

# SIGMÆLINGAR MEÐ LIDAR Á DRÓNA

## Rannsóknarstyrkur Vegagerðarinnar

Sigmælingar á Kjalarnesi

Júní 2024



HEITI SKÝRSLU:	SIGMÆLINGAR MEÐ LIDAR Á DRÓNA		DREIFING:
VERKEFNI:	Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar		<input checked="" type="checkbox"/> OPIN
SKÝRSLA NR.	301913	AFURÐAR- AUÐKENNI:	<input type="checkbox"/> LOKUÐ TIL
		<b>86038- M00040</b>	<input type="checkbox"/> HÁÐ LEYFI VERKKAUPA

ÚTGÁFUSAGA:					
ÚTG. NR.	DAGS.	HÖFUNDUR	RÝNT AF	SAMP.	ÚTGÁFUSTAÐA
01	2024-03-06	SoKS	MHI	KDN	ÚTGEFIN

HÖFUNDAR:	VERKEFNISSTJÓRI:
Sólveig Kristín Sigurðardóttir	Kjartan Due Nielsen

UNNIÐ FYRIR:	SAMSTARFSADILAR:
Vegagerðina	Svarmi ehf

ÚTDRÁTTUR:
<p>Sig á jarðvegi er talsvert algengt við vegagerð á Íslandi. Hingað til hafa sigmælingar að mestu leyti farið fram með sigplötum og sigslöngum. Þær mælingar sýna eingöngu nokkra mælipunkta. Verkis, í samstarfi við Svarma, fékk samþykktu styrkumsókn árið 2020 til að mæla sig í fergingu á mýrarsvæði með því að nota LiDAR skanna sem festur er á dróna. Rannsóknarsvæðið er ferging vegna vegagerðar á Kjalarnesi.</p> <p>Tilgangur með verkefninu er að skoða hvort hægt sé að nota dróna með LiDAR (light detection and ranging) skanna til meta sig á framkvæmdasvæðum í stað þeirra aðferða sem nú eru notaðar, eða sem stuðningur við núverandi aðferðir. Núverandi aðferðir eru meðal annars sigplötur og sigslöngur sem komið er fyrir í fyllingum.</p> <p>Niðurstöður sýna að LiDAR mælingar geta ekki komið í stað fyrir mælingar með sigplötum og sigslöngum en eru góður kostur til að mæla yfirborð fargs og myndu þær því nýtast í samspili með sigslöngum í magntöku. LiDAR mælingar á dróna geta einnig nýst til að meta heildaráhrif framkvæmda, sérstaklega í deigu jarðefni. Ekki eingöngu þegar um fergingar að ræða heldur einnig aðrar framkvæmdir, t.d. þar sem vatnsyfirborð er lækkað tímabundið eða til langtíma. Þá er mælt með að mæla framkvæmdarsvæði áður en framkvæmdir hefjast og svo aftur að lokum framkvæmda – eða á meðan þeim stendur, ef þörf þykir.</p>

LYKILORÐ ÍSLENSK:	LYKILORÐ ENSK:
Sigmælingar, LiDAR, dróni	Settlement measurements, LiDAR, drone

© Geta skal heimilda sé efni skýrslunnar afritað eða birt með einhverjum hætti.





## Efnisyfirlit

### Efnisyfirlit ii

#### Myndaskrá ii

<b>1</b>	<b>Inngangur</b> .....	<b>1</b>
1.1	Rannsóknarspurningar .....	1
<b>2</b>	<b>Aðferðir til að mæla sig</b> .....	<b>2</b>
2.1	Sigmælingar, plötur og slöngur .....	2
2.2	Mælingar með dróna.....	2
2.2.1	Virkni skanna .....	2
2.2.2	LiDAR til sigmælinga .....	2
2.2.3	Takmarkanir við LiDAR mælingar með dróna.....	3
<b>3</b>	<b>Rannsóknarsvæði</b> .....	<b>4</b>
3.1	Ferging .....	5
<b>4</b>	<b>Niðurstöður hefðbundinna sigmælinga</b> .....	<b>6</b>
4.1	Sigplötur .....	6
4.2	Sigslöngur .....	7
<b>5</b>	<b>Niðurstöður sigmælinga með LiDAR á dróna</b> .....	<b>8</b>
5.1	Framkvæmd mælinga .....	8
5.2	Niðurstöður mælinga .....	8
5.3	Takmarkandi þættir .....	14
<b>6</b>	<b>Niðurstöður</b> .....	<b>15</b>

#### Myndaskrá

Mynd 3-1	Staðsetning rannsóknarsvæðis er sýnt með rauðri sporöskju. Mynd fengin af vef ja.is í september 2022.....	4
Mynd 3-2	Áætlað dýpi á klöpp, sýnt í plani.....	4
Mynd 3-3	Áætluð klapparlega í langsniði.....	5
Mynd 4-1	Staðsetning sigplatna og sigslanga á vegkaflanum .....	6
Mynd 4-2	Sigmælingar með sigplötum á rannsóknarsvæði.....	6
Mynd 4-3	Mælt sig vs. áætlað dýpi á klöpp á rannsóknarsvæði.....	7
Mynd 4-4	Niðurstöður úr þremur mælingum á sigslöngu í stöð 1800.....	7
Mynd 5-1	Tímalína ferginga og LiDAR mælinga .....	8
Mynd 5-2	Samanburður á mælingum framkvæmdum 2. ágúst 2019 og 30. september 2021.....	9
Mynd 5-3	Snið í st. 2100- samanburður á mælingum framkvæmdum 2. ágúst 2019 og 30. september 2021. Neðri hluti myndarinnar sýnir mismun á mælingum, skali er ýktur 1:5 til að sýna betur hæðarmun. ....	9
Mynd 5-4	Samanburður á mælingum framkvæmdum 27. maí 2021 og 30. september 2021 .....	10
Mynd 5-5	Samanburður á mælingum framkvæmdum 27. maí 2021 og 30. september 2021- St. 1900 til 2200. ....	10
Mynd 5-6	Snið í st. 2100- samanburður á mælingum framkvæmdum 27. maí 2021 og 30. september 2021. Neðri hluti myndarinnar sýnir mismun á mælingum, skali er ýktur 1:5 til að sýna betur hæðarmun. ....	11
Mynd 5-7	Snið st. 1500 – allar mælingar, skali 1:5.....	11
Mynd 5-8	Snið st. 1600 – allar mælingar, skali 1:5.....	12
Mynd 5-9	Snið st. 1700 – allar mælingar, skali 1:5.....	12
Mynd 5-10	Snið st. 1800 – allar mælingar, skali 1:5.....	12
Mynd 5-11	Snið st. 1900 – allar mælingar, skali 1:5.....	13
Mynd 5-12	Snið st. 2000 – allar mælingar, skali 1:5.....	13



Mynd 5-13 Snið st. 2100 – allar mælingar, skali 1:5.....	13
Mynd 5-14 Snið st. 2200 – allar mælingar, skali 1:5.....	14

Höfundar skýrslunnar bera ábyrgð á innihaldi hennar. Niðurstöður hennar ber ekki að túlka sem yfirlýsta stefnu Vegagerðarinnar eða álit þeirra stofnana eða fyrirtækja sem höfundar starfa hjá.



## 1 Inngangur

Sig á jarðvegi er talsvert algengt við vegagerð á Íslandi. Hingað til hafa sigmælingar að mestu leyti farið fram með sigplötum og sigslöngum. Þær mælingar sýna eingöngu nokkra mælipunkta.

Verkís, í samstarfi við Svama, fékk samþykktu styrkumsókn árið 2020 til að mæla sig í fergingu á mýrarsvæði með því að nota LiDAR skanna sem festur er á dróna. Svæðið sem um ræðir er á Kjalarnesi þar sem verið er að tvöfalda Hringveg 1. Stór hluti veglínu liggur yfir mýrarsvæði sem nauðsynlegt er að fergja til að koma í veg fyrir skemmdir á veginum síðar. Upphaflega átti verkefnið að fela í sér að mæla um 300 m langan vegkafla frá bænum Vík að bænum Móum. Sá hluti verkefnisins breyttist og því varð annar vegkafla fyrir valinu. Valdi kaflinn er Esjuvegur, 800 m löng veglína.

Með því að nota LiDAR nást samfelldar mælingar sem ná yfir mun stærra svæði en hefðbundnar mælingar. Vonast var til að LiDAR skönnun sýndi vel áhrifasvæði fergingarinnar og hægt væri með þeim að meta magn og tíma sigs. Einnig að fylgjast með hvort framkvæmdirnar hefðu áhrif annars staðar en undir sjálfri fergingunni.

Tilgangur með verkefninu er að skoða hvort hægt sé að nota dróna með LiDAR (light detection and ranging) skanna til meta sig á framkvæmdasvæðum í stað þeirra aðferða sem nú eru notaðar, eða sem stuðningur við núverandi aðferðir. Núverandi aðferðir eru meðal annars sigplötur og sigslöngur sem komið er fyrir í fyllingum.

Mælingar með dróna ná yfir stærra svæði og sýna samfelldar mælingar (100-200 mælipunktar á m<sup>2</sup>) en ekki eingöngu nokkra mælipunkta.

### 1.1 Rannsóknarspurningar

Leitast er til að svara eftirfarandi spurningum:

1. Er hægt að nota Lidar skönnun í stað hefðbundinna sigmælinga, til að mæla magn og tíma sigs?
2. Nýtist LiDAR skönnun sem stuðningur við hefðbundnar sigmælingar til að meta magn fargefnis?
3. Er hægt að nota LiDAR skönnun til að fylgjast með hvort framkvæmdirnar hafa áhrif utan við fergingarsvæði?



## 2 Aðferðir til að mæla sig

### 2.1 Sigmælingar, plötur og slöngur

Þegar verið er að leggja veg yfir mýrarsvæði má búast við talsverðu sigi. Mikilvægt er að vita magn sigs, dreifingu þess og hvenær sigi er talið lokið. Núverandi búnaður, sem er mest notaður, er annars vegar sigplötur og hins vegar sigslöngur. Mælingar með sigplötum fara þannig fram að sigplötum með stöng er komið fyrir ofan á núverandi landi og hæð stangarinnar mæld áður en farg er sett á. Á feringartímanum er stöngin hæðarmæld til að fylgjast með því hvernig platan sígur. Sigplötur eru notaðar til að meta framgang sigs, heildar sig undir vegbyggingunni og til að meta það hvenær fjarlægja eigi farg. Hver sigplata mælir sig í einum punkti, því eru venjulega hafðar fleiri plötur fyrir hverja fyllingu, til að meta sig á mismunandi stöðum. Sigslöngur eru plaströr sem eru lagðar þvert á veglínu áður en fylling er lögð út. Þrýstimælir er dreginn í gegnum rörið og niðurbeygja í rörinu mæld á nokkrum stöðum í hverju röri. Þá er hægt að skoða hvernig þversnið upprunalegs yfirborðs undir vegi breytist og meta áhrifasvæði fyllingarinnar.

### 2.2 Mælingar með dróna

#### 2.2.1 Virkni skanna

LiDAR er leysir skanni sem sendir út fjölda leysigeisla á hverri sekúndu og mælir nákvæmlega tímann sem að það tekur geislann að ferðast, fram og til baka, eftir að geisli endurkastast á öðrum hlut og þekkir því þannig með mikilli nákvæmni hver fjarlægð í þennan hlut er frá skannanum. Á LiDAR-inn er jafnframt festur IMU (inertial measurement unit) sem mælir hröðun, afstöðu og stefnu á skanna nákvæmlega auk þess að vera með innbyggt nákvæman GNSS búnað. Með þessum búnaði er hægt að reikna út mjög nákvæmlega staðsetningu á LiDAR skanna með því að vinna GNSS feril eftir á (PPK). Notast er við grunnstöð (e. base) á jörðu niðri á sama tíma og flogið er til að leiðrétta eftir á gögn úr skanna. LiDAR gefur frá sér innrauðan leysigeisla og veldur því ekki augnskaða ef horft er beint í geisla og krefst ekki sérstaks búnaðar til að verja augu.

LiDAR skanninn sem að notast er við í rannsóknarverkefninu er af gerðinni miniVUX-1UAV sem framleiddur er af Riegl. Skanni þessi er áfastur Matrice 600 Pro dróna frá DJI. Samkvæmt framleiðanda má reikna með að nákvæmni skannans sé +/- 30 mm miðað við núverandi uppsetningu. Gæðaúttektir Svarma og Verkís hafa sýnt fram á að sambærilegar niðurstöður og oft og tíðum betri nákvæmni, eða undir 30 mm. Ekki er talin áhætta við notkun skanna.

#### 2.2.2 LiDAR til sigmælinga

Með LiDAR mælingum fæst minni tímaháð upplausn (e. temporal resolution) af jarðsigi, þ.e. fjöldi skipta sem mælt verður, en margfalt betri rúm upplausn (e. spatial resolution) þar sem margfalt fleiri punktar eru mældir í hvert skipti sem mælingar fara fram og ætti því að fást yfirborðslíkan sem sýnir betur hvernig landið í heild bregst við fergingu. Reikna má punktaþéttleika upp á um 100-200 punkta/m<sup>2</sup> þar sem breiddin á skönnuðu svæði er um það bil 120-150 m. Útbúin eru hæðarbreytingarlíkon (e. differential digital surface model) þar sem má sjá hæðarbreytingar milli þess sem er skannað.



### 2.2.3 Takmarkanir við LiDAR mælingar með dróna

Ákveðnar umhverfisaðstæður geta orðið til þess að ekki sé hægt að nota dróna:

- Sterkur vindur – ekki hægt að fljúga dróna
- Þoka

Einnig eru takmarkanir á LiDAR mælingum:

- Rigning eða snjókoma – getur truflað mælingar
- Þoka
- Gróðurfar – LiDAR mælir yfirborð gróðurs í stað yfirborðs jarðar
- Snjór – LiDAR mælir yfirborð snjóar í stað yfirborðs jarðar
- Nákvæmni mælinga

### 3 Rannsóknarsvæði

Yfir standa framkvæmdir við tvöföldun á Hringvegi um Kjalarnes. Stór hluti veglínu liggur yfir mýrar- og siltsvæði. Rannsóknir sýna að á svæðinu megi búast við allt að 16 m sé niður á fastan botn. Rannsóknarvegkaflinn er hluti af framkvæmdasvæðinu við þessa vegagerð.

Búist var við talsverðu sigi á rannsóknarvegkaflanum og áætlað var að fergja hann í u.þ.b. ár en fergingartími varð um 11 mánuðir. Hluti fergingar verður eftir sem fylling. Sigplötur eru á 7 stöðum og sigslöngur á 5 stöðum á rannsóknarsvæðinu.

Rannsóknarsvæðið er um 800 m af veglínu 62000 nefndum Esjuvegi, frá stöð 1500 til 2300, sjá mynd 3-1. Breidd skönnunar er um það bil 120-150 m. Rannsóknir sýna að dýpi á fast eru á bilinu 4 til 16 m, sjá myndir 3-2 og 3-3. Um er að ræða mýrlendi en jarðtæknirannsóknir sýna að undir mónum er siltefni að talsverðum hluta. Vatnsstaða á rannsóknarsvæðinu er há, um 0,5 til 1 m undir yfirborði.

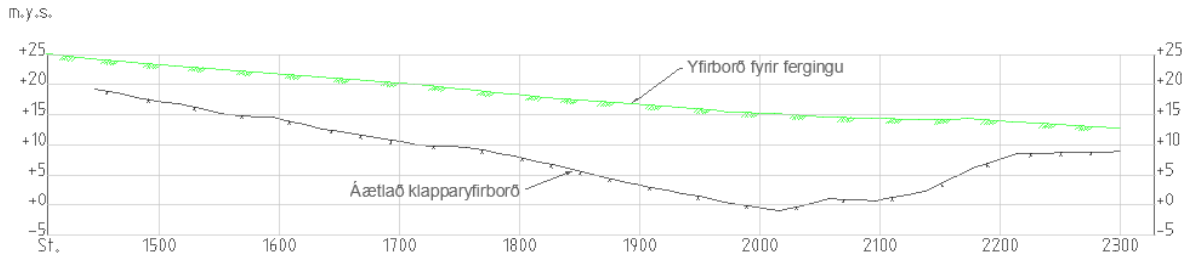


Mynd 3-1 Staðsetning rannsóknarsvæðis er sýnt með rauðri sporöskju. Mynd fengin af vef ja.is í september 2022.



Mynd 3-2 Áætlað dýpi á klöpp, sýnt í plani.





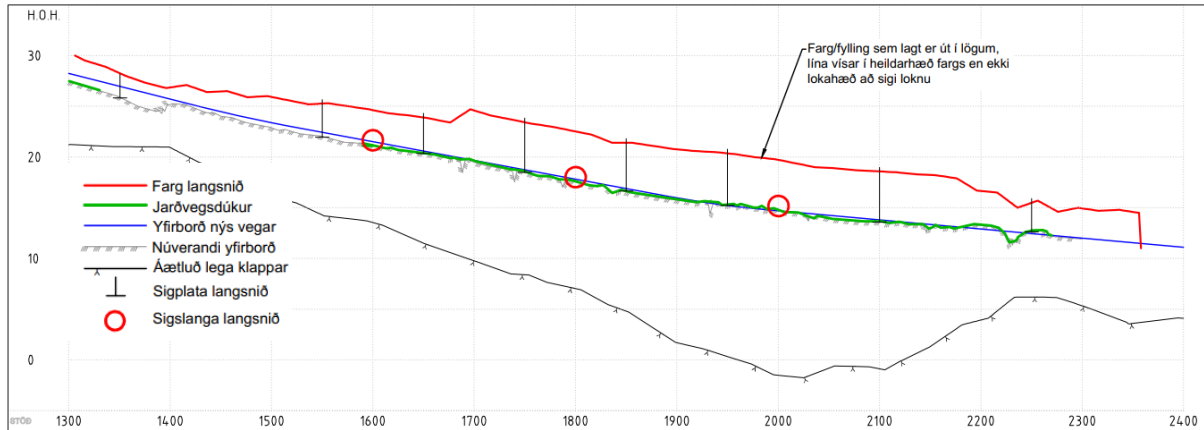
Mynd 3-3 Áætluð klapparlega í langsníði.

### 3.1 Ferging

Ferging var lögð í lögum, hvert lag var um 1 m þykkt. Samtals voru 3 lög af fergingu lögð á rannsóknarsvæðinu. Ferging fór fram á tímabilinu janúar 2021 til nóvember 2021.

## 4 Niðurstöður hefðbundinna sigmælinga

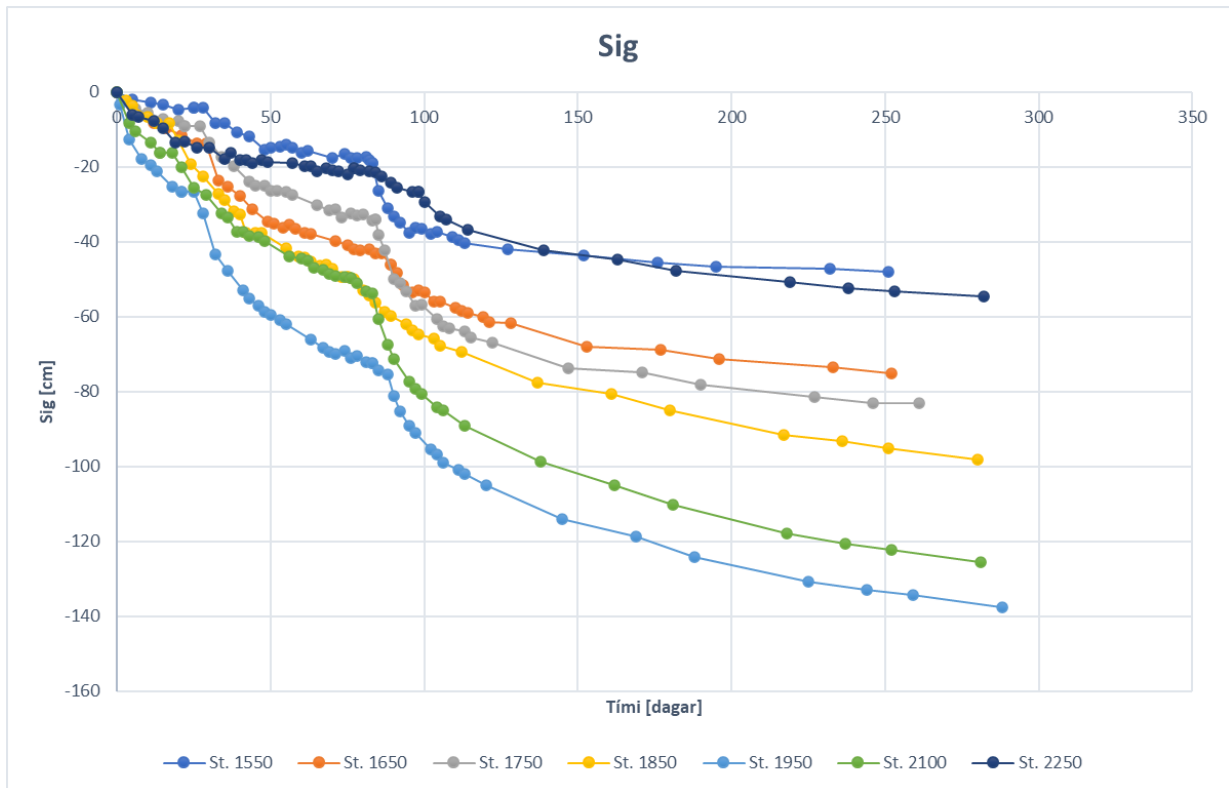
Staðsetningu sigplatna og sigslanga á rannsóknarvegkaflanum má sjá á mynd 4-1.



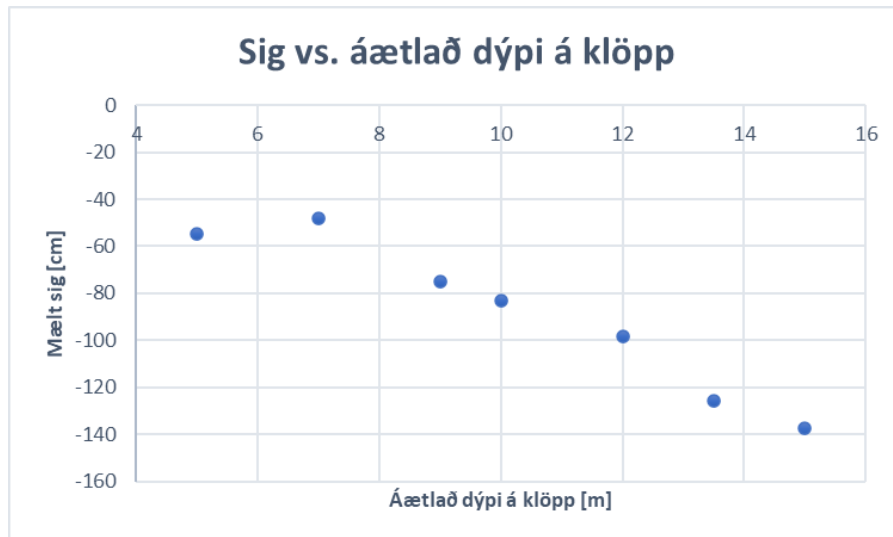
Mynd 4-1 Staðsetning sigplatna og sigslanga á vegkaflanum

### 4.1 Sigplötur

Sigplötur voru á 7 stöðum á rannsóknarsvæðinu, nánar tiltekið í stöðvum 1550, 1650, 1750, 1850, 1950, 2100 og 2250. Mynd 4-2 sýnir samantekt á niðurstöðum mælinga af sigplötum fyrir stöðvarnar 7. Mynd 4-3 sýnir samanburð á heildarsigi vs. áætlað dýpi á klöpp. Heilt yfir eykst sig á rannsóknarsvæðinu eftir því sem mó- og siltlögin eru þykkari.



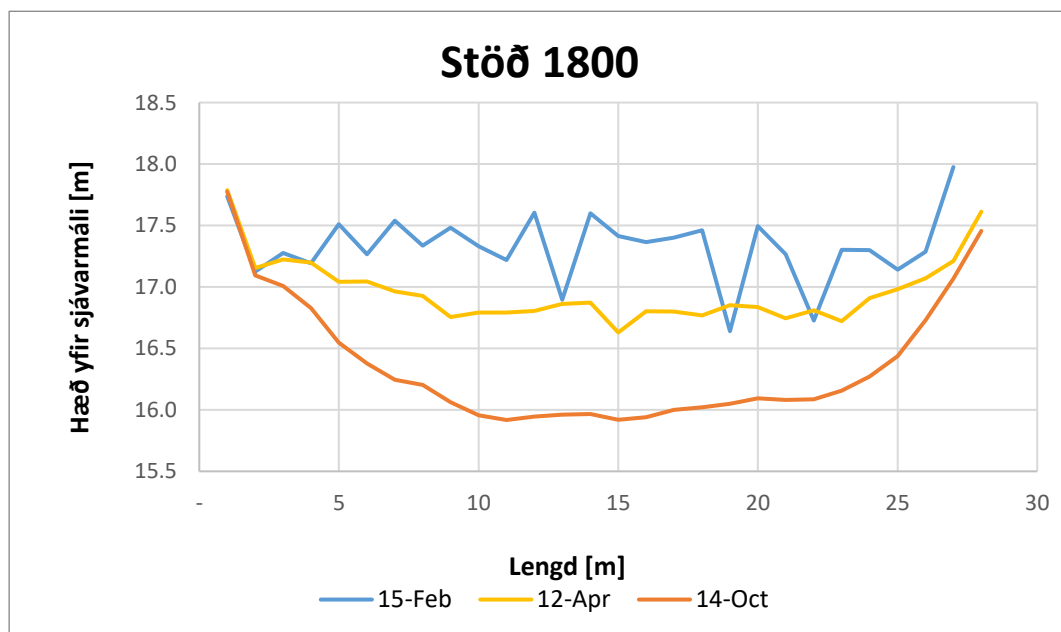
Mynd 4-2 Sigmælingar með sigplötum á rannsóknarsvæði.



Mynd 4-3 Mælt sig vs. áætlað dýpi á klöpp á rannsóknarsvæði.

## 4.2 Sigslöngur

Sigslöngur voru á 3 stöðum á rannsóknarsvæðinu, nánar tiltekið í stöðvum 1600, 1800 og 2000. Niðurstöður úr mælingum á sigslöngum eru misvísandi, mikið flókt er í mælingum, sérstaklega þeim sem gerðar voru fyrstu mánuðina. Einnig eru mælingar á sigslöngum að sýna töluvert meira sig en sigplötur sem eru í um 50 m fjarlægð. Mynd 4-4 sýnir sigmælingar í stöð 1800 þar sem munur á fyrstu mælingu og síðustu mælingu er um 1,5 m en mælingar á sigplötum sitthvoru megin við eru annars vegar rúmlega 0,8 m hins vegar tæplega 1,0 m. Talið er að kvarða þurfi niðurstöður mælinganna með sigslöngum og því eru þær ekki taldar marktækar nema að því leiti að sjá hlutfall milli sigs í miðju annars vegar og við enda fláa hins vegar.



Mynd 4-4 Niðurstöður úr þremur mælingum á sigslöngu í stöð 1800



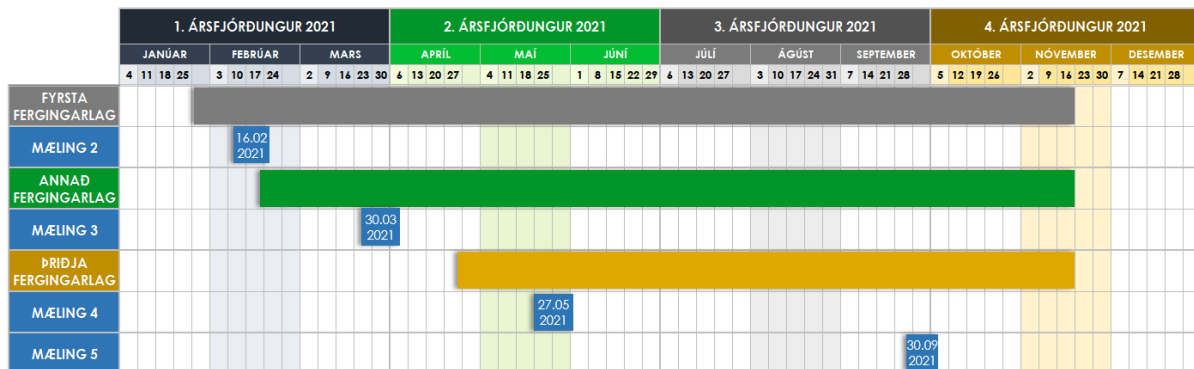
## 5 Niðurstöður sigmælinga með LiDAR á dróna

### 5.1 Framkvæmd mælinga

Svarmi ehf. framkvæmdi samtals 5 mælingar með LiDAR á dróna, öll veglínin var mæld áður en framkvæmdir hófust og 4 mælingar voru gerðar eftir að framkvæmdir hófust:

- 2. ágúst 2019 – fyrir framkvæmdir
- 16. febrúar 2021 – eftir að fyrsta farg hafði verið lagt út
- 30. mars 2021 – eftir að annað farg hafði verið lagt út
- 27. maí 2021 – eftir að þriðja farg hafði verið lagt út
- 30. september 2021 – áður en farg var fjarlægð

Ekki var hægt að mæla farg á meðan snjór var yfir svæðinu, einnig hafði veður áhrif á tíðni mælinga þegar vindstyrkur á Kjalarnesi varð of mikill fyrir drónann. Mynd 5-1 sýnir tímalínu feringa og mælinga.



Mynd 5-1 Tímalína feringa og LiDAR mælinga

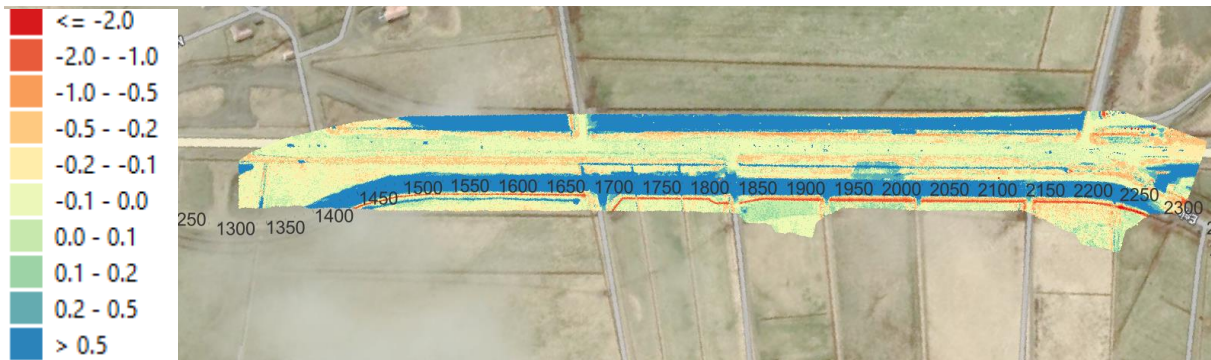
### 5.2 Niðurstöður mælinga

Niðurstöður LiDAR mælinga voru skoðaðar með forritinu QGIS. Í því er hægt að bera niðurstöður saman á myndrænan hátt.

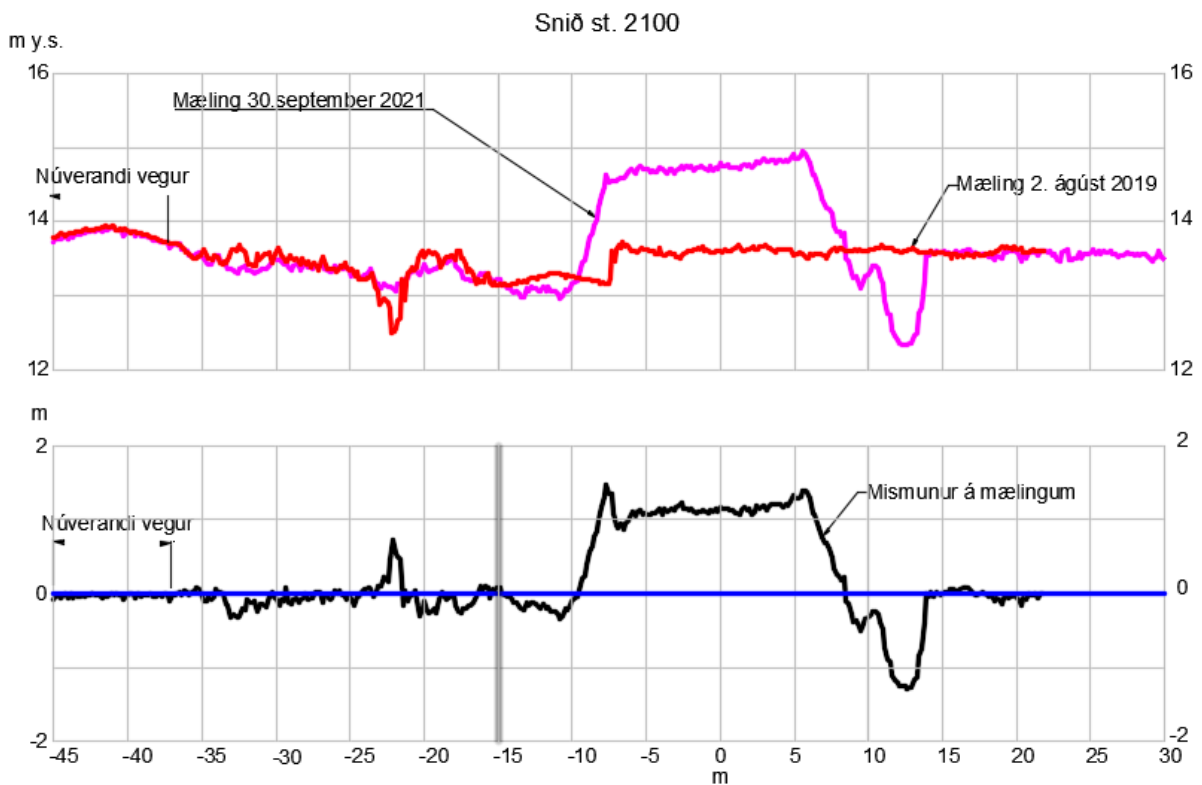
Mynd 5-2 sýnir samanburð á fyrstu (2. ágúst 2019) og síðustu (30. september 2021) mælingu. Feringar og skurði sem fyllt hefur verið í má sjá með bláum lit, einnig sést skurður sem grafinn var meðfram feringum vel með rauðum og appelsínugulum lit. Þau svæði sem lítið eða ekkert hafa breyst eru sýnd með ljósgrænum lit. Samkvæmt LiDAR mælingum hafa feringar ekki haft áhrif á núverandi veg. Þó gefa gögnin til kynna að sig hafi orðið beggja vegna fargsins. Ekki er gott að segja hver ástæðan er fyrir því þar sem álag hefur ekki verið aukið nálægt veginum en líklega er ekki um að sig að ræða heldur mismun vegna gróðurs.

Mynd 5-3 sýnir samanburð á mælingum framkvæmdum 2. ágúst 2019 og 30. september 2021 í sniði fyrir st. 2100. Neðri hluti myndarinnar sýnir mismun á mælingum, hér er hægt að meta það sig sem hefur orðið eftir að 3ja fargið hefur verið lagt út. Sjá má að í st. 2100 er áhrifasvæði sigs til vinstri um 5 m frá fláafæti. Hægra megin er ekki hægt að meta áhrifasvæðið nákvæmlega vegna skurðsins, þó má sjá að austan skurðsins (fjalls megin) hefur ekki orðið sig. Talsvert sig hefur orðið á milli fargsins og að skurðbarmi.



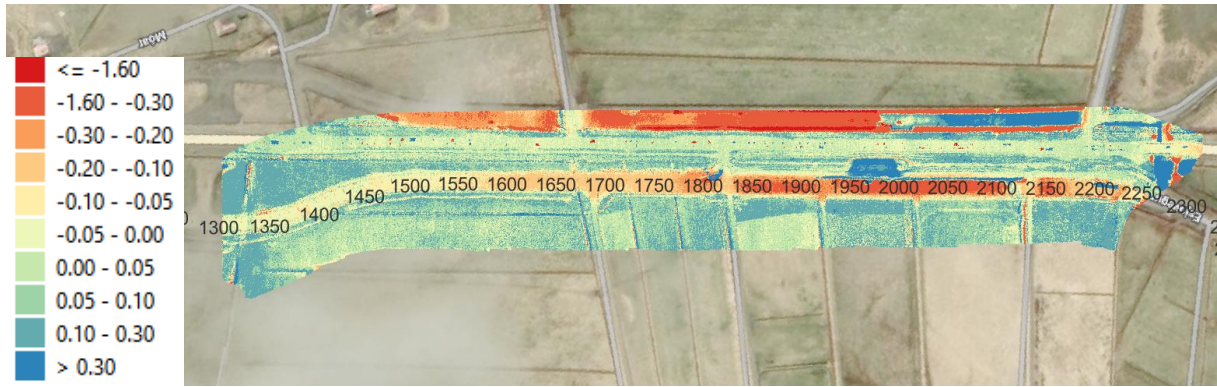


Mynd 5-2 Samanburður á mælingum framkvæmdum 2. ágúst 2019 og 30. september 2021.

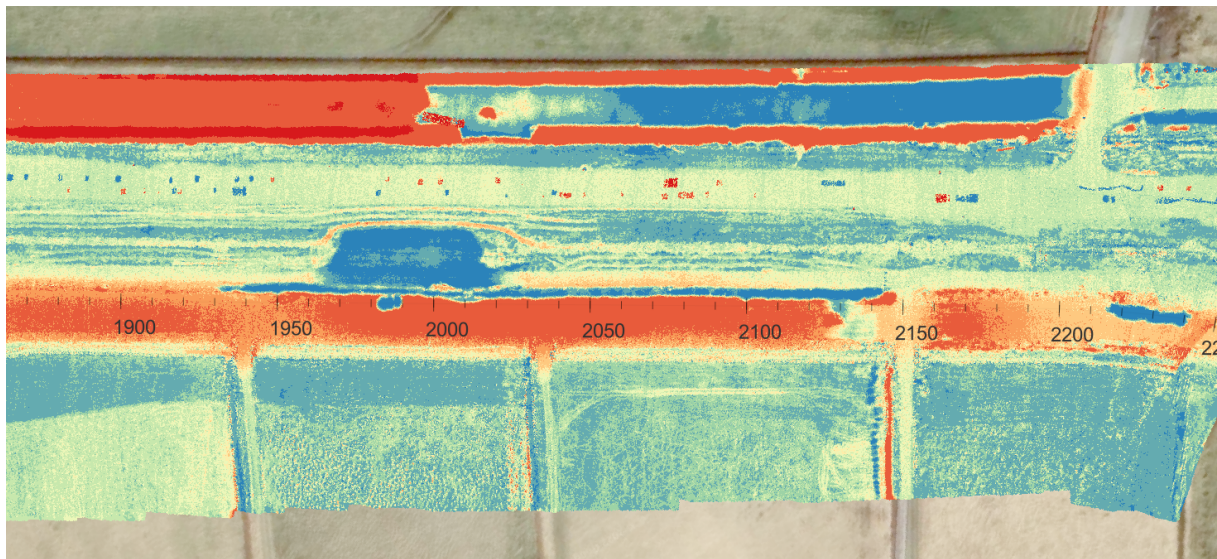


Mynd 5-3 Snið í st. 2100- samanburður á mælingum framkvæmdum 2. ágúst 2019 og 30. september 2021. Neðri hluti myndarinnar sýnir mismun á mælingum, skali er ýktur 1:5 til að sýna betur hæðarmun.

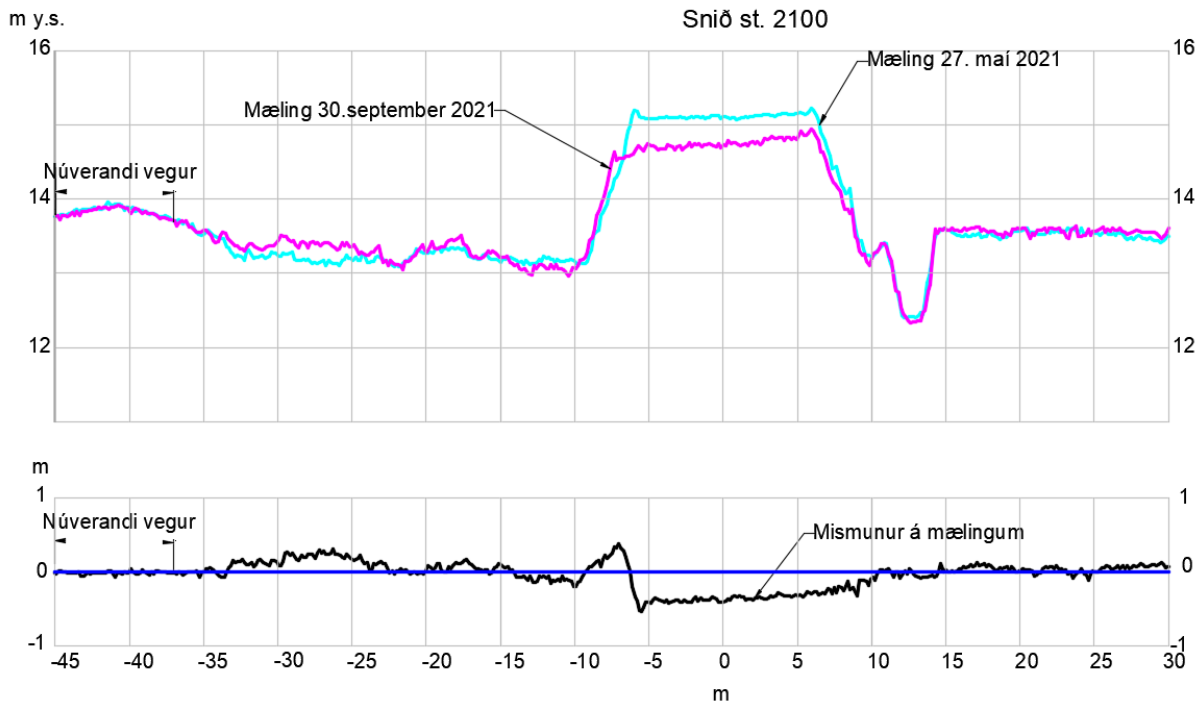
Mynd 5-4 sýnir samanburð á síðustu tveimur mælingum (27. maí 2021 og 30. september 2021) sem framkvæmdar voru eftir lagningu um 3ja metra hárs fargs. Sig undan fargi mælist mismunandi mikið, minnst við st. 1400 en eykst hægt og rólega og er mest u.þ.b. við st. 2050. Það rímar ágætlega við áætlað dýpi á fastan botn. Mynd 5-5 sýnir sömu mælingar frá st. 1900-2200 sem er það svæði þar sem dýpst var niður á fastan botn. Miðað við þessar mælingar virðist sem örlítið ris hafi verið í jarðvegi utan við áhrifasvæði fargs. Það er þó líklega vegna gróðurs en ekki raunverulegs landriss. Mynd 5-6 sýnir samanburð á mælingum framkvæmdum 27. maí 2021 og 30. september 2021 í sniði fyrir st. 2100.



Mynd 5-4 Samanburður á mælingum framkvæmdum 27. maí 2021 og 30. september 2021

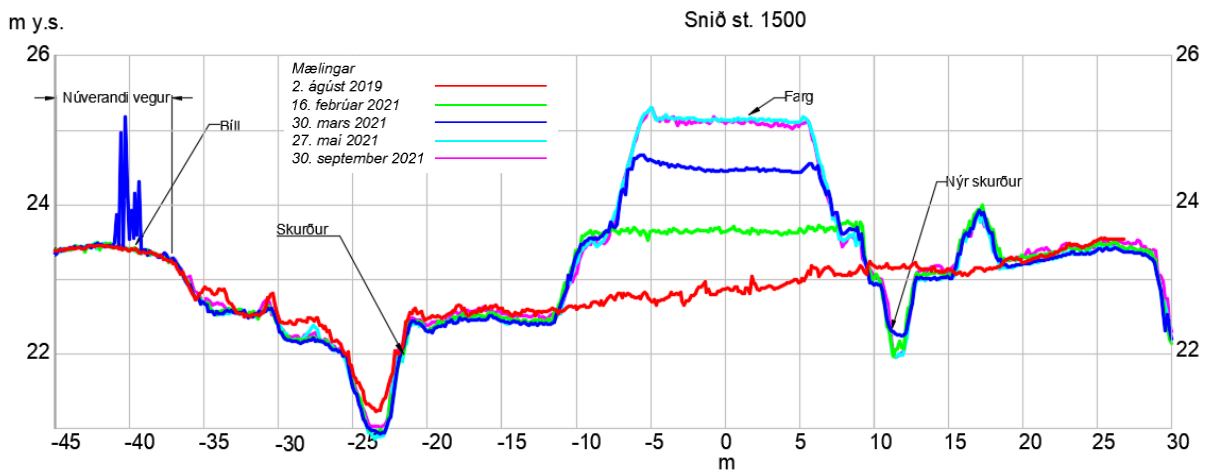


Mynd 5-5 Samanburður á mælingum framkvæmdum 27. maí 2021 og 30. september 2021- St. 1900 til 2200.

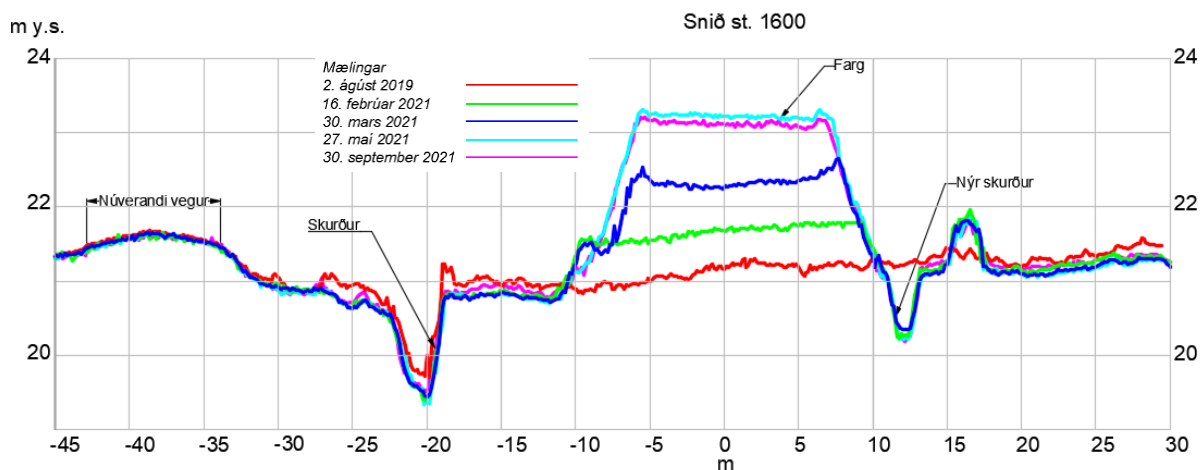


Mynd 5-6 Snið í st. 2100- samanburður á mælingum framkvæmdum 27. maí 2021 og 30. september 2021. Neðri hluti myndarinnar sýnir mismun á mælingum, skali er ýktur 1:5 til að sýna betur hæðarmun.

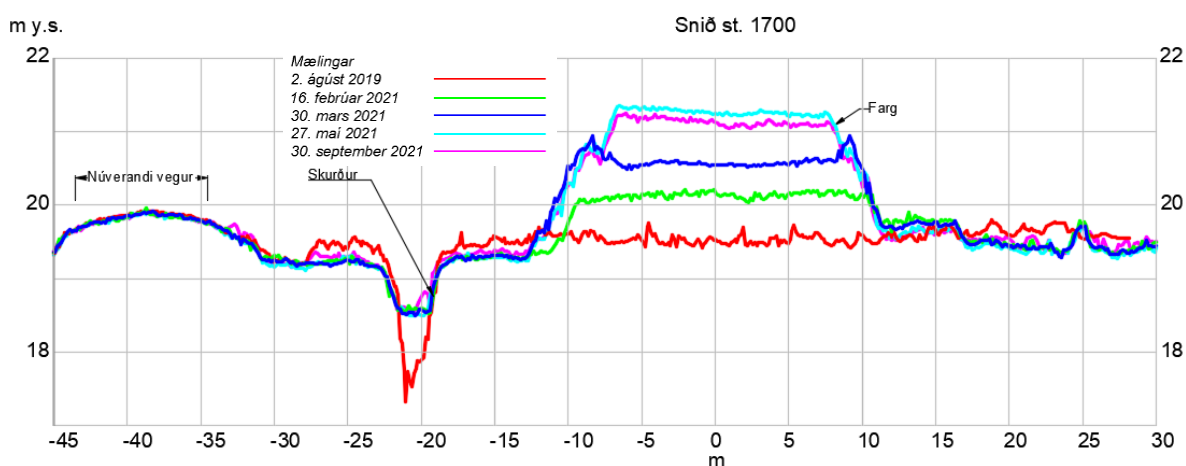
Myndir 5-7 til 5-14 sýna samanburð á mælingum á skalanum 1:5 fyrir snið á 100 m fresti frá st. 1500 til 2200. Út frá þeim má meta áhrifsvæði fergingar á hverjum stað.



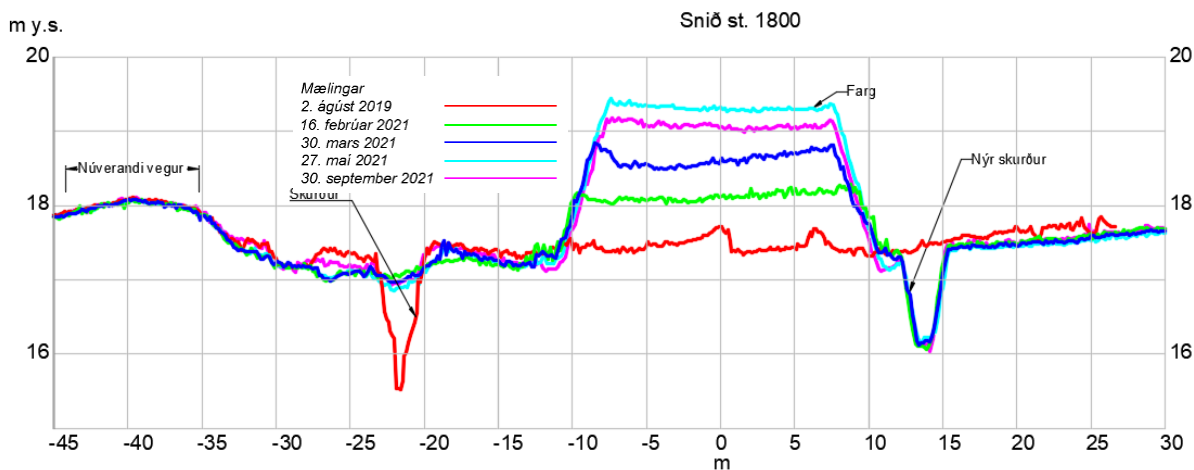
Mynd 5-7 Snið st. 1500 – allar mælingar, skali 1:5.



Mynd 5-8 Snið st. 1600 – allar mælingar, skali 1:5

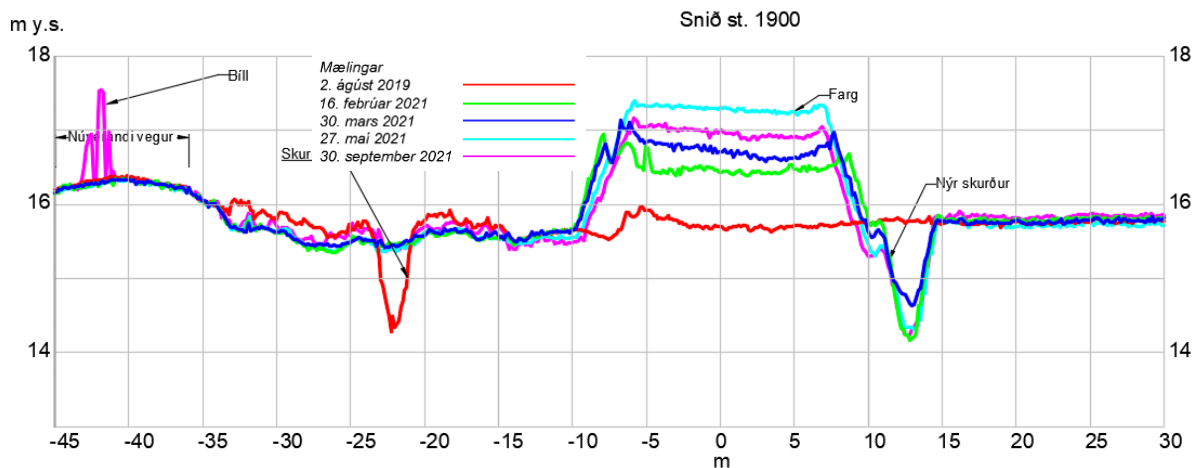


Mynd 5-9 Snið st. 1700 – allar mælingar, skali 1:5

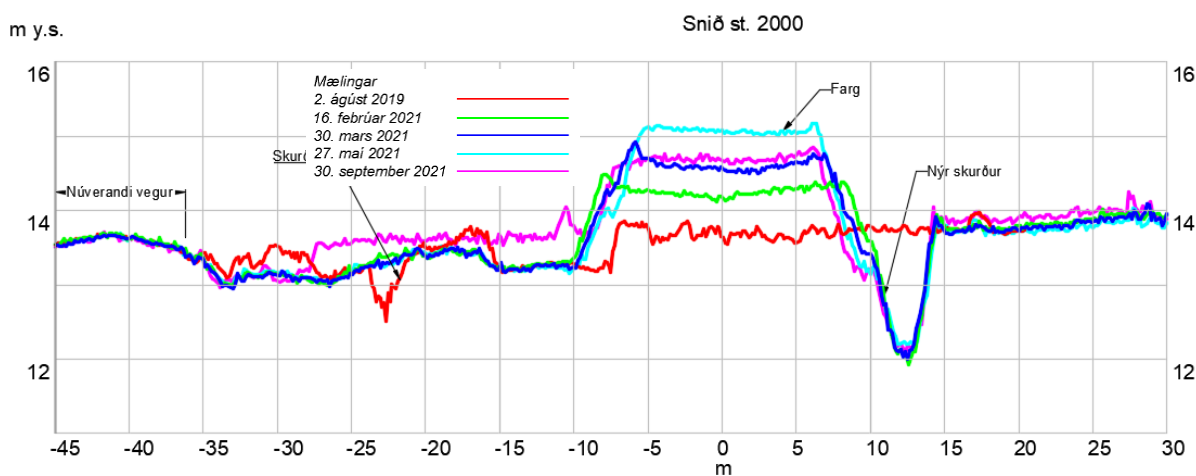


Mynd 5-10 Snið st. 1800 – allar mælingar, skali 1:5

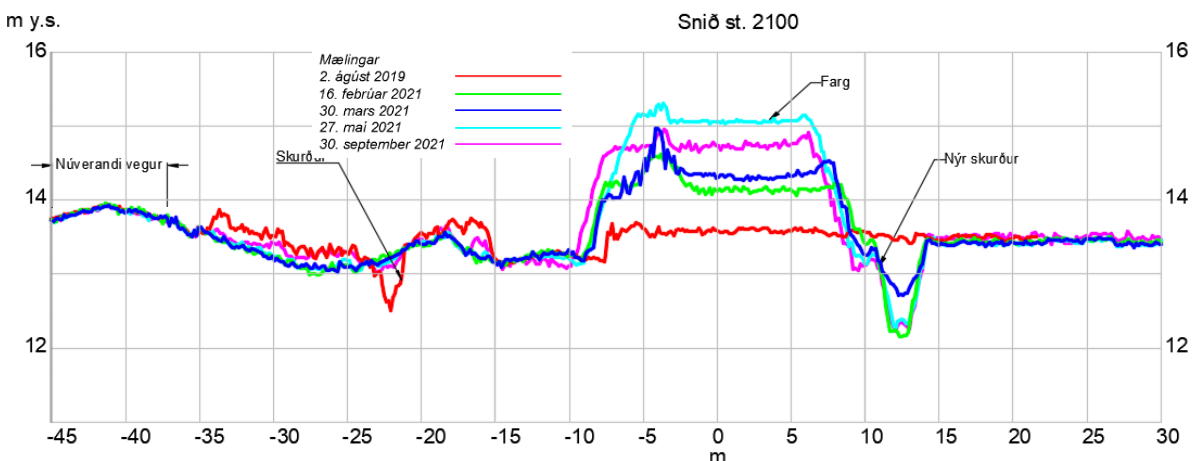




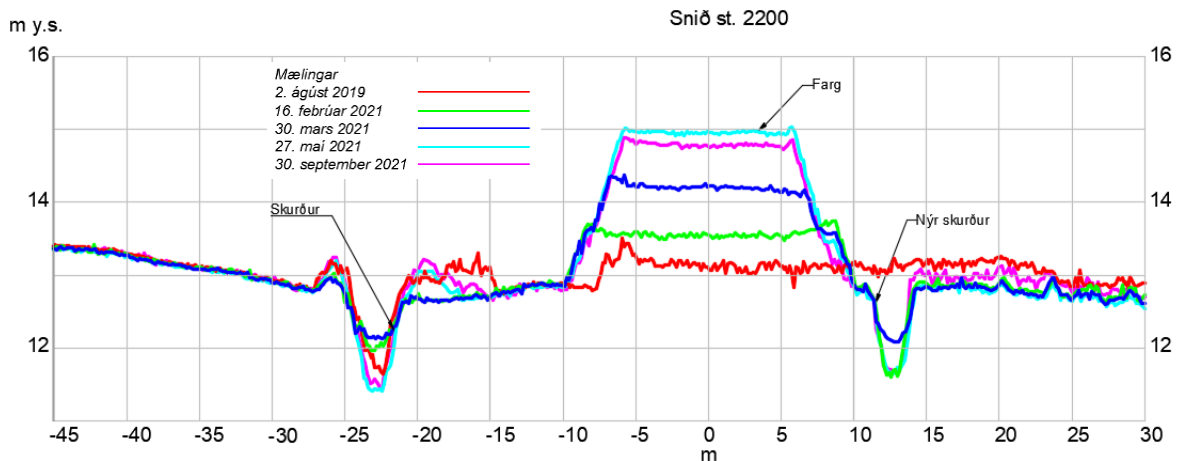
Mynd 5-11 Snið st. 1900 – allar mælingar, skali 1:5



Mynd 5-12 Snið st. 2000 – allar mælingar, skali 1:5



Mynd 5-13 Snið st. 2100 – allar mælingar, skali 1:5



Mynd 5-14 Snið st. 2200 – allar mælingar, skali 1:5

### 5.3 Takmarkandi þættir

Veðurfar, skýjafar, myrkur og sólarvindar eru takmarkandi þættir í notkun dróna og LiDAR skanna og því er nauðsynlegt að hafa sveigjanleika hvað varðar tímasetningu mælinga á dróna. Snjór og gróður á yfirborði hefur einnig áhrif á mælingar og eykur óvissu mælinga. Þótt nákvæmni skannans sé mjög mikil fyrir mælingar á yfirborði (+/- 30mm) þá eru sigmælingar stundum þess eðlis að enn meiri nákvæmni er krafist.

Þegar meta á framgang sigs, eins og gert er með sigplötum henta sigmælingar með LiDAR ekki, vegna ónákvæmni í mælingum, vegna þess að erfitt getur verið að mæla innan ákveðins tímaramma og vegna þess að talsverð óvissa er í þykkt fargs.

Í upphafi verkefnis var lagt upp með að bera hvert skannað landlíkan saman við aðrar sigmælingar en sökum veðurs og annarra utanaðkomandi aðstæðna náðist ekki alltaf mæla sama daginn. Einnig eru sigmælingar á sigplötur mældar á topp stangar á sigplötu, en skönnun nær ekki slíkri nákvæmni svo ekki þótti hægt að bera niðurstöður saman á þann hátt.



## 6 Niðurstöður

Hér er rannsóknaspurningum svarað.

1. *Er hægt að nota Lidar skönnun í stað hefðbundinna sigmælinga, til að mæla magn og tíma sigs?*

Mælingar á sigplötur eru notaðar til að meta hversu mikið sig er undir miðju fargs, og hvernig sigi miðar. Mæla þarf á ákveðnum dögum til að sjá framgöngu sigsins. LiDAR mælingar eru ekki nógu nákvæmar til að hægt sé að nota þær í stað fyrir sigplötur. Einnig er ekki hægt að tryggja að hægt sé að mæla á þeim tíma sem nauðsynlegt er til að fylgjast með framgangi sigs. Sigslöngur eru notaðar til að meta hvernig sigið dreifist undir farginu, það er svo notað til magntöku. LiDAR mælingar koma ekki í stað þeirra því erfitt er að meta hvernig yfirborð jarðvegjar aflagast undan farginu.

2. *Nýttist LiDAR skönnun sem stuðningur við hefðbundnar sigmælingar?*

LiDAR mælingar eru góður kostur til að mæla yfirborð fargs og myndu þær því nýtast í samspili með sigslöngum í magntöku.

3. *Er hægt að nota LiDAR skönnun til að fylgjast með hvort framkvæmdirnar hafa áhrif utan við feringarsvæði?*

LiDAR mælingar á dróna geta nýst til að meta heildaráhrif framkvæmda, sérstaklega í deigu jarðefni eins og mýri. Þá er ekki eingöngu um feringar að ræða heldur einnig aðrar framkvæmdir, t.d. þar sem vatnsyfirborð er lækkað tímabundið eða til langtíma. Þá er markmiðið að mæla hvort framkvæmdin hafi áhrif út fyrir framkvæmdasvæðið, þá þarf að mæla/skanna yfirborðið áður en framkvæmdir hefjast og svo aftur að loknum framkvæmdum – eða á meðan þeim stendur, ef þörf þykir.

Nákvæmni LiDAR mælinga getur verið takmarkandi þáttur. Nákvæmni skannans er +/- 30 mm og því henta slíkar mælingar ekki þar sem nákvæmni mælinga þarf að vera meiri. Einnig er veðurfar, skýjafar, myrkur og sólarvindar takmarkandi þáttur. Snjór og gróður á yfirborði hefur einnig áhrif á mælingar.



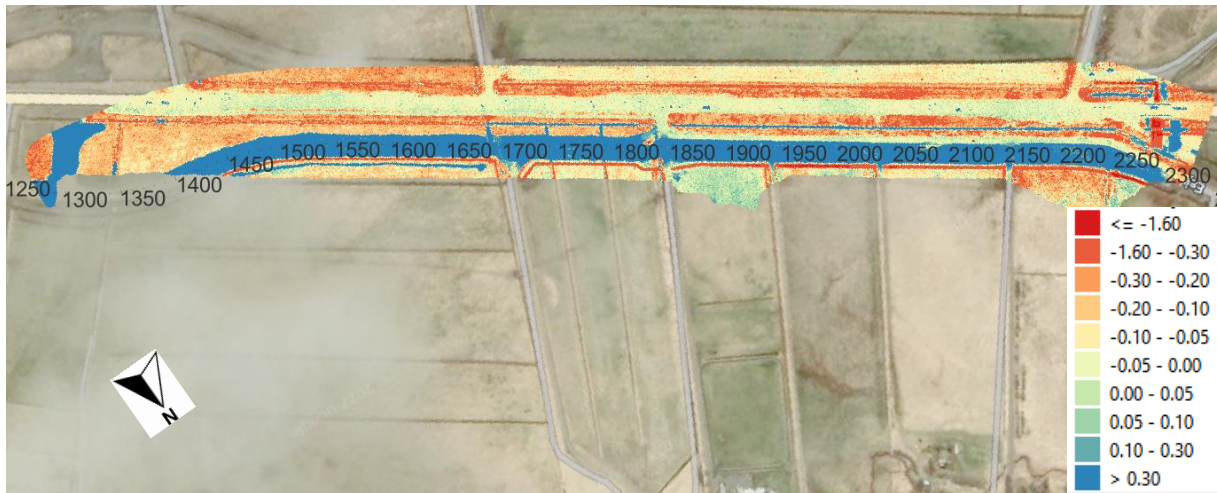
## Viðaukar

- Viðauki 1** Samanburður milli mælinga
- Viðauki 2** Orthomosaic myndir af rannsóknarsvæði
- Viðauki 3** Snið – allar mælingar skali 1:1
- Viðauki 4** Snið – samanburður á fyrstu og síðustu mælingum skali 1:5

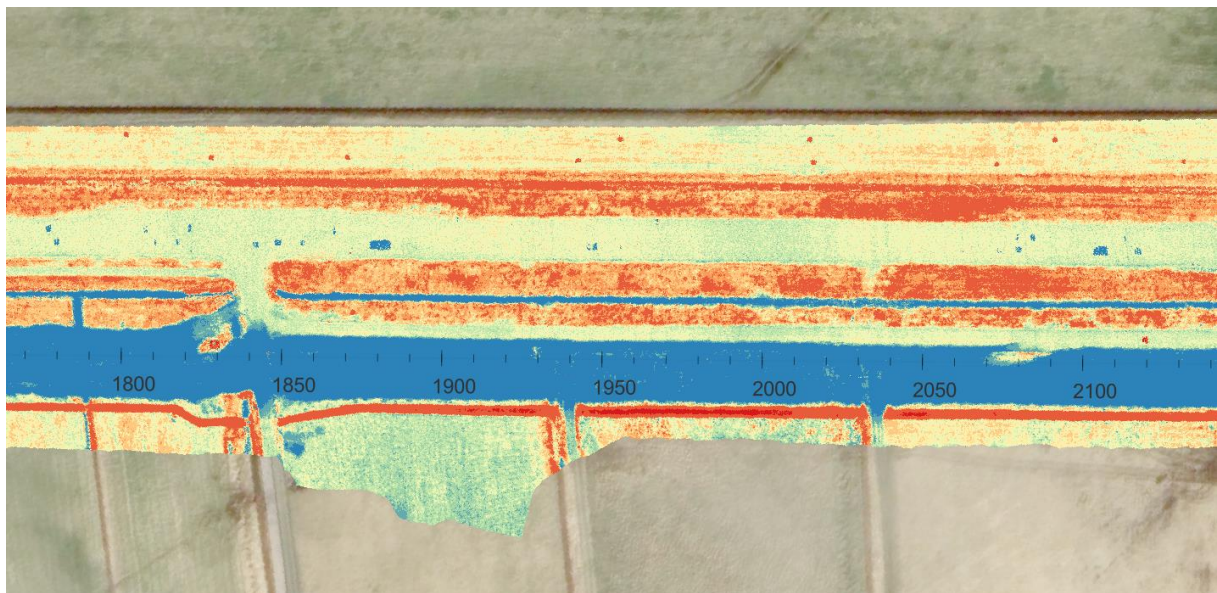




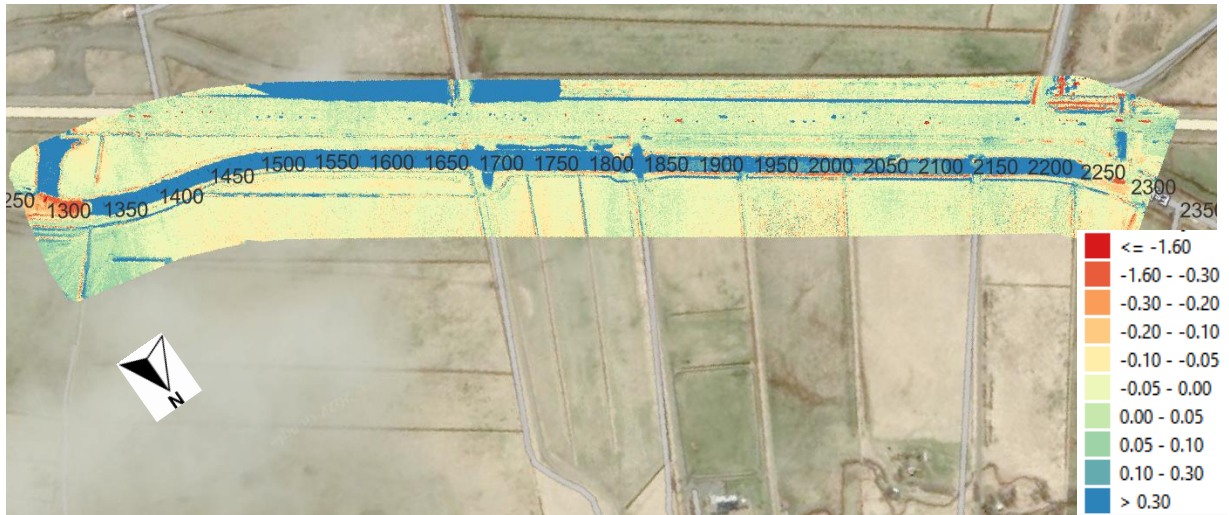
## Viðauki 1 Samanburður milli mælinga



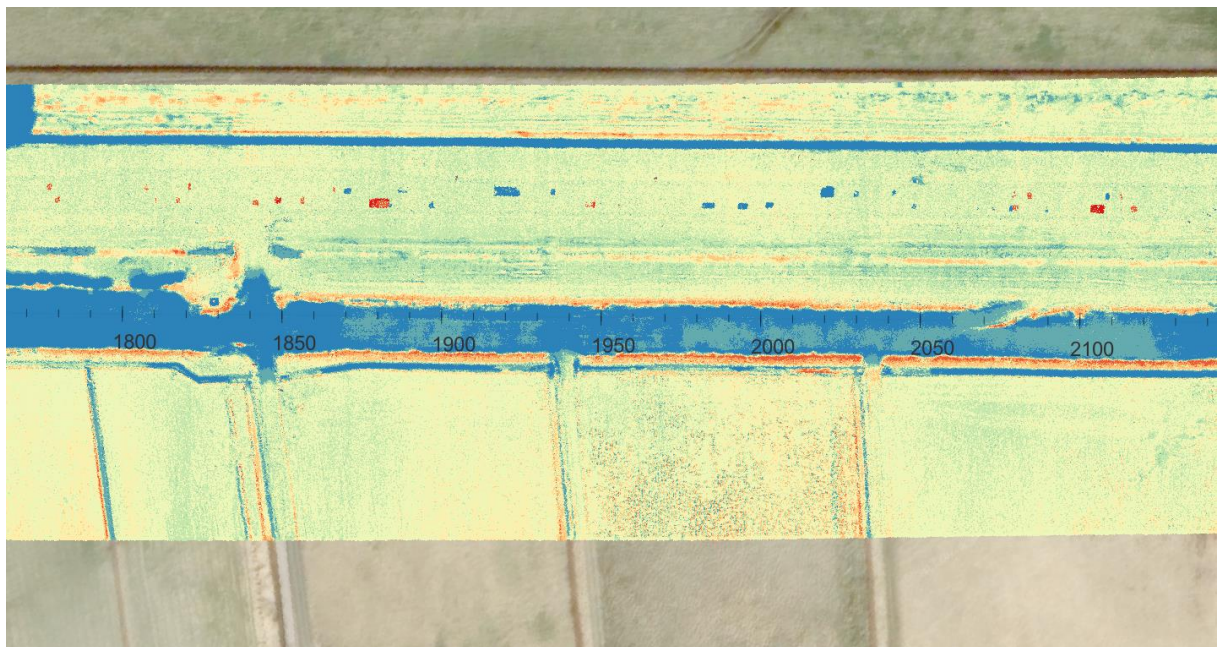
Samánburður á mælingum framkvæmdum 2. ágúst 2019 og 16. febrúar 2021.



Samánburður á mælingum framkvæmdum 2. ágúst 2019 og 16. febrúar 2021 – st. 1800-2100.

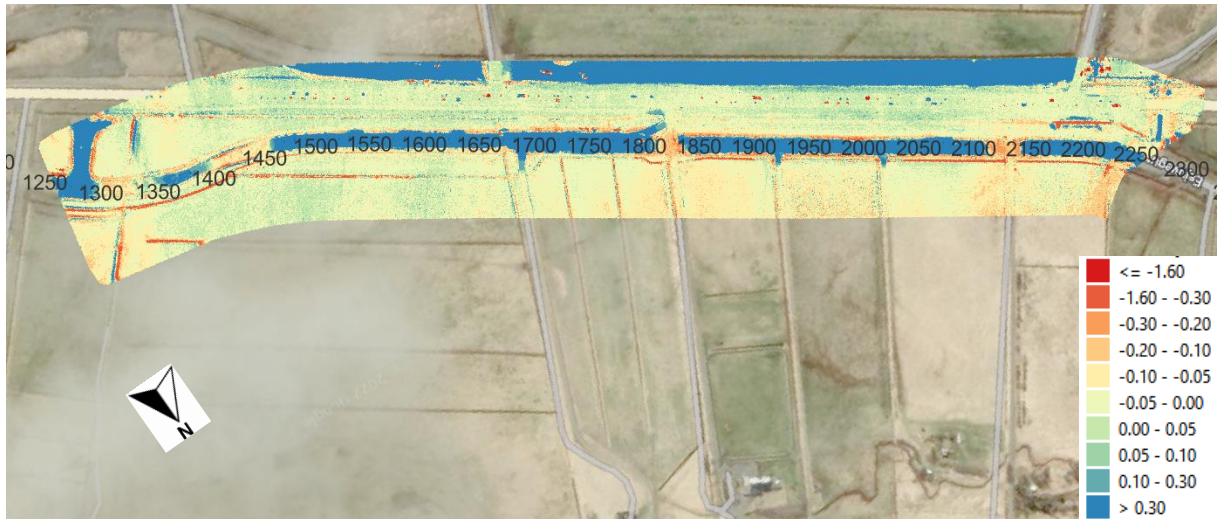


Samanburður á mælingum framkvæmdum 16. febrúar 2021 og 30. mars 2021.

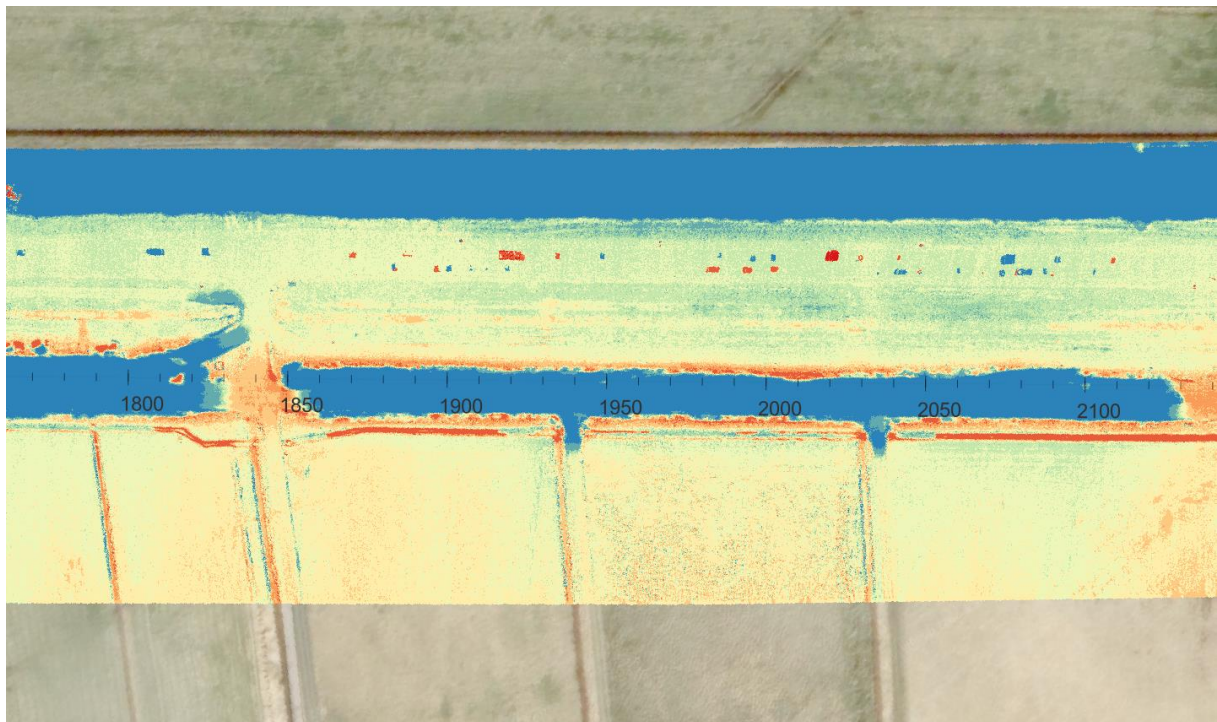


Samanburður á mælingum framkvæmdum 16. febrúar 2021 og 30. mars 2021, st. 1800-2100.

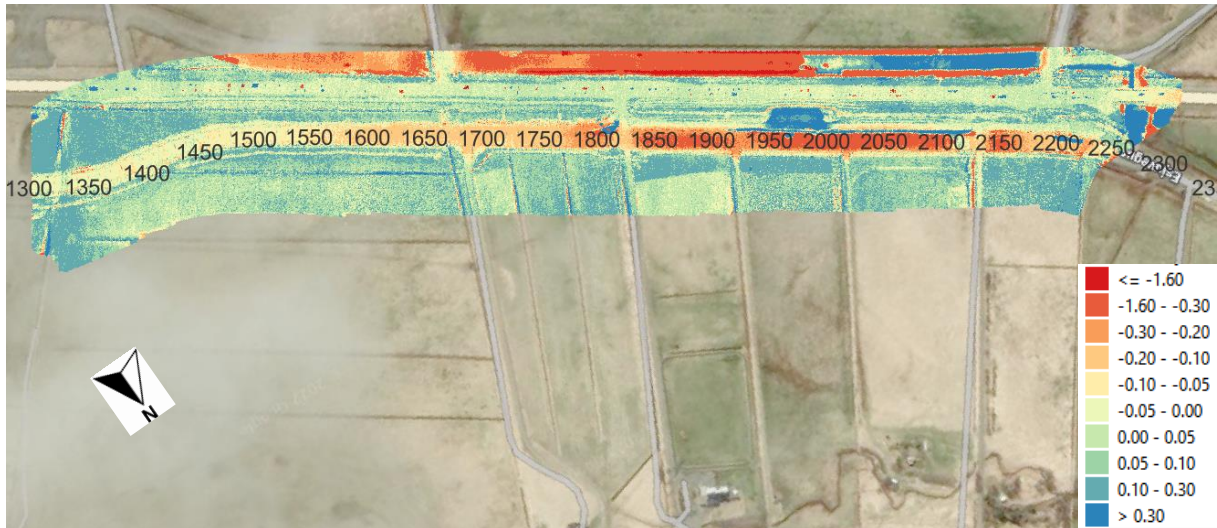




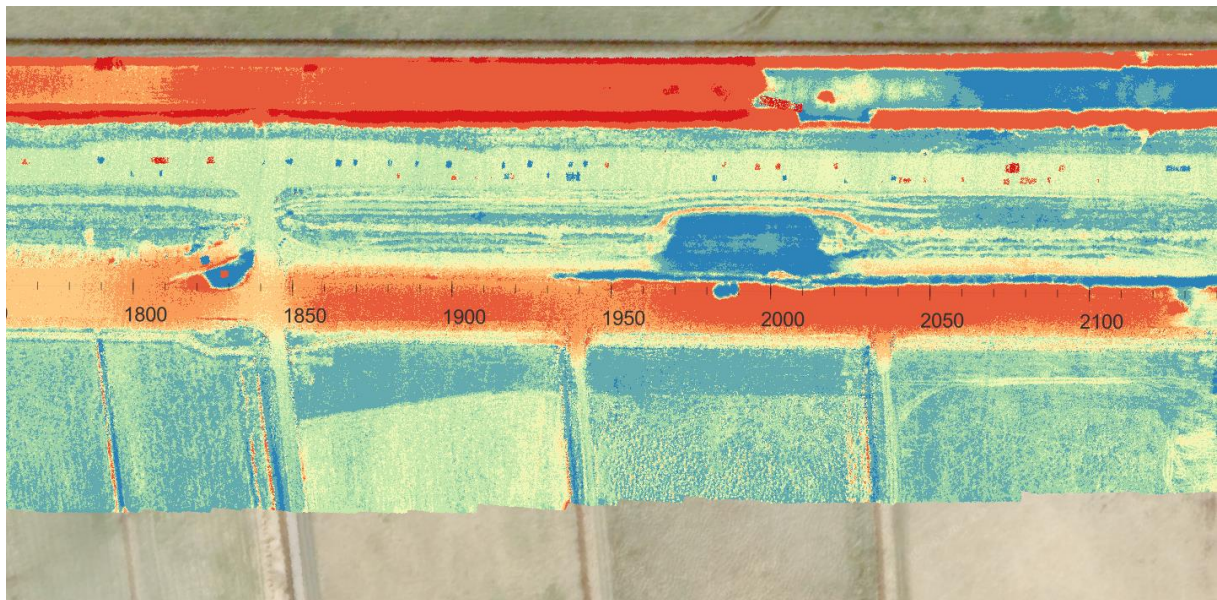
Samanburður á mælingum framkvæmdum 30. mars 2021 og 27. maí 2021.



Samanburður á mælingum framkvæmdum 30. mars 2021 og 27. maí 2021, st. 1800-2100.



Samanburður á mælingum framkvæmdum 27. maí 2021 og 30. september 2021.



Samanburður á mælingum framkvæmdum 27. maí 2021 og 30. september 2021, st. 1800-2100.





## Viðauki 2 Orthomosaic myndir af rannsóknarsvæði



Orthomosaic mynd af mælingum framkvæmdum 2. ágúst 2019



Orthomosaic mynd af mælingum framkvæmdum 16. febrúar 2021



Orthomosaic mynd af mælingum framkvæmdum 30. mars 2021



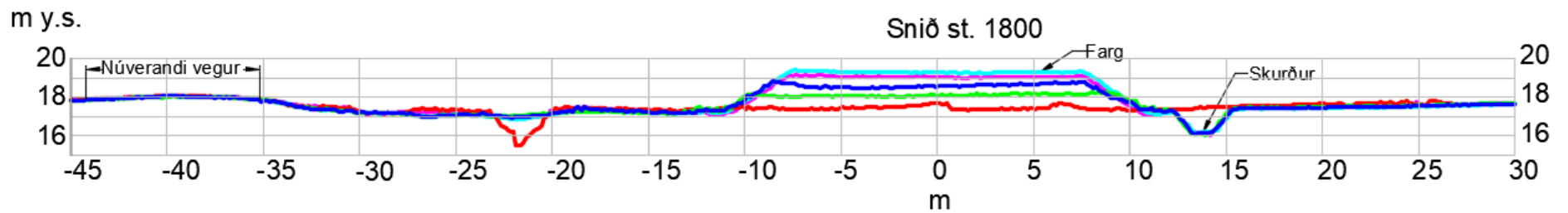
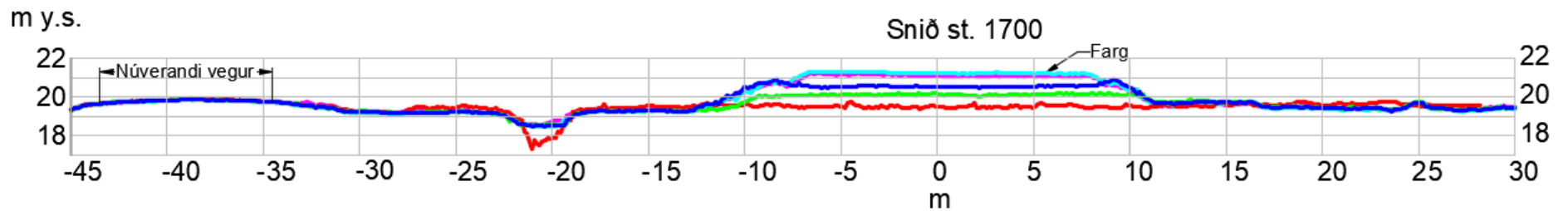
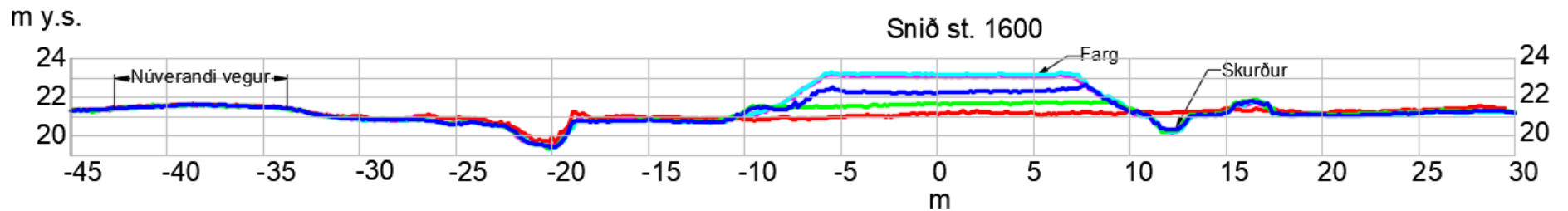
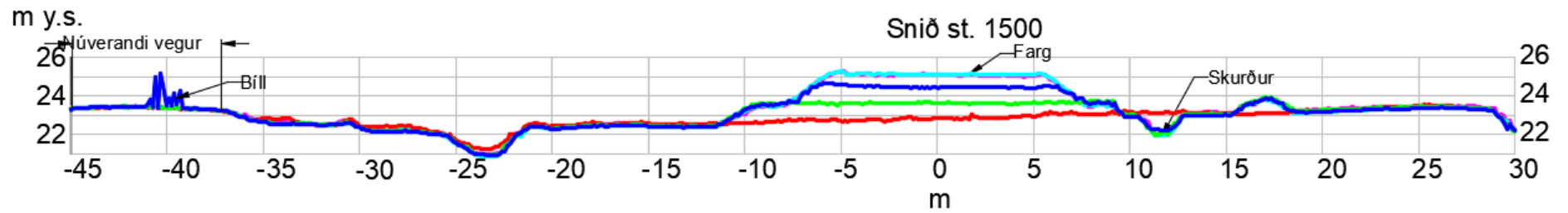
Orthomosaic mynd af mælingum framkvæmdum 27. maí 2021



Orthomosaic mynd af mælingum framkvæmdum 30. september 2021



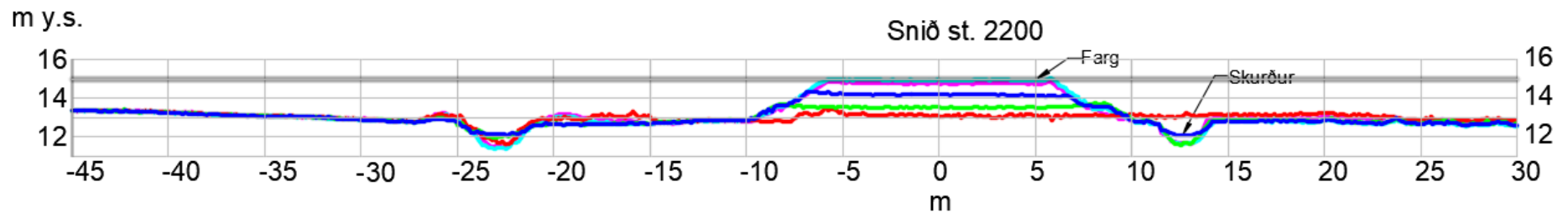
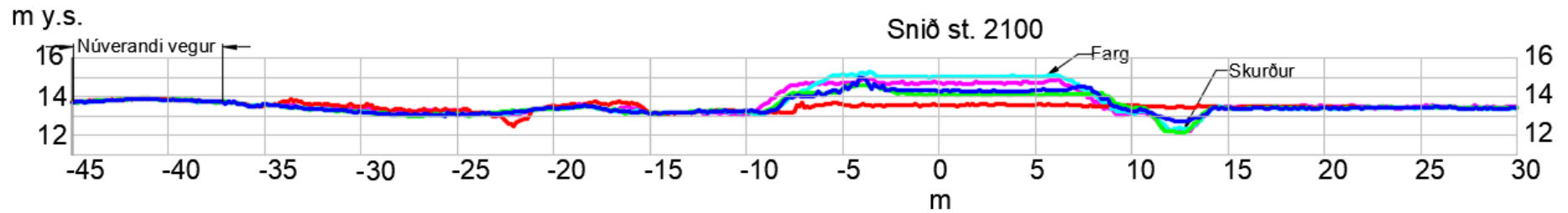
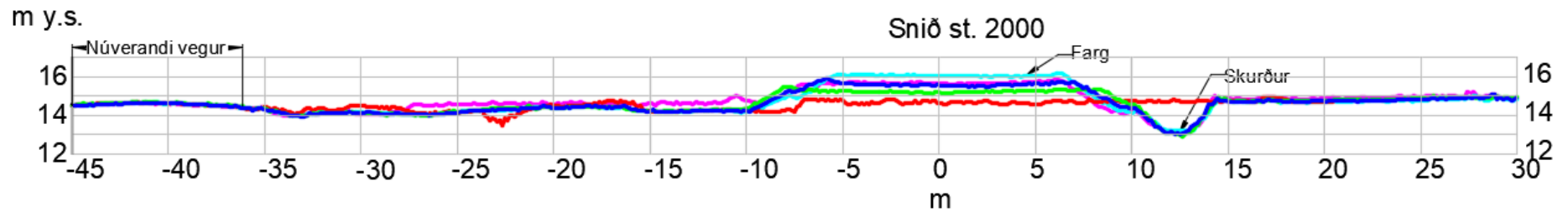
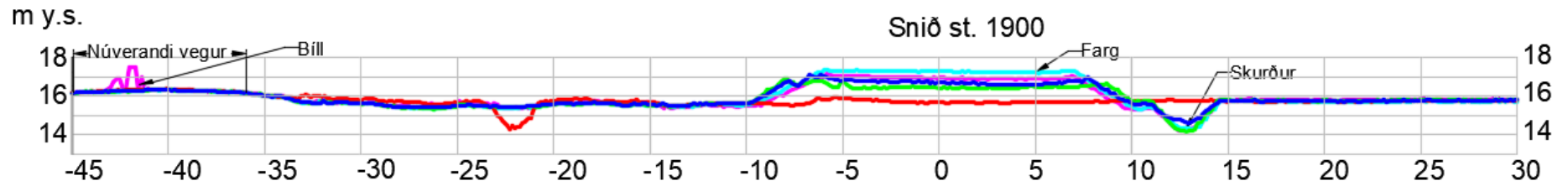
### Viðauki 3 Snið – allar mælingar skali 1:1







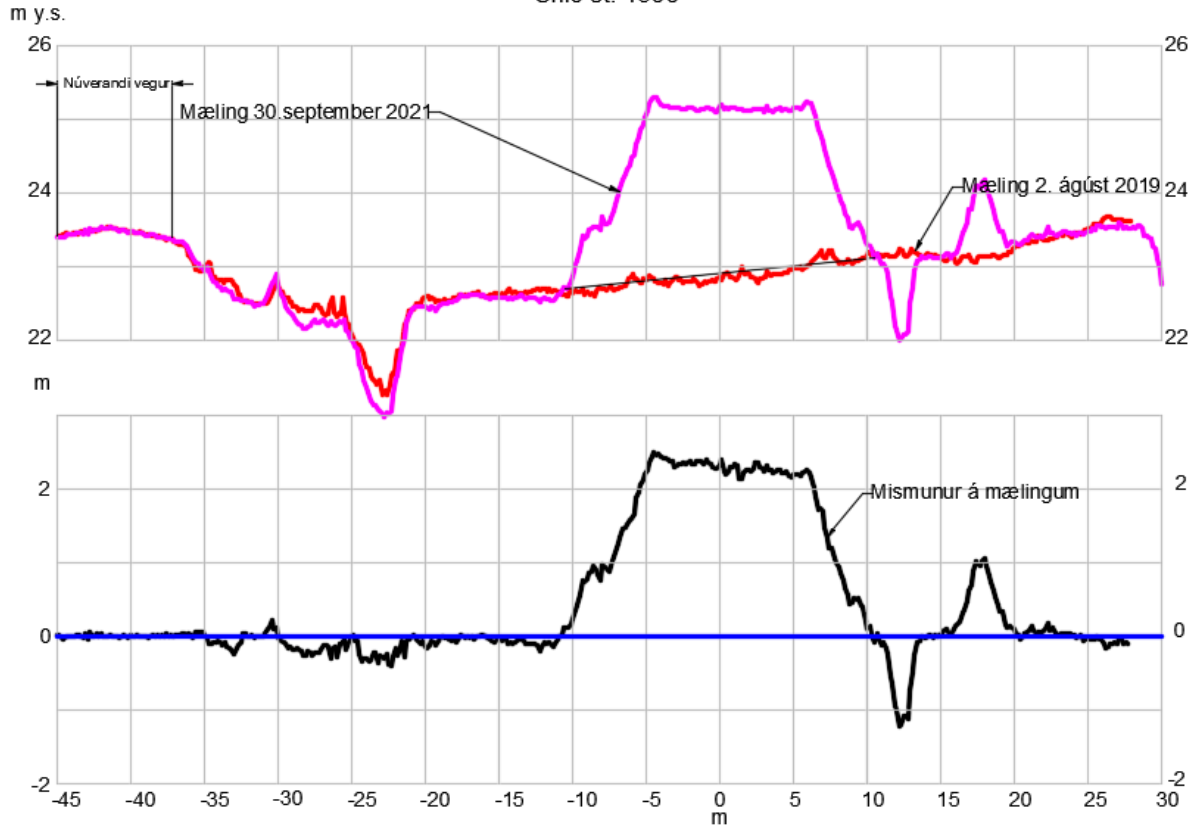
Sigmælingar með LiDAR á dróna  
Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar



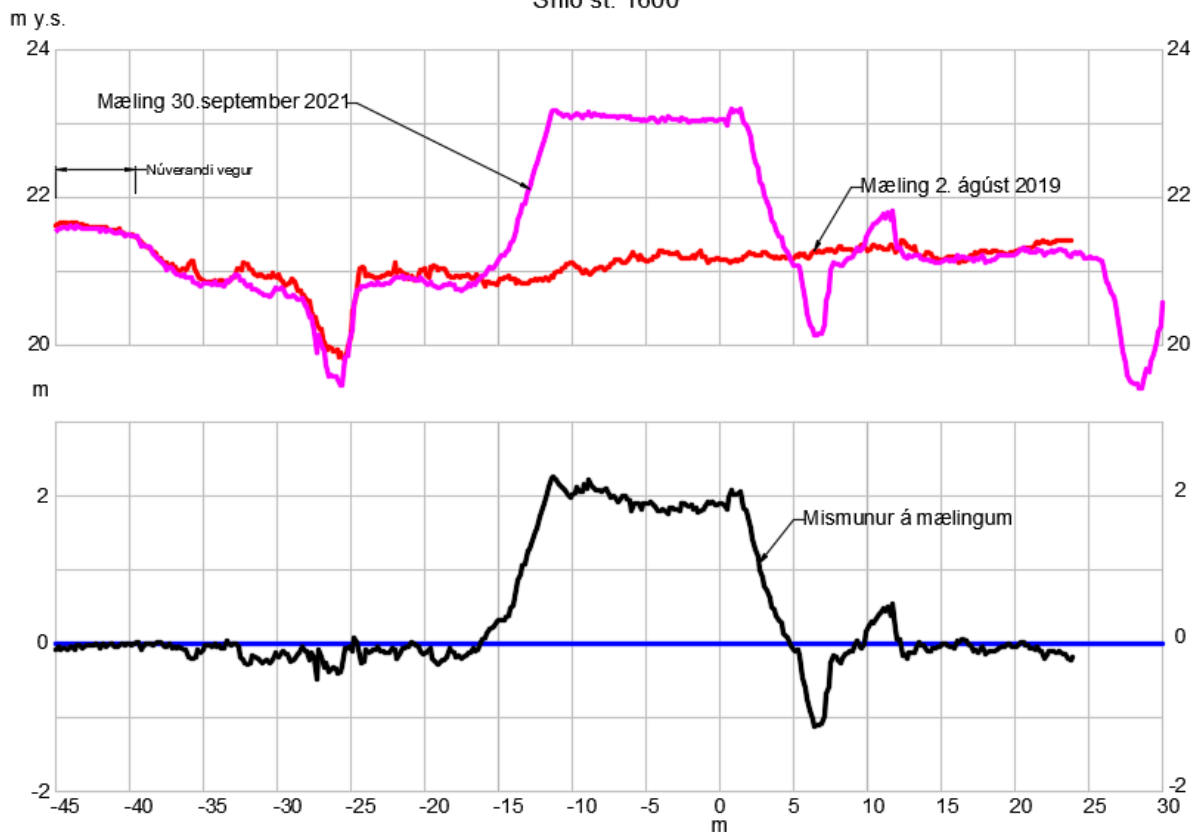


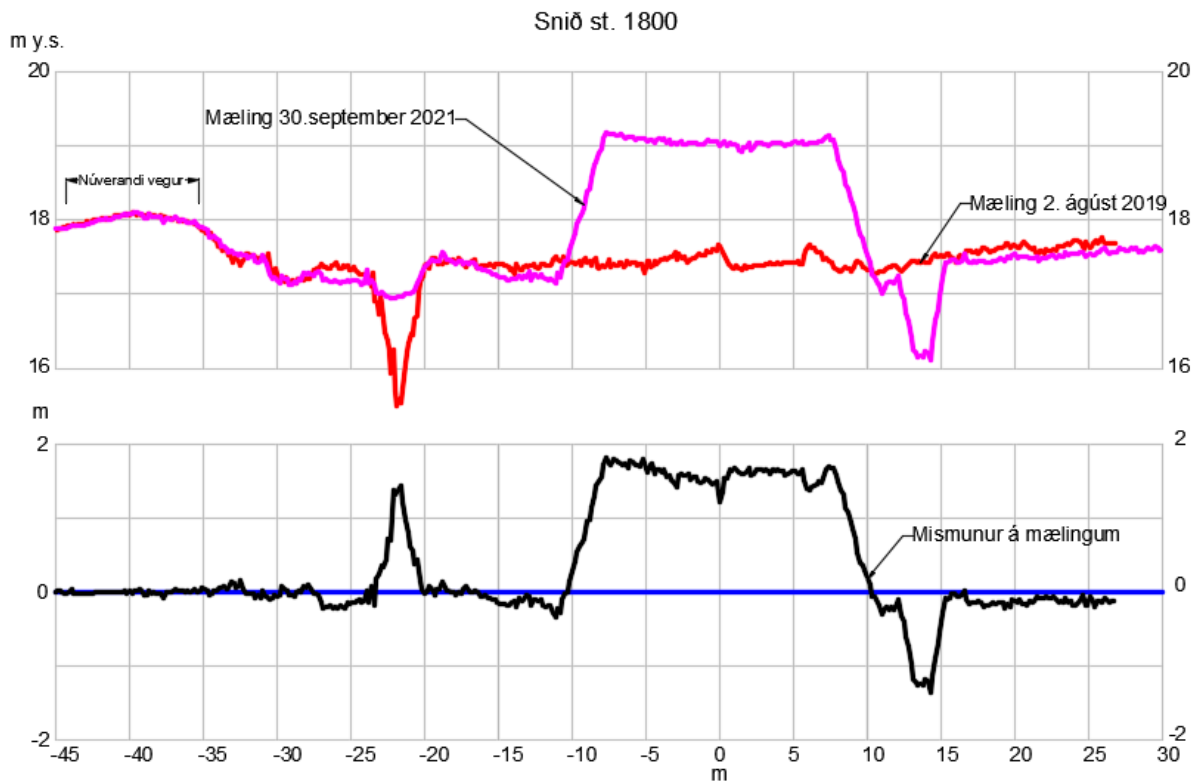
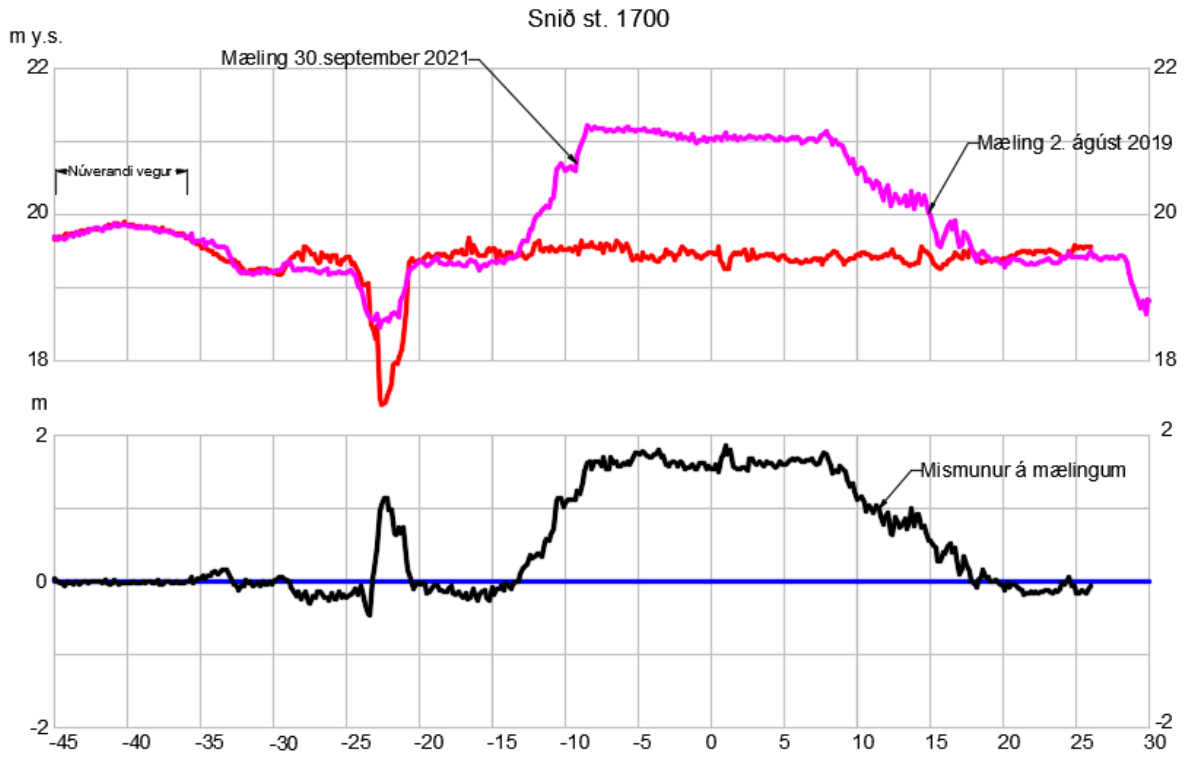
## Viðauki 4 Snið – samanburður á fyrstu og síðustu mælingum skali 1:5

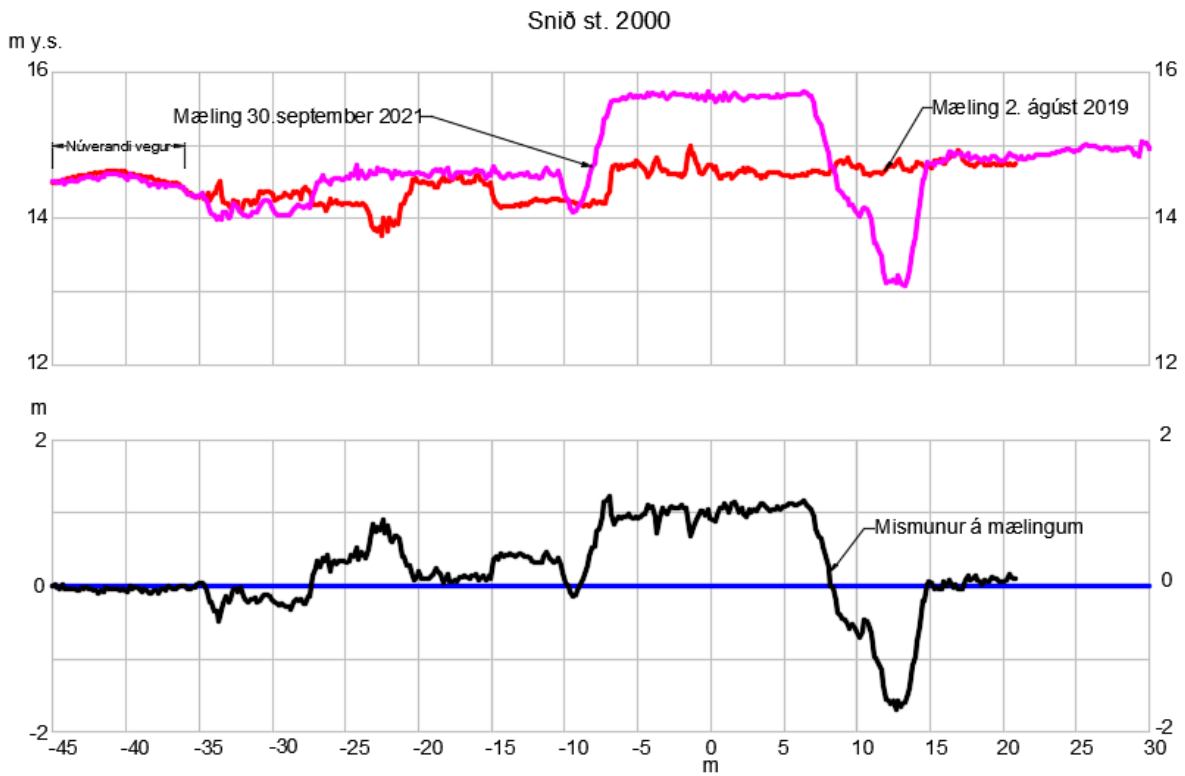
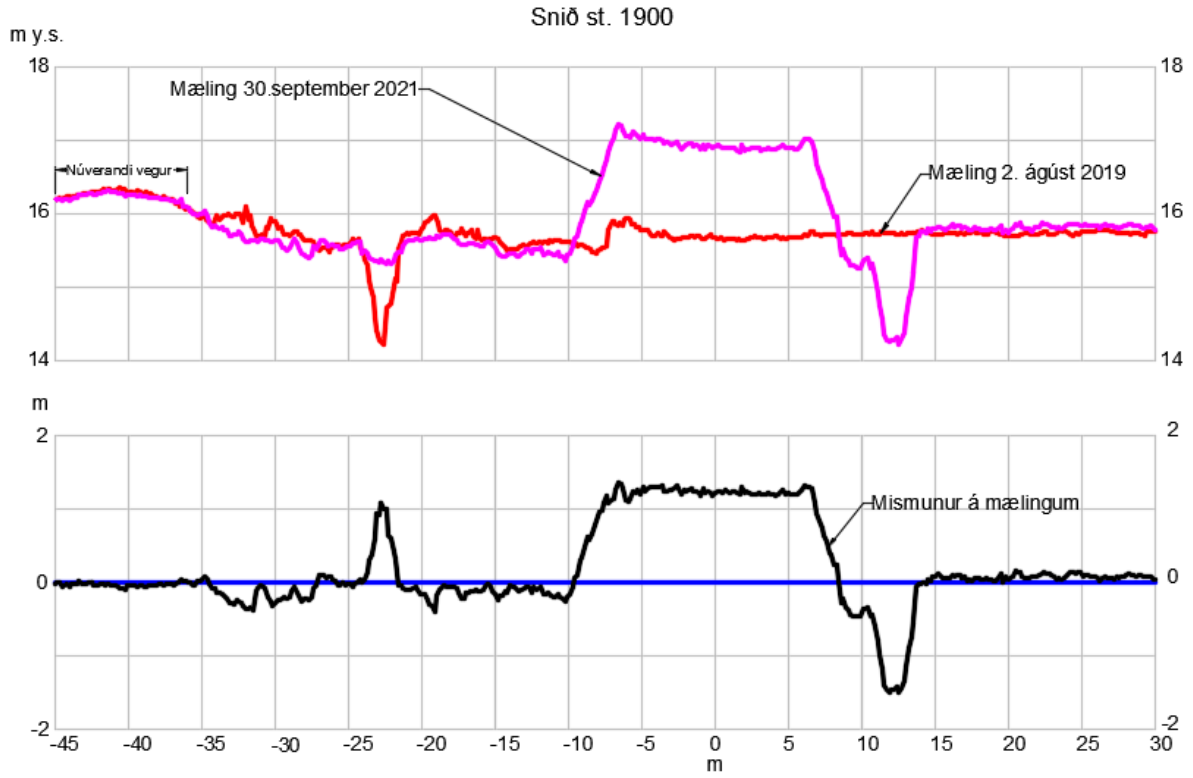
Snið st. 1500



Snið st. 1600

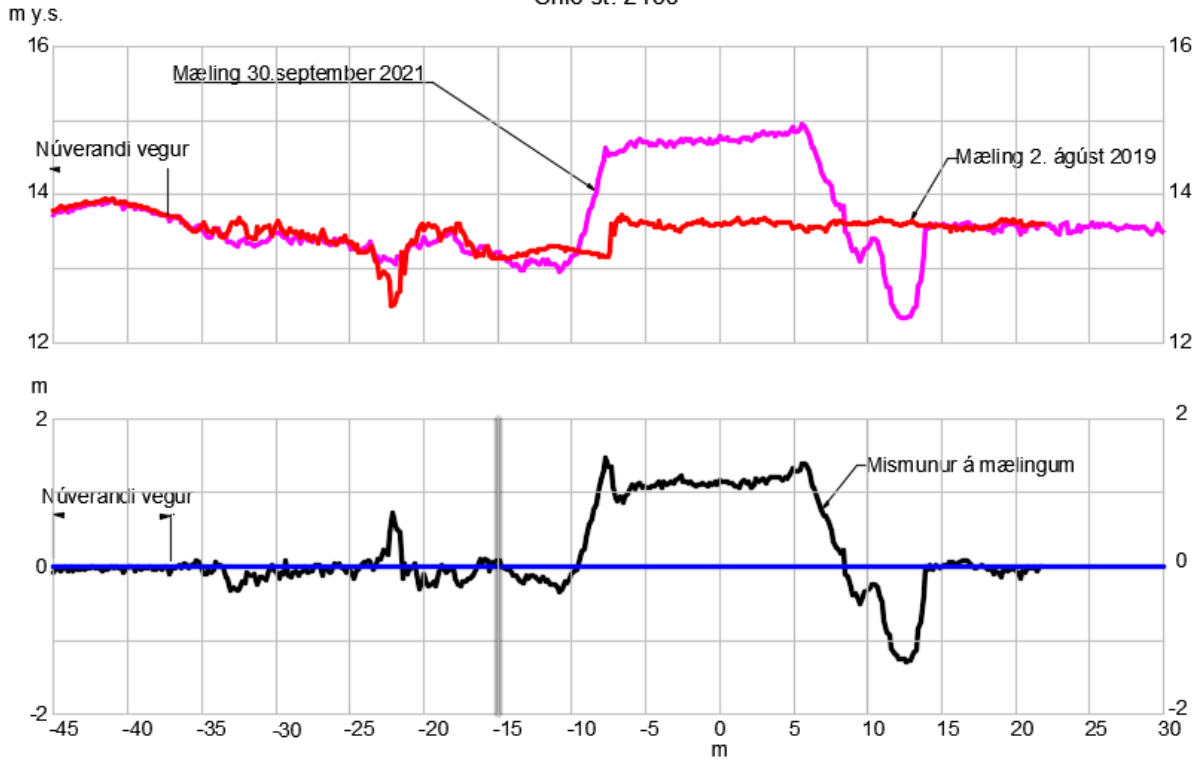








### Snið st. 2100



### Snið st. 2200

