87-02 og VR87-03, sýna að grunnvatnsborð er að meðaltali um 3,5 – 4,5 m undir yfirborði. Meðalgrunnvatnshæð í VR87-02 fyrir tímabilið frá ágúst 2017 til júní 2021 eru um 86,5 m y.s. en um

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

87,5 m y.s. í VR87-03 fyrir sama tímabil. Austar á svæðinu í R-17 liggur grunnvatnsborð að meðaltali í 91,1 m y.s. eða tæpum 3 metrum undir landhæð.

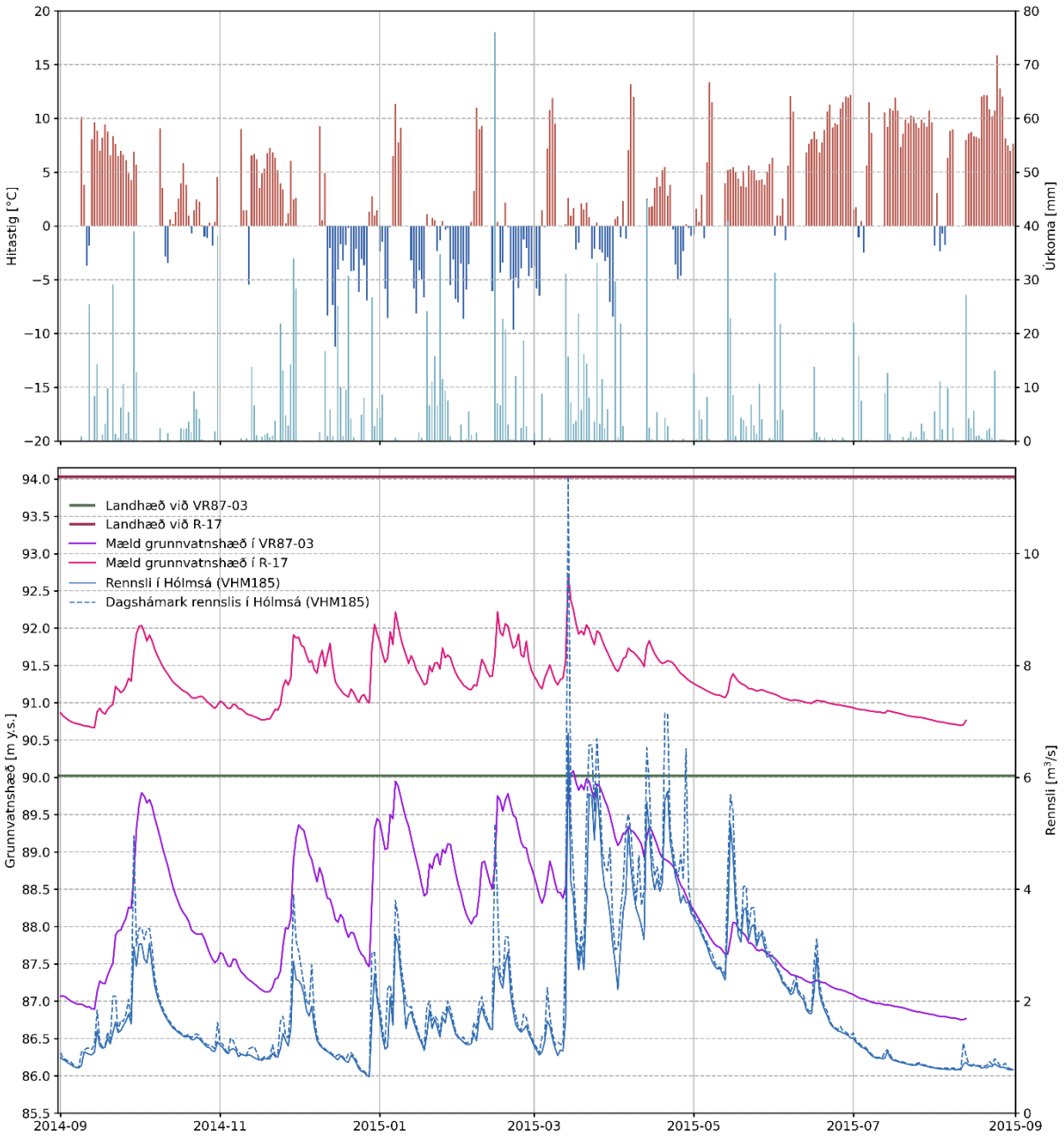


Mynd 2. Efri mynd; reiknuð dagsúrkoma (ljósblá lína) og hitastig (rauð og blá lína). Neðri mynd; mæld grunnvatnshæð í holu VR87-02 og VR87-03 ásamt mældu meðal- og hámarksdagsrennsli í Hólmsá fyrir vatnsárið 2017. Landhæð við VR87-02 og VR87-03 er rétt rúmir 90 m y.s.

Mynd 2 sýnir mælda grunnvatnshæð í VR87-02 á vatnsárinu 2017 ásamt reiknaðri úrkomu og hitastigi á svæðinu. Landhæð við VR87-02 er rétt rúmlega 90 m y.s., og er táknuð með dökkgrænni línu. Á myndinni má sjá hvernig grunnvatnsborð í holunum sveiflast í takti við rennsli Hólmsár. Ef horft er til hæstu rennslistoppa og úrkomu og hitastigs á sama tíma má sjá að stærstu rennslistoppar og þá

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

grunnvatnsstaða koma yfirleitt þegar úrkomu- og hlýindakaflar koma strax í kjölfar lengri frostakafla eins og sjá má í byrjun janúar og lok febrúar 2018. Á mynd 3 má sjá að R-17 fylgir einnig rennsli Hólmsár nokkuð vel en sveifla grunnvatnsborðs er töluvert minni en í hinum holunum tveimur. Líklegt er að grunnvatnshæð sé undir áhrifum af yfirborðsvatni, sérstaklega VR87-02 sem stendur á bakka Hólmsár.



Mynd 3. Efri mynd; reiknuð dagsúrkoma (ljósblá lína) og hitastig (rauð og blá lína). Neðri mynd; mæld grunnvatnshæð í holu VR87-03 og R-17 ásamt mældu meðal- og hámarksdagsrennsli í Hólmsá fyrir vatnsárið 2014. Landhæð við VR87-03 er rétt rúmir 90 m y.s. en landhæð við R-17 er rétt rúmir 94 m y.s.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

2.3. Grunnvatns- og yfirborðslíkan

Vatnaskil hefur unnið að þróun grunnvatns- og yfirborðsrennslislíkans af höfuðborgarsvæðinu í rúm 40 ár og síðan 2001 hefur líkanið verið endurskoðað/uppfært árlega m.t.t. nýjustu gagna, í fyrstu að undirlagi Orkuveitu Reykjavíkur en frá árinu 2018 hefur vinnan farið fram í samráði við samráðshóp SSH um vatnsvernd og nýtingu. Yfirborðslíkan líkir eftir ferli úrkomu sem afrennsli til yfirborðsfarvega annars vegar og hins vegar sem írennsli til grunnvatns. Grunnvatnslíkanið tekur inn írennslið frá yfirborðslíkani og líkir eftir flæði þess í grunnvatnsleiðurum.

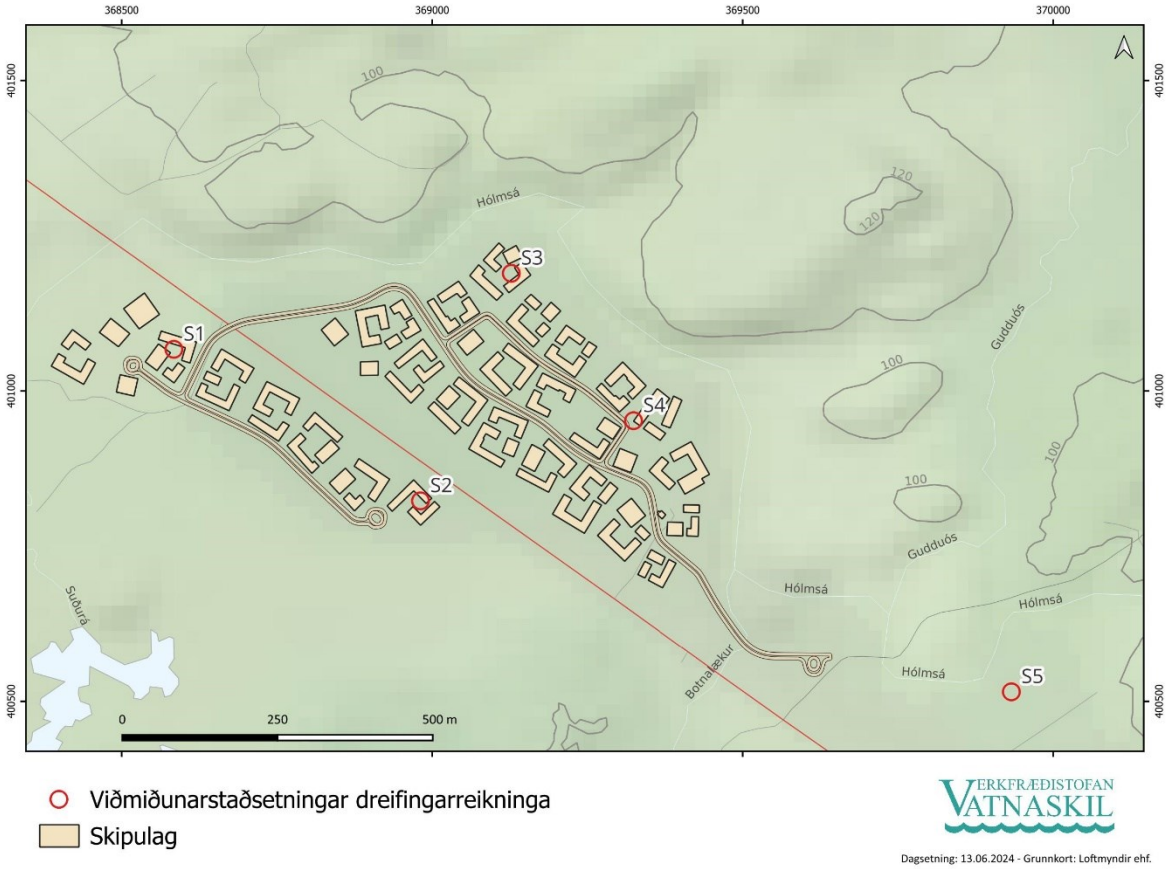
Líkaninu hefur verið beitt í ýmsum verkefnum, s.s. við greiningu á vatnsverndarsvæðum, við greiningu á vinnslusvæðum og mat á áhrifum vinnslu og vinnsluaukningar á nærliggjandi svæði. Samhliða verkefnunum hafa verið tekin stór skref í þróun líkansins. Auk þessa hefur líkanið verð notað til dreifingarreikninga, m.a. vegna niðurdælingar og mögulegra mengunarslysa.

Til beitingar grunnvatnslíkansins fyrir mat á dreifingu efna í grunnvatnsleiðara í nágrenni Gunnarshólma þurfti að ráðast í endurbætur á líkaninu á því svæði sem er undir gagnvart mengunar-dreifingu, þ.e. svæðið í kringum Gunnarshólma, upp á Hólmsheiðina og vestur að Elliðavatni. Við endurbætur á líkaninu var reikninet líkansins þétt töluvert á og í kringum skipulagssvæðið og enn frekar í kringum upptakastaði dreifingarreikninga með það að markmiði hafa næga upplausn á upptakastað til að fá sem nákvæmasta dreifingu mengunar. Í kjölfar þéttingar reiknetsins var það endurkvarðað á athugunarsvæðinu til að ná sem bestum samanburði á milli mældrar og reiknaðrar grunnvatnshæðar með það að markmiði að ákvarða betur grunnvatnshalla frá skipulagssvæðinu niður að Elliðavatni.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026

3. Dreifingarreikningar

Skipulagssvæðið á Gunnarshólma liggur innan öryggissvæðis vegna grunnvatns og um 1 km ofan við vatnsból Gvendarbrunna. Því þarf að meta áhrif og alvarleika hugsanlegra mengunarslysa sem geta orðið á bæði framkvæmda- og rekstartíma gagnvart vatnsbólunum. Ýmsir þættir geta haft mikil áhrif á flutning og útbreiðslu mengunarefna, t.a.m. nálægð við næsta vatnsból, dýpi niður á grunnvatn, yfirborðs- og berggrunnseiginleikar, sprungur, grunnvatnshalli o.fl. og því er mikilvægt að framkvæma dreifingarreikninga fyrir nokkur tilfelli þ.a. hægt sé að greina næmni fyrir mismunandi staðsetningum hugsanlegra mengunarslysa innan svæðisins. Valdir voru fimm viðmiðunarstaðir (tilfelli): fjórir innan skipulagssvæðisins á Gunnarshólma, tveir sunnan Suðurlandsvegar (S1 og S2) og tveir norðan Suðurlandsvegar (S3 og S4), og einn í Geirlandi austur af skipulagssvæðinu, sbr. mynd 4.



Mynd 4. Yfirlitsmynd skipulagssvæðis og viðmiðunarstaðsetninga dreifingarreikninga.

Meginmarkmið dreifingarreikninganna er að fá mat á mögulegum styrk mengunar í grunnvatnsleiðara neðan upptakastaðar mengunar þar sem einkum er horft til nærliggjandi brunnsvæða. Einnig er reynt að fá mat á flutningstíma mengunar frá upptakastað ásamt mögulegum varanda mengunar.

Til þess að ná meginmarkmiði dreifingarreikninganna voru framkvæmdir tvennskonar dreifingarreikningar fyrir hvern viðmiðunarstað mengunarslyss. Í báðum tilfellum er líkt eftir flutningi óhvarfgjarns, hlutlauss sporefnis (ferilefnis). Annars vegar voru framkvæmdir svokallaðir atvikareikningar,

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

þar var gert ráð fyrir að öll mengun berist á sama tíma niður að grunnvatnsborði og í framhaldi er reiknað hvernig mengunin dreifist og þynnist með tíma eftir grunnvatnsleiðaranum. Útfrá þessum reikningum má meta ferðatíma mengunarskýs fulluppleysts mengunarefnis að vatnsbólum og þar með fá mat á viðbragðstíma sem vatnsveitur gætu haft til þess að gera viðeigandi ráðstafanir við vatnsbólin. Reiknuð voru tvö tilvik atvikareikninga fyrir hvern viðmiðunarstað, annars vegar þegar er lág grunnvatnsstaða og hinsvegar þegar að grunnvatnsstaðan er há. Mikilvægt er að horfa til bæði há- og lágstöðu til að meta næmni svæðanna fyrir breyttri grunnvatnsstöðu gagnvart þynningu og dreifingu mengunarskýs. Við greiningu á niðurstöðum er hlutfallsleg þynning efnis frá upphafsstyrk mengunar í grunnvatnsleiðara sett fram.

Hins vegar voru framkvæmdir svokallaðir tíðnireikningar, þar eru áhrif mengunar metin með því að gera ráð fyrir að tiltekinn fastur styrkur mengunarefnis berist með írennsli úrkomu og leysingu snævar til grunnvatnsborðs um ótilgreindan tíma yfir heldur stærra svæði en gert er ráð fyrir í atvika-reikningunum. Þannig er tekið tillit til þess mikla veðurfarsbreytileika sem á svæðinu ríkir. Skilgreind svæði fyrir hvern viðmiðunarstað, sem ná til eins byggingarreits á 5 mismunandi stöðum innan skipulagsvæðisins, þar sem mengun skilar sér með írennsli til grunnvatnsborðs. Reikningar eru framkvæmdir yfir 60 ára tímabil þar sem veðurfarsbreytileiki undanfarinna 60 ára er notaður sem inntak reikninganna. Með þessu móti er hægt að tíðnigreina dreifingu langvarandi mengunar-uppsprettu og meta þynningargetu grunnvatnskerfisins m.t.t. breytilegs veðurfars auk þess sem tekið er tillit til núverandi vatnsvinnslu vatnsbólanna.

Við greiningu á niðurstöðum er hlutfallsleg þynning frá upphafsstyrk í írennsli til grunnvatns sett fram. Niðurstöður tíðnireikninganna eru nýttar til samanburðar við atvikareikninga, þar er m.a. mat lagt á hvort atvikareikningar nái til almennrar dreifingar og þynningar í grunnvatnsleiðara fyrir mismunandi árferði. Sýni tíðnireikningar fram á að veðurfarsbreytileiki geti haft meiri áhrif þ.a. dreifing geti verið mun breytilegri en atvikareikningar gefa til kynna er tekið tillit til niðurstöðu tíðnireikninga við túlkun reikninganna. Einnig eru niðurstöður tíðnireikninganna nýttar til þess að fá mat á þynningu langvarandi mengunar sem berst með írennsli vatns frá yfirborði til grunnvatns.

Þar sem dýpi á grunnvatn er almennt lítið á skipulagssvæðinu og jarðlög gljúp er líklegt að mengun geti borist tiltölulega hratt til grunnvatnsborðs ef engar mótvægisaðgerðir eru viðhafðar. Í niðurstöðum er styrkur efnamengunar settur fram sem þynning á upphafsstyrk í grunnvatnsleiðara (atvikagreining) og upphafsstyrk í írennsli (tíðnigreining). Þannig samsvarar 1.000.000 föld þynning til hlutfallsstyrks 1 ppm miðað við upphafsstyrk. Niðurstöður eru settar fram fyrir allt að 1.000.000 falda þynningu til þess að draga sem best fram skil mengunarskýsins, gera má ráð fyrir að utan marka 1.000.000 faldar þynningar megi finna mengunarefni svarandi til enn meiri þynningar og í snefilmagni.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

4. Niðurstöður dreifingarreikninga

Hér er gerð grein fyrir niðurstöðum dreifingareikninga fyrir skipulagssvæðið í Gunnarshólma. Dregnar verða fram niðurstöður í kaflanum sem almennt sýna dreifingu mengunar frá skipulagssvæðinu. Ítarlegri niðurstöður fyrir viðmiðunarstaði S1 til S5 (sjá mynd 4) eru sýndar í viðaukum A og B. Niðurstöður eru dregnar fram sem jafngildislínur ákveðinnar þynningar frá upphafsstyrk mengunar í grunnvatnsleiðara. Horft er til minnstu þynningar innan brunnsvæðis í hverju tilfelli sem síðan er túlkað yfir í mögulegan styrk innan brunnsvæðis í kafla 5.

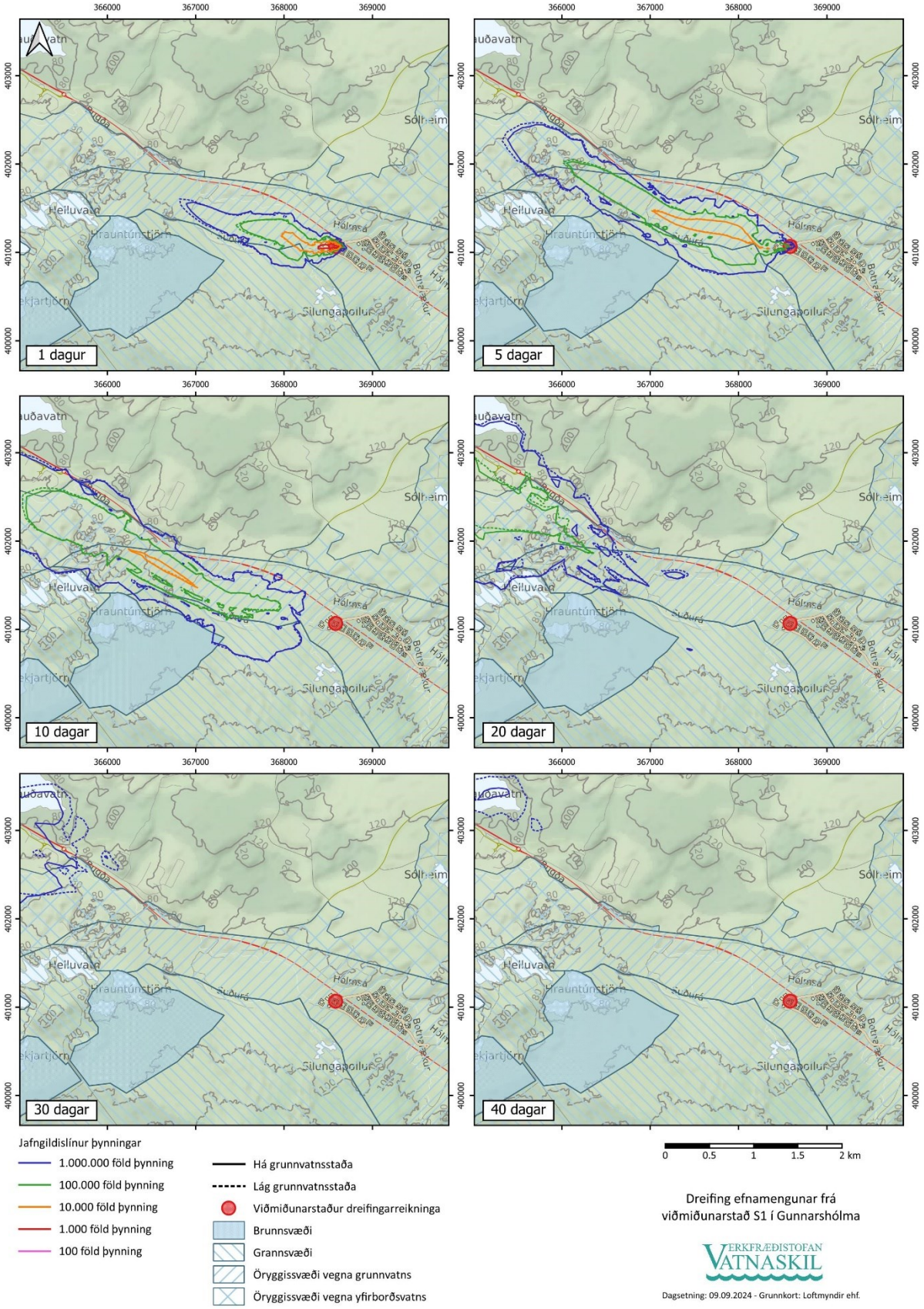
4.1. Atvikareikningar

Niðurstöður atvikareikninga fyrir viðmiðunarstað S1 eru dregnar fram á mynd 5 þar sem þróun og dreifing mengunar með tíma er sýnd frá þeim tíma sem mengun berst til grunnvatns. Jafngildislínur þynningar eru dregnar fram fyrir há- og lágstöðu grunnvatns. Þróun mengunarskýsins er mjög hröð fyrstu dagana, en sterkur grunnvatnsstraumur liggur frá svæðinu í gegnum Hólminn og að Elliðavatni. Strax á fyrsta degi má sjá hvernig mengunin hefur borist töluverða vegalengd í grunnvatnsleiðaranum niður með Hólmsá en lítið breitt úr sér til hliðanna. Á degi 5 til 10 er mögulega farið að gæta áhrifa á brunnsvæðinu við Gvendarbrunna og hefur mengunin borist lengra niður með straumnum en hefur teygt sig lítillega í vestur frá upptakastað með mikilli þynningu. Mengunarskýið liggur að mestu nokkuð norðan brunnsvæðisins en teygir lágstyrkshluta að milljónfaldri þynningu að jöðrum brunnsvæðisins.

Þróun mengunarskýsins er enn nokkuð hröð þegar lengra líður frá því mengunin berst til grunnvatns, eftir 30 daga gætir einungis snefilmagns mengunar innan brunnsvæðis og eftir 40 daga hefur mengunarskýið skilað sér niður fyrir Elliðavatn og langleiðina til sjávar í Elliðavogi (ekki sýnt á mynd).

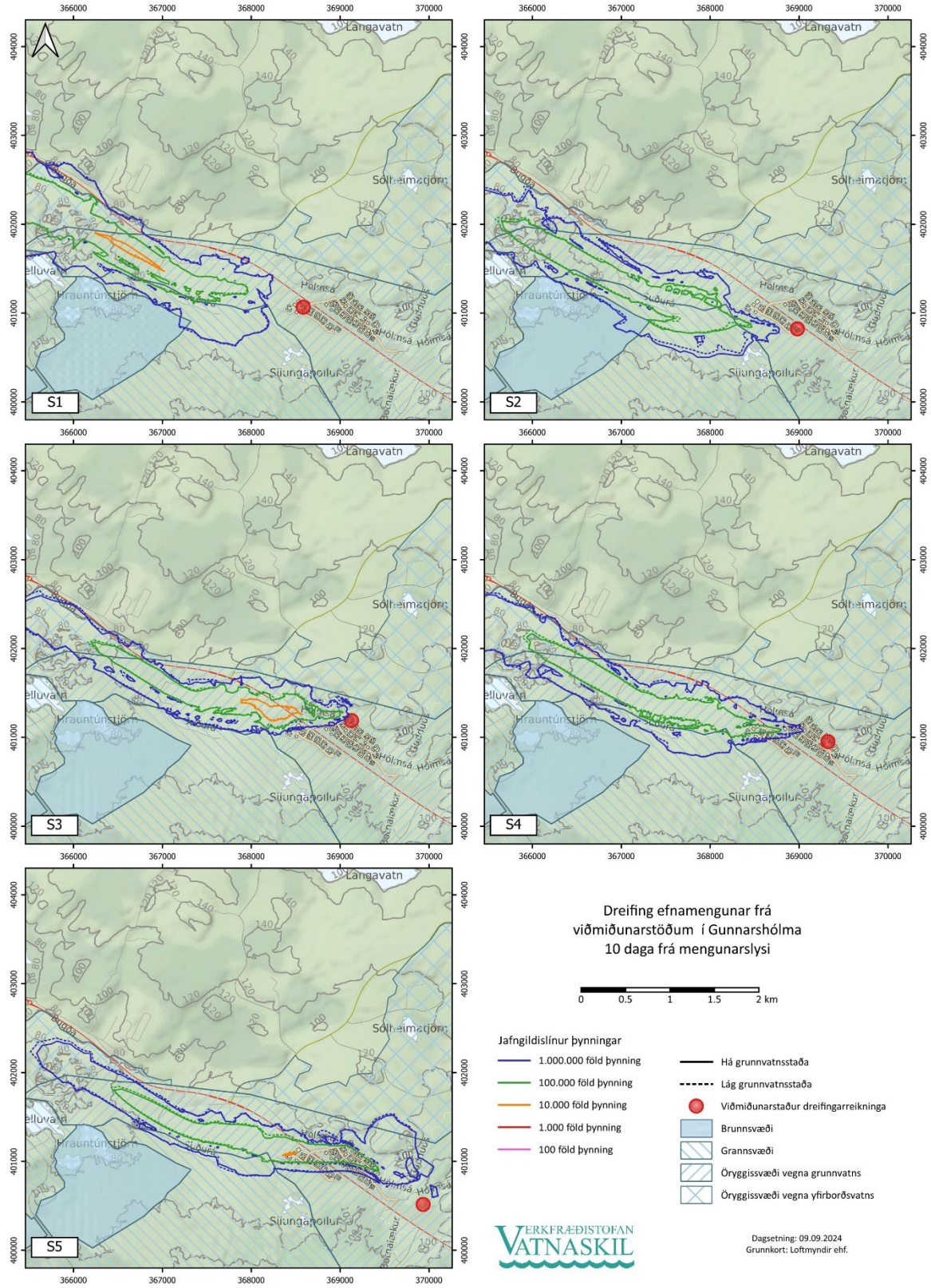
Svipaða sögu er að segja um hina viðmiðunarstaðina fjóra, S2 til S5, en þróun á dreifingu mengunar frá öllum viðmiðunarstöðum er sýnd á myndum í Viðauka A. Almennt er þróunin svipuð, sterkur grunnvatnsstraumurinn er fljótur að taka mengunarefnið, þynna það og bera fljótt niður eftir Hólminum. Aðeins munar á milli staðsetninga hvort og þá hversu mikið berst inn á brunnsvæðið í Gvendarbrunnum. Í öllum tilvikum er hæsti styrkur mengunar innan eða rétt utan brunnsvæðismarka eftir 10 til 20 daga. Á mynd 6 og mynd 7 er dreifing mengunar sýnd eftir 10 og 20 daga fyrir viðmiðunarstaðina fimm. Þynningin verður minnst við brunnsvæði fyrir staðsetningarnar tvær sunnan Suðurlandsvegar, S1 og S2, eða um 1 milljón föld þynning. Fyrir staðsetningarnar norðan Suðurlandsvegar verður styrkur mengunarefnis líklega eitthvað minni við brunnsvæði eftir 10 til 20 daga, mögulega stærðargráðu minni eða jafnvel í snefilmagni.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



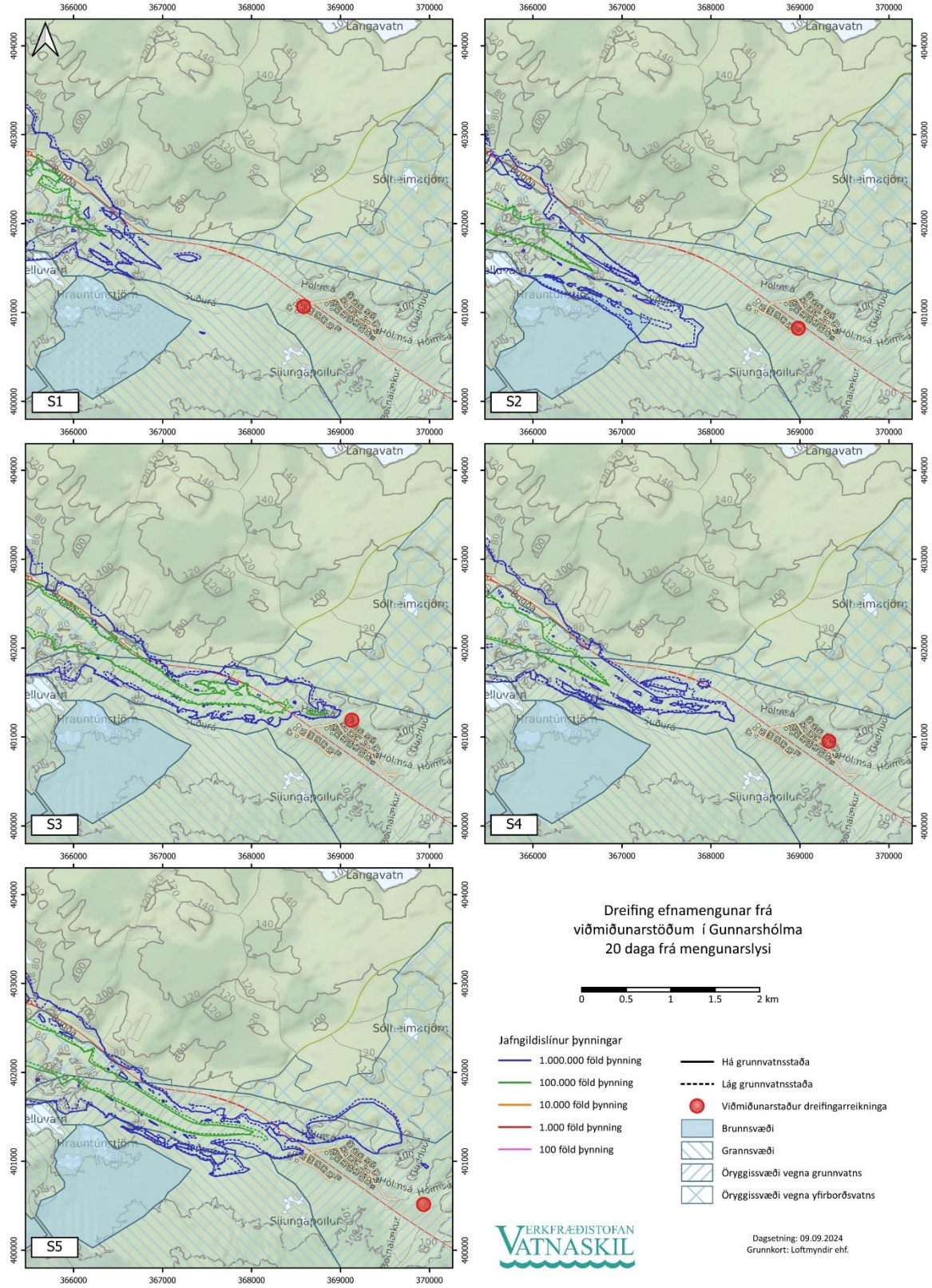
Mynd 5. Þróun dreifingu mengunar frá viðmiðunarstað S1 í Gunnarshólma, 1 til 40 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatns.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



Mynd 6. Samanburður dreifingu mengunar frá viðmiðunarstöðum S1 til S5 í Gunnarshólma, 10 dögum eftir að mengunarefni berst til grunnvatns.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



Mynd 7. Samanburður dreifingu mengunar frá viðmiðunarstöðum S1 til S5 í Gunnarshólma, 20 dögum eftir að mengunarefni berst til grunnvatns.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026

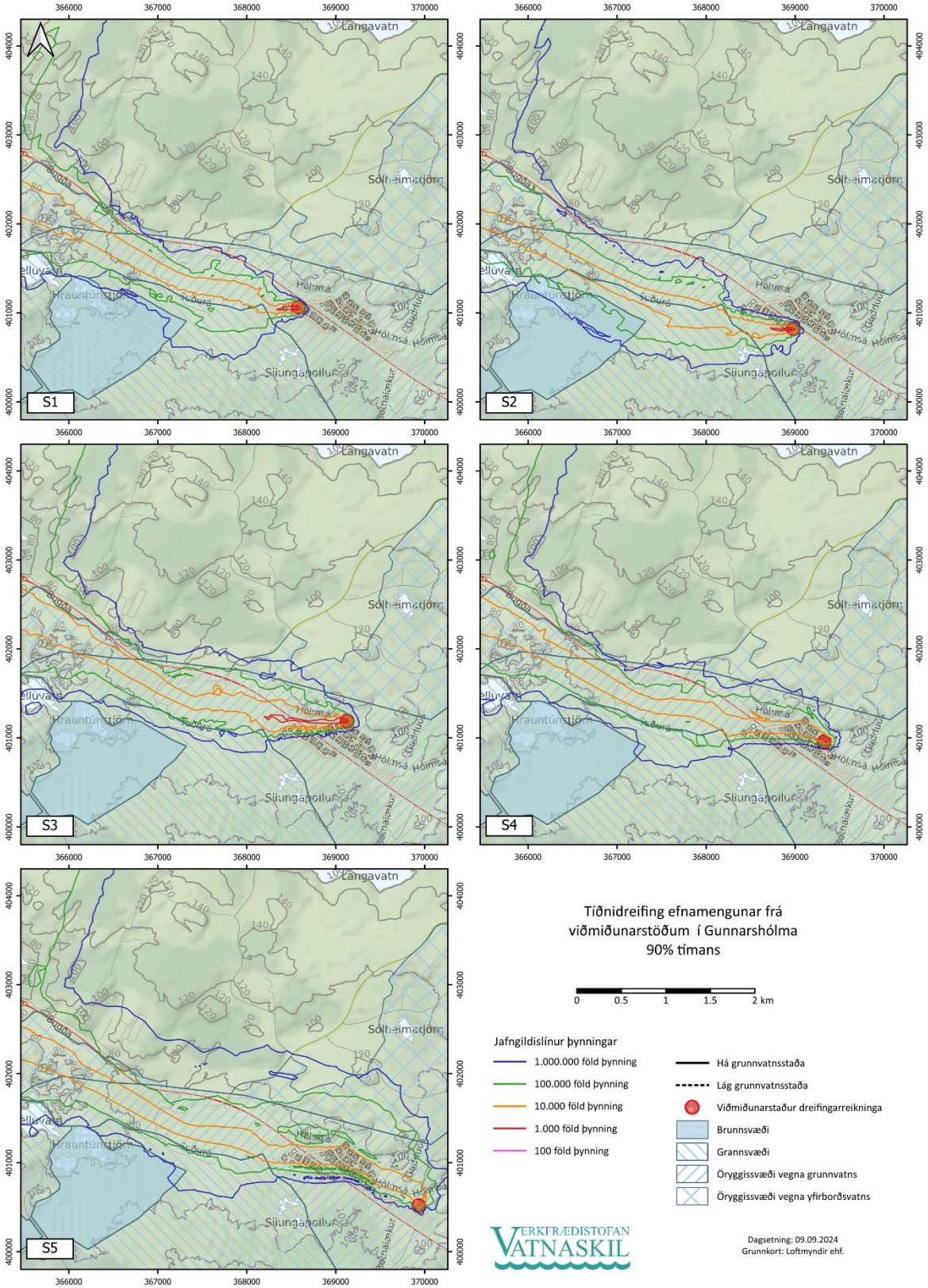
4.2. Tíðnireikningar

Niðurstöður tíðnireikninga fyrir viðmiðunarstaðina fimm eru dregnar fram á mynd 8 þar sem sýndar eru jafngildislínur þynningar sem ná til 90% keyrslutímans (60 ár). Niðurstöðurnar eru í takti við niðurstöðurnar úr atvikareikningunum, almennt tekur sterkur Leitarstraumurinn mengunarefnið og ber það til vesturs nokkuð beina leið eftir Hólminum í átt að Elliðavatni. Meginhluti skýsins (innan 10.000 faldar þynningar) breiðir tiltölulega lítið úr sér, en efnið berst töluvert lengra út til hliðanna í mun lægri styrk, allt niður í snefilmagn. Einnig má sjá sams konar mun milli upptakastaðanna þar sem staðirnir sunnan Suðurlandsvegar hafa almennt meiri áhrif inn til brunnsvæðisins í Gvendarbrunnum.

Eins og greint hefur verið frá eru tíðnireikningarnir frábrugðnir atvikareikningunum þar sem írennsli til grunnvatns ber sífellt með sér mengun til grunnvatnsborðs af stærra svæði yfir keyrslutíma líkansins. Mengunaruppspretta er því viðvarandi allan keyrslutímann sem leiðir til þess að ef horft er til 90% keyrslutímans má vænta þynningar innan brunnsvæðis allt að stærðargráðu minni (hærri styrkur) en atvikareikningarnir gefa til kynna auk þess sem dreifing mengunar nær til stærra svæðis. Ef horft er til 50% keyrslutímans fyrir tíðnireikningana (sjá viðauka B) er dreifingin og þynningin sambærileg því sem niðurstöður atvikareikninga sýna.

Sýndar eru ítarlegri myndir fyrir tíðnireikninga, bæði 50% og 90% tímans, í Viðauka B.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

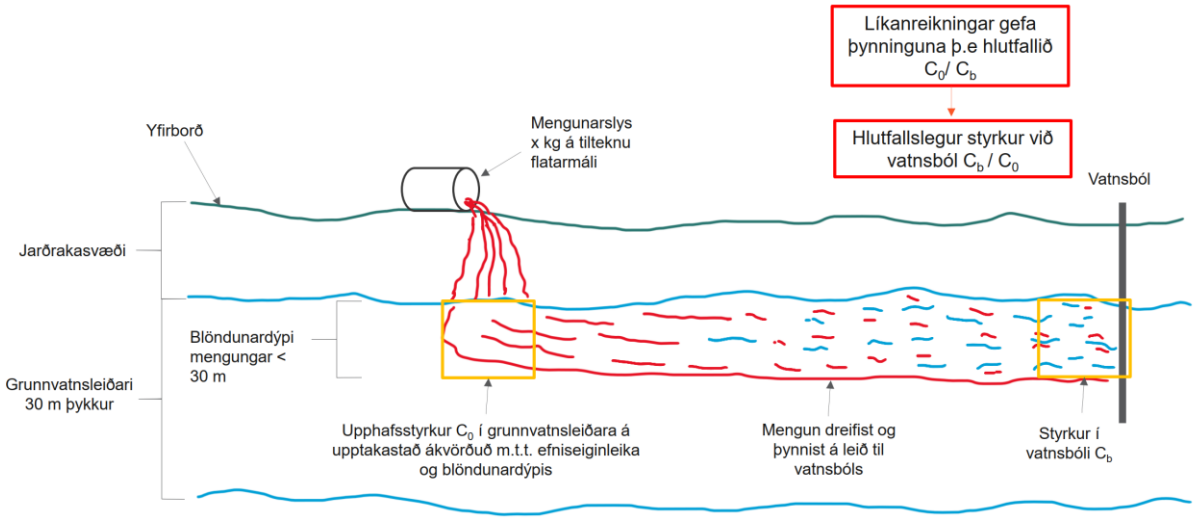


Mynd 8. Þynningargeta grunnvatnsleiðara 90% tímans miðað við fastan styrk mengunar í írennsli á viðmiðunarstöðum S1 til S5.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

5. Mat á áhrifum mengunarslysa

Niðurstöður dreifingarreikninga er hægt að nýta til þess að áætla styrk mengunarefnis í nágrenni vatnsbóls m.t.t. stærðar mengunarslyss á upptakastað. Niðurstöður dreifingarreikninga gefa hlutfallslegan styrk mengunar í vatnsbóli (C_b/C_0) miðað við upphafsstyrk í grunnvatnsleiðara á upptakastað mengunarslyss (C_0). Til þess að ákvarða styrk mengunar í vatnsbóli (C_b) m.t.t. ákveðinnar stærðargráðu mengunarslyss þarf því að ákvarða upphafsstyrk mengunar í grunnvatnsleiðara (C_0). Á mynd 9 er skematísk mynd dregin fram til útskýringar á ferlinu við ákvörðun styrks mengunar í vatnsbóli að gefnu mengunarslysi af tiltekinni stærðargráðu.



Mynd 9. Skematísk mynd til útskýringar á túlkun dreifingarreikninga m.t.t. mengunarslyss.

Í Viðauka C er fjallað um hvernig túlka megi atvikareikningana til að meta styrk mengunar á brunnsvæði og hvernig velja megi varfærna leið til að draga fram mat á áhrifum mengunarslysa svo reynt sé að taka sem best tillit til þeirra óvissa sem uppi eru í líkangerðinni. Því til viðbótar er vert að hafa í huga að upphafsskilyrði mengunarslysa geta verið æði misjöfn, allt eftir stærð slyss, hvert mengunarefnið er, hvernig jarðefni eru til staðar á slysstað, dýpi niður á grunnvatnsborð o.s.frv. Til viðmiðunar er hér horft á þrjár stærðargráður mengunarslyss, 50 L, 500 L og 5000 L af mengunarefni sem getur haft mismunandi getu til uppleysingar í vatni og þ.a.l. flutning með vatni. Til einföldunar er gert ráð fyrir tveimur flokkum hvað þetta varðar:

1. Annars vegar að efnið leysist fyllilega í vatni, sé óhvarfgjarnt og bindist ekki jarðefnum á jarðrakasvæði né í grunnvatnsleiðara. Öll mengun berist þannig greiðlega niður til grunnvatns, engin töf er á efninu á þeirri leið og þynning efnisins í grunnvatnsleiðara er fyllilega í takti við dreifingarreikningana.
2. Hins vegar er gert ráð fyrir fjölliðuefni líkt og díselolíu með takmarkaða leysni í vatni sem leiðir til takmarkaðs upphafsstyrks, binst jarðefnum nokkuð greiðlega en þó mögulega tímabundið, sér í lagi á jarðrakasvæði en að einhverju marki í grunnvatnsleiðara.

Til þess að taka tillit til stærðargráðu mengunarslyssins er varfærinni nálgun fylgt sbr. umfjöllun í Viðauka C og er yfirborðsflatarmálið sem mengunarslysið nær til haft breytilegt, þannig eykst líklegt flatarmál með aukinni stærð mengunarslyss. Einnig er tekið tillit til líklegs blöndunardýpis mengunar í

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

grunnvatnsleiðara sem einnig er látið aukast eftir magni mengunarefnis, það er aukin mengun nær dýpra ofan í grunnvatnsleiðarann á upptakastað. Ekki liggja fyrir fyllilegar forsendur til ákvörðun þessara stærða og er því reynt að styðjast eftir föngum við þá vinnu sem áður farið hefur fram á þessu sviði á og við vatnsverndarsvæðið. Í öllum tilfellum er þess gætt að viðhalda varfærni samhliða vali á upphafsstyrk og þynningu í leiðara sbr. umfjöllun í Viðauka C.

5.1. Fulluppleyst mengunarefni

Í tafla 1 eru sýndar helstu forsendur og útreikningar á styrk fulluppleysts mengunarefnis á brunnsvæði fyrir þrjár stærðargráður mengunarslyss. Fyrir útreikninga á upphafsstyrk í grunnvatnsleiðara eru mismunandi gildi flatarmáls á upptakastað og lóðréttrar dreifingar í grunnvatnsleiðara notuð fyrir mengunartilfellin en í öllum tilfellum er gert ráð fyrir því að eðlismassi sé 1000 kg/m^3 og póruhluti bergs grunnvatnsleiðarans sé 0,1. Í öllum tilfellum er styrkur á brunnsvæði reiknaður m.v. minnstu hlutfallslegu þynningu úr atvikareikningunum, þ.e. milljón falda þynningu, út frá niðurstöðum byggðum á stærðargráðu stærra upphafsflatarmáli, sjá umfjöllun í Viðauka C. Þar sem gert er ráð fyrir að fulluppleyst efni berist í öllu lagi strax til grunnvatnsborðs þá er einungis horft til niðurstaðna tíðni-reikninga fyrir 50% keyrslutímans sem gefa ekki tilefni til lækkunar viðmiðunarþynningar frá atvika-reikningum. Í viðauka C er nánar greint frá forsendum atvikareikninga ásamt útskýringum á varfærinni túlkun þeirra.

Tafla 1. Forsendur og útreikningar á styrk mengunarefnis á brunnsvæði fyrir þrjár stærðargráður mengunarslyss þar sem tiltekið magn fulluppleysts mengunarefnis berst til grunnvatns.

Stærð mengunarslys		Flatarmál á upptakastað	Lóðrétt dreifing í grunnvatns-leiðara	Upphafsrúmmál á upptakastað	Upphafsstyrkur í grunnvatnsleiðara C_0	Styrkur á brunnsvæði C_b
[L]	[kg]	[m^2]	[m]	[L]	[mg/L]	[µg/L]
50	50	0,5	10	500	100000	100
500	500	2	15	3000	166667	167
5000	5000	5	20	10000	500000	500

Niðurstöðurnar sýna styrk af sömu stærðargráðu á brunnsvæði fyrir tilfellin þrjú. Úr töflunni má lesa að niðurstöðurnar eru í beinum tengslum við áætlaða útbreiðslu mengunar á upptakastað, þ.e. flatar-mál og lóðrétta dreifingu mengunar í grunnvatnsleiðara, og eðli málsins samkvæmt verða niðurstöður mjög háðar þeim forsendum.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

5.2. Torleyst mengunarefni

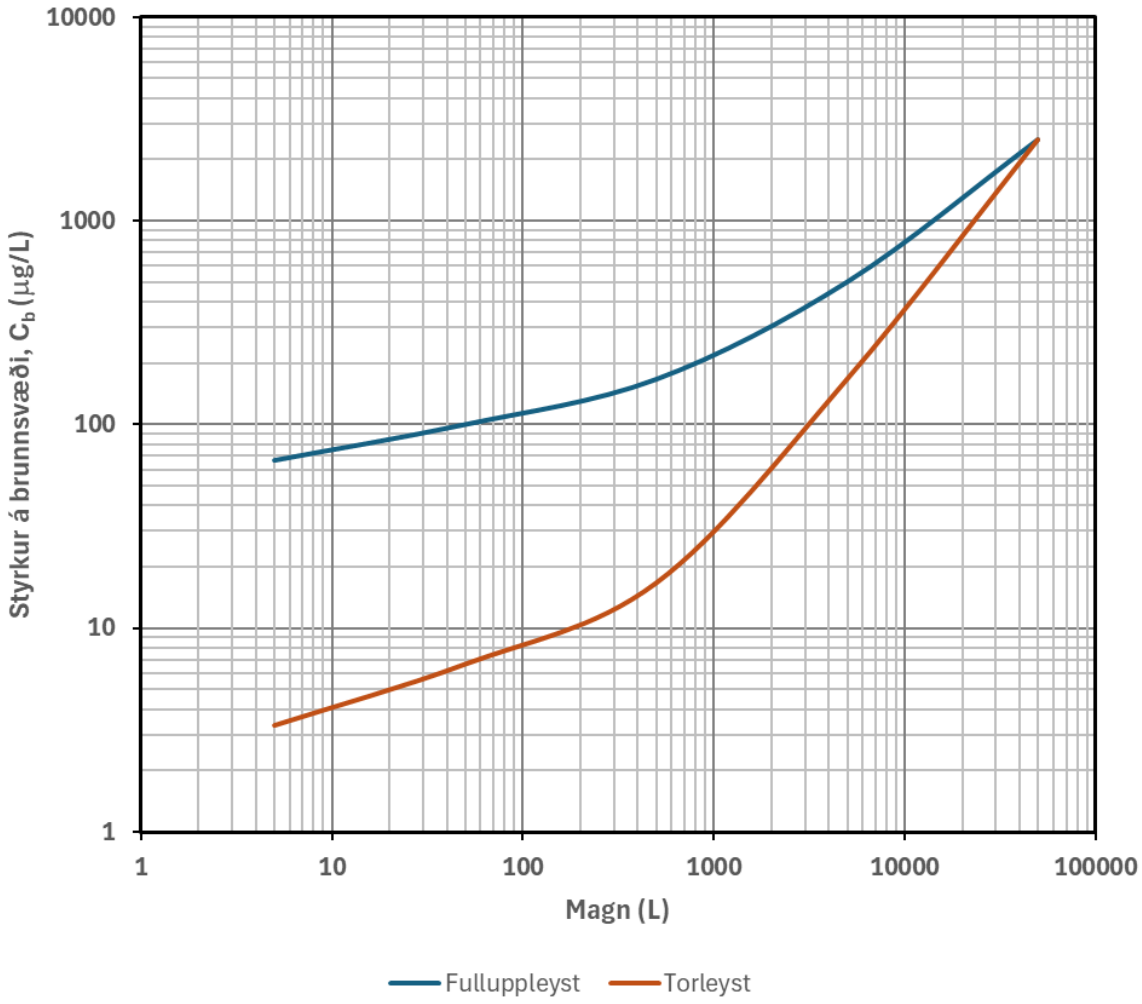
Vatnaskil hafa á undanförnum árum þróað frekar aðferðafræði við dreifingarreikninga þar sem ferill olíu er hermdur frá yfirborði um jarðrakasvæði til grunnvatnsleiðara með fjölfasa þrívíðu reikniverki. Í viðauka D er gerð grein fyrir aðferðafræðinni og beitingu hennar með einföldum hætti til mats á olíuslysum ofan vatnsbólanna í Heiðmörk fyrir Veitur (Vatnaskil, 2019) til stuðnings mats á styrk torleystra mengunarefna við hættumatið fyrir Gunnarshólma. Eðli málsins samkvæmt verða niðurstöður frábrugðnar þegar stuðst er við fjölfasa þrívítt reikniverk við útreikninga á flutningi og dreifingu olíu frá yfirborði í gegnum jarðveg og jarðrakasvæði og til grunnvatnsborðs, og þaðan eftir grunnvatnsleiðaranum í átt að vatnbólum, samanborið við hefðbundnari dreifingarreikninga eins og framkvæmdir hafa verið hér. Er þá gert ráð fyrir fulluppleystu mengunarefni sem dreifist strax yfir allan grunnvatnsleiðarann líkt og að framan greinir og í Viðauka C. Sjálfsagt er að draga lærdóm frá olíudreifingarreikningunum í Heiðmörk og mun þeirra á hefðbundnari dreifingarreikningum á sama stað, svo standa megi sem best að hættumatinu fyrir Gunnarshólma. Nánari grein er gerð fyrir þeirri vegferð í Viðauka D, en hér á eftir eru dregnar saman meginniðurstöðurnar.

Í Viðauka D er greint frá helstu niðurstöðum olíudreifingarreikninganna í Heiðmörk. Í viðaukanum er reynt að draga lærdóm af niðurstöðum olíudreifingarreikninganna til þess að undirbyggja varfærið mat á styrk torleystra efna á brunnsvæði vegna mengunarslyss við Gunnarshólma. Niðurstöðurnar sýna með skýrum hætti hversu flókið viðfangsefni mat á dreifingu olíumengunar í grunnvatni er. Olía er kolefnisfjölliða samsett úr fjölmörgum efnum og efnasamböndum sem hafa mismunandi eiginleika þ.á.m. leysni í vatni og viðloðun. Nánar er greint frá þessum eiginleikum í viðaukanum. Gagnvart varfærnu mati á styrk torleystra efna á brunnsvæði er mikilvægt að taka tillit til eftirfarandi niðurstaða úr olíudreifingarreikningunum:

1. Olía sem berst í jarðveg fyllir í holrými jarðlaga á leið sinni til grunnvatns og binst jarðlögunum sem leiðir til þess að einungis hluti olíunnar berst í upphafi til grunnvatnsborðs.
2. Í stærri mengunarslysum nær hlutfallslega meira magn olíunnar til grunnvatnsborðs í upphafi og massastreymi olíunnar til grunnvatns verður mikið.
3. Þegar líður frá mengunarslysi nær styrkur olíunnar í vatni á upptakastað jafnvægi sem háð er leysni olíunnar.
4. Olían flýtur ekki ofan á grunnvatninu heldur blandast grunnvatninu sem leiðir til þess að blöndunardýpi getur verið töluvert.
5. Eftir því sem vegalengd niður á grunnvatnsborð er minni á olían greiðari leið til grunnvatnsborðs og stærri hlutur mengunarinnar berst í grunnvatnið í upphafi sem leiðir til hærri styrk neðanstreymis.
6. Olíumengunarslys geta leitt til langvarandi mengunar þar sem stór hluti mengunar er bundinn til lengri tíma í jarðlögum á upptakastað.

Á mynd 10 er dregið saman varfærið mat á áhrifum af fulluppleystu efni á brunnsvæði (tafla 1) og tilsvarandi mat fyrir torleyst efni að teknu tilliti til framangreinds, þar sem mesti styrkur á brunnsvæði er sýndur sem fall af stærð mengunarslyss. Til frekari nýtingar þessa mats inn í hættumat og síðan áhættugreiningu á skipulagssvæðinu eru niðurstöður útvíkkaðar hvað stærð mengunarslysa varðar.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



Mynd 10. Metinn mesti styrkur á brunnsvæði m.v. mismunandi forsendur um mengunarefni og aðstæður á upptakastað og í grunnvatnsleiðara. Styrkur er gefinn sem fall af stærð mengunarslyss sem miðar við magn efnisins sem berst til grunnvatnsleiðarans.

Í greinargerð Eflu um áhættumat vegna vatnsverndar fyrir Sandskeiðslínu 1 og tengivirki á Sandskeiði (Efla, 2017) er ítarleg og greinargóð samantekt um áhrif og viðbrögð við olíumengun þar sem viðbrögð eru flokkuð m.t.t. styrks í vatnsbóli (tafla 6). Ef niðurstöður útreikninganna hér að framan eru settar í samhengi við viðmiðin í töflunni má ætla að mengunarslys þar sem díselolía fer niður innan skipulagssvæðis Gunnarshólma og berist í upphafi öll til grunnvatnsborðs geti haft nokkur til mikil áhrif á brunnsvæði. Fyrir minni slys minnka þessi áhrif hins vegar verulega og verða nær því að teljast lítil. Mótvægis- og viðbragðsaðgerðir þurfa þó eðli málsins samkvæmt að lágmarka magn mengunar sem gæti borist niður í grunnvatnsleiðarann eins og kostur er.

Niðurstöður olíudreifingarreikninganna og þeirra viðmiða sem þarf að styðjast þar um áhrif mengunarinnar (sjá Viðauka D), sýna að um verulega einföldun er að ræða við áhrifamat byggt á atvikareikningum og einfaldaðri framsetningu á reglugerðarviðmiðum. Ef rýnt er nánar í viðmiðin þar að baki (tafla 6) kemur fram að viðmiðið um að styrkur olíu í brunni þurfi að vera undir 0,1 mg/L sé í grunnheimildinni (Roosberg og Þorsteinsson, 2002) sett fram gagnvart heilsuverndarmörkum, ekki einungis lyktarmörkum og telja höfundar að líklegt sé að um varfærið gildi sé að ræða sem þarfnast

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

þó frekari skoðunar (sjá nánar í Viðauka D). Með hliðsjón af þessu væri unnt að fylgja eftir varfærinni nálgun við ákvörðun á styrk olíuefna í brunni, líkt og að framan greinir sem og í Viðaukum C og D, með því að velja varfærin viðmið á móti gagnvart heilsuverndarmörkum. Mætti þannig styðjast við 0,1 mg/L í stað 0,5 mg/L gagnvart heilsuverndarviðmiðum en horfa mætti jafnvel til enn lægri viðmiðunarstyrks ef taka eigi tillit til þeirra óvissu sem um 0,1 mg/L viðmiðunargildið ríkir samkvæmt höfundum grunnheimildar þess viðmiðs (Roosberg og Þorsteinsson, 2002).

Ef horft er til flutningstíma mengunar er líklegt að flutningstími torleystra mengunarefna líkt og olíu frá Gunnarshólma til brunnsvæðisins í Gvendarbrunnum sé nokkuð lengri en 10 til 20 dagar ef horft er til niðurstöðu olíudreifingarreikninganna. Að sama skapi er líklegt að viðvera mengunar verði mun lengri ef ekki tekst að bregðast við með viðeigandi viðbragðs- og mótvægisaðgerðum.

Í olíudreifingarreikningunum í Heiðmörk voru skoðaðar nokkrar mismunandi mótvægis- og viðbragðsaðgerðir sem sýndu að val á jarðefnum með mikla yfirborðsspennu og hárpípukrafta í vegstæði geta stuðlað að því að jarðvegur heldur betur olíu á mengunarstað sem gefur þá meira svigrúm til viðbragðsaðgerða. Uppgröftur á mengunarstað getur verið áhrifarík viðbragðsaðgerð við að draga úr umfangi mengunarslyss. Viðbragðstími slíkra aðgerða var nánar skoðaður vegna tvöföldunar Reykjanesbrautar (Vatnaskil, 2020), og kom þar fram að mikilvægt sé að bregðast við innan hálftíma til að eiga við stærri mengunarslys ef tryggja á góðan árangur.

Taka skal fram að niðurstöðurnar hér að framan taka einungis til dreifingar mengunar í grunnvatni og undanskilja því alla dreifingu mengunar á yfirborði sem mögulega getur átt sér stað. Þar er m.a. átt við mengun sem berst með grunnvatni neðar á vatnasviðið en kemur fram á yfirborði aftur um lindir eða í hárri grunnvatnsstöðu. Slíkar aðstæður eru líklega til staðar neðan Gunnarshólma.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

6. Niðurlag

Í 5. kafla var farið yfir túlkun dreifingarreikninga fyrir tvær gerðir mengunarefna og mismunandi forsendna sem geta legið að baki þeim. Í útreikningunum voru ákveðnar forsendur gefnar um dreifingu á yfirborði, blöndunardýpi í grunnvatnsleiðara og áhrif torleysts efnis á viðloðun við jarðefni og berg sem leiða af sér lægri hámarksstyrk mengunarefnisins á brunnsvæði en ella. Ljóst má vera að þessar forsendur gefa einfaldaða mynd af því hver áhrif mengunarslysa geta verið á upptakastað og í grunnvatnsleiðaranum. Viðloðun jarðefna á upptakastað, þykkt jarðefna, eðlisþyngd mengunarefnis, eiginleikar hlutefna mengunarefnis, sprungur o.fl. eru áhrifaþættir sem geta haft töluverð áhrif á upphafsstyrk mengunar í grunnvatnsleiðara. Sömuleiðis getur eðli þessara efna haft töluvert um það að segja hvernig mengunin berst með grunnvatni, hver hámarksstyrkur þeirra kann að vera á brunnsvæði og hversu lengi megi ætla að mengun sé til staðar í kerfinu.

Að taka tillit til allra þessara breyta er utan ramma þessa verkefnis. Hins vegar má telja að niðurstöðurnar undirbyggi vel þá áhættugreiningu sem fram þarf að fara vegna fyrirhugaðrar uppbyggingar við Gunnarshólma. Að sama skapi leggja þær grunninn að því að meta megi mögulega virkni mótvægis- og viðbragðsaðgerða bæði gagnvart framkvæmdartíma og rekstrartíma skipulagssvæðisins.

Í verkefnunum tveimur sem nefnd voru í 5. kafla, við Heiðmörk og Reykjanesbraut, voru áhrif mótvægisaðgerða metin. Í Heiðmerkurverkefninu var horft til mótvægis- og viðbragðsaðgerða til þess að draga úr styrk og varanda mengunar í vinnsluholum vatnsbóla. Skoðaðar voru mismunandi aðgerðir m.a. var metin virkni þess að dæla upp menguðu grunnvatni neðan upptakastaðar og uppgröftur mengaðs jarðvegs á upptakastað. Sýndu niðurstöðurnar að áhrifaríkasta aðgerðin væri að grafa upp menguð jarðefni á upptakastað. Það þurfti þó að gerast mjög fljótt eftir mengunarslys til þess að ná sem bestum árangri. Í Reykjanesbrautarverkefninu var sérstaklega horft til jarðefna í vegöxl og virkni þeirra við að halda olíu og þeim viðbragðstíma sem fengist til þess að bregðast við með sem bestum árangri.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

Heimildaskrá

Efla, 2017. *Áhættumat vegna vatnsverndar fyrir Sandskeiðslínu 1 og tengivirki á Sandskeiði.* Skýrslunúmer 001. Unnið fyrir Landsnet.

Orkustofnun, 1999. *Vatnasvið Elliðaánna – Vatnafar og rennslishættir*. S.nr. OS-99018.

Roosberg, J. og Þorsteinsson, D., 2002. Environmental and Health Risk Management for Road Transport of Hazardous Material. M.S. Thesis, Report no. 5114, Department of Chemical Engineering II, University of Lund, Sweden. December 2002.

Vatnaskil, 2015. *Vatnsvernd á höfuðborgarsvæðinu. Greinargerð um heildarendurskoðun.* Febrúar 2015. Skýrsla nr. 15.04. Samtök sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu, SSH.

Vatnaskil, 2016. *Sandskeiðslína 1 og tengivirki á Sandskeiði (SS1 og SAN). Dreifingarreikningar vegna áhættumats framkvæmda.* Ágúst 2016. Skýrsla nr. 16.09. Unnið fyrir Eflu verkfræðistofu.

Vatnaskil, 2019. *Ef illa fer í nágrenni vatnsbóla: Olíumengunarhermir Vatnaskila*. Erindi flutt á Vísindadegi og ársfundi OR 4. Apríl 2019.

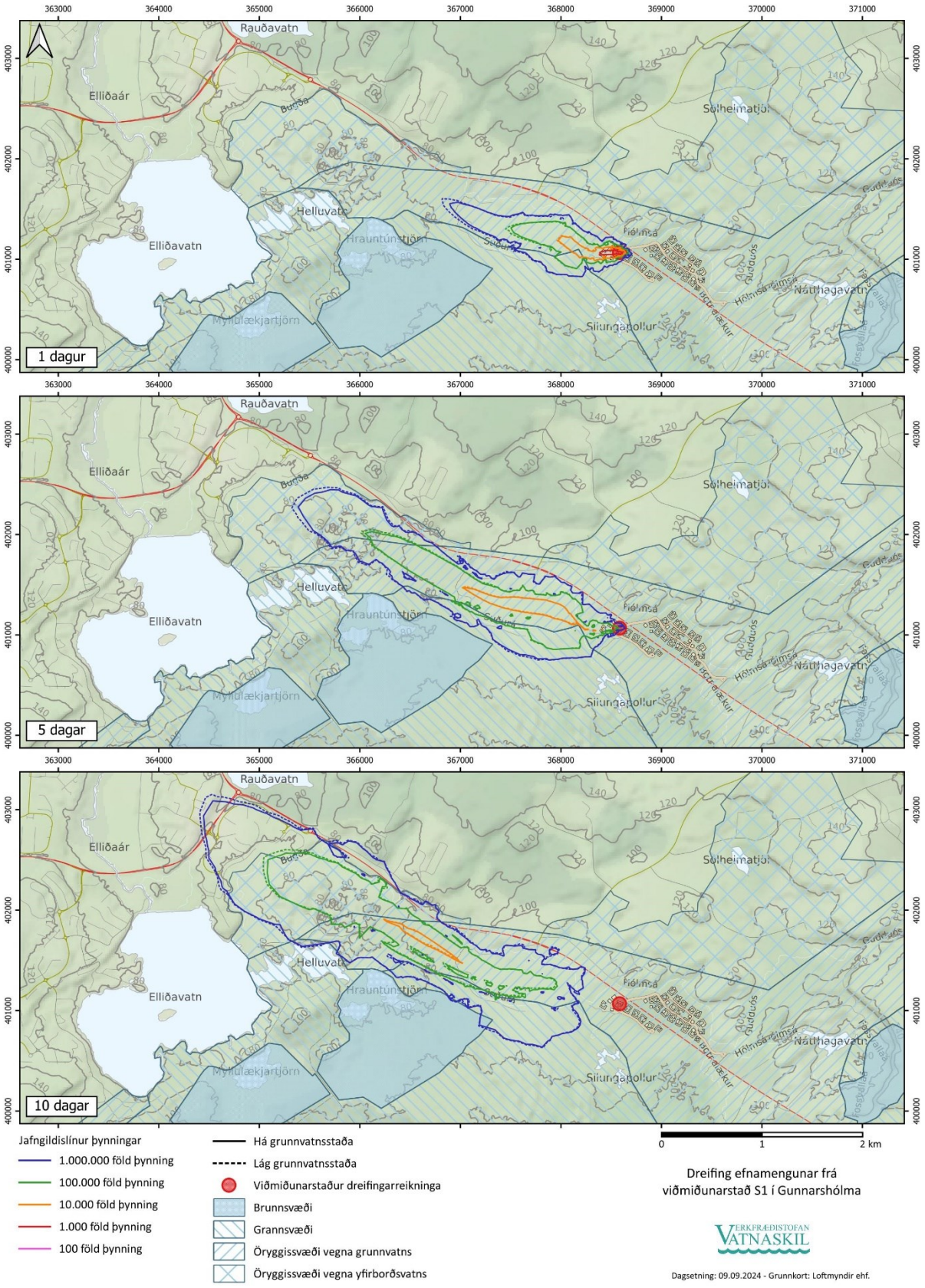
Vatnaskil, 2020. *Tvöföldun Reykjanesbrautar milli Krýsuvíkur og Hvassahrauns. Mat á áhrifum á yfirborðsvatn og grunnvatn.* Unnið fyrir Vegagerðina. Skýrsla nr. 20.09. Nóvember 2020.

Vatnaskil, 2023. *Gunnarshólmi, skipulagstillaga í samhengi við vatnsvernd og vatnafar.* Minnisblað 23.15. Reykjavík 17.5.2023.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

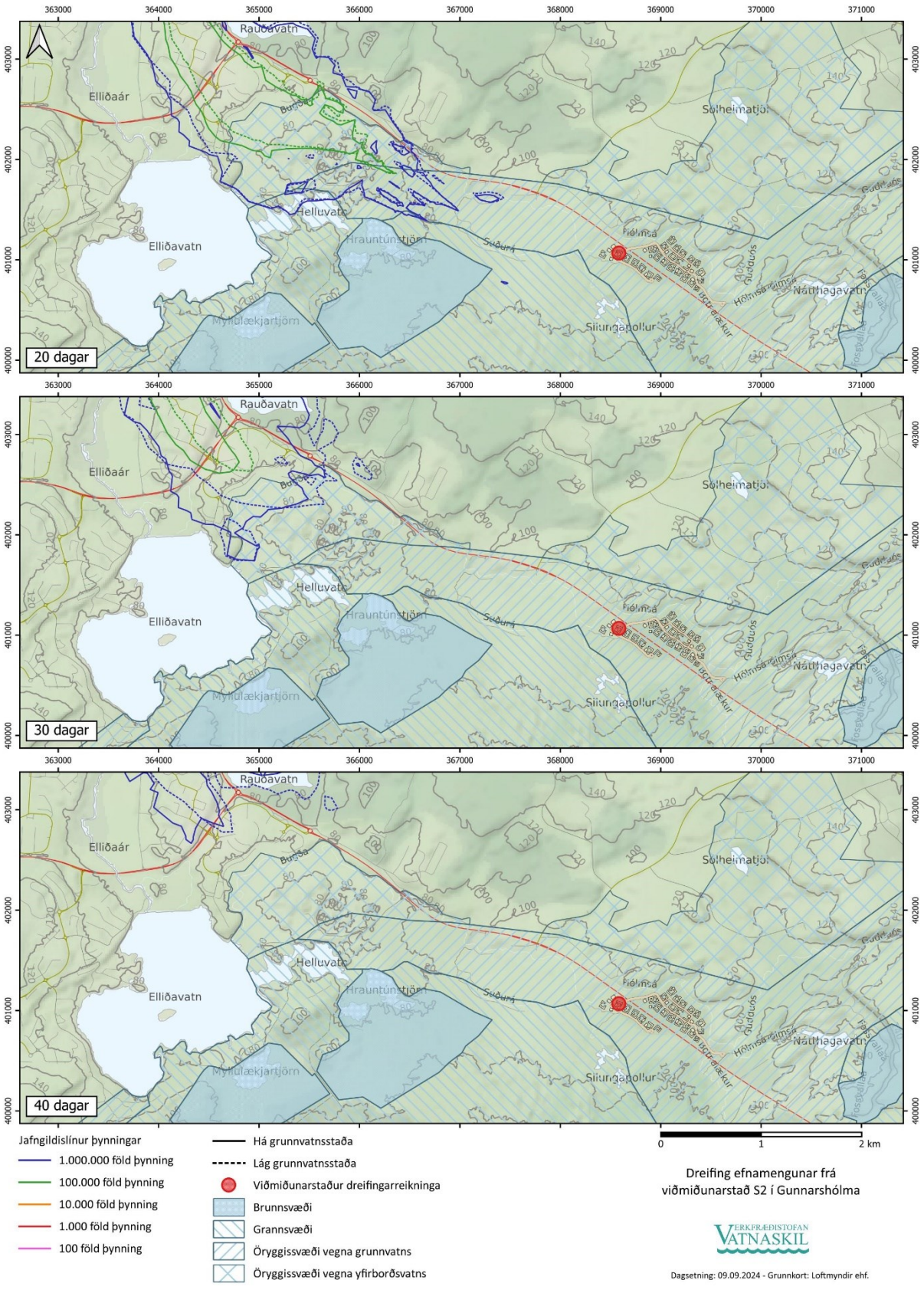
Viðauki A. Niðurstöður atvikareikninga

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026



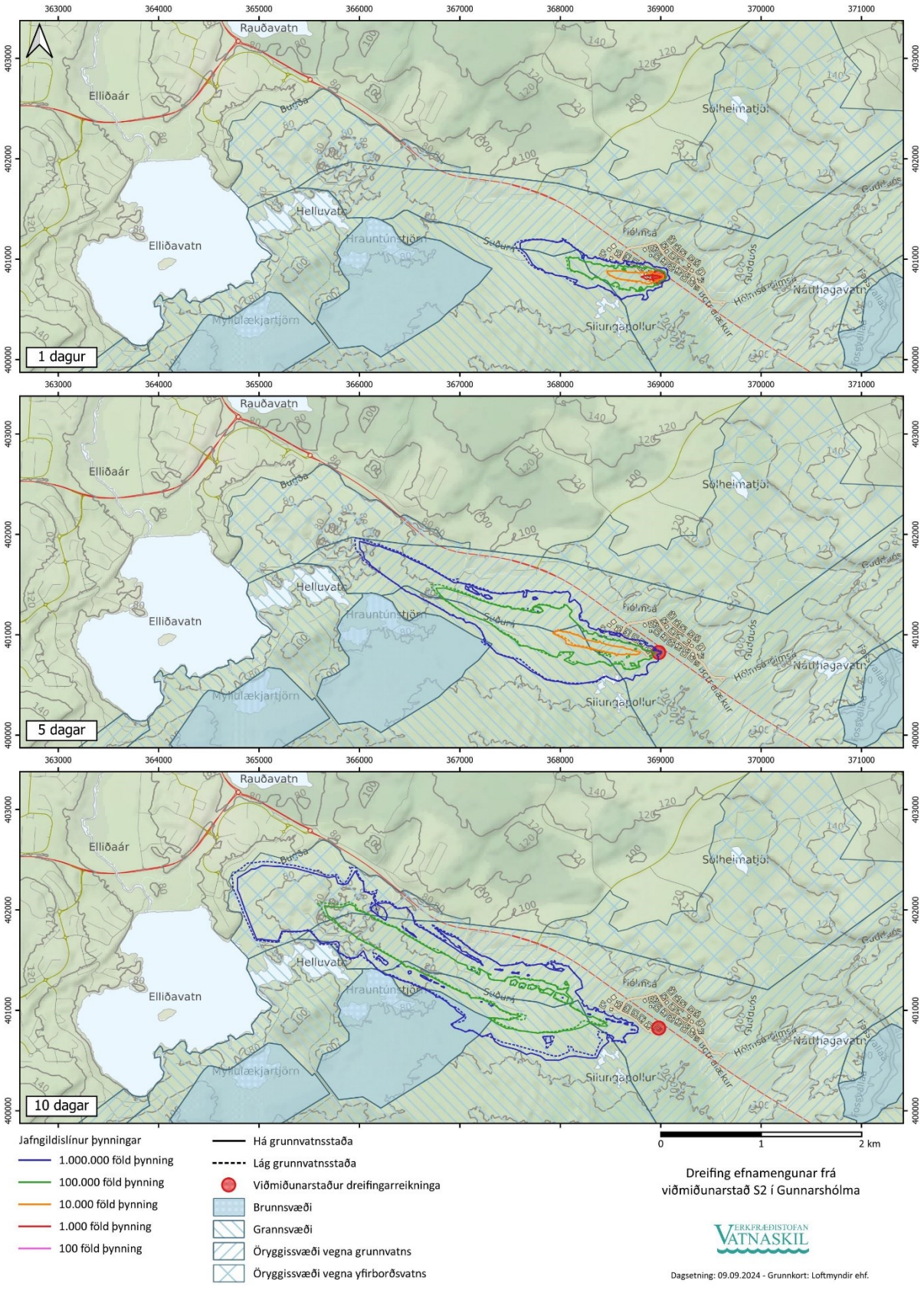
Mynd 11. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S1 í Gunnarshólma eftir 1 dag, 5 og 10 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



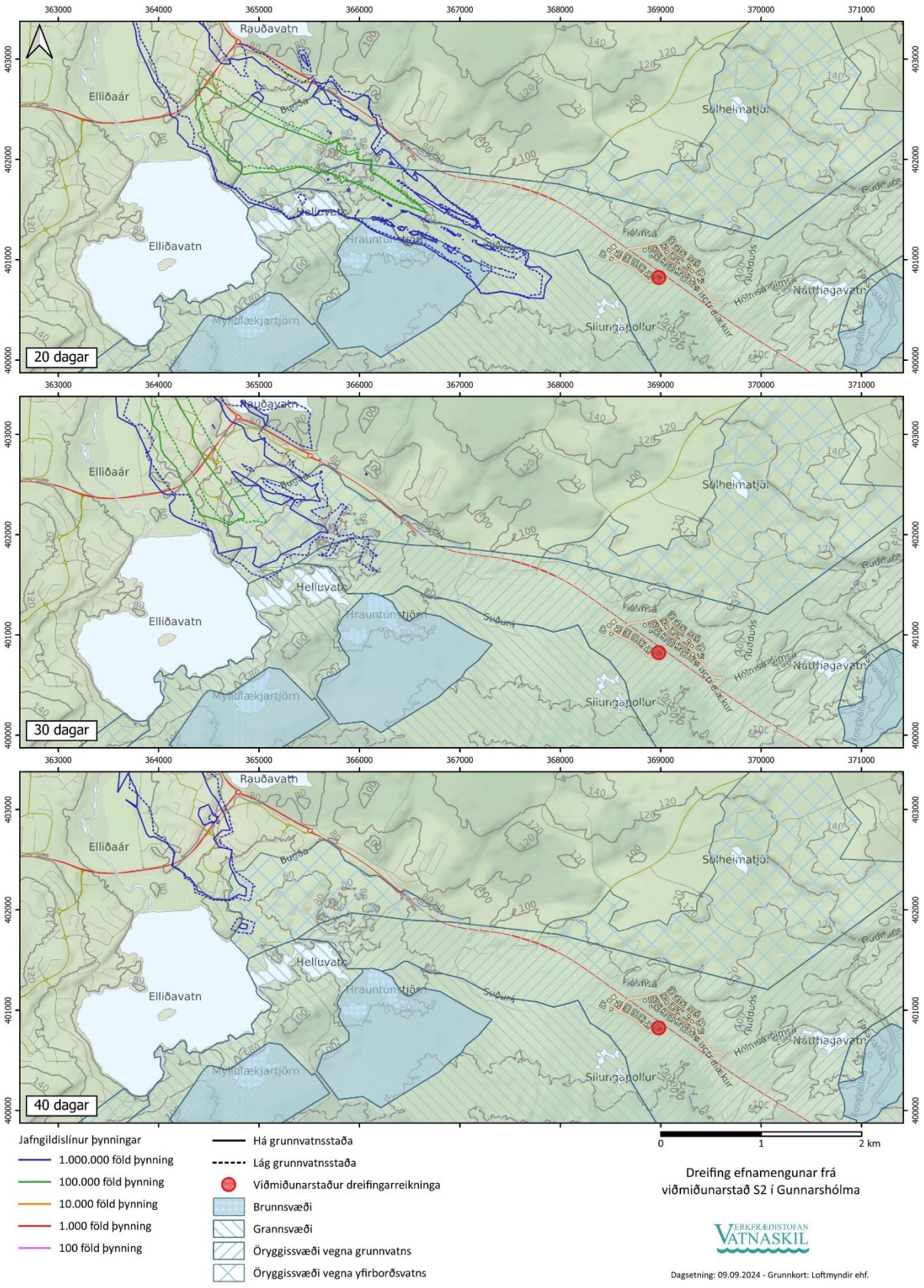
Mynd 12. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S1 í Gunnarshólma eftir 20, 30 og 40 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



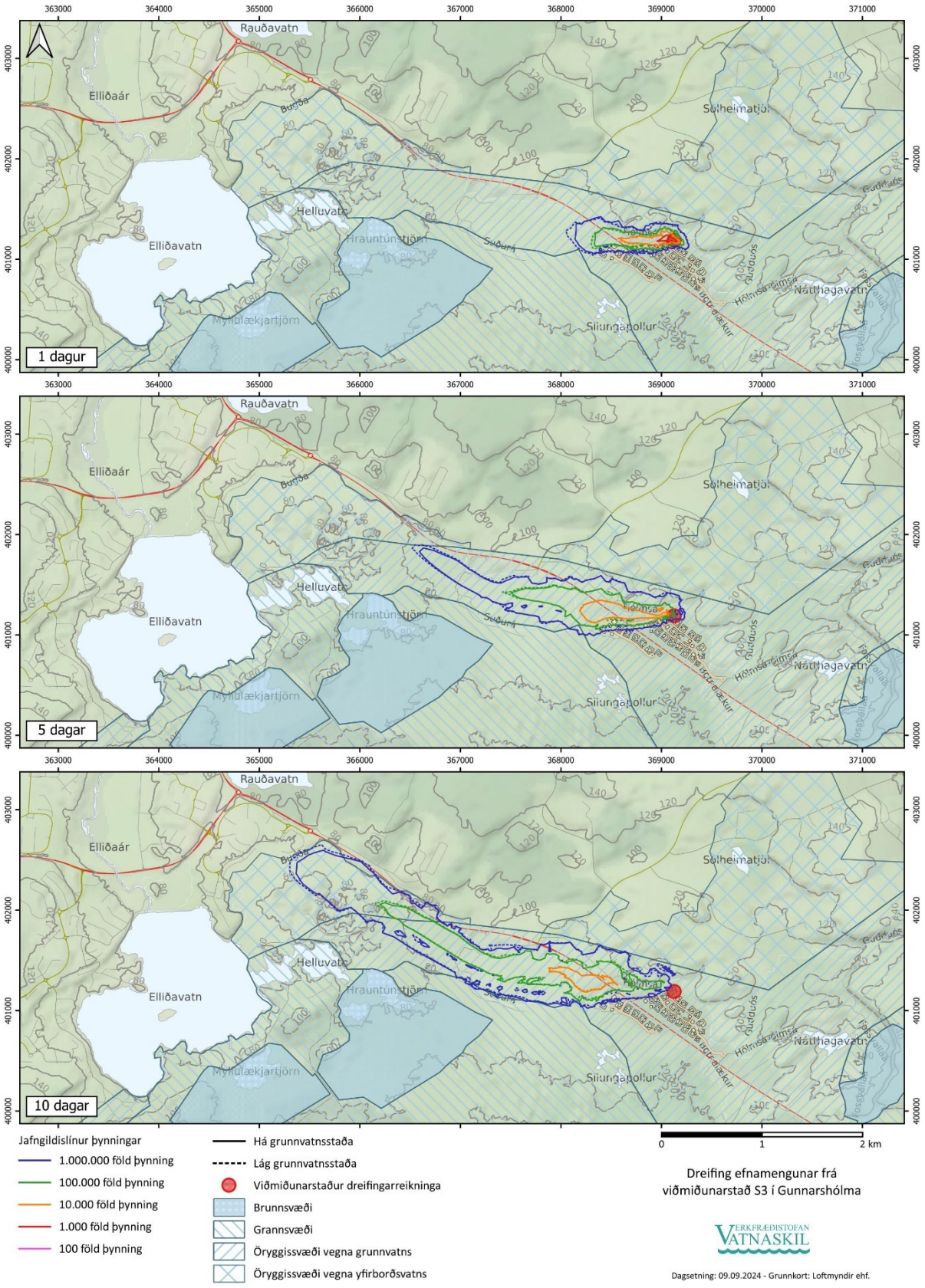
Mynd 13. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S2 í Gunnarshólma eftir 1 dag, 5 og 10 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



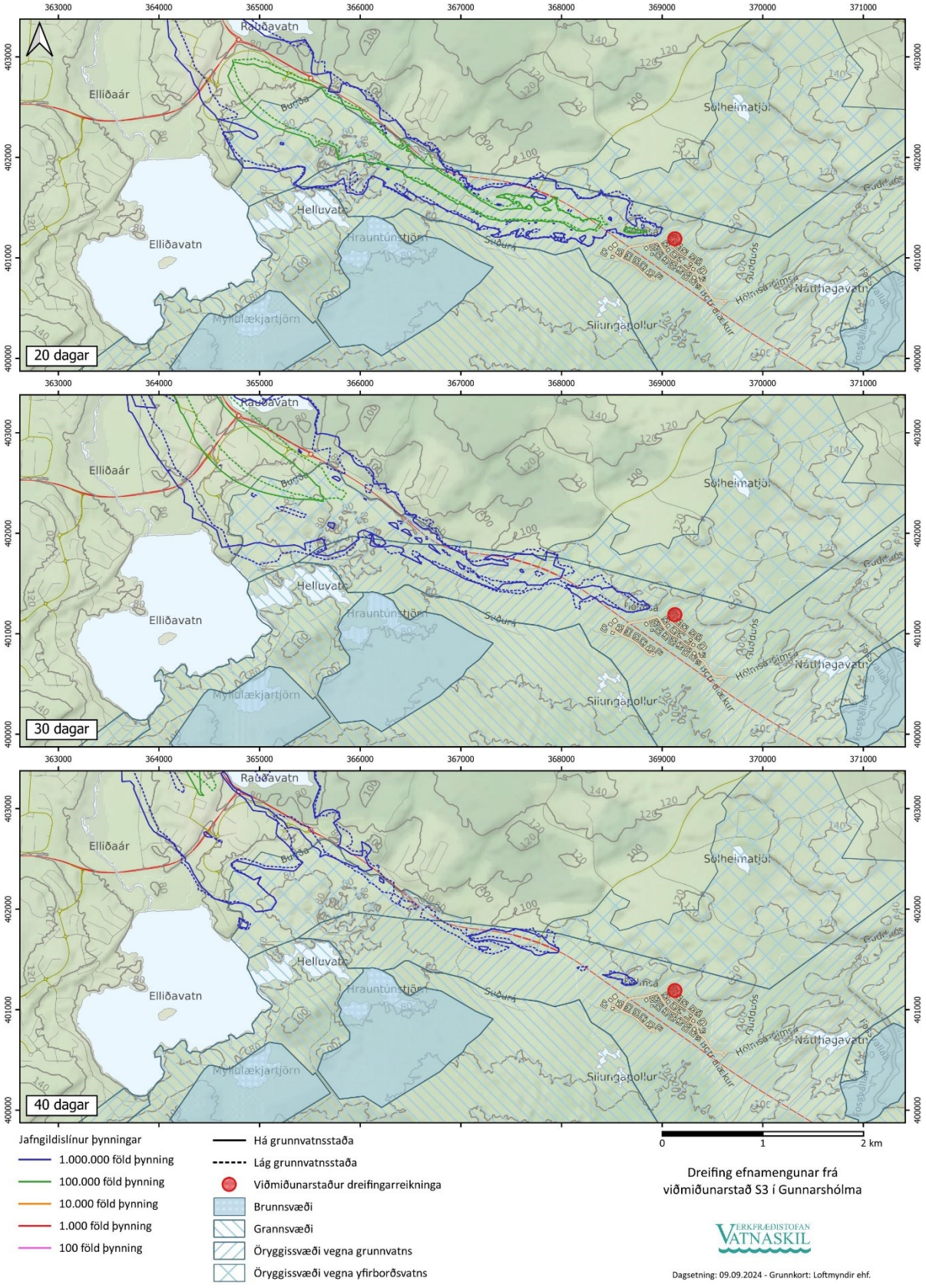
Mynd 14. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S2 í Gunnarshólma eftir 20, 30 og 40 eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



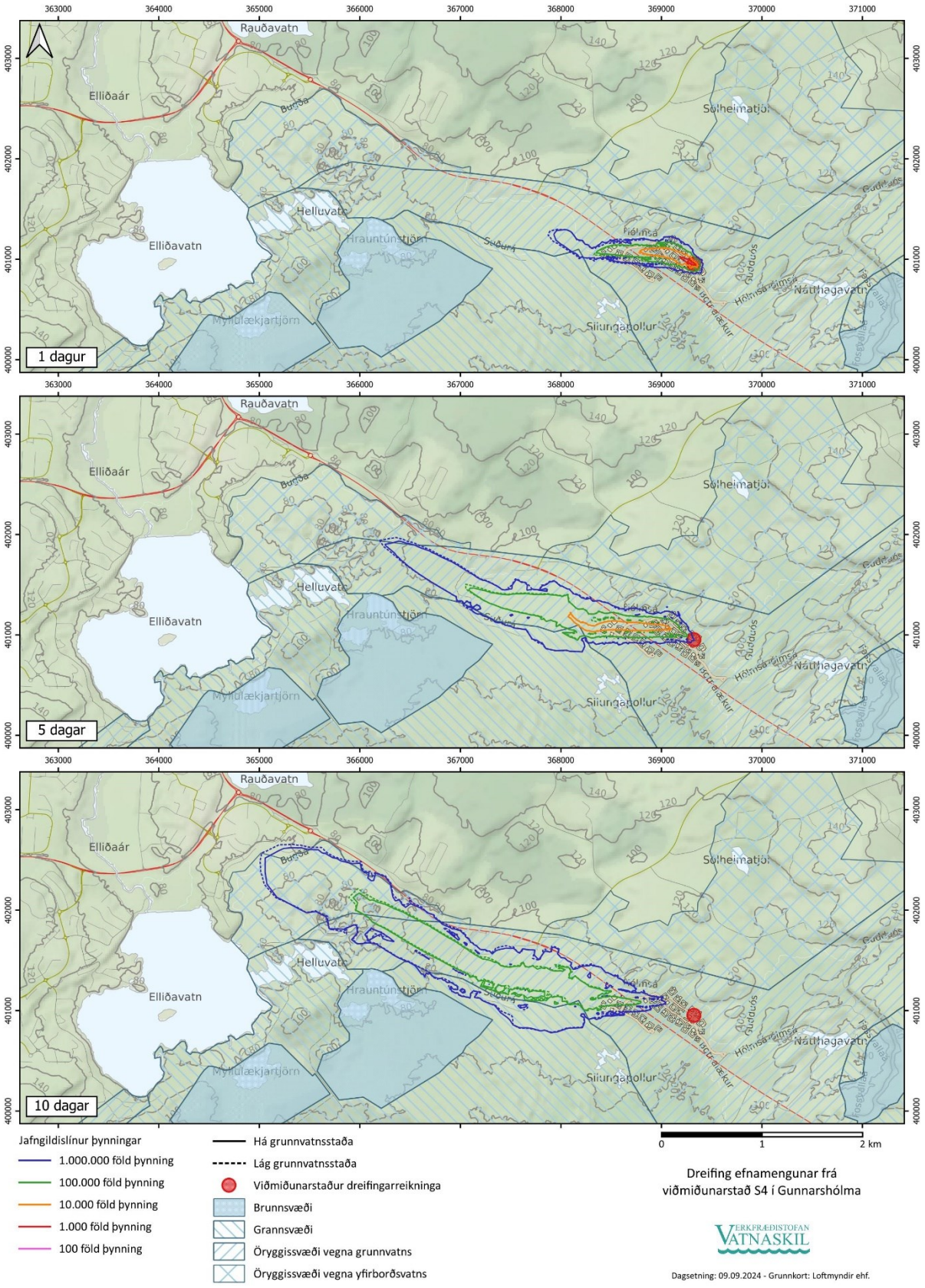
Mynd 15. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S3 í Gunnarshólma eftir 1 dag, 5 og 10 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



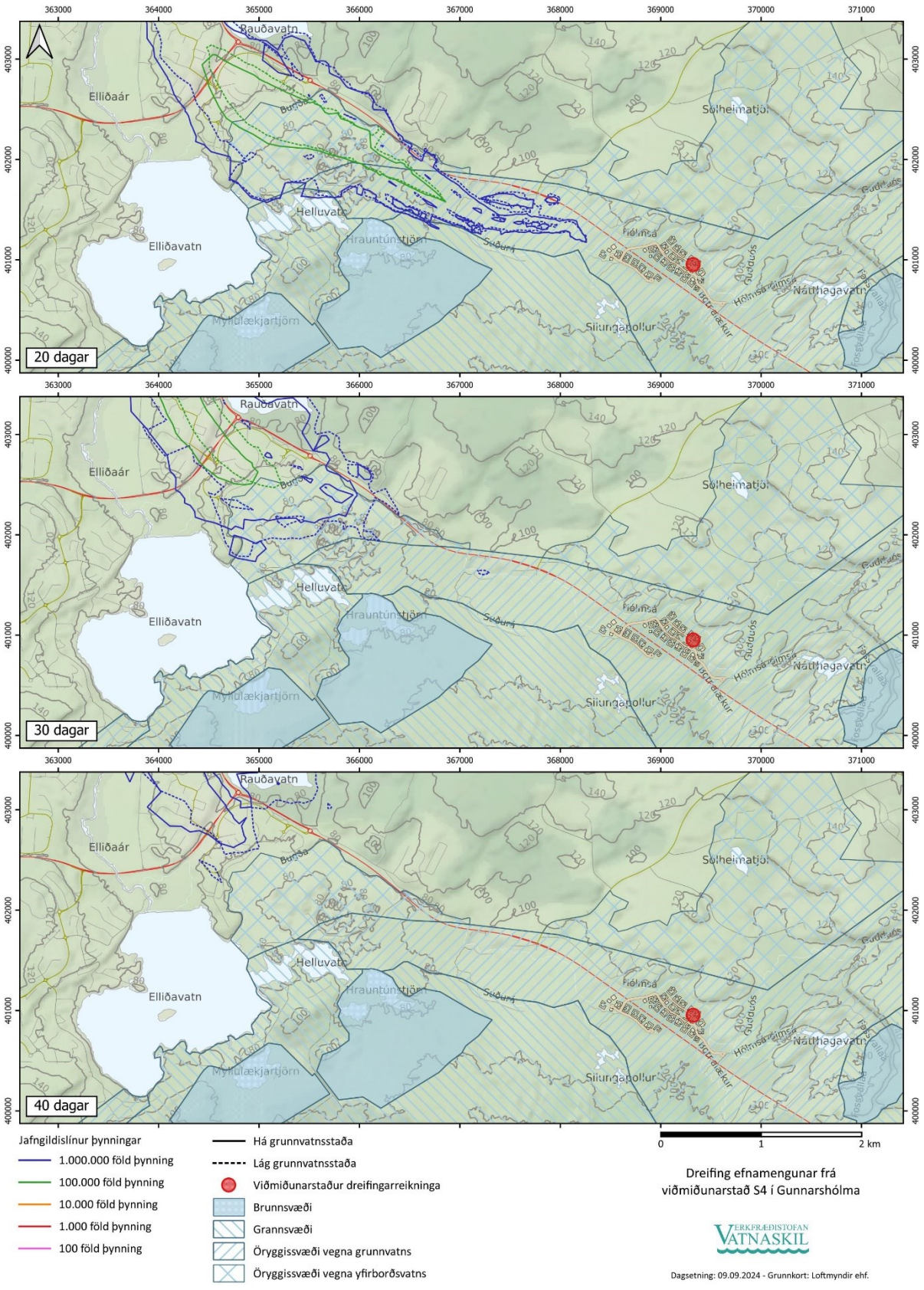
Mynd 16. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S3 í Gunnarshólma eftir 20, 30 og 40 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



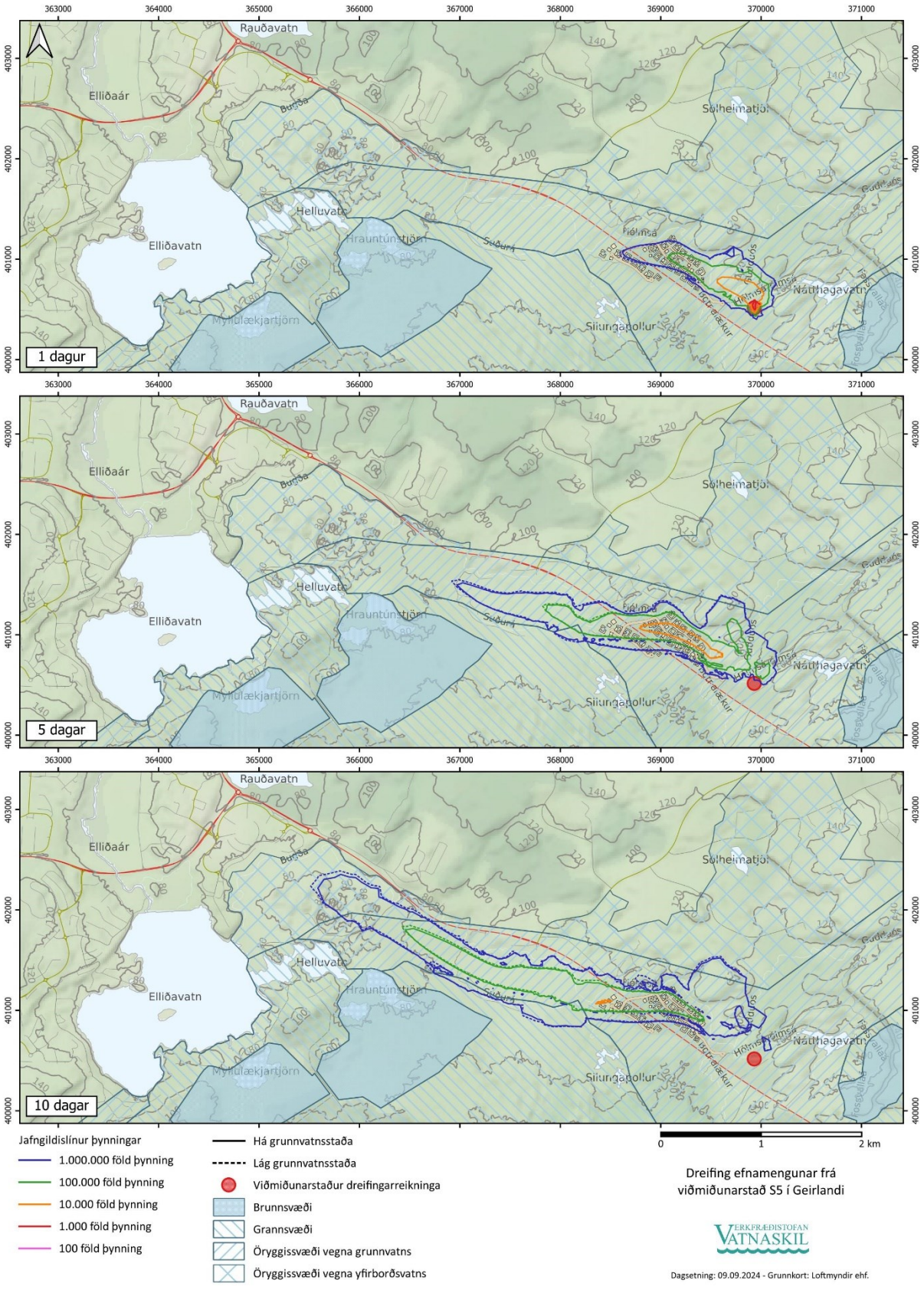
Mynd 17. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S4 í Gunnarshólma eftir 1 dag, 5 og 10 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



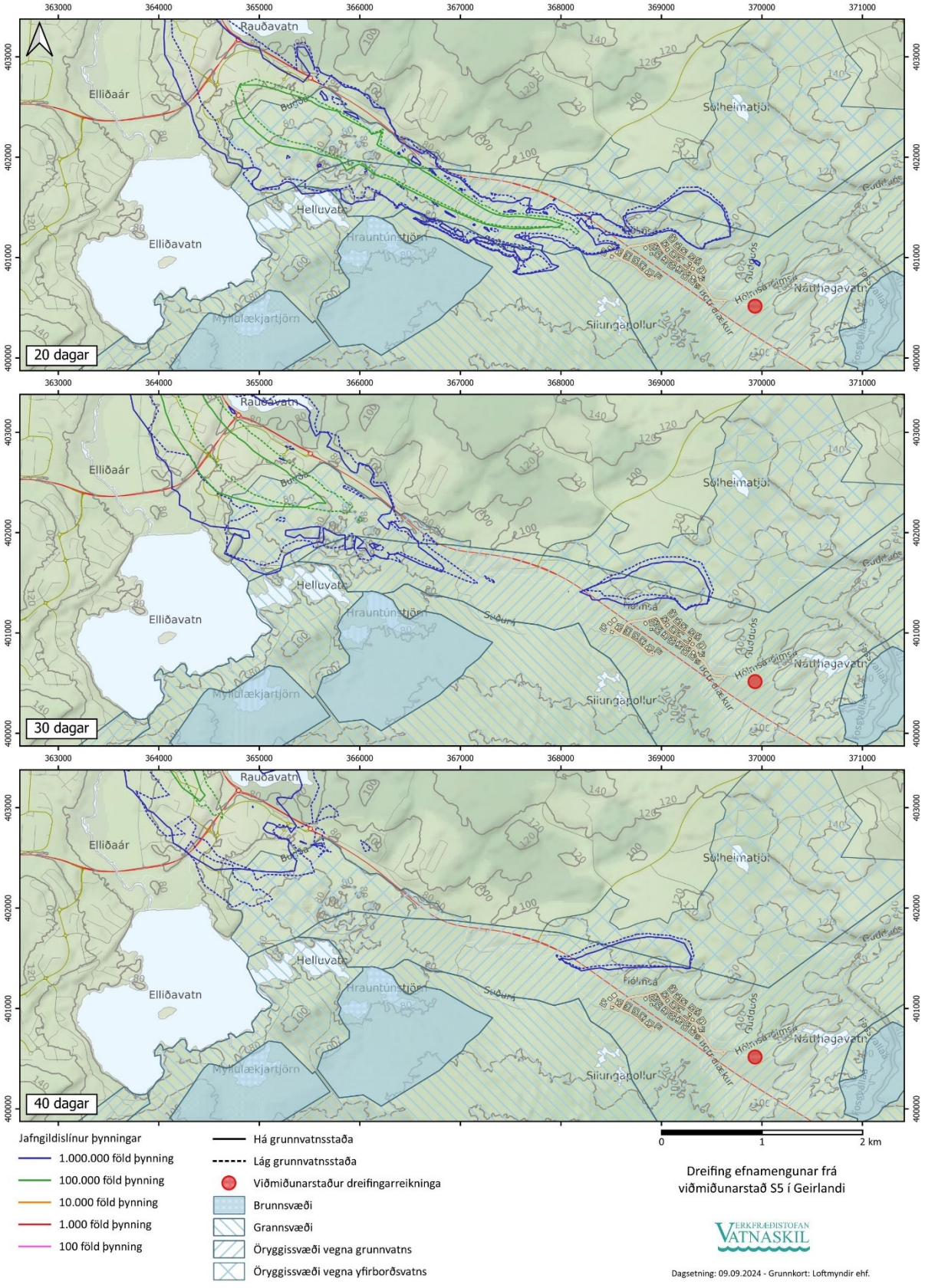
Mynd 18. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S4 í Gunnarshólma eftir 20, 30 og 40 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



Mynd 19. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S5 í Geirlandi eftir 1 dag, 5 og 10 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

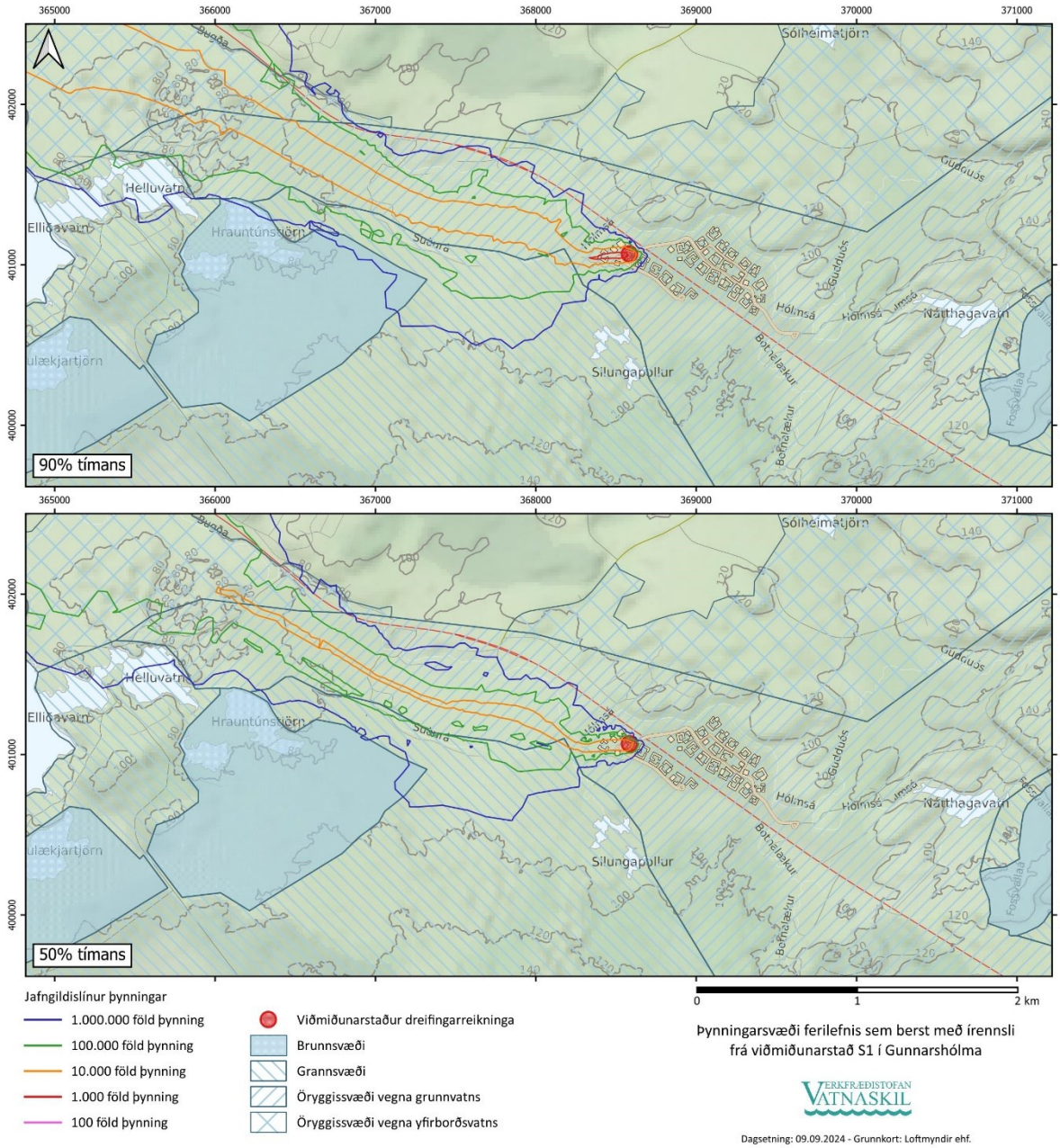


Mynd 20. Dreifing efnamengunar frá viðmiðunarstað S5 í Geirlandi eftir 20, 30 og 40 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatnsborðs.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

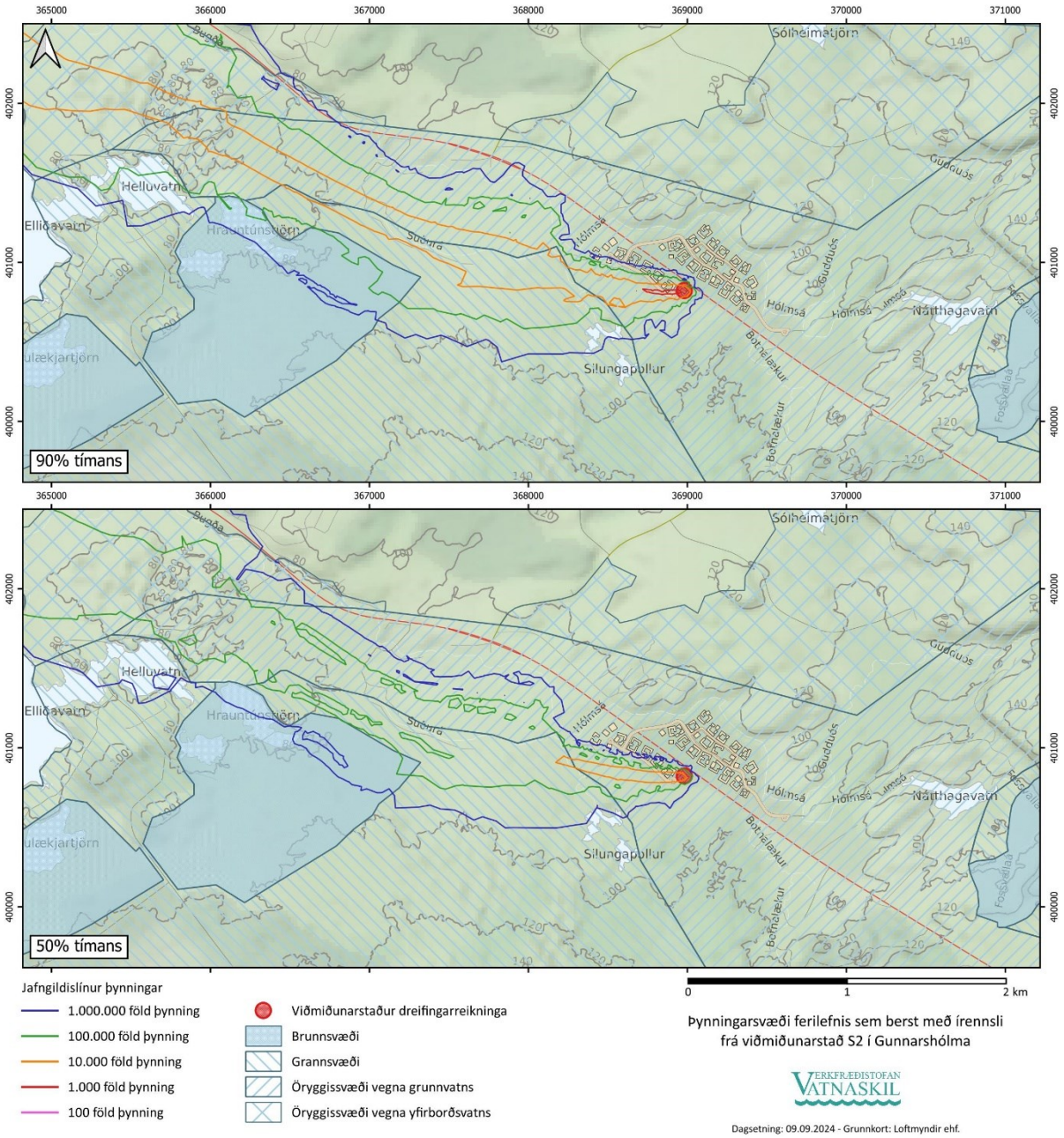
Viðauki B. Niðurstöður tíðnireikninga

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026



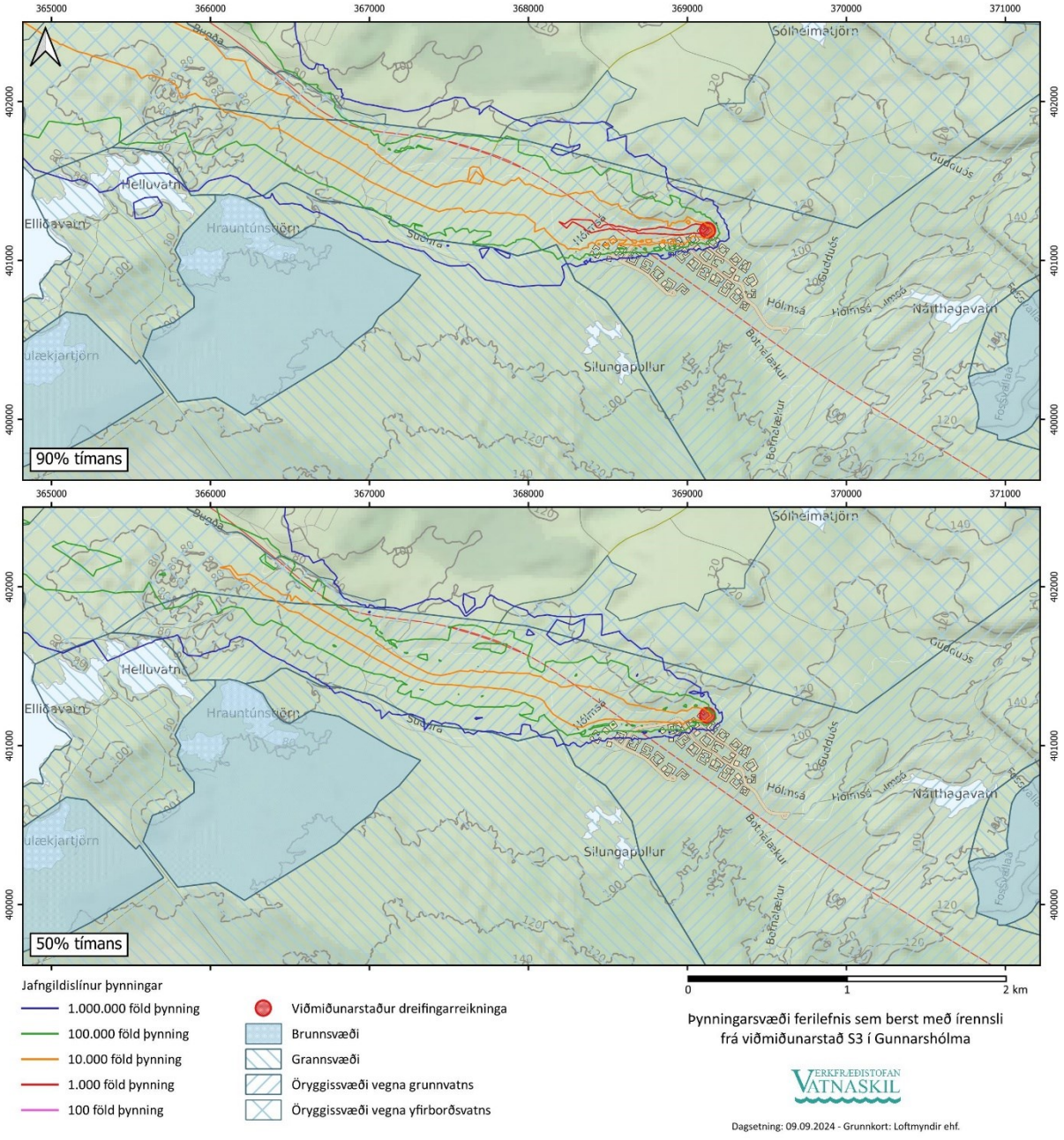
Mynd 21. Þynningargeta grunnvatnsleiðara 90% tímans (efri mynd) og 50% tímans (neðri mynd) miðað við fastan styrk mengunar í írennsli á viðmiðunarstað S1.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



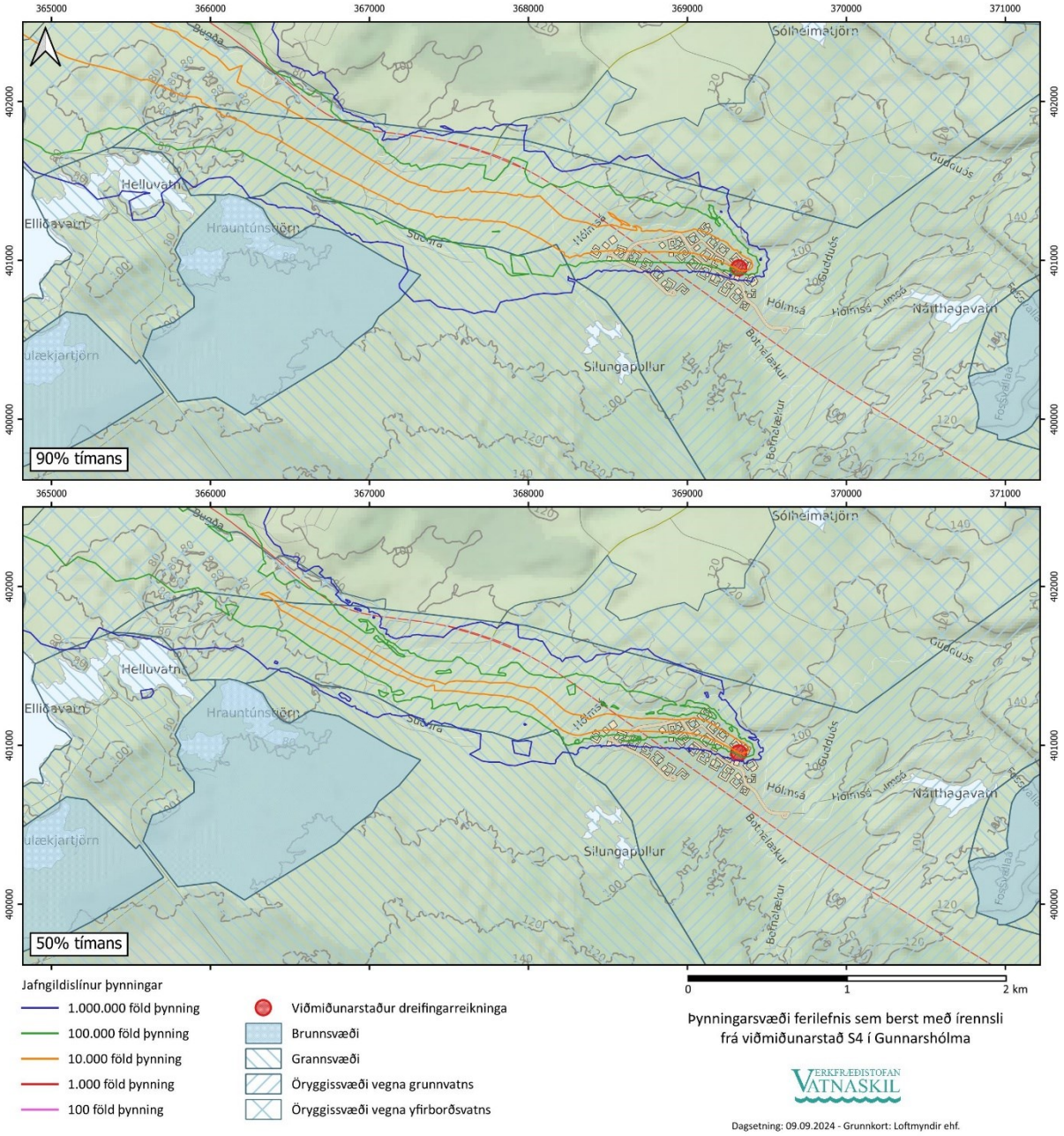
Mynd 22. Þynningargeta grunnvatnsleiðara 90% tímans (efri mynd) og 50% tímans (neðri mynd) miðað við fastan styrk mengunar í írennsli á viðmiðunarstað S2.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026



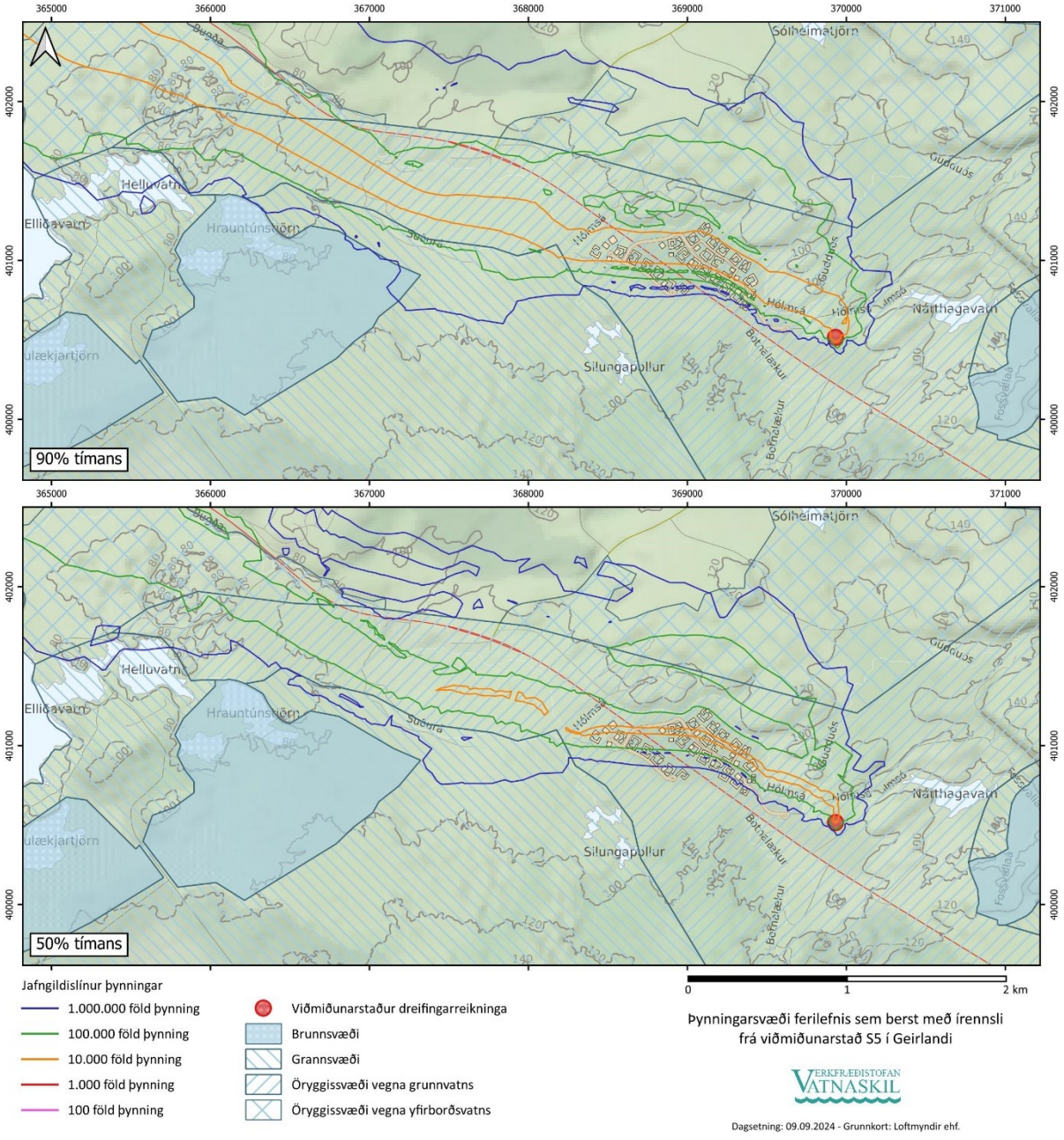
Mynd 23. Þynningargeta grunnvatnsleiðara 90% tímans (efri mynd) og 50% tímans (neðri mynd) miðað við fastan styrk mengunar í írennsli á viðmiðunarstað S3.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026



Mynd 24. Þynningargeta grunnvatnsleiðara 90% tímans (efri mynd) og 50% tímans (neðri mynd) miðað við fastan styrk mengunar í írennsli á viðmiðunarstað S4.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



Mynd 25. Þynningargeta grunnvatnsleiðara 90% tímans (efri mynd) og 50% tímans (neðri mynd) miðað við fastan styrk mengunar í írennsli á viðmiðunarstað S5.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026

Viðauki C. Túlkun dreifingarreikninga og nýting við mat á áhrifum mengunarslysa

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026

C1. Reiknað líkan

Reiknilíkanið er tvívítt sem byggir á svokallaðri finite element reikniaðferð þar sem reiknað líkan er samansett af þríhyrningum. Stærð þríhyrninganna er breytileg í líkaninu, en þar sem upplausn líkansins skiptir hvað mestu máli svo sem í nágrenni vatnsvinnslusvæða eða annarra svæða sem eru til sérstakrar skoðunar t.a.m. vegna dreifingarreikninga er reiknaður tími haft þéttara þ.e. þríhyrningarnir eru minni. Í dreifingarreikningum skiptir þéttleiki reiknaðs líkans miklu máli til þess að koma í veg fyrir óstöðugar og óraunhæfar aðstæður í líkaninu, t.a.m. að dreifni mengunarinnar verði óhóflega mikil á upptakastað eða annars staðar á leið mengunarefnisins í grunnvatnsleiðaranum sem kynni að skipta máli. Í atvikareikningum er tiltekinn upphafsstyrkur óhvarfgjarns ferilefnis skilgreindur í tilteknum punkti í reiknaðri. Þessi punktur er tengdur næstu reiknipunktum í líkaninu sem saman mynda því safn þríhyrninga um upphafspunktinn. Skilgreining upphafsstyrksins í viðmiðunarpunktinum fer fram í upphafi keyrslu líkt og efni sé sleppt þar í einni hendingu yfir allt dýpi grunnvatnsleiðarans og síðan líkir líkanið eftir flutningi efnisins og dreifingu þess með ríkjandi grunnvatnsstraumum.

C2. Reiknaðir á upptakastað og niðurstöður með hliðsjón af því

Vegna atvikareikninganna fyrir Gunnarshólma voru skilgreindar 5 mismunandi staðsetningar yfir skipulagssvæðið þar sem reiknaðir var sérstaklega þétt niður í u.þ.b. 5 m fjarlægð milli upphafspunkts og næstu punkta sem leiddi til þess að flatarmál aðliggjandi þríhyrninga sem tengdust upphafspunkti var 60 m^2 eða meira. Niðurstöður atvikareikninganna sýndu að minnsta þynning ferilefnis á brunnsvæði væri um milljón föld þynning upphafsstyrks. Þar sem horft er til þynningar ferilefnis má nýta atvikareikningana til þess að leggja mat á styrk mengunar á brunnsvæði m.v. mismunandi forsendur um stærð mengunarslysa á yfirborði. Til þess að það sé gerlegt þarf að ákvarða upphafsstyrk mengunar í grunnvatnsleiðara. Ef horft er til upplausnar reiknilíkansins á upphafsstað, flatarmál aðliggjandi þríhyrninga ~60 m^2, og forsendur í líkaninu um þykkt grunnvatnsleiðara 30 m og póruhluta 0,1 fæst útreikningur á upphafsstyrk í grunnvatnsleiðara fyrir þrjár viðmiðunarstærðir mengunarslysa (tafla 2). Að teknu tilliti til minnstrar þynningar ferilefnis á brunnsvæði reiknast síðan styrkur ferilefnisins á brunnsvæði (tafla 2). Niðurstöðurnar sýna að mesti styrkur á brunnsvæði er á bilinu 0,83 til 83 µg/L fyrir viðmiðunartilfellin þrjú, sem er eins og reikningarnir sýna í beinum tengslum við stærð slyssins.

Tafla 2. Forsendur og útreikningar á styrk mengunarefnis á brunnsvæði fyrir þrjár stærðargráður mengunarslyss þar sem tiltekið magn fulluppleysts mengunarefnis berst til grunnvatns og tekið er tillit til uppsetningar reiknilíkans að öllu leyti. Flatarmál aðliggjandi þríhyrninga á upptakastað ~60 m^2.

Stærð mengunarslyss		Flatarmál aðliggjandi þríhyrninga á upptakastað	Lóðrétt dreifing í grunnvatns-leiðara	Póru-hluti	Upphafs-rúmmál á upptakastað	Upphafs-styrkur í grunnvatns-leiðara	Minnsta þynning á brunnsvæði	Styrkur á brunnsvæði
a	B	c	d	e	f =(c*d*e/3)	C_0 = (b/f)	C_0/C_b	C_b
[L]	[kg]	[m^2]	[m]		[L]	[mg/L]		[µg/L]
50	50	60	30	0,1	60000	833	10^6	0,83
500	500	60	30	0,1	60000	8333	10^6	8,3
5000	5000	60	30	0,1	60000	83333	10^6	83,3

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026

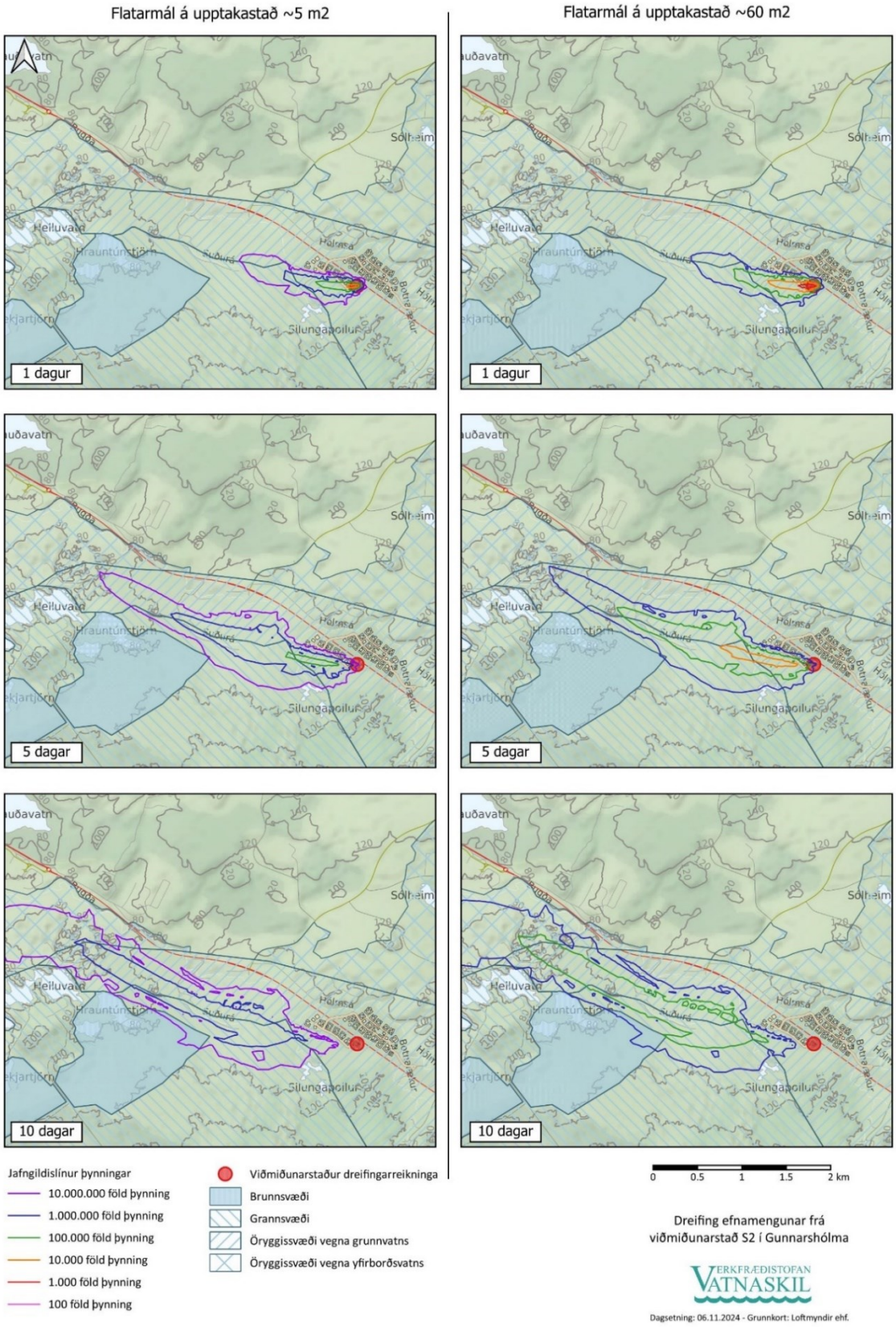
C3. Samanburðarreikningar með fínna reiknineti á upptakastað

Þar sem reikningarnir byggja á upphafsstyrk eru þeir háðir því upphafsrúmmáli sem skilgreint er í grunnvatnslíkaninu. Til þess að varpa frekar ljósi á þetta voru framkvæmdir til samanburðar atvika-reikningar fyrir einn viðmiðunarstaðinn þar sem reiknietið var þétt enn frekar þ.a. flatarmál aðliggjandi þríhyrninga á upptakastað í útreikningunum fór niður í ~5 m^2. Á mynd 26 er samanburður á niðurstöðum atvikareikninga þar sem flatarmál aðliggjandi þríhyrninga er annars vegar 5 m^2 og hinsvegar nærri 60 m^2 fyrir viðmiðunarstað S2. Niðurstöðurnar sýna að þegar upphafsstyrkur er sá sami en upphafsflatarmálið er minnkað um stærðargráðu lækkar til samræmis minnsta þynning á brunnsvæði um eina stærðargráðu. Ef notaðar eru niðurstöður fyrir þéttara reiknietið til að reikna áætlaðan styrk á brunnsvæði m.v. sömu mengunarslys og í tafla 2 (sjá tafla 3), verður upphafsstyrkur stærðargráðu hærri en í fyrra tilfellinu (tafla 3) en styrkur á brunnsvæði verður hins vegar af sömu stærðargráðu og fyrri reikningar þar sem þynningin er stærðargráðu hærri.

Tafla 3. Forsendur og útreikningar á styrk mengunarefnis á brunnsvæði fyrir þrjár stærðargráður mengunarslyss þar sem tiltekið magn fulluppleysts mengunarefnis berst til grunnvatns og tekið er tillit til uppsetningar reiknilíkans að öllu leyti. Flatarmál aðliggjandi þríhyrninga á upptakastað ~5 m^2.

Stærð mengunarslyss		Flatarmál aðliggjandi þríhyrninga á upptaka-stað	Lóðrétt dreifing í grunnvatns-leiðara	Póru-hluti	Upphafs-rúmmál á upptakastað	Upphafs-styrkur í grunnvatns-leiðara	Minnsta þynning á brunnsvæði	Styrkur á brunnsvæði
a	b	c	d	e	f =(c*d*e)	C_0 = (b/f)	C_0/C_b	C_b
[L]	[kg]	[m^2]	[m]		[L]	[mg/L]		[µg/L]
50	50	5	30	0,1	5000	10000	10^7	1,0
500	500	5	30	0,1	5000	100000	10^7	10,0
5000	5000	5	30	0,1	5000	1000000	10^7	100,0

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



Mynd 26. Þróun dreifingar mengunar frá viðmiðunarstað S2 í Gunnarshólma, 1 til 10 daga eftir að mengunarefni berst til grunnvatns. Samanburður á niðurstöðum fyrir mismunandi stærð reikninets á upptakastað.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

C4. Varfærin nálgun við nýtingu líkanreikninga til mats á áhrifum mengunarslysa

Líkanreikningarnir eru bundnir óvissu. Á það bæði við um mat á grunnvatnsstraumum og dreifingu efna með þeim. Að auki er verulegur breytileiki í veður- og vatnafari sem leiðir til tímaháðra áhrifa sem erfitt er að taka tillit til við slíkt mat. Á því svæði sem ferilefnið berst yfir í reikningunum er sérstaklega sterkur grunnvatnsstraumur samkvæmt reiknilíkaninu en styrkur hans fellur verulega til hliðar við meginstrauminn. Þessar aðstæður geta haft afgerandi áhrif á dreifingu efnis á svæðinu og því mikilvægt að reyna að taka tillit til þess ef t.a.m. meginstraumurinn lægi aðeins nær brunnsvæðinu en reikningarnir gefa til kynna eða ef styrkur hans væri annar. Mikilvæg forsenda hvað þetta snertir er þykkt grunnvatnsleiðarans, sem er ekki vel þekkt og því valin stærð inn í reikningana.

Hefur þetta eðli málsins samkvæmt umtalsverð áhrif á efnadreifingarreikninga með líkaninu sem mjög eru háðir reiknuðu hraðasviði líkansins. Jafnframt skiptir uppsetning og þéttni reiknetsins á því svæði sem efnið berst um máli líkt og að ofan greinir. Ef viðhafa á varfærna nálgun við mat á dreifingu mengunar frá mögulegum upptakastað að brunnsvæði þarf að taka tillit til framangreindra óvissa. Til að ná því fram er nærtækast að velja saman eins og réttlætanlegt má telja innan marka niðurstaðna líkanreikninganna eins lága viðmiðunarþynningu mengunarefnisins og kostur er, samhliða því að velja upphafsstyrk eins háan og kostur er. Mikilvægt er að hafa í huga að markmiðið er að leggja grunninn að hættumati.

Ná má þessu fram í grunninn með því að hafa til hliðsjónar framangreinda líkanreikninga og niðurstöður þeirra, sbr. tafla 1 og tafla 2:

1. Ólíklegt er að mengun sem berst niður til grunnvatnsborðs dreifi sér yfir flatarmál sem er allt að 60 m^2 líkt og uppsetning reikninganna gerir ráð fyrir (tafla 2). Sérstaklega ef horft er til mismunandi stærðargráðu slysa. Stærðargráðu minna flatarmál samanburðarreikninganna (tafla 3) er mögulega nærtækara en þó stórt fyrir smærri slys. Varfærni felst í að velja minna flatarmálið þar sem það leiðir af sér stærðargráðu hærri upphafsstyrk.
2. Val á viðmiðunarþynningu í takti við reikningana fyrir minna flatarmál samanburðar-reikninganna (tafla 3) getur hins vegar ekki talist varfærið í samanburði fyrir reikningana fyrir stærra flatarmálið (tafla 2). Viðmiðunarþynning í takti við stærra flatarmálið leiðir því af sér varfærna nálgun.

Ganga má enn lengra í þá átt að viðhafa varfærni við nýtingu líkanreikninganna við mat á styrk efna á brunnsvæði:

1. Viðmiðunarflatarmál á upptakastað ~5 m^2 er lagt til grundvallar stærsta viðmiðunarslysinu, 5000 L, en flatarmál síðan minnkað eftir því sem slysin eru minni. Viðhöfð er þó áfram sama viðmiðunarþynningin í öllum tilfellum sem á rætur að rekja til ~60 m^2 upphafsflatarmáls.
2. Mengun er ólíkleg til þess að dreifa sér lóðrétt yfir alla þykkt grunnvatnsleiðarans, nema kannski fyrir stærstu slysin, en lóðrétt dreifing er líkleg til þess að vera háð stærð slyss á upptakastað. Þannig er gengið út frá að í stærsta mengunarslysinu, 5000 L, að lóðrétt dreifing takmarkist við 2/3 af þykkt grunnvatnsleiðarans, og minnki eftir því sem slysið er minna. Hækkar þetta enn frekar upphafsstyrk þótt áfram sé viðhöfð sama viðmiðunarþynning í öllum tilfellum sem á rætur að rekja til ~60 m^2 upphafsflatarmáls og fullrar þykktar grunnvatnsleiðarans (30 m).

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

Í tafla 4 er sýnt hvernig tekið var tillit til ofangreindra þátta við varfærið mat á styrk mengunarefnis á brunnsvæði fyrir mismunandi stærðargráður mengunarslysa. Þannig er flatarmál og lóðrétt dreifing í grunnvatnsleiðara á upptakastað breytileg m.t.t. stærðar mengunarslyss sem leiðir til þess að mesti styrkur á brunnsvæði er einni til þremur stærðargráðum hærri en ef horft er til upplausnar líkanreikninga (tafla 1).

Tafla 4. Varfærnar forsendur og útreikningar á styrk mengunarefnis á brunnsvæði fyrir þrjár stærðargráður mengunarslyss þar sem tiltekið magn fulluppleysts mengunarefnis berst til grunnvatns.

Stærð mengunarslyss		**Flatarmál á upptakastað**	**Lóðrétt dreifing í grunnvatns-leiðara**	**Upphafsrúmmál á upptakastað**	**Upphafsstyrkur í grunnvatnsleiðara C_0**	**Styrkur á brunnsvæði C_b**
[L]	**[kg]**	**[m²]**	**[m]**	**[L]**	**[mg/L]**	**[µg/L]**
50	50	0,5	10	500	100000	100
500	500	2	15	3000	166667	167
5000	5000	5	20	10000	500000	500

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

Viðauki D. Olíudreifingarreikningar í Heiðmörk

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026

D1. Inngangur

Vatnaskil hafa á undanförnum árum þróað frekar aðferðafræði við dreifingarreikninga þar sem ferill olíu er hermdur frá yfirborði um jarðrakasvæði til grunnvatnsleiðara og eftir honum með fjölfasa þrívíðu reikniverki. Aðferðafræðinni hefur verið beitt m.a. við skoðun mengunarslysa ofan vatnsbólanna í Heiðmörk fyrir Veitur (Vatnaskil, 2019) en einnig við hættumat og mat á virkni mótvægis- og viðbragðsaðgerða vegna breikkunar Reykjanesbrautar við Straumsvík fyrir Vegagerðina (Vatnaskil, 2020). Fjallað verður um olíudreifingarreikningana í Heiðmörk í framhaldi og byggir umfjöllunin á niðurstöðum sem settar voru fram í erindi sem flutt var á Vísindadegi og ársfundi OR árið 2019 (Vatnaskil, 2019). Einnig verður fjallað um niðurstöður olíudreifingarreikninganna í samhengi við dreifingarreikninga fyrir óhvarfgjörn ferilefni sem beitt hefur verið við fjölda verkefna á undanförnum árum og nýttir eru við hættumatið sem fjallað er um í þessari skýrslu.

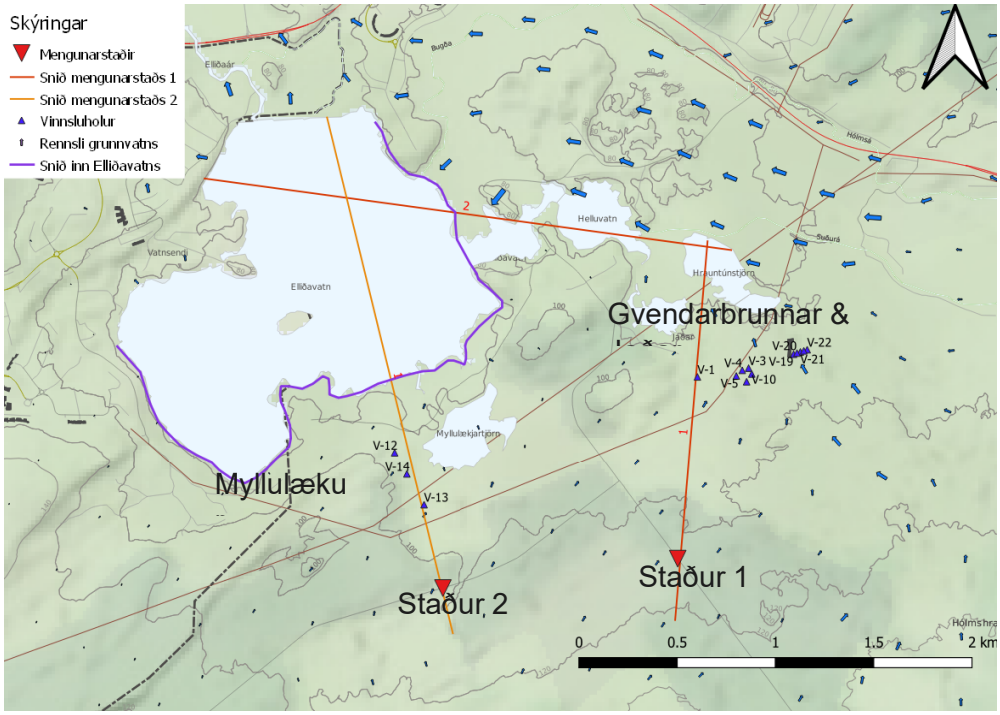
D2. Aðferðafræði

Í verkefninu fyrir Veitur var beitt nýrri aðferðafræði við reikninga á dreifingu olíu í grunnvatni þar sem framkvæmdir voru þriggja fasa reikningar þ.e. flutningur vatns, lofts og olíu var hermdur. Áhersla var lögð á mat á virkni mótvægis- og viðbragðsaðgerða í verkefninu, því var ekki gengið langt við greiningu á styrk mengunarefna og mögulegum áhrifum, þ.m.t. hlutstyrk þeirra þeirra efna og efnasambanda sem kollefnisfjölliðan olía er byggð upp af. Aðferðarfræðin býður upp á að olían sé hermd sem kolefnisfjölliða, en í verkefninu fyrir Veitur var sú einföldun gerð að olían var reiknuð sem sér fasi með áætluðum eins konar meðaltals eiginleikum olíu út frá viðmiði um díselolíu. Til þess að framkvæma þessa reikninga var fyrirliggjandi grunnvatnslíkan af höfuðborgarsvæðinu útvíkkað á nærsvæði vatnsbólanna í Heiðmörk. Reikninet var þétt í nágrenni mengunarstaða, sem og á þeim svæðum sem mengunin myndi helst berast til. Líkanið var einnig gert þrívítt, skilgreind voru mismunandi hallandi jarðlög í takti við halla yfirborðs, þekktra jarðlaga og grunnvatnsleiðara svæðisins. Yfirborðseiginleikar svæðisins voru einnig skilgreindir með meiri nákvæmni en áður, sér í lagi á mengunarstað þar sem jarðvegsefni voru sérstaklega skilgreind. Ennfremur voru nærliggjandi vinnslusvæði skilgreind ítarlega með hliðsjón af fyrirliggjandi gögnum frá Veitum, þ.m.t. gagnvart dýpi og fóðringardýpi vinnsluhola, ásamt öðrum eiginleikum og vinnslu einstakra vinnsluhola. Líkanið var kvarðað að mældri grunnvatnshæð í eftirlits- og vinnsluholum á svæðinu.

Í verkefninu fyrir Veitur voru skoðaðir tveir hugsanlegir mengunarstaðir á vegi í Heiðmörk; í fyrsta lagi upptakstaður 1 á aðrennslissvæði Gvendarbrunna og Jaðars og í öðru lagi upptakastaður 2 á aðrennslissvæði Myllulækjar (sjá mynd 27). Framkvæmdir voru reikningar fyrir þrjár stærðir mengunarslysa; í fyrsta lagi ef slys verður við olíuflutninga (5000 L), í öðru lagi ef slys verður þar sem stærri bifreiðar eða vinnuvélar missa olíu niður (500 L) og í þriðja lagi þar sem fólksbifreiðar lenda í óhappi (50 L). Einnig voru metin hugsanleg áhrif tíðarfars, þannig voru áhrif metin m.t.t. þess ef mengunarslys á sér stað annars vegar við hástöðu grunnvatns í Heiðmörk og svo í lágstöðu.

Metin voru áhrif stærðar mengunarslyss m.t.t. styrks í vatnsbóli, tíma sem það tekur mengun að berast til vatnsbóls og varanda mengunar. Gengið var út frá að slys yrði á vegi þar sem vegstæðið væri úr jarðefnum sem leiddu til góðrar viðloðunar olíu. Lagt var jafnframt mat á virkni ýmissa mögulegra mótvægis- og viðbragðsaðgerða ef til mengunarslyss skyldi koma. Verður hér einungis gerð grein fyrir grunnhermununum á flutningi olíunnar nægjanlega að því marki að styðja við það verkefni sem þessi skýrsla nær til.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



Mynd 27. Staðsetningar mengunarstaða, upptakastaðar 1 og upptakastaðar 2, lega sniða, vinnsluhola og grunnvatnsstraumar.

D3. Uppleysing olíu í vatni og massastreymi olíu til grunnvatns

Þegar olía berst á vegyfirborð bleytir olían upp jarðveg og fyllir holrými. Olían leitar niður á við og berst í gegnum jarðrakasvæði á leið sinni til grunnvatns. Úrkoma og leysing leiða af sér írennsli til grunnvatns sem styður við þennan flutning olíunnar en bindigeta hennar í jarðvegi og bergi er jafnframt háð hárpípukröftum og yfirborðsspennu sem ráðast einnig af efniseiginleikum jarðefnanna. Geta olíunnar til að berast í grunnvatnið er háð leysnieiginleikum þeirra fjölmörgu efna sem byggja upp fjölliðuefnið díselolíu. Leysnistyrkur þessara efna er mjög mismunandi og nær yfir margar stærðargráður (sjá t.a.m. töflu 11, bls. 44-45 í Efla, 2017). Við verkefnið fyrir Veitur í Heiðmörk var sú einfalda nálgun tekin að gera ráð fyrir eins konar meðaltalseiginleikum sem leiða af sér einsleitna leysnigetu, eðlisþyngd og aðra megineinleika fjölliðanna. Í umfjölluninni hér er ýmist vísað til olíu eða díselolíu sem gert er þá ráð fyrir að búi yfir framangreindum einfölduðum eiginleikum.

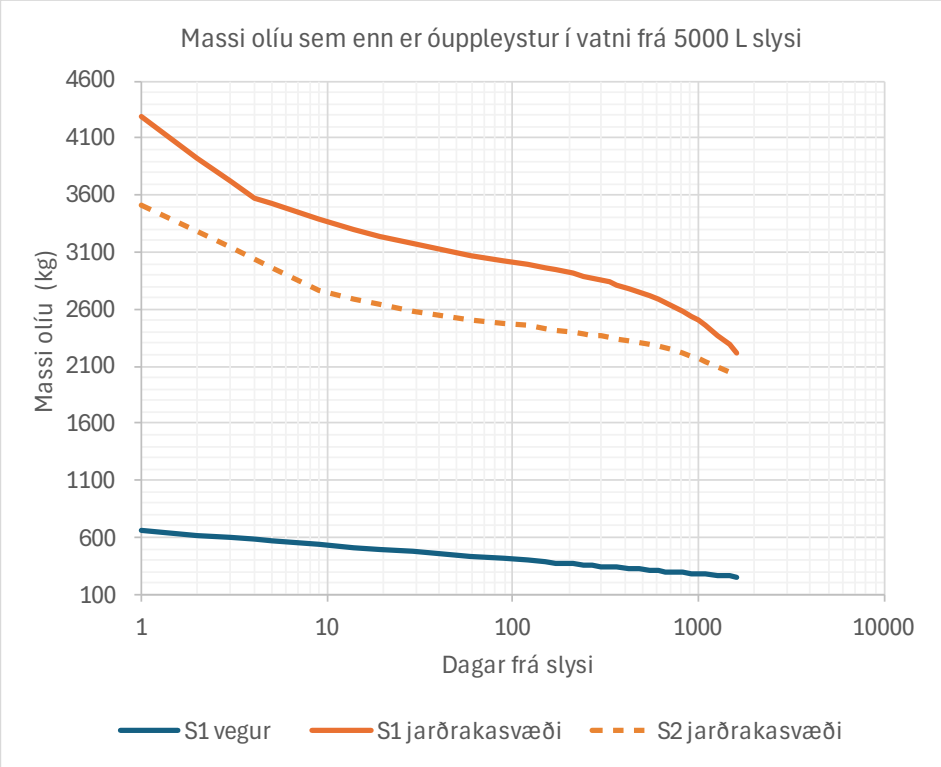
Í niðurstöðum verkefnisins fyrir Veitur er dreginn fram massi olíu sem enn er óuppleystur í vatni frá 5000 L olíuslysi í vegstæði og jarðrakasvæði upptakastaðar 1 og í jarðrakasvæði upptakastaðar 2, fyrir valdar tímasetningar yfir allan keyrslutímann fjögur og hálft ár (1610 daga), sjá mynd 28. Út frá þeim niðurstöðum má leggja gróft mat á massa olíu sem berst í vatnsfasa (grunnvatn) daglega yfir keyrslutímann. Gert er ráð fyrir að niðurstöður um óuppleysta olíu í vegstæði upptakastaðar 1 eigi við báða upptakastaði. Að sama skapi er gert ráð fyrir að niðurstöðurnar greini frá öllum massa sem óuppleystur er við upptakastað á hverjum tíma.

Mynd 29 sýnir þannig mat á massa olíu sem berst til grunnvatns eftir 5000 L olíuslys á upptakastað 1 sem er á aðrennslissvæði Gvendarbrunna og Jaðars og á upptakastað 2 sem er á aðrennslissvæði

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

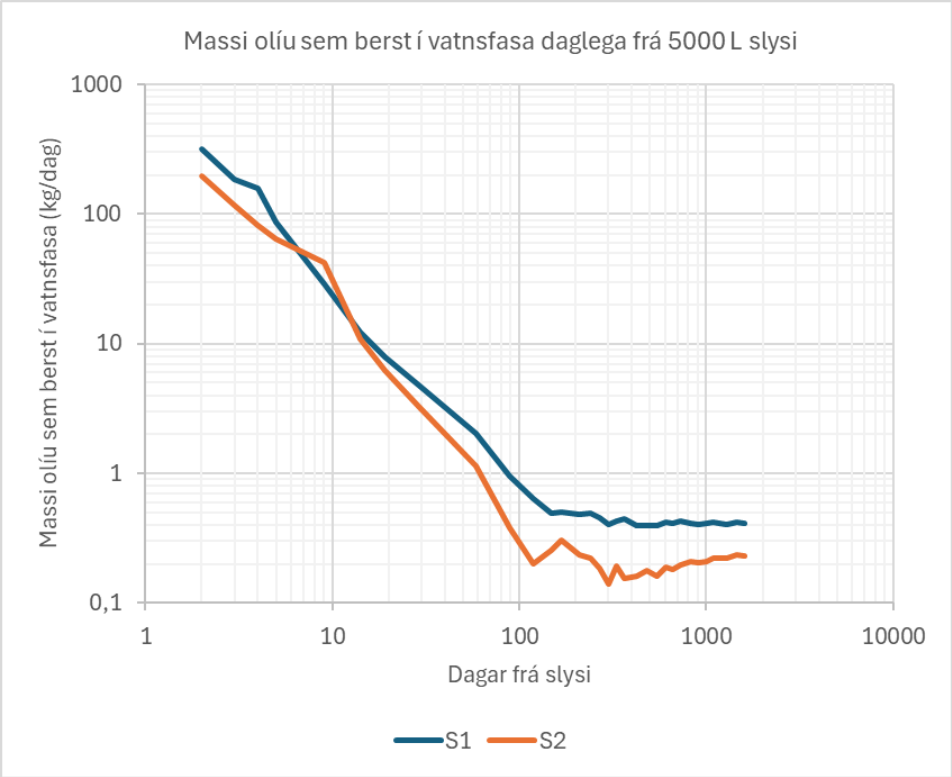
Myllulækjar. Styrkur olíunnar í vatni helgast af leysnistyrk hennar, sem gert er ráð fyrir að sé um 40 mg/L (40 ppm). Þannig getur olía ekki borist í vatnið umfram mettunarstyrk hennar í vatninu og því þarf vatnsstraumurinn að flytja þá olíu sem leyst hefur verið upp í vatninu í burtu til að mynda rými fyrir meiri olíu til að leysast upp. Í upphafi slyss er nóg af ómenguðu vatni og geta vatnsleiðarans mikil til að taka við þeirri olíu sem nær að leysast upp í vatnsfasanum. Því verður massastreymið hátt til að byrja með, en á öðrum degi reiknast ríflega 300 kg/dag af olíu sem berast í grunnvatnið á upptakastað 1 og um 200 kg/dag á upptakastað 2. Massastreymið er lægra á upptakastað 2 á þessum tímapunkti þar sem þegar hefur borist mun meira magn af olíu til grunnvatns þar en á upptakastað 1, ef tekið er mið af hversu mikið er enn eftir óuppleyst á jarðrakasvæði (mynd 28). Massastreymið minnkar síðan hratt eftir því sem ómettað rúmmál verður takmarkaðra. Eftir 10 daga hefur massastreymið fallið um stærðargráðu og er komið niður í um 20-30 kg/dag. Að 100 dögum liðnum hefur massastreymið fallið um meira en stærðargráðu og er komið niður í um 0,8 kg/dag á upptakastað 1 og 0,3 kg/dag á upptakastað 2. Eftir það fer að hægjast verulega á breytingum, og þegar tíminn fer að telja í árum leitast massastreymið í nokkurs konar jafnvægi, um 0,4 kg/dag á upptakastað 1 og um 0,2 kg/dag á upptakastað 2.

Til samanburðar sýnir mynd 30 þann massa olíu sem hefur verið uppleystur í vatni eftir 5000 L olíuslys á upptakastöðum 1 og 2 eftir því sem líður frá slysi, auk þess massa olíu sem enn er óuppleystur í vatni við upptakastað. Eftir um fjögur ár (1460 daga) hefur helmingur olíunnar verið leystur upp í vatni og borist með grunnvatnsleiðaranum á upptakastað 1 en nokkru fyrr á upptakastað 2, eða eftir ríflega 800 daga.

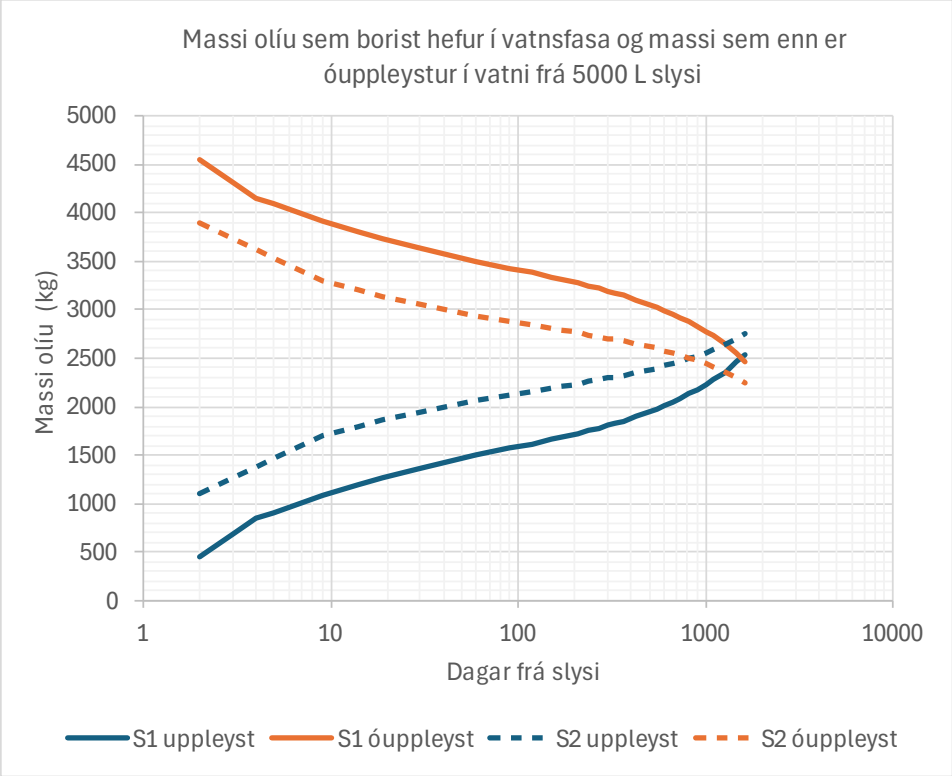


Mynd 28. Massi olíu sem enn er óuppleystur í vatnsfasa á hverjum tímapunkti frá 5000 L olíuslysi, fyrir vegstæði og jarðrakasvæði á upptakastað 1 (S1) og jarðrakasvæði á upptakastað 2 (S2) í Heiðmörk.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



Mynd 29. Massi olíu sem berst í vatnsfasa daglega frá 5000 L olíuslysi á upptakastað 1 (S1) og upptakastað 2 (S2) í Heiðmörk.



Mynd 30. Massi olíu sem borist hefur í grunnvatn og massi sem enn er óuppleystur í vatni frá 5000 L olíuslysi á upptakastað 1 (S1) og upptakastað 2 (S2) í Heiðmörk.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

D4. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1

Sá hluti olíunnar sem leysist upp í vatni flyst og dreifist með grunnvatnsstraumum. Frá upptakastað 1 berst uppleyst olía í átt að vatnsbólunum við Gvendarbrunna og Jaðar í 930 m fjarlægð innan 59 daga frá slysi (mynd 31). Á sniðunum má sjá hvernig olían berst eftir jarðlögunum frá upptakastað, styrkur olíu í vatni er sýndur á rauðleitum skala, grái liturinn sýnir jarðrakasvæðið, ljósblái liturinn er þar sem grunnvatnsborð er að sveiflast um og er því stundum hluti af jarðrakasvæðinu og stundum hluti af grunnvatnsleiðaranum. Uppleyst olían berst nokkuð djúpt í grunnvatnsleiðarann, um 20 – 40 metra, eftir staðsetningu, en þó í mjög mismiklum styrk (snið 1).

Að 167 dögum liðnum frá slysi reiknast hæsti styrkur uppleystrar olíu í næstu vinnsluholu, V-1, um 60 µg/L (60 ppb). Hefur þá olían borist langt með grunnvatnsstraumum og í Elliðavatn (mynd 32). Þótt í litlum styrk hefur olían víða náð niður um 40 metra í grunnvatnsleiðaranum. Hæstu styrkgildin liggja innan efstu 10-20 metranna. Sterkur leitarstraumurinn norðan Gvendarbrunna hrífur með sér uppleysta olíuna til vesturs og þynnir enn frekar. Á þessum tímapunkti má búast við að nálægt 1700 kg hafi verið leyst upp í vatni á upptakastað og borist með grunnvatnsstraumum (mynd 30) eða nálægt þriðjungur heildarmassans. Verulega hefur þó dregið úr massastreymi olíunnar til grunnvatns, hefur fallið um nokkrar stærðargráður og er það streymi við það að ná jafnvægi (mynd 29).

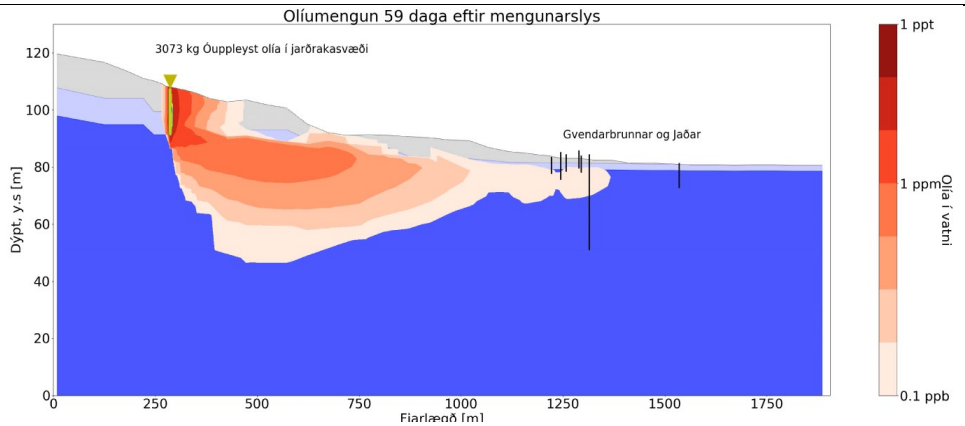
Á mynd 33 er sýnd dreifing olíu frá upptakastað 1 fjórum og hálfu ári (1610 dagar) eftir 5000 L mengunarslys. Enn er viðvarandi mengun, þótt styrkur hafi minnkað og berst olían áfram frá mengunarstað að vatnsbólum Gvendarbrunna og Jaðars, fer svo inn í Leitarstrauminn og inn í Elliða-vatn. Massastreymi olíunnar til grunnvatns á upptakastað er áfram í nokkurs konar jafnvægi nálægt 0,4 kg/dag en enn eru tæplega 2500 kg af óuppleystri olíu eftir á mengunarstað (mynd 30).

Mynd 34 til mynd 43 gefa heildstæðara yfirlit yfir dreifingu olíumengunarinnar frá upptakastað 1 á völdum tímum yfir keyrslutímann, fjögur og hálft ár.

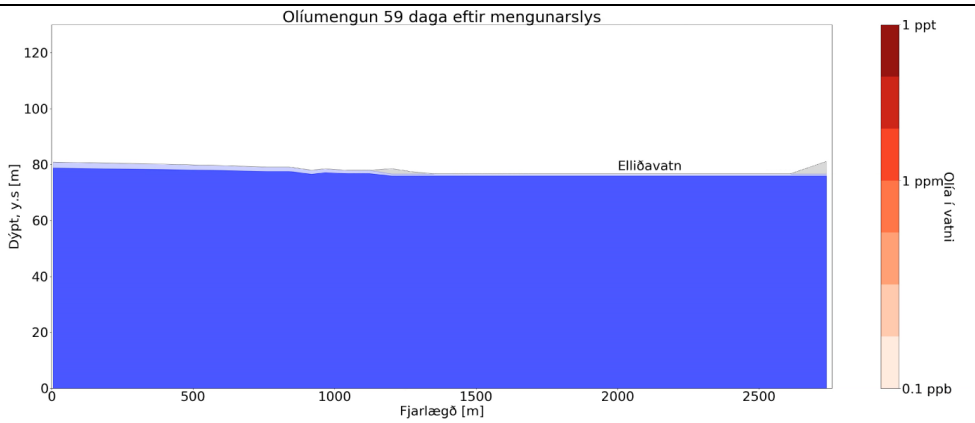
Mynd 44 sýnir þróun á reiknuðum hæsta styrk olíu í grunnvatni eftir sniði 1 milli upptakastaðar 1 (0 m fjarlægð) og vatnsbólasvæðis (hola V-1 í 930 m fjarlægð) fyrir 5000 L mengunarslys og valda mánuði liðna frá slysi. Hæsti styrkur á vatnsbólasvæðinu næst fram eftir um hálft ár, lækkar aðeins nokkrum mánuðum eftir það en lækkar verulega eftir að tíminn fer að telja í árum og virðist nást frekar stöðugt ástand með einungis smávægilega lækkun milli mánaða nálægt enda keyrslutímans.

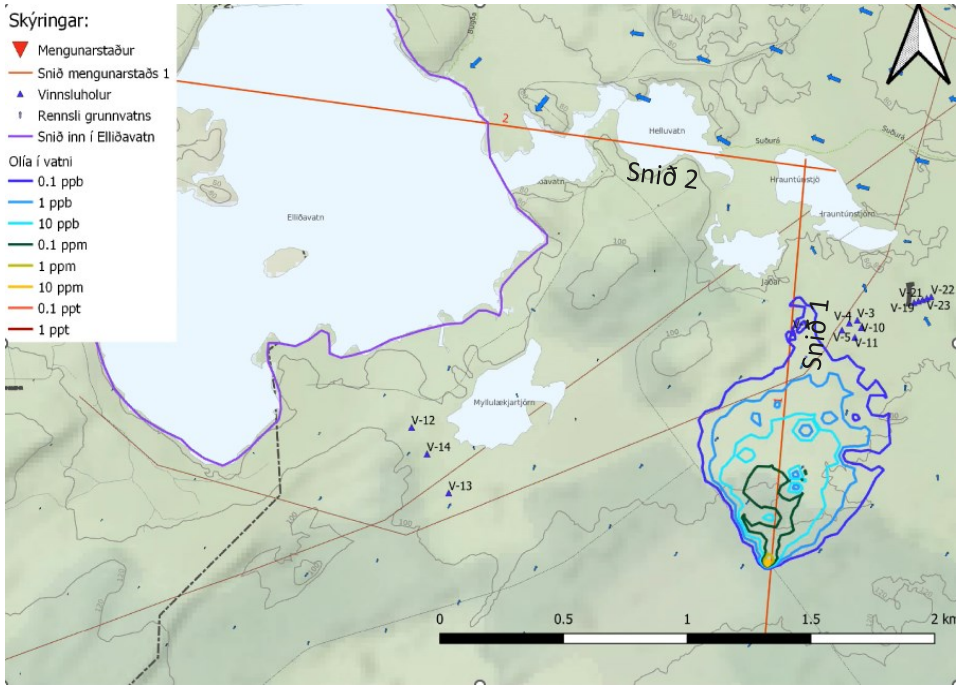
Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

Snið 1



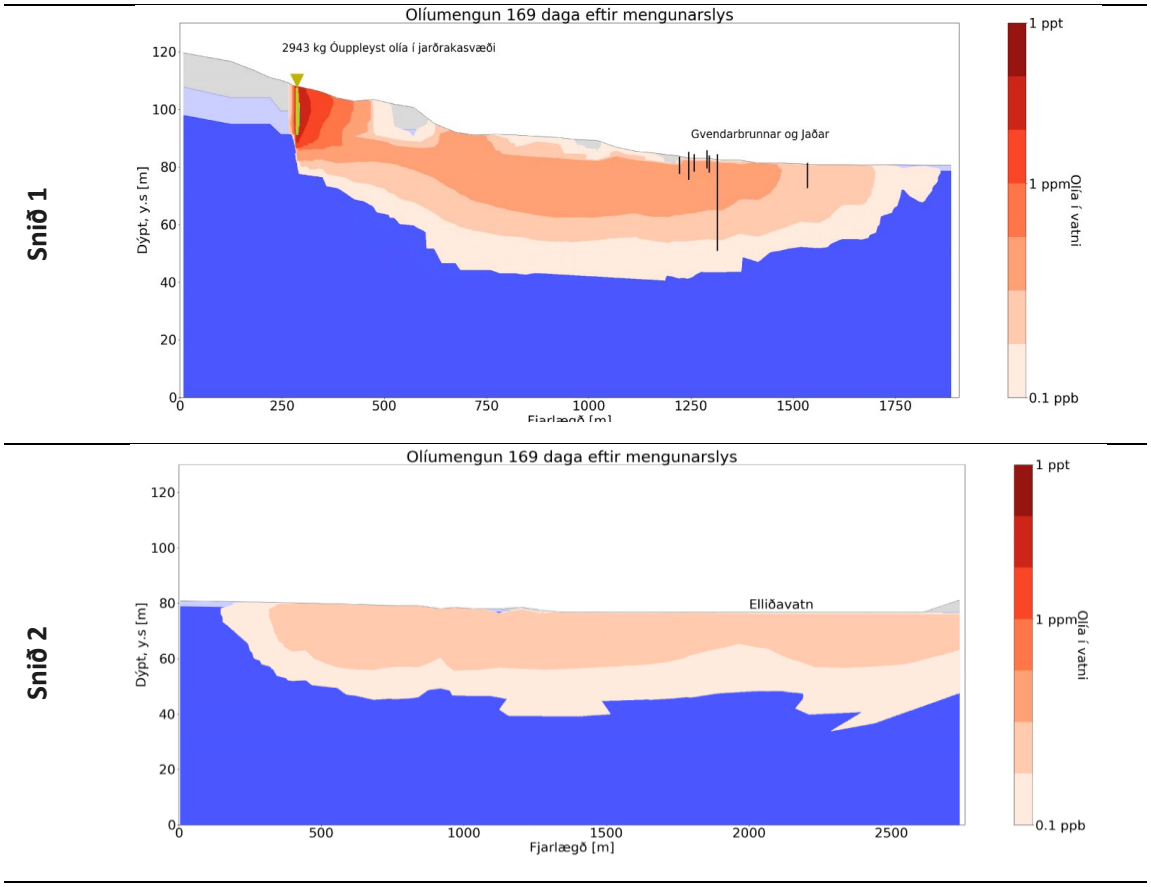
Snið 2

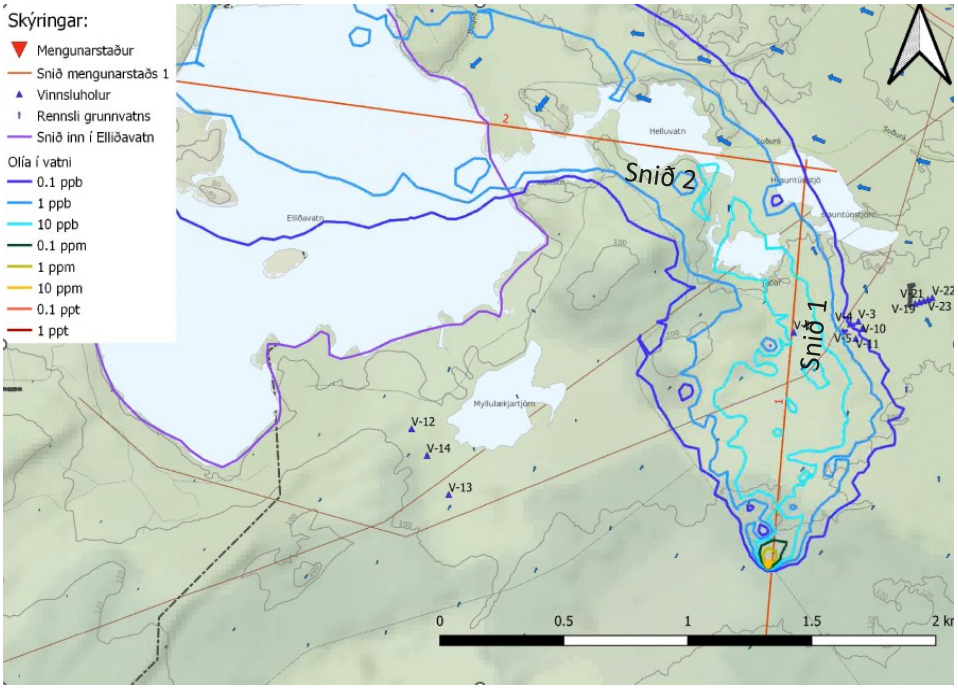




Mynd 31. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 59 dögum eftir slys þar sem 5000 L af olíu fara niður. Efst langsnið (Snið 1) eftir mengunarskýi frá upptakastað að vatnstökusvæðum í Heiðmörk. Fyrir miðju langsnið (Snið 2) frá Hrauntúnstjörn í Leitarhrauni að Elliðavatni. Neðst yfirlitsmynd yfir dreifingu mengunar frá upptakastað.

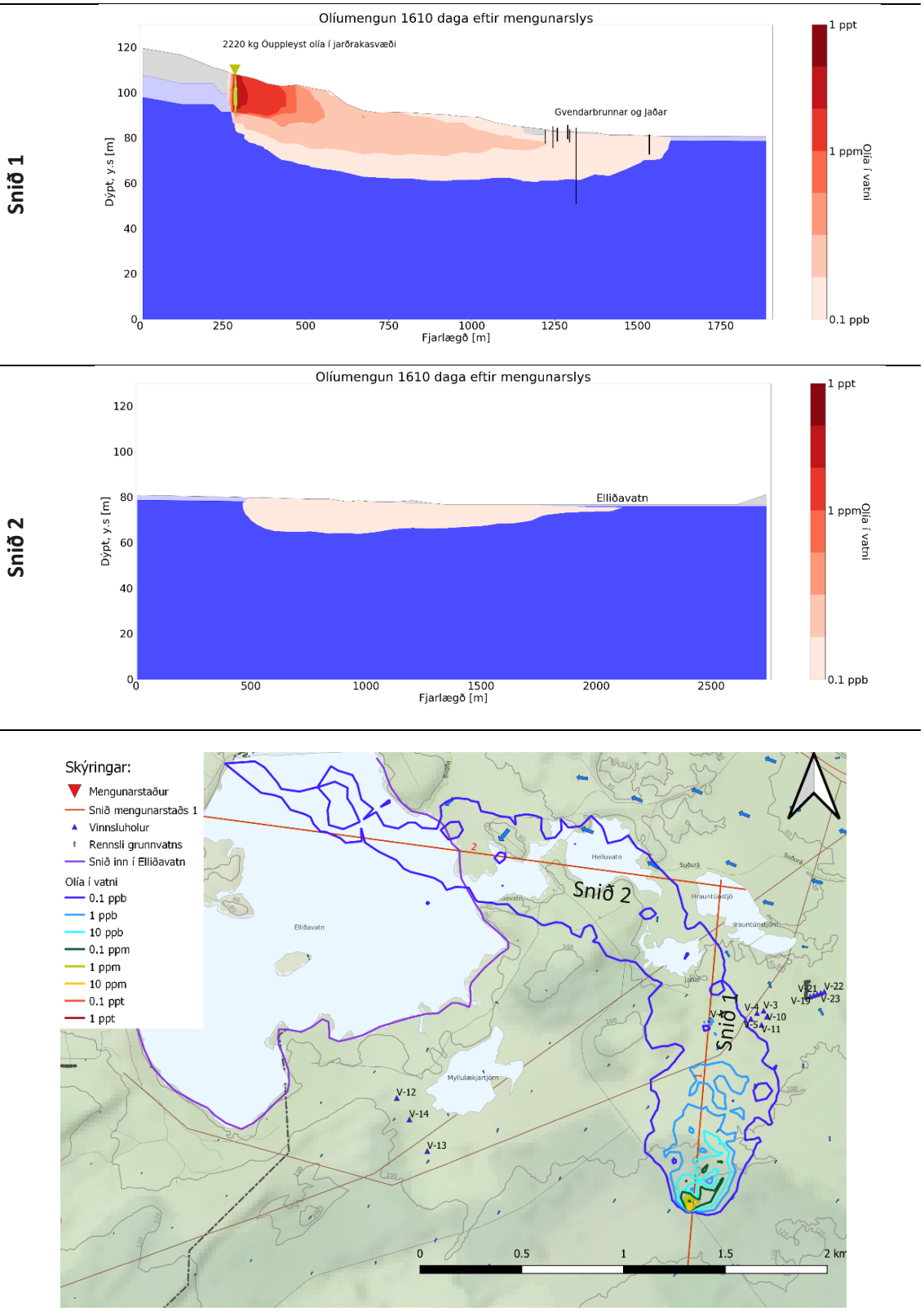
Skjal sótt af '000000000' dags: 25.10.2026





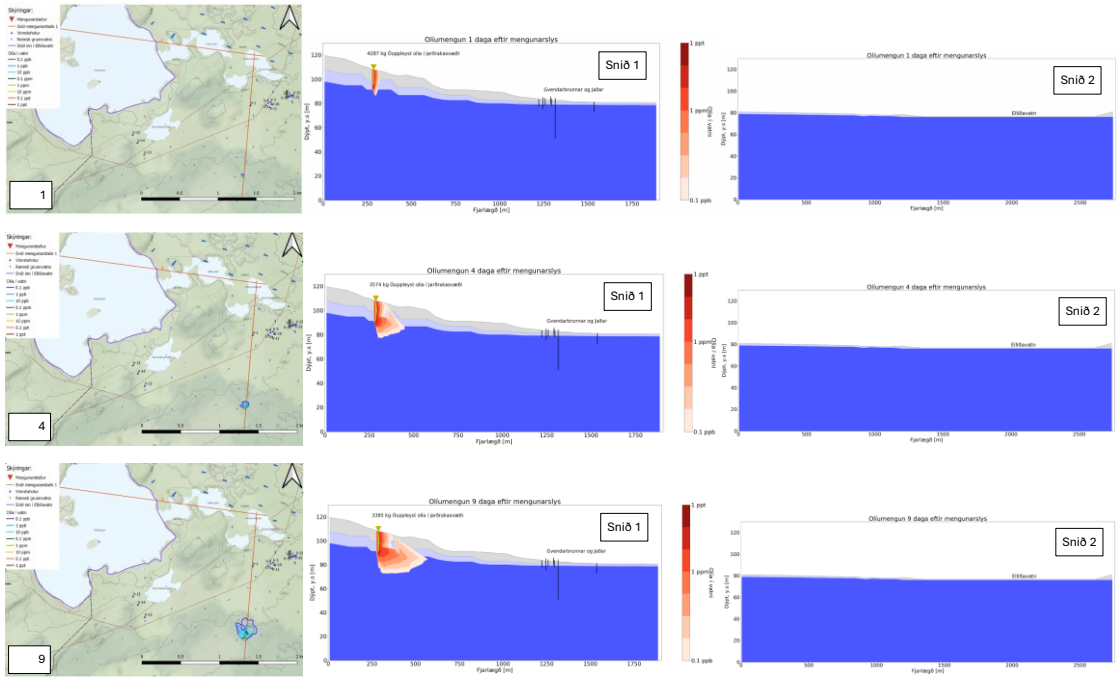
Mynd 32. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 169 dögum eftir mengunarslys þar sem 5000 L af olíu fara niður. Efst langsnið (Snið 1) eftir mengunarskýi frá upptakastað að vatnstökusvæðum í Heiðmörk. Fyrir miðju langsnið (Snið 2) frá Hrauntúnstjörn í Leitarhrauni að Elliðavatni. Neðst yfirlitsmynd yfir dreifingu mengunar frá upptakastað.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026

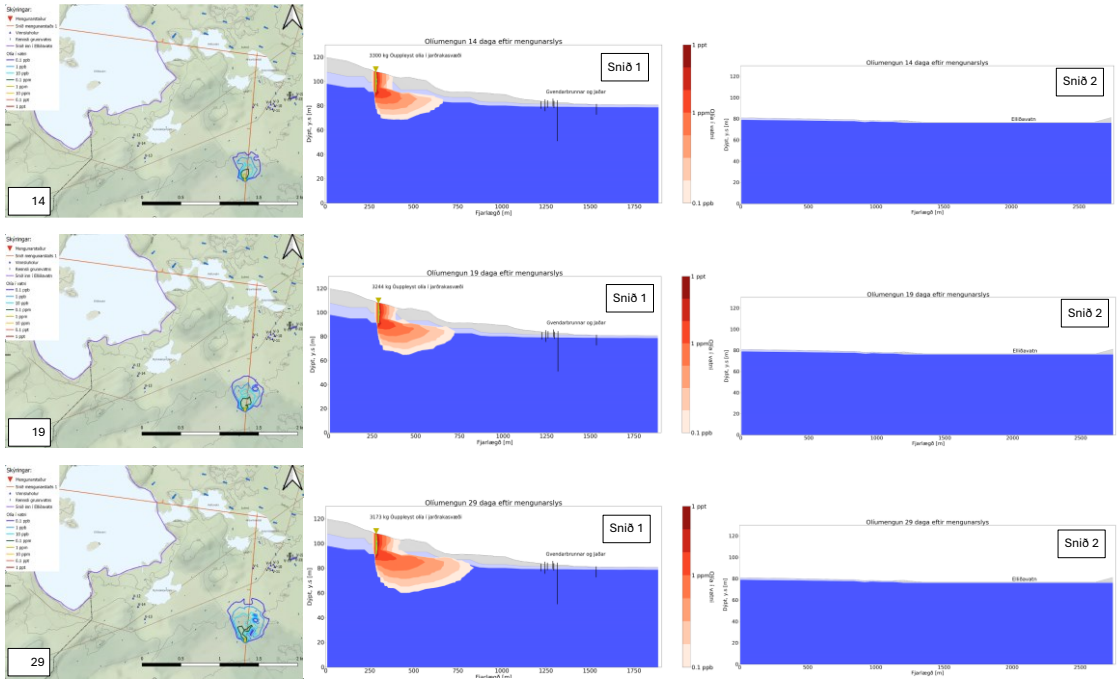


Mynd 33. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 1610 dögum eftir mengunarslys þar sem 5000 L af olíu fara niður. Efst langsnið (Snið 1) eftir mengunarskýi frá upptakastað að vatnstökusvæðum í Heiðmörk. Fyrir miðju langsnið (Snið 2) frá Hrauntúnstjörn í Leitarhrauni að Elliðavatni. Neðst yfirlitsmynd yfir dreifingu mengunar frá upptakastað.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

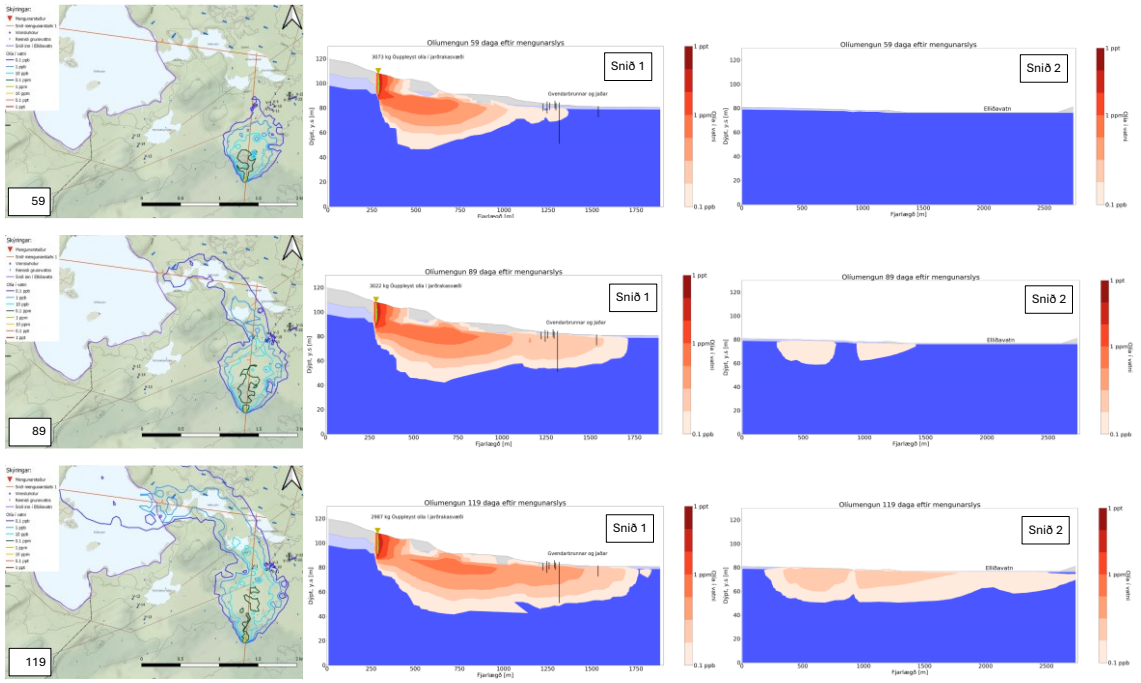


Mynd 34. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 1, 4 og 9 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

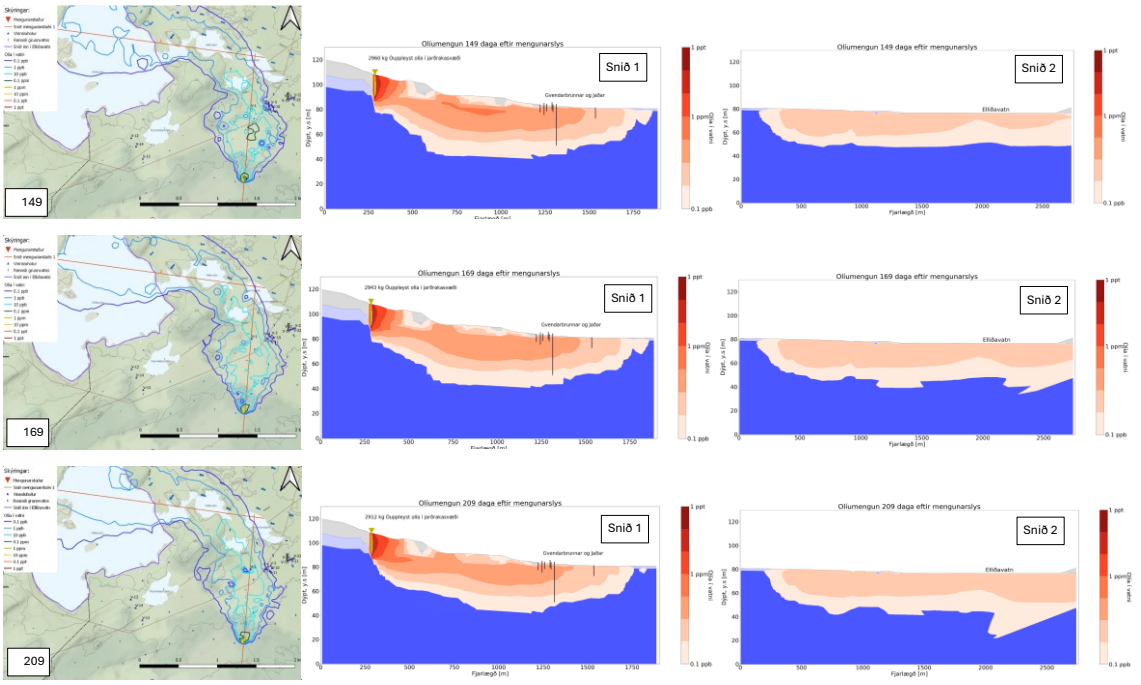


Mynd 35. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 14, 19 og 29 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

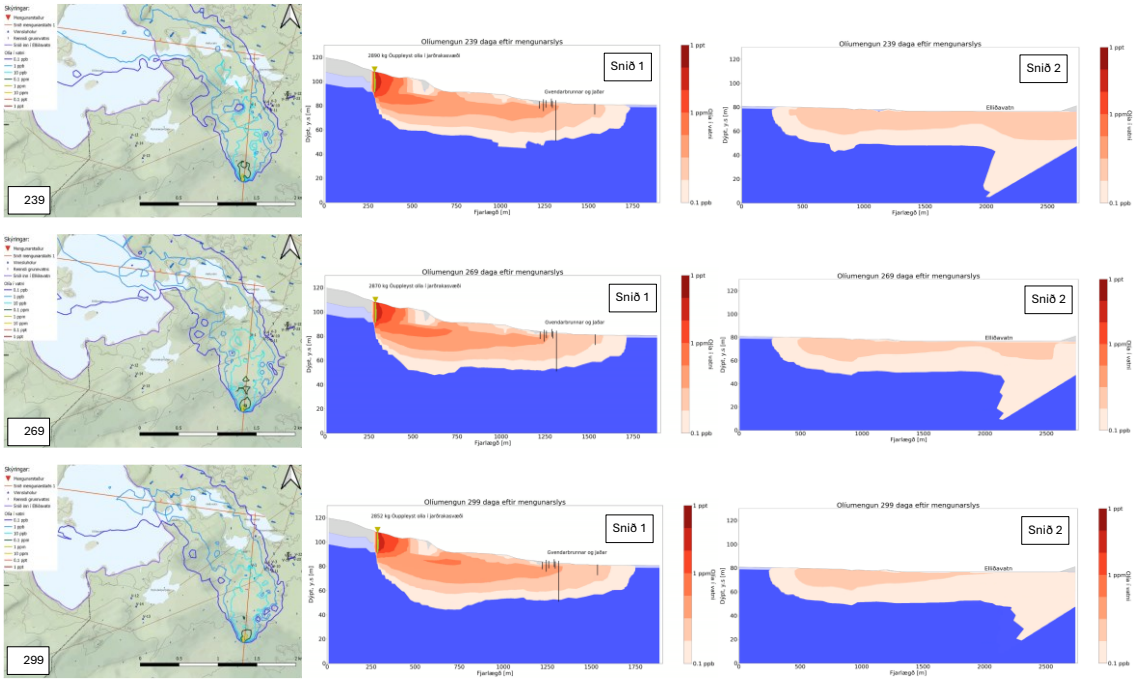


Mynd 36. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 59, 89 og 119 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

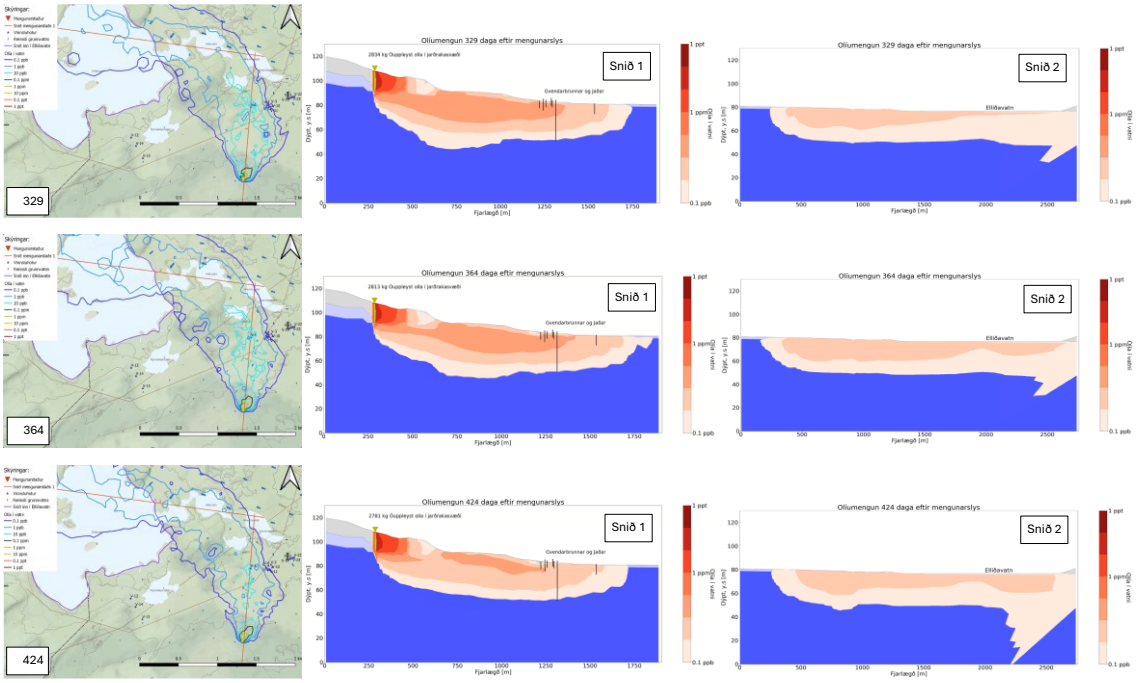


Mynd 37. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 149, 169 og 209 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

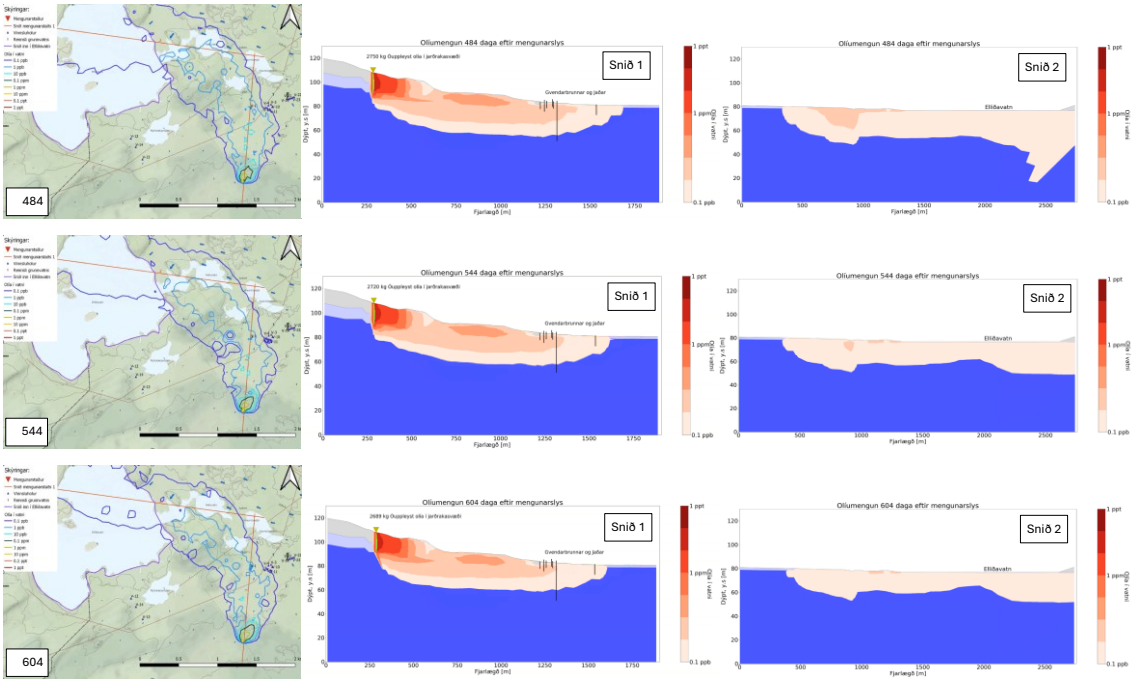


Mynd 38. Dreifing olíumengunar frá upptakstað 1, 239, 269 og 299 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

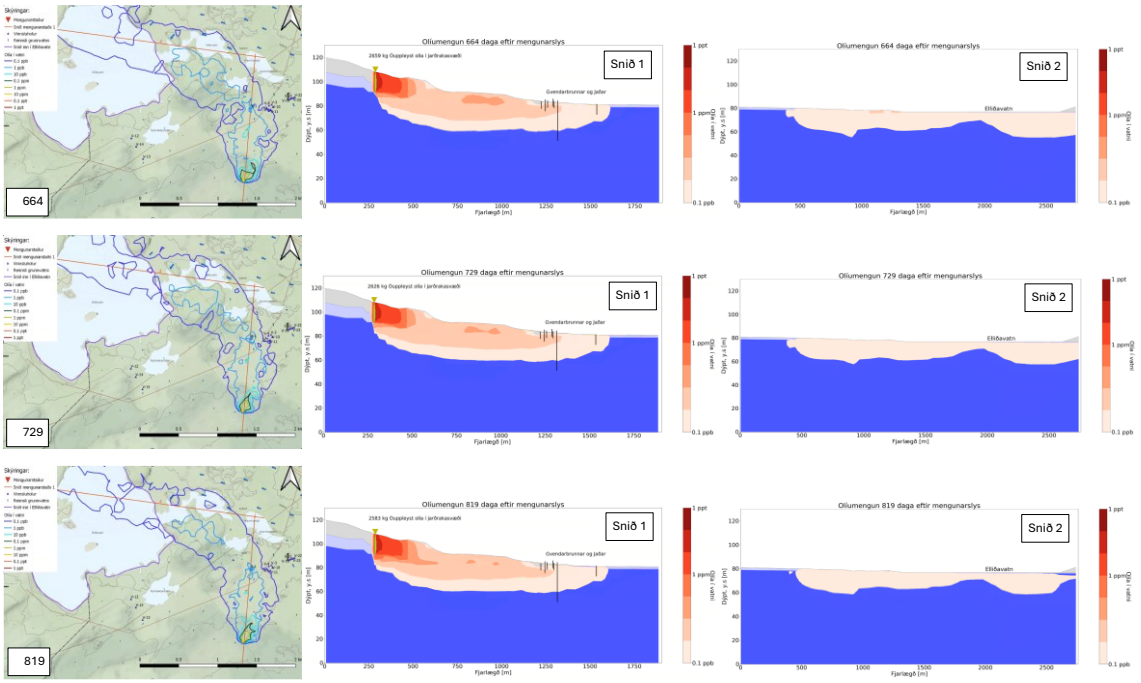


Mynd 39. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 329, 364 og 424 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

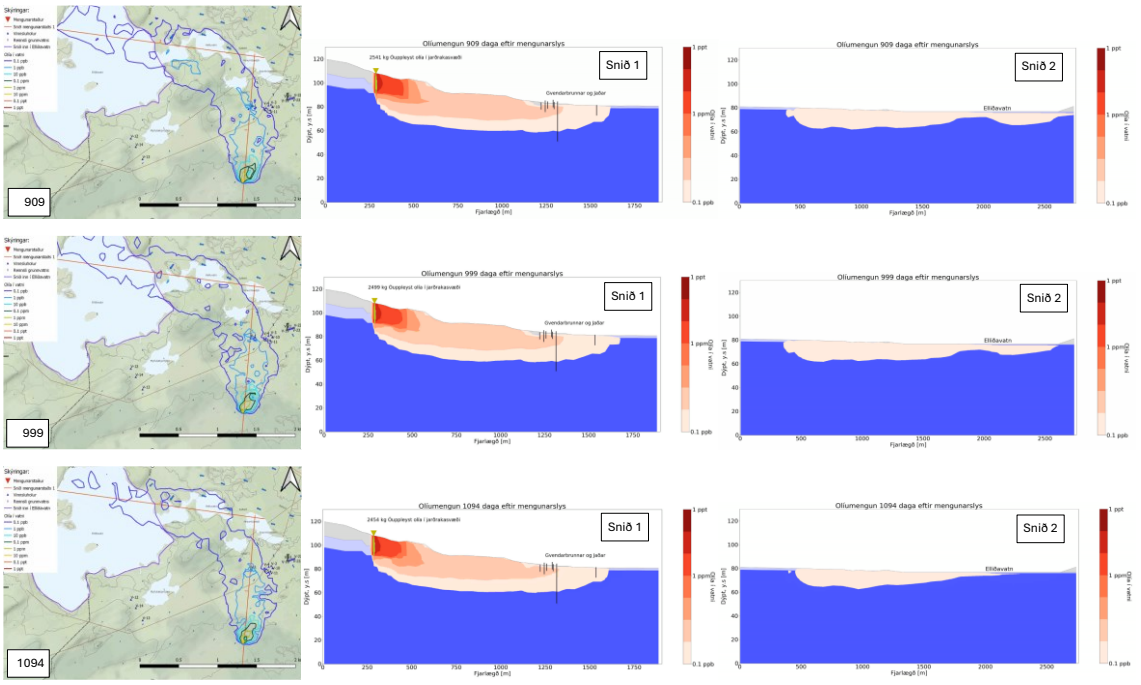


Mynd 40. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 484, 544 og 604 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

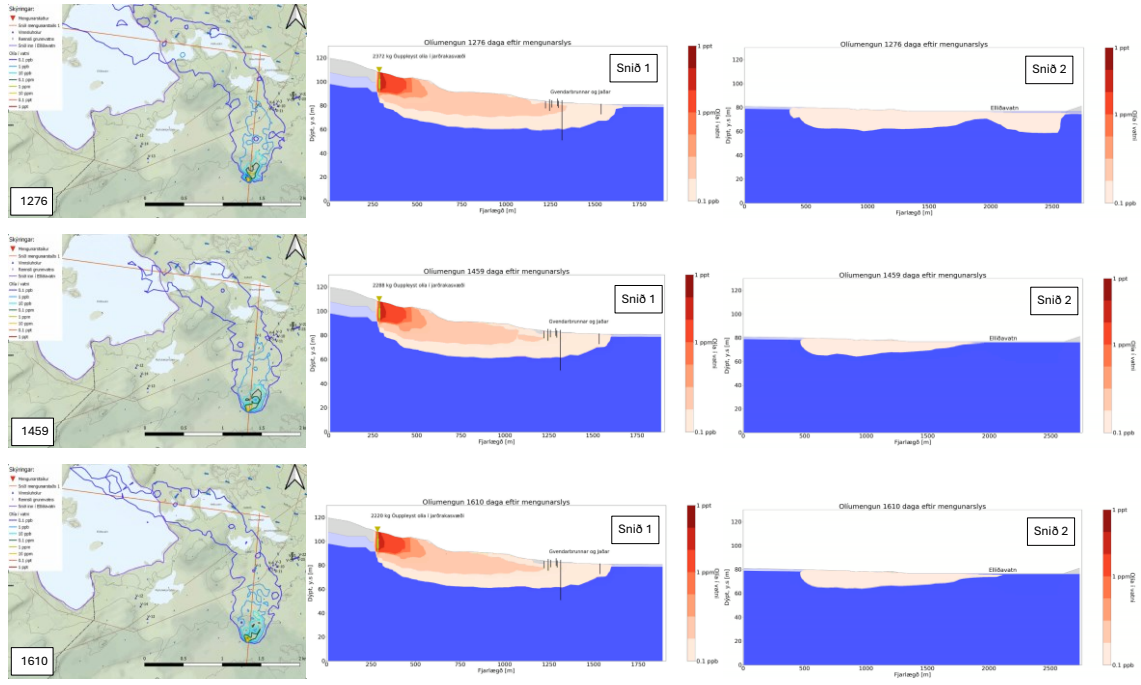


Mynd 41. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 664, 729 og 819 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

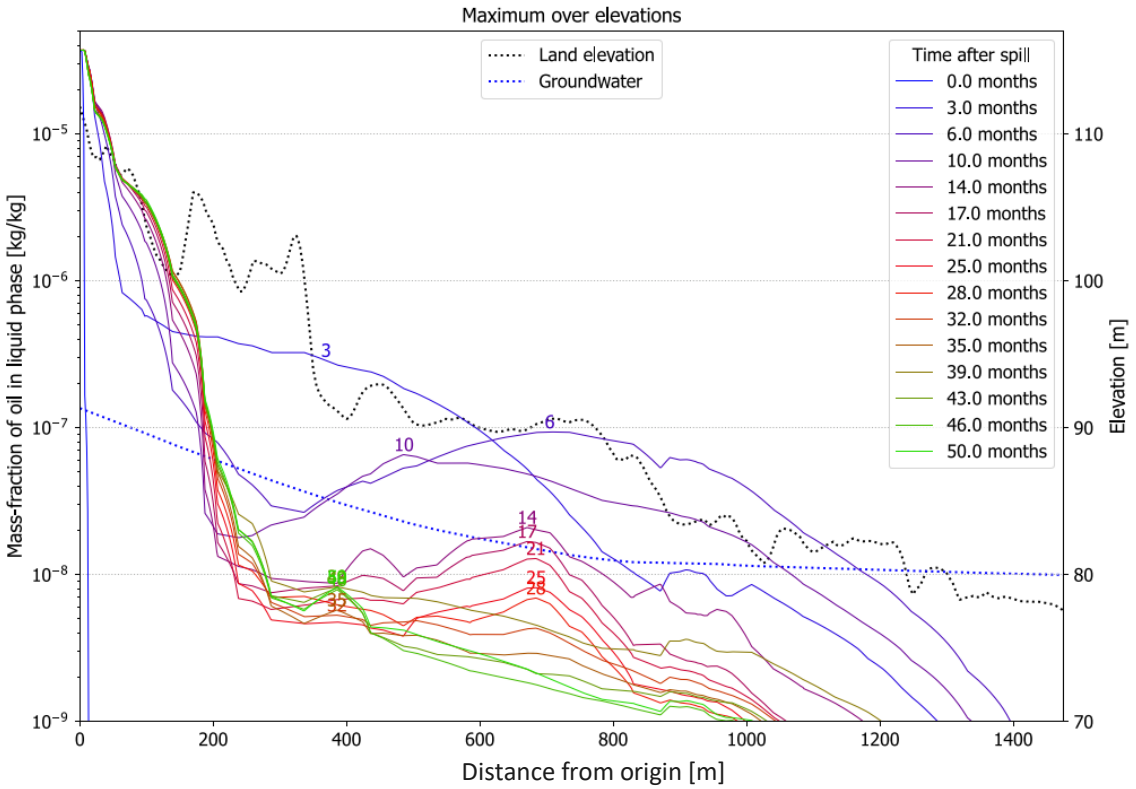


Mynd 42. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 909, 999 og 1094 dögum eftir 5000 L mengunarslys.



Mynd 43. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 1, 1276, 1459 og 1610 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



Mynd 44. Þróun á reiknuðum mesta styrk olíu í grunnvatni eftir sniði 1 milli upptakastaðar 1 (0 m fjarlægð) og vatnsbólasvæðis (930 m fjarlægð) fyrir 5000 L mengunarslys og valda mánuði liðna frá slysi.

D5. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2

Sá hluti olíunnar sem leysist upp í vatni flyst og dreifist með grunnvatnsstraumum. Frá upptakastað 2 berst uppleyst olía í átt að vatnsbólunum við Myllulæk í 440 m fjarlægð innan um 20 daga frá slysi (mynd 45). Á sniðinu má sjá hvernig olían berst eftir jarðlögunum frá upptakastað, styrkur olíu í vatni er sýndur á rauðleitum skala, grái liturinn sýnir jarðrakasvæðið, ljósblái liturinn er þar sem grunnvatnsborð er að sveiflast um og er því stundum hluti af jarðrakasvæðinu og stundum hluti af grunnvatnsleiðaranum. Uppleyst olían berst nokkuð djúpt í grunnvatnsleiðarann, um 10 – 20 metra, eftir staðsetningu, en þó í mjög mismiklum styrk (snið 3).

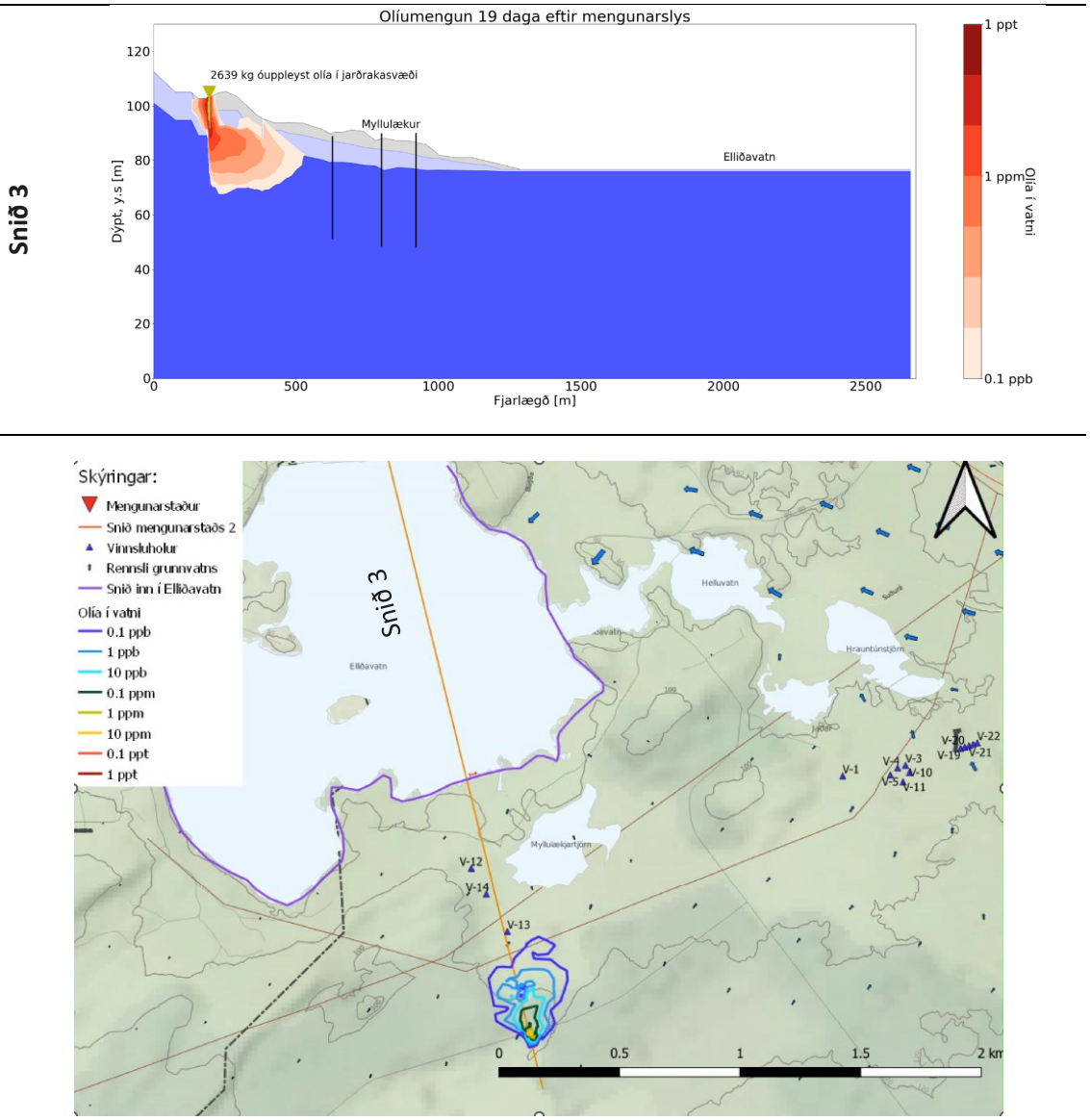
Að 89 dögum liðnum frá slysi reiknast hæsti styrkur uppleystrar olíu í næstu vinnsluholu, V-13, um 85 µg/L (85 ppb). Hefur þá olían borist langt með grunnvatnsstraumum og í Elliðavatn (mynd 46). Þótt í litlum styrk hefur olían víða náð niður um 30 metra í grunnvatnsleiðaranum. Hæstu styrkgildin liggja innan efstu 10-15 metranna. Þótt ekki eins afgerandi og norðan upptakastaðar 1 þá færist uppleysta olían til vesturs norðan Myllulækjar og þynnist enn frekar. Á þessum tímapunkti má búast við að nálægt 2100 kg hafi verið leyst upp í vatni á upptakastað og borist með grunnvatnsstraumum (mynd 30) eða ríflega 40% heildarmassans. Verulega hefur þó dregið úr massastreymi olíunnar til grunnvatns, hefur fallið um nokkrar stærðargráður og styttist í að það streymi nái jafnvægi (mynd 29).

Á mynd 47 er sýnd dreifing olíu frá staðsetningu 2 fjórum og hálfu ári (1610 dagar) eftir 5000 L mengunarslys. Enn er viðvarandi mengun, þótt styrkur hafi minnkað og berst olían áfram frá mengunarstað að vatnsbólum Myllulækjar, fer svo inn í Elliðavatn. Massastreymi olíunnar til

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

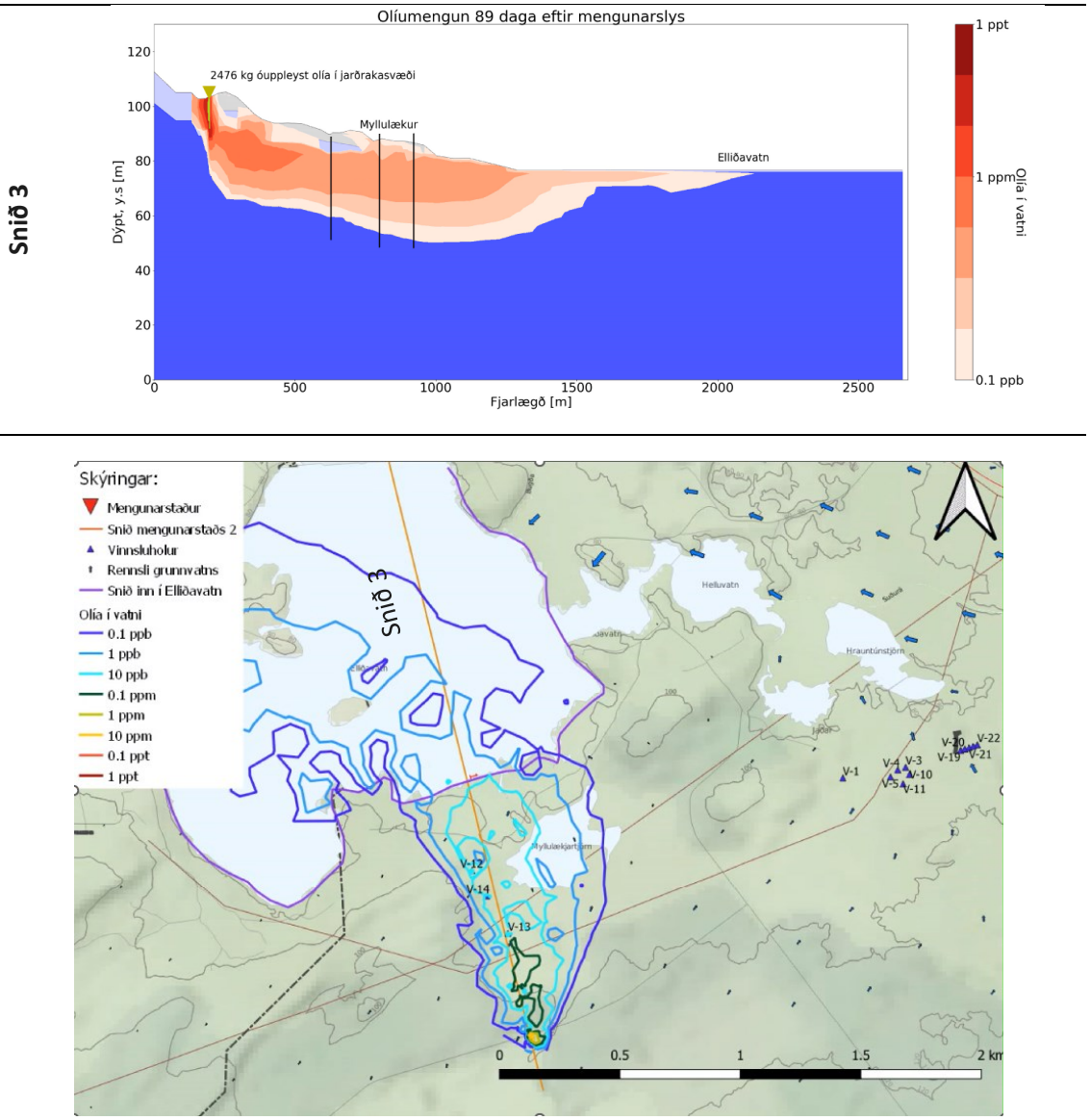
grunnvatns á upptakastað er í nokkurs konar jafnvægi nálægt 0,2 kg/dag en enn er ríflega 2200 kg af óuppleystri olíu eftir á mengunarstað (mynd 30).

Mynd 48 til mynd 57 gefa heildstæðara yfirlit yfir dreifingu olíumengunarinnar frá upptakastað 2 á völdum tímum yfir keyrslutímann, fjögur og hálft ár.



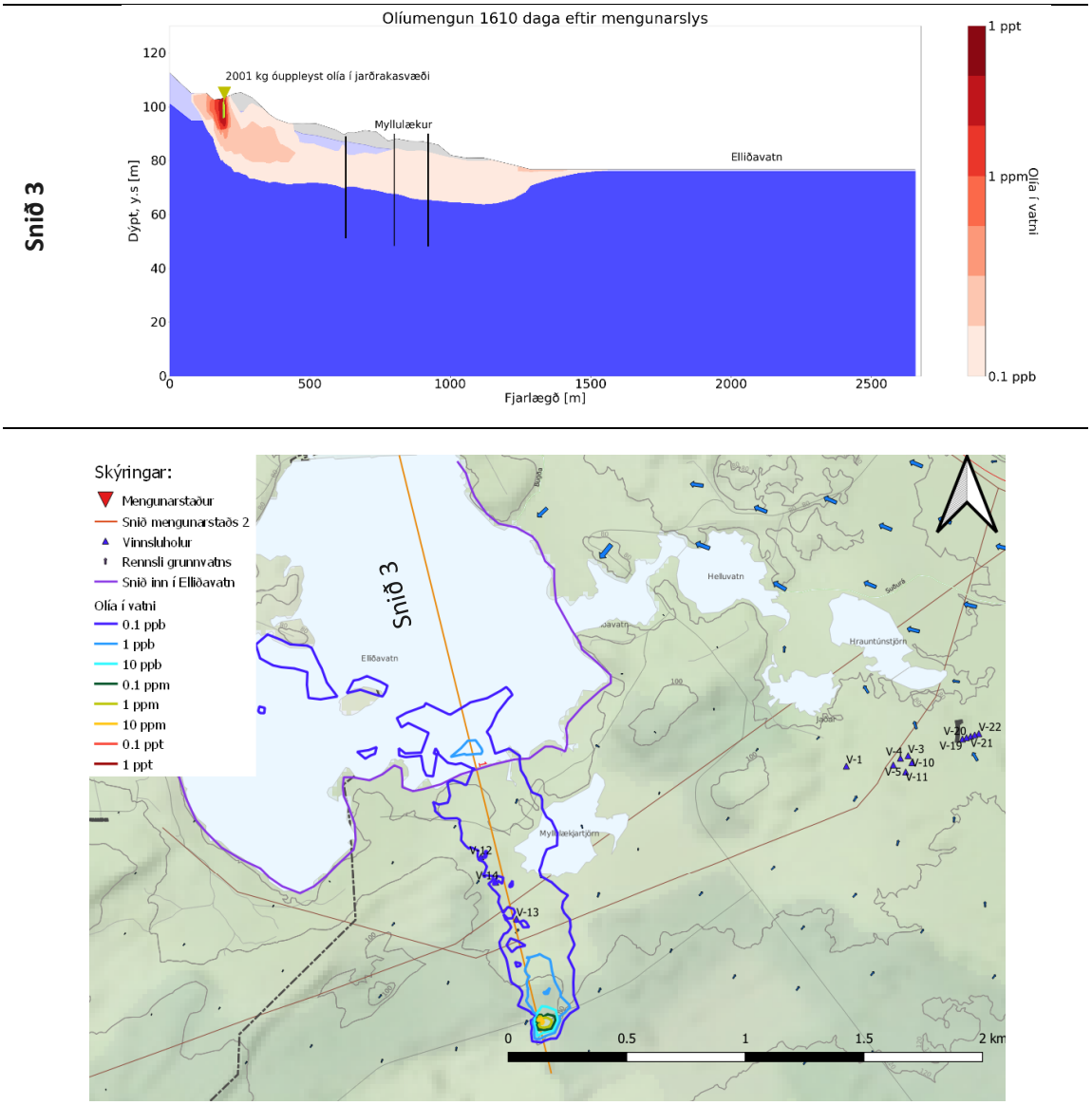
Mynd 45. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 19 dögum eftir mengunarslys þar sem 5000 L af olíu fara niður. Efst langsnið (Snið 3) eftir mengunarskýi frá upptakastað að vatnstökusvæðinu í Myllulæk. Neðst yfirlitsmynd yfir dreifingu mengunar frá upptakastað.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026



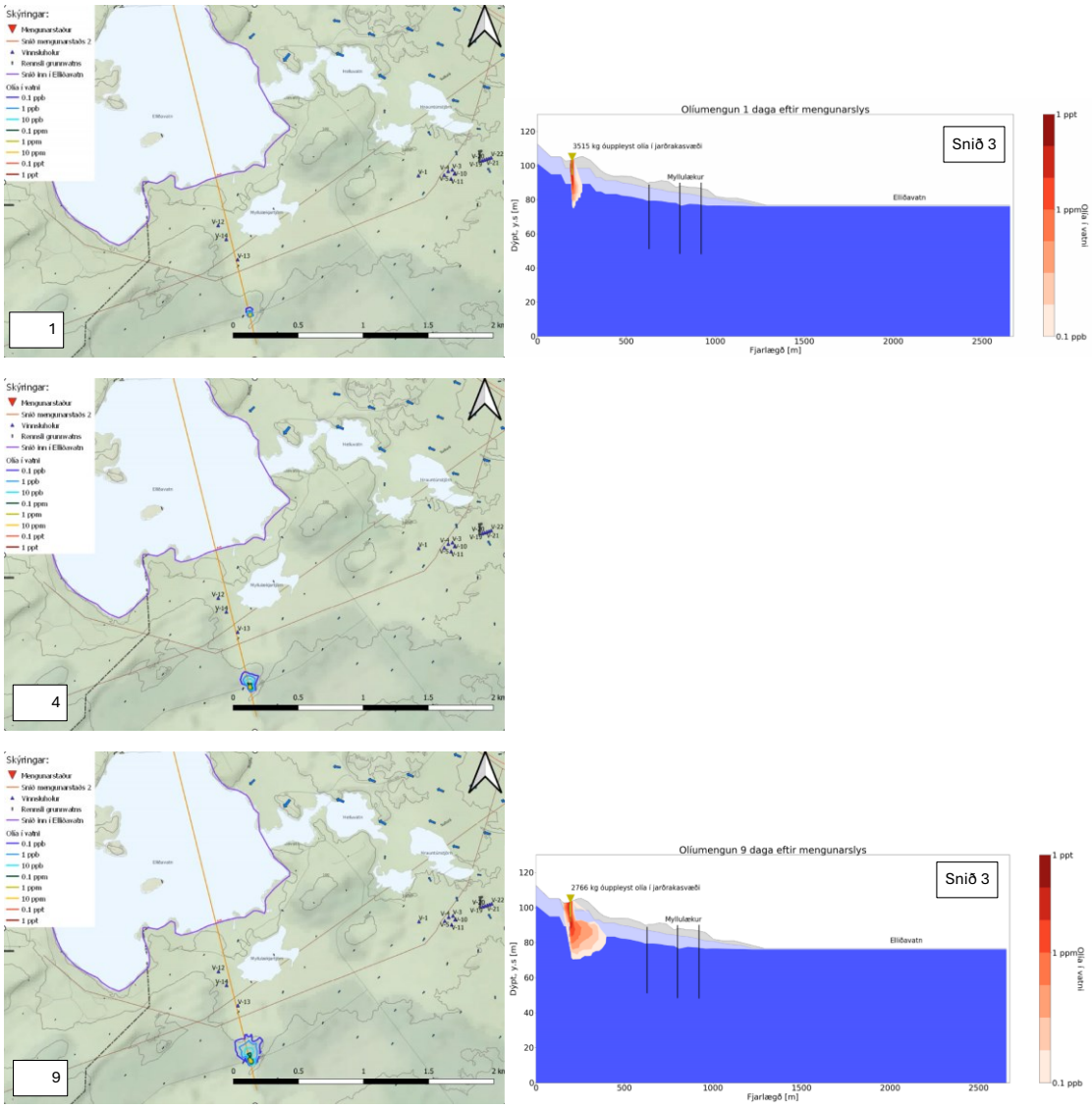
Mynd 46. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 89 dögum eftir mengunarslys þar sem 5000 L af olíu fara niður. Efst langsnið (Snið 3) eftir mengunarskýi frá upptakastað að vatnstökusvæðinu í Myllulæk. Neðst yfirlitsmynd yfir dreifingu mengunar frá upptakastað.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



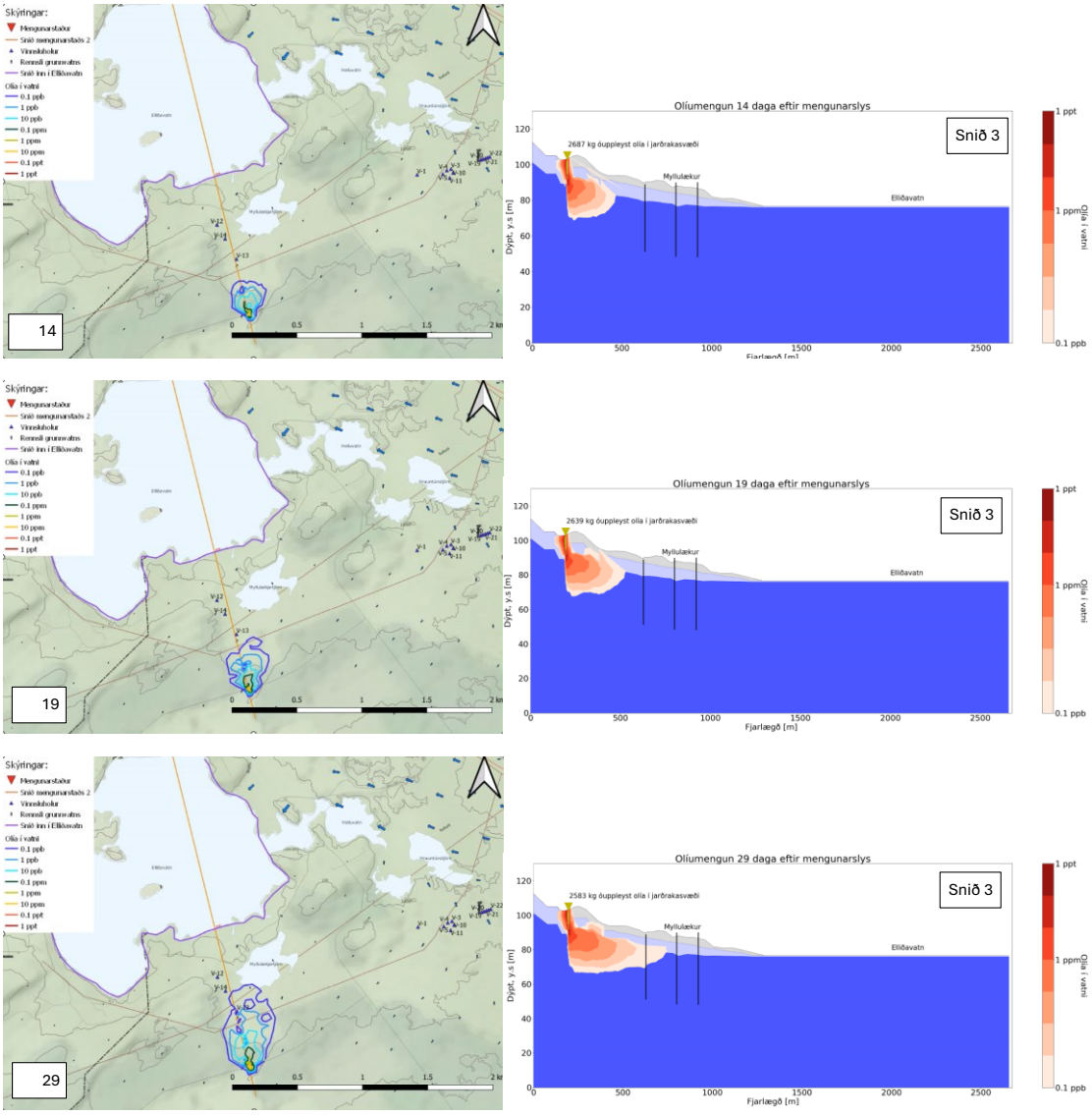
Mynd 47. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 1610 dögum eftir mengunarslys þar sem 5000 L af olíu fara niður. Efst langsnið (Snið 3) eftir mengunarskýi frá upptakastað að vatnstökusvæðinu í Myllulæk. Neðst yfirlitsmynd yfir dreifingu mengunar frá upptakastað.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026



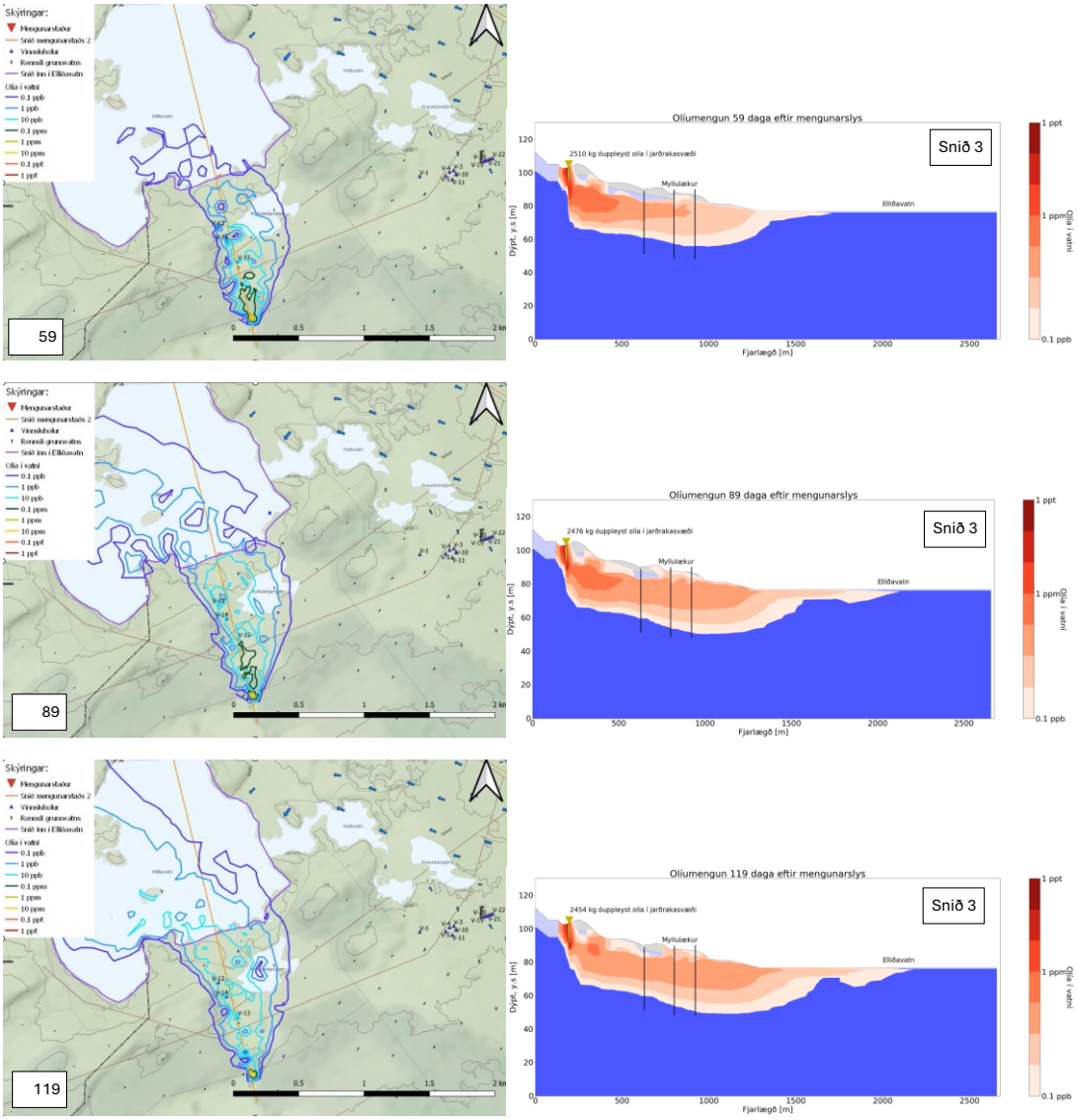
Mynd 48. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 1, 4 og 9 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



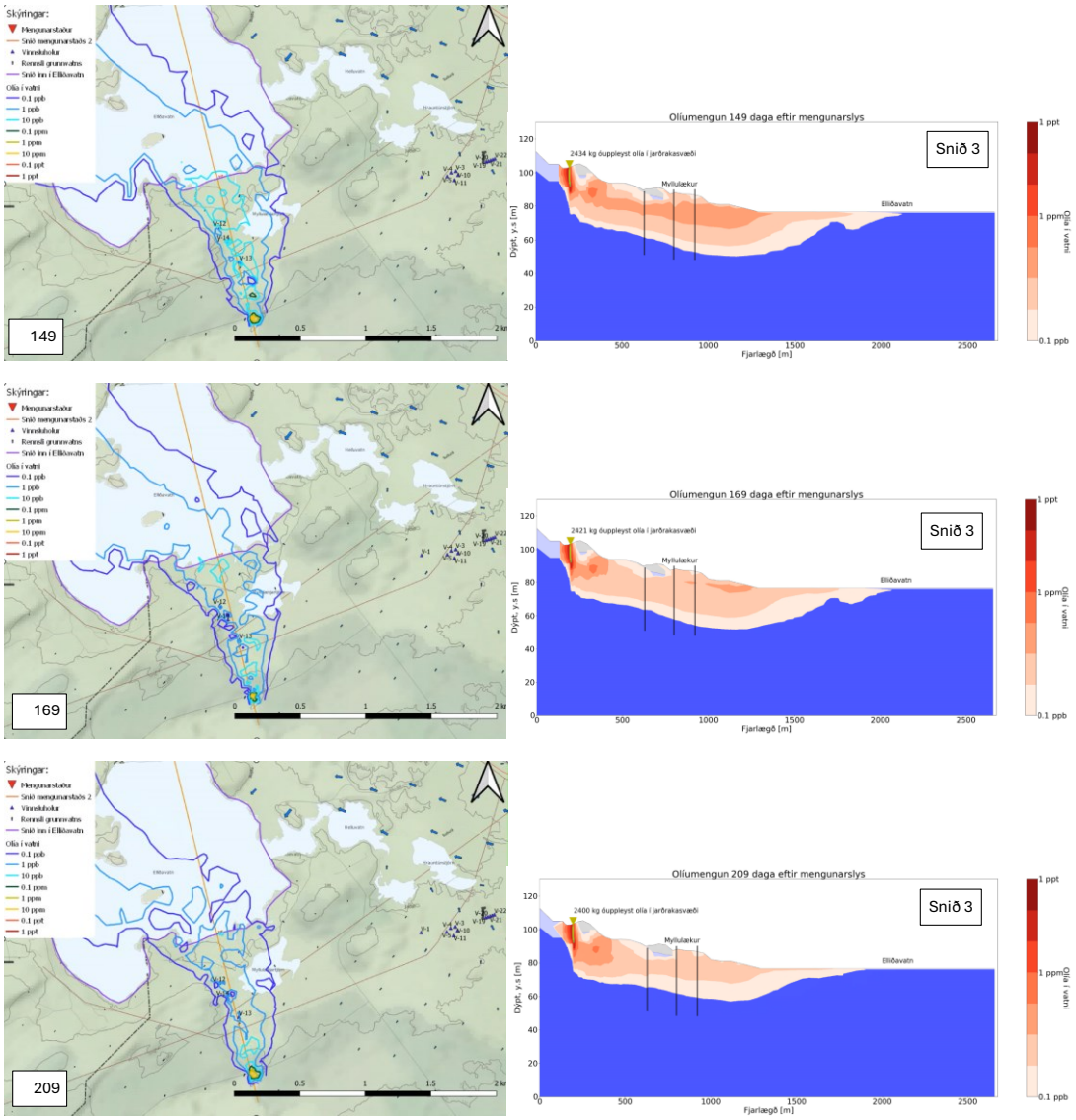
Mynd 49. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 14, 19 og 29 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

Skjal sótt af '000000000' dags: 25.10.2026



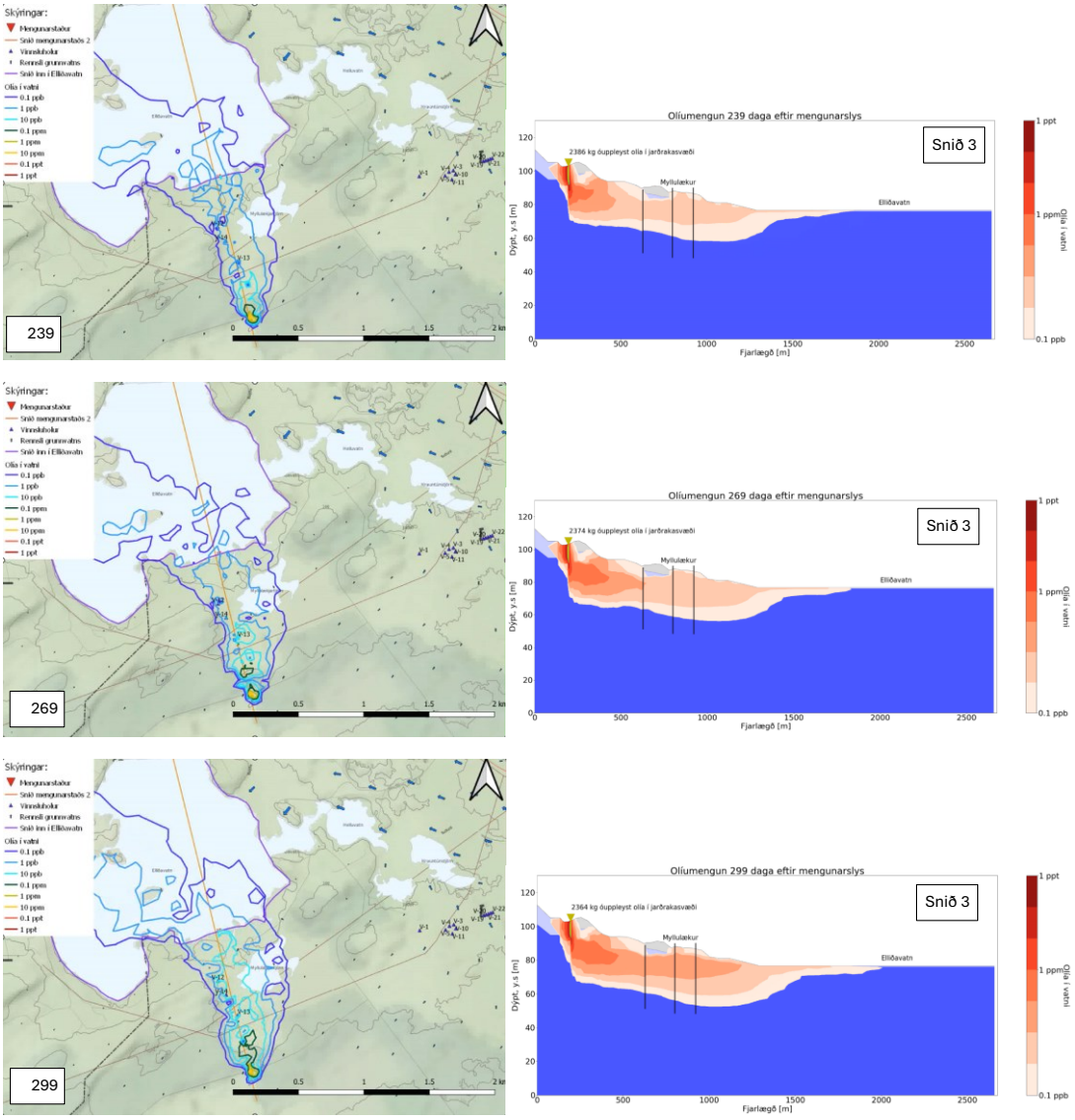
Mynd 50. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 59, 89 og 119 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026



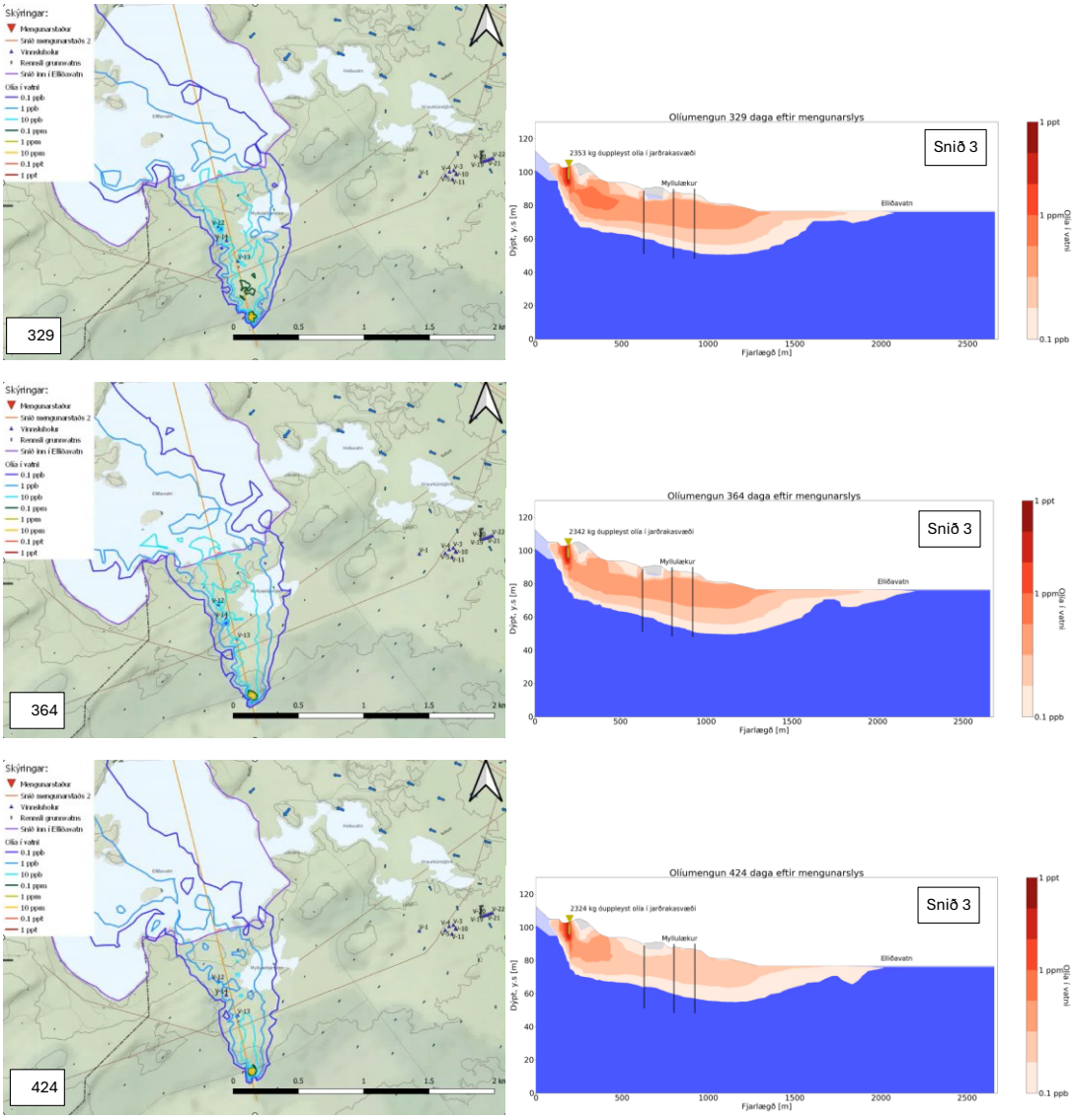
Mynd 51. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 149, 169 og 209 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026



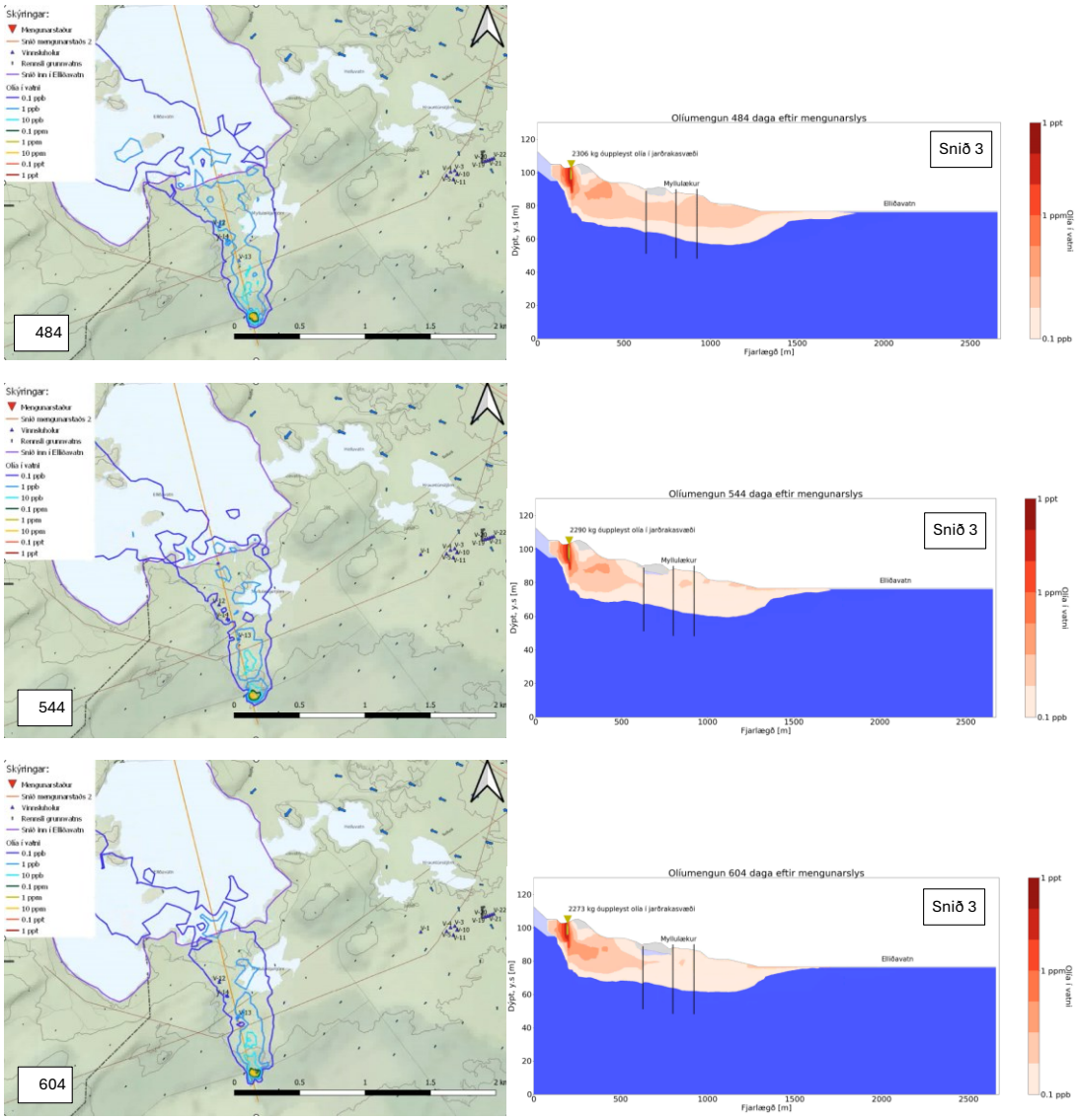
Mynd 52. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 239, 269 og 299 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

Skjal sótt af '000000000' dags: 25.10.2026



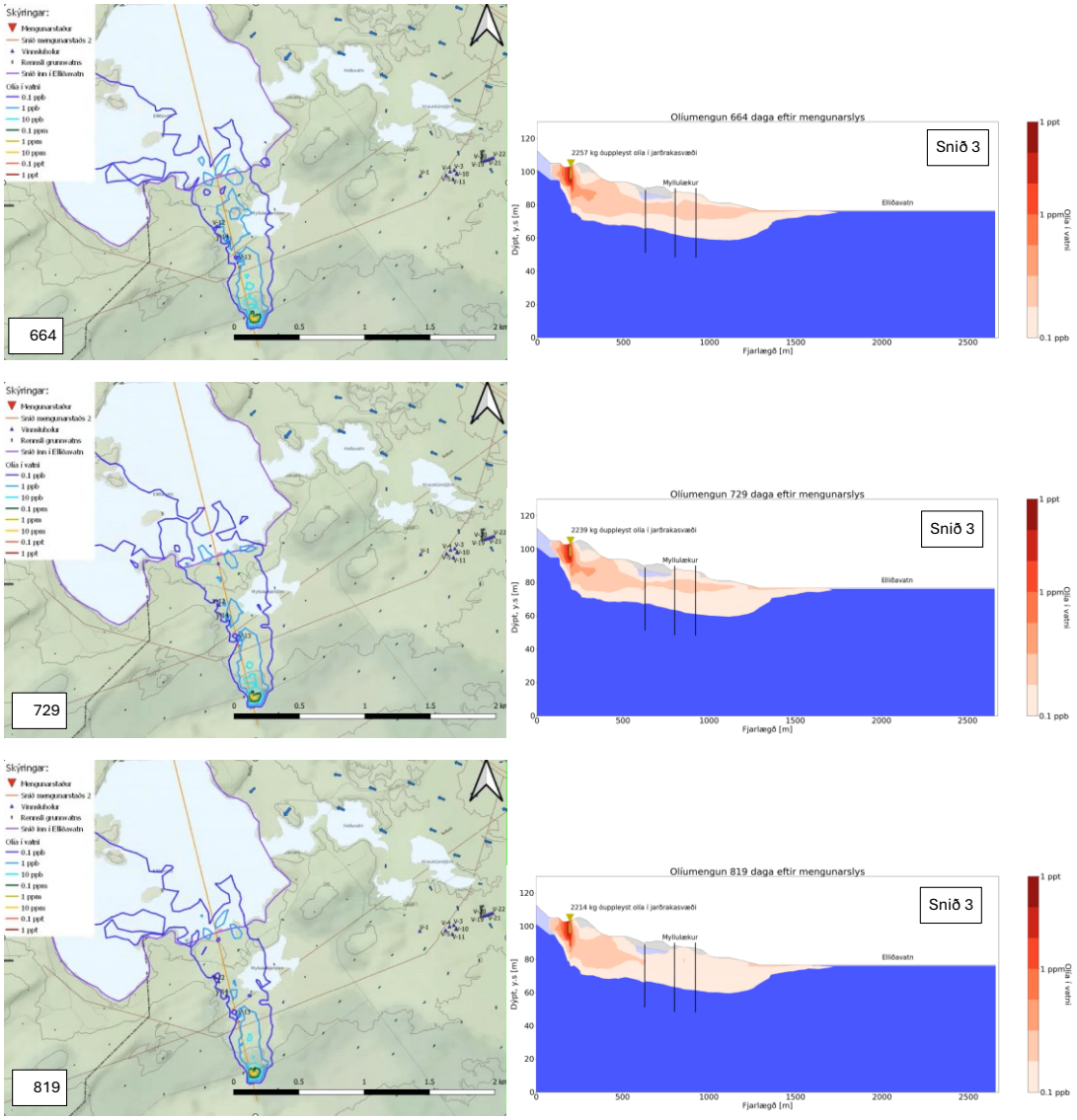
Mynd 53. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 329, 364 og 424 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

Skjal sótt af '000000000' dags: 25.10 2026



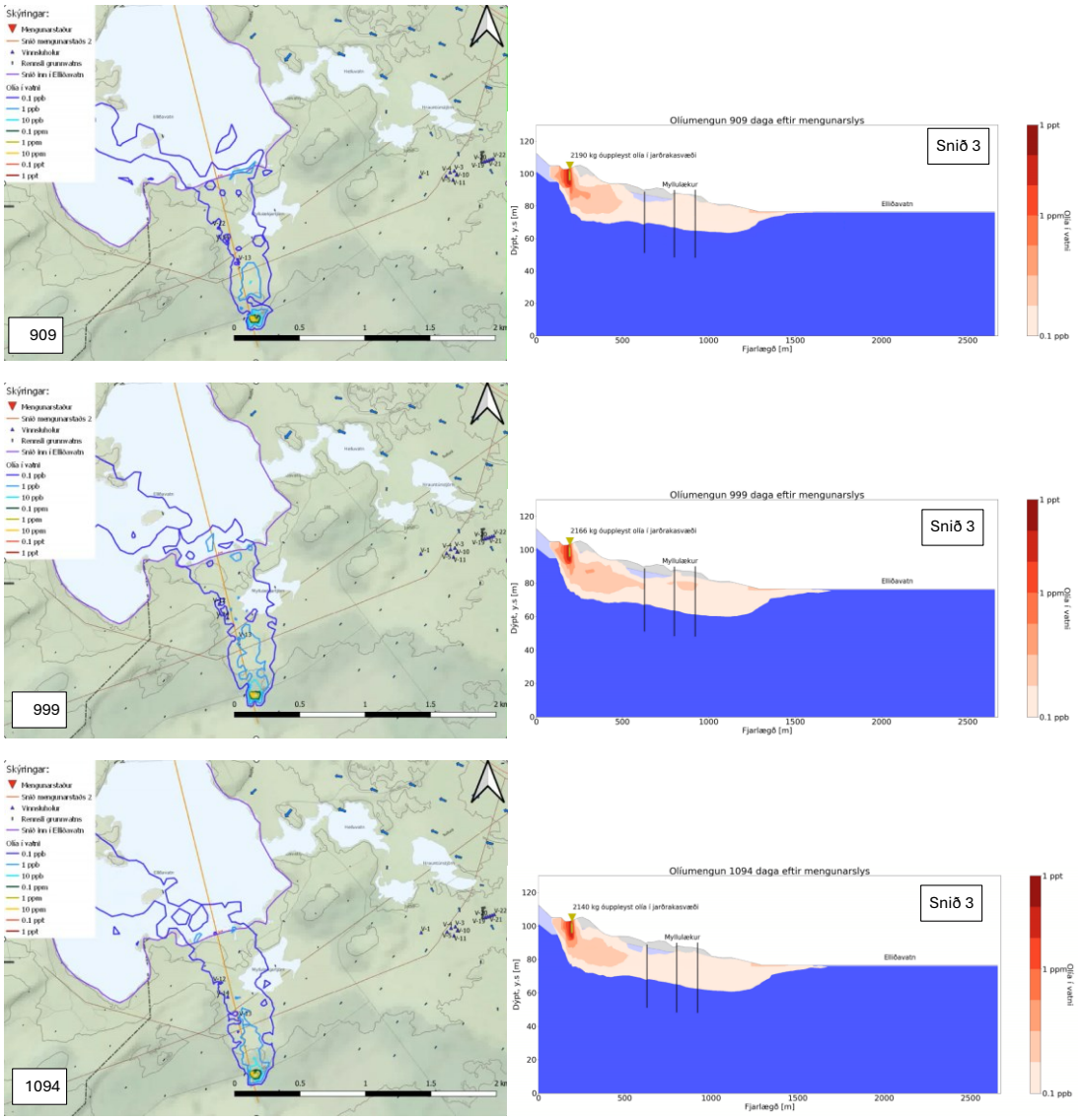
Mynd 54. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 484, 544 og 604 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

Skjal sótt af '000000000' dags: 25.10.2026



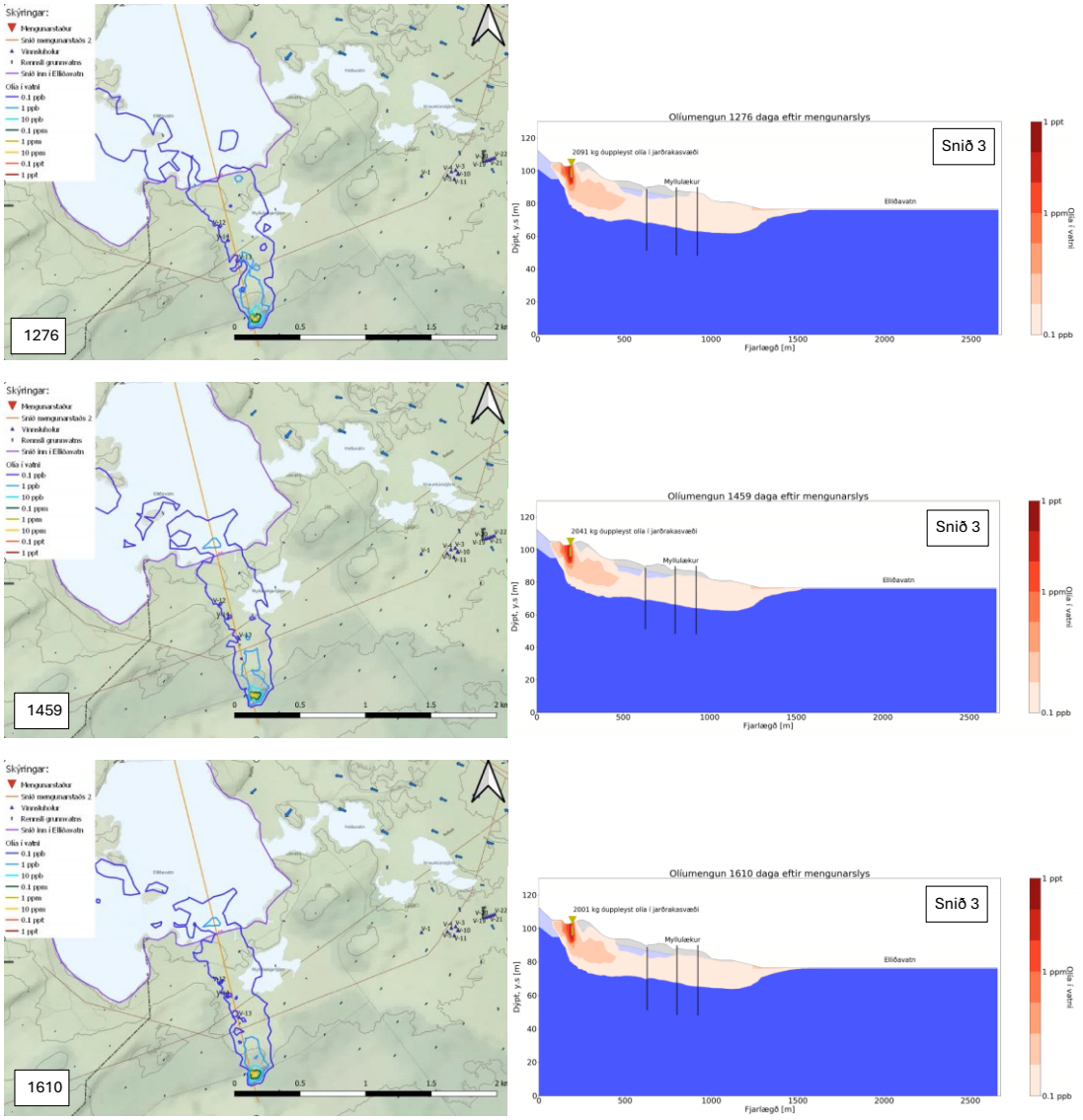
Mynd 55. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 664, 729 og 819 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

Skjal sótt af '000000000' dags: 25.10.2026



Mynd 56. Dreifing olíumengunar frá stað upptakastað setningu 2, 909, 999 og 1094 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



Mynd 57. Dreifing olíumengunar frá upptakastað 2, 1276, 1459 og 1610 dögum eftir 5000 L mengunarslys.

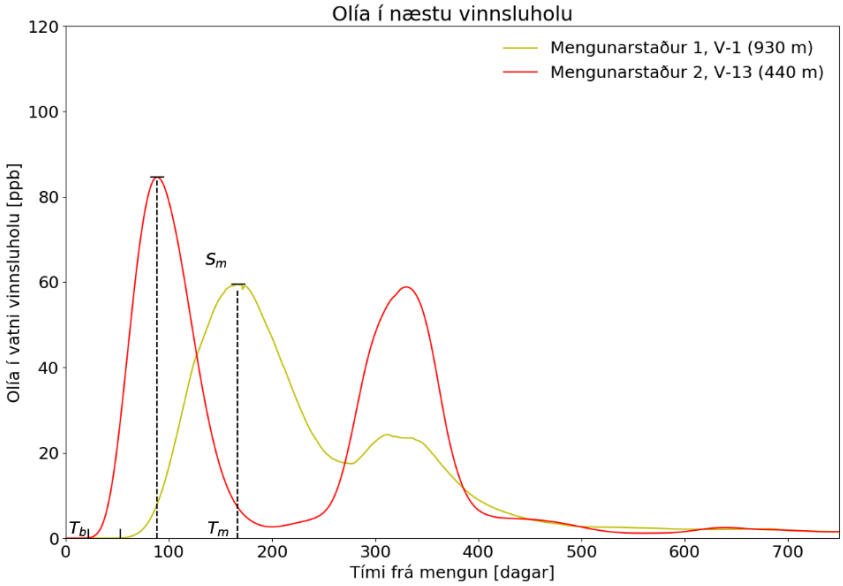
D6. Samanburður olíumengunar frá upptakastöðum 1 og 2

Ef munur milli upptakastaða mengunarslyss er skoðaður nánar fyrir 5000 L slys og borin saman mengun sem berst í næstu vinnsluholu, V-1 þegar mengunarslys á sér stað við upptakastað 1 og í V-13 þegar slys á sér stað við upptakastað 2, sýna útreikningarnir að mengunar verður fyrr vart í vinnsluholu V-13 heldur en í V-1 auk þess sem styrkur mengunar verður hærri í V-13 (sjá mynd 58). Það kemur til vegna minni fjarlægðar frá upptakastað, styttra er niður á grunnvatnsborð við upptakastað 2, þykkt jarðrakasvæðis er minni auk þess sem grunnvatnsrennsli er mismunandi milli svæða.

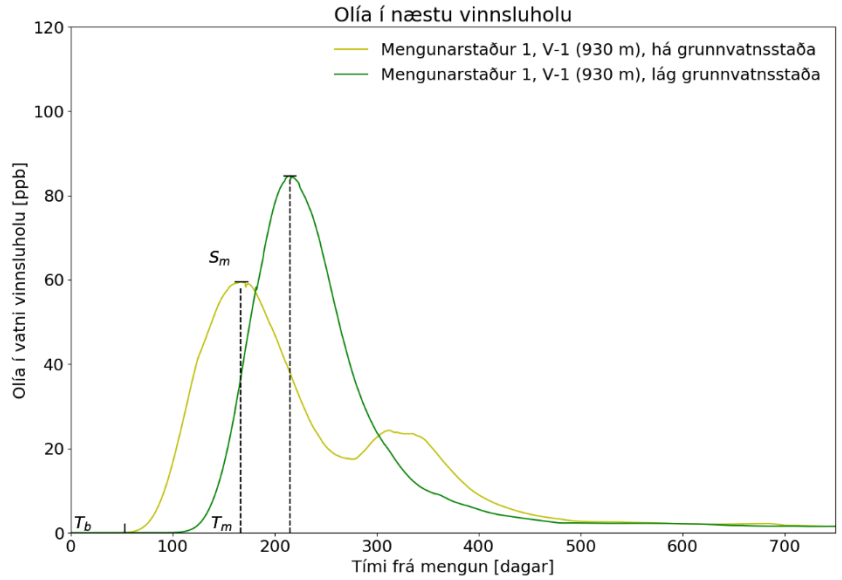
Einnig voru áhrif grunnvatnsstöðu á færslu mengunar skoðuð. Á mynd 59 er styrkur olíu í vatni í holu V-1 sýndur fyrir háa og lága grunnvatnsstöðu við upptakastað 1 á þeim tíma sem mengunarslys á sér stað. Niðurstöðurnar sýna að mengunin berst fyrr til vinnsluholunnar við háa grunnvatnsstöðu en ekki í jafn háum styrk og við lága grunnvatnsstöðu þegar hæsti styrkur kemur fram í V-1. Við lága

Skjal sótt af '000000000' dags: 25.10 2026

grunnvatnsstöðu er olían lengur að berast niður til grunnvatnsborðs. Aftur á móti er grunnvatnsrennsli hægara við lága grunnvatnsstöðu sem veldur minni þynningu og þ.a.l. hærri styrk þegar olían berst loks til vinnsluholunnar.



Mynd 58. Samanburður á styrk olíu í næstu vinnsluholu frá upptakastað mengunar og þróun með tíma frá mengunarslysi. T_m er tíminn sem hæsti styrkur olíu S_m reiknast í næstu vinnsluholu.



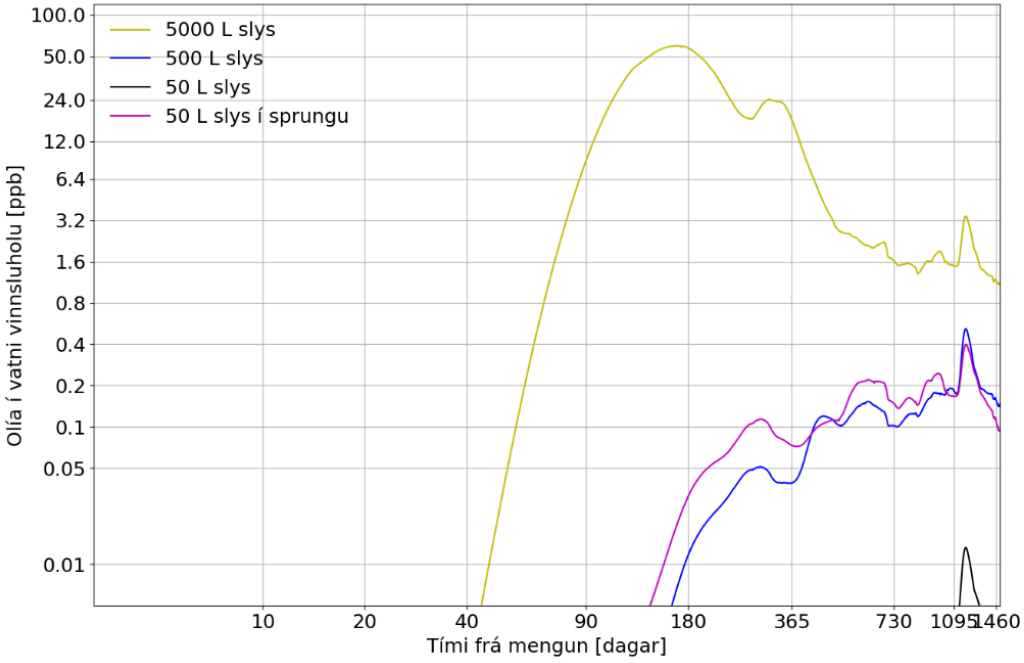
Mynd 59. Áhrif grunnvatnsstöðu á hæsta styrk olíu í vatni í V-1 eftir 5000 L mengunarslys við upptakastað 1.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

D7. Mismunandi stærð olíuslysa

Eins og fram hefur komið voru einnig skoðuð minni tilfelli mengunarslysa við upptakastað 1. Á mynd 60 er sýndur samanburður milli stærðar mengunarslyss á styrk olíu í vatni í vinnsluholu V-1 auk þess sem áhrif þess að lítið olíuslys (50 L) berist um ímyndaða sprungu beint til grunnvatnsborðs. Stærri olíuslysin skila sér fyrr til vinnsluholunnar og almennt í hærri styrk. Í minni slysunum helst stærra hlutfall olíu í vegstæði og jarðrakasvæði vegna hárpípukrafta og yfirborðsspennu. Stærð mengunarslyss skiptir þannig miklu máli varðandi alvarleika. Berist olía í sprungu berst hún auðveldlega niður til grunnvatnsborðs og á þ.a.l. greiðari leið til vinnsluholunnar. Þannig sýna niðurstöðurnar að 50 L olíuslys sem fer í ímyndaða sprungu sem hleypir allri olíunni beint til grunnvatnsborðs getur valdið svipuðum styrk í vinnsluholu og 500 L slys þó svo að varandinn verði ekki eins langur.

Niðurstöður olíudreifingarreikninganna sýndu einnig að mikill munur er á flutningstíma mengunar eftir stærð mengunarslysa sem skýrist af hárpípukröfum sem halda í hærra hlutfall mengunar í minni mengunarslysum, sjá mynd 60. Sérstaklega á það við um jarðrakasvæðið þar sem þrír fasar eru til staðar; loft, vatn og olía. Þannig gáfu útreikningarnir til kynna að mengunar varð vart í vinnsluholum í Heiðmörk neðan mengunarslyss í kringum 100 dögum seinna fyrir 500 L slys samanborið við 5000 L slys. Að sama skapi reiknaðist hámarksstyrkur mengunar í 50 L slysi í kringum 1000 dögum seinna en í stærsta tilfellinu, þ.e. 5000 L slys.



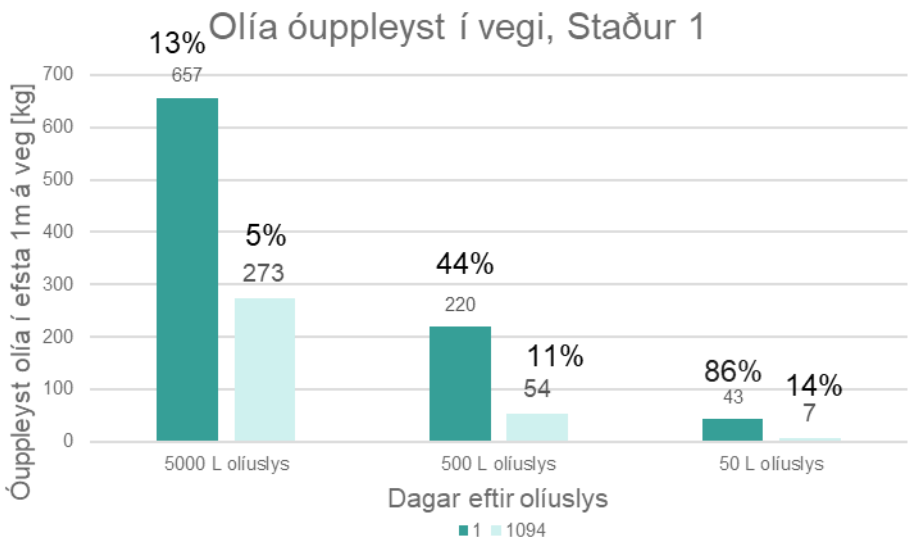
Mynd 60. Áhrif stærðar mengunarslyss á flutningstíma og styrk olíu í vinnsluholu V-1.

Sé rýnt nánar í aðstæður á upptakastað olíuslyss má sjá töluverðan hlutfallslegan mun milli stærðar olíuslyss á magni olíu sem enn er óuppleystur í efsta 1 m í vegstæðinu á upptakastað (sjá mynd 61). Olía sem berst á yfirborð bleytir jarðveg og fyllir holrými í jarðveginum, olían berst svo að hluta til niður í grunnvatnsleiðarann auk þess sem hluti olíu binst yfirborði jarðvegs vegna hárpípukrafta. Olían loðir því við yfirborð jarðvegs. Við 5000 L slys eru 13% af heildarmagni olíuslyssins enn loðandi við efsta

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

meter jarðvegs að einum degi liðnum, og eftir þrjú ár eru 5% heildarmagns slyss enn loðandi við jarðveg. Við 500 L slys eru 44% enn loðandi við efsta meterinn að einum degi liðnum, og 11% eftir þrjú ár. Hlutfallslega mestu er haldið eftir í jarðveginum fyrir minnsta slysið, 50 L, en 86% olíunnar eru loðandi við efsta meterinn að einum degi liðnum, og 14% eftir þrjú ár.

Lóðréttur flutningur olíunnar í jarðveginum takmarkast verulega eftir því sem massi hennar er minni. Má búast við því að sama eigi sér stað í jarðrakasvæðinu, sem mynd 60 styður. Má þannig sjá t.a.m. að massastreymi olíu í vatnsfasann er verulega aukinn með því að hún sleppi við að fara í gegnum jarðveg og jarðrakasvæði og er sett beint að grunnvatnsborði.



Mynd 61. Magn óuppleystrar olíu í efsta 1 m í vegstæði, samanburður milli stærðar olíuslysa og tíma frá olíuslysi.

D8. Hefðbundnir dreifingarreikningar til samanburðar

Til samanburðar við framangreinda olíudreifingarreikninga voru framkvæmdir það sem kalla mætti hefðbundna dreifingarreikninga óhvarfgjarnra ferilefna (sjá t.d. Vatnaskil, 2016) sem stuðst hefur verið við í fjölmörgum greiningum tengdu hættumati og áhættugreiningum á vatnsverndarsvæðinu (t.a.m. Efla, 2017). Takmörkuðust reikningarnir við upptakastað 1 í Heiðmörk, ofan vatnsbólanna við Gvendarbrunna og Jaðar, svarandi til upptakastaðar greiningarinnar að ofan fyrir olíudreifingarreikningana. Framkvæmdir voru bæði atvikareikningar og tíðnireikningar (sjá lýsingu á slíkum reikningum í kafla 3 aðframan). Í tilfelli atvikareikninga var flatarmál aðliggjandi þríhyrninga á upptakastað u.þ.b. 60 m^2, svarandi til hliðstæðs flatarmáls við Gunnarshólma (sjá Viðauka C).

Niðurstöður atvikareikninganna (mynd 62) sýna að ferilefnið berst að vatnsbólunum sem eru í um 1 km fjarlægð á innan við 30 dögum, ef miðað er við milljónfaldan hlutstyrk frá upphafsstyrk (sjá einnig mynd 64). Hæsti styrkur næst á um 50 dögum eftir mengunarslys, með hlutstyrk nálægt 10^{-4} og að 120 dögum liðnum er um og undir ein milljón föld þynning ferilefnis (hlutstyrkur 10^{-6}) enn til staðar. Til samanburðar sýndu olíudreifingarreikningarnir að mengunar yrði vart í vatnsbóli innan 59 daga og eftir

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

167 daga náðist hæsti styrkur. Hæsti styrkur kemur því mun fyrr fram í atvikareikningunum. Niðurstöður tíðnireikninganna (mynd 63) staðfesta megindreifinguna dregna upp í atvikareikningunum en munur í styrkgildum milli 50% og 90% myndanna gefur til kynna að nokkur breytileiki er í þynningu efna í leiðaranum eftir árferði.

Mynd 65 sýnir enn fremur hvaða hlutstyrk af upphafsstyrk megi vænta á tilteknum stað á sniði 4, sem dregið er á planmyndunum, fyrir ákveðið hlutfall keyrslutímans sem er ríflega 60 ár. Hlutstyrkurinn getur sveiflast um stærðargráðu á brunnsvæðinu í u.þ.b. 1 km fjarlægð.

Ef planmyndir atvika- og tíðnireikninganna eru bornar saman við planmyndir frá olíudreifingarreikningunum (mynd 31 til mynd 43) má sjá nokkurn stefnumun í megindreifingu efnanna frá upptakastað 1. Meginflutningur efnisins frá upptakastað í atvika- og tíðnireikningum er heldur austlægari en í olíudreifingarreikningunum og er því vegalengd eftir meginstraumi heldur lengri milli upptakastaðar og vatnsbóls en í olíudreifingarreikningunum. Ef horft er hins vegar til vegalengdar eftir meginstraumi, annars vegar eftir sniði 1 í olíudreifingarreikningum og hins vegar sniði 4 í tíðnireikningunum sést að hæsti hlutstyrkur í nágrenni vatnsbóla kemur fram í svipaðri vegalengd, eða um 800 til 900 m.

Ef tekið er mið af atvikareikningunum fyrir upptakastað 1 í Heiðmörk og styrkur reiknaður á brunnsvæði fyrir mismunandi stærð olíuslysa með því að gera ráð fyrir að öll olían berist strax til grunnvatns og flytjist sem ferilefni (tafla 5), sést að einungis þarf stærðargráðu um 50 L af olíu til að ná fram sömu stærðargráðu og olíudreifingarreikningarnir gáfu fyrir hæsta styrk olíunnar í brunni 60 µg/L (60 ppb). Myndi það svara til þess að einungis um 1% af olíunni hefði verið leyst upp á upptakastað. Er hér horft fram hjá því að taka sérstaklega tillit til eðlisþyngdar olíunnar sem fellur innan óvissunnar við að ákvarða nákvæmt gildi á þynningu á brunnsvæði, sjá t.a.m. að þrefaldur munur er í hlutstyrk milli 800 m og 1000 m eftir sniði 1 (mynd 64). Að sama skapi er ekki horft sérstaklega til takmarkaðs blöndunardýpis, sem myndi hækka styrkinn á brunnsvæði og auka varfærni.

Einnig má sjá frá tafla 5 að fyrir 5000 L olíuslys reiknast styrkur á brunnsvæði 100 falt hærri en í tilfelli 50 L slyss, eða ríflega 8300 µg/L, eða 8,3 mg/L. Ef gert væri ráð fyrir takmörkuðu blöndunardýpi til viðbótar við þetta myndi styrkurinn hækka sem því nemur. Án slíkrar viðbótar er hæsti reiknaði styrkur út frá atvikareikningum um 140 falt hærri en niðurstöður olíudreifingarreikninganna gáfu til kynna. Ef gert væri ráð fyrir 20 m blöndunardýpi væri hlutfallið 210 falt, fyrir 10 m blöndunardýpi 420 falt og fyrir 1 m blöndunardýpi 4200 falt.

Samkvæmt olíudreifingarreikningunum hafa um 1700 kg af olíu verið uppleyst í grunnvatni að hálfu ári liðnu þegar hæsti styrkur reiknast á brunnsvæði. Ef gert væri ráð fyrir þessum massa í atvikareikningunum fyrir 5000 L slys myndi reiknaður styrkur á brunnsvæði lækka í réttu hlutfalli og vera um 2800 µg/L, eða 2,8 mg/L, um 47 falt það sem olíudreifingarreikningarnir sýna.

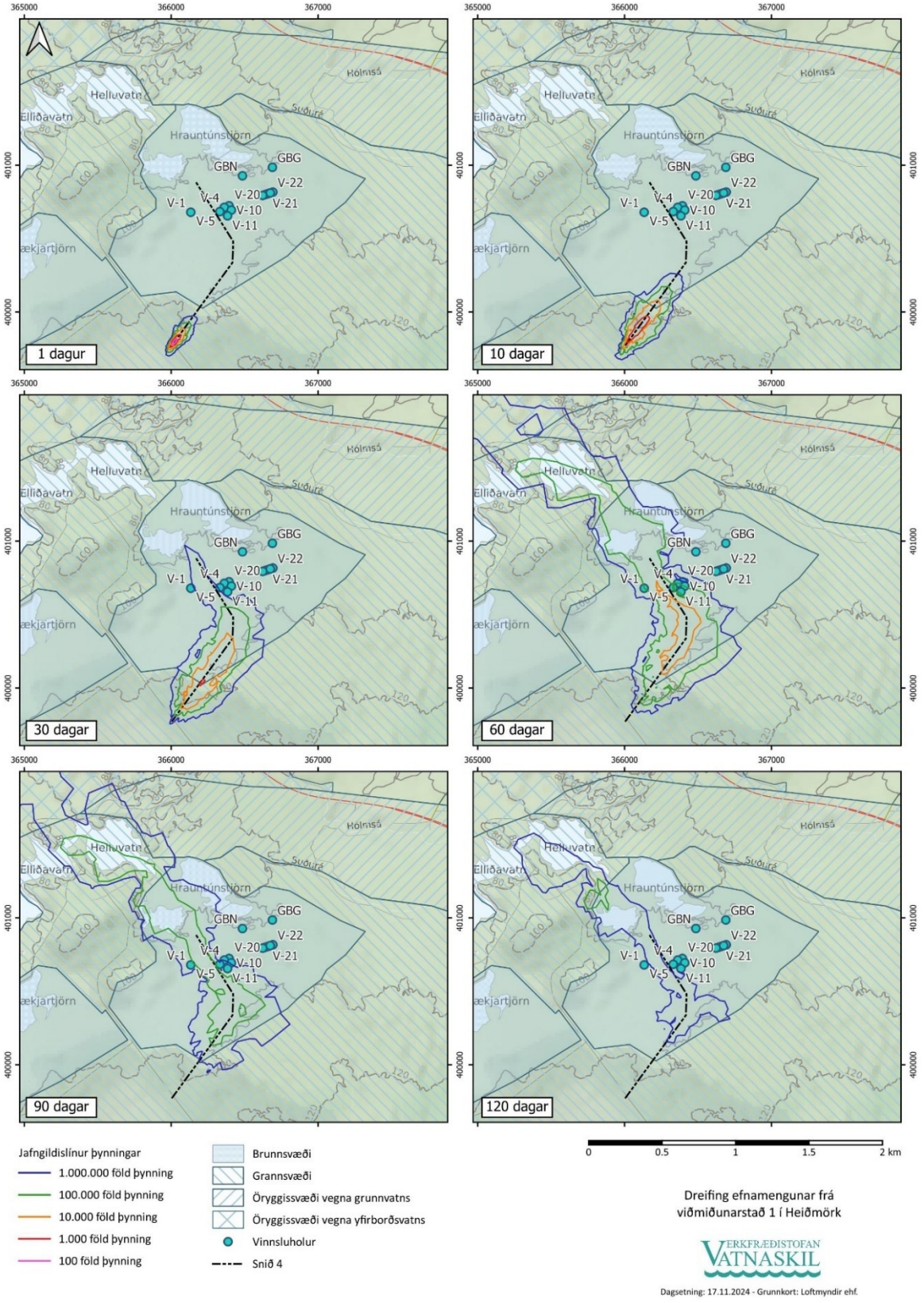
Hér ber ekki svo á að líta að þetta sé allt fyllilega samanburðarhæft þar sem mikill munur er á því að taka tillit til leysnistyrks olíuefnanna og viðloðunar þeirra heldur en að gera ráð fyrir að öll olían blandist strax og það fyllilega í vatni og berist þannig í vatnsfasa í grunnvatnsleiðaranum. Eins og vikið verður að í næsta kafla kallar þetta sömuleiðis á önnur viðmið þegar horft er til alvarleika slysa og mat á styrk einstakra efna í brunni.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

Tafla 5. Forsendur og útreikningar á styrk mengunarefnis á brunnsvæði fyrir þrjár stærðargráður mengunarslyss þar sem tiltekið magn fulluppleysts mengunarefnis berst til grunnvatns og tekið er tillit til uppsetningar reiknilíkans fyrir dreifingarreikninga ferilefnis frá upptakastað 1 í Heiðmörk. Flatarmál aðliggjandi þríhyrninga á upptakastað ~60 m^2.

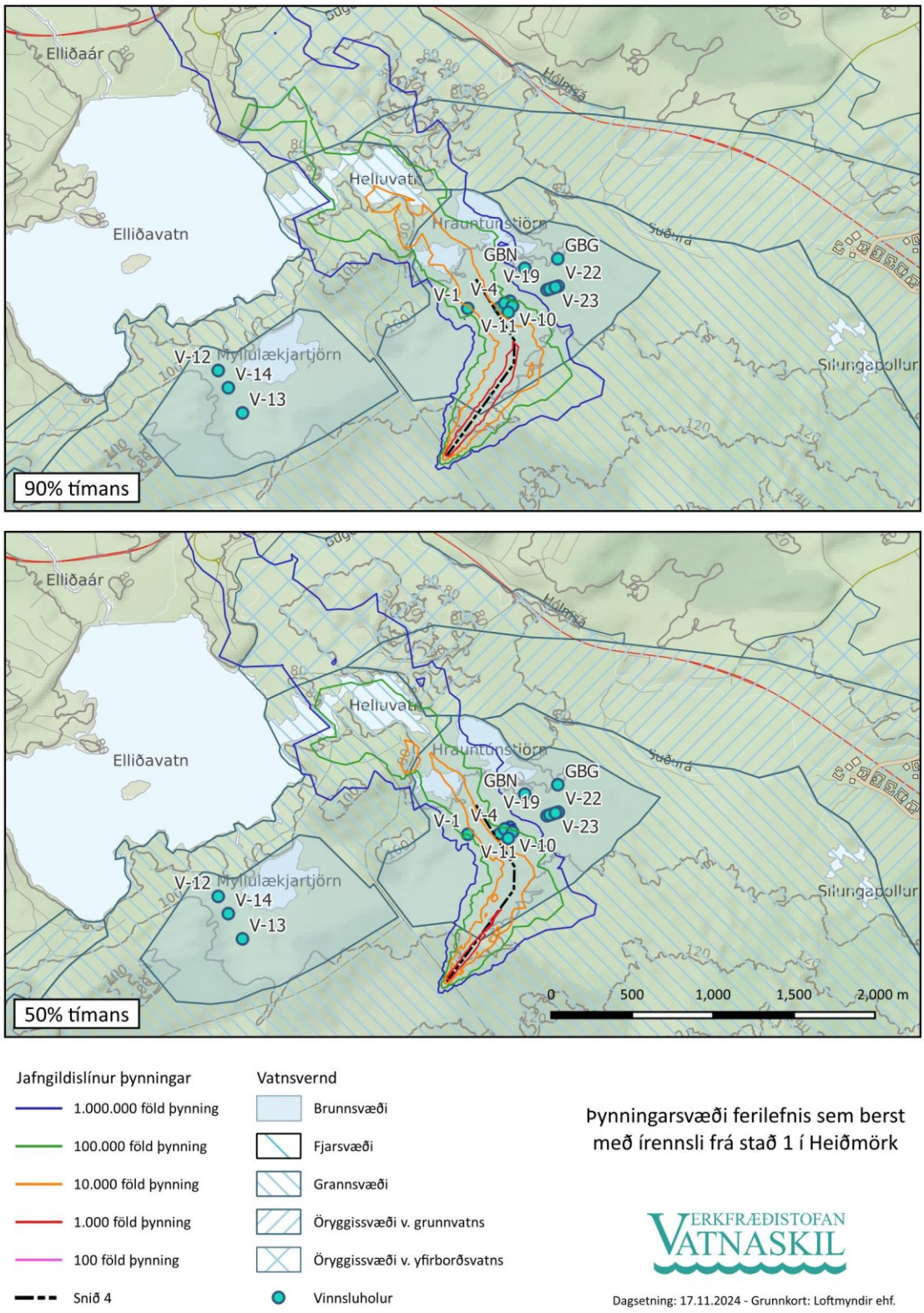
Stærð mengunarslyss		Flatarmál aðliggjandi þríhyrninga á upptaka-stað	Lóðrétt dreifing í grunnvatns-leiðara	Póruhluti	Upphafs-rúmmál á upptakastað	Upphafs-styrkur í grunnvatns-leiðara	Minnsta þynning á brunnsvæði	Styrkur á brunnsvæði
a	B	C	d	e	f =(c*d*e/3)	C_0 = (b/f)	C_0/C_b	C_b
[L]	[kg]	[m^2]	[m]		[L]	[mg/L]		[µg/L]
50	50	60	30	0,1	60000	833	10^4	83,3
500	500	60	30	0,1	60000	8333	10^4	833,3
5000	5000	60	30	0,1	60000	83333	10^4	8333,3

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10 2026



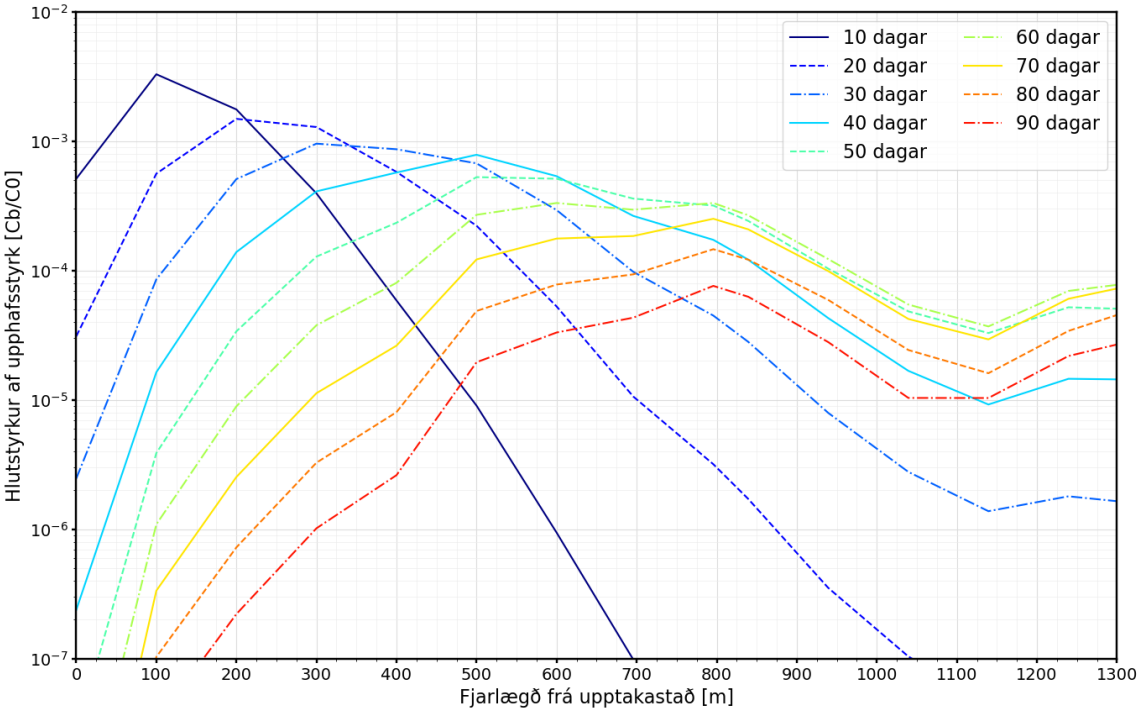
Mynd 62. Niðurstöður atvikareikninga óhvarfgjarns ferilefnis frá upptakastað 1 í Heiðmörk ofan Gvendarbrunna og Jaðars. Sýndar er jafngildislínur þynningar ferilefnis í grunnvatnsleiðaranum, 1, 10, 30, 60, 90 og 100 dögum eftir að ferilefni berst til grunnvatnsborðs og blandast strax í upphafsrúmmáli á upptakastað.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

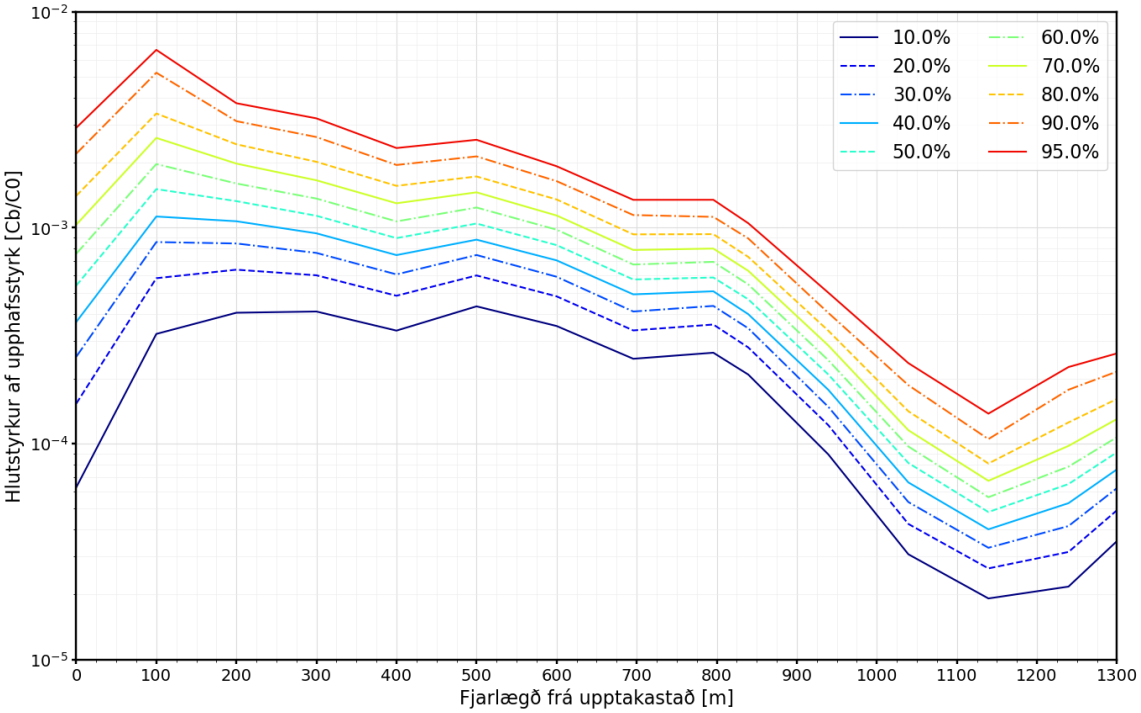


Mynd 63. Niðurstöður tíðnireikninga óhvarfgjarns ferilefnis frá upptakastað 1 í Heiðmörk ofan Gvendarbrunna og Jaðars. Sýndar er jafngildislínur þynningar ferilefnis í grunnvatnsleiðaranum 90% tímans (efri mynd) og 50% tímans (neðri mynd) miðað við fastan styrk mengunar í írennsli á upptakastað.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



Mynd 64. Þróun hlutstyrks ferilefnis í atvikareikningum óhvarfgjarns ferilefnis frá upptakastað 1 í Heiðmörk ofan Gvendarbrunna og Jaðars eftir sniði 4. Sýndar er niðurstöður á völdum dögum eftir að ferilefni berst til grunnvatnsborðs og blandast strax í upphafsrúmmáli á upptakastað.



Mynd 65. Tíðnigreining á hlutstyrk ferilefnis í tíðnireikningum óhvarfgjarns ferilefnis frá upptakastað 1 í Heiðmörk ofan Gvendarbrunna og Jaðars eftir sniði 4. Sýndar er niðurstöður fyrir valið hlutfall keyrslutímans (60 ár), milli 10 og 95% tímans. Reikningarnir miða við fastan styrk ferilefnis í írennsli á upptakastað.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

D9. Lærdómur gagnvart hættumati

Ýmsan lærdóm má draga af þeim olíudreifingarreikningum sem framkvæmdir voru í Heiðmörk og fjallað er um að hluta hér að framan. Hér verður þó einungis vikið að meginþáttum gagnvart hættumati líkt og því sem greint er frá í þessari skýrslu og þá helst til aðlögunar við nýtingu hefðbundinna dreifingarreikninga ferilefna og til stuðnings varfærinnar túlkunar fyrir hættumat.

D9.1 Mælikvarðar á alvarleika mengunarslysa

Þótt mat á mestum styrk mengunarefna í vatnsbóli eða á brunnsvæði sé alls ekki eini mælikvarðinn á alvarleika mengunarslysa og mögulegum áhrifum langtíma mengunaruppspretta gagnvart drykkjarvatnstöku, þá hefur það gjarnan verið meginútgangspunktur í flestum þeim áhættumatsgreiningum sem farið hafa fram á vatnsverndarsvæði höfuðborgarsvæðisins (sjá t.d. Efla, 2017).

Olíudreifingarreikningarnir sýna að mikilvægt væri að horfa til fleiri mælikvarða, sérstaklega leysni mismunandi efna í olíunni sem og aðsogseiginleika þeirra (viðloðun), en einnig langtíma mengunar (sjá t.a.m. mynd 60) og mögulegra áhrifa af mögulega mismunandi tímum sem kunna að vera ráðandi varðandi áhrif einstakra efna í olíunni.

D9.2 Leysni og aðsog olíuefna

Við áhættumat vegna þá fyrirhugaðrar Sandskeiðslínu (Efla, 2017) var stuðst við hefðbundna dreifingarreikninga ferilefna (Vatnaskil, 2016) og gengið út frá því að olía væri léttari en vatn og myndi því halda sig ofan á grunnvatnsborði og í efri hluta grunnvatnsleiðarans. Var þar því miðað við að blöndunardýpi olíunnar væri einungis um 1 m, eða um einn þrítugasta af þykkt leiðarans, svo unnt væri að styðjast við fyrirliggjandi dreifingarreikninga en gæta varfærni við nýtingu þeirra og túlkun um mögulegan styrk olíuefna á brunnsvæði. Að öðru leyti var stuðst við reiknaða þynningu úr dreifingarreikningunum í samhengi við upphafsrúmmál tilheyrandi upphafspunkti mengunarslyssins (sjá Viðauka C), og upphafsstyrkur einungis aukinn með hliðsjón af takmörkuðu blöndunardýpi.

Niðurstöður olíudreifingarreikninganna í Heiðmörk gáfu til kynna að dreifing olíuefna að vatnsbóli væri verulega háð leysnigetu hennar í vatni sem og viðloðunareiginleikum og berst olíufasinn því ekki að merkjanlegu leyti til vatnsbóls eftir grunnvatnsborði þótt færsla olíu reiknaðist innan jarðrakasvæðis í nágrenni upptakastaðar. Enn fremur dreifist uppleyst olían djúpt í grunnvatnsleiðarann, þó af breytilegum styrk, og ferðast þannig í vatnsfasanum líkt og uppleyst ferilefni.

Líkt og hefðbundnir dreifingarreikningar ferilefna taka ekki tillit til aðsogs mengunarefna í grunnvatnsleiðaranum gerði áhættumat Eflu (2017) ráð fyrir því sama til að draga fram varfærið mat á áhrifum mengunarinnar. Jafnframt, í takti við það að dreifingarreikningarnir taka ekki tillit til ferlis mengunarefnisins frá yfirborði að grunnvatni gerði áhættumatið sömuleiðis ráð fyrir því og viðhélt þannig þeirri varfærni að allt mengunarefni sem félli til í slysi myndi berast strax til grunnvatnsborðs.

Niðurstöður olíudreifingarreikninganna í Heiðmörk staðfesta ekki einungis að þetta leiði til varfærinnar nálgunar, heldur undirstrika að um verulega varfærna nálgun getur verið að ræða. Samanburður olíudreifingarreikninganna við atvikareikninga á sama stað sýndi að varfærnin gæti mögulega numið stærðargráðum. Olíudreifingarreikningarnir sýndu hvernig massastreymi olíuefna í vatnsfasann getur verið mjög breytilegt og fallið um margar stærðargráður samhliða mettun olíunnar í vatninu. Leiðir þetta af sér að verulega getur hægst á uppsöfnun þeirrar olíu sem berst í grunnvatnsleiðarans og í tilfelli reikninga á 5000 L olíuslysi í Heiðmörk náðist nær stöðugt ástand hvað þetta snertir seinni hluta

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

keyrslutímans. Hliðstætt myndi eiga við gagnvart einstökum efnum olíunnar en einungis þó í takti við leysnistyrk þeirra og aðsogseiginleika.

D9.3 Lyktarmörk

Þau viðmið sem stuðst var við í greiningu Eflu (2017) um samband upphafsstyrks á slysstað, þynningar mengunarefnis í viðtaka út frá dreifingarreikningum (Vatnaskil, 2016) og styrks mengunarefnis á brunnsvæði eru dregin saman á mynd 66. Á allri línuleiðinni reiknaðist minnsta þynning mengunar að brunnsvæðum eittþúsund föld, sem svarar til hlutfalls styrks á brunnsvæði og styrks á upptakastað (Cb/C0) sem 10^{-3} og var það viðmið viðhaft fyrir viðkvæm svæði á línuleiðinni. Leiddi matið í ljós að 20 L af olíu á upptakastað myndi leiða til upphafsstyrks um 100 mg/L og að styrkur á brunnsvæði væri þá um 0,1 mg/L á viðkvæmu svæði. Þessi styrkur í brunni svarar til algengs viðmiðunarstyrks olíuefna á vatnsverndarsvæðinu fenginn úr sænsk-íslenskri rannsókn (Roosberg og Þorsteinsson, 2002).

Með vísan í þennan viðmiðunarstyrk, hlutfall alkýlbensena í olíu og lyktarmörk þeirra (sjá töflu 11 bls. 44 í Efla, 2017) var lagður grunnur að lyktarmörkum fyrir olíu í vatni sem 0,1 mg/L (100 µg/L) sem svaraði þá til að 20 L af olíu færi niður á viðkvæmum stað á línuleiðinni. Þessu til stuðnings kom fram að miðað við þau gögn sem fundust um lyktarmörk og um hlutfall efna í díselolíu þá séu alkýlbensenar fyrsti flokkur efna sem fer yfir lyktarmörk, þó ekki væri útilokað að raunveruleg lyktarmörk fyrir díselolíu séu lægri þar sem díselolía er blanda margra efna (Efla, 2017).

Framangreind viðmið sem dregin eru fram í Efla (2017) gilda einungis fyrir þau tilfelli þar sem gert er ráð fyrir fullri upplausn allrar olíunnar og að hún ferðist að óbreyttri samsetningu til þess viðmiðunar-staðar sem styrkgildi eru metin. Bera má því saman við niðurstöður atvikareikninga í Heiðmörk (tafla 5), en þar kemur fram að 50 L olíuslys geti valdið um 83 µg/L styrk olíu á brunnsvæði. Þetta fer mjög nærri þeim lyktarmörkum sem miðað er við að framan, eða 100 µg/L.

Við mat á áhrifum á brunnsvæði í tilfelli olíudreifingarreikninganna þarf hins vegar að taka tillit til leysnistyrks einstakra efna sem til skoðunar eru. Þar sem í tilfelli reikninganna í Heiðmörk var einungis stuðst við eins konar meðaltalseiginleika olíunnar með einsleita eiginleika í stað þess að reikna fyrir róf fjölliðuefna, er unnt að ná fram mati á styrk einstakra efna með hlutfallsákvörðun leysnistyrks, sbr. hér að neðan. Sjálfsagt er að hafa í huga að ekki hefur verið tekið tillit til mismunandi aðsogseiginleika einstakra efna.

Leysnistyrkur alkýlbensena er á stærðargráðunni 200 – 500 mg/L (sjá töflu 11 bls. 44 í Efla, 2017), sem er stærðargráðu hærri leysnistyrkur en stuðst var við í olíudreifingarreikningunum í Heiðmörk, 40 mg/L. Ef tekið er tillit til hæsta leysnistyrks og hlutfalls alkýlbensena í olíu (sjá töflu 11 bls. 44 í Efla, 2017), má ætla út frá 5,9% hlutfalli þeirra í olíu og leysnistyrk 526 mg/L að styrkur þeirra í brunni við olíudreifingarreikningana sé 60 µg/L x (526 mg/L x 0,059 / 40 mg/L) = 47 µg/L sem er stærðargráðu hærra en lyktar- og bragðmörk, 5 µg/L.

Hér ber ekki svo á að líta að um nákvæma greiningu sé að ræða á líklegum styrk einstakra efna í brunni í Heiðmörk, heldur eru þessir reikningar dregnir fram til stuðnings útlistunar á aðferðarfræðinni við olíudreifingarreikningana og þá þeirrar meðhöndlunar sem þarf að fara fram á niðurstöðum. Til að reikna styrk einstakra efna í brunni er að sjálfsögðu mun haldbetri leið að reikna olíuna sem fjölliðuefni og taka sérstaklega tillit til þeirra efna og efnaflokka sem væru mikilvægastir.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

D9.4 Heilsuverndarmörk

Í greiningu Eflu (2017) var að sama skapi horft til viðmiðunarmarka íslenskrar reglugerðar um neysluvatn (nr. 536/2011) fyrir benzo[a]pyrene, 0,01 µg/L og hlutfall þess efnis í díselolíu 0,002% (sjá töflu 11 bls. 45 í Efla, 2017) svo meta mætti tilsvarandi styrk heildarefnisins, díselolíu, sem leiddi af sér þessi mörk reglugerðar. Var sá styrkur metinn sem 0,5 mg/L (500 µg/L) af olíu, sem svarar til þess að 100 L af olíu færu niður á viðkæmum stað á línuleiðinni.

Líkt og gagnvart lyktarmörkunum, þá gilda framangreind viðmið sem dregin eru fram í Efla (2017) einungis fyrir þau tilfelli þar sem gert er ráð fyrir fullri upplausn allrar olíunnar og að hún ferðist að óbreyttri samsetningu til þess viðmiðunarstaðar sem styrkgildi eru metin. Bera má því saman við niðurstöður atvikareikninga í Heiðmörk (tafla 5), en þar kemur fram að 50 L olíuslys geti valdið um 83 µg/L styrk olíu á brunnsvæði en 500 L slys um 833 µg/L styrk olíu á brunnsvæði. Fer þessi styrkur nokkuð vel yfir þau heilsuverndarmörk sem miðað er við að framan, eða 500 µg/L.

Við mat á áhrifum á brunnsvæði í tilfelli olíudreifingarreikninganna (5000 L) þarf hins vegar að taka tillit til leysnistyrks einstakra efna sem til skoðunar eru. Þar sem í tilfelli reikninganna í Heiðmörk var einungis stuðst við eins konar meðaltalseiginleika olíunnar með einsleita eiginleika í stað þess að reikna fyrir róf fjölliðuefna, er unnt að ná fram mat á styrk einstakra efna með hlutfallsákvörðun leysnistyrks, sbr. hér að neðan. Sjálfsagt er að hafa í huga að ekki hefur verið tekið tillit til mismunandi aðsogseiginleika einstakra efna.

Ef horft til viðmiðunarefnisins Benzo[a]pyrene, sem hefur mjög lágan leysnistyrk, 0,0015 mg/L og er í einungis 0,002% hlutfalli af olíu (sjá töflu 11 bls. 44 í Efla, 2017), fæst mat á styrk efnisins í brunni sem 5×10^{-11} mg/L, eða um milljónfalt lægra en viðmiðunarmörk íslenskrar reglugerðar, 1×10^{-5} mg/L.

Að sama skapi má draga fram mögulegan styrk annarra efna í olíunni sem hafa háan leysnistyrk, líkt og t.a.m. Benzene, sem er í 0,1% hlutfalli af olíu og með leysnistyrk 1750 mg/L (sjá töflu 11 bls. 44 í Efla, 2017), sem gefur styrk í brunni um 3 µg/L sem er þrefalt hærra en viðmiðunarmörk íslenskrar reglugerðar, 1 µg/L.

Benzene er því að öllum líkindum betra viðmiðunarefni gagnvart mörkum reglugerðar en Benzo[a]pyrene þegar kemur að því að meta áhrif mengunar í brunni byggt á olíudreifingarreikningum líkt og hér hafa verið kynntir.

Að auki hefur Benzo[a]pyrene mjög háa aðsogshæfni en Benzene og alkýðbensenar mjög lága. Ýkir þetta enn frekar aukna hættu á styrk efna líkt og Benzene og alkýðbensena en dregur úr mögulegum áhrifum af völdum Benzo[a]pyrene.

D9.5 Viðmiðunarmagn og afleiðingar slysa

Í greiningu Eflu (2017) voru dregnir saman flokkar áhrifa fyrir viðmiðunarmagn olíuslysa á línuleiðinni miðað við viðkvæmt svæði, áætlaðan styrk olíu á brunnsvæði og tilsvarandi áhrif af því og þau viðbrögð sem þurfa að fara fram á vegum vatnsveitu (tafla 6).

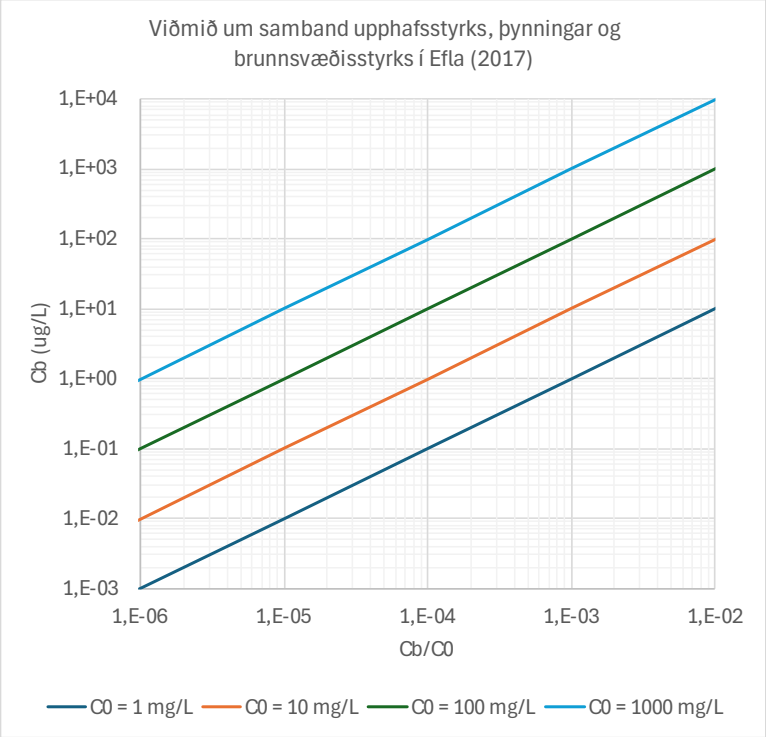
Líkt og að framan kemur fram þá gilda þessi viðmið um styrk olíu einungis þegar gert er ráð fyrir að öll olían blandist strax og það fyllilega upp í grunnvatni og berist þannig að óbreyttri samsetningu í vatns-fasa í grunnvatnsleiðaranum til þess viðmiðunarstaðar sem styrkgildi eru metin, í þessu tilfelli í brunni.

Tafla 7 dregur saman niðurstöður atvikareikninga í Heiðmörk (tafla 5) og skilgreinir afleiðingar og áhrif í samræmi við tafla 6, auk þess að taka saman niðurstöður olíudreifingarreikninga fyrir sama

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

viðmiðunarmagn olíuslysa og áætlaðan styrk viðmiðunarefna sem stuðst var við að framan og út frá leysnistyrk þeirra.

Ekki ber að rýna nákvæmt í þau gildi sem hér eru dregin fram heldur er samanburðurinn fyrst og fremst ætlaður til að draga fram mismunandi nálganir sem þarf að fara út frá mismunandi reikningum sem geta leitt af sér verulega mismunandi niðurstöður um áhrif. Hafa þarf í huga að olíudreifingar-reikningarnir eru mjög einfaldaðir og ekki til þess fallnir til að meta nákvæm gildi einstakra efna í olíu til samanburðar við reglugerðarmörk. Hins vegar sýna þeir vel hversu mikið kanna að skilja í milli þegar grunnútgangspunktur við mat á styrk olíuefna í vatnsbólum er annars vegar að um fulluppleyst mengunarefni sé að ræða eða ef hins vegar um torleyst fjölliðuefni er að ræða.



Mynd 66. Viðmið notað í Efla (2017) varðandi samband upphafsstyrks á slysstað, þynningar mengunarefnis í grunnvatnsleiðara og styrks mengunarefnis á brunnsvæði.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

Tafla 6. Viðmiðunarmagn olíuslyss á viðkvæmum stað línuleiðar og tilsvarandi styrkur díselolíu í brunni, afleiðingar vegna þess og nauðsynleg viðbrögð (Efla, 2017).

Viðmiðunar-magn olíuslyss [L]	Styrkur díselolíu í brunni [µg/L]	Afleiðing	Viðbrögð	Áhrif
< 2	1 - 10	Styrkur dísilolíu í brunni er talsvert undir heilsumörkum	Engin	Lítil eða engin áhrif
2 - 20	10 - 100	Styrkur dísilolíu í brunni er undir heilsumörkum en lykt gæti fundist	Mögulega þarf að loka vatnsbóli tímabundið ef lykt finnst.	Nokkur áhrif
20 - 100	100 - 500	Styrkur dísilolíu í brunni fer yfir sænsk heilsumörk og styrkur alkýlbensena fer yfir lyktarmörk	Fylgjast þarf vel með styrk og mögulega loka vatnsbóli tímabundið ef lykt eða bragð finnst. Vinna þarf skv. viðbragðsáætlun viðkomandi vatnsveitu um viðbrögð við neysluvatnsmengun.	Mikil áhrif
100 - 1000	> 500	Styrkur benzo[a]pyrene í brunni fer yfir heilsumörk íslenskrar reglugerðar	Fylgjast þarf vel með styrk og loka vatnsbóli a.m.k. þar til vatn stenst bæði kröfur íslenskrar reglugerðar um neysluvatn m.t.t. bensen, bensó[a]pyrene og PAH og kröfur WHO um tóluen, xýlen og etýlbensen. Vinna þarf skv. viðbragðsáætlun viðkomandi vatnsveitu um viðbrögð við neysluvatnsmengun.	Mjög mikil áhrif
> 1000	> 5000	Styrkur fer langt yfir heilsumörk		Stórslys

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

Tafla 7. Samantekt ætlaðra afleiðinga mismunandi stærðar olíuslysa í Heiðmörk út frá annars vegar viðmiði um atvikareikninga og áhrifaviðmið frá Eflu (2017) og hins vegar viðmiði um einfaldaða olíudreifingarreikninga og áhrifaviðmiði út frá leysnistyrk valinna viðmiðunarefna.

	Atvikareikningar			**Olíudreifingarreikningar**				
Viðmiðun armagn olíuslyss	**Mesti styrkur í brunni**	**Afleiðingar**	**Áhrif**	**Mesti styrkur í brunni**	**Styrkur Alkylbenzenes [LM 5 µg/L]**	**Styrkur Benzo[a]pyrene [HM 0,01 µg/L]**	**Styrkur Benzene [HM 1 µg/L]**	**Afleiðingar LM: Lyktarmörk, HM: Heilsuverndar-mörk**
[L]	**[µg/L]**			**[µg/L]**	**[µg/L]**	**[µg/L]**	**[µg/L]**	
50	83	Styrkur dísilolíu í brunni er undir heilsumörkum en lykt gæti fundist	Nokkur áhrif	0,01	$7{,}8 \times 10^{-3}$	$7{,}4 \times 10^{-12}$	$4{,}4 \times 10^{-4}$	Styrkur undir LM, undir HM
500	833	Styrkur benzo[a]pyrene í brunni fer yfir heilsumörk íslenskrar reglugerðar	Mjög mikil áhrif	0,52	0,40	$3{,}9 \times 10^{-10}$	0,02	Styrkur undir LM, undir HM
5000	8333	Styrkur fer langt yfir heilsumörk	Stórslys	60	46,6	$4{,}5 \times 10^{-8}$	2,6	Styrkur stærðargráðu yfir LM, undir HM f. Benzo[a]pyrene, yfir HM f. Benzene

D10. Stuðningur við hættumat við Gunnarshólma

Þar sem ekki liggja fyrir olíudreifingarreikningar fyrir Gunnarshólma er mikilvægt að horfa til framangreindra niðurstaða og útfæra varfærið mat á líklegum styrk torleysts efnis líkt og díselolíu. Byggir slíkt mat á mörgum þáttum, þ.m.t. niðurstöðum fyrir fulluppleyst efni (tafla 1) en einnig þáttum líkt og mögulegrar viðloðunar olíuefnisins við jarðefnin á upptakastað ofan grunnvatnsborðs og leysni díselolíu í vatni. Hafa ber í huga að aðstæður í Gunnarshólma eru nokkuð frábrugðnar þeim í Heiðmörk. Mun styttra er niður á grunnvatnsborð í Gunnarshólma, minna en 4 m samanborið við meira en 10 m í Heiðmörk (fyrir upptakastað 1). Grunnvatnsmælingar sýna einnig að grunnvatnsborð getur nánast náð yfirborði þegar hæst ber við Gunnarshólma. Jarðmyndanir í Gunnarshólma eru gropnari í Gunnarshólma sem er líklegt að leiða til þess að mengun geti borist greiðlegar niður til grunnvatnsborðs og í hærri styrk en niðurstöðurnar í Heiðmörk sýna. Aftur á móti er bæði grunnvatnsstreymi við Gunnarshólma og lekt jarðlaga hærri sem líklegt er til þess að leiða til meiri þynningar en í Heiðmörk.

Ef horft er til niðurstaða ferilefnareikninga fyrir fulluppleyst efni (Viðauki C) sem grunn að mögulegum styrk torleystra efna á brunnsvæði er eðlilegt að aðlaga hann til samræmis við framangreindar niður-

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

stöður í Heiðmörk að teknu tilliti til aðstæðna við Gunnarshólma. Ef horfa ætti strangt til tekið til niðurstaða atvikareikninga (tafla 2) fæst fram mjög varfærið mat á styrk olíu á brunnsvæði ef tekið er mið af umfjölluninni að framan (bleik lína, mynd 67).

Niðurstöður í Heiðmörk gáfu til kynna að ef tekið væri mið af atvikareikningunum fyrir upptakastað 1 í Heiðmörk og styrkur reiknaður á brunnsvæði fyrir mismunandi stærð olíuslysa með því að gera ráð fyrir að öll olían berist strax til grunnvatns og flytjist sem ferilefni (tafla 5), sést að einungis þarf stærðargráðu um 50 L af olíu til að ná fram sömu stærðargráðu og olíudreifingarreikningarnir gáfu fyrir hæsta styrk olíunnar í brunni 60 µg/L (60 ppb) fyrir 5000 L slys. Myndi það svara til þess að einungis um 1% af olíunni hefði verið leyst upp á upptakastað. Græn lína á mynd 67 sýnir slíkt hlutfall af grunngreiningu atvikareikninga við Gunnarshólma.

Líkt og að framan greinir um viðmiðunarmagn og afleiðingar slysa, þá myndu afleiðingar af 50 L slysi í Heiðmörk vera metnar þannig út frá atvikareikningum og tilsvarandi viðmiðum (Efla, 2017) að styrkur díselolíu í brunni væri undir heilsuverndarmörkum en lykt gæti fundist (tafla 7). Er það ekki í takti við þær afleiðingar sem olíudreifingarreikningar meta fyrir 5000 L slys (tafla 7) og mætti því leiða að því líkum að það væri of langt seilst að ætla að skala niðurstöður atvikareikninga um 1%. Meira samræmi er milli niðurstaðna um afleiðingar og áhrif af 500 L slysi í Heiðmörk samkvæmt atvikareikningum og af 5000 L slysi á sama stað samkvæmt olíudreifingarreikningum (tafla 7) þar sem farið er yfir heilsuverndarmörk og metin eru mjög mikil áhrif. Nærtækara væri því að horfa til 10% skölunar atvikareikninga til að leggja einhvers konar grunn til nokkurs konar samræmis við olíudreifingarreikninga. Að sjálfsögðu er hér um verulegar einfaldanir að ræða en engu að síður gagnlega leið til að mynda slíkan grunn. Gul lína á mynd 67 sýnir slíkt hlutfall af grunngreiningu atvikareikninga við Gunnarshólma.

Ef í grunninn er lagt upp með bleiku línuna fyrir fulluppleyst efni samkvæmt atvikareikningum og gulu línuna fyrir torleyst efni samkvæmt atvikareikningum, er ástæða til að stíga skref í átt að varkárni í báðum tilvikum. Fjallað er um varfærna nálgun við mat á styrk á brunnsvæði fyrir fulluppleyst mengunarefni. Nærtækt er að horfa til svipaðrar nálgunar fyrir torleystu efnin þar sem verið er að gera ráð fyrir að þau verði full uppleyst í leiðaranum. Miðað er því við sama grunn (tafla 4) og fyrir fulluppleyst efni og fæst fram ámóta skölun (rauð lína á mynd 67) nema hvað mesta styrk torleystra efna á brunnsvæði er einungis leyft að vera rétt lítið minni en fyrir fulluppleyst efni í stærstu mengunarslysunum til aukinnar varfærni gagnvart þeim líkt og niðurstöður olíudreifingarreikninganna gefa til kynna. Þeir reikningar gefa sömuleiðis til kynna fyrir smærri slysin að verulega stóru hlutfalli efnanna er haldið eftir á upptakastað í langan tíma og gæti því styrkmunur í brunni verið lægri sem nemur mörgum stærðargráðum samanborið við þegar gert er ráð fyrir að allur massinn berist strax til grunnvatns og blandast þar fyllilega við það. Hér er þó gætt þeirrar varfærni að takmarka þennan mun við stærðargráðu, sjá mun milli blárrar og rauðrar línu á mynd 67. Á myndinni eru niðurstöður útvíkkaðar hvað stærð mengunarslysa varðar miðað við þau viðmið sem viðhöfð voru í dreifingarreikningunum svo nýta megi betur inn í hættumat og síðan áhættugreiningu á skipulagssvæðinu við Gunnarshólma.

Við nýtingu þessara viðmiða við áhættumat við Gunnarshólma er sjálfsagt að hafa í huga þann bakgrunn um viðmiðunarstyrk sem liggur að baki í greinargerð Eflu um áhættumat vegna vatnsverndar fyrir Sandskeiðslínu 1 og tengivirki á Sandskeiði (Efla, 2017), sjá tafla 6. Grunnforsenda um neðri viðmiðunarmörk styrks olíu í brunni, 0,1 mg/L, var fengin úr úr sænsk-íslenskri rannsókn (Roosberg og Þorsteinsson, 2002) og var stuðst við þetta gildi til ákvörðunar lyktarmarka. Samanburður var gerður miðað við hlutfall alkýlbensena í olíu og lyktarmarka þeirra til að styðja við þetta mat. Sérstaklega er

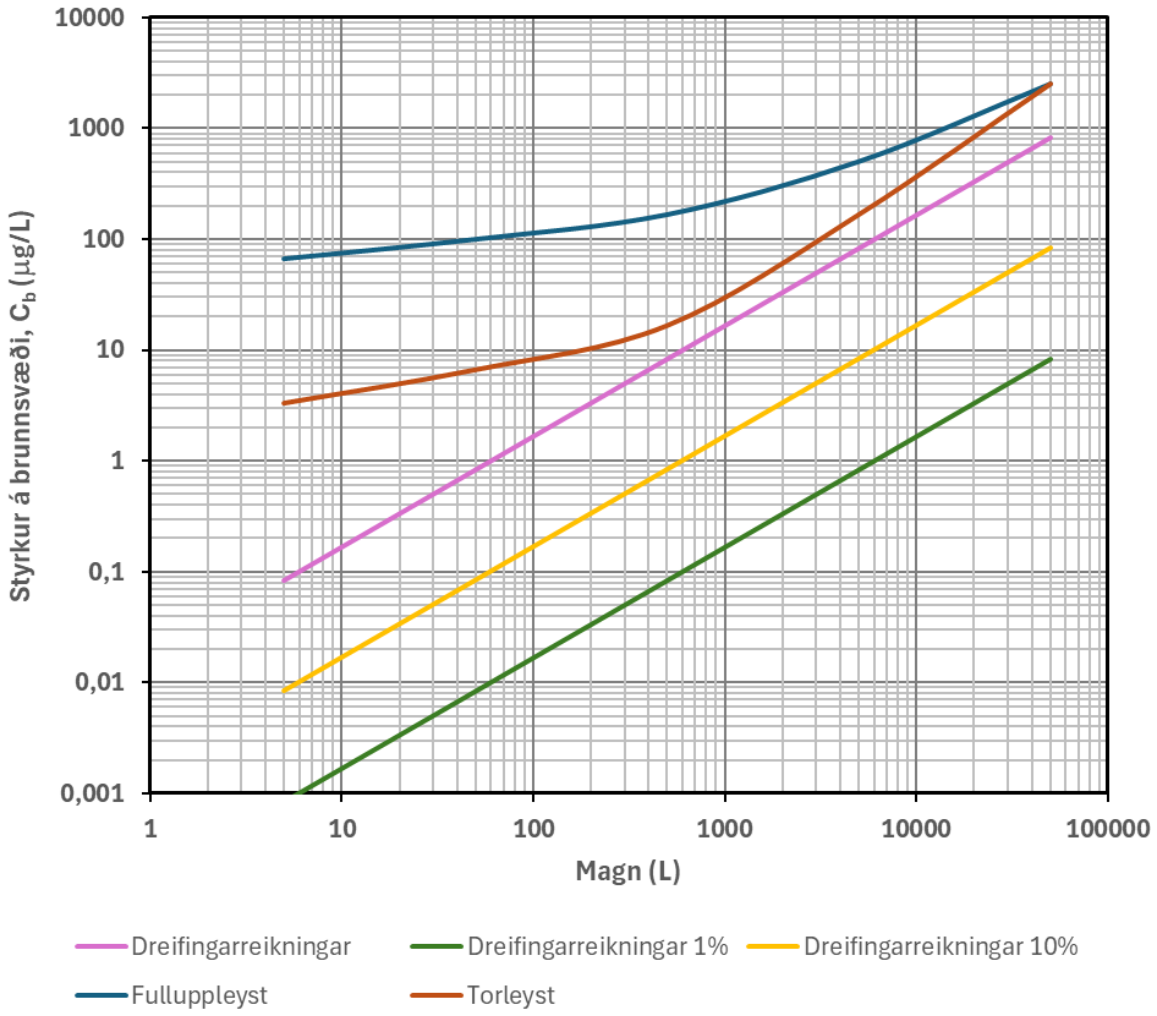
Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026

síðan tilgreint fyrir viðmiðunarbilið 10 – 100 µg/L að styrkur í díselolíu í brunni er undir heilsuverndarmörkum en lykt gæti fundist (tafla 6). Viðmið gagnvart heilsuverndarmörkum voru síðan ákvörðuð sem 0,5 mg/L og var samanburður gerður við hlutfall benzo[a]pyrene í olíu og viðmiðunarmarka íslenskrar reglugerðar vegna þess efnis. Tilgreint er síðan fyrir viðmiðunarbilið > 500 µg/L að styrkur benzo[a]pyrene í brunni fari yfir heilsumörk íslenskrar reglugerðar. Fyrir viðmiðunarbilið 100 – 500 µg/L er síðan tilgreint að styrkur díselolíu í brunni fari yfir sænsk heilsumörk og að styrkur alkýlbensena fari yfir lyktarmörk.

Ef rýnt er í umfjöllun um þessi sænsku heilsumörk og viðmiðið um 0,1 mg/L fengið úr sænsk-íslensku rannsókninni (Roosberg og Þorsteinsson, 2002), þá kemur þar fram að viðmiðið sé sett gagnvart heilsuverndarmörkum og að vatnsgæði geti hrakað mjög verulega ef styrkurinn fer yfir þessi mörk. Mörkin koma til að tillögu sérfræðinga og hefur fengið frekari stuðning frá viðmiðunargildum frá sænsku umhverfisvarnarstofnuninni, þótt ekki sé unnt að vísa í formlegar heimildir varðandi tillögur þessara sérfræðinga (bls. iv og I-5 í Roosberg og Þorsteinsson, 2002). Telja höfundar jafnframt að líklegt sé að hér sé um varfærið gildi að ræða gagnvart heilsuverndarmörkum en þörf sé á frekari rannsóknum hvað þetta varðar.

Með hliðsjón af þessu mætti mögulega færa rök fyrir því að færa ætti viðmið um heilsuverndarmörk eitthvað neðar gagnvart varfærnu mati á mögulegum styrk olíuefna þegar byggt er á viðmiðunarstyrk fyrir uppleysta olíu í heild sinni. Mætti þannig horfa til viðmiðs um 0,1 mg/L fyrir heilsuverndarmörk í stað 0,5 mg/L. Í anda þessa að nálgast hættumat út frá varfærnum forsendum, þarf þannig að huga bæði að varfærnum viðmiðum um áætlaðan styrk í brunni sem og varfærnum viðmiðum um heilsuverndarmörk.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026



Mynd 67. Metinn mesti styrkur á brunnsvæði fyrir mismunandi stærði mengunarslysa út frá dreifingarreikningum (atvikareikningum) og varfærnum viðmiðum um styrk fulluppleystra og torleystra efna.

Skjal sótt af '0000000000' dags: 25.10.2026