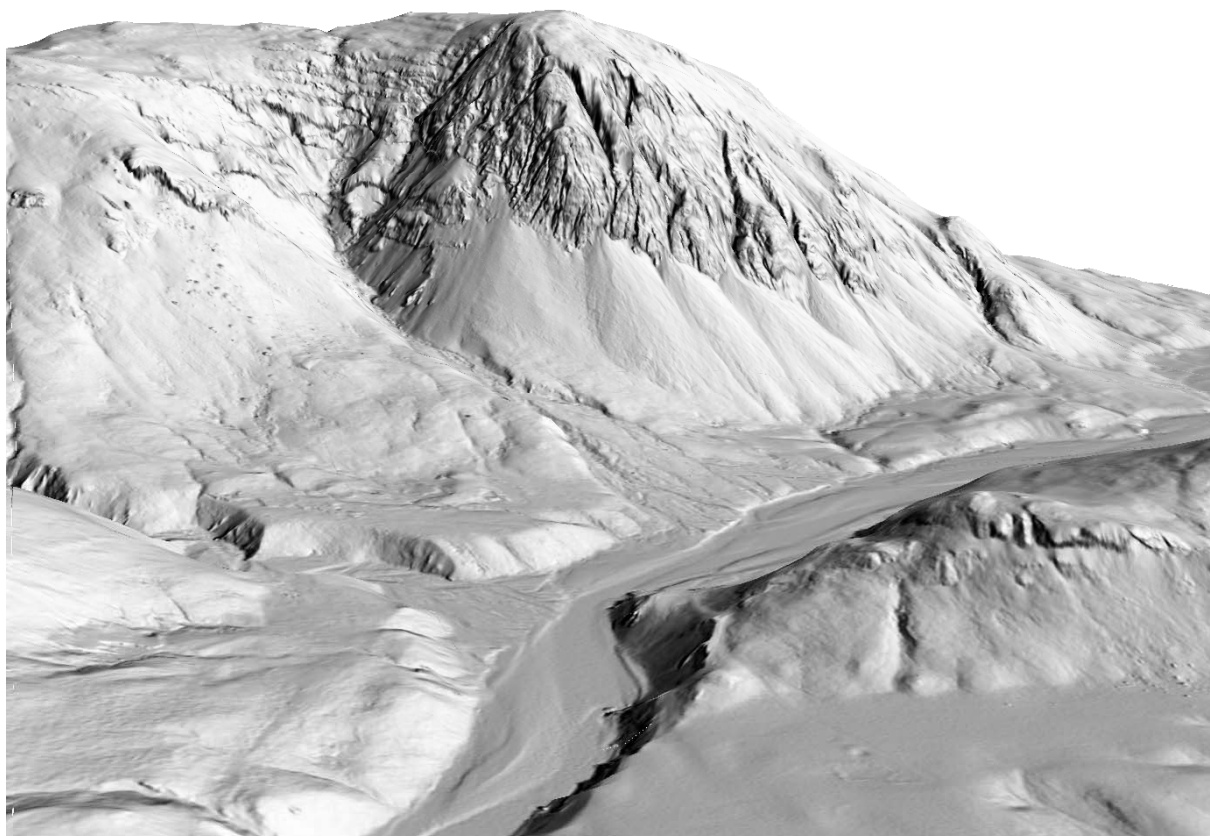


LIDAR landlíkan
af fyrirhuguðu vegstæði á Lónsheiði



Hersir Gíslason

Jón S. Erlingsson

Kristján Kristjánsson



26. júní 2012

Efnisyfirlit

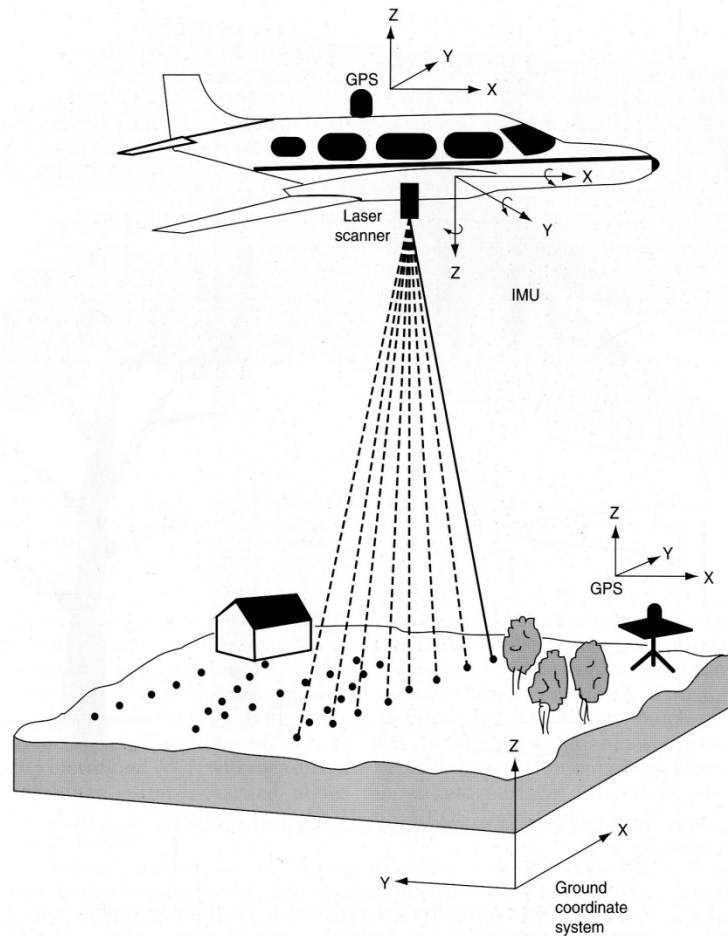
| | | |
|-------|--------------------------------------|----|
| 1 | Inngangur | 2 |
| 2 | LIDAR..... | 2 |
| 2.1 | LIDAR landlíkön..... | 4 |
| 3 | Framkvæmd mælinga..... | 6 |
| 3.1 | LIDAR mælingar..... | 6 |
| 3.2 | Mælingar á jörðu | 8 |
| 3.2.1 | Control punktar | 8 |
| 3.2.2 | GPS – mælingar fyrir LIDAR flug..... | 9 |
| 3.3 | Sniðmælingar..... | 9 |
| 4 | Úrvinnsla gagna..... | 10 |
| 5 | Gæði gagna..... | 11 |
| 6 | LIDAR landlíkan í veghönnun..... | 12 |
| 7 | Myndræn birting LIDAR gagna..... | 14 |
| 8 | Kostnaður | 16 |
| 9 | Umræða..... | 16 |
| 10 | Niðurstöður..... | 17 |
| 11 | Þakkir | 17 |
| 12 | Heimildir | 17 |

1 Inngangur

Á undanförunum árum hafa farið fram hæðarmælingar á helstu jöklum landsins með LIDAR (**L**ight **D**etection **A**nd **R**anging) tækni. Mælingarnar hafa verið undir umsjón Veðurstofu Íslands. Tæknin felur í sér að flogið er með LIDAR tæki yfir land í ákveðinni hæð og yfirborð lands mælt og hefur þýska fyrirtækið TopScan GmbH séð um mælingarnar. Með mælingunum hafa fengist nákvæm landlíkön af jöklunum en líkönin hafa verið með möskvastærð upp á 5 m. Rannsóknasjóður Vegagerðarinnar hefur styrkt þetta verkefni að hluta. Samhliða góðum árangri við mælingarnar vaknaði áhugi á því hjá Vegagerðinni að kanna möguleika á því að nota LIDAR gögn í veghönnun með það í huga hvort LIDAR mælingarnar geti að einhverju leyti komið í stað hefðbundina þversniðsmælinga með GPS mælitækjum einkum í stórbrotnu landslagi. Ákveðið var að sækja um styrk til rannsóknasjóðs Vegagerðarinnar fyrir LIDAR mælingum af Lónsheiði á Austurlandi og yrði landlíkanið með 0,5 m möskvastærð. Ef niðurstöðurnar myndu reynast ásættanlegar þá gæti landlíkanið einnig nýst í hönnunarvinnu fyrir hugsanleg jarðgöng undir Lónsheiði sem myndu leysa af hólmi Hringveginn þar sem hann liggur um Hvalnes- og Þvottárskriður. Þar sem þessar mælingar yrðu gerðar samhliða mælingum Veðurstofunnar þá þyrfti Vegagerðin ekki að standa straum af startkostnaði s.s. flutningi tækja og mannskaps til Íslands.

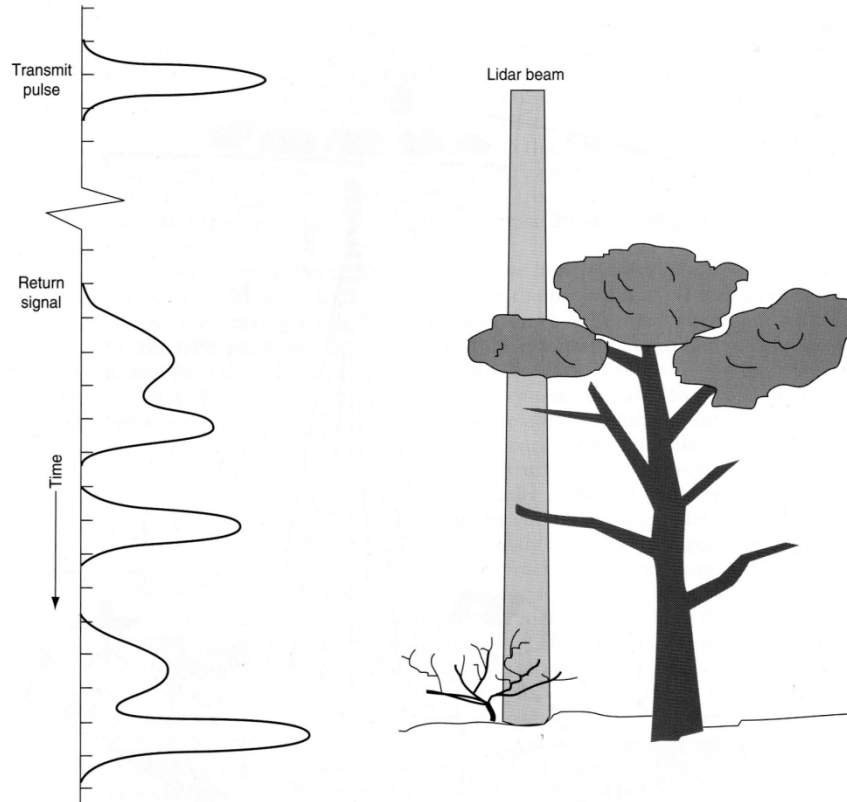
2 LIDAR

LIDAR mælingar byggja á notkun laser tækni. Lasergeisla er beint að viðfangsefninu og er fjarlægðin metin með því að reikna þann tíma sem tekur lasergeislann að ferðast fram og til baka [1]. Algengt er að nota LIDAR tækni í flugvélum og þyrlum. Segja má að LIDAR tæknin sé byggð upp af þremur mælitækjum. Laserskanna sem sendir frá sér lasergeisla og nemur endurvarpið, tregðumælis IMU (inertial measurement unit) sem mælir m.a. kink (pitch), veltu (roll) og geigun (yaw) laserskannans og svo GPS tækis sem mælir nákvæma staðsetningu lasertækisins í plani og hæð. Samhliða GPS mælingunum þarf að vera staðsett „base“ stöð í nágrenni rannsóknarsvæðisins til að hægt sé að leiðrétta GPS gögnin úr flugvélinni (sjá mynd 1). Þá eru einnig mældir „control“ punktar á jörðu til að fínstilla landlíkanið [1-3]. LIDAR mælingar hafa verið framkvæmdar síðan á síðari hluta 8. ártugs síðustu aldar en það var ekki fyrr en með tilkomu GPS tækninnar og nákvæmra tregðumæla að það varð hagkvæmt að nota LIDAR tæknina til að kortleggja stærri landsvæði en áður og með meiri nákvæmni [1].



Mynd 1. Helstu þættir LIDAR mælinga með flugi [1].

Þegar flogið er með LIDAR tækið þá veltur laserskanninn þvert á flugstefnuna og sendir frá sér „straum“ af lasergeislum og geta nýjustu tækin sent frá sér yfir 100.000 geisla á sekúndu. Lasergeislar sem tækin senda frá sér eru 0,25-0,30 mrad í þvermál og fer þá stærð þeirra þegar þeir lenda á yfirborði, eftir flughæð yfir landi [2]. Ef t.d. mælt er í 1000 m hæð yfirborði lands þá er geislinn um 0,25-0,30 m í þvermál þegar hann lendir á yfirborðinu. LIDAR getur mælt endurkomu hvers laser púlss nokkrum sinnum. Þar sem geislinn er nokkuð breiður þá getur sami púlss haft mismunandi endurkomu tíma ef hann lendir á fleiri en einum fleti á leið sinni til jarðar. Hér má t.d. hugsa sér að geisli sem lendir á trjágrein og endurvarpast af henni. Hluti geislans sleppur framhjá, lendir á jörðinni og endurvarpast þaðan. LIDAR tækið getur greint á milli hvers endurvarps og metið fjarlægð fyrir hvern flöt sem geislinn endurvarpast af [1]. Mynd 2 sýnir laser púlss sem lendir á trjágróðri á leið sinni til jarðar og endurvarpast hann nokkrum sinnum. Til útreikninga á landlíkani er síðasti púlssinn notaður. LIDAR tækið sem TopScan notar við mælingar hér á landi getur greint á milli fjögurra endurvarpspúlssa (1., 2., 3., og 4., sem er túlkaður sem „síðasta púlss“) auk þess sem það greinir styrk geislans sem endurvarpast [2].



Mynd 2 Lóðrétti ásinn sýnir tíma en lárétti ásinn styrk endurvarps. Styrkur endurvarps ræðst af gerð flatarins sem endurvarpar geislanum [1].

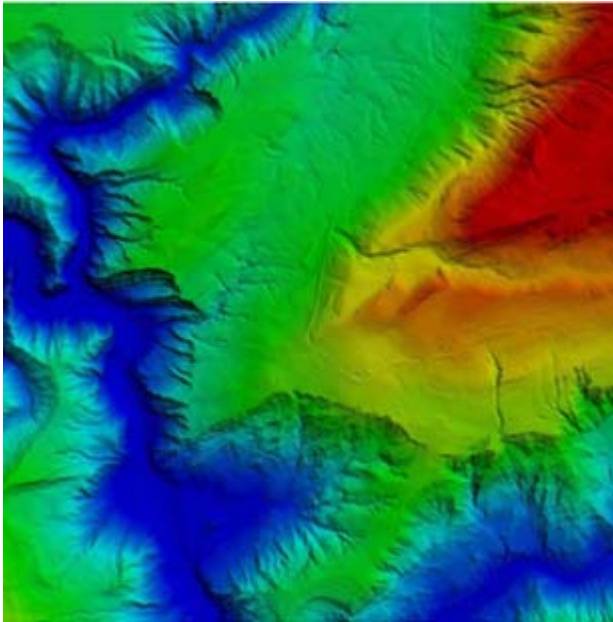
LIDAR mælingar geta komið að góðum notum þar sem hefðbundin loftmyndataka hentar ekki til þess að reikna út landlíkan, t.d. á snævi þöktu landi, í bröttum hlíðum og í þröngum giljum þar sem sólarljóss nýtur ekki við (1). Þá er LIDAR ekki háð dagsbirtu og hægt er að mæla allan sólarhringinn ef veður leyfir. LIDAR mælingar eru þó viðkvæmar fyrir skýjafari, rigningu, ryki o.fl. [2].

Úrvinnsla LIDAR gengur yfirleitt hratt fyrir sig og hafa verið þróaðir algoritmar til vinna landlíkön úr gögnunum þannig að vinnan er að mestu leyti sjálfvirk [2]. LIDAR hefur verið mikið notað til að kortleggja land undir skógi og til að meta lífmassa í skógum. Einnig hefur LIDAR tæknin verið notuð til að kortleggja land fyrir vegaframkvæmdir og til að meta magn við uppjör að framkvæmd lokinni [4]. Þá hefur á síðustu árum fæst í vöxt að nota LIDAR á ökutæki til að kortleggja nánasta umhverfi vega [1].

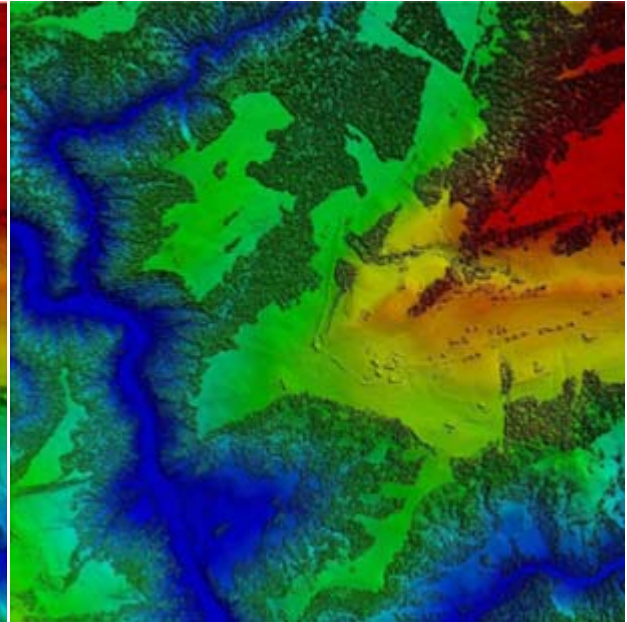
2.1 LIDAR landlíkön

Með því að nota mismunandi endurvarpsspúlva/geisla þá er hægt að reikna út landlíkan, „Digital Elevation Model“ (DEM). Þegar gróður, hús eða önnur fyrirbæri sem ekki teljast hluti af landi eru hreinsuð úr líkaninu fæst yfirborð lands og eru slík landlíkön kölluð „Digital Terrain Model“ (DTM). Þegar landlíkan inniheldur fyrirbæri á yfirborði s.s. byggingar, trjágróður o.þ.h., er talað um „Digital Surface Model“ (DSM). Slík módel eru oft afrakstur

LIDAR mælinga sem er m.a. notuð til að kortleggja skóglendi eða byggingar t.d. þegar verið að búa að landlíkön af borgum [2].



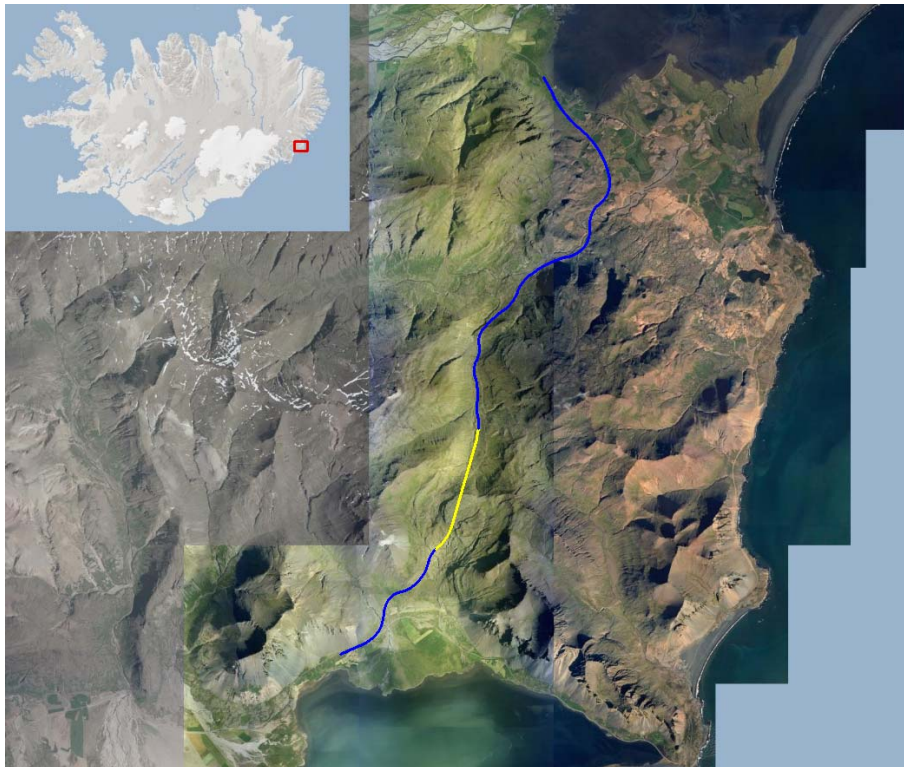
Mynd 3. Dæmi um „Digital Terrain Model“. Skyggt hæðarlíkan litað eftir hæð. Búið er að hreinsa gróður og hús úr landlíkaninu. Venjan er að vegir og manngerðar fyllingar eru túlkaðar sem hluti lands [2].



Mynd 4. Dæmi um „Digital Surface Model“. Skyggt hæðarlíkan litað eftir hæð. Hér inniheldur landlíkanið öll fyrirbæri á yfirborði lands [2].

3 Framkvæmd mælinga

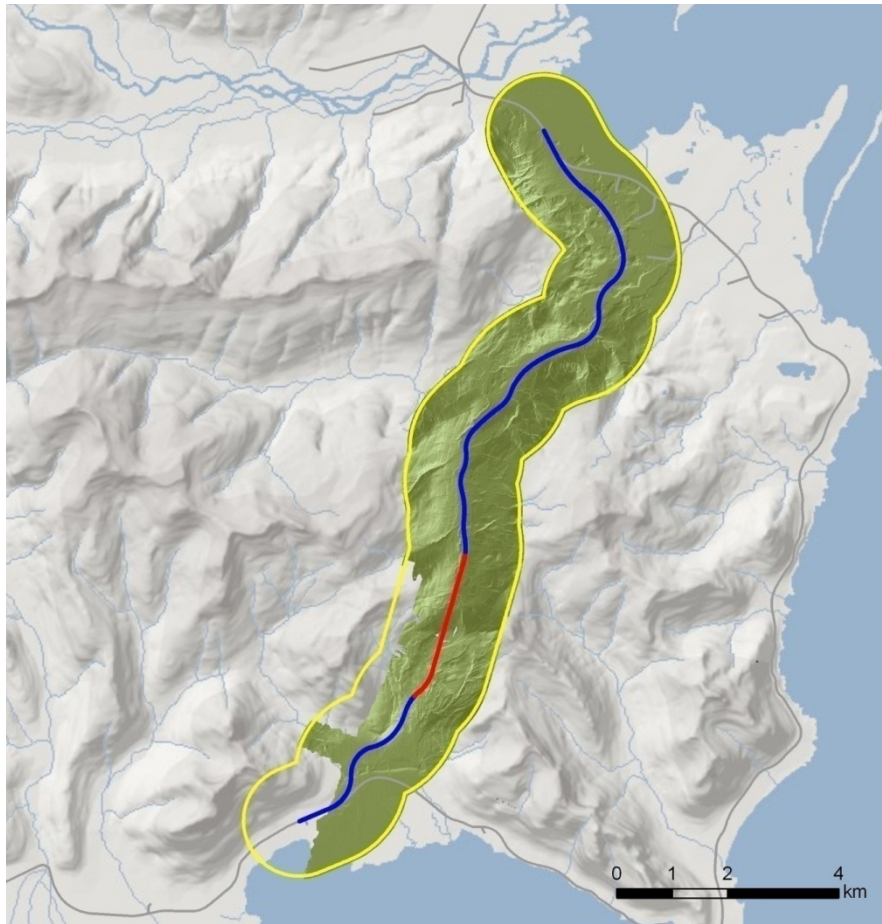
Þegar valinn var staður fyrir mælingarnar þótti Lónsheiði vera áhugaverð til kortlagningar með LIDAR tækninni bæði vegna landslags og svo vegna hugmynda sem hafa verið um hugsanleg jarðgöng undir heiðina. Nokkur hæðarmunur er á landi og landslag fjölbreytt með bröttum hlíðum og djúpum giljum. Nokkrar veglínur hafa verið til skoðunar en ákveðið var mæla 1 km sitt hvoru megin við vænlegustu veglínuna á svæði sem er um 34 km². Mælingarnar myndu því ná yfir nógu breitt svæði til að hægt væri að hliðra veglínunni um hundruð metra án þess að fara út fyrir landlíkanið.



Mynd 5. Veglína á Lónsheiði. Gul lína sýnir legu jarðganga en blá lína sýnir nýja veglínu (Loftmynd: Loftmyndir ehf.).

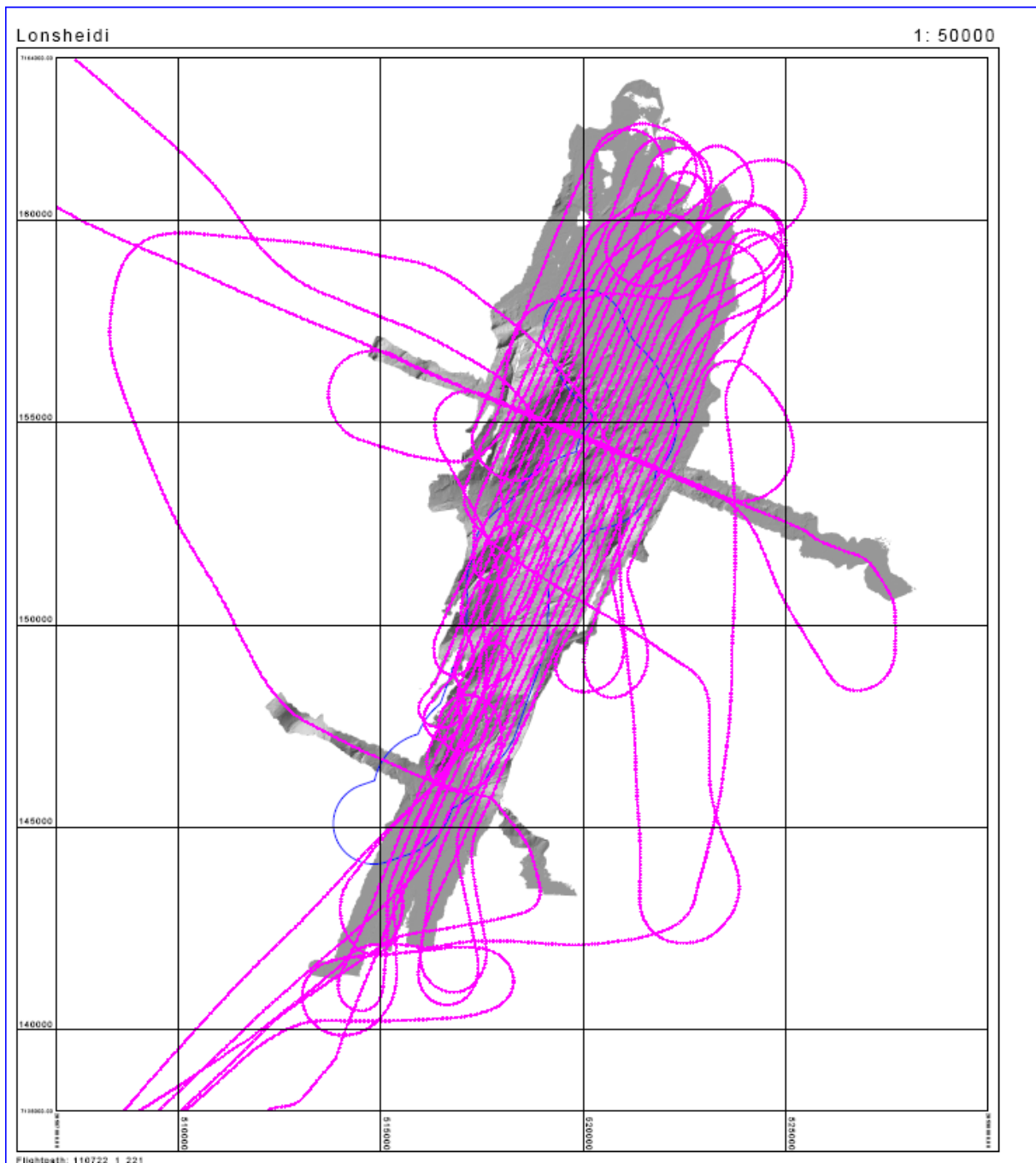
3.1 LIDAR mælingar

LIDAR mælingarnar fóru fram 22. júlí 2011. Mælingarnar gengu illa vegna óhagstæðs skýjafars. Þann 21. júlí hindraði þoka mælingar en 22. júlí var hægt að mæla á norðanverðu svæðinu en tvísýnt var um mælingar á sunnanverðu svæðinu vegna skýja. Það var flogið yfir suðurhlutann og reynt að mæla eins mikið og hægt var. Það vildi þó svo heppilega til að heillegar mælingar náðust af svæðinu við hugsanlega veglínu og einungis vantar upp á mælingarnar á fyrstu 700 m á veglínunni (sjá mynd 6). Einnig eru nokkur göt í landlíkaninu á háheiðinni. Þar var skýjafar einnig óhagstætt en það kemur þó ekki að sök því þar munu væntanleg jarðgöng liggja.



Mynd 6. Gula línan afmarkar svæði í 1 km fjarlægð frá fyrirhugaðri veglínu. Græna svæðið er skyggt LIDAR landlíkan. Það vantar gögn á suðvesturhluta svæðisins (Kortagrunnur: Landmælingar Íslands).

Við mælingarnar var notað LIDAR tæki af gerðinni Airborne Laser Terrain Mapper, ALTM Gemini, sem framleitt er af Optech Inc. Flughæðin var 950 m.y.s. Flughæð yfir landi var 300 m-950 m. Laser skannanum var velt $\pm 20^\circ$ frá lóðréttu þvert á flugstefnuna með tíðninni 40 Hz. Tíðni á lasergeislum frá LIDAR tækinu var 100 kHz (100.000 púlsar á sekúndu). Breidd lasergeislans var 0,25 mrad. Flogið var yfir svæðið nokkrum sinnum og sjást flugferlarnir á mynd 7. Upphaflega var gert ráð fyrir 4 flugtímum í verkið en þeir urðu 5,9.



Mynd 7. Fluglínur lagðar ofan á skyggt hæðarlíkan af Lónsheiði. Bláa línan sýnir athugunarsvæðið.

3.2 Mælingar á jörðu

3.2.1 Control punktar

Nokkru fyrir LIDAR mælingarnar var farið austur að Lónsheiði til að finna hentugan stað til að mæla „control“ punkta með GPS mælitæki. Þeir voru mældir á sléttum ógrónum mel á sunnanverðu svæðinu (sjá mynd 8). Þar sem LIDAR mælingarnar gengu illa vegna veðurs og óljóst var hvort hægt yrði að fljúga yfir suðuhluta svæðisins. Þá voru mældir nýir „control“ punktar á norðanverðu svæðinu á ógrónum mel og var það gert sama dag og LIDAR mælingarnar fóru fram. Þessir punktar hefðu verið notaðir ef ekki hefði tekist að fá mælingar á „control“ punktum á suðurhlutanum.

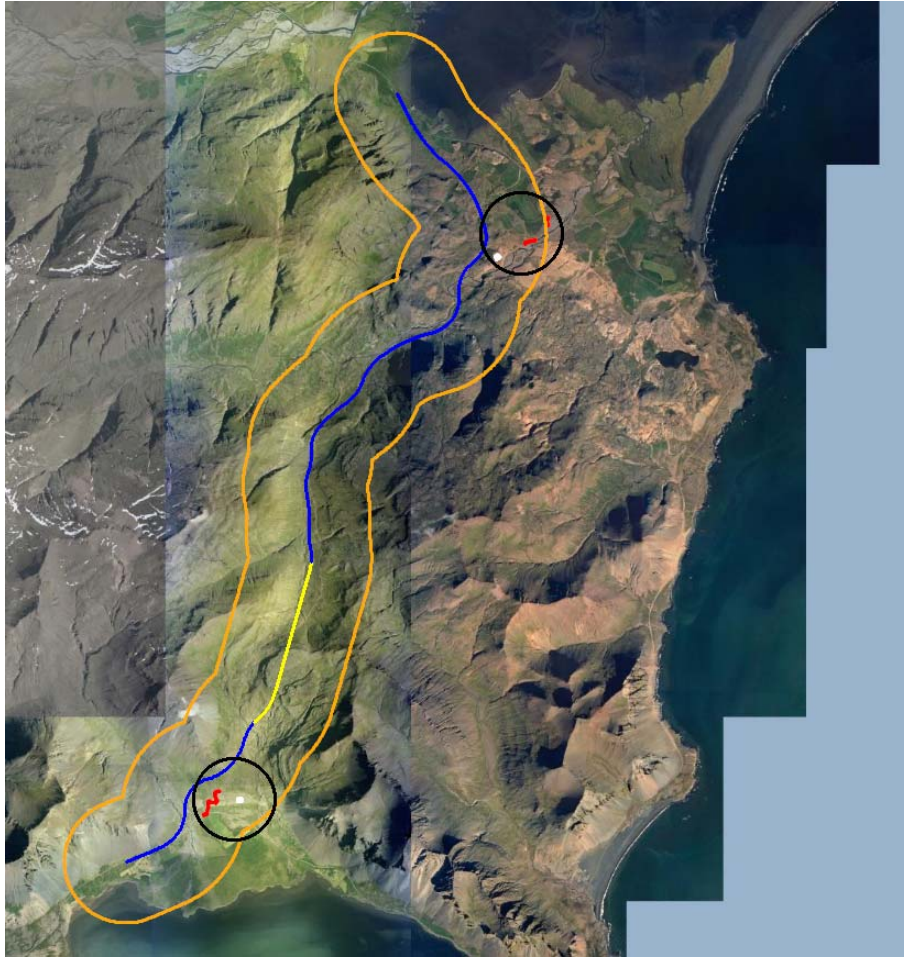
3.2.2 GPS – mælingar fyrir LIDAR flug

GPS-tækjum var stillt upp í tveimur þekktum punktum á jörðu niðri og stóð til að nota mælingar úr tækjunum til að leiðrétta staðsetningar, í hæð og pláni, á GPS mælingum sem fóru fram í flugvélinni. Þessir punktar eru grunnstöðvarpunktur LM0347 (Hraunkot) í Lóni og punktur 11923 á Hærukollsnesi í Álftafirði. Tækin sem voru notuð eru af gerðinni Trimble NetR5 með Trimble Zephyr GNSS Geodetic Model 2 loftnetum. Tækin voru stillt á 1 sek. skráningu og 10° hæðarhorn en að öðru leiti með „default“ stillingum frá framleiðenda. Tækin voru uppstillt í punktunum í 2 sólarhringa. Gögnin úr tækjunum voru síðan send til TopScan í Þýskalandi til frekari úrvinnslu ásamt mæliblöðum. Við úrvinnslu gagnanna kom í ljós að tækin skráðu ekki svokallaðan P2-kóða sem þarf til svo hægt sé að nota þessi gögn í þeim hugbúnaði sem TopScan notar við úrvinnslu LIDAR gagna. Rætt var við sérfræðinga hjá Landmælingum Íslands sem höfðu átt í vandræðum með gögn úr stöð við Heiðarsel norðan Egilsstaða en á þessum tíma voru óvenju slæm skilyrði í himinhvolfinu. Þeir gátu ekki komið með skýringu á þessu. Þá voru gögnin send til framleiðanda tækjanna en þaðan komu ekki viðhlítandi skýringar á þessu vandamáli önnur en sú að nota ávallt nýjustu uppfærslur á hugbúnaði tækjanna. Þá var lagt til að breyta einni stillingu í tækjunum sem var gert (L2-CS and Legacy í stað L2-CS with Legacy fallback).

Vitað var áður en mælingar hófust að GPS-jarðstöðin á Höfn í Hornafirði gæti nýst sem varastöð ef mælingar myndu fara úrskaiðis. Stöðin er í rúmlega 40 km fjarlægð frá rannsóknasvæðinu en samkvæmt leiðbeiningum frá TopScan var ekki mælt með því að nota stöðvar sem væru í meira en 50 km fjarlægð. Þar sem GPS mælingarnar brugðust þá varð það neyðarúrræði að nota gögn frá jarðstöðinni á Höfn í Hornafirði til að leiðrétta staðsetningar á fluginu.

3.3 Sniðmælingar

Það voru mæld 3 langnið með GPS alstöð, eitt að sunnanverðu en tvö að norðanverðu (mynd 8). Þessi mælingar voru svo notaðar til að bera saman við landlíkanið frá TopScan og meta nákvæmni líkansins. Mælt var á landi á hæðarbilinu 75,5-112,6 m yfir ellipsuhæð (GRS80). Ástæðan fyrir því að ekki var farið hærra var sú að ekki voru til fastmerki með góðum hæðum uppi á heiðinni, en niðursetning og mæling á þeim hefði aukið kostnað við mælingarnar töluvert.



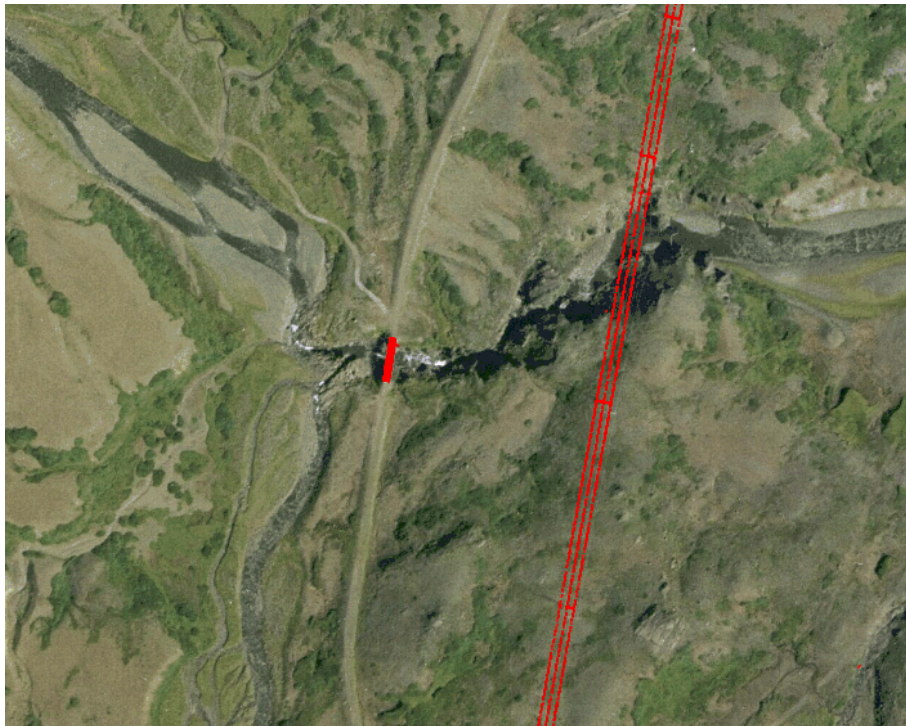
Mynd 8. Fyrirhuguð veglína um Lónheiði. Hugsanleg jarðgöng eru gul á myndinni. Svartir hringir eru dregnir utan um sniðmælingar og „control“ punkta. Rauðar línur eru snið sem voru mæld til að sannreyna landlíkanið. Hvítir punktar eru „control“ punktar sem voru notaðir til að fínstilla landlíkanið (Loftmynd: Loftmyndir ehf.).

4 Úrvinnsla gagna

Úrvinnsla LIDAR mælinganna fór fram hjá TopScan. Úrvinnslan er að mestu leyti sjálfvirk tölvuvinnsla. Í bæklingi frá TopScan [2] er gefið stutt yfirlit um hvernig vinnsluferlið fer fram. Fyrst eru gögnin úr GPS tækinu í flugvélinni og í „base“ stöðinni yfirfarin og kannað hvort þau falli ekki saman. Borin er saman hæð úr LIDAR mælingum og á „control“ punktunum og er mismunur sem fæst úr þeim samanburði notaður til fínstilla landlíkanið. Þá fer fram sjálfvirk flokkun á laser punktunum. Þar er t.d. flokkað í gróður og yfirborð lands. Þegar sjálfvirkri flokkun er lokið þá tekur við handvirk flokkun. Almennt þarf ekki að eiga mikið við gögnin handvirkt en það sem helst þarf að laga eru punktar sem hafa verið flokkaðir sem yfirborð en eru í raun gróður eða byggingar. Þetta getur átt við þegar lasergeislinn nær ekki til jarðar eða þegar LIDAR tækið nær ekki að nema endurvarpið frá jörðu t.d. ef það kemur ekki fram fyrir en á 5 endurkasti. Eftir að gögnin hafa verið hreinsuð þá er hugbúnaðurinn SCOP notaður til að reikna út landlíkanið.

TopScan afhenti Vegagerðinni þrennskonar gagnasett. Búið var að skipta svæðinu upp í jafna reiti sem voru 1 km x 1 km á stærð og gögnum innan hvers reits skilað í textaskrá. Gögnin komu í ÍSN93 hnitum og í hæð yfir ellipsu (GRS80). Gögnin voru:

1. Reiknað landlíkan (DTM) með 0,5 m möskvastærð. Svæðið er um 30 km² og inniheldur netið um 124 milljónir hnita. Gögnin eru á forminu X, Y, Z.
2. Hrágögn, punktar sem voru notuð til að reikna út landlíkanið. Þetta eru mældar staðsetningar á landi sem hefur verið skipt upp í fyrsta og síðasta púl. Búið er að hreinsa út fyrirbæri sem ekki teljast vera hluti af landlíkaninu s.s. hús, brýr, bíla og trjágróður. Gögnin eru á forminu X, Y, Z, I en I gildið lýsir styrk (intensity) á endurvarpi laser punkta.
3. Hrágögn, punktar sem voru hreinsaðir úr flokkuðu laserpunktunum. Gögnunum er skipt upp í fyrsta og síðasta púl. Þetta eru t.d. húsbyggingar, brýr, háspennulínur ofl. Gögnin eru á forminu X, Y, Z, I.



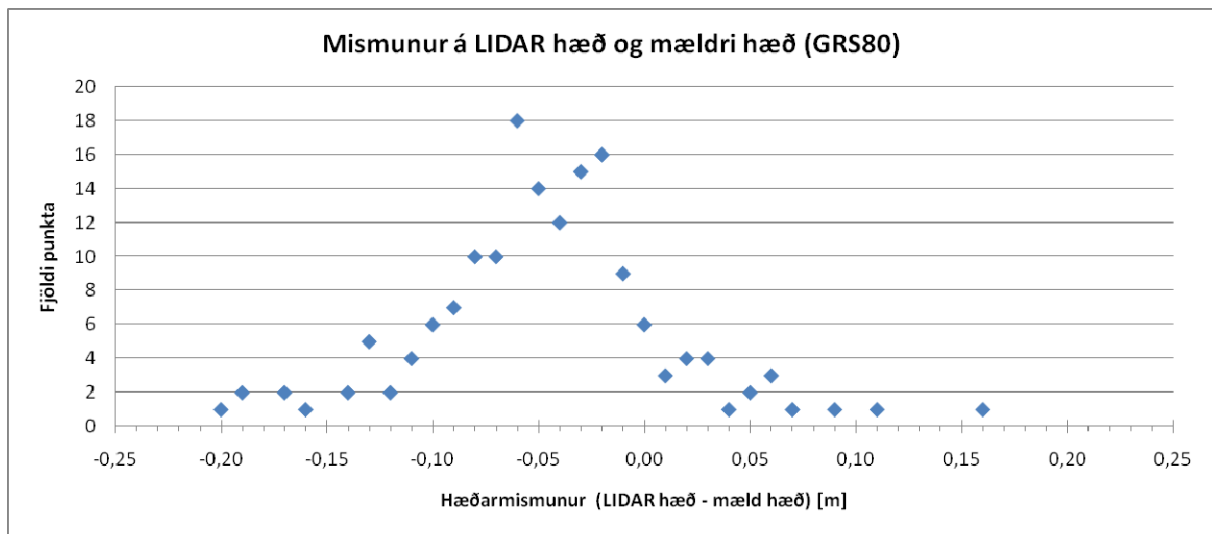
Mynd 9. Dæmi um punkta sem voru hreinsaðir út áður en landlíkanið var reiknað. Rauðu punktarnir eru annars vegar brú og hinsvegar háspennulínur (Loftmynd: Loftmyndir ehf.).

Umreikningur á hæðarkótum úr GRS80 í hæð yfir sjó m.v. NKG96 geóíðu fór fram hjá Veðurstofu Íslands en útkoman eru landhæðir með nákvæmni geóíðunnar sama og fást með útreikningi í forriti Landmælinga Íslands sem heitir Cocodat. Leiðréttinga á þeirri útkomu svo sem yfir í „Landshæðarkerfið“ og ISH2004 fóru fram hjá Vegagerðinni. Var látið nægja að reikna yfir í „Landshæðarkerfið“ og ISH2004 með því að leggja konstant hæð við „cocodati“ hæðina.

5 Gæði gagna

TopScan GmbH skuldbatt sig samkvæmt tilboði að mismunur á innmældri hæð á flötu landi og hæðarlíkani yrði ekki meiri en $\pm 0,2$ m í 95% tilvika. Til að meta gæði landlíkansins þá voru mæld þrjú langsníð með GPS-mælitæki og er gengið út frá því að hæðarnákvæmni langsníðanna sé upp á ± 30 mm, og staðsetning í plani sé með nákvæmni upp á ± 10 mm.

Að norðanverðu voru mældar tvær línur og ein á sunnanverðu svæðinu. Samtals voru mældir 159 punktar auk þess voru til hæðarmælingar á 4 mólupunktum (merki nr: 9903, 9906, 9907 og 9910). Punktarnir í sniðunum voru ýmist mældir á flötu landi eða við staði sem mætti kalla brotlínur, s.s. í vegkanti og við fláafót en fastmerkin voru í klöpp á flötu landi. Fundin var út hæð landlíkansins á hverjum stað og var notuð „bilinear“ aðferð til finna hæðina. Mismunur á milli hæða á mældum punkti og landlíkaninu var fenginn með því að draga frá mælda hæð frá LIDAR landlíkanshæðinni. Á mynd 10 er hæðarmismunurinn flokkaður niður í 10 mm bil með því að námunda hæðarmismun við næstu 10 mm.



Mynd 10. Mismunur á mældri hæð og landlíkanhæð. Hæð er yfir ellipsu (GRS80).

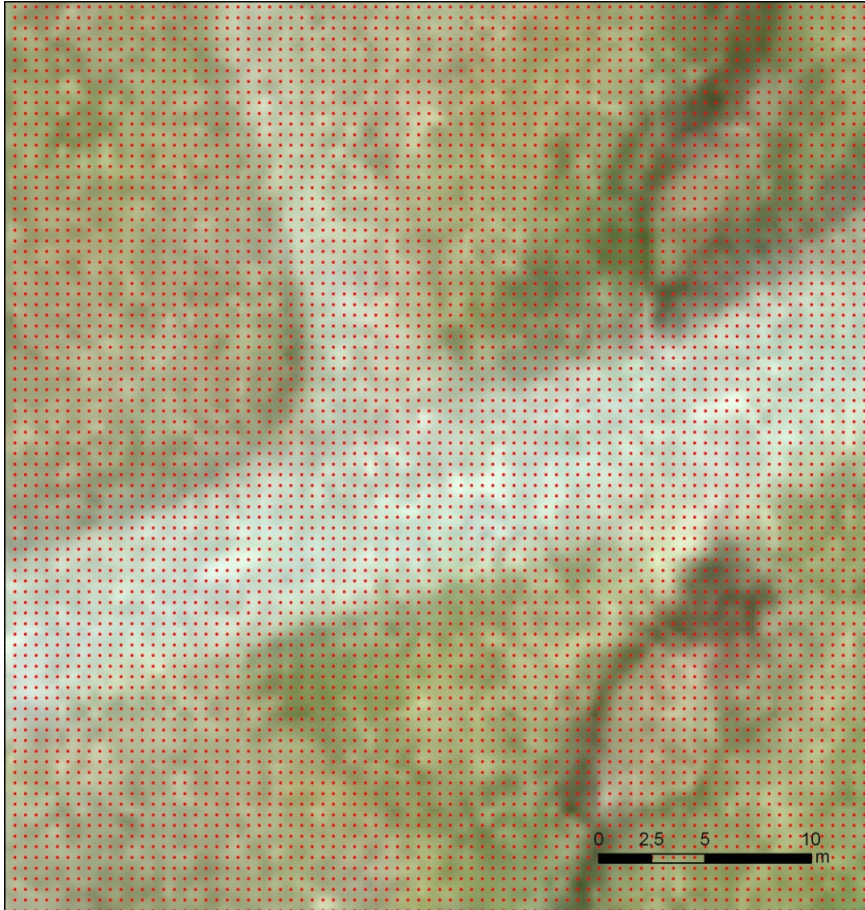
Þegar dreifingin er skoðuð á grafinu á mynd 3, þá virðist landlíkanið almennt gefa heldur lægri hæð, en mismunur á hæð líkansins og mældrar hæðar er að meðaltali $-0,05$ m. Þá kemur í ljós að 139 af 163 punktum (85%) eru með innan við $\pm 0,1$ m skekkju og mesti munur sem mælist er $-0,2$ m í einum punkti. Þrátt fyrir að það hafi þurft að nota gögn frá GPS-jarðstöðinni á Höfn þá benda þessar niðurstöður til þess að það hafi ekki komið verulega niður á gæðum á landlíkansins. Það má þó velta fyrir sér hvort ástæða hafi verið til að mæla fleiri langsmið til að stækka úrtakið sem myndi þá vera traustari grunnur undir frekari ályktanir.

6 LIDAR landlíkan í veghönnun

Ein helsta ástæðan fyrir LIDAR mælingunum var að kanna hvort um væri að ræða fýsilegan kost fyrir veghönnun. Þegar vegir hafa verið hannaðir á undanförunum árum hefur það á verið gert ofan á landlíkön sem fengin hafa verið út frá loftmyndum. Jafnframt að nota þessi landlíkön hafa verið mæld þversnið með 20 m bili og hafa þau verið notuð sem grundvöllur magnútreikninga.

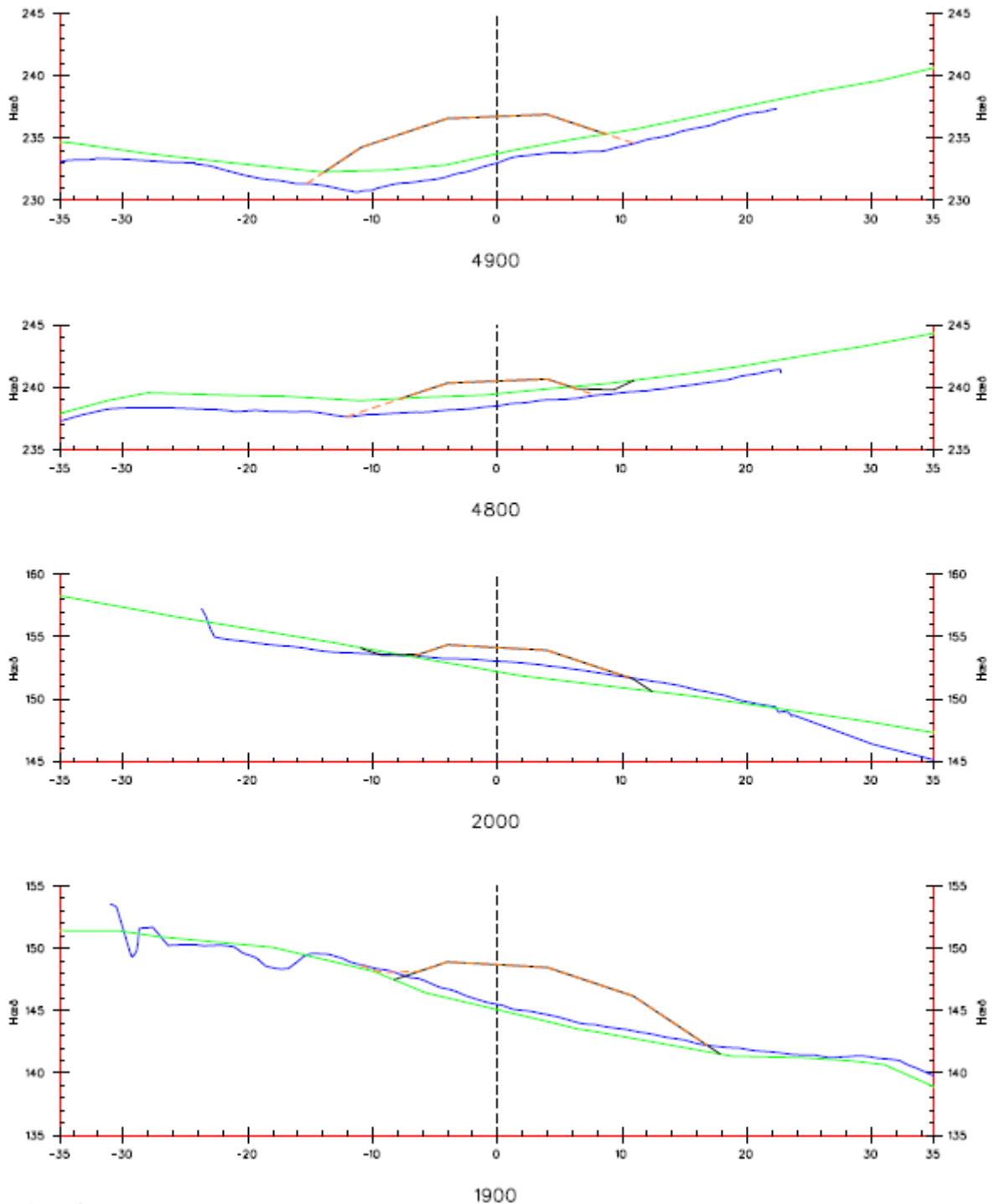
Í veghönnunarkerfum, sem eru notuð hjá Vegagerðinni, er að öllu jöfnu unnið með landlíkön með 5 m eða 10 m möskvastærð. Jafnframt eru notaðar brotlínur til þess að auka nákvæmni landlíkansins. LIDAR landlíkanið er hins vegar mun nákvæmara en möskvastærð þess er 0,5

m og eru yfir 124.000.000 punkta í landlíkaninu. Til samanburðar má nefna að landlíkan af sama svæði með 10 m möskvastærð innihéldi einungis um 400.000 punkta. Þegar unnið er með svo þétt gögn í hönnunarforritum eða landupplýsingakerfum þá getur tekið langan tíma að vinna með gögn t.d. taka þríhyrningaútreikningar langan tíma. Það er því nauðsynlegt að minnka gagnamagnið verulega svo hægt sé að vinna með þau í veghönnunarkerfum.



Mynd 11. Landlíkan (rauðir punktar) með 0,5 m möskvastærð ofan á 7 m breiðum vegi (loftmynd: Loftmyndir ehf.).

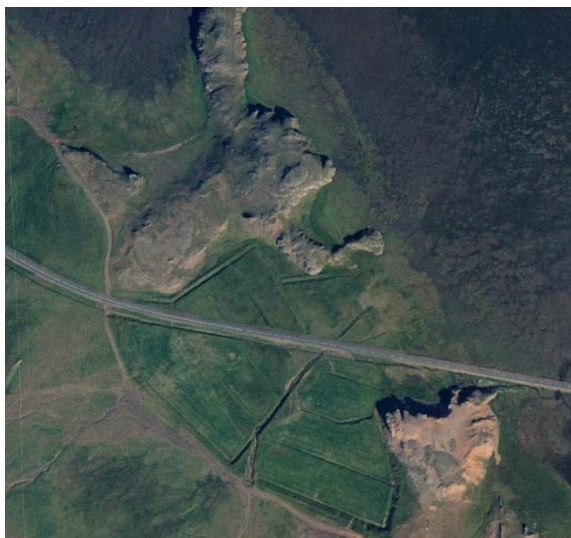
Búið var að hanna bráðabirgðalínu um Lónsheiðina og var notað til þess óyfirfarið landlíkan frá Loftmyndum ehf. LIDAR gögnin voru undirbúin þannig að valdir voru punktar sem voru innan brotlína vegarins (fláafótar eða skeringafláa) auk þess voru valdir punktar sem voru í 10 m fjarlægð frá brotlínunum. Reyndust punktarnir vera rétt yfir 3.000.000 (81 Mb á textaformi). Þessi gögn voru lesin inn í Microstation InRoads og þar voru gögnin gerð tilbúin fyrir þversniðsteikningar. Þversniðin voru svo lesin inn í Veghönnunarforrit Vegagerðarinnar og vann það á gögnunum án vandræða. Að taka einungis 10 m frá brotlínunum sniðsins er fulllitið og mætti vel hugsa sér að miða við 20-40 m. Það gekk án vandræða að vinna með gagnasafnið í Microstation InRoads og má segja það sama um veghönnunarforrit Vegagerðinnar.



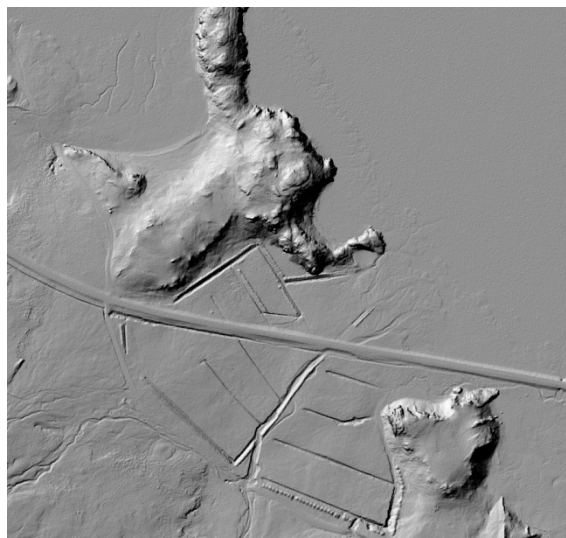
Mynd 12. Sýnishorn af LIDAR gögnum í þversniði. Bláu línurnar sýna LIDAR gögn og grænu línurnar óyfirfarið landlíkan. Rauðar og svartar línur sýna yfirborð hannaðs vegar og skeringa.

7 Myndræn birting LIDAR gagna

Landlíkön sem hafa verið reiknuð út frá loftmyndum hafa það fram yfir LIDAR líkönin að þeim fylgja loftmyndir sem hægt er að nota til að skoða landið sem nýtist vel þegar kemur að því að hanna vegi. Til að hægt sé að skoða LIDAR gögnin sjónrænt þarf að búa til hæðarskyggð kort úr landlíkaninu. Það sýnir vel helstu drætti í landi og með því getur verið auðvelt að átta sig á staðháttum. Á skyggðum hæðarkortum má þó oft sjá fyrirbæri sem ekki eru sýnileg á loftmyndum, t.d. grunna þurra lækjarfarvegi o.fl.

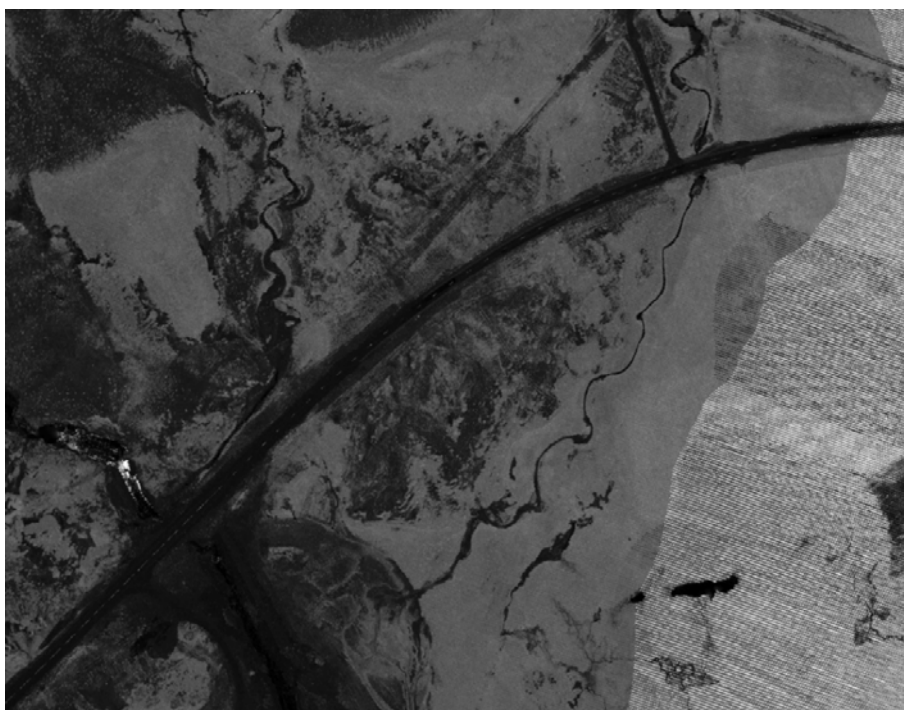


Mynd 13. Loftmynd af norðurhluta svæðisins (loftmynd: Loftmyndir ehf.).

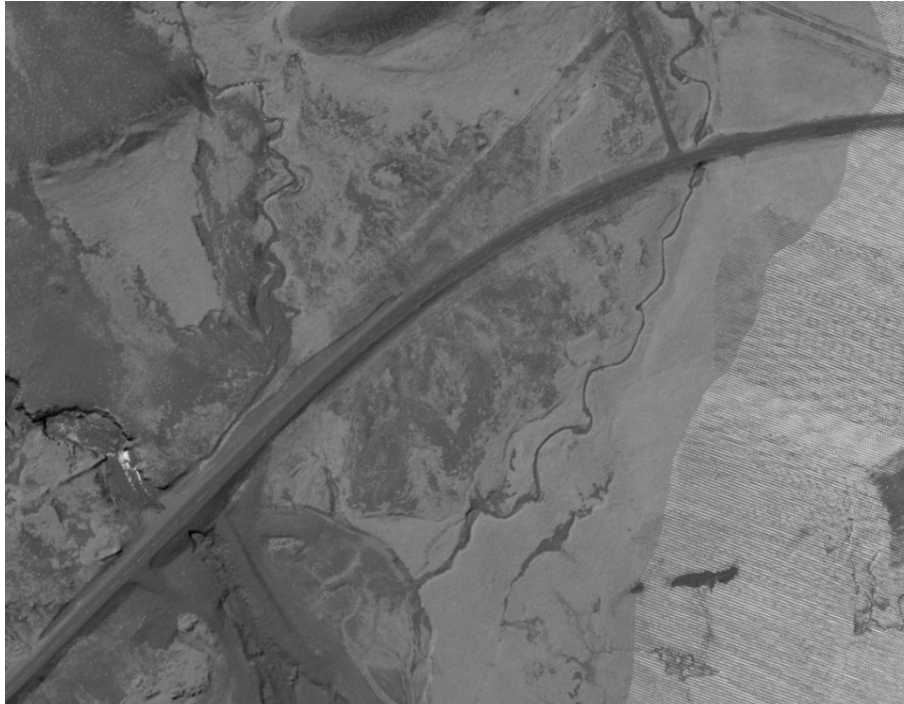


Mynd 14. Skyggt hæðarlíkan af sama stað og loftmyndin. Helstu drættir í landi sjást vel.

LIDAR greinir styrk á geislum sem endurvarpast og ræðst styrkurinn þá af gerð yfirborðsins sem hann endurvarpast af. Hægt er að nota styrkinn á endurvarpinu til að búa til svarthvíta mynd af yfirborðinu þó svo að ekki sé um eiginlega ljósmynd að ræða. Dæmi um slíka framsetningu má sjá á myndum 15 og 16.



Mynd 15. Rastermynd búin til með því að nota styrk á endurvarpi lasergeisla til að lita myndina í gráskala.



Mynd 16. Búið að sameina gráskalamynd við skyggt hæðarlíkan. Á myndinni má m.a. sjá yfirborðsmerkingar á vegi . Hægra megin á myndinni er styrkur endurvvarpsins mjög mismunandi og kemur það fram eins og truflun í myndinni.

8 Kostnaður

Kostnaði við verkið má skipta í 4 hluta. Startkostnaður, sem innifelur kostnað við að koma tækjum til landsins og uppsetningu þeirra, var greiddur af Veðurstofu Íslands í tengslum við hæðarmælingar á jöklum. Sundurliðun kostnaðar sem féll á verkefnið kemur fram í töflu 1. Kostnaðurinn við mælingar fór nokkuð fram úr áætlun og munar þar mestu um óhagstætt veðurfar sem setti strik í reikninginn þar sem bæði fóru fleiri flugtímar í verkefnið og mælingamaður þurfti að vera lengur á staðnum en áætlað var. Auk þess þurfti að fara aukaferð austur til að finna hentugan stað fyrir „control“ punkta og mæla þá inn en við áætlun hafði verið gert ráð fyrir því að þessar mælingar færu fram samhliða LIDAR mælingunum.

Tafla 1. Sundurliðun kostnaðar við mælingarnar

| | | Raunkostnaður | Áætlun |
|----|---|---------------------|------------------|
| 2. | Úrvinnsla á LIDAR gögnum og gerð landlíkans | 2.080.000 kr* | 2.080.000 kr |
| 3. | Flug | 610.000 kr | 400.000 kr |
| 4. | Mælingar á landi | 1.080.000 kr | 400.000 kr |
| | Samtals | 3.770.000 kr | 2.880.000 |

*m.v. gengi á evru 160 kr.

9 Umræða

LIDAR flug getur verið mjög heppilegt þar sem erfitt er fyrir mælingamenn að athafna sig. Má hér nefna brattar hlíðar, úfin hraun eða á skógi vöxnu landi. Einnig þar sem hefðbundnar loftmyndatökur henta ekki. LIDAR gögnin komu ágætlega út til veghönnunar m.v. hve vel

Þau virðast falla að mældum langsniðum. Gagnamagnið sem fylgir landlíkani með svo þéttum möskum kallar á að gögnin séu þynnt a.m.k. þegar verið er að frumhanna veglínur. Við lokahönnun er þá hægt að taka inn óþynnt landlíkan næst veglínunni, þ.e. það svæði sem lendir innan skeringa og fyllinga en nota þynnt gögn þar fyrir utan. Til að fá nákvæmari magnreikninga þá gefur nákvæmni líkansins möguleika á því að magnreikna á grunni líkanins í heild sinni en ekki á grunni einstakra þversniða.

Það verður þó að taka það með í reikninginn að LIDAR tæki eru ekki til hér á landi og það kostar um 2.500.000 kr fá tækin hingað til lands og setja þau upp. Við LIDAR mælingarnar kom í ljós hversu viðkvæmur hugbúnaðurinn er fyrir því að GPS gögnin sem eru mæld eru í þekktum punktum séu á réttu sniði. Í því ljósi er mikilvægt að tryggja að GPS tæki sem eru notuð sem grunnstöðvar taki á móti og skrái P2 kóta.

10 Niðurstöður

Eftir að hafa skoðað gögnin þá virðast þau henta vel til hönnunar vega. Nákvæmni þeirra er mikil sbr. kafla 5 um gæði gagnanna, þá munar almennt litlu á innmælingum í mörkinni og LIDAR landlíkaninu. Miðað við nákvæmni líkansins samanborið við þversniðsmælingar þá geta LIDAR mælingarnar komið í stað þversniðsmælinganna, sérstaklega geti það átt við þar sem land er margbrotið og erfitt yfirferðar. Það þarf einnig að bera saman kostnað við LIDAR mælingarnar og hefðbundnar þversniðsmælingar og loftmyndatöku einnig og meta hvort um fjárhagslegan ávinning sé að ræða.

11 Þakkir

Tómasi Jóhannessyni hjá Veðurstofu Íslands er þakkað fyrir skipulagningu á LIDAR-mælingunum og fyrir að sjá um öll samskipti við starfsmenn TopScans og flugmenn Norlandairs á meðan á mælingum stóð. Einnig er honum þakkað fyrir að reikna hæðarkóta í landlíkönunum yfir í cocodati hæð. Halldór Sveinn Hauksson á veghönnunardeild Vegagerðarinnar fær þakkir fyrir úrvinnslu á gögnum í veghönnunarkerfum. Rannsóknasjóði Vegagerðarinnar er þakkað fyrir veittan stuðning við verkefnið.

12 Heimildir

1. Lillesand T.M., Kiefer R. W., 2001. Remote sensing and image interpretation. New York: John Wiley and Sons.
2. Airborne Laser Scanning. TopScan GmbH. Bæklingur frá TopScan GmbH, ódagsettur.
3. Raber, B.R., Cannistra J. , 2005. Lidar guidebook concepts, project cesing and practical Applilcation. URISA. Park Ridge. Heimasíða 26. júní 2012:
http://www.urisa.org/files/publications/lidar_guidebook/lidar_guidebook.pdf
4. Wehr A., Lohr U. 1999. Airborne laser scanning-an inrtoduction and overview. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 54 (2-3), 68-82.