



Loftslagsbreytingar og vegagerð

Tillögur um aðgerðir til aðlögunar



Titill: Loftslagsbreytingar og vegagerð
Tillögur um aðgerðir til aðlögunar

Verkefnisstjóri: Skúli Þórðarson, Dr.ing.
Vegsýn ehf
Reykjavíkurvegur 60
220 Hafnarfjörður
Sími: 562 0600 / 846 7253
skuli@vegsyn.is

Forsíðumynd: Vatnsskarð eystra, Borgarfjarðarvegur (94)

Samantekt

Verkefnið um veðurfarsaðlögun í starfsemi Vegagerðarinnar hófst með undirbúningsvinnu og gagnaöflun í ársbyrjun 2008. Áður útgefnar áfangaskýrslur eru:

- Vegsýn, 2009. Loftslagsbreytingar og vegagerð – *Undirbúningur vegna veðurfarsaðlögunar í starfsemi Vegagerðarinnar.*
- Vegsýn og Veðurvaktin, 2010: Loftslagsbreytingar og vegagerð – *Veðurfarsaðlögun í starfsemi Vegagerðarinnar.*

Þetta er lokaskýrsla frá verkefninu og er viðbót við áður útgefnar skýrslur. Tilgangur skýrslunnar er að benda á brýnustu atriði er varða aðlögun Vegagerðarinnar að loftslagsbreytingum í nánustu framtíð, og að gefa yfirlit yfir ýmsar aðferðir og verkfæri sem nýtast í þessum tilgangi.

Tillaga að stefnumörkun fyrir Vegagerðina um aðlögun að loftslagsbreytingum

Til þess að tryggja að uppbygging og rekstur vegakerfisins taki mið af áhrifum loftslagsbreytinga mun Vegagerðin:

- stuðla að aukinni þekkingu starfsmanna á áhrifum veðurs og veðurtengdra þátta á vegakerfið, ásamt þekkingu á loftslagsbreytingum
- sinna vöktun og skráningu á áhrifum veðurtengdra atburða á vegakerfið og rekstur þess
- viðhafa áhættustýringu vegna veðurtengdra atburða sem miðast við að koma í veg fyrir óæskilega atburði eða að draga úr neikvæðum afleiðingum þeirra
- sjá til þess að hugsanlegar uppfærslur á hönnunarforsendum og rekstrarþáttum sem loftslagsbreytingar kunna að kalla á skili sér í staðla og leiðbeiningar
- taka þátt í og stuðla að samvinnu meðal annarra hagsmunaaðila um loftslagsbreytingar

Í skýrslunni er gerð tillaga að verkefni sem Vegagerðin þarf að setja í forgang:

Gagnagrunnur um frávik

- Lagt er til að vegagerðin hefji skipulega skráningu á skemmdum og frávikum í rekstri vegakerfisins vegna úrkomu, flóða, sjógangs og skriðufalla. Með frávikum er t.d. átt við atburði eins og flóð yfir veg vegna ræsa sem ekki anna rennsli, hrun úr fláum og fyllingum vegna vatnsrofs, vatnsrof við brýr, og skemmdir á slitlagi yfir ræsum vegna vatns sem rennur inn í vegfyllingu o.fl.

Jafnframt er stutt yfirlit yfir stöðu annarra málaflokka, en fyrir tæmandi yfirlit yfir þau atriði sem meðhöndluð hafa verið og gefa þarf gaum í framtíðinni er bent á áfangaskýrslu sem gefin var út 2010.

Í síðari hluta skýrslunnar er stutt yfirlit yfir nýjustu niðurstöður erlendra verkefna, sem hafa meðal annars að geyma ýmsar aðferðir og verkfæri sem þróuð hafa verið vegna aðlögunar veghaldara að loftslagsbreytingum.

Efnisyfirlit

Samantekt	3
Hluti 1 – Aðlögun Vegagerðarinnar.....	5
1 Inngangur	5
1.1 Bakgrunnur	5
1.2 Markmið.....	5
1.3 Vinna við aðlögun hjá Vegagerðinni	5
2 Aðlögun að loftslagsbreytingum.....	6
2.1 Hvað felur aðlögun í sér?	6
2.2 Þekkingargrunnur.....	6
2.3 Aðferðafræði	7
2.4 Tímahugtakið	8
2.5 Kostnaðargreining.....	9
2.6 „Sjálfsagðar aðgerðir“	9
3 Stefna um aðlögun að loftslagsbreytingum.....	10
4 Tillögur til aðgerða	11
4.1 Inngangur	11
4.2 Forgangsverkefni	11
4.3 Staða annarra áhersluflokka	12
5 Þakkarorð.....	15
Hluti 2 – Aðlögun í nágrennalöndum	16
6 Inngangur	16
7 Yfirlit yfir úrval verkfæra og leiðbeininga um aðlögun vegagerðar að loftslagsbreytingum ...	16
7.1 Verkefni CEDR.....	16
7.2 Statens vegvesen: Klima og transport.....	17
7.3 ERA Net Road	18

Hluti 1 – Aðlögun Vegagerðarinnar

1 Inngangur

1.1 Bakgrunnur

Loftslagsbreytingar munu hafa áhrif í starfsemi Vegagerðarinnar á næstu árum og áratugum. Á einhverjum sviðum koma þessar breytingar til með að hafa jákvæð áhrif og leiða til lægri rekstrar- og viðhaldskostnaðar en á öðrum sviðum geta þessar breytingar haft neikvæð áhrif og aukinn kostnað í för með sér. Hugtakið „aðlögun að loftslagsbreytingum“ hefur verið mikið í umræðunni í nágrannalöndunum, en víða hafa stjórnvöld haft frumkvæði að því að áætlanir um aðlögun hafa verið gerðar. Vísindanefnd Umhverfisstofnunar Íslands skilaði skýrslu um loftslagsbreytingar árið 2008 þar sem m.a. er mælt með því að heildstæðri stefnumörkun um aðlögun að loftslagsbreytingum á Íslandi verði fundinn farvegur til þess að tryggja viðhald og samþættingu, skýrari ábyrgð og samþættingu aðferðafræði. Þar var lagt til að stofnsettur verði sérstakur vinnuhópur til þess að gera tillögu að því hvernig innleiða megi áhættustýringu vegna náttúruvár og loftslagsbreytinga. Í tilfelli Vegagerðarinnar fellur aðlögun að loftslagsbreytingum eðlilega undir eitt af meginmarkmiðum hennar um *hagkvæma uppbyggingu og rekstur vegakerfisins*.

1.2 Markmið

Þó að skýrslan sé lokaskýrsla fyrir verkefnið Loftslagsbreytingar og Vegagerð er hún ekki tæmandi þar sem ekki er fjallað aftur um allar þær forsendur og atriði sem tekin eru fyrir í áfangaskýrslu frá apríl 2010.

- Tilgangur skýrslunnar er að benda á brýnustu atriði er varða aðlögun Vegagerðarinnar að loftslagsbreytingum í nánustu framtíð, og að gefa yfirlit yfir ýmsar aðferðir og verkfæri sem nýtast í þessum tilgangi.

Þessari skýrslu er skipt upp í tvo hluta. Í fyrri hluta skýrslunnar eru gerðar tillögur til Vegagerðarinnar um stefnu í aðlögunarmálum og um vöktunaraðgerðir sem æskilegt er að hrinda í framkvæmd. Tillögurnar eru settar fram á grundvelli skoðunar á aðstæðum hjá Vegagerðinni og líklegum áhrifum loftslagsbreytinga á Íslandi, með hliðsjón af tilsvarendi aðgerðum í nágrannalöndum. Þá er í síðari hluta skýrslunnar gefið yfirlit yfir niðurstöður úr þróunarvinnu erlendis, sem gagnlegt getur verið að hafa til hliðsjónar við aðlögunarvinnuna.

1.3 Vinna við aðlögun hjá Vegagerðinni

Verkefnið um veðurfarsaðlögun í starfsemi Vegagerðarinnar hófst með undirbúningsvinnu og gagnaöflun í ársbyrjun 2008. Tekið var saman yfirlit yfir líklegar loftslagsbreytingar á Íslandi og fjallað lauslega um þá þætti í rekstri Vegagerðarinnar þar sem huga þarf að aðlögun ásamt því að tekið var yfirlit yfir helstu verkefni í nágrannalöndunum á þessu sviði. Afrakstur þessarar undirbúningsvinnu er að finna í skýrslu frá því í apríl 2009:

- *Vegsýn, 2009. Loftslagsbreytingar og vegagerð – Undirbúningur vegna veðurfarsaðlögunar í starfsemi Vegagerðarinnar.*

Í verkáfangna 2009 var skipaður hópur tengiliða hjá Vegagerðinni sem var Vegsýn til ráðgjafar um verklag og aðferðir innan Vegagerðarinnar. Skilgreindir voru áhersluflokkar í starfsemi Vegagerðarinnar og lagt var mat á líkleg áhrif loftslagsbreytinga innan þessara flokka. Þá var lýst núverandi aðferðum hjá Vegagerðinni sem tengja hönnunar- og rekstrarþætti við upplýsingar um veður og veðurfar. Tekin voru saman þau atriði huga þarf að vegna vöktunar loftslagsbreytinga og gerð drög að tillögum um frekari skoðun á ákveðnum atriðum. Þessari vinnu er lýst í skýrslu frá því í apríl 2010:

- Vegsýn og Veðurvaktin, 2010: *Loftslagsbreytingar og vegagerð – Veðurfarsaðlögun í starfsemi Vegagerðarinnar.*

Vinna við þetta verkefni lá að mestu niðri árin 2010 til 2011 og engin áfangaskýrsla var þá gefin út, en á þessum tíma starfaði verkefnisstjóri fyrir norsku vegagerðina við loftslagsbreytingaverkefni þeirra, Klima og Transport, og við gerð skýrslu um aðlögun að loftslagsbreytingum fyrir CEDR, samtök vegamálastjóra í Evrópu.

2 Aðlögun að loftslagsbreytingum

2.1 Hvað felur aðlögun í sér?

Aðlögun að loftslagsbreytingum fjallar ekki eingöngu um virkar aðgerðir og breytingar á t.d. hönnunarforsendum og viðhaldsrútnum. Hún fjallar um viðbrögð við upplýsingum um breytt veðurfar í víðu samhengi. Í þeim skilningi hefur aðlögunarferlið hvorki upphaf né endi og fjallar í raun um að innleiða aukna árvekni inn í reglubundna starfsemi Vegagerðarinnar við bygginu og rekstur vegakerfisins. Dæmi um þetta eru aðgerðir Vegagerðarinnar til þess að bregðast við jöklabreytingum allt aftur til miðrar síðustu aldar sem unnar hafa verið sem eðlilegur hluti af uppbygginu vegakerfisins.

Sem liður í aðlöguninni er nauðsynlegt að Vegagerðin hafi yfirsýn yfir hvaða áhrif loftslagsbreytingar geta haft á skipulag, hönnun, rekstur og þjónustu á vegakerfinu. Loftslagsbreytingarnar og áhrif þeirra eru hægfara og aðlögunin ætti þannig einnig að vera hægfara. Á hinn bóginn, til þess að geta á sem bestan hátt metið áhrif loftslagsbreytinganna á vegakerfið getur verið nauðsynlegt að grípa til ákveðinna aðgerða sem lúta að vöktun og skráningu strax, svo að vel megi fylgjast með áhrifum hægfara breytinga og grípa til aðgerða þegar þörf krefur.

2.2 Þekkingargrunnur

Traustur þekkingargrunnur veghaldarans um loftslagsbreytingar (e. knowledge base) er grundvöllur fyrir því að unnt sé að takast á við loftslagsbreytingar á markvissan hátt. Í skýrslu CEDR er fjallað um þennan þekkingargrunn. Auk hefðbundinnar þekkingar á sérsviði Vegagerðarinnar þarf góðan aðgang að viðeigandi gögnum sem tengjast öðrum fagsviðum svo sem veður- og vatnafræði, þar með taldar nýjustu upplýsingar um umfang loftslagsbreytinga á Íslandi. Hluti af þessum grunni er góð mæligögn frá veðurstöðvum, sérstaklega eru mælingar á skammtímaúrkomu mikilvægar en því miður eru slíkar stöðvar á Íslandi fáar. Rennslismælingar eru einnig mikilvægur hluti af þessum gögnum. Kortagrunnar yfir ýmsa þætti, sem eru tiltækir á GIS formi koma einnig við sögu, svo sem kort yfir hættu á skriðuföllum, flóða- og úrkomukort og þess háttar.

Veghaldarinn sjálfur er í bestri aðstöðu til þess að útbúa einn mikilvægasta þátt þekkingargrunnsins, en það eru gagnagrunnar yfir atburði sem ógna vegakerfinu, t.d. upplýsingar um lokanir vegna flóða

og skriðufalla og skemmda á vegakerfinu vegna veðurtengdra atburða. Að síðustu eru aðferðir til þess að meta og bera saman kostnað vegna aðlögunaraðgerða sem draga úr líkum á tjóni og hugsanlegan kostnað vegna atburða sem ekki er komið í veg fyrir (kostnaðar og ábatagreining).

Rannsóknir og þróun á sviði vegagerðar og loftslagsbreytinga styrkja þennan þekkingargrunn, en slíkum rannsóknum má í meginatriðum skipta í tvennt;

- Tæknileg athugun á áhrifum veðurs og veðurtengdra þátta á vegakerfið
- Áhættumat og áhættustýring ásamt kostnaðar og ábatagreiningu vegna aðlögunar¹

Flest þau verkefni sem unnin hafa verið í nágrennalöndum falla undir þessa flokka. Þannig hefur vinna við aðlögun leitt til aukinna rannsókna og þekkingar á flestum sviðum vegagerðar og þróuð hafa verið verkfæri og aðferðir til áhættumats og áhættustýringar.

Segja má að ein stærsta spurningin sem veghaldarar standi frammi fyrir núna sé hvernig staðið skuli að kostnaðar- og ábatagreiningunni.

2.3 Aðferðafræði

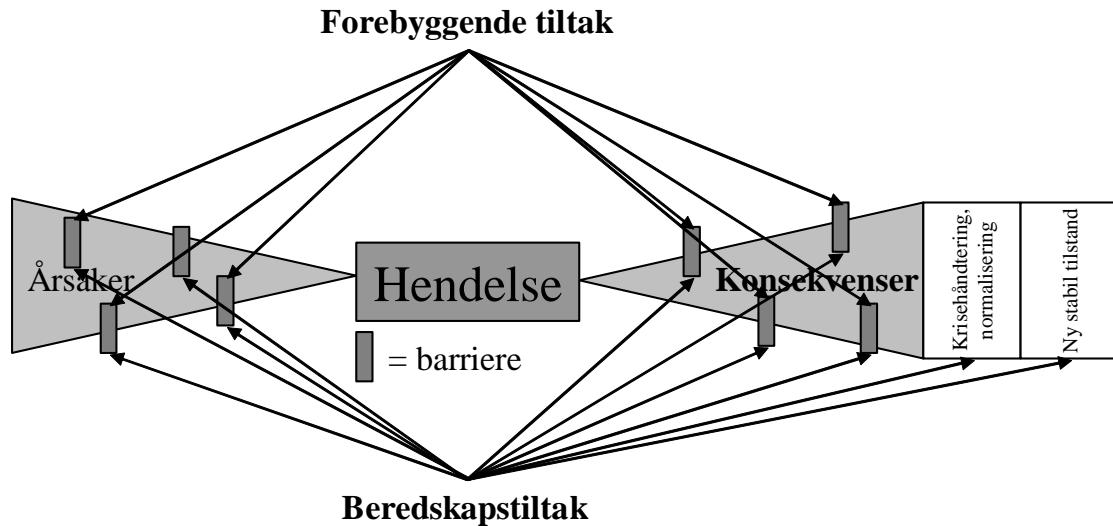
Óvissa um styrk og afköst mannvirkja og óvissa um veðurálag veldur því að oft getur reynst erfitt eða ómögulegt að meta áhættu með nægilegri nákvæmni svo að unnt sé að gera tölulegt hættumat og forgangsraða aðlögunaraðgerðum. Aðlögun getur einkum falist í tvenns konar nálgun. Í stað þess að fyrirbyggja óæskilegir atburðir vegna veðuráhrifa geti orðið er önnur nálgun sú að draga úr afleiðingum óæskilegru atburðs getur haft í för með sér. Dæmi um þetta er að styrkja fyrirfram veg á hjáleið til þess að þola tímabundna umferðaraukningu á meðan viðgerð á aðalleið fer fram í kjölfar tjóns.

Tvær nálganir:

- Koma í veg fyrir óæskilegan atburð með því að auka viðnám mannvirkis
- Draga úr afleiðingum óæskilegra atburða

Þessar nálganir eru í takt við hefðbundna aðferðafræði í áhættustýringu, en hana má setja skematískt upp líkt og á mynd 1.

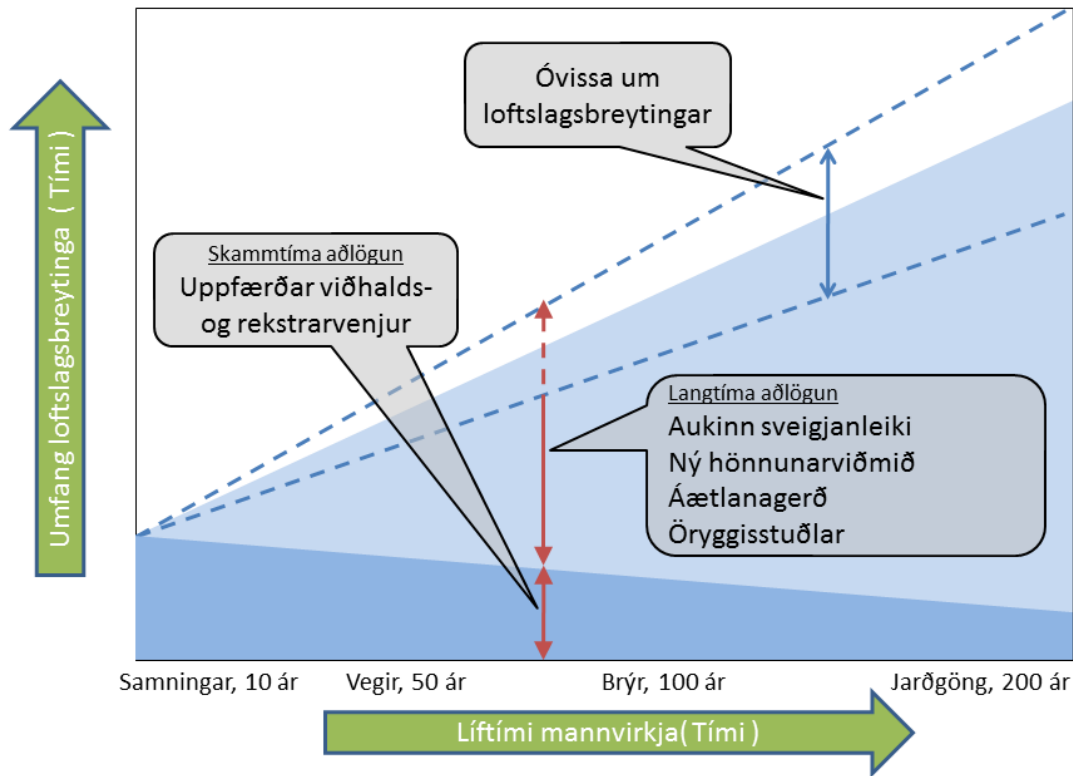
¹ Í seinni hluta skýrslunnar hér á eftir er bent á verkfæri frá norsku vegagerðinni annars vegar og ERA Net Road hins vegar, þar sem ítarlegar leiðbeiningar um áhættumat koma fram.



Mynd 1 Aðferðafræði til þess að draga úr heildaráhættu. Myndin sýnir aðdragandann að óæskilegum atburði (n. hendelse) vinstra megin og eftirköstin hægra megin. Annars vegar má draga úr líkum þess að atburður (n. hendelse) verði með því að ryðja orsökum (n. årsaker) úr vegi og hins vegar má grípa til aðgerða sem draga úr neikvæðum afleiðingum (n. konsekvenser) eftir að atburður hefur orðið. Ýmsum aðgerðum (n. Beredskapstiltak) er unnt að koma við fyrir og eftir atburð til þess að draga úr tjóni. (Heimild: Risiko- og sårbarhetsanalyser av bruer mht værrelaterete hendelser. VD rapport nr. 23. Klima og transport, Vegdirektoratet, mai 2011)

2.4 Tímahugtakið

Rétt er að mæta hægfara breytingum með hægfara aðlögun. Þetta er einkum mikilvægt þegar óvissa ríkir um umfang breytinganna og áhrif þeirra á vegakerfið. Aðlögun til skamms tíma getur verið fólgin í auknu eftirliti (sbr. skráningu á óæskilegum atburðum) og auknum viðhaldsaðgerðum. Alltaf verður þó að setja líftíma mannvirkja eða aðgerða í samhengi við tímakvarða loftslagsbreytinga. Við langlíf og dýr mannvirki svo sem brýr og jarðgöng getur því verið nauðsynlegt að taka ákvarðanir á fyrri stigum til þess að tryggja öryggi vegna fyrirsjáanlegra áhrifa loftslagsbreytinga, eða óvissu um þær, á líftíma mannvirkisins. Mynd 2 sýnir teikningu sem þýdd hefur verið upp úr skýrslu CEDR, en á henni er skýrt hvað felst í því að taka tillit til tímakvarðans.



Mynd 2 Samspil tímakvarða loftslagbreytinga og líftíma mannvirkja. Til skamms tíma getur aðlögun verið fölginn í hertum eftirlits og viðhaldsaðgerðum, en til lengri tíma litið getur langtímaaðlögun falist í róttækari breytingum.

2.5 Kostnaðargreining

Spurningin um hvenær breytinga er þörf er hins vegar ekki einföld en í flestum tilfellum þarf að fara fram kostnað og ábatagreining á því hvort kostnaður vegna veðurtengdra atburða er líklegur til að vera hærri en kostnaður vegna hugsanlegra afleiðinga. Að sjálfsögðu þarf einnig að hafa tölulegt mat á því hvaða líkur eru á því að tiltekinn atburður verði, og hvaða líkur eru á því að áhrif hans á vegakerfið hafi truflun eða tjón í för með sér. Tölulegt mat á áhættu er þá hægt að áætla sem margfeldi af líkum og afleiðingum (kostnaði). Þá vaknar einnig spurningin um hvernig skilgreina skal ásættanlega áhættu og þá er í raun komið inn á pólitíska ákvarðanatöku.

Í nýlegri meistararitgerð² við KTH í Stokkhólmi sem unnin var fyrir sænska Trafikverket er fjallað um aðferðir við kostnaðargreiningu á aðlögunaraðgerðum og tekin hagnýt dæmi um slíka útreikninga.

2.6 „Sjálfsagðar aðgerðir“

Í skýrslu CEDR er fjallað um *no-regret actions* sem e.t.v. getur útlagst sem „sjálfsagðar“ aðgerðir, sem lið í aðlögun að loftslagsbreytingum. Slíkar aðgerðir eru skilgreindar sem úrbætur sem munu

² Kerstin Alquist, 2012. Klimatanpassning av det svenska vägtransportssystemet. Examensarbete ved KTH, Institutionen för Samhällsplanering och miljö. Stockholm.

reynast vel óháð loftslagsbreytingum en eru engu að síður til þess fallnar að aðlaga vegakerfið og rekstur þess að loftslagsbreytingum.

- *Stytta „viðhaldshalann“*. Helsta dæmið um sjálfsagðar aðgerðir er að stytta „viðhaldshalann“ (e. maintenance backlog) , þ.e. að vinna upp safn viðhaldsaðgerða sem komnar eru á tíma. Staðreyndin er sú að mannvirki sem er vel við haldið og virkar eins og til er ætlast er í betra ástandi til þess að mæta veðurálagi.
- *Styrkja þekkingargrunninn*. Eykur öryggi í ákvarðanatöku vegna aðlögunar.
- *Betri almennur viðbúnaður*. Veðurfarið í dag er þegar krefjandi. Bættur viðbúnaður, innan ásættanlegra kostnaðarmarka, eykur öryggi vegfarenda og dregur úr líkum á skemmdum á mannvirkjum.
- *Uppfærðir samningar*. Aukin óvissa um hvers kyns aftök í veðri³ geta leitt til þess að skiptingu áhættu milli veghaldarans og verktaka þurfi að endurskoða. Þetta á t.d. sérstaklega við um viðhalds- og rekstrarsamninga með marksamningsformi.

3 Stefna um aðlögun að loftslagsbreytingum

Æskilegt er að Vegagerðin skilgreini ramma utan um það hvernig hún hyggst bregðast við loftslagsbreytingum. Slíkur rammi, eða stefna um aðlögun að loftslagsbreytingum þarf að taka mið af því að loftslagsbreytingar eru hægfara fyrirbæri og að stöðugt bætist við þekkingu um umfang og eðli breytinganna og áhrif þeirra. Engu að síður þurfa að vera til staðar mælanleg viðmið um það hvenær þörf er á því að grípa til aðgerða, hvort heldur sem er sérstakra greininga og gagnaöflunar eða beinna aðlögunaraðgerða eins og t.d. uppfærslu á hönnunarviðmiðum eða styrkingu núverandi mannvirkja. Skýr stefna í þessum málaflokki fellur undir eitt af meginmarkmiðunum sem skilgreind eru í gæðastefnu Vegagerðarinnar; *Hagkvæm uppbygging og rekstur vegakerfisins*.

Tillaga að stefnumörkun fyrir Vegagerðina um aðlögun að loftslagsbreytingum

Til þess að tryggja að uppbygging og rekstur vegakerfisins taki mið af áhrifum loftslagsbreytinga mun Vegagerðin:

- stuðla að aukinni þekkingu starfsmanna á áhrifum veðurs og veðurtengdra þátta á vegakerfið, ásamt þekkingu á loftslagsbreytingum
- sinna vöktun og skráningu á áhrifum veðurtengdra atburða á vegakerfið og rekstur þess
- viðhafa áhættustýringu vegna veðurtengdra atburða sem miðast við að koma í veg fyrir óæskilega atburði eða að draga úr neikvæðum afleiðingum þeirra
- sjá til þess að hugsanlegar uppfærslur á hönnunarforsendum og rekstrarþáttum sem loftslagsbreytingar kunna að kalla á skili sér í staðla og leiðbeiningar
- taka þátt í og stuðla að samvinnu meðal annarra hagsmunaaðila um loftslagsbreytingar

³ Hér er átt við skilgreiningu á einstökum aftakaveðrum og einnig breytt veðurfar umfram tímabundnar sveiflur.

4 Tillögur til aðgerða

4.1 Inngangur

Í áfangaskýrslu 2009 var starfsemi Vegagerðarinnar deilt upp í áherslu- eða þemaflokka með tilliti til loftslagsbreytinga. Þessir flokkar eru

1. Vetrarþjónusta
2. Uppbygging vega og slitlög
3. Ræsi og brýr
4. Vegir og mannvirki við strendur
5. Aðrir þættir í starfsemi Vegagerðarinnar

Í skýrslunni er fjallað er um áhrif veðurs og hugsanleg áhrif veðurfarsbreytinga þessa efnisflokka. Þá er gerð grein fyrir matsaðferðum og líkönnum sem Vegagerðin notar þegar tekið er tillit til veðurs, tilgreindar eru ýmsar rannsóknarspurningar og að síðustu eru gerðar tillögur að frekari athugunum á áhrifum veðurfarsbreytinga. Vísað er til þeirrar skýrslu um frekari útlistun á áherslumálum í þessum efnisflokkum og verða þau ekki öll endurtekin hér. Hér verða því aðeins birt þau atriði sem höfundur telur að falli undir forgangsaðgerðir sem brýnt er að hrinda í framkvæmd sem fyrst, auk þess að gerð er stuttlega grein fyrir stöðu efnisflokka.

Þeir þemaflokkar sem hér og nú eru ekki taldir gefa tilefni til beinna aðlögunar- eða undirbúningsaðgerða þurfa á engan hátt að vera „útskrifaðir“ fyrir fullt og allt. Sérstaklega á þetta við um hækkun sjávarstöðu sem líklega mun verða áskorun fyrir ákveðna kafla vegakerfisins í framtíðinni.

4.2 Forgangsverkefni

Óhætt er að segja að líkur á aukinni úrkomu sé helsta ógn sem stafar að íslenska vegakerfinu vegna loftslagsbreytinga. Úrkoma og flóð hafa mest áhrif í áhersluflokknum *Ræsi og brýr* en koma einnig við sögu varðandi *Uppbyggingu vega og slitlaga*. Ef tíðni stórra úrkomuatburða eykst, og sérstaklega ef úrkomutoppar verða stærri má búast við fleiri atburðum sem valda truflun og skemmdum á vegakerfinu og auka viðhaldsþörf. Til þess að geta fylgst með áhrifum úrkomu og flóða á vegakerfið þarf að skrásetja þessa atburði. Aðeins með því móti er unnt að taka afstöðu til þess síðar hvort truflanir og tjón séu að aukast, og það er einnig forsenda fyrir því að hægt sé að meta hvort þörf er á að breyta gildandi hönnunar- og viðhaldsforsendum.

Gagnagrunnur um frávik

- Lagt er til að vegagerðin hefji skipulega skráningu á skemmdum og frávikum í rekstri vegakerfisins vegna úrkomu, flóða, sjógangs og skriðufalla. Með frávikum er t.d. átt við atburði eins og flóð yfir veg vegna ræsa sem ekki anna rennsli, hrun úr fláum og fyllingum vegna vatnsrofs, rof við brýr, og skemmdir á slitlagi yfir ræsum vegna vatns sem rennur inn í vegfyllingu o.fl.

Skráning þarf að vera stöðluð þannig að fram komi þau atriði sem nauðsynleg eru til þess að unnt sé að gera markvissa greiningu á gagnagrunni síðar. Þetta fyrirkomulag þarf að útlista nánar með hliðsjón af öðrum aðstæðum, svo sem tengingu við aðra gagnagrunna (t.d. ræsaskrá), GIS umhverfi Vegagerðarinnar o.fl. Tryggja þarf að skráningu verði sinnt og að hún verði færð í tölvutækan gagnagrunn.

Tilgangurinn með þessum gangagrunni er sá að unnt verði að svara spurningum sem svara þarf áður en ákvarðanir eru teknar um víðtækari áhættugreiningu eða róttækari aðgerðir við aðlögun að loftslagsbreytingum. Dæmi um slíkar spurningar eru:

- Hvort tilhneiging er til þess að tíðni og kostnaður af tjónum vegna vatns aukist
- Hvort tjón verði vegna ófullnægjandi hönnunarforsendna
- Hvort tjón verði vegna ófullnægjandi viðhalds
- Hvort tjón verði vegna ófullnægjandi verklags eða efnisvals við nýframkvæmd
- Er ákveðin tegund tjóna, landsvæði eða mannvirkjategund í sérstakri hættu

Með þeim gagnagrunni sem hér er lýst verða til ómetanlegar upplýsingar um áhrif veðurs á vegakerfið. Grunnurinn mun styrkja þekkingargrunn vegna loftslagsbreytinga til muna, og tilvist hans mun auðvelda markvissan rekstur og viðhald, óháð loftslagsbreytingum, og flokkast því í raun undir „no-regret“ aðgerð, eða sjálfsagða aðgerð. Kostnaðarauki vegna skráningar og reksturs gagnagrunns er talinn óverulegur, og eins ætti stofnkostnaður vegna þróunar í upphafi að vera lítil.

Mikilvægt er að staðsetja ábyrgð á því að skráningu sé sinnt hjá ákveðnum aðila á hverju rekstrarsvæði, t.d. deildarstjóra viðhalds og þjónustu. Samtímis er æskilegt að þessir aðilar séu sérstaklega meðvitaðir um þá möguleika sem felast í verkfærum áhættugreiningar til þess að forgangsraða verkefnum í fyrirbyggjandi viðhaldi vegna vatnstjóna.

Árlega ætti að vinna samantekt upp úr þessum gagnagrunni þar sem m.a. tegundir tjóna og ástæður þeirra eru flokkaðar og bornar saman við fyrri tímabil og viðeigandi vísitölur um veðurfar.

4.3 Staða annarra áhersluflokka

Umfjöllun hér byggir að hluta á mikilvægustu niðurstöðum úr áfangaskýrslu sem gefin var út árið 2010, en þar er að finna frekari útlitun á þeim atriðum sem varða áhrif veðurs á einstaka þemaflokka.

4.3.1 Vetrarþjónusta

Skipulag og framkvæmd vetrarþjónustunnar hefur tiltölulega stuttan viðbragðstíma og mikinn sveigjanleika. Þessi stutti viðbragðstími séður í ljósi hægfara loftslagsbreytinga gefur ekki tilefni til þess að þróun vetrarþjónustunnar þurfi sérstaklega að taka mið af loftslagsbreytingum. Eftir sem áður er eðlilegt að þróun vetrarþjónustunnar taki áfram mið af ráðandi breytileika veðurs og veðurfars á Íslandi en með því móti er séð fyrir því að vetrarþjónusta framtíðarinnar taki mið af áhrifum loftslagsbreytinga, bæði hvað varðar skiplag, tæknilega þróun og þróun útboðs- og sammingsforms verktöku. Aukin tíðni hitasveiflna í kringum frostmark í kjölfar hækkandi vetrarhita hefur valdið aukinni notkun á salti til hálkueyðingar. Vegagerðin vinnur að endurbótum á skipulagi og framkvæmd hálkueyðingar með það fyrir augum að minnka saltnotkun.

4.3.2 Uppbygging vega og slitlög

Fjölgun frostþíðusveiflna að vetri hefur gert auknar kröfur til stýringar þungatakmarkana. Notkun vöktunar- og spákerfa fyrir frostþíðuverkun og þungatakmarkanir getur dregið úr skemmdum og viðhaldsþörf til lengri og skemmri tíma. Þessi viðbúnaður mun gagnast svo lengi sem meginhluti vegakerfisins verður fyrir frostþíðuáraun, en eftir því sem stærri hluti vegakerfisins er endurbyggður í hærri gæðum dregur úr þörf fyrir viðbúnað. Þrátt fyrir að talið sé að tíðni frostþíðusveiflna sem krefjast þungatakmarkana á miðjum vetri sé talin hafa aukist síðustu u.þ.b. 15 árin er erfitt að álykta um það hver líkleg þróun muni verða á næstu árum og áratugum.

Aukning úrkomu almennt hefur þau áhrif að slitlög og burðarlög vegna verða fyrir meiri niðurbrotsáhrifum. Þetta ætti ekki að vera verulegur kostnaðarauki við þá vegi sem eru í góðu ásigkomulagi, en hins vegar eru vegir sem illa er haldið við í hættu á hraðara niðurbroti vegna vætuáhrifa.

Núna er ekki talið að grípa þurfi til sérstakra aðgerða í þessum efnisflokki vegna loftslagsbreytinga sérstaklega, en vert er að benda á að skortur á viðhaldi vegna er áhyggjuefni, sérstaklega samhliða hugsanlega aukinni úrkomu og aukinni tíðni frostþíðusveiflna vegna loftslagsbreytinga.

4.3.3 Ræsi og brýr

Hönnunarforsendur

Rennslistoppar ákvarða nauðsynleg afköst ræsa og brúa. Meðalrennsli ársins eða ársúrkoma og breytingar á þessum þáttum gera litlar kröfur til afkasta ræsa og brúa en geta hins vegar haft áhrif á grunnvatnsstöðu sem aftur hefur áhrif á burðarþol vegna. Þau atriði sem ákvarða stærð rennslistoppa eru:

- Úrkomuákefð
- Afrennslistuðlar (frosin eða þiðin jörð, gleypni jarðlaga, gróðurþekja)
- Snjóalög (vegna asahláku)

Í þeim vatnsvegum sem innihalda jökulvatn mun úrkoma í framtíðarveðurfari ekki verða vandamál, þar sem afköst miða við leysingar frá jöklum, en þau rennslishámörk eru jafnan hærrí en flóð vegna úrkomuhámarka. Öðru máli gegnir um vatnavirki sem eru hönnuð út frá flóðum vegna úrkomu. Það eru hugsanlegar breytingar á hámarks úrkomuákefð og hitasveiflum vetrarins í kjölfar loftslagsbreytinga sem kunna að hafa áhrif á hönnunarforsendur. Engin merki eru núna um að hönnunarforsendur vegna úrkomutengdra flóða verði í uppnámi í nánustu framtíð, en mikilvægt er að fylgjast með þessu, sbr. forgangsverkefni skilgreint í kafla 4.2.

Viðhald og hreinsun ræsa

Forsenda fyrir því að ræsi á þeim afköstum sem gengið er út frá er að ástand þeirra sé gott. Í dag er ekki reglulegt og kerfisbundið eftirlit með ástandi og virkni ræsa með vatnsop minni en 4 m. Í gæðahandbók Þjónustudeildar Vegagerðarinnar er tekið fram að ræsi og ræsaenda skal athuga a.m.k. árlega ef ÁDU er meiri en 1000 bílar, annars annað hvert ár. Viðtöl við rekstrarstjóra benda hins vegar til þess að misbrestur getur verið á þessari reglu en hins vegar er talið að eftirlit og fyrirbyggjandi viðhald sé viðunandi.

Öll ræsi á vegakerfinu eru nú þegar skrásett í GIS-tækan gagnagrunn. Það er mikilvæg forsenda þess að unnt sé að vinna áhættumat vegna flóða og annarra truflana fyrir einstaka vegi eða landsvæði.



Mynd 3 Vatnstjón á Hringveginum við Daníelslund í Borgarfirði í kjölfar flóðs vegna asahláku 18. febrúar 2008 (ljósm. Skessuhorn)

4.3.4 Brýr og önnur mannvirki undir áhrifum jöklabreytinga

Á undanföllum árum hefur Vegagerðin tekið þátt í og fjármagnað rannsóknir á jöklabreytingum og eru nokkur dæmi þess að jöklabreytingar hafi haft áhrif á vegamannvirki. Í mörgum tilfellum hefur Vegagerðin verið búin undir slíkar breytingar og gert ráðstafanir tímanlega. Síðasta dæmið er hvarf Skeiðarár yfir í farveg Gígju í júlí 2009 en það hefur verið fyrirséð um nokkurt skeið.

Ekki er talið líklegt að bregðast þurfi við í allra nánustu framtíð vegna jöklabreytinga til þess að tryggja öryggi vegakerfisins en æskilegt er þó að fylgjast vel með þróuninni⁴, líkt og áður.

4.3.5 Vegir við strendur

Víða eru vegir og vegamannvirki við strendur og verða því fyrir áhrifum sjávar. Hækkun sjávarstöðu vegna bráðnunar heimskautaíss og útpenslu heimshafa vegna hækkunar sjávarhita í kjölfar loftslagsbreytinga mun hafa áhrif á núverandi mannvirki og setja nýjar kröfur við hönnun mannvirkja í framtíðinni. Hins vegar eru aðrir þættir sem taka þarf með í reikninginn, og ekki nóg að einblína á hækkun sjávarstöðu. Þær sviðsmyndir sem eru lagðar til grundvallar þurfa að taka til fleiri þátta en sjávarstöðubreytinga svo sem landriss og landsigs vegna flothreyfinga jarðskorpunnar sem er breytilegt eftir svæðum á Íslandi, sigs nýrra mannvirkja á setlögum ásamt langtímasigi og hættu á ysjun jarðlaga í jarðskjálftum. Vegagerðin þarf líkt og áður að nýta sér þá þekkingu sem Siglingastofnun býr yfir hverju sinni við áætlanagerð, bæði vegna nýrra framkvæmdakosta og ekki síður vegna viðhalds núverandi mannvirkja.

Hækkun sjávarborðs vegna loftslagsbreytinga er miðað við fyrirliggjandi þekkingu mjög hægfara ferli í samburði við ýmsa aðra þætti loftslagsbreytinga. Vegagerðin hefur nú þegar ákveðið að taka mið af 50 cm hækkun sjávarborðs við hönnun mannvirkja á strandsvæðum⁵. Umfram þetta eru ekki vísbendingar um að stór þörf sé á frekari aðlögunaraðgerðum vegna núverandi mannvirkja.

⁴ Skv. viðtali við Einar Hafliðason, Vegagerðinni.

⁵ Upplýsingar frá Helga Jóhannessyni, skv. skýrslu Vegsýnar frá apríl 2009: *Loftslagsbreytingar og Vegagerð, undirbúningur vegna veðurfarsaðlögunar í starfsemi Vegagerðarinnar.*

Vegagerðin þarf hins vegar að hafa skilmerkilegt yfirlit yfir mannvirki við strendur sem verða fyrir áhrifum sjávarstöðubreytinga á næstu áratugum. Jafnframt þarf að þróa aðferðafræði um það hvernig aðlögun að hækkaðri sjávarstöðu getur orðið hluti af viðhaldi og endurbyggingu núverandi mannvirkja.

4.3.6 Aðrir þættir

Snjóflóð

Stærð og tíðni þeirra snjóflóða sem valda truflun á samgöngum og hættu fyrir vegfarendur er þess eðlis að lítilsháttar breyting til eða frá til lengri tíma litið hefur ekki áhrif á nauðsynlegan viðbúnað vegna snjóflóða á vegakerfinu. Öðru máli gegnir um snjóflóð sem lögð eru til grundvallar áhættumati vegna byggðar, en í slíkum tilfellum getur það haft verulegar afleiðingar ef breytingar verða á stærð og endurkomutíma viðmiðunarsnjóflóða. Þá hafa ekki fundist neinar vísbendingar um samband milli meðalhita vetrar og tíðni snjóflóðahrina á Íslandi⁶.

Í ljósi fyrirliggjandi upplýsinga er óhætt að segja að engar vísbendingar séu til staðar á þessum tímamarki um að Vegagerðin þurfi að viðhafa sérstaka aðlögun viðbúnaðar eða varna vegna hugsanlegra áhrifa loftslagsbreytinga á snjóflóð sem ógna öryggi vegafarenda. Snjóflóð inn á vegi eru nú þegar skráð og hefur verið svo um árábil, en Veðurstofan tekur við skráningum á snjóflóðum frá Vegagerðinni. Allar aðstæður eru því fyrir hendi til þess að meta og bregðast við breytingum á tíðni snjóflóða ef þörf krefur.

Aurskriður og grjóthrun

Aurskriður og grjóthrun sem valda truflun á vegasamgöngum eru algengastar á Hringveginum um Hvalnesskriður og Þvottáskriður, og er tíðni vandamála nokkru meiri á síðarnefnda staðnum⁷. Aurskriður eru jafnan bundnar við mikil úrkomuveður og því gæti tíðni þeirra breyst með breyttu úrkomufari. Grjóthrun getur einnig verið tengt frostþíðuverkun í bergi, auk úrkomu, og því kunna breytingar á hitamynstri vetrarins að hafa áhrif á tíðni grjóthruns á vegakerfinu. Aurskriður og grjóthrun eru bundin við þekkta og tiltölulega fáa staði á íslenska vegakerfinu. Fullvíst má því telja að hugsanlegar breytingar á útbreiðslu og tíðni þessara vandamála muni uppgötvast við núverandi rekstrarvenjur. Engu að síður er talið rétt að skráning á skriðuföllum verði hluti af þeirri skráningu sem fjallað er um í kafla 4.2.

5 Þakkarorð

Við vinnslu verkefnisins síðustu ár hef ég notið aðstoðar fjölda sérfræðinga innan og utan Vegagerðarinnar. Of langt mál yrði að telja alla þessa aðila upp hér, en að öðrum ólöstuðum vil ég nefna Einar Sveinbjörnsson hjá Veðurvaktinni, Einar Hafliðason hjá Vegagerðinni, Gísli Viggósson hjá Siglingastofnun, Halldór Björnsson hjá Veðurstofunni og Jónas Elíasson prófessor.

Þá vil ég síðast en ekki síst þakka umsjónarmönnum rannsóknarstarfs hjá Vegagerðinni fyrir dyggilegan stuðning við þetta verkefni.

⁶ Símaviðtal við Tómas Jóhannesson hjá Veðurstofunni, vorið 2009.

⁷ Símaviðtal við Reyni Gunnarsson hjá Vegagerðinni á Höfn, 20. október 2009.

Hluti 2 – Aðlögun í nágrannalöndum

6 Inngangur

Í nágrannalöndunum hafa á undanförunum misserum verið unnin fjölmörg verkefni á sviði loftslagsbreytinga og vegagerðar. Um er að ræða tæknileg verkefni um áhrif veðurs og veðurfarsbreytinga á mannvirki og einnig aðferðir við heildarmat á áhrifum loftslagsbreytinga, áhættugreiningu og áhættustýringu. Vegagerðirnar sjálfar og einnig bæjarfélög hafa oft á tíðum tekið upp breyttar og bætтар eftirlits og skráningarvenjur, auk þess að efla viðbúnað vegna aftaka í veðri.

Hér á eftir fer samantekt og stutt umfjöllun um einstök verkefni sem almennt geta verið leiðbeinandi um ýmsa þætti aðlögunarvinnunnar. Starfsmenn vegagerðarinnar eru hvattir til þess að kynna sér þetta efni.

7 Yfirlit yfir úrval verkfæra og leiðbeininga um aðlögun vegagerðar að loftslagsbreytingum

7.1 Verkefni CEDR

Samtök vegmálastjóra í Evrópu hafa látið vinna skýrslu um áhrif loftslagsbreytinga og aðlögun að þeim. Bakgrunnsefni vinnunnar er sótt til 11 landa. Í inngangi skýrslunnar segir um markmiðin:



Markmið vinnuhóps 16 er að útvega vegamálastjórum upplýsingar um aðgerðir sem í gangi eru og varða loftslagsbreytingar, og miðla gögnum um stefnumörkun, aðferðafræði og aðgerðir og áhrif þessara þátta á starfsemi vegagerðanna. Markmiðið er að lýsa meginafleiðingum loftslagsbreytinga á vegakerfið og að gera tillögur að aðgerðum til aðlögunar. Stefnt er að því að útbúa aðgengilegt rit um helstu áskoranir og verkfæri, með vísun í safn „best practice“ aðgerða og verkefna sem fylgja skýrslunni

Skýrslan er uppbyggð á þann hátt að auðvelt er að sækja þangað upplýsingar um tiltekin mál, auk þess að henni fylgir yfirgripsmikið dæmasafn um aðgerðir og verkefni veghaldara og niðurstöður úr könnunum í þáttökulöndunum á helstu áskorunum sem loftslagsbreytingar hafa í för með sér.

Í skýrslunni eru settar fram almennar tillögur um þau atriði sem vert er að huga að við aðlögun í skipulagi, hönnun, viðhaldi og rekstri vega vegna loftslagsbreytinga.

Skýrslan er enn sem komið er ekki útgefin, en unnið er að lokayfirllestri. Hægt er sækja núverandi útgáfu á vefsíðu norsku vegagerðarinnar sem leiddi vinnu við skýrsluna:

<http://www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Forskning+og+utvikling/Klima+og+transport/Publikasjoner>

Efni skýrslunnar var kynnt á Vianordica í Reykjavík í júní 2012 og má finna samantekt og glærur á vefsíðu ráðstefnunnar.



7.2 Statens vegvesen: Klima og transport

Loftslagsbreytingaverkefni norsku vegagerðarinnar stóð yfir á árunum 2007 – 2011. Verkefnið var mjög umfangsmikið með þátttöku flestra deilda og umdæma auk þess að vera unnið með virkri þátttöku Jernabaneverket. Undir verkefninu voru einnig unnar fjölmargar skýrslur af ýmsum ráðgjöfum. Niðurstöður verkefnisins hafa mjög hagnýtt gildi fyrir norsku vegagerðina þar sem áhersla var lögð á að útbúa beinar tillögur til aðgerða, s.s. uppfærslu á handbókum og stöðlum um hönnun, viðhald og rekstur, auk þess að þróuð voru ný gagnagrunns og upplýsingaverkfæri sem auðvelda utanumhald aðlögunarvinnunnar. Rauði þráðurinn hér er að útiloka aðlögun að loftslagsbreytingum sem einhvers konar hliðarverkefni og innleiða aðlögunarvinnuna inn í almenna starfsemi Statens vegvesen.

Tilurð verkefnisins má að hluta til rekja aftur til verkefnis á vegum norska samgönguráðuneytisins um heildastæða áhættugreiningu fyrir allt norska samgöngukerfið (SAMROS). Við þá úttekt vöknudu m.a. spurningar um áhrif loftslagsbreytinga á öryggi samgangna.

Verkefnið hefur leitt af sér fjölmargar skýrslur og aðrar afurðir sem geta reynst Vegagerðinni á Íslandi gagnlegar. Að miklu leyti er landslag og veðurfar svipað í Noregi og á Íslandi auk þess sem Vegagerðin hefur áður sótt mikið af þekkingu og reynslu til Noregs, m.a. við gerð staðla og leiðbeininga.

Niðurstöðum verkefnisins er skipt upp í eftirfarandi flokka:

- Veðurfarsaðlögun við skipulag og hönnun nýrra vega
- Veðurfarsaðlögun í rekstri og viðhaldi
- Viðbúnaður gegn aftakaatburðum
- Þróun þekkingargrunns vegna loftslagsbreytinga

Á vefsíðu verkefnisins eru tenglar á útgefin skjöl þar sem stuðst er við ofangreinda flokkun:

<http://www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Forskning+og+utvikling/Klima+og+transport>

Lokaráðstefna verkefnisins var haldin í Osló í maí 2011. Á vefsíðu verkefnisins er hægt að skoða fyrirlestra frá lokaráðstefnunni (Sluttseminar 2011) ásamt efni frá árlegum ráðstefnum:

<http://www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Forskning+og+utvikling/Klima+og+transport/Informasjondager>

Dæmi um leiðbeiningar sem gefnar voru út af verkefninu eru vegna áhættugreiningar fyrir brýr, ræsi og burðarþol vega, ásamt heildstæðum leiðarvísi um áhættugreiningar almennt (n. Risiko og sárbarhetsanalyse, ROS-analyse), ásamt nýjum handbókum fyrir snjóflóð, krapaflóð, grjóthrun og skafrenning.

7.3 ERA Net Road



Í árslok 2010 voru kynntar niðurstöður frá fjórum rannsóknarverkefnum sem fjármögnuð voru undir ERA Net Road samstarfinu. Rannsóknarkallið var „Road owners getting to grips with climate change“.

Þessi verkefni fjalla um aðferðir við áhættumat fyrir vegi í breyttu loftslagi, mat á líklegum skemmdum á vegum vegna breytts vatnafars, þróun á nýrri vetrarvísitölu (e. winter index) vegna vetrarþjónustu og viðhalds, og rannsóknir á líftíma slitlaga í breyttu veðurfari.

Verkefnin eru:

- SWAMP: Storm water prevention - Methods to predict damage from the water stream in and near road pavements in lowland areas
- RIMAROCC: Risk management for roads in a changing climate
- P2R2C2: Pavement performance and remediation requirements following climate change
- IRWIN: Improved local road winter index to assess maintenance needs and adaptation costs in climate change scenarios

Skýrslur um öll verkefnin er að finna á vefsíðunni:

http://www.eranetroad.org/index.php?option=com_content&view=article&id=76&Itemid=79

Verkefnin fjögur voru einnig kynnt á ráðstefnu Klima og transport í apríl 2009 í Osló: <http://www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Forskning+og+utvikling/Klima+og+transport/Informasjondager/Road+Owners+Adapting+to+Climate+Change>

Sérstök ástæða er til þess að gefa RIMAROCC verkefninu gaum. Á grundvelli aðferðarfræði úr hefðbundnum áhættustjórnunarfræðum var þróuð aðferð til þess að vinna áhættugreiningu á vegum með tilliti til loftslagsbreytinga. Gefin var út handbók þar sem ferlinu er lýst skref fyrir skref með ítarlegum leiðbeiningum. Með handbókinni fylgja hagnýt dæmi sem unnin voru samhliða verkefninu í ólíkum Evrópulöndum. Helsti kosturinn við aðferðina er svo að hægt er að nýta hana á mismunandi stóran mælikvarða og vinna þannig áhættugreiningu og leita lausna til þess að draga úr áhættu fyrir;

- Einstök mannvirki, t.d. brýr
- Vegkafla
- Afmarkað net vega
- Vegakerfi á afmörkuðu landsvæði

RIMAROCC ferlið nær allt frá greiningu áhættuþátta og hugsanlegra atburða til uppsetningar og framkvæmdar aðgerðaáætlunar til úrbóta.