



Yfirlit yfir helstu áhættuþætti vegna loftslagsbreytinga í Reykjavík, leiðir til aðlögunar og staða mála

28. september 2017



Reykjavíkurborg

ATA

EFNISYFIRLIT

SAMANTEKT	2		
1. INNGANGUR	3		
2. ÁHÆTTUÞÆTTIR VEGNA LOFTSLAGSBREYTINGA	4		
2.1 Hækkun yfirborðs sjávar	5		
2.1.1 Staðbundnar upplýsingar	6		
2.2 Úrkoma og flóð	10		
2.2.1 Staðbundnar upplýsingar	12		
2.3 Ofsaveður og fárviðri	17		
2.4 Lífríki og gróðurfar	17		
3. LEIÐIR TIL AÐLÖGUNAR	19		
3.1 Þrjú stig aðlögunar	19		
3.2 Þrjú flokkar aðgerða	19		
3.2.1 Gráar lausnir	20		
3.2.2 Grænar lausnir	22		
3.2.3 Mildar lausnir	24		
4. STAÐA VERKEFNA TIL AÐLÖGUNAR	25		
4.1 Hækkun yfirborðs sjávar	26		
4.2 Úrkoma og flóð	26		
		4.3 Ofsaveður og fárviðri	28
		4.4 Lífríki og gróðurfar	28
		4.5 Samstarfsaðilar	29
		HEIMILDASKRÁ	31

SAMANTEKT

Reykjavíkurborg vinnur markvisst að því að auka seiglu (e. resilience) borgarinnar, svo borgin sé vel í stakk búin til að takast á við fyrirséðar og ófyrirséðar breytingar sem tengjast loftslagsbreytingum. Sama verkefni blasir við fjölda borga víða um heim. Þar er verið að greina og skoða möguleg áhrif loftslagsbreytinga og meta hættu sem af þeim stafar. Í kjölfarið er unnið að aðgerðum til aðlögunar sem gerir borgunum kleift að takast á við vandamál sem þeim tengjast. Aðgerðir snúast einkum að því að gera betur eða markvissar það sem þegar hefur verið gert, en einnig er leitað nýrra leiða þar sem þess er talin þörf.

Fjölmargar borgir hafa tekið höndum saman til að læra hver af annarri og finna sameiginlega leiðir til lausna. Reykjavíkurborg er meðal þeirra og tekur meðal annars þátt í samvinnuverkefnum Compact Of Mayors og *Loftslagssáttmála sveitarfélaga í Evrópu*, sem stutt er af Umhverfisstofnun Evrópu. Í tengslum við þau þarf borgin m.a. að standa skil á því hvernig aðlögun að loftslagsbreytingum er háttað.

Í þessari greinargerð er yfirlit um helstu áhættuþætti sem taldir eru tengjast loftslagsbreytingum í Reykjavík og fyrirséð áhrif þeirra í borginni. Einnig eru kynntar almennar lausnir sem færar eru til að bregðast við þeim. Einkum er lögð áhersla á grænar og mildar lausnir sem krefjast ekki mikilla fjárfestinga. Loks er farið yfir stöðu mála í Reykjavík, hvað aðlögun að loftslagsbreytingum varðar. Í kjölfarið verður útbúin sérstök aðgerðaráætlun með brýnum verkefnum sem Reykjavíkurborg telur mikilvæg að vinna að til mótvægis við loftslagsbreytingarnar.

Við greiningar á helstu áhættuþáttum er einkum stuðst við leiðbeiningar frá verkefninu um Loftslagssáttmála sveitarfélaga í Evrópu og skýrslu vísindanefndar um hnattrænar loftslagsbreytingar og staðbundnar

loftslagsbreytingar í Reykjavík. Auk þess er byggt á samtölum við lykilstarfsfólk Reykjavíkurborgar og Veitna og öðru efni eftir atvikum.

Hækkun sjávarborðs er ein helsta ógnin vegna loftslagsbreytinga sem að steðjar í Reykjavík. Landsig á suðvesturhluta landsins veldur því svo að sjór mun ganga lengra inn á land í borginni en ella og gera þannig illt verra. Hvort tveggja eykur líkur á sjávarflóðum í framtíðinni, sérstaklega þegar krappar lægðir og há sjávarstaða fara saman. Ýmsar ráðstafanir hafa þegar verið gerðar vegna þessa en ljóst er að áfram þarf að halda.

Aðrar hættur vegna loftslagsbreytinga má rekja til vatnavaxta, svo sem flóða í ám og afrennslis rigningarvatns í kjölfar skýfalls (e. cloudburst). Hér hafa verið kortlögð þekkt vandamál tengd vatnavöxtum í borginni. Með því fæst betri yfirsýn og skilningur á því hverjar þessar breytingar kunna að verða í framtíðinni. Vatnavextir eru ekki eins mikil ógn og hækkun sjávar en langtímauppbygging grænna innviða (e. green infrastructure) mun auka seiglu borgarinnar til að takast á við þá.

Fleiri þættir í umhverfinu eru að breytast án þess að augljóst sé hvaða afleiðingar þeir muni hafa. Þar má nefna aukna gróðursæld sem hefur ýmis jákvæð áhrif á umhverfið. Fjölgun og hröð útbreiðsla framandi og ágengra plöntutegunda gæti þó einnig orðið til ama. Þá má búast við fjölgun skordýra og komu nýrra óþekkttra tegunda til landsins. Breytt hegðun sjófugla er annað dæmi, en þeir eru farnir að sækja lengra inn í land til fæðuleitar.

Viðbúnaður vegna loftslagsbreytinga er í sífelldri þróun og krefst fræðslu, frekari umræðu og aðkomu margra aðila sem þurfa að meta sameiginlega við hverju þarf að bregðast, hvar og hvernig. Mikilvægt er að líta á viðbúnaðinn sem þverfaglegt og síbreytilegt samstarfsverkefni Reykjavíkurborgar við sérfræðinga á þessu sviði og íbúa hennar.

1. INNGANGUR

Borgir um allan heim vinna nú markvisst að því að auka seiglu (e. resilience) þeirra til að bregðast við afleiðingum og draga úr skaðlegum áhrifum vegna loftslagsbreytinga. Reykjavíkurborg er ein þessara borga.

Þátttaka Reykjavíkurborgar í samvinnuverkefnum á þessu sviði með fjölda annarra borga, svo sem *Loftslagssáttmála sveitarfélaga í Evrópu* (e. Covenant of Mayors for Climate & Energy¹), sem er stutt af Umhverfisstofnun Evrópu og *Compact Of Mayors*² er liður í þessu starfi. Áhersla er einkum lögð á leiðir til að aðlagast (e. adaptation) loftslagsbreytingum. Í aðlögun felst að bæta hæfni samfélagsins og umhverfisins til að takast á við loftslagsbreytingar með upplýsingagjöf og stefnumótun (Halldór Björnsson, o.fl., 2008)³.

Í tengslum við þetta starf þarf Reykjavíkurborg m.a. að standa skil á því hvernig staðið er að *aðlögun að loftslagsbreytingum* í borginni.

Markmið þessarar greinargerðar er að:

- Gefa yfirlit yfir helstu áhættuþætti Reykjavíkurborgar sem tengjast loftslagsbreytingum.
- Koma með dæmi um aðstæður og áskoranir í Reykjavík.
- Gefa yfirlit yfir mögulegar aðgerðir sem hægt er að velja úr og forgangsraða.
- Gefa yfirlit yfir stöðu aðlögunarverkefna í Reykjavík.

¹ Sjá nánar um verkefnið á vefsíðunni <http://www.covenantofmayors.eu/Adaptation.html>

² Sjá nánar um verkefnið á vefsíðunni <https://www.compactofmayors.org/history/>

³ Mikilvægt að greina á milli *aðgerða til að vinna á móti orsökum loftslagsbreytinga*, sem eru kallaðar mótvegisaðgerðir (e. mitigation) og *aðgerðum til að bregðast við og aðlagast loftslagsbreytingum*, sem oftast er kallað aðlögun (e. adaptation).

Hér er byggt m.a. á fyrirliggjandi leiðbeiningum frá Loftslagssáttmála sveitarfélaga í Evrópu, skýrslu vísindanefndar um hnattrænar loftslagsbreytingar og og áhrif þeirra á Íslandi (Halldór Björnsson, o.fl., 2008) og viðtölum við lykilstarfsfólk Reykjavíkurborgar og Veitna.

Greinargerðin er unnin af ráðgjafarfyrtækinu Alta fyrir loftslagshóp Reykjavíkurborgar í samvinnu við umhverfis- og skipulagssvið borgarinnar. Í loftslagshópnum sitja (ágúst 2017); Dagur B. Eggertsson, borgarstjóri, formaður, borgarfulltrúarnir Guðfinna Jóhanna Guðmundsdóttir, Halldór Halldórsson, Halldór Auðar Svansson, Hjálmar Sveinsson, Heiða Björg Hilmisdóttir og Sigurður Björn Blöndal og Hildur Knútsdóttir varaþingmaður, Pétur Krogh Ólafsson aðstoðarmaður borgarstjóra, Ólöf Örvarsdóttir sviðsstjóri umhverfis- og skipulagssviðs, Helga Björg Ragnarsdóttir skrifstofustjóri skrifstofu borgarstjóra og Hrönn Hrafnisdóttir sérfræðingur á umhverfis- og skipulagssviði, sem jafnframt er starfsmaður hópsins. Hrönn leiddi þessa vinnu Alta.

Greinargerðin er þannig upp byggð:

Í öðrum kafla eru áhættuþættir vegna loftslagsbreytinga í Reykjavík kortlagðir með því að rýna í þær skýrslur og rannsóknir sem unnar hafa verið héraðs og erlendis og setja efni þeirra í samhengi við aðstæður í Reykjavík. Tekin eru dæmi um mögulegar afleiðingar loftslagsbreytinga s.s. sjávarflóð, ofsaveður, ofanflóð og álag á fráveitu.

Í þriðja kafla er fjallað almennt um aðlögun eða aðgerðir vegna loftslagsbreytinga og hvernig þeim er skipt í þrennt eftir eðli þeirra; þ.e. í gráar, grænar og mildar lausnir.

Í fjórða kafla er farið yfir stöðu aðlögunarverkefna hjá Reykjavíkurborg.

2. ÁHÆTTUÞÆTTIR VEGNA LOFTSLAGSBREYTINGA

Áhrif loftslagsbreytinga munu koma fram með ólíkum hætti í löndum Evrópu, allt eftir hnattrænni staðsetningu þeirra (European Environment Agency, 2013). Í *Loftslagssáttmála sveitarfélaga í Evrópu* (Covenant of Mayors for Climate & Energy) eru eftirfarandi áhættuþættir skilgreindir fyrir borgir, en greiningin byggir á rannsóknum og reynslu sveitarfélaga í Evrópu (Neves A., o.fl., 2016):

- ❑ hitabylgjur (e. extreme heat),
- ❑ kuldaköst (e. extreme cold),
- ❑ skýfall (e. extreme precipitation, cloudburst),
- ❑ hækkun yfirborðs sjávar,
- ❑ flóð; þ.e. sjávarflóð og flóð frá ám, vötnum og fráveitukerfum vegna meiri úrkomu,
- ❑ þurrkar,
- ❑ ofsaveður og fárviðri,
- ❑ ofanflóð (e. snow and landslides) og
- ❑ skógareldar.

Í tengslum við Parísarsamkomulagið sameinuðust borgarstjórar norrænu höfuðborganna árið 2015 um verkefni sem hafa það markmið að draga úr losun gróðurhúsalofttegunda og um leiðir til aðlögunar loftslagsbreytinga (The mayors of the Nordic capitals, 2015). Borgirnar eiga það sameiginlegt að vera staðsettar norðarlega á hnettinum og við sjávarsíðuna. Þær þurfa því að takast á við sambærilegar afleiðingar loftslagsbreytinga vegna flóða og hækkunar yfirborðs sjávar. Eins og aðrar borgir þurfa þær enn fremur að bregðast við aukinni tíðni ofsaveðra svo sem skýfalls, mikillar snjókomu og breytts líffræðilegs fjölbreytileika.

Árið 2007 skipaði umhverfisráðuneytið vísindanefnd til að vinna að samantekt um loftslagsbreytingar og áhrif þeirra á Íslandi. Skýrsla nefndarinnar var gefin út árið 2008 (Halldór Björnsson, o.fl., 2008). Hún er grunnheimild í allri umfjöllun um loftslagsmál á Íslandi. Unnið er að endurskoðun samantektarinnar og er áætlað að vísindanefndin gefi út uppfærða skýrslu í lok árs 2017 (Halldór Björnsson, 2017).

Vísindanefndin telur meiri líkur en ekki á að hitastig fari hækkandi hér á landi, að kuldaköstum að vetri fækki, en hitabylgjum að sumri fjölgi. Hækkun hitastigs er þó ekki talin valda aukinni hættu líkt og fylgir hitabylgjum sunnar í Evrópu. Þó hitafar fari hækkandi á landinu öllu er ekki talið líklegt að vart verði við þurrka þar sem líkur eru á að úrkoma aukist á sama tíma. Veruleg óvissa er þó um aukningu úrkomu. Með auknum hita og úrkomu eykst vöxtur gróðurs og þar með útbreiðsla skóga. Samfara því eykst hætta á sinu- og skógareldum (Halldór Björnsson, o.fl., 2008) en ekki er talin almannahætta af eldsvoðum (Almannavarnanefnd höfuðborgarsvæðisins, 2011).

Helstu áhættuþættir loftslagsbreytinga og hættur sem þeim tengjast í Reykjavík eru taldir vera:

- ❑ hækkun yfirborðs sjávar,
- ❑ flóð; þ.e. sjávarflóð og flóð frá ám, vötnum og fráveitukerfum vegna meiri úrkomu og skýfalla (e. cloudbursts),
- ❑ aukin tíðni ofsaveðurs og
- ❑ breytingar á lífríki á sjó og landi.

(Almannavarnanefnd höfuðborgarsvæðisins, 2011 og Halldór Björnsson, o.fl., 2008). Nánar er fjallað um þessa helstu áhættuþætti í Reykjavík og leiðir til aðlögunar þeirra í köflunum hér á eftir.

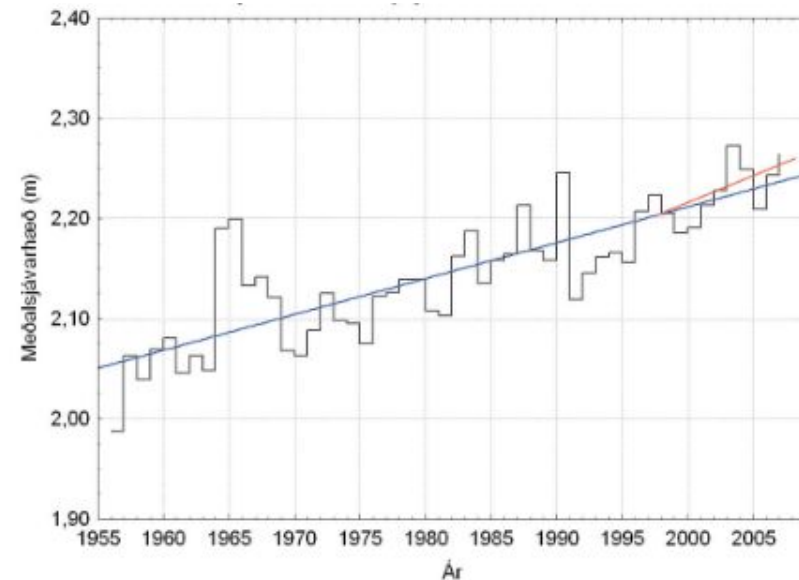
2.1 Hækkun yfirborðs sjávar

Sjómælingar Íslands hafa allt frá 1956 mælt sjávarborð í Reykjavíkurborg. Þær mælingar sýna að meðalsjávarborð í Reykjavík sveiflast verulega frá ári til árs. Þegar horft er til lengri tíma þá hefur það hækkað að meðaltali um 3,6 mm árlega á tímabilinu 1956 til 2007, en frá 1997 til 2007 hækkaði sjávarborð að meðaltali um 5,5 mm á ári (sjá mynd 2.1). Stærsti áhrifaþátturinn í þessum mælingum er landsig sem gætir á suðvesturhorni landsins. Í þessu tölum er búið að leiðrétta fyrir áhrifum loftþrýstings og sjávarfalla. Talið er að landsig sé á bilinu 2,5 – 3,4 mm að meðaltali árlega en hraði þess getur verið mjög breytilegur milli ára. Einnig eru vísbendingar um að jarðskjálftar hafi áhrif á jarðsig miðað við mælingar fyrir og eftir Suðurlandsjarðskjálftann árið 2008 (Guðmundur Valsson, 2017). Þetta samspil veldur aukinni óvissu um hve mikil hækkun sjávar mun verða í Reykjavík í framtíðinni.

Í skýrslu fyrrnefndrar vísindanefndar er farið yfir mat *Milliríkjanefndar Sameinuðu þjóðanna um loftslagsbreytingar* (e. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) frá 2007 þar sem meðaltalshækkun heimshafanna er talin nema 0,2 til 0,6 m á þessari öld (Halldór Björnsson o.fl., 2008). Rannsóknir sem birtar hafa verið í kjölfarið benda á að líklega er mat IPCC frá 2007 of lágt og að hækkunin gæti orðið um 1 m fyrir lok þessarar aldar (Halldór Björnsson; Tómas Jóhannesson, 2013). IPCC gaf út nýja útreikninga árið 2013 þar sem meðaltalshækkun heimshafanna er talin nema 0,2 til 0,8 m á þessari öld (Church o.fl., 2013).

Stór óvissuþáttur í hækkun sjávar er bráðnun jökla og hve mikið sjór hlýnar. Bráðnun jökla og íshvela eykur rúmmál hafins en breytingar á eðlismassa sjávar skipta sköpum. Þegar sjór hlýnar þenst hann út og eykst því rúmmál hans enn frekar (Halldór Björnsson; Tómas Jóhannesson, 2013). Þá eru ótalin staðbundin áhrif, þ.e. þeir þættir sem eru ólíkir frá einum stað til annars. Hérlandis munu áhrif landsigs eða landriss ráða miklu um stöðu sjávarborðs. Gera má ráð fyrir að hækkun

yfirborðs sjávar verði mest um landið suðvestanvert vegna landsigs, þ.e. á Reykjanesskaga og höfuðborgarsvæðinu (Halldór Björnsson, o.fl., 2008). Önnur staðbundin áhrif hvað hækkun sjávarborðs varðar eru veðurfar en breytingar í vindafari eru taldar fylgja loftslagsbreytingum. Áhrif vindafars á hækkun sjávarborðs geta verið snöggar og haft mikil áhrif á skömmum tíma. Þannig eykst flóðahætta sjávar þegar há sjávarstaða fer saman með kröppum lægðum (Halldór Björnsson; Tómas Jóhannesson, 2013).



Mynd 2.1: Meðalsjávarhæð í Reykjavík 1956-2007 (í hæðarkerfi Sjómælinga Íslands). Búið er að leiðrétta vegna áhrifa flóðs og fjöru auk loftþrýstings. Áhrif hlýnunar og landsigs koma því einna helst fram. Blá lína sýnir meðalhækkun yfirborðs sjávar árin 1956-2007 (halli línunnar er 3,6 mm á ári). Rauð lína sýnir hækkun sjávarborðs fyrir árin 1997-2007 (halli línunnar er 5,5 mm á ári). Mynd úr skýrslu vísindanefndar, upprunalega frá Gísla Viggóssyni (Halldór Björnsson, o.fl., 2008, bls. 39).

Í skýrslu Almannafræðingafélags höfuðborgarsvæðisins er hækkun sjávar talin auka hættu á sjávarflóðum. Það gæti leitt til þess að þéttbýl svæði fari undir sjó, grunnvatn mengist og strönd rofni:

Útreikningar gefa til kynna að yfirborð sjávar muni hækka um 60-100 cm á höfuðborgarsvæðinu á næstu 100 árum. Með hækkandi sjávarstöðu verða hættuleg sjávarflóð algengari. Hækki sjávarstaða t.d. um 50 cm hefur það þær afleiðingar að sjávarflóð sem hafa orðið einu sinni á öld geta orðið einu sinni á áratug. Auk þess geta fljót í farvegum sem eru í jafnvægi við núverandi sjávarborð farið að dreifa úr sér fyrr ef sjávarstaða hækkar og jafnvæginu er raskað (Almannafræðingafélag höfuðborgarsvæðisins, 2011, bls. 33).

Þar er einnig farið stuttlega yfir hættur af völdum flóðbylgja (e. tsunami) en litlar líkur eru taldar á slíkum flóðum á höfuðborgarsvæðinu. Slíkar flóðbylgjur stafa af jarðskjálftum eða stórum skriðum sem lenda í sjó. Aðstæður við Atlantshafið eru að jafnaði þannig að litlar líkur eru taldar á að slíkar bylgjur myndist (Almannafræðingafélag höfuðborgarsvæðisins, 2011). Engin slík tilfelli eru þekkt við strendur Íslands (National Weather Service, á.á.).

2.1.1 Staðbundnar upplýsingar

Vert er að nefna að unnið er með a.m.k. tvö hæðarkerfi á höfuðborgarsvæðinu. Annars vegar er það hæðarkerfi Sjómælingasviðs Landhelgisgæslunnar (áður Sjómælingar Íslands) sem miðar núllpunkt kerfisins við stórstraumsfjöruþorð, og hinsvegar hæðarkerfi Landupplýsingakerfis Reykjavíkurborgar (LUKR) sem hefur núllpunkt 1,82 m ofan við núll Sjómælingasviðsins. Meðalsjávarstaða er síðan 0,36 m ofan við núll Reykjavíkurborgar kerfisins og þar af leiðandi 2,18 metrum ofan við núll Sjómælingasviðsins. Í þessari skýrslu er notast við hæðarkerfi LUKR nema annað sé tekið fram.

Jónas Elíasson prófessor við Háskóla Íslands, skoðaði mælingar á sjávarhæð frá 1956-1993 og sögulegar upplýsingar um

hæstu sjávarflóð til að reikna sjávarhæðir í Reykjavík með mismunandi endurkomutíma. Endurkomutími segir til um tíðni flóða eða hversu oft má búast við ákveðinni flóðhæð. Þannig hefur flóð með 100 ára endurkomutíma þá flóðhæð sem búast má við að verði á 100 ára fresti að jafnaði. Niðurstöður Jónasar eru marktækar fyrir endurkomutíma upp að 100 árum. Reiknuð sjávarstaða í flóðum samkvæmt útreikningum Jónasar er frá 3,11 m upp í 3,26 m, miðað við hæðarkerfi Reykjavíkurborgar (Jónas Elíasson, 1996; Efla, 2015).

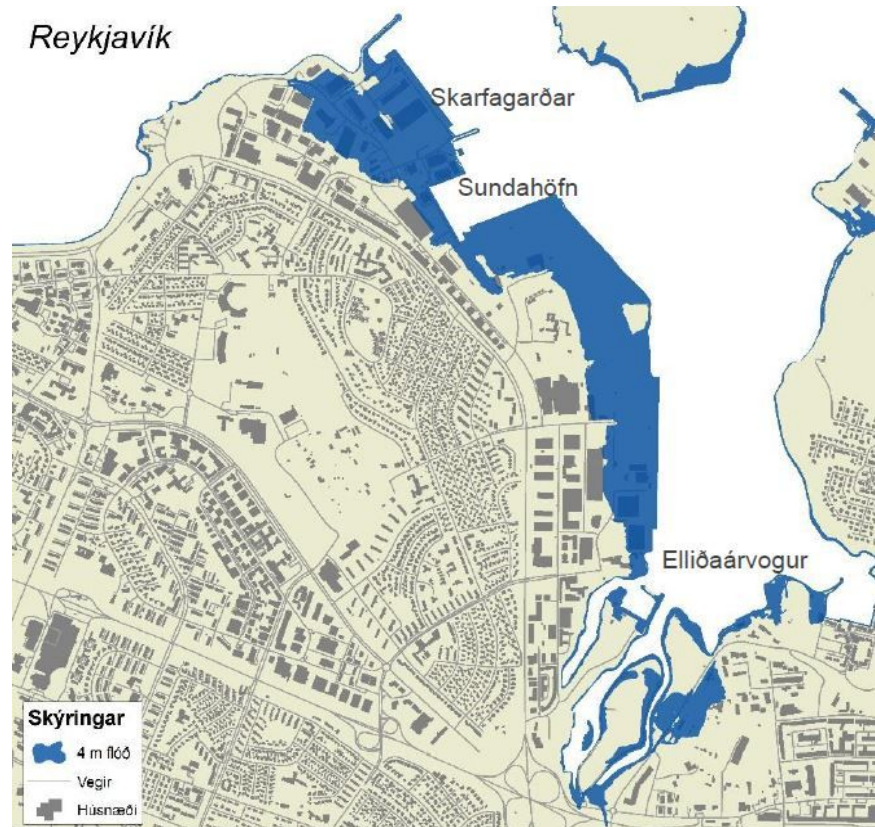
Lágsvæði í Reykjavík m.t.t. flóðahættu

Talað er um lágsvæði sem skoða þurfi nánar með tilliti til flóðahættu í Reykjavík vegna hækkunar sjávar, í svokallaðri lágsvæðaskýrslu, fyrri áfanga, frá 1992 (Fjarhitun hf., 1992). Lágsvæði eru þar skilgreind sem svæði í minna en 4-5 m hæð yfir sjávarmáli eða svæði sem flætt getur yfir í flóðum. Í Reykjavík eru Kvosin, Eiðsgrandi og sjávarlóðir við Skerjafjörð skilgreind sem lágsvæði. Í Básendaflóðinu 1799 gekk sjór yfir Eiðið á Seltjarnarnesi svo að Seltjarnarnesið varð eyja. Eiðið var síðan hækkað (Fjarhitun hf., 1992). Í seinni áfanga lágsvæðaskýrslu, frá 1995, er sett fram kort af áhrifsvæði sjávargangs í Reykjavík (Fjarhitun hf., 1995). Kortið nær frá höfninni í Reykjavík inn að Vatnsmýri við Háskóla Íslands.

Í báðum lágsvæðaskýrslunum voru lagðar fram tillögur að viðbrögðum vegna hækkunar sjávarborðs, meðal annars á höfuðborgarsvæðinu. Meðal tillagna var að samþykktir yrðu lágmarksgólfkótar, varnarlínur og öryggissvæði í aðalskipulagi sveitarfélaga. Álftanes er tekið sem dæmi þar sem gólfhæð þurfi að vera 4,3-4,75 m við strandlengju með tilliti til hækkunar sjávar til ársins 2100 (Fjarhitun hf., 1995; Fjarhitun hf., 1992).

Hækkun sjávarborðs á höfuðborgarsvæðinu

Hækkun sjávarborðs á höfuðborgarsvæðinu var skoðuð í skýrslu VSÓ ráðgjafar frá 2016 þar sem farið var yfir möguleg flóðasvæði miðað við 4 m sjávarflóð (VSÓ ráðgjöf, 2016). Þar segir að mikilvægt sé að taka tillit til náttúruvár við skipulag byggðar og að skilgreina skuli mótvægisáðgerðir til að draga úr hættu sjávarflóða með 100 ára endurkomutíma, þ.e. allt að 4 m hækkun sjávarborðs. Mynd 2.2 sýnir kort úr skýrslu VSÓ, en þar sést möguleg sjávarflóðasvæði í austurhluta Reykjavíkur m.v. 4 m flóð (VSÓ ráðgjöf, 2016).



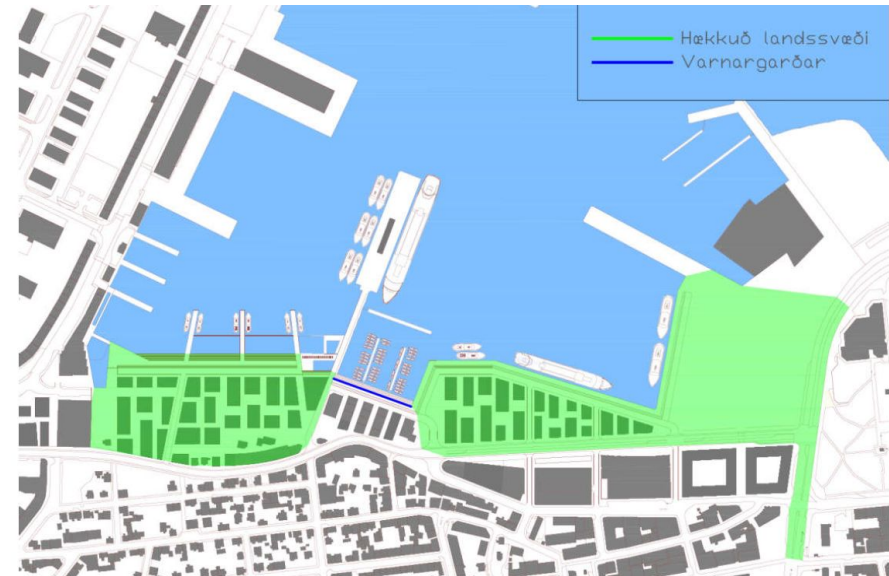
Mynd 2.2: Kort úr skýrslu VSÓ sem sýnir möguleg sjávarflóðasvæði í austurhluta Reykjavíkur m.v. 4 m flóð (VSÓ, 2016).



Flóðahætta í Kvosinni

Sjávarflóð í Reykjavík og væntanlega þróun sjávarstöðu og flóða fram til ársins 2100, er viðfangsefni í skýrslu verkfræðistofunnar Eflu frá 2015. Þar er flóðahætta í Kvosinni sérstaklega skoðuð vegna lágrar stöðu lands þar og þar sem Kvosin er sérstaklega viðkvæm m.t.t. mannlífs og menningarverðmæta (Efla, 2015). Efla áætlar tjón sem geti orðið í Kvosinni miðað við 4 m flóð. Talað er um tvíþætta ógn vegna hækkunar sjávarborðs, annarsvegar vegna aftakaflóða (allt að 6 m hækkun), en hins vegar vegna minni en tíðari flóða. Litlar líkur eru taldar á aftakaflóðum vegna 6 m hækkunar sjávarborðs og lagt til að borgin einbeiti sér heldur að flóðavörnum vegna minni en tíðari flóða. Flóð með 10 ára endurkomu eru talin vera rúmlega 3 m flóð, sem með langtíma þróun til ársins 2100 yrðu um 3,8 - 4,4 m flóð (Efla, 2015).

Flóð með 10 ára endurkomutíma myndu valda talsverðu tjóni í Kvosinni. Reifaðir eru ýmsir möguleikar til að verjast hækkandi sjávarstöðu, með mismiklum tilkostnaði. Niðurstaðan er sú að hagkvæmast væri að hækka hafnarbakkann í Reykjavíkurborg til varnar þessum flóðum og að vinna samhliða að uppbyggingu á hafnarbakkanum. Með litlum viðbótarkostnaði myndi hærri hafnarbakki mynda varnarbakka fyrir miðbæinn og Kvosina, sbr. mynd 2.3 (Efla, 2015).

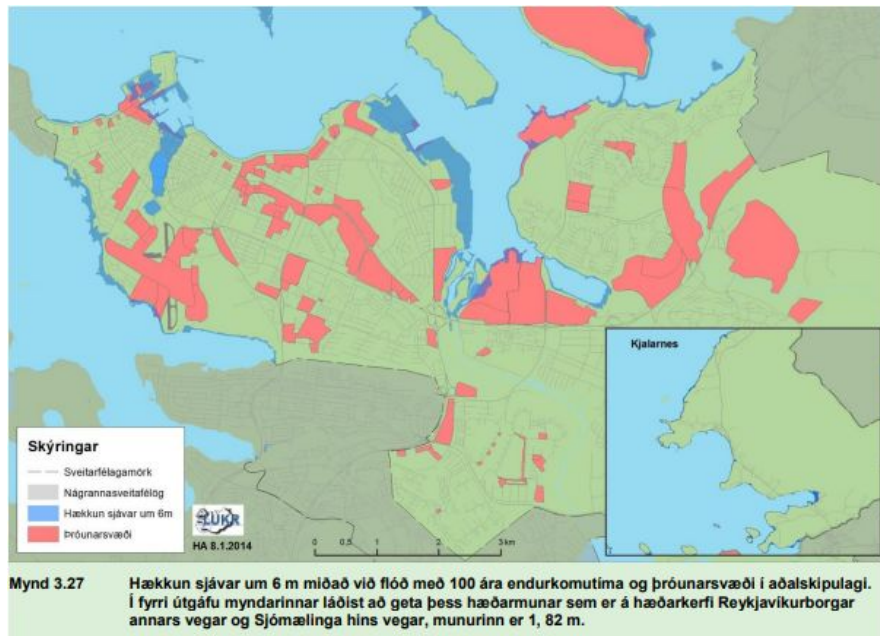


Mynd 2.3: Myndin sýnir hugmynd úr skýrslu Eflu um varnaraðgerðir gegn sjávarflóðum með hækkun hafnarbakkans í Kvosinni (Efla, 2015).



Möguleg hættusvæði vegna sjávarflóða í Reykjavík

Hættusvæði vegna sjávarflóða í Reykjavík hafa verið gróflega kortlögð í umhverfisskýrslu með Aðalskipulagi Reykjavíkur 2010-2030. Þar er birt mynd sem sýnir áhrifsvæði 6 m sjávarflóða með 100 ára endurkomutíma ásamt þróunarsvæðum (sjá mynd 2.4). Í aðalskipulaginu er lagt til að við skipulag og hönnun þróunarsvæða við sjávarsíðuna sé hugað að vörnum vegna hækkandi sjávarstöðu. Myndin í umhverfisskýrslu er gróf í sniðum og einvörðungu ætlað að gefa yfirsýn.



Mynd 2.4: Mynd úr umhverfisskýrslu með Aðalskipulagi Reykjavíkur 2010-2030 sem sýnir hækkun sjávar um 6 m (Reykjavíkurborg, 2013).

Tjón af völdum ágangs sjávar

Helsta tjón sem orðið hefur af völdum ágangs sjávar í Reykjavík er á varnargörðum við Sæbraut og Ánanaust. Varnargarður og göngustígur við Ánanaust varð fyrir miklu tjóni 2003 þegar sjór gekk yfir varnargarða. Þá barst grjót yfir göngustíga og út á götu svo tafir urðu á umferð. Þarna skapaðist hætta vegna hárrar sjávarstöðu samhliða hárrí öldu sem gekk yfir 4,8 til 6,4 m háan varnargarðinn (VSÓ ráðgjöf, 2016). Þetta sýnir kraftana sem geta orðið til við háa sjávarstöðu.

Kostnaður við viðgerðir á varnargörðum í Reykjavík vegna ágangs sjávar hefur ekki verið tekinn saman, né eru gögn um fjölda tjóna aðgengileg. Því er ekki ljóst hver þróunin hefur verið síðustu áratugin.

Samantekt um hækkun yfirborðs sjávar

- Hækkun sjávarborðs er helsta ógnin tengd loftslagsbreytingum í Reykjavík. Hækkunin fylgir meðaltalshækkun sjávarborðs á heimsvísu.
- Landsig er meiri áhrifapáttur á yfirborð sjávar í Reykjavík heldur en loftslagsbreytingar. Hækkandi hitafar eykur á áhrifin þar sem hlýnun sjávar veldur þenslu hans, svo yfirborð hækkar.
- Helsta hættan vegna hækkunar yfirborðs sjávar felst ekki í sjálfri hækkuninni heldur þeim áhrifum sem hún hefur. Mesta hætta verður á aftakflóðum í ofsaveðrum þegar saman fara há sjávarstaða og krappar lægðir. Þá aukast líkur á að sjór flæði á land.
- Byggð á nokkrum svæðum í Reykjavík liggur lágt og er því mjög viðkvæm fyrir hækkun yfirborðs sjávar. Bent hefur verið á menningarverðmæti í Kvosinni í þessu sambandi, sem eru í hættu vegna flóða.



2.2 Úrkoma og flóð

Gert er ráð fyrir aukinni úrkomu á næstu árum og áratugum á Íslandi vegna loftslagsbreytinga, þó veðurfarslíkönum beri ekki saman um hversu mikil aukningin muni verða. Líklegast er talið að úrkoma aukist þegar á líður öldina og talað er um meðaltalsaukningu úrkomu á bilinu 0,4% til 0,8% á áratug, eða 2% til 3% fyrir hverja gráðu sem hlýnar. Líklega mun úrkomudögum fjölga og ákefð úrkomu aukast. Samhliða verði færri kuldaköst að vetri og minni snjóhula. Einnig er líklegt að hitabylgjum að sumri fjölgi (Halldór Björnsson, o.fl., 2008).

Meiri úrkoma fellur nú sem rigning á norðlægum slóðum, en minni sem snjór. Helliregn hefur einnig aukist víða, jafnvel á svæðum þar sem dregið hefur úr heildarúrkomu (Halldór Björnsson, o.fl., 2008). Því má gera ráð fyrir svipuðu mynstri hérlendis.

Aukin úrkoma í Reykjavík hefur áhrif á ýmsa þætti. Einna helst má gera ráð fyrir meira álagi á vatnakerfi innan borgarinnar, bæði náttúruleg kerfi (ár, læki og vötn) sem og manngerð (fráveitu). Þá hafa breytingar í úrkomu áhrif á grunnvatnsstöðu og möguleg ofanflóð s.s. snjóflóð og skriðuföll.

Flóð í ám

Gera má ráð fyrir því að áhrif aukinnar úrkomu leiði til vatnavaxta í ám og lækjum sem eiga sér uppsprettu í upplandi borgarinnar. Almennt fellur meiri úrkoma því ofar sem farið er frá sjávarmáli og því er meðalúrkoma alla jafna meiri í efri byggðum, líkt og sést á mynd 2.5. Vakin er athygli á að úrkomukortið er frá árinu 1996 og hefur ekki verið uppfært síðan svo kunnugt sé.

Vegna hlýnunar er líklegt að kuldaköstum að vetri fækki en hitabylgjum að sumri fjölgi. Það mun leiða til þess að flóð vegna rigninga og leysinga breytast, þau verði tíðari og stærri (Halldór Björnsson, o.fl., 2008).

Álag á fráveitu

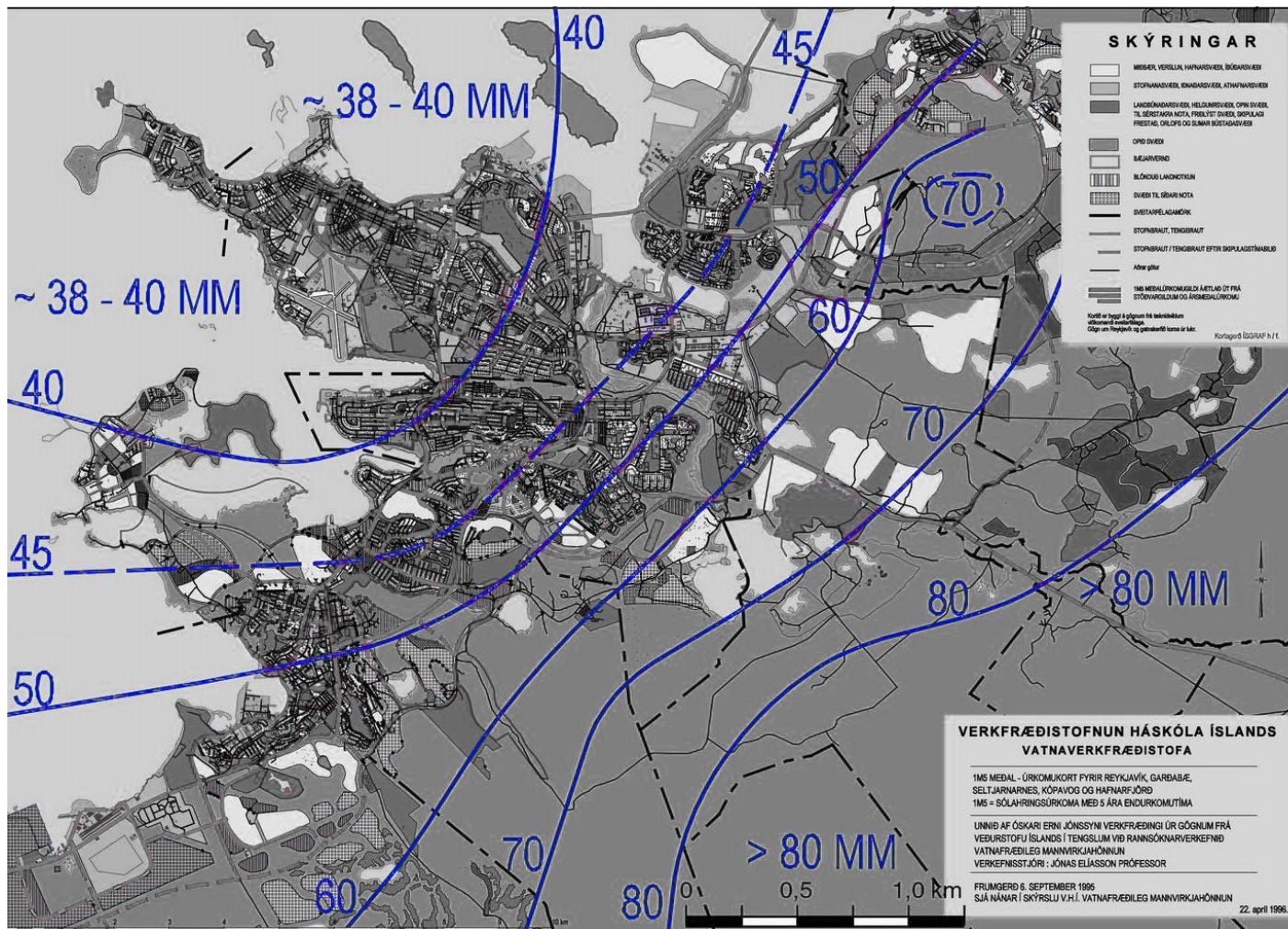
Meiri úrkoma eykur álag á fráveitukerfi borgarinnar. Rör og niðurföll geta fyllst af vatni sem fráveitan nær ekki að koma frá sér sem skyldi. Þannig aukast líkur á flóðum frá fráveitukerfinu. Ef kerfið hefur ekki undan geta vegir fyllst af vatni og flætt inn í nálæg hús.

Skipta má fráveitukerfum í tvennt: einföld kerfi (blanderki), þar sem skólp og regnvatn renna í sömu lögnum og tvöföld kerfi (sérkerfi), þar sem skólp og regnvatn renna í aðskildum lögnum. Einföld kerfi eru enn algeng í eldri hverfum, en ekki lengur nýtt í nýjum hverfum né við endurnýjun lagna, sjá mynd 8. Í einföldum kerfum er hætta á að skólp flæði óhreinsað úr lögnum í miklum rigningum (Grétar Már Hreggviðsson 2010). Slíkt getur ógnað heilsu fólks og valdið eignatjóni.

Fráveitukerfi borgarinnar liggja niður að sjó og hafa sjálfsrennsli, þ.e. lagnir hallast í átt til sjávar. Við hönnun lagna er miðað við ákveðna sjávarstöðu og ef sú staða breytist mikið er hætta á að stefna rennslisins breytist. Þá rennur sjór inn um lagnir og upp um niðurföll (Efla, 2015).

Áhrif á grunnvatnsstöðu

Líklegt verður að teljast að miklar breytingar á úrkomu, flóðum og sjávarstöðu muni hafa áhrif á grunnvatnsstöðu. Óvíst er þó hve mikil áhrifin verða eða hvenær þau gera vart við sig þar sem fáar mælingar á grunnvatnsstöðu eru til fyrir Reykjavík vestan Elliðavatns. Þær mælingar sem stundaðar eru í dag með reglulegu millibili eru í efri byggðum höfuðborgarsvæðisins í tengslum við vatnsból Reykjavíkur. Sú upplýsingaöflun snýr að viðhaldi og uppbygginu á grunnvatns- og rennslislíkani fyrir Veitur (hluti af Orkuveitu Reykjavíkur) sem sjá um rekstur vatnsbólsins (Sveinn Óli Pálmarsson, 2017).



Mynd 2.5: Úrkomukort af höfuðborgarsvæðinu sem sýnir meðaltal sólarhringsúrkomu með 5 ára endurkomutíma (bláar línur og tölur). Úrkoma eykst eftir því sem ofar dregur í landi (Verkfræðistofnun Háskóla Íslands, 1996).

Ofanflóð

Veðurstofa Íslands hefur það hlutverk að meta hættu á ofanflóðum, s.s. snjóflóðum og skriðuföllum við byggð. Veðurstofan hefur metið hættu á ofanflóðum fyrir Kjalarnes neðan Esjuhlíða og afmarkað hættusvæði á svæðinu frá Skrauthólum suður fyrir Búhamar. Þar er því beint til skipulagsyfirlvalda að taka tillit til hættu vegna ofanflóða við stefnumörkun um landnýtingu á Kjalarnesi (Veðurstofa Íslands, 2014). Í Aðalskipulagi Reykjavíkur 2010-2030 kemur fram að við gerð deiliskipulags undir hlíðum Esju skuli leita álits Veðurstofu Íslands um hættu á ofanflóðum (Reykjavíkurborg, 2013).

Í skýrslu Almannaþingarnefndar höfuðborgarsvæðisins er lýst hættu á ofanflóðum á Kjalarnesi undir Esjuhlíðum. Utan byggðar sé hætta í Bláfjöllum og Skálafelli, aðallega á svæðum utan skipulagðra skíða- og göngusvæða (Almannaþingarnefnd höfuðborgarsvæðisins, 2011).

2.2.1 Staðbundnar upplýsingar

Vandamál vegna mikillar úrkomu

Í mikilli úrkomu ráða sum niðurföll í borginni illa við vatnsmagnið sem að þeim streymir. Þetta á einkum við þegar þau eru staðsett lágt í landi miðað við byggðina í kring. Starfsfólk skrifstofu rekstrar og umhirðu borgarinnar hefur síðustu árin kortlagt lágpunkta þar sem hættuástand hefur haft tilhneigingu til að skapast, einkum við niðurföll. Þetta á einkum við þar sem vatn flæðir frá götu inná gangstéttir og einkalóðir. Hugað er sérstaklega að þessum stöðum þegar mikilli úrkomu er spáð. Starfsfólk borgarinnar gætir þá að því að niðurföllin séu ekki stífluð eða eitthvað annað hindri rennsli vatns að þeim.

Landupplýsingadeild borgarinnar hefur tekið þessa punkta saman. Þegar gögnin eru skoðuð sést að í sumum hverfum borgarinnar eru fleiri en einn punktur á litlu svæði. Í Hólhverfinu í Breiðholti ofan við

Elliðaárdalinn má t.d. finna allnokkra lágpunkta á svæðum þar sem byggðin liggur að opnu svæði, sjá mynd 2.6.



Mynd 2.6: Lágpunktar í Hólum í Breiðholti. Starfsmenn borgarinnar fara á staðinn þegar spáð er mikilli úrkomu og huga að niðurföllum.

Flóð í ám og vötnum

Elliðaár

Elliðaár hafa stærsta vatnasviðið innan Reykjavíkurborgar. Meðal þeirra áa sem renna í Elliðavatn er Bugða en árfarvegur hennar liggur austan við byggð í Norðlingaholti. Undanfarin ár hefur áin flætt ítrekað yfir bakka sína og yfir göngustíg sem þar liggur. Hætta hefur skapast að vetri til þegar flæðir yfir stíginn og frystir. Íbúar í Norðlingaholti hafa áhyggjur af öryggi barna sinna vegna þessa (RÚV, 2017). Mögulegt flóðasvæði við Bugðu hefur verið merkt gróflaga inn á mynd 2.7.



Mynd 2.7: Mögulegt flóðasvæði við Bugðu er merkt gult á kortinu, þar sem af og til flæðir yfir göngustíg. Ekki er um uppmælt flóðasvæði að ræða heldur er stærð svæðis áætluð miðað við frásagnir.

Flóð Bugðu eru þekkt og valda því að flæðiengi árinna eru frjósöm líkt og kemur fram í Aðalskipulagi Reykjavíkur 2010-2030 (Reykjavíkurborg, 2013). Í deiliskipulagi fyrir Norðlingaholt er merkt inn 78,5 m hæðarlína sem er mesta sögulega flóð í ánni (Reykjavíkurborg, 2003). Af lýsingum að dæma hafa flóð undanfarin ár ekki náð þeirri stærð. Flóð árinna hafa

ekki áður ógnað mannvirkjum en byggðin er tiltölulega ný (skipulag frá 2003) og enn eru óbyggðar atvinnulóðir í hverfinu. Brú sem liggur fyrir neðan byggðina eykur áhrif flóða ofar í ánni þar sem hún þrengir að árfarveginum. Auk þess myndar vatnsleiðsla sem liggur í ánni þröskuld sem hamlar vatnsrennsli.

Samskonar vandamál hefur komið upp við vestari kvísl Elliðaáa þegar ný brú var byggð yfir þær, nálægt gatnamótum Reykjanesbrautar og Bústaðavegar. Við hönnun og uppsetningu brúarinnar var vitað að brúin lægi lágt og gæti valdið flóðum. Þau voru talin sjaldgæf og ákveðið að þau væru ásættanleg m.t.t. þessa. Svo virðist sem flóð hafi komið fyrir og oftar en áætlað var fyrir byggingu brúarinnar og óljóst hvort auknir vatnavextir í ánni séu komnir til að vera.



Mynd 2.8: Flóðasvæði við Elliðaár neðan við Blesugróf hefur verið merkt inn með gulum lit. Ekki er um uppmælt flóðasvæði að ræða, heldur er stærð þess áætluð.

Úlfarsá

Lítið er vitað um vandamál tengd flóðum í Úlfarsá. Á síðustu árum hefur Úlfarsárdalur verið að byggjast upp nær ánni. Uppbygging íþróttasvæðis beggja vegna við Úlfarsár hefur þrengt þar að ásamt lagningu nýrra göngustíga og vega (sjá mynd 2.9). Þekkt er að æfingavöllur sunnan við ána fer gjarnan á flot og að jarðvegur verður of blautur til að hægt sé að nota völlinn (sjá svæðið á mynd 9). Völlurinn er skilgreindur í skipulagi sem fjölnota grasvöllur og er hluti af íþróttasvæðinu í dalnum (Reykjavíkurborg, 2008). Unnið er að lausn á þessu máli með því að veita vatni frá vellinum.



Mynd 2.9: Aefingasvæði í Úlfarsárdal.

Þau flóðasvæði sem hér eru talin upp hafa ekki verið rannsökuð með tilliti til loftslagsbreytinga. Þau gefa aðeins vísbendingar um hvar flóð kunna að verða í kjölfar vatnavaxta.

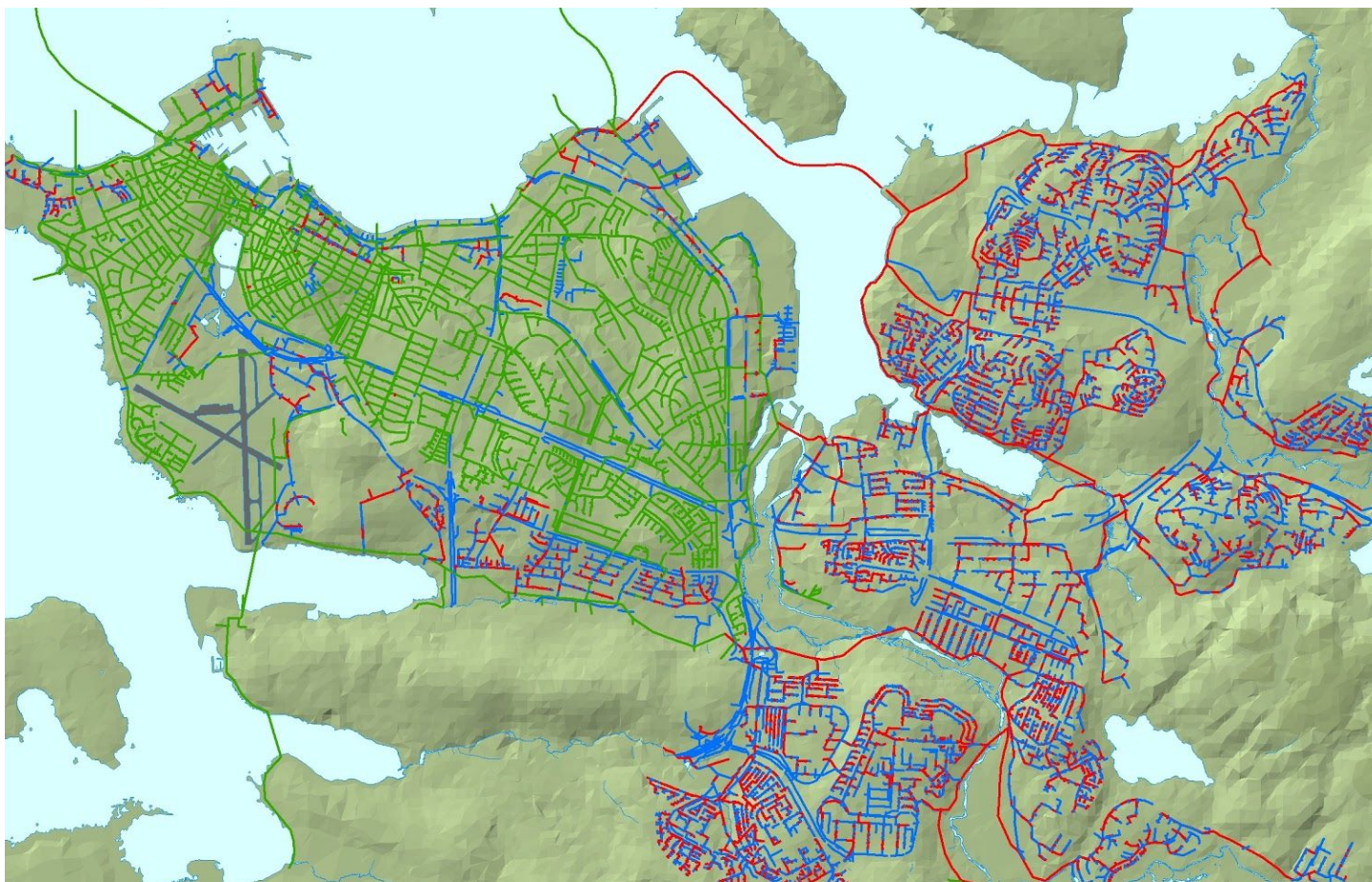
Fráveita

Fráveitukerfi borgarinnar er það lagnakerfi sem flytur frárennsli frá heimilum, stofnunum, atvinnufyrirtækjum, götum, gönguleiðum, lóðum og opnum svæðum. Í því kerfi er bæði skólpl og regnvatn (ofanvatn) leitt til sjávar (Samorka, 2010). Líkt og segir í kaflanum hér á undan þá má skipta fráveitukerfum í tvennt: einföld kerfi og tvöföld kerfi. Á mynd 2.10 sést yfirlit úr gagnagrunni Orkuveitunnar um fráveitukerfi Veitna í Reykjavík. Þar má sjá hvar fráveitulagnir eru einfaldar (grænar línur) og tvöfaldar (rauðar fyrir skólplagnir og bláar fyrir regnvatnslagnir).

Víðast hvar í eldri hlutum borgarinnar eru fráveitulagnir einfaldar. Það getur skapað ákveðna hættu, þar sem mikil úrkoma getur fyllt lagnir svo uppúr flæðir. Við slíkar aðstæður flæðir bæði skólpl og regnvatn upp um niðurföllin. Einnig skapar há sjávarstaða hættu á að bakflæði verði í lögnum svo sjór geti streymt upp lagnir og upp um niðurföll (Efla, 2015).

Í nýrri hverfum borgarinnar eru tvöfaldar lagnir þar sem regnvatn er leitt í burtu í einni lög en skólpið í annarri. Regnvatnslagnir þurfa að geta tekið við sérstöku álagi í mikilli úrkomu. Smithætta er minni ef skólpi er ekki blandað við regnvatn, vegna mögulegra flóða í regnvatnslögnum vegna skýfalls.

Í Aðalskipulagi Reykjavíkur 2010-2030 kemur fram að huga skuli að tvöföldun fráveitukerfis við endurbætur og uppbyggingu í borginni. Einnig er tekið fram að mikilvægt sé að hugað að vistvænum útfærslum á fráveitukerfum.



Mynd 2.10: Gróft yfirlit af fráveitukerfi Veitna í Reykjavík. Grænar línur sýna einfalt kerfi, rauðar og bláar sýna tvöfalt kerfi fráveitu. Gögn frá LUKR í september 2017, Landupplýsingakerfi Reykjavíkurborgar. Sjá nánar á: <https://lukor.or.is/lukor/>



Áhrif loftslagsbreytinga á fráveitukerfin í miðbæ Reykjavíkur voru skoðuð í mastersritgerð Ástu Óskar Hlöðversdóttur við Háskóla Íslands (2010). Samkvæmt rannsókn Ástu hefur tilfellum þar sem úrkoma varir í stuttan tíma ekki breyst síðustu 60 árin, en það er sú tegund úrkomu sem skiptir mestu máli við hönnun fráveitukerfa. Því var ekki hægt að merkja áhrif loftslagsbreytinga á úrkomu í Reykjavík á tímabilinu 1951-2008. Þar sem fráveitukerfin í miðbænum eru einföld þá hefur þétting byggðar í miðbænum áhrif sem birtast strax í fráveitukerfinu ef ekki er brugðist við með endurnýjun fráveitukerfa (Ásta Ósk Hlöðversdóttir, 2010).

Við framkvæmdir skapast tækifæri til að endurnýja lagnir eða fara nýjar leiðir við meðferð regnvatns. Einkum er horft til innleiðingar svokallaðra blágrænna ofanvatnslausna við meðferð regnvatns, sem skapa samhliða ný tækifæri til að grænka byggðina. Nánar er fjallað um þær í 3. kafla. Þétting byggðar þýðir því ekki aukna hættu á flóðum ef samhliða er hugað að fráveitumálum.

Samantekt um úrkomu og flóð

- Spár gera ráð fyrir að aukin úrkoma og hlýnun muni skila sér í hlýrri og blautari vetrarmánuðum í Reykjavík.
- Aukning úrkomu síðustu áratugi hefur verið á bilinu 0,4-0,8% á áratug að meðaltali og er gert ráð fyrir áframhaldandi aukningu á því bili. Óvist er hve mikil aukningin verður.
- Áhrif af meiri úrkomu munu líklegast birtast fyrst með aukinni tíðni vatnavaxta í ám.
- Helstu vandamál síðustu ára vegna flóða í ám í Reykjavík eru tengd mannvirkjagerð sem þrengir að árfarvegum.
- Starfsmenn borgarinnar hafa skilgreint lágpunkta víðsvegar í borginni. Til að koma í veg fyrir tjón er hugað sérstaklega að þeim þegar spáð er mikilli úrkomu.
- Fráveitukerfi borgarinnar eru misgömul eftir hverfum. Eldri hverfi hafa gjarnan einfalt kerfi, þ.e. að fráveita regnvatns (ofanvatns) og skólp renna í sömu lögnum. Slík kerfi hafa minni afkastagetu og eru viðkvæmari fyrir mikilli aukningu í úrkomu.
- Með fjölgun íbúa þarf að taka tillit til aukins álags á fráveitu, með endurnýjun lagna eða öðrum leiðum, s.s. blágrænum ofanvatnslausnum. Það á sérstaklega við um eldri hverfi borgarinnar þar sem fráveitukerfi eru einföld.



2.3 Ofsaveður og fárviðri

Ofsaveður er þegar vindhraði fer yfir 28,5 metra á sekúndu (m/s). Þá má m.a. búast við skemmdum á mannvirkjum, útivera getur verið hættuleg á bersvæðum og mól og grjót getur tekist á loft. Fárviðri er næsta stig og það efsta á Beaufort-kvarða við 32,7 m/s. Þá fýkur allt lauslegt, jafnvel stórir steinar. Kyrrstæðir bílar geta oltið og þök fjúka af húsum (Trausti Jónsson, 2007).

Vegna hlýnunar loftslags aukast líkur á að fleiri lægðir komi upp að ströndum Íslands (Halldór Björnsson, o.fl., 2008). Krappar lægðir við landið auka líkur á sjávarflóðum líkt og komið hefur fram. Frekari upplýsingar um breytingar á vindafari í Reykjavík vegna loftslagsbreytinga hafa ekki verið teknar saman.

2.4 Lífríki og gróðurfar

Þó áhrif á lífríki séu alla jafna ekki flokkuð með áhættusömustu afleiðingum loftslagsbreytinga, þá má búast við að þau verði töluverð.

Lífríki sjávar mun breytast, sem aftur mun hafa áhrif á möguleika sjófugla og fiska til fæðuöflunar. Mikil óvissa ríkir um áhrif loftslagsbreytinga á fiskveiðar við Ísland en mögulega munu stofnar stækka til skamms tíma vegna hlýnunar. Þá gæti hveljum (marglyttum) fjölgað og ofblómgun eiturbörunga aukist. Við hlýnun loftslags eykst framleiðni vistkerfa sem flýttir fyrir fjölgun ýmissa tegunda, bæði í sjó og á landi.

Aukinn styrkur koldíoxíðs (CO_2) hefur einnig bein áhrif á lífríki í sjó þar sem lofttegundin leysist upp í sjónum og lækkar þar með pH sjávar, sem þýðir um leið hækkun á sýrustigi sjávar. Þetta leiðir til súrnunar sjávar sem til lengri tíma litið mun hafa neikvæð áhrif á fiskistofna við landið. Við súrnun sjávar leysist kalk frekar upp. Viðbúið er því að kalkþörungar leysist upp og aðrar þær lífverur sem nýta sér kalk til uppbyggingar. Smádýrum og örverum í sjónum sem lifa í umhverfi kalklífvera mun

fækka sem hefur í för með sér minni fæðumöguleika fiskistofna (Halldór Björnsson, o.fl., 2008; Ásdís Jónsdóttir, 2012).

Flestir stofnar sjófugla hafa farið minnkandi sem mögulega má rekja til breytinga á lífríki sjávar (Ásdís Jónsdóttir, 2012). Það gæti útskýrt breytta hegðun sjófugla í borginni sem eru farnir að sækja lengra inn í land í fæðuleit.



Mynd 2.11: Friðland í nálægð við byggð í Vatnsmýrinni í Reykjavík.

Vöxtur og framleiðni gróðurs hefur aukist síðastliðin ár með hlýnandi loftslagi. Þetta hefur skapað ný tækifæri í landgræðslu, skógrækt og landbúnaði, þar sem möguleikar hafa opnast á að rækta gróður og nýjar tegundir á svæðum þar sem það var ekki hægt áður. Möguleikar á ræktun korns munu líklega einnig aukast (Halldór Björnsson, o.fl., 2008; Ásdís Jónsdóttir, 2012). Hraðari vöxtur og betri lífslíkur gróðurs skapa tækifæri í borginni til að auka gróðurþekju og líffræðilegan fjölbreytileika innan borgarinnar með tilkomu nýrra tegunda.

Með hlýnun loftslags myndast einnig skilyrði fyrir nýjar tegundir skordýra og smádýra sem hafa verið óþekkt hérlendis. Það getur skapað nýjar áskoranir í landbúnaði, landgræðslu og skógrækt (Ásdís Jónsdóttir, 2012). Smithætta getur einnig aukist ef skordýr sem eru smitberar fara að nema land og fjölga sér hraðar, sem aftur hefur neikvæð áhrif á heilsu fólks. Dæmi um nýjar skordýrategundir sem hafa tekið sér bólfestu hér á landi eru lúsmý og skógarmítill (Náttúrufræðistofnun Íslands, 2016).

Þá má gera ráð fyrir að villtum dýrum fjölgi vegna aukinnar framleiðni vistkerfa. Dæmi um tegundir sem kann að fjölga eru kanínur, hagamýs og minkar (Halldór Björnsson, o.fl., 2008).

Samantekt úr 2. kafla

Helstu áhættuþættir vegna loftslagsbreytinga sem snerta byggð í Reykjavík eru:

- Hækkun yfirborðs sjávar sem skapar hættu vegna:
 - ◆ aukinnar flóðahættu við strendur, sérstaklega þegar há sjávarstaða og krappar lægðir koma saman,
 - ◆ aukins álags á fráveitukerfi þar sem sjór getur flætt inn í lagnir,
 - ◆ álags á sjóvarnir og hafnarmannvirki vegna meira ölduálags.
- Aukin úrkoma (rigning og snjór) bæði í magni og tíðni þýðir:
 - ◆ meiri flóðahættu í ám og vötnum,
 - ◆ aukið álag á fráveitukerfi,
 - ◆ meiri flóðahættu við lágpunkta í þéttbýli og dreifbýli,
 - ◆ hærri grunnvatnsstöðu.

Líkur aukast á komu fleiri og krappari lægða til landsins, sem auka aftur líkur á sjávarflóðum.

Aðrar breytingar:

- Breytingar á lífríki í sjó og á landi:
 - ◆ bætt vaxtarskilyrði fyrir gróður, s.s. birki,
 - ◆ nýjar lífverur nema land, s.s. fuglar og skordýr og villtum dýrum getur fjölgað mikið, s.s. kanínum, hagamúsum og minkum,
 - ◆ vaxandi hlýsjávareinkenni og aukin framleiðni lífríkis í sjó, þ.m.t. fiskistofna við landið,
 - ◆ meiri líkur á hveljum (marglyttum) og ofblómgun eiturþörungna,
 - ◆ breytingar á sýrustigi sjávar munu hafa skaðleg áhrif á lífríkið, vegna breytinga á kalkbúskap sjávar.

3. LEIÐIR TIL AÐLÖGUNAR

Þegar kemur að aðlögun að loftslagsbreytingum er ekki hægt að tala um eina nálgun sem hentar öllum. Aðstæður eru ólíkar milli landa hvað varðar legu lands, samfélög og efnahag. Þá snerta áhrif loftslagsbreytinga lönd með ólíkum hætti. Ein fær leið er að skoða hvað önnur lönd og sveitarfélög hafa gert og læra af reynslu þeirra. Umhverfisstofnun Evrópu hefur tekið saman leiðbeiningar sem byggja á reynslu nokkurra landa við aðlögun að loftslagsbreytingum. Hér verður stuðst við leiðbeiningar Umhverfisstofnunar Evrópu og notast við reynslu Kaupmannahafnarborgar sem er langt komin í sinni aðlögun.

Í sinni einföldustu mynd snýst aðlögun að loftslagsbreytingum um að auka sveigjanleika eða seiglu umhverfis og samfélags til að bregðast við afleiðingum loftslagsbreytinga, eins og snöggum breytingum í veðurferi og hækkandi sjávarstöðu.

Aðlögun er hugsuð sem svar við neikvæðum (og jákvæðum) áhrifum loftslagsbreytinga. Aðgerðir til aðlögunar eru lausnir til að bregðast við þeim breytingum sem nú eiga sér stað og framtíðaráhættu. Þar sem áhrif loftslagsbreytinga eru bæði óljós og breytileg til lengri tíma litið þá eru aðgerðir til aðlögunar hugsaðar fyrst og fremst til þess að búa samfélagið betur undir óvænta atburði, t.d. ofsaregn (skýfall) og flóð. Aðgerðirnar byggja að mestu leyti á sjálfbærum og grænum lausnum sem styðja við hugmyndir um sjálfbært samfélag og græna hagkerfið (Birna Björk Árnadóttir, 2015).

3.1 Þrjú stig aðlögunar

Hætta á válegum atburði er mismikil eftir eðli og aðstæðum. Því er ein leið til aðlögunar að skipta aðgerðum í stig eftir því hve líklegt er talið að atburðurinn verði og eftir því tjóni sem líklegt er að af honum kunni að

hljóttast. Við aðlögun Kaupmannahafnar var stuðst við þriggja stiga flokkun á válegum atburðum (City of Copenhagen, 2011).

Fyrsta stig er vegna atburða sem eru taldir mjög líklegir til að valda miklu tjóni og er þá lögð áhersla á að koma í veg fyrir atburðinn. Annað stig snýr að því að draga úr umfangi atburðar og þriðja stig snýr að neyðarvörn til að draga úr tjóni. Þessi flokkun auðveldar ákvarðanatöku varðandi forgang og umfang aðgerða til aðlögunar (City of Copenhagen, 2011).

Með aðgerðum til aðlögunar eru ekki alltaf lögð til ný inngrip eða nýjar framkvæmdir heldur snúast aðgerðirnar einnig um að bæta nýtingu innviða og landrýmis, bæta verkferla, m.ö.o. að gera betur það sem þegar er gert og á markvissari hátt (Birna Björk Árnadóttir, 2015).

Tafla 1. Þrjú stig aðgerða til aðlögunar.

1. stig	2. stig	3. stig
Reyna að koma alveg í veg fyrir atburðinn, t.d. að vatn nái til mannvirkja, með því að byggja varnargarða, byggja hærra í landinu eða auka afköst fráveitu.	Reyna að draga úr afleiðingum atburðar, t.d. með því að búa mannvirki betur undir álag, hægja á vatnsrennsli o.þ.h.	Viðbúnaður felst í því að auðvelda viðbrögð eftir atburðinn, t.d. hreinsun og lagfæringar.

3.2 Þrír flokkar aðgerða

Aðgerðum til aðlögunar er gjarnan skipt í þrjá meginflokka skv. leiðbeiningum Umhverfisstofnunar Evrópu: grænar lausnir sem nýta sér eiginleika náttúrunnar, gráar lausnir sem treysta á tækni og mildar lausnir sem snúa að því að breyta hegðun og stjórnsýslu í átt að aðlögun (European Environment Agency, 2013). Í sumum tilfellum þarf að samþætta aðgerðir úr fleiri en einum flokki til að tryggja tilætluð áhrif (European Environment Agency, 2013).

3.2.1 Gráar lausnir

Gráar lausnir eru tæknilegar og gjarnan stórtækar aðgerðir, s.s. sjóvarnargarðar, stíflur og manir sem nýttar eru til að verjast flóðum og ágangi sjávar. Einnig flokkast endurnýjun hefðbundinna fráveitukerfa, endurgerð strandlínu og sanddæling til grárra lausna. Harðir og grófir fletir einkenna gjarna gráar lausnir sem og skarpar línur eða manngert yfirbragð.

Gráar lausnir geta verið nauðsynlegar til að verjast frekari hættu og í sumum tilfellum eru þetta einu lausnirnar.

Hægt er að nota gráar lausnir í bland við grænar lausnir þannig að þær styðji hvora aðra. Dæmi um þetta er þegar hefðbundin fráveita leiðir rigningavatn áfram að grænum lausnum eða öfugt. Einnig þegar hefðbundin fráveita tekur við umframvatni sem blágrænar ofanvatnslausnir ráða ekki við.

Helsti gallinn við gráar lausnir er hár stofnkostnaður, oftast hár viðhaldskostnaður og einhæfni, þ.e. að hlutverk innviða með gráum lausnum er oftast en ekki aðeins eitt. Dæmi um þetta eru mannvirki sem eru til þess gerð að koma vatni hratt frá og í miklu magni, þar sem aukinn rennslisráði getur skapað ný vandamál. Þess á milli hafa mannvirkin eða innviðirnir ekki annað hlutverk en að vera í viðbragðsstöðu. Gráar lausnir beina því vandamálinu frá en takast ekki á við það á staðnum líkt og grænar lausnir gera (MacAdam, 2012).

Dæmi um gráar lausnir:

Grjótvarnargarðar við strandlengjur til varnar ágangi sjávar og til að sporna gegn landrofi.

- Krefjast viðhalds og geta virkað sem veggur eða hindrun.
- Möguleiki á að nýta þá til uppbyggingar meðfram sjó og geta boðið upp á útsýni.

- Geta tekið á sig mikinn öldugang og verið eina lausnin til að verjast ágangi sjávar.

Flóðmanir (e. dykes) eru varnargarðar inni í landi. Nýtast til að stýra og halda vatni og/eða sjó innan eða utan ákveðinna svæða.

Stíflur má nota til að stöðva og stýra rennsli vatns. Krefjast landrýmis fyrir uppistöðulón og koma ekki alltaf í veg fyrir flóð.

Rennslisskurðir eða -kanalar eru steyptir og tilbúnir árfarvegir til að stýra rennsli vatns í ákveðnar áttir. Geta tekið mikið pláss og hafa yfirleitt ekki annan tilgang. Getur flutt vandamál milli staða. Flóðahættu er bægt frá á einum stað en getur aukið hættu á öðrum stöðum sem þurfa þá að taka við miklum vatnsflaumi á skömmum tíma.

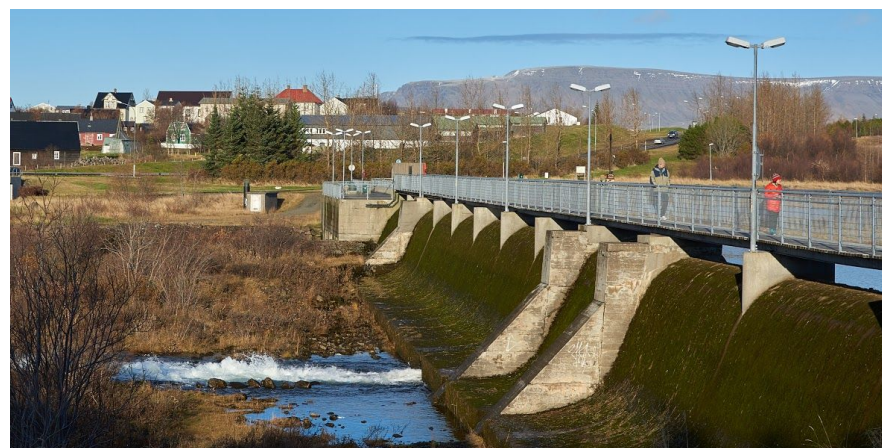
Dælustöðvar má nota til að dæla vatni frá lágpunktum og öðrum hættusvæðum. Þarfnast viðhalds og orkugjafa til að ganga og alltaf hætta á að búnaðurinn eða orkugjafinn virki ekki sem skyldi.

Stækkun hefðbundins frárennsliskerfis með því að leggja lengri og/eða sverari lagnir eða fjölga þeim svo kerfið ráði við aukið vatnsmagn. Krefst mikillar vinnu og framkvæmdar þar sem grafa þarf fyrir hverri lögn.

Safntankar og -kjallarar sem eru til þess gerðir að geta tekið við miklu vatni í flóðum til að koma í veg fyrir tjón annars staðar. Nokkurs konar stýring á tjóni þar sem ekki er komið í veg fyrir tjón á þeim munum sem í kjallaranum eru þegar tjón verður. Þegar hættan hefur liðið hjá er vatninu síðan dælt upp úr kjöllurum og að næsta viðtaka. Við slíkar ráðstafanir er ekki komið í veg fyrir tjón sem verður þegar kjallararnir eru fylltir, þar sem þeir gegna öðru hlutverki dagsdaglega. Dæmi eru um að bílakjallarar í þéttbýli séu nýttir á þennan hátt til að koma í veg fyrir tjón á götum og öðrum fjölfarnari stöðum.

Neyðarfrárennsli á götum, gatnamótum, torgum og öðrum lokuðum yfirborðum. Nokkurs konar hraðbraut ofanvatns. Hægt er að nota núverandi gatnakerfi og með markvissri hæðarsetningu er hægt að stýra því hvert vatnið flæðir, geyma það á stærri flötum (torg og bílastæði) og dreifa því um gatnakerfi. Er hálfgert neyðarúrræði þar sem það ógnar umferð á götum og aðliggjandi svæðum. Nýtist einna helst til að draga úr tjóni við mjög mikil aftakaflóð.

Kantar og þrep sem leiða vatn frá ákveðnum svæðum. Einfalt dæmi er hækkun á köntum/kantsteinum og þrepahækkun við kjallaratröppur til að sporna við eignatjóni í kjöllurum.



Mynd 3.1: Grjótvarnargarður og stífla.

3.2.2 Grænar lausnir

Grænar lausnir eru náttúrulegar eða lifandi lausnir sem felast í því að nýta sér þjónustu gróðurs og vistkerfa, t.d. til að draga úr rennsli vatns, hreinsa og geyma vatn.

Grænar lausnir miða að því að mýkja yfirborð og auka gegndræpi en auk þess hafa þessar lausnir yfirleitt sömu kosti og einkenna græna innviði þ.e. að binda kolefni, bæta loftgæði, draga úr streitu og hafa jákvæð áhrif á heilsu og líðan fólks (Nordh, 2009; Ulrich, 1984). Notkun grænna lausna býður upp á nýja nálgun sem eykur gróður í borginni og bætir almenningsrými.

Grænar lausnir hafa þann kost fram yfir aðrar að vera lifandi og bjóða því upp á ákveðna aðlögun í sjálfu sér (seiglu) vegna hæfni plantna og lífríkis til að takast á við breytingar í umhverfi sínu.

Helstu gallar þessara lausna eru að þær eru oftast nokkuð plássfrekar, misjafnlega þó. Þá geta grænar lausnir ekki alltaf tekið á stórum hamfaraflóðum eða langvarandi úrfelli (MacAdam, 2012). Þetta fer þó eftir atvikum.

Með hlýnandi loftslagi gefst tækifæri til að nýta jákvæð áhrif loftslagsbreytinga, s.s. aukna gróðursæld, til að gera græn svæði borgarinnar þannig úr garði að þau geti betur tekið við mikilli úrkomu.

Dæmi um grænar lausnir:

Blágrænar ofanvatnslausnir eða regnvatnslausnir (e. sustainable drainage systems, bluegreen drainage solutions) er líklega algengasta dæmið. Hér er átt við lausnir sem líkja eftir leiðum náttúrunnar til að leiða regnvatn til viðtakans. Regnvatnslausnir ganga fyrst og fremst út á að auka gegndræpi yfirborðs í þéttbýli með því að veita vatni af hörðum flötum yfir á nálæg gegndræp svæði og vatnsfarvegi. Græn svæði í þéttbýli gegna hér lykilhlutverki, af því að þar kemst vatnið auðveldlega

niður í jarðveginn. Jarðvegur og plöntur sjá síðan um að sía og hreinsa ofanvatnið og brjóta niður mengunarefni (Alta, 2016). Regnvatnslausnir geta verið viðbót við hefðbundin lagnakerfi og dregið þannig úr þörf fyrir endurnýjun og stækkun á núverandi kerfi.

Flæðiengi hafa þann eiginleika að geta tekið á sig, geymt og hreinsað vatn í flóðum, hvort heldur sem það er regnvatn eða flóð í ám. Tún, engi og ípróttasvæði eru dæmi um flæðiengi sem hafa annan tilgang dagsdaglega en geta einnig tekið á sig mikið vatn vegna flóða án mikils tjóns á mannvirkjum. Svæðin þurfa að geta tæmt sig af vatni svo að gróður jafni sig eftir á.

Hjáleið straumvatns getur verið nauðsynleg leið til að taka á flóðum í ám og lækjum. Útbúin er ný rás eða farvegur fyrir vatnið sem nýtist þegar hækkar í ánni. Hægt er að stýra því hversu mikið vatn fellur yfir þröskuld inn á hjáleiðina. Hjáleiðina mætti nýta til áveitu.

Vatnslautir og -rásir eru holur, lækkun í landslagi eða rásir þar sem vatn getur safnast fyrir og er geymt til að hreinsa það eða til að verja önnur svæði í flóðum.

Gróðurker eru til þess gerð að geyma mikið magn vatns til að draga úr álagi á öðrum svæðum. Henta vel þar sem yfirborð er lokað og erfitt er að opna fyrir gróður, s.s. bílastæði, eða sem tímabundin lausn, t.d. vegna framkvæmda. Ýmsar stærðir og útfærslur eru mögulegar.

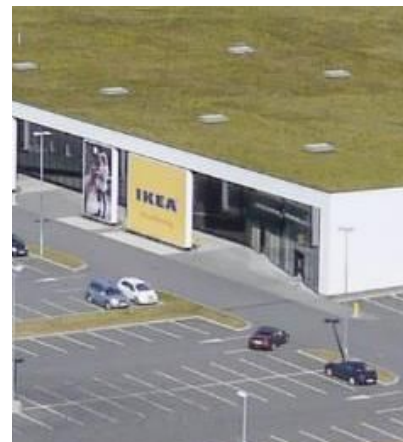
Græn þök þar sem jarðvegslag og gróðurþekja eru lögð á þök til að geyma vatn, tefja rennsli þess og draga þannig úr álagi á þakrennur og frárennsliskerfi. Ýmsar útfærslur eru mögulegar.

Lóðréttir garðar nýtast vel þar sem landrými er takmarkað. Jarðvegi og gróðri er komið fyrir utan með veggjum eða mönum til að taka til sín regnvatn, geyma og hreinsa það. Garðarnir geta einnig dempað hljóð í sumum tilfellum.



Hefðbundið fráveitukerfi sem leiðir allt ofanvatn frá byggðinni og til sjávar.

Blágrænar ofanvatnslausnir/ regnvatnslausnir taka á ofanvatninu á staðnum, hreinsa og leiða það til náttúrulegra viðtaka.



Mynd 3.2: Dæmi um grænar lausnir.

Fleiri lausnir og útfærslur má finna í sambandi við blágrænar ofanvatnslausnir, sem eru í sífældri þróun, sjá m.a. bæklinginn *Blágrænar ofanvatnslausnir - innleiðing við íslenskar aðstæður* (Alta, 2016). Rétt er að geta samlegðaráhrifa þessara grænu innviða við loftslagsmál almennt, þar sem þeir binda koltvísýring úr andrúmsloftinu og auka jákvæð áhrif gróðurs á heilsu borgarbúa.



3.2.3 Mildar lausnir

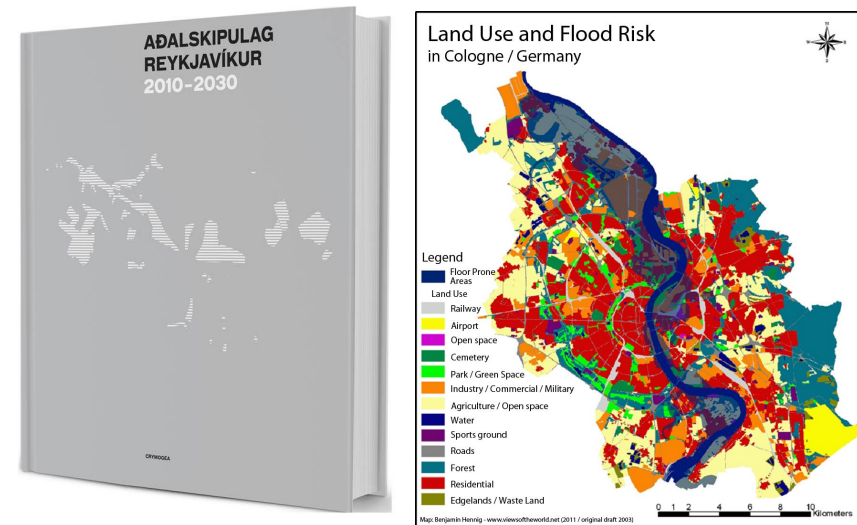
Til mildra lausna teljast laga- og reglugerðasetning, viðbúnaðaráætlanir almanna- og skipulagsáætlanir, allt frá landsskipulagsstefnu og yfir í svæðis-, aðal-, hverfis- og deiliskipulag, auk annarra verkefnaáætlana. Aðrar opinberar áætlanir til að stýra eða hafa áhrif á daglega hegðun íbúa eða opinberra starfsmanna falla einnig hér undir, auk fræðslu og upplýsingagjafar til almennings.

Dæmi um mildar lausnir:

Ákvæði í skipulagsáætlunum um hvar má byggja, eða í skilmálum sem fylgja þarf ef byggt er á tilteknum svæðum. Ákvæði um blágrænar ofanvatnslausnir og farveg þeirra o.s.frv.

Útgáfa flóðakorta gæti komið mikilvægum upplýsingum um flóðahættu á framfæri. Skilmálar sem tryggja eftirfylgni eru síðan færðir inn í skipulagsáætlanir. Þannig geta íbúar sem búa á hættusvæðum vitað af mögulegri vá og búið sig undir hana. Það stýttir viðbragðstíma og getur komið í veg fyrir frekara tjón.

Ýmiss konar upplýsingagjöf, almanna- og fræðsla til að draga úr hættu eða tjóni teljast til mildra lausna.



Mynd 3.3: Dæmi um mildar lausnir.

4. STAÐA VERKEFNA TIL AÐLÖGUNAR

Í þessum kafla er yfirlit yfir stöðu mála í Reykjavík hvað varðar aðlögun vegna helstu áhættuþátta sem borgin þarf að takast á við vegna loftslagsbreytinga (sjá nánar um áhættuþættina í 2. kafla). Tíunduð eru helstu verkefni sem unnið hefur verið að. Útbúin verður sérstök aðgerðaáætlun í framhaldi, með helstu verkefnum sem Reykjavíkurborg mun setja á oddinn til að auka seiglu borgarinnar á komandi árum.

Áhersla Reykjavíkurborgar er einkum á grænar og mildar lausnir, sbr. loftslagsstefnu Reykjavíkurborgar (Reykjavíkurborg, 2016c). Grænar og mildar lausnir snúa almennt að því að draga úr áhættu og auka seiglu samfélagsins og náttúrulegra ferla, sbr. 3. kafla. Kostir þeirra eru þær að aðgerðir sem farið er í nýtast vel, burtséð frá því hversu mikil áhrif loftslagsbreytinga verða í raun og veru. Kostnaður og fjárfesting við grænar og mildar lausnir er einnig almennt minni en við gráar lausnir (Birna Björk Árnadóttir, 2015; European Environment Agency, 2013).



Mynd 4.1: Skúta siglir við strendur Reykjavíkur með Esjuna í baksýn.

4.1 Hækkun yfirborðs sjávar

Hættan sem fylgir hækkandi yfirborði sjávar er tíðari sjávarflóð.

Þau svæði sem eru viðkvæm fyrir hækkun yfirborðs sjávar eru kortlögð í umhverfisskýrslu með Aðalskipulagi Reykjavíkur 2010-2030. Þar er kort sem sýnir flóðasvæði með 100 ára endurkomutíma eða 4 m sjávarflóð. Í A-hluta aðalskipulagsins kemur fram að lagt er til að á skipulagstímabilinu verði unnið að frekari kortlagningu náttúruvár. Tekið er fram að á þróunarsvæðum við sjávarsíðuna þurfi að huga að vörnum vegna hækkandi sjávarstöðu, en þau svæði eru ekki afmörkuð.

Í B-hluta aðalskipulagsins, þar sem fjallað er um skipulag borgahlutanna Vesturbæjar, Miðbæjar og Vatnsmýrar, er fjallað stuttlega um flóðahættu. Bent er á að skilgreina þurfi mótvægisáðgerðir til að draga úr hættu í kjölfar sjávarflóða með 100 ára endurkomutíma. Í umfjöllun um Vesturbæ kemur fram að tryggja þurfi sjóvarnir við Ánanaust og vakta svæði m.t.t. hækkunar sjávarborðs. Svæðin eru ekki sýnd á kortum af borgarhlutum og hafa ekki enn verið afmörkuð. Í aðalskipulaginu eru ekki settir fram sérstakir skilmálar fyrir þessi vásvæði.

Í deiliskipulagi fyrir hafnarsvæðin er hugað að lágmarks gólfkóta jarðhæða á byggingareitum, frá 3,5-5 m þar sem kóti fer almennt hækkandi nær sjónum. Er þetta gert vegna flóðahættu frá sjó (Reykjavíkurborg, 2006).

Í nýlegu deiliskipulagi fyrir sjóvarnargarð meðfram Eiðsgranda og Ánanaust er gert ráð fyrir að hæð garðsins sé frá 5,45 - 6,4 m (Reykjavíkurborg, 2016a).

Í deiliskipulagi fyrir Vogabyggð er vísað í umhverfisskýrslu aðalskipulags þar sem hluti af svæðinu undir byggðina er á áhrifasvæði sjávarflóða. Er brugðist við því með hækkun alls lands í a.m.k. 5 m yfir sjávarmáli (Reykjavíkurborg, 2017).



Mynd 4.2: Ægissíðan, byggð í nálægð við strandlínuna.

4.2 Úrkoma og flóð

Mesta hættan vegna úrkomu eru flóð í ám sem flæða yfir göngustíga og útivistarsvæði. Þá er hættu á sumum stöðum að flæði upp úr niðurföllum en sérstök hættu fylgir þeim svæðum þar sem skólpi og regnvatni er blandað saman í lögnum svo skólplandað vatn getur borist á yfirborð.

Manntjón eða verulegt tjón á mannvirkjum vegna flóða í ám borgarinnar er óþekkt. Flóðasvæði við ár borgarinnar hafa ekki verið kortlögð og engin hættusvæði skilgreind við þær. Þekkt er að Bugða flæðir yfir bakka sína og er fjallað um það í aðalskipulagi (Reykjavíkurborg, 2013).

Flæði í Elliðaám er að ákveðnu leyti handstýrt með stíflumannvirkjum og er vatni aðeins safnað í miðlunarlón yfir vetrarmánuðina. Stíflan og önnur mannvirki sem tengjast virkjunarstarfsemi á svæðinu eru á

ábyrgð Orkuveitu Reykjavíkur sem sér um rekstur og viðhald. Ekki er lengur framleitt rafmagn í Elliðaárstöð (Reykjavíkurborg, 2016d).

Hafin er mótun skipulags fyrir byggð við Leirtjörn sem er fyrir ofan Skyggnisbraut í Úlfarsárdal. Lítið er í raun vitað um vatnið í tjörninni og hver áhrif byggðar muni verða á það. Vandamál varðandi tjörnina hafa komið upp þar sem vatnsmagn og yfirborð er mjög óstöðugt. Tjörnir þornar stundum alveg upp og þá er hættu á moldarfoki. Tilraunir hafa verið gerðar til að hækka afrennsli úr tjörninni og sett hefur verið grófara efni í botninn til að minnka fok. Það er þó skammgóður vermir þar sem fínni setefni setjast alltaf ofan á með tímanum. Skoða þarf betur hvernig leiða mætti vatn í tjörnina svo hún þorni ekki, en auk þess þarf að tryggja að vatn flæði ekki úr henni, né valdi tjóni í fyrirhugaðri byggð.

Borið hefur á því að rafmagnstöflur, tölvukerfi, stjórnbúnaður og annar viðkvæmur búnaður sé staðsettur í kjöllurum bygginga þar sem hættu er á að flæði inn í og búnaðurinn skemmist. Starfsfólk Veitna hefur gjarnan gert athugasemdir þegar rafmagnstöflur og inntök eru staðsett neðanjarðar án þess að gætt sé að flóttaleiðum eða flóðahættu.

Í Aðalskipulagi Reykjavíkur 2010-2030 kemur fram sú stefna að leggja skuli tvöfalt kerfi fráveitu í nýjum hverfum og að við endurnýjun lagna í eldri hverfum skuli huga að aðskilnaði ofanvatns og skólps. Þá er lögð áhersla á sjálfbærar eða blágrænar ofanvatnslausnir í aðalskipulaginu en ekki er farið nánar út í hvað í þeim felst.

Blágrænar ofanvatnslausnir eru að ryðja sér til rúms í deiliskipulagsáætlunum borgarinnar, t.d. í fyrrnefndu deiliskipulagi fyrir Vogabyggð. Þar eru settar kvaðir um meðhöndlun ofanvatns innan lóða (og á ábyrgð lóðarhafa) og meðhöndlun utan lóða (á götum og almenningsrýmum sem eru á ábyrgð Reykjavíkurborgar). Þar er stutt í viðtaka, þ.e. út í sjó. og gert er ráð fyrir að ofanvatn endi þar (Reykjavíkurborg, 2017). Í deiliskipulagi fyrir Sturlugötu 2, Vísindagarða

Háskóla Íslands í Vatnsmýri, eru kvaðir um leiðslu ofanvatns niður í jarðveginn til verndar mýrinni (Reykjavíkurborg, 2016b).

Kvaðir eru ekki skýrar í þessum deiliskipulagsáætlunum, né skilmálar um útfærslur. Ekki hefur heldur verið skilgreint stærra samhengi fyrir blágrænu ofanvatnslausnirnar, s.s. stærri viðtakar og rennislísiðir, né áhrif metin á grunnvatnsstöðu og -strauma.

Reykjavíkurborg og Veitur vinna nú sameiginlega að markvissri innleiðingu blágrænna ofanvatnslausna í Reykjavíkur. Stofnaður hefur verið vinnuhópur með lykilmálum innan Reykjavíkurborgar og Veitna sem vinnur að því að skipuleggja þessa innleiðingu.



Mynd 4.3: Elliðaár á sumardeg.

4.3 Ofsaveður og fárviðri

Ekki eru til sértæk gögn um áhrif loftslagsbreytinga á vindafar á Íslandi. Vísindanefnd umhverfisráðuneytisins vinnur að endurskoðun á áhrifum loftslagsbreytinga á Íslandi. Áætlað er að vísindanefndin gefi út uppfærða skýrslu í lok árs 2017 (Halldór Björnsson, 2017). Þar kunna að verða kynnt frekari gögn í þessu sambandi.

4.4 Lífríki og gróðurfar

Borgin hefur sett sér stefnu og aðgerðaáætlun um líffræðilegan fjölbreytileika. Þar er m.a. farið yfir aðgerðir gegn útbreiðslu ágengra tegunda og aðgerðir til að greina áhrif loftslagsbreytinga á líffræðilegan fjölbreytileika (umhverfis- og skipulagssvið Reykjavíkur, 2017).

Komið hafa upp tilfelli um mink í Elliðaárdalnum og er honum þar markvisst eytt. Þar er einnig að finna fjölda kanína og er fylgst með fjölgun þeirra þar og í borgarlandinu öllu (Reykjavíkurborg, 2016 b).



Mynd 4.4: Friðland í Vatnsmýri.

4.5 Samstarfsaðilar

Aðgerðir til aðlögunar að loftslagsbreytingum eru í sífelldri þróun og til að innleiðing þeirra gangi sem skyldi, þarf að fá ýmsa aðila að borðinu. Þverfaglegt samstarf er mikilvægt svo hægt sé að átta sig betur á áhrifunum og mögulegum hættum og bregðast skjótt við. Áhrifa loftslagsbreytinga mun gæta í borginni allri og koma til kasta fjölmarga aðila innan stjórnýslu borgarinnar þó með ólíkum hætti sé.

Við gerð þessarar skýrslu var haft samband við nokkra starfsmenn borgarinnar sem sjá um framkvæmdir og viðhald í borginni ásamt fagstjóra fráveitu Veitna. Farið var yfir hvort, hvar og hvernig þau hefðu orðið vör við hættu á tjóni vegna hækkandi sjávarstöðu eða vatnavaxta.

Einnig var rætt hvaða aðilar, stofnanir og skrifstofur borgarinnar bera ábyrgð á þeim þáttum sem kunna að verða fyrir áhrifum af loftslagsbreytingum og kalla þarf til samstarfs.

Næstu skref til að auka seiglu borgarinnar er að útbúa aðgerðaáætlun þar sem tekið er á helstu áhættuþáttum vegna loftslagsbreytinga í Reykjavík og lagðar fram aðgerðir til aðlögunar að þeim. Þessi greinargerð er forsenda þeirrar vinnu.

Hér er yfirlit yfir helstu aðila sem vinna að aðlögun vegna loftslagsbreytinga, eða hafa þar hlutverki að gegna. Búast má við að fleiri aðilar muni þurfa að koma að þessum verkefnum í framtíðinni.

Veitur

Dótturfyrirtæki Orkuveitu Reykjavíkur. Veitur reka fráveitukerfin í borginni sem þarf að aðlagða breyttu tíðarfari og hækkun á yfirborði sjávar. Þar er víðtæk þekking á þróun veitukerfa, meðal annars m.t.t. grænna lausna í takt við þá hugmyndafræði sem verið er að þróa í borgum víða um heim.

Umhverfis- og skipulagssvið (USK)

Sviðið ber ábyrgð á skipulagsmálum borgarinnar, rekstri og umhirðu, framkvæmdum og viðhaldi. Í skipulagi er mótuð langtímasýn sem felur í sér viðbúnað við loftslagsbreytingum. Afar mikilvægt er að nýta reynslu starfsfólks sviðsins við að leiðbeina um það hvernig ákjósanlegast er að leggja línur í aðal- og deiliskipulagsáætlunum Reykjavíkurborgar. Notkun skipulagsáætlana er ein markvissasta leiðin til að bregðast við helstu áhættuþáttum vegna loftslagsbreytinga.

Skrifstofa reksturs og umhirðu (SRU)

Skrifstofan sér um daglegan rekstur og umhirðu í borgalandinu og starfsfólk hennar er með þeim fyrstu sem þurfa að takast á við breytingar vegna breyttra aðstæðna. Starfsfólk SRU þarf að bregðast við fyrst þegar upp koma hvers konar vandamál tengd veðurfari eða vatnavöxtum. Starfsfólk hverfastöðva gegnir lykilhlutverki í skráningu og eftirliti með breytingum í sínu nærumhverfi.

Skrifstofa framkvæmda og viðhalds (SFV)

Skrifstofan ber ábyrgð á öllum verklegum framkvæmdum og viðhaldi sem tengist húseignum, samgöngumannvirkjum og opnum svæðum, í samstarfi við skrifstofu eigna og atvinnuþróunar (SEA) og aðrar deildir á umhverfis- og skipulagssviði (USK). Starfsfólk SFV býr yfir þekkingu og reynslu til að takast á við ýmis vandamál sem þegar hafa komið upp.

Skrifstofa umhverfisgæða (SUG)

Skrifstofan sinnir umhverfis- og náttúruvernd, vinnur að umhverfis- og úrgangsstjórnun í borginni og umhverfisstjórnun í eigin rekstri borgarinnar. Einnig er þar unnin stefnumörkun og undirbúningur fyrir gróðurval og framkvæmdir á grænum svæðum borgarinnar, kortlagning á ágengum tegundum ásamt stefnumörkun um líffræðilegan fjölbreytileika. Grasagarður, Vinnuskóli Reykjavíkur, sorphirða Reykjavíkurborgar og meindýravarnir heyra undir skrifstofuna.

Loftslagsteymi

Í skýrslu starfshóps um aðlögun vegna loftslagsbreytinga sem unnin var fyrir Reykjavíkurborg er lögð fram tillaga um loftslagsteymi. Teymið væri þverfaglegt og skipað fulltrúum allra fagsviða borgarinnar, fulltrúa Orkuveitu Reykjavíkur og Veðurstofu Íslands. Teymið myndi hittast með reglubundum hætti og vinna að aðgerðaáætlun um aðlögun að loftslagsbreytingum og minnkun á útblæstri gróðurhúsalofttegunda (Reykjavíkurborg, 2015).

Samsetning slíks teymis myndi tryggja frekari innleiðingu aðgerða til aðlögunar og væri kjörinn vettvangur til að fara yfir nýjar áskoranir.

Aðrir aðilar sem gott væri að fá að borðinu

Faxaflóahafnir reka hafnir í Reykjavík og nágrenni. Starfsfólk hafnanna býr yfir þekkingu á hafnarmannvirkjum og aðstæðum sem skapast getur á hafnarsvæðum vegna veðurfars og hækkunar sjávar, s.s. við ágang sjávar.

Hjá **Veðurstofu Íslands** starfa sérfræðingar í loftslagsbreytingum. Veðurstofan hefur einnig það hlutverk að meta hættu á ofanflóðum í byggð.

Almannavarnanefnd höfuðborgarsvæðisins, en aðild að henni eiga auk Reykjavíkurborgar, Garðabær, Hafnarfjarðarkaupstaður, Kópavogsbær, Kjósarhreppur, Mosfellsbær og Seltjarnarnesbær. Nefndin er skipuð framkvæmdastjórum aðildarsveitarfélaganna auk eins kjörins fulltrúa frá hverju þeirra. Þá sitja í henni lögreglustjórinn á höfuðborgarsvæðinu og slökkviliðsstjóri höfuðborgarsvæðisins, sem jafnframt er framkvæmdastjóri nefndarinnar. Nefndin er góður tengiliður við viðbragðsaðila vegna neyðartilfella en mikilvægt er að fá nefndina til samstarfs vegna viðbragðsáætlana við náttúruvá og hamförum.

Útgáfunúmer Alta: A1239-011-U02

HEIMILDASKRÁ

- Almannavarnanefnd höfuðborgarsvæðisins. (2011). *Áhættumat fyrir höfuðborgarsvæðið 2011*. Reykjavík: Lögreglustjórn á höfuðborgarsvæðinu.
- Alta. (2016). *Blágrænar ofanvatnslausnir. Innleiðing við íslenskar aðstæður*. Reykjavík: Alta.
- Ásdís Jónsdóttir (Ritstj.). (2012). *Adapting to Climate Change in Iceland. CoastAdapt report*. Reykjavík: Institute for Sustainability Studies, University of Iceland.
- Ásta Ósk Hlöðversdóttir. (2010). *Impacts of Climate Change on Wastewater Systems in Reykjavík*. Reykjavík: Háskóli Íslands.
- Birna Björk Árnadóttir. (2015). *Hvernig er hægt að bregðast við loftslagsbreytingum með skipulagsgerð?* Reykjavík: Líf- og umhverfisvísindadeild Háskóla Íslands.
- Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S. Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer and A.S. Unnikrishnan, 2013: Sea Level Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- City of Copenhagen. (2011). *Copenhagen Climate Adaptation Plan*. Kaupmannahöfn: City of Copenhagen.
- Efla. (2015). *Flóðavarnir fyrir Kvosina*. Reykjavík: Viðlagatrygging Íslands; Faxaflóahafnir; Orkuveita Reykjavíkur; Slökkvilið höfuðborgarsvæðisins; Reykjavíkurborg.
- European Environment Agency. (2013). *Adaptation in Europe: Addressing risks and opportunities from climate change*. Kaupmannahöfn. doi:10.2800/50924
- Fjarhitun hf. (1992). *Skipulags- og byggingarreglur á lágsvæðum þar sem hætta er á flóðum. 1. áfangi*. Reykjavík: Skipulag ríkisins.
- Fjarhitun hf. (1995). *Lágsvæði - 2. áfangi*. Reykjavík: Vita- og hafnamálastofnun; Skipulag ríkisins; Viðlagatrygging Íslands.
- Grétar Már Hreggviðsson. (2010). *Áhrif hækkunar sjávar á fráveitukerfi*. Reykjavík: Háskólinn í Reykjavík.
- Guðmundur Valsson. (2017). Tölvupóstur til Gunnars hjá Alta, dags. 2. júní.
- Halldór Björnsson. (2017). Tölvupóstur til hjá Alta, dags. 1. mars.
- Halldór Björnsson, Árný E. Sveinbjörnsdóttir, Anna K. Daníelsdóttir, Árni Snorrason, Bjarni D. Sigurðsson, Einar Sveinbjörnsson, Gísli Viggósson, Jóhann Sigurjónsson, Snorri Baldursson, Sólveig Þorvaldsdóttir og Trausti Jónsson. (2008). *Hnatrænar loftslagsbreytingar – Skýrsla vísindanefndar um loftslagsbreytingar*. Reykjavík: Umhverfisráðuneytið.
- Halldór Björnsson; Tómas Jóhannesson. (3. maí 2013). *Hvaða áhrif hafa loftslagsbreytingar á sjávarstöðu?* Sótt 15. júní 2017 frá Vísindavefurinn: <http://visindavefur.is/svar.php?id=56366>
- Jónas Elíasson (1996). *Probability of tidal surge levels in Reykjavík, Iceland*. Journal of Coastal Research, 368-374.

- MacAdam, J. (2012). *Green Infrastructure for Southwestern Neighborhoods*. (T. Syracuse, J. DeRoussel, & K. Roach, Ritstj.) Tucson: Watershed Management Group.
- Matthías Ásgeir Jónsson, Tandri Gauksson og Halldór Björnsson (2017). *Öfgagreining á flóðhæðum í Reykjavík og á Patreksfirði: Prófun á þröskuldsaðferð og samlíkum*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands. VÍ 2017-003. ISSN 1670-8261.
- National Weather Service (á.á.). *Tsunami Locations & Occurrences*. Sótt 24. ágúst 2017 frá NWS JetStream: <http://www.srh.noaa.gov/jetstream/tsunami/locations.html>
- Náttúrufræðistofnun Íslands (2016). *Ársskýrsla 2015*. Náttúrufræðistofnun Íslands. Sótt 19. júlí 2017 frá http://utgafa.ni.is/Arsskyrslur/NI_Arsskyrsla_2015.pdf
- Neves A., Blondel L., Brand K., Hendel Blackford S., Rivas Calvete S., Iancu A., Melica G., Koffi Lefeivre B., Zancanella P., Kona A. (2016). *The Covenant of Mayors for Climate and Energy Reporting Guidelines*. European Union. doi:10.2790/586693
- Nordh, H. H. (2009). *Components of small urban parks that predict the possibility for restoration*. Urban Forestry and Urban Greening, 8(4), 225-235.
- Reykjavíkurborg (2003). *Deiliskipulag fyrir Norðlingaholt*, samþ. 11. apríl 2003.
- Reykjavíkurborg (2006). *Austurhöfn, tónlistarhús, ráðstefnumiðstöð og hótél*. Deiliskipulag, samþ. 18. maí 2006 og breyting á greinargerð 15. nóv. 2006.
- Reykjavíkurborg (2008). *Úlfarsárdalur. Deiliskipulag á útivistarsvæði*, samþ. 5.júní 2008 m.s.br.
- Reykjavíkurborg (2013). *Aðalskipulag Reykjavíkur 2010-2030*. Aðalskipulagið tók gildi þann 26. febrúar 2014 með birtingu í B-deild Stjórnartíðinda.
- Reykjavíkurborg (2015). *Skýrsla starfshóps um aðlögun vegna loftslagsbreytinga*. Sótt frá http://reykjavik.is/sites/default/files/ymis_skjol/skjol_utgefid_efni/skyrsla_starfshops_um_adlogun_vegna_loftslagsbreytinga_24.nov.pdf
- Reykjavíkurborg (2016 a). *Deiliskipulag Eiðsgrandi - Ánanaust. Strandgarður*, samþ. 16. mars 2017.
- Reykjavíkurborg (2016 b). *Deiliskipulag Vísindagarða Háskóla Íslands*, samþ. 10. nóv. 2016.
- Reykjavíkurborg (2016 c). *Loftslagsstefna Reykjavíkurborgar. Markmið um kolefnishlutleysi og aðlögun að loftslagsbreytingum ásamt aðgerðaráætlun til ársins 2020*.
- Reykjavíkurborg (2016 d). *Sjálfbær Elliðaárdalur - Stefna Reykjavíkur. Lokaskýrsla starfshóps*. Reykjavíkurborg.
- Reykjavíkurborg (2017). *Deiliskipulag Vogabyggðar, svæði 2*, samþ. 9. feb. 2017.
- RÚV (18. febrúar 2017). *Óttast um öryggi barna í Norðlingaholti*. Sótt 13. júlí 2017 frá RÚV: <http://www.ruv.is/frett/ottast-um-oryggi-barna-i-nordlingaholti>
- Samorka (2010). *Fráveituhandbók Samorku*. Reykjavík: Samorka. Sótt frá <http://www.samorka.is/wp-content/uploads/2016/06/FR%C3%81V/EITUHANDB%C3%93K.pdf>
- Samtök sveitarfélaga á höfuðborgarsvæðinu (2015). *Höfuðborgarsvæðið 2040*.

- Sveinn Óli Pálmarsson (2017). Tölvupóstur til Gunnars hjá Alta, dags. 23. maí 2017.
- The mayors of the Nordic capitals (2015). *Nordic Capitals' Declaration on Climate Change*. Issued ahead of the COP21 in Paris 2015.
- Trausti Jónsson (21. nóvember 2007). *Nöfn vindstiga og greining veðurhæðar*. Sótt 3. ágúst 2017 frá Veðurstofu Íslands: <http://www.vedur.is/vedur/frodleikur/greinar/nr/1098>
- Ulrich, R. S. (1984). *View through a window may influence recovery from surgery*. *Science*, 224-225.
- Umhverfis- og auðlindaráðuneytið (5. maí 2017). *Aðgerðaáætlun í loftslagsmálum ýtt úr vör*. Sótt 15. júní 2017 frá Fréttasafni: <https://www.umhverfisraduneyti.is/frettir/adgerdaaetlun-i-loftslag-smalum-ytt-ur-vor>
- Umhverfis- og skipulagssvið Reykjavíkur (2017). *Líffræðileg fjölbreytni. Stefna Reykjavíkurborgar. Aðgerðaáætlun 2016-2026*. Reykjavíkurborg.
- Veðurstofa Íslands (2014). *Ofanflóðahættumat fyrir Kjalarnes neðan Esjuhlíða. Greinargerð með hættumatskort*. Reykjavík: Veðurstofa Íslands.
- Verkfræðistofnun Háskóla Íslands (22. apríl 1996). *1M5 Meðalúrkomukort fyrir Reykjavík, Garðabæ, Seltjarnarnes, Kópavog og Hafnarfjörð*.
- Vísir (7. júlí 2017). *Lúsmýi hefur fjölgað í ár*. Sótt frá visir.is: <http://www.visir.is/g/2017170709153/lusmyi-hefur-fjolgad-i-ar->
- VSÓ ráðgjöf (2016). *Hækkuð sjávarstaða á höfuðborgarsvæðinu - Áhrif og aðgerðir*. Reykjavík: Skipulagsstofnun.