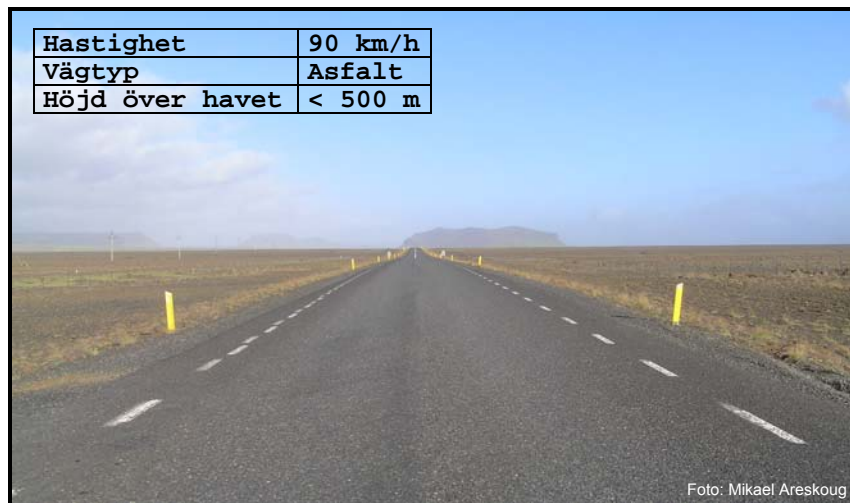


Planering av dagsutflykter på Island med nätverkanalys



Mikael Areskoug

2005
Centrum för Geobiosfärvetenskap
Naturgeografi och Ekosystemanalys
Lunds Universitet
Sölvegatan 12
223 62 Lund



Planering av dagsutflykter på Island med nätverkanalys

Planning of day tours on Iceland with network analysis

Mikael Areskoug, 2005

C-uppsats, 10 poängs examensarbete.

Institutionen för Naturgeografi och
Ekosystemanalys, Lunds universitet.

Handledare: Micael Runnström

Institutionen för Naturgeografi och
Ekosystemanalys/GIS-centrum,
Lunds universitet.

Abstract

Iceland with its active volcanoes and big glaciers is a popular place for tourists and the number of tourists increases yearly. The majority of the 350 000 foreign tourists that visit Iceland each year arrive by plane to the capital city *Reykjavik*. Many different tour operators arrange day tours from the city. One can also plan day tours oneself and use a rental car. Increasing numbers of tourists contribute to escalating emissions of carbon dioxide from different types of transportation.

A day tour in Iceland is mainly associated with nature experience and historic sights in different parts of the island. Only a few roads have paving and in addition long distance and bad road conditions reduce the accessibility to the sights. Domestic flights are suitable for long transports while busses and cars are the most common transportation for day tours. Geographic information systems (GIS) and network analysis can be useful for tourists in the planning of different day tours. In order to plan an effective day tour in Iceland one needs knowledge about the driving time between different sights to visit and places of interest. The model in the study is based on a method in which the driving time for a tourist in Iceland corresponds to the given time in the timetables for Icelandic long distance buses on the same route. With the current speed limitations and three other factors that limit the speed, the driving time for a tourist has been adjusted to the time given in the timetable. The calculated driving time can be estimated, for huge areas, at a low cost.

In the study *Reykjavik* is being compared with *Akureyri*, *Egilsstadir* and *Höfn* as alternative starting points for day tours. Two-hour driving time decides the day tour size in the road network around the starting points. The road network around *Reykjavik* is the largest, with most kilometres of road. There are only modest variations in the other road conditions around the four start points in the study. As starting point for different day tours, *Reykjavik* and *Akureyri* are equal in the number of footpaths and places of interest that is reachable within the two-hour driving time. The smaller cities in the study, *Egilsstadir* and *Höfn*, have within their two-hour limit a smaller number of footpaths and places of interest than *Reykjavik* and *Akureyri*. However, they can serve as starting points for a reduced number of day tours compared *Reykjavik* and *Akureyri*.

The purpose of the model is to find the optimal way between a start and stop point. With the best possible way, time is gained in driving, which can be used to reach more stop points or to spend more time on already planned stop points. From an ecological point of view, using the optimal way will imply less discharge of carbon dioxide.

Key words: GIS, Iceland, network analysis, touristic day tour, road network.

Sammanfattning

Island med sina aktiva vulkaner och stora glaciärer är ett populärt turistmål och antalet turister ökar år från år. Flertalet av de 350 000 utländska turister som årligen besöker Island anländer med flyg till huvudstaden Reykjavik. Från huvudstaden anordnas dagsutflykter genom en rad olika researrangörer. Man kan även planera en dagsutflykt själv, och köra med hyrbil. Den ökande turistströmmen bidrar till att koldioxidutsläppen från olika transporter ökar.

Dagsutflykter på Island förknippas först och främst med naturupplevelser och historiska platser på olika delar av ön. Endast ett fåtal vägar är asfalterade och långa avstånd och skiftande väderlek minskar tillgängligheten till olika upplevelser och sevärdheter under en dagstur. Inrikesflyg är lämpligt för längre transporter, medan buss eller bil är det vanligaste transportmedlet för dagsturer. Med geografiska informationssystem (GIS) och nätverksanalys kan dagsutflykter för turister planeras. Att planera en effektiv dagsutflykt på Island kräver kännedom om körtid på de isländska vägarna. Modellen i studien bygger på en metod där körtiden för en turist på vägarna motsvarar den tidsangivelse som finns i busstidtabeller för isländska långfärdsbussar på motsvarande vägsträcka. Med rådande hastighetsbegränsning, samt tre andra hastighetsbegränsande faktorer anpassas den beräknade körtiden för turisten till tidsangivelsen i busstidtabellen. Den beräknade körhastigheten kan, för stora områden, estimeras på ett kostnadseffektivt sätt.

I studien jämförs *Reykjavik* med *Akureyri*, *Egilsstaðir* och *Höfn* som alternativa startpunkter för dagsutflykter. Två timmars färdtid utmed vägnätet runt de fyra startpunkterna utgör gränsen för en dagsutflykt. Vägnätet kring *Reykjavik* är störst med flest antal kilometer färdbar väg. Övriga skillnader i olika vägförhållande är mycket små mellan de fyra startpunkterna. Som startpunkter för olika dagsturer är *Reykjavik* och *Akureyri* jämförbara då samma antal vandringsleder och sevärdheter kan nå inom två timmars färdtid. De två mindre tätorterna i jämförelsen *Egilsstaðir* och *Höfn* har inom två timmars färdtid, ett mindre antal vandringsleder och sevärdheter än *Reykjavik* och *Akureyri*. De fungerar dock som utgångspunkt för ett något mindre antal dagsturer än *Reykjavik* och *Akureyri*.

Modellen kan användas för att hitta den optimala vägen mellan en startpunkt och en stoppunkt. Rätt väg medför en tidsvinst i körtiden, vilket kan användas för att nå fler stoppunkter eller tillbringa längre tid på redan inplanerade stoppunkter. Ur ekologisk synvinkel innebär rätt väg mindre koldioxidutsläpp.

Förord

Med denna rapport slutför jag min 120p kandidatexamen vid Institutionen för Naturgeografi och Ekosystemanalys vid Lunds Universitet. Jag skulle vilja rikta ett väldigt stort tack till min handledare Micael Runnström vid Institutionen för Naturgeografi och Ekosystemanalys/GIS-centrum i Lund, som varit ett starkt stöd och gett goda råd och inspiration under tiden för examensarbetet. Jag vill även tacka Rannveig Ólafsdóttir som har hjälpt till med tolkning av isländska termer samt förmedlat kontakt med isländska myndigheter.

Innehållsförteckning

Abstract.....	III
Sammanfattning	V
Förord	VII
Innehållsförteckning	IX
1 Inledning.....	1
1.1 Island som turistmål	1
1.2 Miljö	2
1.3 Syfte.....	2
2 Bakgrund	3
2.1 Islands infrastruktur.....	3
2.2 Islands klimat	4
2.3 Isländska turistattraktioner	4
2.4 GIS-tjänster på Internet	5
3 Metodik.....	7
3.1 Nätverksanalys.....	7
3.2 Analysmetod	8
3.3 Data och begränsningar	8
3.4 Korrigering av vägsnittet	9
3.5 Definitioner av tillgänglighet	10
3.6 Start- och stoppunkter.....	11
3.7 Körhastighet.....	11
3.7.1 Allmän hastighetsreduktion	13
3.7.2 Vägbeläggning.....	13
3.7.3 Högländ/lågländ.....	13
3.8 Beräkning av körtiden.....	14
4 Resultat och utvärdering	15
4.1 Digital höjdmodell.....	15
4.2 Busslinjer	15
4.2.1 Busslinjernas fysiska variabler.....	16
4.2.2 Busstidtabell och den beräknade körtiden.....	17
4.3 Utvärdering med mätning	18
4.4 Det isländska vägnätet runt startpunkterna.....	19
4.5 Tillgänglighet runt startpunkterna	21

5 Diskussion	23
5.1 Start- och stoppunkter.....	23
5.2 Kostnadseffektivitet.....	23
5.3 Styrning av trafikflöden.....	23
5.4 Felkällor.....	23
5.4.1 Osäkerhet i vägsiktets väglängd	23
5.4.2 Utvärderingsmätning.....	24
5.4.3 Osäkerhet i beräkning av körtiden.....	24
5.5 Framtidsvisioner.....	24
6 Slutsatser.....	27
7 Referenser	30
7.1 Litteratur och webbreferenser.....	30
7.2 Busstidtabeller.....	32
7.3 Programvara, programvarutillägg och demoversioner	32
8 Bilagor.....	33
8.1 Bilaga 1 Busstidtabeller.....	33
8.2 Bilaga 2 Mätprotokoll och mätpunkter	34
9 Tidigare seminarieuppsatser.....	37

1 Inledning

1.1 Island som turistmål

Sommaren 2004 läste jag en distanskurs om geologiska processer på Island. Förutom självstudier bestod kursen av en nio dagar lång exkursion på Island. Buss användes som transportmedel till de olika exkursionsplatserna som var belägna på den sydvästra delen av Island. Utöver geologikursen gav resan en inblick i hur det isländska vägnätet ser ut och hur snabbt både väg- och väderleksförhållande kan skifta.

Island är ett populärt turistmål. Under 2004 landade cirka 350 000 utländska besökare på *Keflavik*s internationella flygplats (Statistics Iceland 2004). Via färjor och kryssningsfartyg kom, enligt statistiken för 2002 cirka 30 000 besökare. De senaste tio åren har ökningen av antalet turister varit cirka nio procent per år (Icelandic tourist board 2005). Huvudstaden *Reykjavik* blir det naturliga valet för den primära inkvarteringen på Island. Reykjaviks hotell och gästhus stod för mer än hälften av alla landets övernattningar år 2002 (Statistics Iceland 2004). Mer än hälften av alla turister som besöker Island arrangerar egna utflykter. Information om Island för dessa utflykter kommer främst från Internet, utländska researrangörer, handböcker och broschyrer (Icelandic tourist board 2005).

Turister söker främst upplevelser i naturen men vill även besöka historiska platser och uppleva den isländska kulturen (Icelandic tourist board 2005). Flertalet researrangörer har anpassat olika dagsturer för turister som anländer till *Reykjavik*. Huvudstadens placering i den sydvästra delen av ön innebär långa avstånd till många utflyktsmål och sevärdheter. Restiden för en normal dagstur är 8 - 12 timmar men kan påverkas av olika faktorer. Vägarna är av skiftande karaktär vilket påverkar framkomligheten. Det isländska nätverket av vägar består av ett brett spektrum från spikraka asfalterade vägsträckor på låglandet till smala krokiga säsongsoppna grusvägar på höglandet. Ett flertal tätorter utmed den isländska kusten förbinds av Riksväg 1 (*isl. Þjóðveg 1*), en 134 mil lång ringväg runt Island som invigdes 1974.

En annan faktor som påverkar omfattningen av en dagstur är klimat och väderlek. Snabba skiften kan spela en avgörande roll för färdbarhet på de isländska vägarna. Islands läge, norr om den 63 breddgraden, mitt i Nordatlanten, bidrar till det maritima klimatet som i kombination med höga berg ofta ger rikligt med nederbörd och låga temperaturer. Vägar belägna på hög höjd blir lätt isiga och hala. Även kombinationen av ett öppet landskap utan skyddande vegetation samt hård vind eller dimbildning ger problem med framkomligheten på de isländska vägarna.

Reykjaviksregionen är en expansiv del av Island. Av Islands befolkning på cirka 300 000 är 2/3 bosatta inom pendlingsavstånd till *Reykjavik*. Tätorter utanför huvudstadsregionen är inte större än ett par tusen bofasta, med undantag av *Akureyri* som har runt 16 000 invånare. Centraliseringen kring Reykjaviksregionen medför glesbygdspenning för övriga delar av Island. Förutom huvudnäringen fiske försöker regeringen skapa fler arbetstillfällen i glesbygden och ett exempel är ett smältverk för aluminium på östra Island. Låga produktionskostnader för energi medför lönsamhet för elintensiva verksamheter. Den storskaliga utbyggnaden av vattenkraft vid *Kárabnjúkar*¹ är dock kontroversiellt eftersom en stor dalgång vattenfylls vid nyanläggningen av kraftverksdammen (Sólnes 2004). En ökning av dagsturer för turister utanför Reykjaviksregionen bidrar till att öka förutsättningarna för en levande glesbygd. Fler arbetstillfällen kan skapas genom att erbjuda turister service som: matservice, övernattningsrum, affärer, guidning, med mera.

¹ 690 MW

1.2 Miljö

Kyotoprotokollet trädde i kraft den 16 februari 2005. Världens utvecklade länder ska minska sina utsläpp av växthusgaser med sammanlagt 5,2 procent under perioden 2008 - 2012, jämfört med 1990 års nivå (UNFCCC 2005). Islands uppvärmning av byggnader och elproduktion kommer uteslutande från förnyelsebar energi. I detta avseende är Island en god förebild för övriga länder som ratificerat Kyotoprotokollet. Av Islands totala energiproduktion år 2002 står geotermisk-, vind- och solenergi för cirka 80 procent och vattenkraft står för cirka 20 procent (IAE 2005). Men trots att Island klarar uppvärmningen och elförsörjning på ett miljömässigt godtagbart sätt, har de koldioxidutsläpp från sjöfart, flyg- och fordonstrafik. En flygresor till Island från norra Europa tar cirka 3,5 timmar - tur och retur blir koldioxidutsläppet cirka 460 kg/person². Enligt Kyotoprotokollet är det globala genomsnittet för koldioxidutsläpp per år ca 4 ton/person, genomsnittet för EU ligger runt 9 ton/person (SNF 2005).

Nya bilar med bättre teknik minskar koldioxidutsläppen. Denna minskning äts dock upp av ett ökat antal bilar, och resultatet blir en nettoökning av koldioxidutsläpp på cirka 20 procent (EEA 2005). Antalet isländska registrerade personbilar, skåpbilar och bussar har ökat med över 43 procent under en tioårs period, 1993 - 2003 (Statistics Iceland 2005). Den ökande turistströmmen med runt 30 000 utländska turister per år är en bidragande orsak till en trafikökning på Island, både genom fler bussresor och ökat användande av hyrbilar. Koldioxidutsläppet per mil med diesalbuss är cirka 0,2 kg/person och i en fullsatt bensindriven personbil av miljöklass 2000, är utsläppet cirka 0,5 kg/person (SJ 2005).

1.3 Syfte

Många människor upplever att tid är en bristvara i vårt samhälle. Att hinna med viktiga saker kräver överblick och planering av den tidsrymd man har till sitt förfogande. Genom planering kan osäkerheten reduceras om vad som skall göras (Wisén & Lindblom 2001). God planering gäller även för den som vill vara aktiv och vill fylla semestern med många upplevelser. En effektiv planering av en dagsutflykt ger både tidsvinster och ekologiska fördelar. Genom att färdas rätt väg minskar det totala koldioxidutsläppet. Syftet med denna studie är att undersöka om man med hjälp av geografiska informationssystem (GIS), effektivt kan planera och analysera individuella dagsutflykter anpassade enligt turistens önskemål. Kan turisterna själv planera en effektivare och bättre utnyttjad semestervecka på Island, och därmed få ökad tillgänglighet till sevärdheter och aktiviteter och samtidigt begränsa koldioxidutsläppen. Med hjälp av GIS och nätverksanalys sökes svar på:

- i. Vilka skillnader finns i tillgänglighet för dagsturism?
- ii. Finns det andra startpunkter, med avseende på tillgänglighet, som är bättre eller lika lämpade för dagsturism som Reykjavik?
- iii. Hur påverkas lägesnoggrannheten i ett vägsnitt för nätverksanalys vid editering?
- iv. Hur kan man estimerar verklig körtid utmed det isländska vägnätet utan dyrbara mätningar?

² Flygtrafik regleras dock ej av Kyotoprotokollet (EEA 2005).

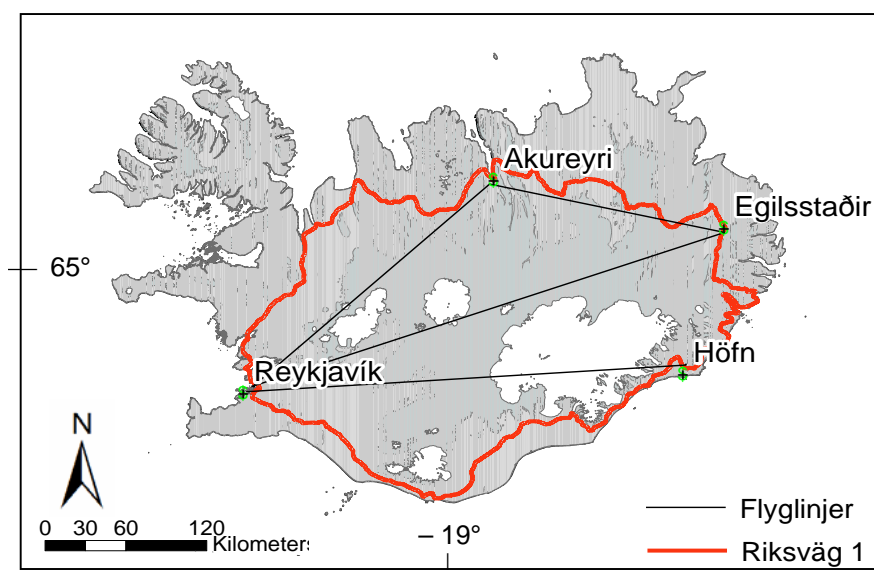
2 Bakgrund

2.1 Islands infrastruktur

Vägnätet är uppbyggt kring Riksväg 1, en ringväg runt ön, som förbinder de tätorter där majoriteten av den isländska befolkningen är bosatt och utgör livsnerven för all bilburen kommunikation på ön. Ett antal tillfartsleder från övriga tätorter ansluter till Riksväg 1. Det går att cykla på Island, men vägarna är smala och liksom Riksväg 1 saknar de ofta vägren. Genom högländet slingrar sig några mindre vägar. Framkomligheten på högländsvägar bör kontrolleras med isländska vägverket (Vegagerð ríkisins 2004) innan resan påbörjas då många vägar endast är öppna under sommartid. Antalet bofasta på det centrala högländet är mycket få och GSM-täckning samt mottagning av isländsk radio är i princip begränsad till ett par kilometers radie kring de större städerna utmed Riksväg 1.

Islands geografiska läge, ön mitt i Nordatlanten, förklarar sjöfartens betydelse för kommunikationer både historiskt och i nutid. Hamnarna är emellertid inte jämnt fördelade längs Islands kustlinje. Ett exempel är den isländska sydkusten, en lång kuststräcka som saknar hamnar. Ett fåtal färjelinjer för inrikestrafik finns dock, exempelvis till de för turister populära Västmanöarna. Järnväg för persontrafik finns inte eftersom avstånden på Island förmodligen är för långa i förhållande till det potentiella antalet resande. Även det dynamiska landskapet med eruptioner och snabb erosion gör underhåll av räls besvärligt i förhållande till en väg som kan underhållas relativt enkelt. Ett annat kommunikationsmedel är flyget. Förutom den internationella flygplatsen på *Keflavik* finns ett antal flygplatser för inrikesflyget inom en timmes flygresa. Därtill finns ett stort antal landningsbanor för mindre plan.

För längre transporter på Island kan inrikesflyget vara ett alternativ. Exempelvis sträckan *Reykjavik - Höfn* (figur 2.1) tar sju timmar att färdas med buss (Heimur 2004), jämfört med cirka en timmes flygtid (Islandsflug 2004). För dagsturer till olika sevärdheter är det lämpligast att utnyttja de isländska vägarna för bilburen trafik, eftersom flygplatserna i allmänhet inte ligger i direkt anslutning till sevärdheterna.



Figur 2.1 Riksväg 1 och några inrikesflyglinjer.

2.2 Islands klimat

Den varmttempererade Golfströmmen som kommer från sydväst påverkar stora delar av Islands klimat och väderlek. Dynamiska lågtryck bildas när kall och torr luft möter varm och fuktig luft, vilket sker vid polarfronterna, och dessa har stor betydelse för Islands väderutveckling (Robinson & Henderson-Sellers 1999). Klassningen av klimatet på den västra och sydliga delen av Island är enligt Köppen Cfc^3 , vilket kännetecknas av riklig nederbörd hela året, en mild vinter samt en sval och kort sommar (Helldén & Ólafsdóttir 1999). Det centrala höglandet samt den nordliga halvön är dock kallare. Vintern är lång och kall och medeltemperaturen överstiger inte + 10°C någon månad av året på denna del av ön och detta ger ett tundraklimat. Klassning enligt Köppen för denna del av Island är ET^4 (Helldén & Ólafsdóttir 1999).

Advektionsdimma uppstår när varm, fuktig luft kommer in över ett kallt underlag (Bogren et al 1999). Temperaturskillnaden mellan den milda Golfströmmen och Islands glaciärer ger goda förutsättningar för dimbildning. Temperaturskillnaden kan även påverka lufttryck, som i sin tur kan ge upphov till stark vind. Stora delar av Island saknar träd och buskvegetation och det öppna landskapet ger inget skydd mot starka vindar.

2.3 Isländska turistattraktioner

Flertalet av de besöksplatser som idag ingår i researrangörernas dagsutflykter på Island har en lång historisk tradition, dels från gamla isländska sagor och dels i olika historiska reseskildringar. Den som läst *Åt Häcklefjäll* av Albert Engström (1948), om hans Islandsfärd, kan konstatera att ställen som *Bingvellir*, *Geysir* och *Gullfoss* som i dagens turistbroschyrer benämns som "en klassisk dagstur", var populära platser redan för hundra år sedan. Strapatserna och äventyren på den tiden förstärktes av att man fick färdas genom att rida Islandshäst till de olika platserna på ibland obefintliga stigar. Dagsetapperna blev därför inte mer än några enstaka mil, vilket kan jämföras med dagens researrangemang som avverkar den klassiska turen på cirka åtta timmar.

Många förknippar den mystiska och mytomspunna ön Island med glaciärer och vulkaner. Merparten av Islands glaciärer (*isl. jökull*) är belägna på höglandet, som exempelvis den mäktiga *Vatnajökull*, vars yta täcker $8 \cdot 10^3$ km² av Island (Holmlund & Jansson 2003). Islands läge, på den mittatlantiska ryggen med en tektonisk sprickzon tvärs genom ön, gör att Island alltjämt är vulkaniskt aktiv. Ön *Surtsey* som bildades 1965, utbrottet vid *Eldfell* 1973 på *Västmannaöarna* samt några jökellopp (med höga vattenflöden till följd av aktiva vulkaner som smälter glaciärer) de senaste åren, är färskt bevis för den vulkaniska aktiviteten på Island (Thordarson & Hoskuldsson 2002). Effekterna av ett jökellopp är förödande, vägar, broar och hus spolats med i det kraftiga vattenflödet. Vid Islands sydspets finns glaciären *Mýrdalsjökull* samt den subglaciala vulkanen *Katla*. Vid *Katlas* senaste utbrott 1918, som varade i 23 dagar, orsakades ett mycket kraftigt jökellopp där vattenflödet har uppskattats upp till 200 000 m³/s (Thordarson & Hoskuldsson 2002). Sträckningen av Riksväg 1 på sydkusten med *Mýrdalsjökull* och *Vatnajökull* på ena sidan av vägen och *Atlanten* på den andra sidan av vägen gör Riksväg 1 till mycket sårbar vid nya jökellopp. Vid eventuella skador på Riksväg 1 utmed sydkusten måste trafiken dirigeras om nordkusten.

Det finns givetvis många olika anledningar att besöka Island som turist. Några exempel kan vara att man vill uppleva platser från reseskildringar, myter och sagor samt vikingakulturen. Andra vill kanske studera djurlivet eller utöva utomhusaktiviteter som vandring, fiske, ridning eller golf. Naturen är dock huvudattraktionen för merparten av de turister som besöker Island.

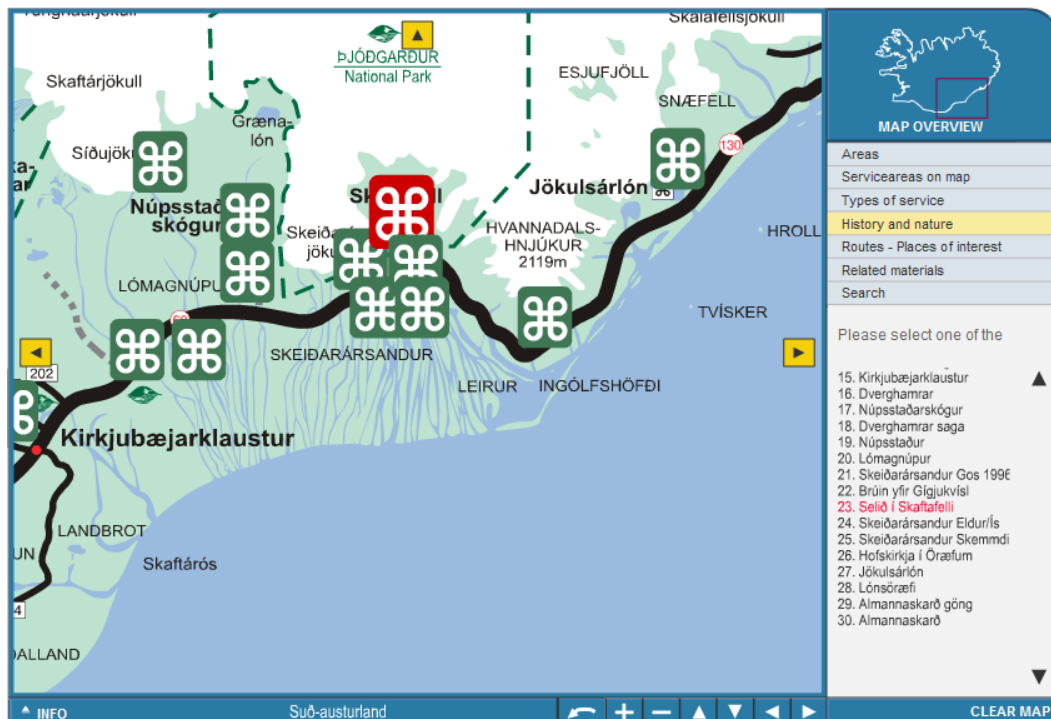
³ C varmttempererat fuktigt klimat, f helårsregn, c sval sommar (Raab & Vedin 1995).

⁴ E polarklimat, T tundraklimat (Raab & Vedin 1995).

2.4 GIS-tjänster på Internet

Användningen av olika plattformar⁵ lägger hinder i vägen för kommunikation mellan olika datorer. Ett steg mot enklare informationsutbyte mellan olika datorer sker med hjälp av Internet. Web-sidor i form av HTML-dokument kan tolkas med en vanlig webbläsare⁶. För att underlätta navigering till webbsidor används ofta sökmotorer⁷. Plattformsoberoende insticksprogram (eng. *Plug-In*), som till exempel det allmänt spridda *Acrobat® Reader®*, utökar möjligheterna att läsa data som är producerad i andra dataprogram än de som är installerade på den egna datorn. Användningen av GIS och web-baserade karttjänster har ökat kraftigt de senaste åren. En bidragande orsak är Internet och olika insticksprogram (Kraak & Brown 2001). Aktuella geografiska data blir lättillgängliga samtidigt som informationen genom insticksprogram lätt kan visualiseras utan dyrbara licenser för avancerade GIS-program.

GIS-system för den som vill planera dagsturer under semestern kan sökas på Internet. Ett exempel på applikation är statiska kartor som svarar på frågan **var är** den valda sevärdheten belägen (figur 2.2). Den sökta sevärdheten och dess position visas på en zoomningsbar karta. Vanligtvis ges viss kompletterande information om den sökta platsen samt huvudleder och andra betydelsefulla tillfartsvägar. Närliggande städer och den service de kan erbjuda kan även finnas i denna presentation.



Figur 2.2 Webbkarta som svarar på frågan "var är" (Vegagerð ríkisins 2004).

Men ännu finns inga fullständiga applikationer för planering på Internet som hjälper turisten att beräkna en hel dagsutflykt på Island.

⁵ Exempelvis *Windows®*, *MacOS®*, *Linux*.

⁶ Exempelvis *Microsoft® Internet Explorer* eller *Netscape® Browser*.

⁷ Exempelvis *Google™*.

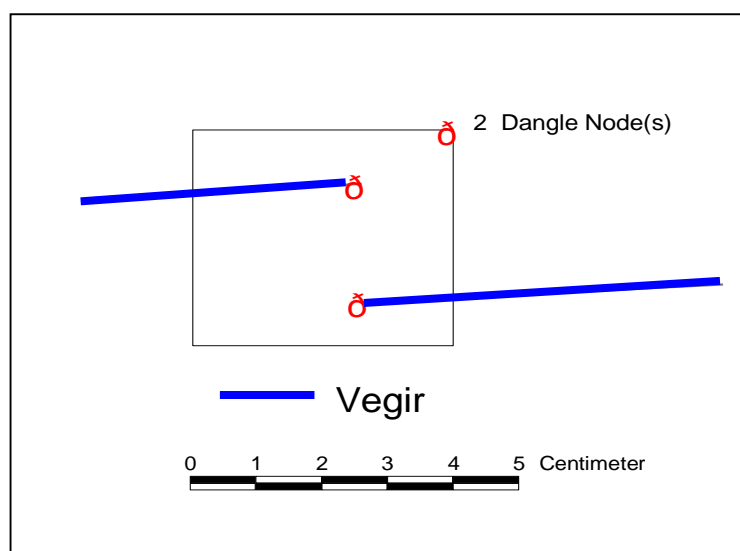
3 Metodik

3.1 Nätverksanalys

Nätverksanalys är en metod för att studera förflyttning längs kända linjer, det vill säga vägar som är lagrade i ett vägsnitt i ett GIS-program. Alla linjer i ett nätverk består av vektorer som beskriver en väg i ett nätverk. En linje har två noder, och eventuellt vertex⁸. En ändnod har bara kontakt med en linje och utgör därför någon form av slutstation eller återvändsgränd. Övriga noder är sammankopplade med två eller flera linjer och dessa noder utgör knutpunkter i nätverket. Denna anslutning mellan noderna är en förutsättning för nätverksanalys och handlar om vilken topologi som finns lagrad för noder.

Länk används istället för linje och med hjälp av geografiska koordinater för noderna kan längden för varje länk beräknas. Ytterligare information om rådande hastighetsbegränsningar, vägbredd eller beräknad körtid kan knytas till länken via data i en attributtabell i GIS-programmet. Den närmsta vägen mellan två platser i ett nätverk, är i denna studie, den med kortast körtid. Denna beräkning sker med *Dijkstras algoritm* som räknar ut den optimala vägen från en startpunkt till en stoppunkt, genom att jämföra olika alternativ mellan noderna för variablerna; distans⁹, väg¹⁰ och inkluderad¹¹ (Eklundh 2001).

Det är viktigt att alla noder har en korrekt länk. Ett program kan användas som identifierar länkar som inte är sammanhängande inom ett markerat område (figur 3.1), det vill säga noder inom en markerad rektangel som inte har någon annan koppling markeras med ändnoder (*eng. Dangle Nodes*).



Figur 3.1 Två ändnoder som inte är sammankopplade.

⁸ Brytpunkter mellan noder som definierar linjens böjning.

⁹ Kortast avstånd (körtid) mellan två noder.

¹⁰ Kortast sammanlagd väg (körtid) fram till aktuell nod.

¹¹ Kontroll om noden är behandlad eller inte.

3.2 Analysmetod

GIS kan definieras som: "Ett datoriserat informationssystem för hantering och analys av geografiska data" (Eklundh 2001). Information med icke rumsliga egenskaper knyts samman med digital behandling av lägesbunden data. Exempel på icke rumsliga egenskaper eller attributdata för en väg kan vara; vägnamn, vägbredd, hastighetsbegränsning eller statistik om trafikolyckor. Attributdata är information som är viktig för nätverksanalys. Med GIS utförs en nätverksanalys på Islands vägnät för att identifiera vägval mellan startpunkter och stoppunkt eller mellan olika stoppunkter. För att beräkna den snabbaste rutten från en startpunkt via ett antal stoppunkter och tillbaka till startpunkten, alternativt till en annan startpunkt, används en algoritm utifrån *vägvalsproblem för den resande försäljaren* (eng. "travelling salesman problem") (Haggett 1969).

3.3 Data och begränsningar

- Vägsnitt - linjevektorer lagrade i en shapefil från det Isländska vägverket. Undersökningsområdet begränsades till fastlandet och det isländska vägnätet som återges enligt datafilen (här efter kallad "vegir", som betyder väg på isländska).
- Digital höjdmodell (DEM) - rasterfil över hela Island med en meters upplösning i höjdd (z-led) och en cellstorlek på tre arc sekunder¹² (92,58 * 92,58 meter), *Shuttle Radar Topography Mission DTED*[®] (Digital Terrain Elevation Data, från National Aeronautics and Space Administration (NASA) och National Geospatial-Intelligence Agency (NGA)).
- Startpunkter - shapefil bestående av punktdata för städerna: *Reykjavik, Akureyri, Egilsstaðir* och *Höfn*.
- Stoppunkter - vandringsleder och sevärdheter är inlagda som punktdata i shapefil. Information är hämtad från: *Ferdakortbok* (Landmaelingar Islands 2002) från isländska lantmäteriet, *Around Iceland* (Heimur 2004) från Isländska turistbyrån samt guideboken *Iceland* (Harding & Bindfloss 2004) från reseförlaget Lonely Planet.

All digital data som används har Lamberts koniska konforma projektion med WGS 84 som datum och ellipsoid. Parametrar som används för det Isländska referenssystemet ISN 93 är:

Centralmeridian	-19° 00' 00" (V)
Latitud för projektionens ursprung	65° 00' 00" (N)
1:a standardparallellen	64° 15' 00"
2:a standardparallellen	65° 45' 00"
X-tillägg	500 000 m
Y-tillägg	500 000 m

¹² Arc sekund = 1°/3600 (Ekman 2002).

3.4 Korrigering av vägsiktet

I vägsiktet *vegir* från Islands vägverk identifierades länkar som ej bildade ett sammanhängande nätverk. Flera uppenbara fel uppmärksammades, bland annat i ett antal länkar för Riksväg 1 (figur 3.1). Små avstånd mellan två länkar som ej är sammankopplade är svåra att upptäcka vid visuell granskning av kartbilden med en normal förstoring. Förmodligen har felen med ofrivilliga ändnoder uppstått vid uppbyggnaden eller korrigeringen av vägsiktet i GIS-programmet. Troligtvis har GIS-programmets inställning för automatisk sammankopplingsfunktion (*eng. snappingtolerance*) av två närliggande noder varit för lågt inställd.

I de fall då en väg slutar naturligt vid en gård eller vid en utsiktsplats skall det finnas en ändnod vid vägens slut, det vill säga alla ändnoder är ej felaktiga. Vid en kontroll av hela vägsiktet *vegir* var det totala antalet ändnoder 10 230. Att automatiskt rensa vägsiktet från felaktiga ändnoder är ett alternativ till manuell korrigering. Metoden för automatisk rensning bygger på att ett värde för minsta toleransavstånd (*eng. fuzzy tolerance*) mellan två linjer anges, därefter beräknas ett nytt vägsikt fram. *Fuzzy tolerance* ändrar på koordinaterna i databasen, och kan därmed minska noggrannheten (Eklundh 2001).

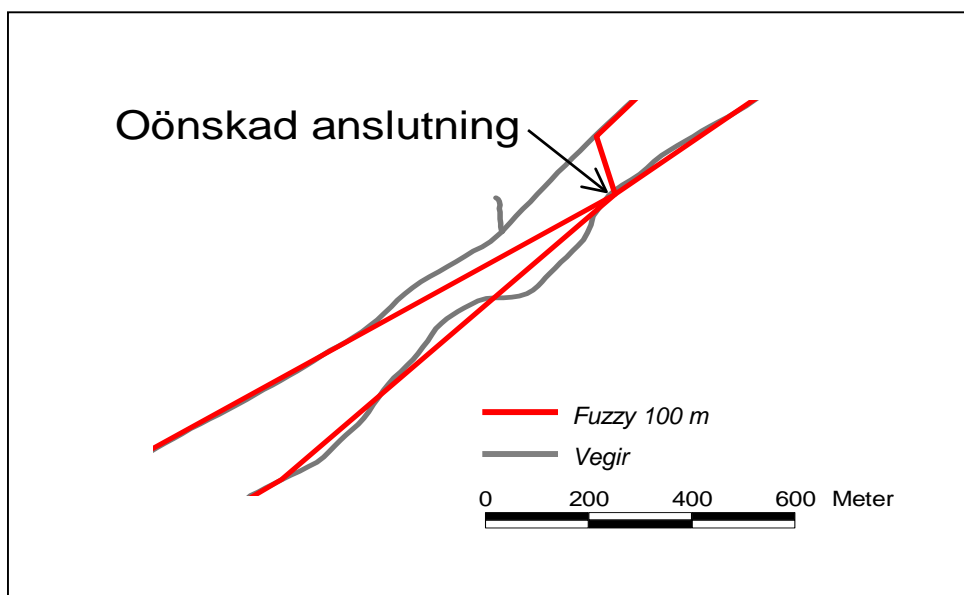
I syfte att skapa ett bättre topologiskt vägsikt och samtidigt minimera det nya vägsiktets avvikelser från originalet, delades vägsiktet *vegir* upp i fem mindre shapefiler. Delningen utfördes mellan vägsiktets olika klasser baserat på vägbredd. Genom att dela upp vägfilen i mindre enheter kan värdet för *fuzzy tolerance* för tre skikt minimeras till 10 meter och för de övriga två skikten minimeras till 50 meter. Om denna delning av vägfilen ej utförts - skulle värdet för fuzzy tolerance för shapefilen *vegir* överskridit 100 meter för att uppnå ett någorlunda sammanhängande nätverk.

De fem automatiskt rensade filerna sammanfogades därefter till en ny shapefil. Den omarbetade shapefilen korrigerades med hjälp av en byggfunktion (*eng. build*) för att erhålla ett fungerande nätverk av vägsiktet. Hur antalet ändnoder minskade från den ursprungliga shapefilen *vegir* till den omarbetade shapefilen *Ny vägfil* visas i tabell 3.1. Förändringen av koordinaterna i databasen har även påverkat den totala väglängden. I den omarbetade filen är den totala väglängden 107 kilometer kortare än den ursprungliga shapefilen *vegir*.

Tabell 3.1 Jämförelse mellan *Vegir* och den omarbetade filen *Ny vägfil*.

Shapefil	Ändnoder	Antal vägsegment	Väglängd (km)	Avvikelse (km)
<i>Vegir</i>	10 230	24 934	20 336	
<i>Ny vägfil</i>	9 325	21 273	20 229	- 107

Alternativet att inte dela vägsiktet i mindre enheter hade krävt ett värde för *fuzzy tolerance* på 100 meter för hela vägsiktet. Vägsiktets längd skulle i detta fall ha förkortats med 876 kilometer, vilket skulle ha minskat kontrollen över den nya vägsträckningen. Denna företeelse visas i figur 3.2. Det uppstår en oönskad anslutning mellan länkarna i vägsiktet *Fuzzy 100m* med ett *fuzzy tolerance* värde på 100 meter. Detta beror på att det finns parallella vägar inom ett avstånd av 100 meter i den ursprungliga filen *vegir*.



Figur 3.2 Jämförelse av förebilden och korrigering med fuzzy tolerance.

Figur 3.2 visar även hur rensningsfunktionen generaliserar vägsträckningens småkurvor, och därmed förkortar den ursprungliga väglängden.

3.5 Definitioner av tillgänglighet

Det gamla talesättet "*Tid är pengar*", har en central ställning när Handy & Niemeier (1997) definierar hög tillgänglighet; Ju mindre tid, eller ju lägre kostnad som läggs på själva resan - desto större blir tillgängligheten till alla de tänkbara målen:

"Accessibility is determined by the spatial distribution of potential destinations, the ease of reaching each destination, and the magnitude, quality, and character of the activities found there. Travel cost is central: the less time and money spent in travel, the more places that can be reached within a certain budget and the greater the accessibility." (Handy & Niemeier 1997).

I denna studie används följande tolkning av begreppet tillgänglighet.

- **Tillgänglighet varierar beroende på olika färdmedel** - Under rubriken *2.1 Islands infrastruktur*, framgår att både inrikesflyg alternativt vägtransport är lämpligt för längre förflyttningar inom Island, medan vägtransporter är det enda alternativet för dagsutflykter.
- **Tillgänglighet varierar beroende på olika väg- och väderförhållande** - I undersökningen förutsätts att väg- och väderförhållande är goda och stabila och inte påverkar färdtiden utöver den allmänna hastighetsreducerande faktorn som används i studien.
- **Tillgänglighet beror på vilken startpunkt respektive stoppunkt som avses** - *Startpunkter* utgörs av platser som kombineras med övernattningsställen. *Stoppunkter* beror i allra högsta grad på vad den enskilde turisterna främst är intresserad av att se och uppleva under sin semester.
- **Tillgänglighet beror på framkomlighet i det isländska vägnätet** - Framkomligheten beror till stor del på vägens fysiska variabler. I denna studie används hastighetsreducerande faktorer för olika väg och höjdförhållande.

3.6 Start- och stoppunkter

Vid val av startpunkt blir huvudstaden *Reykjavik* ett självklart val. *Reykjavik* kompletteras med tre andra isländska städer som erbjuder bra övernattningsmöjligheter. Alla har goda kommunikationsmöjligheter, nära anslutning till huvudvägen Riksväg 1 samt regelbundna flygförbindelser med huvudstaden. Förutom *Reykjavik*, är de tre städer som valts som startpunkter i studien: *Akureyri*, *Egilsstaðir* och *Höfn*. Städerna är belägna i relativt glesbefolkade områden längs nord-, öst- och sydkusten (figur 1.1).

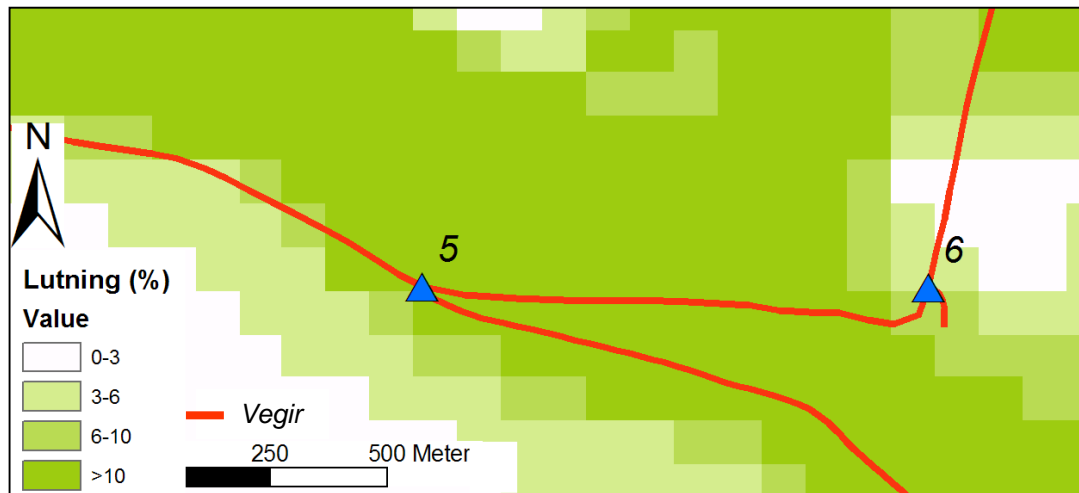
Stoppunkter har valts för att återspegla platser som en turist besöker och delas in i två kategorier. Vandringsleder representerar naturen och sevärdheter representerar historia och kultur. Utgångsläge för de sevärdheter och vandringsleder som valts för nätverksanalysen publiceras som *Place of Interest*, *Listed Heritage sites*, *Top Hikes* samt *Footpath* i turist- och guideböcker.

3.7 Körhastighet

Attributet hastighet tillsammans med vägsegmentens längd används för att approximera en körhastighet, och därmed färdtid, för beräkningar i nätverksanalysen. Målet med körhastighet är att i nätverksanalysen spegla den verkliga tid det tar för en turist att ta sig fram på olika typer av isländska vägar under goda väder- och siktförhållande. Normalt kör en turist inte så fort på okända vägar, speciellt inte på Island där vägarna är smala och tidvis i ganska dåligt skick. Väderförhållande med hård vind och kraftig nederbörd är inte ovanligt på Island.

I attributtabeln kan färdtiden för varje vägsegment enkelt beräknas om hastigheten för varje enskilt vägsegment är känd. Enligt Isländska vägverket är hastighetsbestämmelserna 90 km/h på alla huvudvägar, samt 80 km/h på alla övriga vägar. Den enda hastighetsbegränsningen finns utanför skolor samt inom tätorter (Vegagerð ríkisins 2004).

För att använda *vegir* i en nätverksanalys beräknas den tid som det tar att färdas längs varje vägsegment. Längden för varje vägsegment beräknas genom att noder och vertex geografiska placering är känd. Den färdbara hastigheten i nätverksanalysen blir för hög om enbart de gällande hastighetsbestämmelserna ingår i beräkningen. En mängd olika faktorer förutom rådande hastighetsbegränsning påverkar den verkliga hastigheten. Bland annat kan nämnas: fordonets dragkraft och vikt, väglutning, vägbredd, kurvradie, vägbeläggning, sikt- och väderförhållande samt förarens beteende (Vägverket 2004). I denna studie har försök gjorts att använda vägens lutning som hastighetsbegränsande faktor, som beskrivs i vägverket hastighetsmodell (Vägverket 2004). Terrängens slutningslutning kan enkelt beräknas från en digital höjddatamodel. Vägverkets metod att beräkna körhastigheten kunde inte användas på grund av låg upplösning i höjddatamodeln. Islands dynamiska landskap, i kombination med en meters upplösning i höjddled och en cellstorlek på 92,58 * 92,58 meter i den digitala höjddatamodeln, gjorde det svårt att approximera verklig körhastighet. Genom klassindelning av slutningslutningen minskades mängden data, men alltför höga värden på slutningslutningen uppstod för områden där en väg följer parallellt utmed en brant bergvägg, som till exempel i ett fjordlandskap.



Figur 3.3 Lutning i procent vid mätpunkt 5 och 6.

Figur 3.3 visar mätpunkt 5 och 6, vilka beskrivs utförligare i bilaga 2. Mellan mätpunkt 5 och 6 är lutningen ca 16 % enligt Isländska vägverket, vilket stämmer med figur 3.3 som visar >10 % på denna mätsträcka. Men väster om mätpunkt 5 följer vägen utmed bergväggen utan nämnvärd horisontell höjdskillnad. Figur 3.3 visar felaktigt en kraftig lutning på delar av vägen. Detta är en följd av den grova cellupplösningen i den digitala höjdmodellen.

Eftersom Vägverkets modell inte fungerade med den digitala höjdmodellen söktes en alternativ beräkningsmetod. Det allmänna kommunikationsnätet på Island består av långfärdsbussar. Tidtabeller för de olika busslinjerna ligger till grund för beräkningen av turistens körhastighet i nätverksanalysen. För att spegla variationen i framkomlighet utmed de isländska vägarna skapas tre hastighetsbegränsande variabler:

1. En allmän hastighetsreduktion på alla vägar.
2. En hastighetsreduktion beroende på vägbeläggning.
3. En hastighetsreduktion beroende på om vägen går genom hög- eller lågland.

Variablernas storlek och klassindelning provas på korta vägavsnitt. Först fastställs en allmän hastighetsreduktion på alla vägar, därefter jämförs skillnader mellan grus- och asfaltvägar. Slutligen jämförs låg- och högländsvägar. Antagandet om hastighetsreduktion på olika vägtyper bygger på att den totala färdtiden för en busslinje är rätt svar på ekvationen. Körhastigheten för motsvarande vägsträcka i shapefilen beräknas med rådande hastighetsbegränsning (80 eller 90 km/h). Skillnaden mellan den beräknade körhastigheten och bussens färdtid testas med tre olika hastighetsbegränsande faktorer, som evalueras mot tidtabell för busslinjer och mätning.

3.7.1 Allmän hastighetsreduktion

Faktorn gäller för alla vägar och ska ta hänsyn till hastighetsbegränsning i tätorter, trafikstockning samt möte vid smala passager. Viss tid för att stanna till och ta ett foto, titta på kartan, kaffe paus och tankning ingår också i denna faktor.

- Den allmänna hastighetsreducerande faktorn uppskattades till 0,75
(vilket motsvarar en ökning av färdtiden med 33 %)

3.7.2 Vägbeläggning

En manuell klassning av vilka vägar som är asfaltbelagda och vilka som är grusvägar gjordes utifrån en papperskarta från Vegagerð ríkisins (2004). Tabell 3.2 visar antal km asfaltbelagda vägar i två olika kategorier: *Samtliga vägar* och *Huvudvägar*. Den utifrån kartan klassade filen *vegir* jämfördes med data från det Isländska vägverket och skillnaden blev 278 kilometer. Detta kan till en viss del förklaras med att Västmannaöarna inte ingår i shapefilen *vegir*, men ingår i Isländska vägverkets statistik. Även en mindre avvikelse, 141 kilometer, finns mellan *Statistics Iceland's* data för huvudvägar och shapefilen *vegir*.

Tabell 3.2 Antal kilometer asfaltbelagda vägar på Island.

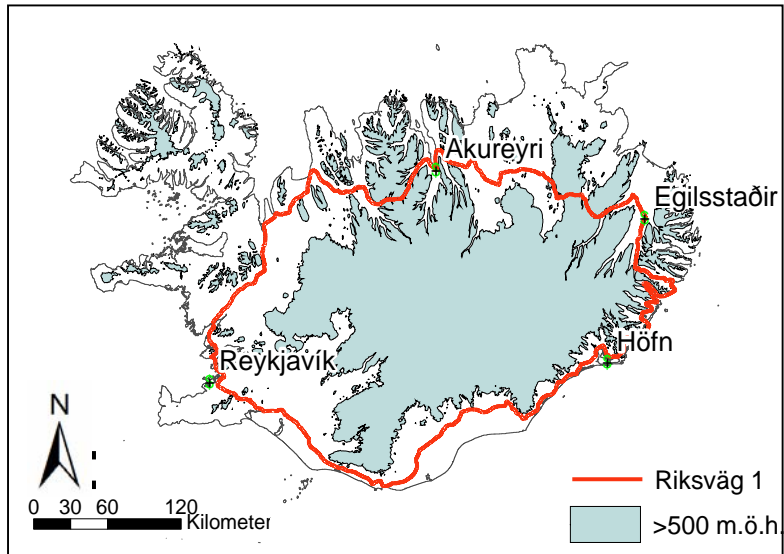
	Vegir	Isländska vägverket	Statistics Iceland	Avvikelse
<i>Samtliga vägar</i>	4 052	4 330		- 278
<i>Huvudvägar</i>	3 820		3 961	- 141

Ljud, vibrationer, sämre väggrepp och i vissa fall smalare vägar påverkar hastigheten på grusvägar jämfört med asfalterade vägar, följande faktorer har valts:

- Asfaltbelagda vägar har ingen faktor för hastighetsreduktion
- Grusvägar har den hastighetsreducerande faktorn 0,833
(vilket motsvarar en ökning av färdtiden med 20 %)

3.7.3 Högländ/lågländ

Mark över 500 meter över havet klassas som högländ och 500-meters höjdkurvan delar Island i två nästan lika stora delar (figur 3.4). Inom högländsområde finns endast 10 procent av Islands totala vägnät. Här är vägarna i allmänhet smalare, krokigare och lutningen kan vara brantare. Broar saknas ofta då vattendrag passeras.



Figur 3.4 Högland/lågland.

För att uppväga hastighetsminskningen på höglandet har följande faktorer valts:

- Låglandsvägar har ingen faktor för hastighetsreduktion
- Höglandsvägar har den hastighetsreducerande faktorn 0,769
(vilket motsvarar en ökning av färdtiden med 30 %)

3.8 Beräkning av körtiden

Alla länkar i nätverket beräknas. Utifrån vägsegmentets längd, hastighetsbegränsning och de olika hastighetsreducerande faktorerna beräknas körtid i sekunder enligt ekvation 1.

$$H = (L / (V / 3,6)) / A / B / Ö$$

Ekvation 1

H	körtid (s)
L	vägsegmentets längd (m)
V	rådande hastighetsbegränsning (km/h) / 3,6 (omvandling från km/h till m/s)
A	allmän faktor (alla vägar 0,75)
B	vägbeläggning (asfaltvägar 1,0 eller grusvägar 0,833)
Ö	höjd över havet (vägar < 500m 1,0 eller vägar >500m 0,769)

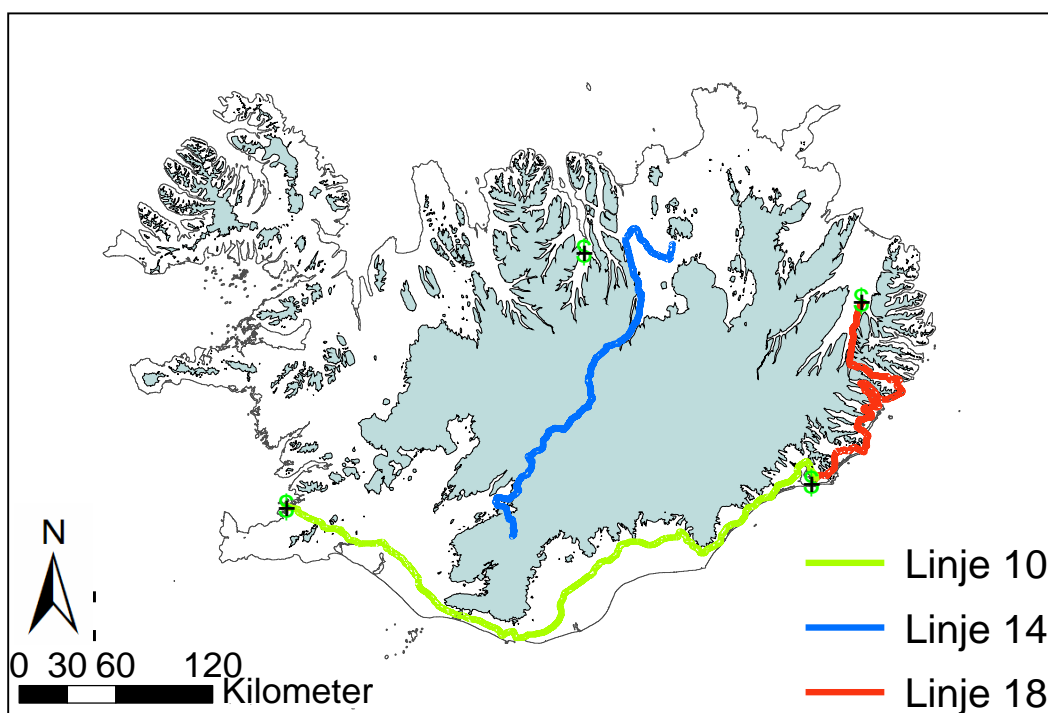
4 Resultat och utvärdering

4.1 Digital höjdmmodell

Från höjdmodellen i rasterformat beräknades sluttningsslutningen i procent. Rasterfilen konverterades till polygoner i vektorformat för att göra en överlagring med vägsnittet *vegir*. För att minska datamängden i polygonfilen delades sluttningsslutningen in i olika klasser. Datamängderna i båda filerna är relativt stor, tidsåtgången för överlagringen var cirka 24 timmar¹³. På grund av för låg upplösning i höjddatamodellen kunde inte Vägverkets metod användas för att beräkna körhastigheten. Ett alternativ att få bättre exakthet på sluttningsslutningen är att använda en annan höjdmmodell med högre upplösning. Det är dock svårt att få tag i data med hög upplösning för större områden. Exempelvis lagras GSD höjddata från Lantmäteriet i Sverige i ett antal höjddatabaser med ytstorleken 5 * 5 kilometer och med en cellstorlek på 50 * 50 meter (Lantmäteriet 2005).

4.2 Busslinjer

För att evaluera om antagandet med de hastighetsbegränsande faktorerna är rimlig har en jämförelse gjorts mot olika isländska busstidtabeller (Bilaga 1. *Busstidtabeller*). De tre busslinjer som valts för undersökningen är **Linje 10** som går mellan *Reykjavik - Höfn*, **Linje 14** som går mellan *Myvatn - Landmannalagar* samt **Linje 18** som går mellan *Höfn - Egilsstaðir* (figur 4.1). Utmed de valda busslinjerna passeras samtliga startpunkter samt några stoppunkter som ingår i studien. I jämförelsen beskrivs först fysiska variabler längs de tre busslinjerna, därefter jämförs tidsangivelsen för busslinjen mot den beräknade körtiden för motsvarande vägsträcka i shapefilen *vegir* enligt ekvation 1.

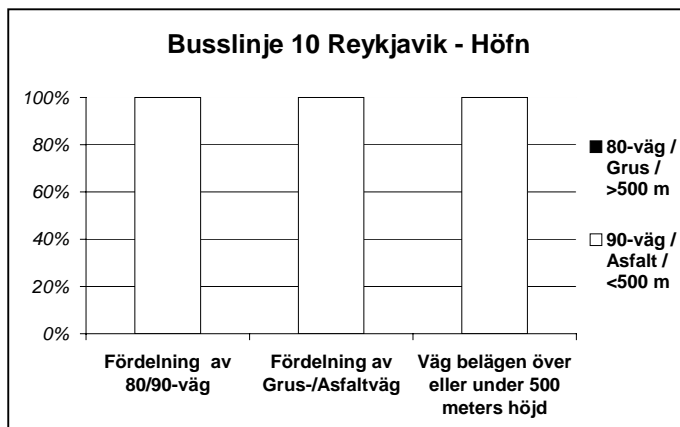


Figur 4.1 Busslinjer

¹³ Processor: Intel Pentium 4 CPU 3.06 GHz.

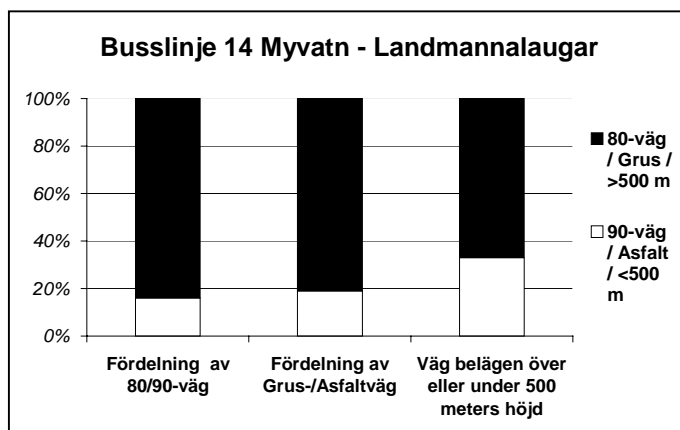
4.2.1 Busslinjernas fysiska variabler

Busslinje 10 går längs den snabbaste vägen i utvärderingen. Vägen utgörs av Riksväg 1 som på denna etapp har hastighetsbegränsningen 90 km/h och består uteslutande av asfalt (figur 4.2.a). Denna busslinje går uteslutande genom lågland och korsar stora sandurfält, vika har extremt långa och raka vägavsnitt.



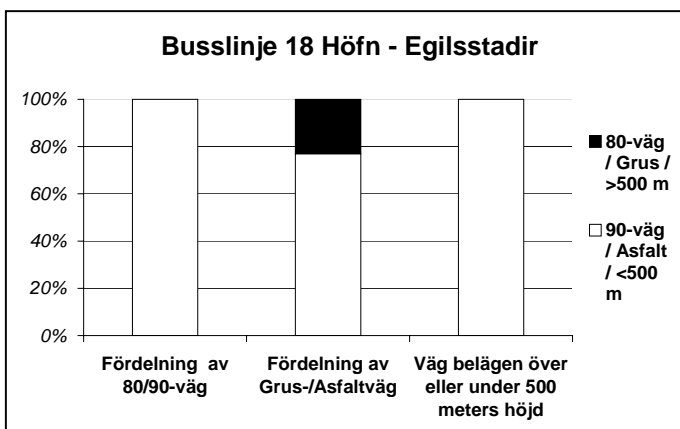
Figur 4.2.a Fysiska variabler för busslinje 10.

Första delen av busslinje 14, vägen mellan *Myvatn* och *Akureyri*, går på Riksväg 1. Därefter korsar busslinjen det isländska höglandet i nord - sydlig riktning mot *Landmannalaugar*. Uppe på höglandet är det övervägande grusvägar med hastighetsbegränsningen 80 km/h (figur 4.2.b).



Figur 4.2.b Fysiska variabler för busslinje 14.

Linje 18 går på en etapp av Riksväg 1 som har en helt annan karaktär än sträckan för Linje 10. Busslinjen följer en kustväg som slingrar sig genom dalarna i ett fjordlandskap. Denna kurvighet framgår dock ej ur diagrammet i figur 4.2.c. Hastighetsbegränsningen är 90 km/h, och 23 procent av Riksväg 1 är på denna vägsträcka grusväg (figur 4.2.c).



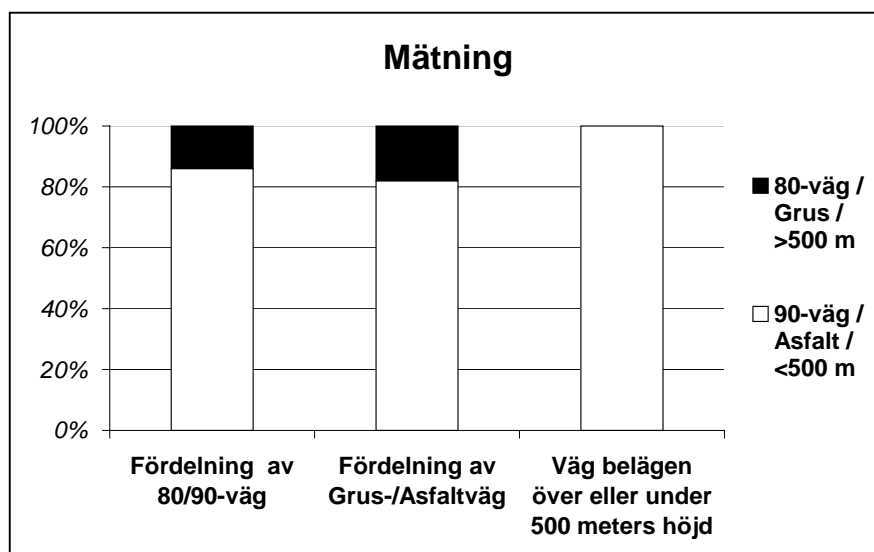
Figur 4.2.c Fysiska variabler för busslinje 18.

Tidsangivelserna i busstidtabellen är avrundade till femminutersintervaller vid varje stopp, vilket medför att tidsberäkningen för enskilda etapper blir något fel när den jämförs med motsvarande etapp i busstidtabellen. Tidsangivelsen för hela busslinjen avviker dock mycket lite från den beräknade körtiden för de tre linjerna.

4.3 Utvärdering med mätning

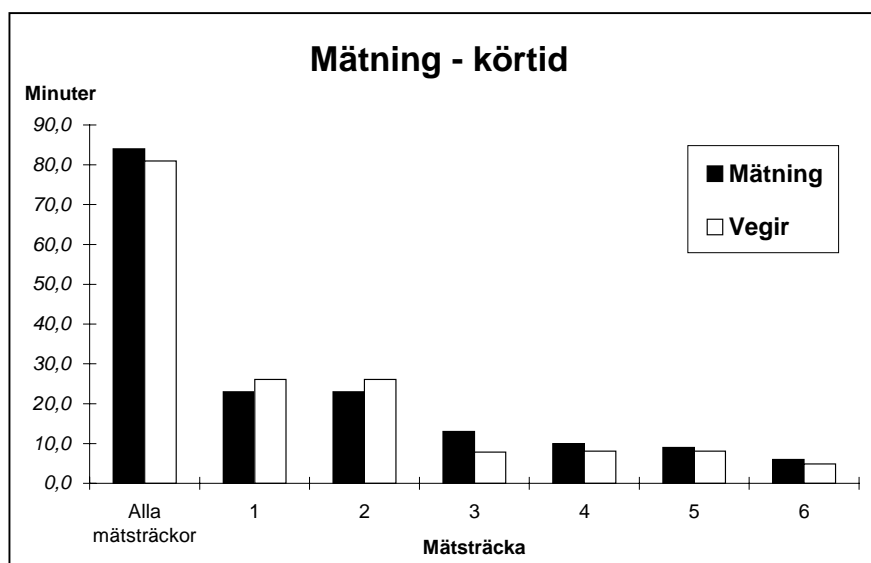
För att utvärdera dessa antaganden om hastighetsbegränsande faktorer har mätningar utförts med en fyrhjulsdriven personbil på några olika isländska vägsträckor utanför staden Höfn vid Islands sydkust. Ur dessa mätningar har en sträcka på 1 100 meter undantagits från utvärderingen av den anledningen att det är en specialvägsträcka med 16 procents lutning som inte är representativ för hela det övriga isländska vägnätet. Isländska Vägverket arbetar för närvarande på att bygga en tunnel under denna svåra passage. Ytterligare en mätning har undanhållits utvärderingen, en mätning av ett kort vägsnitt där start- och stoppunkter för mätningen inte överensstämmer med motsvarande vägsegment i shapefilen vegir. De sträckor som inte är inkluderade i utvärderingen är mellan mätpunkt 1-3 samt mellan mätpunkt 5-6 (Bilaga 2 *Mätprotokoll och mätpunkter*).

Figur 4.4 visar fysiska variabler för de vägsträckor där mätningen utfördes. Asfalt- och 90-vägar dominerar, medan vägar belägna på en höjd över 500 meter inte är med i mätningen.



Figur 4.4 Fysiska variabler för den sammanlagda mätsträckan.

Den sammanlagda uppmätta tiden är 84 minuter, medan den beräknade körtiden i filen *vegir* är 81 minuter (figur 4.5). Under mätningen utfördes vägarbete på delar av två av mätsträckorna, farten var nedsatt till 50 km/h vid passage av vägarbetet. Tar man hänsyn till denna oförutsedda hastighetsminskning under 2 000 meter, blir den totala körtiden 81 minuter både i mätningen och i resultatet av nätverksanalysen.



Figur 4.5 Jämförelse av mätning - körtid.

4.4 Det isländska vägnätet runt startpunkterna

Syftet är att kartlägga de olika vägnätsförhållandena kring de olika startpunkterna. Utifrån de fyra startpunkterna: *Reykjavik*, *Akureyri*, *Egilsstaðir* och *Höfn*, beräknas en servicearea i nätverket.

Maximal restid från startpunkt till stoppunkt är 2 timmar inom denna servicearea. Tabell 4.1 visar fördelningen av antal kilometer i nätverket kring de fyra potentiella startpunkterna.

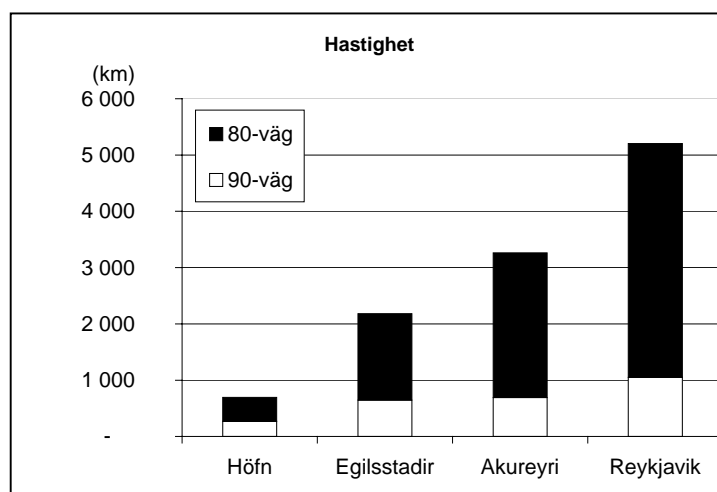
Tabell 4.1 Storlek på vägnät utifrån en färdtid på två timmar.

Startpunkt	Höfn	Egilsstaðir	Akureyri	Reykjavik
Vägsträcka (km)	693	2 183	3 260	5 203

Vägnätet runt huvudstaden *Reykjavik* är inte helt oväntat störst, se tabell 4.1. Kortast färdbar väg är kring startpunkten *Höfn*, som är belägen mellan Europas största glaciär *Vatnajökull* på den ena sidan och Atlanten på andra sidan. De större vägarna i vägnätet kring *Höfn* har sin huvudsakliga sträckning parallellt med kusten, vilket medför ett relativt litet vägnät.

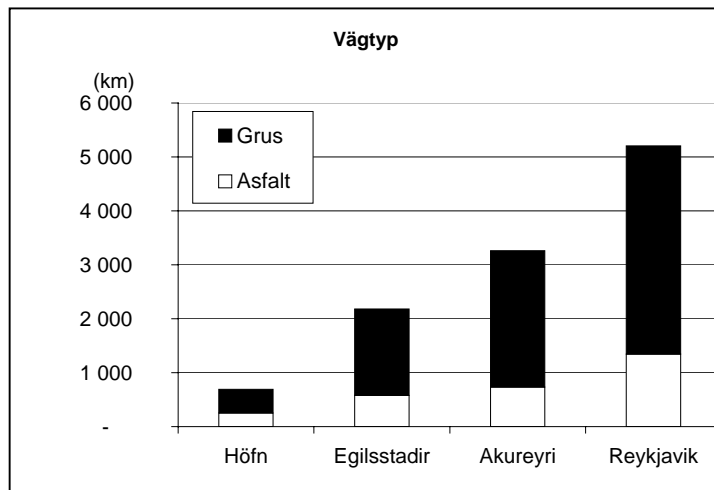
Inom de olika nätverken runt startpunkterna är fördelningen av vägar med hastighetsklassen 90 km/h ganska jämn, vilket kan förklaras med att ringvägen Riksväg 1, som förbinder alla startpunkterna, utgör

merparten av vägar i klassen 90-väg (figur 4.6.a). En ringa ökning märks dock i Reykjaviksregionen, vilket är naturligt med tanke på att merparten av Islands befolkning bor i detta område, samt närheten till den internationella flygplatsen i *Keflavik*.



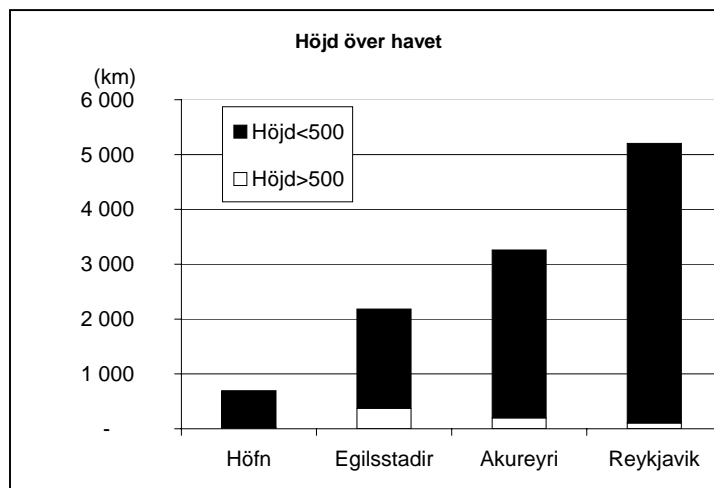
Figur 4.6.a Fördelning av 80-/90-väg.

Fördelningen mellan andelen grusväg och asfalterad väg påminner till viss del om uppdelningen av hastighetsklasserna. Det skall dock tilläggas att hela ringvägen Riksväg 1 inte är belagd med asfalt. Vissa delar av Riksväg 1 mellan Höfn och Egilsstaðir är grusbelagd. Återigen bidrar de större trafikflödena i huvudstadsregionen till att andelen asfalterad väg är något högre runt Reykjavík (figur 4.6.b).



Figur 4.6.b Fördelning av grus/asfaltväg.

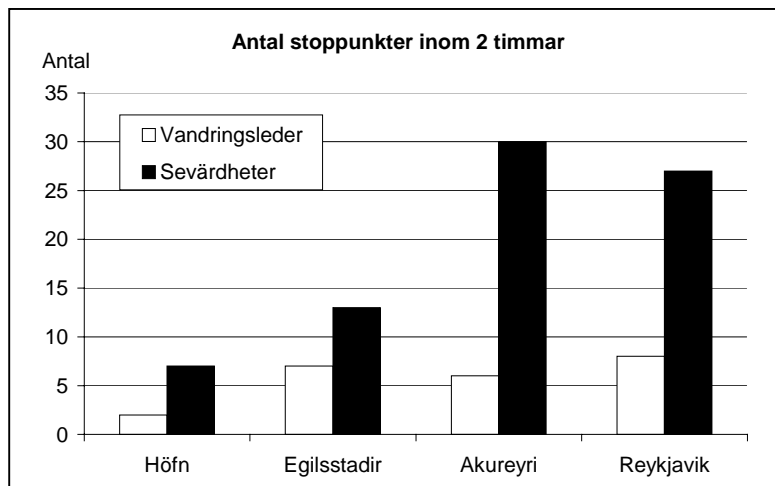
Vägar som är belägna över 500 meters höjd över havet finns det endast ett fåtal kilometer av inom de fyra nätverken (figur 4.6.c). En anledning är att man undviker kraftiga höjdvariationer när man bygger och planerar vägar. Vägsträckningen går istället runt berg och höjder vilket resulterar i en längre vägsträckning. Detta påstående visas enkelt med en jämförelse av vägavståndet för Riksväg 1 mellan Egilsstaðir och Akureyri som är 268 kilometer medan det euklidiska avståndet (fågelvägen) endast är 178 kilometer. Mest vägar över 500 meters höjd över havet, både i realiteten och procentuellt sett, finns i området kring Egilsstaðir. Även runt Akureyri finns det ett par kilometer väg över 500 meter över havet.



Figur 4.6.c Fördelning av väg över/under 500 m.ö.h.

4.5 Tillgänglighet runt startpunkterna

I studien delas stoppunkterna upp i två klasser: *Vandringsleder* samt *Sevärdheter*. Utifrån det vägnät som skapats från shapefilen *vegir*, med maximalt två timmars körtid från de fyra startpunkterna, finns ett antal olika stoppunkter (figur 4.7). Antalet sevärigheter är klart färre i *Höfn* och *Egilsstadir*, medan vandringslederna är mer jämnt fördelade mellan de fyra startpunkterna.



Figur 4.7 *Vandringsleder och sevärigheter.*

I studien har en jämförelse gjorts mellan två kategorier av stoppunkter: *sevärigheter* och *vandringsleder*. Resultatet blev motsägelsefullt. I fallet för stoppunkt *sevärigheter* finns en viss koppling med ett ökat antal sevärigheter när den färdbara vägen i nätverket också ökar, medan för stoppunkt *vandringsleder* finns inte samma koppling. Antalet *vandringsleder* är mer jämnt fördelat mellan de olika startpunkterna.

5 Diskussion

5.1 Start- och stoppunkter

Reykjavik har av historiska skäl alltid utgjort stommen för dagsutflykter på Island. Många klassiska dagsturer med stoppunkter som till exempel: *Bingvellir*, *Geysir* och *Gullfoss* är för Island vad Eiffeltornet eller Triumfbågen är för *Paris*. Berömda mål som de flesta turister gärna vill se och uppleva på sin semesterresa. Stoppunkter i studien utgår från existerande vandringsleder och sevärdheter, möjligheter finns att i framtiden även introducera nya stoppunkter för dagsturer. Att finna andra startpunkter än *Reykjavik* som är lämpade för dagsturism beror främst på vilken typ av stoppunkt som väljs. Generellt sett finns flera bra alternativ till startpunkter. Men i de fall turisten är intresserad av heta källor i *Geysir* eller fiska lax i en älv, finns det inga alternativa stoppunkter, och därmed begränsas antalet startpunkter. Ytterst är det den enskilde turistens specifika val av stoppunkter som ligger till grund för vad som är alternativa startpunkter.

Begreppet vandringsled är ett vidsträckt begrepp. Det direkta antalet leder speglar inte alltid omfånget och kvalitén för den aktuella stoppunkten. Ett exempel på en vandringsled enligt databasen är *Skaftafell*, som egentligen består av ett antal olika vandringsleder av varierande längd och svårighetsgrad. *Skaftafell* är beläget i Islands största nationalpark och ligger inom nätverket för startpunkten *Höfn*.

5.2 Kostnadseffektivitet

Metoden som används i studien utgår från lokala busstidtabeller för att bestämma körtiden för en turist på de isländska vägarna. Stora geografiska områden kan relativt enkelt beräknas utan fysiskt närvaro. Tidsödande mätningar samt resor till och från mätområdet kan undvikas och därmed sparas både tid och pengar. Denna metod kan även fungera på andra ställen än Island.

Metoden är avsedd för turism men kan nyttjas för beräkning av körtid för annan typ av förflyttningar som färdtjänst eller skolskjutsar utanför tätorter. Även transportbranschen kan använda denna typ av körtidsberäkning. Körtiden bör anpassas för förare med större lokalkännedom än turister.

5.3 Styrning av trafikflöde

Planeringen av dagsturism kan styras av den som administrerar vägdatabasen. Ej lämpliga vägar ur turistsynpunkt är exempelvis vägar på högländet under fel säsong. Vägar med hög olycksrisk, tillfälliga avbrott, svårframkomliga vägar eller vägar där trafikstockning lätt uppstår kan avlägsnas tillfälligt ur den allmänna databasen.

5.4 Felkällor

5.4.1 Osäkerhet i vägskiktets väglängd

För att skapa ett sammanhängande nätverk av shapefilen *vegir* korrigerades vägskiktet med hjälp av *fuzzy tolerance*. Metoden ändrar koordinaterna i databasen. Genom att använda olika värde för *fuzzy tolerance* på olika klasser av vägskiktet, minskades felet av den totala förkortningen av väglängden, med cirka 0,5 procent. Felet i väglängd påverkar inte analysen i stort, då en allmän hastighetsbegränsande faktor ökar färdtiden på alla vägar i databasen.

Vid användning av *fuzzy tolerance* är det viktigt att inga oönskade anslutningar tillkommer vid korrigerande av vägsnittet. I studien minimerades risken med låga värde för *fuzzy tolerance* för de olika klasserna i vägsnittet.

5.4.2 Utvärderingsmätning

Kontroll av den beräknade körtiden har endast utförts med bil på en ytterst begränsad del av det isländska vägnätet. Inga mätningar har utförts av vägar uppe på höglandet. Det hade varit önskvärt att fler utförliga mätningar utförts på alla typer av vägar för en bra utvärdering.

5.4.3 Osäkerhet i beräkningen av körtiden

Fel kan förekomma i beräkningen av körtiden, särskilt på sträckor med korta avstånd. I den grova klassningen av de hastighetsbegränsande faktorerna kan fel förekomma om de olika vägförhållandena varierar, till exempel tidsförlusten i körtiden kompenseras inte för en eller flera branta backar på det område som i studien klassats som lågland.

Modellen är inte avsedd att användas till ruttplanering inom tätbebyggt område, däremot kan en dagstur passera genom ett tätbebyggt område. Modellen i studien försöker att spegla en realistisk körtid för turister utan större kännedom om de isländska vägarna. Utseendet på vägnätet kring de fyra startpunkterna som ingick i studien varierar relativt lite, vilket är gynnsamt för en enhetlig beräkning av körtiden.

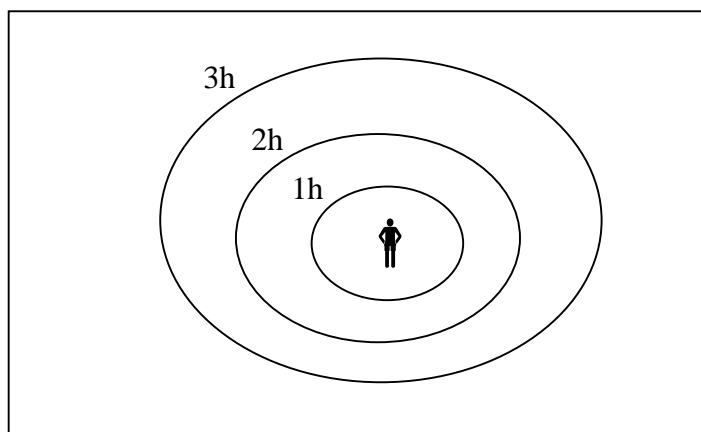
5.6 Framtidsvisioner

Ju mindre tid som läggs på själva resan - desto större blir tillgängligheten till alla tänkbara stoppunkter. Hur kan GIS användas för att planera dagsutflykter under en semestervecka på Island? I min granskning har jag provat olika GIS-applikationer via Internet för att söka efter olika platser och sevärdheter. Användning av denna typ av applikation medför att turisten själv får bedöma de resvägar som kan vara lämpliga samt estimerar färdtid för transporter utmed resvägarna.

I denna studie har även applikationer som kan beräkna färdtid mellan två valda punkter testats. I denna applikation kan även olika stopp läggas till i beräkningen. Turisten väljer själv ordning för de olika stoppen, vilket medför att det kan bli svårt att uppskatta den mest optimala vägen.

Jag har dock inte funnit någon GIS-applikation som klarar en mer flexibel planering av isländsk dagsturism utifrån den enskilde turistens behov. Det som krävs för att ett GIS-baserat planeringssystem skall fungera teoretiskt är följande:

- En tabell över tänkbara startpunkter skapas. Startpunkterna kommer att fungera som nav i systemet. De bör ligga utmed Riksväg 1 och ha tillgång till inköps-, mat- och övernattningsservice samt inrikesflyg. Utifrån startpunkten skapas med hjälp av vägnätet i shapefilen *vegir* olika serviceareor beroende på körtiden (figur 5.1). Lämpliga val kan vara; en, två eller tre timmars körtid.



Figur 5.1 Servicearea kring en startpunkt.

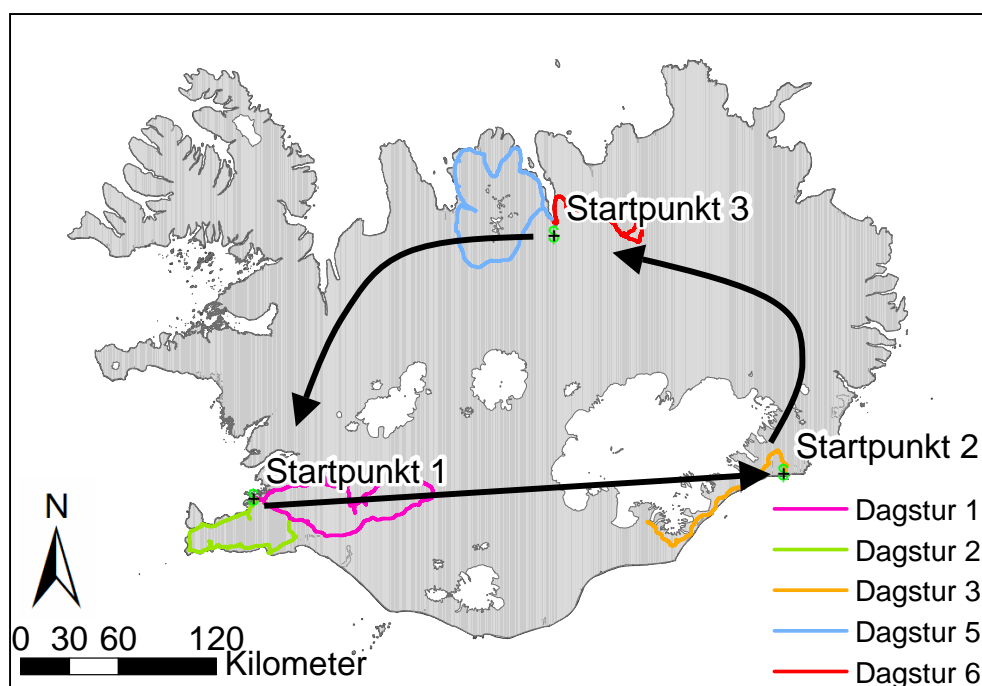
- En databas med alla stoppunkter utgör grundstommen i systemet. De stoppunkter som ingår i undersökningen bör kompletteras med många fler kategorier, till exempel museer, ridning och fiske, för att kunna möta den enskilde turistens alla önskemål. För varje stoppunkt finns en på förhand vald besökstid som systemet utgår från i sina beräkningar. Denna besökstid bör kunna ändras av den enskilde turisten för att ge en mer korrekt stopptid.
- Turisten väljer stoppunkter ur databasen samt en maxtid för dagsturen. Systemet grupperar stoppunkter utifrån vilken servicearea och startpunkt som de tillhör. Därefter utförs en dagsplanering för att finna i vilken ordning som stoppunkterna ska besökas samt en beräkning av den sammanlagda färdtiden. Detta utförs med *travelling salesman* algoritmen, exempel tabell 5.1. Slutligen adderas stopptiden för stoppunkterna till färdtiden för att finna den totala tiden för dagsutflykten. Tiden för dagsturen jämförs med maxtid för dagsturer, för att avgöra om dagsrutten är glitig. Det vill säga en kontroll av att stopptider för stoppunkter samt körtid mellan stoppunkterna ligger innanför maxtiden för dagsturen.
- Slutligen ruttplaneras startpunkterna med *travelling salesman* algoritmen för att få en sammanhängande semestervecka. Med tre olika stoppunkter på en semestervecka kan resultatet bli likt det som visas i figur 5.2 och i tabell 5.2.

Tabell 5.1 Körtid beräknad i sekunder mellan olika stoppunkter.

	Reykjavik	Þingvellir	Vigdalaug	Solheimar	Skalbolt	Geysir	Gullfoss	Stöng
Reykjavik		2 353	4 026	4 570	4 873	5 462	6 017	7 158
Þingvellir	2 353		1 673	2 627	2 862	3 125	3 663	5 906
Vigdalaug	4 026	1 673		1 312	1 547	1 453	1 990	4 591
Solheimar	4 570	2 627	1 312		982	2 266	2 792	4 026
Skalbolt	4 873	2 862	1 547	982		1 778	2 304	3 064
Geysir	5 462	3 125	1 453	2 266	1 778		654	4 778
Gullfoss	6 017	3 663	1 990	2 792	2 304	654		4 822
Stöng	7 158	5 906	4 591	4 026	3 064	4 778	4 822	

Exempel på ruttplanering för en dagstur med målsättningen att finna den snabbaste vägen från startpunkt via sex stoppunkter och åter tillbaka till startpunkten, visas i tabell 5.1. Körtiden visas i sekunder för alla möjliga kombinationer mellan de olika punkterna. Den fetmarkerade siffran i varje rad/kolumn visar det bästa alternativet för en sammanhängande rutt som har *Reykjavik* som start och stoppunkt.

Den snabbaste vägen enligt programmet är med startpunkt från *Reykjavik, Þingvellir, Vígdalur, Geysir, Gullfoss, Stöng, Skálholt, Solheimar, Reykjavik*. Den sammanlagda körtiden för hela färden är 19 571 sekunder, eller 5,4 timmar. Genom att addera körtiden med stopptider för stoppunkterna får man tiden för hela dagsturen.



Figur 5.2 En semestervecka med tre startpunkter.

Ett förslag på hur en semestervecka kan planeras, visas i figur 5.2 och tabell 5.2. Man utgår från och kommer tillbaka till startpunkt 1. Under sju dagars semester planeras fem dagsturer och två turer som kombineras med transport till nästa dags startpunkt, samt en enkelresa med flygtransport mellan två stoppunkter.

Tabell 5.2 En semestervecka med tre startpunkter.

Dag	Startpunkt	Aktivitet
1	1	Dagstur 1
2	1	Dagstur 2
3	1	Flyg till startpunkt 2. Dagstur 3
4	2	Tur som kombineras med transport till startpunkt 3
5	3	Dagstur 5
6	3	Dagstur 6
7	3	Tur som kombineras med transport tillbaka till startpunkt 1

6 Slutsatser

Från studien drar jag följande slutsatser angående:

Digital höjdmmodell

Islands varierande landskap i kombination med en cellstorlek på 92,58 * 92,58 meter ger inte den exakthet i sluttningslutning som krävs för att beräkna hastighetsminskningar eller -ökningar. Fel uppstår med för höga sluttningsvärde, vilket blev mest uppenbart i terränger som fjordlandskap i samband med att en väg slingrar sig i en dalgång utan att ändra sig speciellt i höjdded. Fel uppmärksammades även när en serpentinväg ringlar sig utmed bergssidan.

Vilka skillnader finns i tillgänglighet för dagsturism?

Skillnaden i vägnätet runt de valda startpunkterna är relativt liten. Största skillnaden är i väglängd. Antalet kilometer färdbar väg är störst i Reykjaviksregionen och minst runt de mindre orterna i studien. "Snabba vägar" det vill säga vägsträckor med asfalterade- och 90-vägar, utgör ungefär samma antal kilometer runt de fyra startpunkterna. Likaså skiljer sig "långsamma vägar" på höglandet relativt lite mellan startpunkterna. Tillgängligheten beror givetvis på vilken start- eller stoppunkt som väljs. Ytterst är det den enskilde turistens specifika val av stoppunkter som ligger till grund för en dagstur.

Finns det andra startpunkter, med avseende på tillgänglighet, som är bättre eller lika lämpade för dagsturism som Reykjavik?

Jag finner att *Akureyri*, *Egilsstaðir* och *Höfn* fungerar som komplement till *Reykjavik* som startpunkt för dagsutflykter. För en eller två dagsutflykter fungerar *Egilsstaðir* och *Höfn* väl, medan *Akureyri* kan mäta sig med *Reykjavik* med avseende på tillgänglighet till antal stoppunkter för dagsturer.

Hur påverkas lägesnoggrannheten i ett vägskikt för nätverksanalys vid editering?

All form av korrigering av ett icke sammanhängande vägskikt ändrar modernas koordinater, därmed försämrar lägesnoggrannheten. Kontrollen över vägskiktet försvinner. Förutom en förkortning av väglängden kan oönskade anslutningar tillföras vägskiktet.

Hur kan man estimerar verklig körtid utmed det isländska vägnätet utan dyrbara mätningar?

Isländska busstidtabeller användes för att uppskatta olika hastighetsbegränsande faktorer och beräkning av verklig körtid. Riktiga kontrollmätningar ger ett mer rättvisande resultat av den verkliga körtiden, men mätningar tar tid och kostar pengar. Syftet med metoden är att planera en dagstur utan krav på exakta körtider. Om dagsturen skall anpassas mot avgångar till båt- eller flyglinjer behövs bättre metoder för att uppnå högre precision i körtiden. Utvärderingarna i studien visar att estimeringen av körtid kommer nära den verkliga körtiden på längre distanser och bör fungera för dagsutflykter för turistplanering.

Jag tror att det i framtiden är realistiskt att själv planera optimala dagsturer med GIS och nätverksanalys. Under en dagstur på Island kan tidsvinster i restiden uppnås när man färdas rätt väg. De ekologiska fördelarna kommer i form av mindre koldioxidutsläpp om man färdas rätt väg.

7 Referenser

7.1 Litteratur och webbreferenser

- Brogren, J., Gustavsson, T., Loman, G. 1999. *Klimatologi meteorologi*. Studentlitteratur. Lund. ISBN 91-44-01264-0.
- EEA, Europeiska miljöbyrån. URL:<http://www.eea.eu.int>. Hämtat den 5 maj 2005.
- Eklundh, L., et al. 2001. *Geografisk informationsbehandling*. Utvecklingsrådet för Landskapsinformation. Byggnadsforskningrådet. Stockholm. ISBN 91-540-5841 4.
- Ekman, M. 2002. *Latitud, longitud, höjd och djup*. Kartografiska Sällskapet. ISBN 91-631-3170-6.
- Engström, A. 1948. *Åt Häcklefjäll*. Albert Bonniers förlag. Stockholm.
- ESRI. 1996. *ArcView Network Analyst*. Environmental Systems Research Institute Inc. CA. USA.
- Haggett, P. & Chorley, R., J. 1969. *Network Analysis in Geography*. Edward Arnold Ltd. London. ISBN 7131 5459 4.
- Handy, S., L. & Niemeier, D., A. 1997. "Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives", *Environment and Planning A*, volym 29, 1175 -1194.
- Helldén, U. & Ólafsdóttir, R. 1999. *Land Degradation in NE Iceland An assessment of extent, causes and consequences*. Lund Electronic Reports in Physical Geography
URL: <http://www.natgeo.lu.se/Publikationer/Lerpg/3/3Article.htm>.
Hämtat 10 april 2005.
- Harding, P. & Bindloss, J., 2004. *Iceland*. Lonely Planet Publications Pty. Ltd. ISBN 1-74104-076-0.
- Heimur. 2004. *Around Iceland 04, 29th edition*. Heimur hf. Reykjavik. Iceland.
(Annual guidebook published for complimentary distribution to visitors to Iceland, and for use in overseas sales and information offices, embassies and consulates).
- Holmlund, P. & Jansson, P. 2003. *Glaciologi*. Stockholms universitet och vetenskapsrådet. ISBN 91-974541-0-9.
- Icelandic Tourist Board: URL:<http://www.icetourist.is>.
Hämtat 18 december 2004, samt 15 april 2005.
- IEA, International Energy Agency URL: <http://www.iea.org/statist/index.htm>.
Hämtat den 3 maj 2005.
- Islandsflug: URL:<http://www.islandsflug.is>, Hämtat 20 februari 2005.
- Kraak, M., L., & Brown, A., 2001. *Web Cartography*. Taylor & Francis. London. ISBN 0-7484-0869-X.

- Landmaelingar Islands. 2002. *Ferdakortabok Island*. 5th edition. Landmaelingar Islands. Akranes. Island. (National Land Survey of Island, Isländska lantmäteriet). ISBN 9979-75-032-4.
- Lantmäteriet, URL:// <http://www.lantmateriet.se>. Hämtat den 13 maj 2005.
- Raab, B., & Vedin, H. 1995. *Klimat, sjöar och vattendrag*. Sveriges National Atlas (SNA). Lantmäteriet. Gävle. ISBN 91-87760-31-2
- Robinson, P., J. & Henderson-Sellers, A. 1999. *Contemporary climatology*. Pearson Education Limited. UK. ISBN 0-582-27631-4.
- SJ: URL:<http://www.sj.se>. Hämtat den 4 maj 2005.
- SNF, Svenska Naturskyddsföreningen: URL:<http://www.snf.se>. Hämtat den 4 maj 2005.
- Sólnes, J. 2003. Environmental quality indexing of large industrial development alternatives using AHP, *Environmental Impact Assessment Review*, volym 23, 283-303.
- Statistic Iceland: URL:<http://www.hagstofa.is/template40.asp?PageID=261>. Hämtat 18 december 2004.
- Thordarson, T. & Hoskuldsson, A. 2002. *Iceland*. Terra Publishing. Hertfordshire. UK. ISBN: 1-903544-06-8.
- UNFCCC. United Nations Framework Convention on Climate Change. URL:<http://unfccc.int/2860.php>. Hämtat den 5 maj 2005.
- Vegagerð ríkisins, (Public Roads Administration, Isländska vägverket).
Asfaltbelagda vägar på island:
 URL:[http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/bundidslitlag2003pdf/\\$file/busl_2003.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/bundidslitlag2003pdf/$file/busl_2003.pdf), samt
 URL:<http://www4.vegagerdin.is/thjonustukort/serskilti.jsp?fls=go&lang=eng&source=Almannaskard1.swf>. Hämtat 14 oktober 2004.
Figur 2.2 "Var är"
 URL:<http://www4.vegagerdin.is/thjonustukort/Grunnur.html?lang=eng>. Hämtat 20 februari 2005.
FW: Hraði á vegum. Hastighetsbegränsning på isländska vägar.
 Från: <audur.th.arnadottir@vegagerdin.is> Via: Rannveig Olafsdottir <ranny@hi.is> [e-post]. E-brev till Isländska vägverket, 13 oktober 2004.
- Wisén, J. & Lindblom, B., 2001. *Effektivt projektarbete*. Nordstedts Juridik AB. Stockholm. ISBN 91-39-10432-X.
- Vägverket 2004. *Vägar och gators utformning*, VGU. Vägverket, Borlänge. ISSN 1401-9612.

7.2 Busstidtabeller

Linje 10 och 18: URL:<http://www.austurleid.is/austurleid.htm>
Hämtat 15 december 2004.

Linje 14: URL:http://www.bsi.is/html/Schedule_2004/schedule_2004.htm
Hämtat 15 december 2004.

7.3 Programvara, programvarutillägg och demoversioner

GIS-program från ESRI: *ArcGIS 8.3* och *ArcView GIS 3.3* med programvarutillägg *Network Analyst*[®].

Nodidentifieringsprogram: "*Arc Topology Administrator*".
URL:<http://arcscripsts.esri.com/details.asp?dbid=11707>. Hämtat 20 oktober 2004.

Ruttplaneringsalgoritm: "*Travelling Salesman Tool*".
URL:<http://www.ArcherToolbox.com>. Hämtat 13 februari 2005.

8 Bilagor

8.1 Bilaga 1 Busstidtabeller

Tabell 8.1 Vintertidtabell för linje 10.

<u>Reykjavik - Höfn 10/10A</u>	
1. Reykjavik	12:30
2. Selforss	13:35
3. Hella	14:00
4. Hvolsvöllur	14:30
5. Vik	16:00
6. Kirkjubaerklausteur	16:45
7. Skaftafell	17:40
8. Höfn	19:30

Tabell 8.2 Vintertidtabell för linje 18.

<u>Egilsstadir - Höfn 18/18A</u>	
1. Egilsstadir	14:00
2. Breiddalsvik	15:30
3. Berunes	15:45
4. Djupivogur	16:30
5. Höfn	17:45

Tabell 8.3 Linje 14.

<u>Myvatn - Landmannalaugar 14/14A</u>	
7. Landmannalaugar	18:00
6. Hrauneyjar	16:40/17:00
5. Nyidalur	13:30/14:30
4. Aldeyjarfoss	10:15/10:45
3. Fossholl/Godafoss	09:15/09:45
2. Skutustadir	08:45
1. Myvatn	08:30

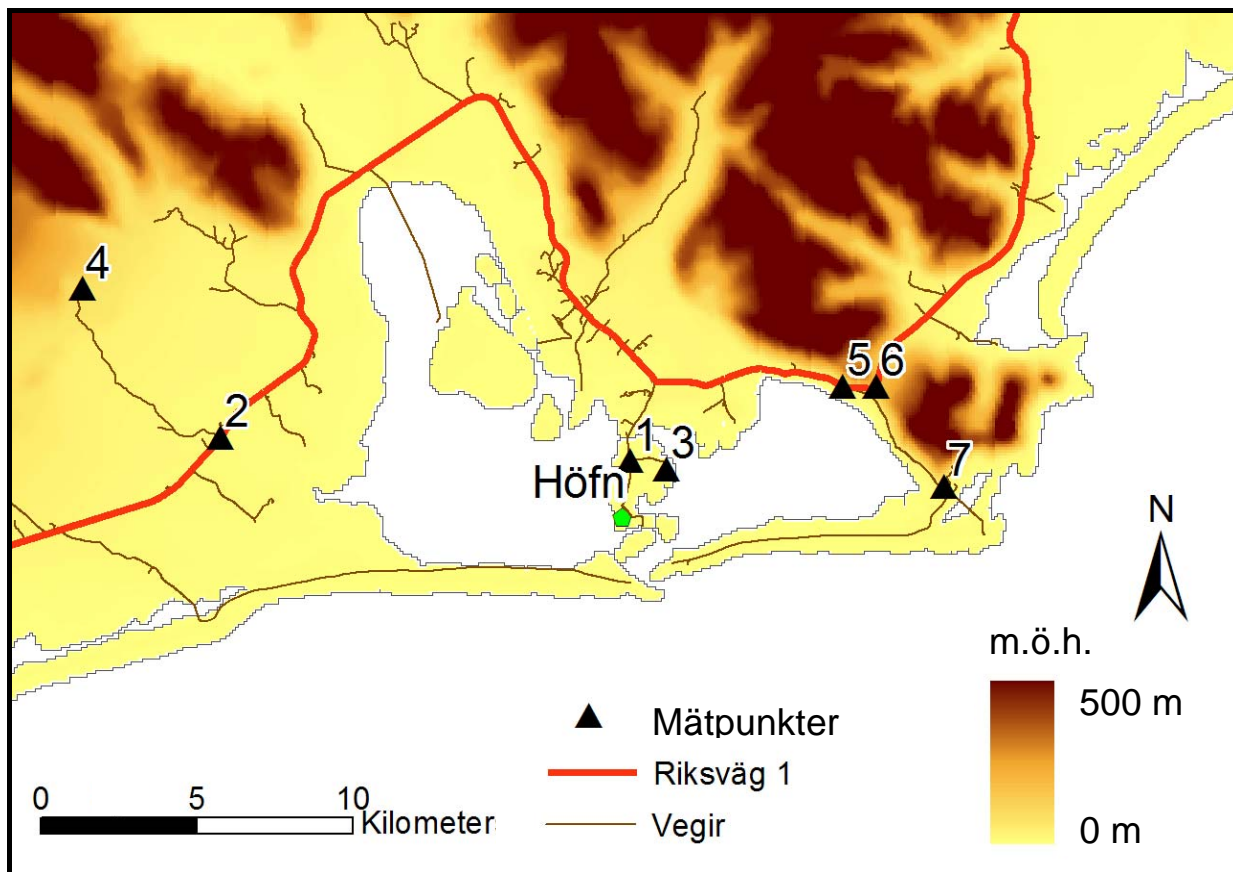
8.2 Bilaga 2.Mätprotokoll och mätpunkter

Tabell 8.4 Mätprotokoll.

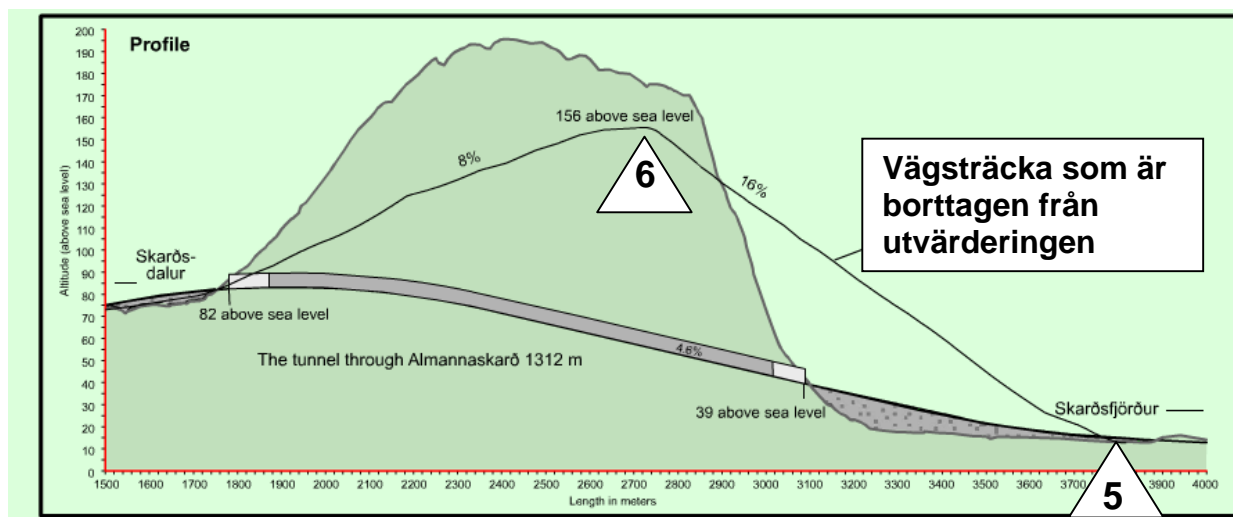
Datum	2004-11-27	2004-11-27	2004-11-27	2004-11-27	2004-11-30	2004-11-30	2004-11-30	2004-11-30	2004-11-30
Typ av färdmedel	(pb, 4WD, minibuss, buss)								
	4WD	4WD	4WD	4WD	4WD	4WD	4WD	4WD	4WD
Vägfakta	Väg nummer (ID) FID 6326								
Hastighet km/h (vägskyltar)	80	90/80/50	90/80/50		90 (50 grus)	90 (50 grus)			
Asfalt(J/N)	N	J	J	N	J	J	N	N	N
Grus (J/N)	J	N	N	J	J (sista km)	J (första km)	J	J	J
Mätpunkter									
Startpunkt	1	1	2	2	1	5	5	6	7
X									
Y									
Stoppunkt	3	2	1	4	5	1	6	5	5
X									
Y									
Antal km (trippmätare)	1,2 km	28,5 km	28,5 km	7,3 km	8,7 km	8,7 km	1,1 km	1,1 km	4,7 k m
Färdtid	140 sek	23 min	23 min	13 min	10 min	9 min	2 min	3 min	6 min
Väderleksförhållande									
Dag/Natt	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Vägförhållande	OK	OK	OK	OK	BRA	BRA	BRA	BRA	BRA
Siktförhållande	OK	OK	OK	OK	BRA	BRA	BRA	BRA	BRA
Temperatur +/-		-2	-2	-2	-1	-1	-1	-1	-1
Nederbörd									
Vind					Kraftig nordlig	Kraftig nordlig	Kraftig nordlig	Kraftig nordlig	Kraftig nordlig
Övrigt	X						X	X	
(punktering, får på vägen, jökellopp, etc.)					Vägarbete 1 km	Vägarbete 1 km	Uppför ca 16 %	Nedför ca 16 %	
							Medelfart i backe ca 30 km/h		

X = är ej med i utvärderingen på grund av kort väglängd och på grund av kraftig lutning. Geografisk placering för mätpunkter visas i figur 8.1.

8.2 Bilaga 2 Mätprotokoll och mätpunkter



Figur 8.1 Samtlige mätpunkter i utvärderingen.



Figur 8.2 Mellan mätpunkt 5 och 6 är väglutningen 16 %, bilden kommer från Isländska vägverket (Vegagerð ríkisins 2004).

Figur 8.2 visar den vägsträcka utmed Riksväg 1 som ingick i utvärderingen, och som kommer att ersättas med en tunnel. Mellan de två mätpunkterna 5 och 6 är väglutningen enligt det Isländska vägverket 16 %.

9 Tidigare seminarieuppsatser

Lunds Universitets Naturgeografiska institution. Seminarieuppsatser. Uppsatserna finns tillgängliga på Naturgeografiska institutionens bibliotek, Sölvegatan 12, 223 62 LUND.

The reports are available at the Geo-Library, Department of Physical Geography, University of Lund, Sölvegatan 12, S-223 62 Lund, Sweden.

1. Pilesjö, P. (1985): Metoder för morfometrisk analys av kustområden.
2. Ahlström, K. & Bergman, A. (1986): Kartering av erosionskänsliga områden i Ringsjöbygden.
3. Huseid, A. (1986): Stormfällning och dess orsakssamband, Söderåsen, Skåne.
4. Sandstedt, P. & Wällstedt, B. (1986): Krankesjön under ytan - en naturgeografisk beskrivning.
5. Johansson, K. (1986): En lokalklimatisk temperaturstudie på Kungsmarken, öster om Lund.
6. Estgren, C. (1987): Isälvsstråket Djurfälla-Flädermo, norr om Motala.
7. Lindgren, E. & Runnström, M. (1987): En objektiv metod för att bestämma läplanteringsläverkan.
8. Hansson, R. (1987): Studie av frekvensstyrd filtringsmetod för att segmentera satellitbilder, med försök på Landsat TM-data över ett skogsområde i S. Norrland.
9. Matthiesen, N. & Snäll, M. (1988): Temperatur och himmelsexponering i gator: Resultat av mätningar i Malmö.
- 10A. Nilsson, S. (1988): Veberöd. En beskrivning av samhällets och bygdens utbyggnad och utveckling från början av 1800-talet till vår tid.
- 10B. Nilson, G., 1988: Isförhållande i södra Öresund.
11. Tunving, E. (1989): Översvämning i Murcia-provinsen, sydöstra Spanien, november 1987.
12. Glave, S. (1989): Termiska studier i Malmö med värmebilder och konventionell mätutrustning.
13. Mjölbo, Y. (1989): Landskapsförändringen - hur skall den övervakas?
14. Finnander, M-L. (1989): Vädrets betydelse för snöavsmältningen i Tarfaladalen.
15. Ardö, J. (1989): Samband mellan Landsat TM-data och skogliga beståndsdata på avdelningsnivå.
16. Mikaelsson, E. (1989): Byskeälvens dalgång inom Västerbottens län. Geomorfologisk karta, beskrivning och naturvärdesbedömning.
17. Nhilen, C. (1990): Bilavgaser i gatumiljö och deras beroende av vädret. Litteraturstudier och mätning med DOAS vid motortrafikled i Umeå.
18. Brasjö, C. (1990): Geometrisk korrektion av NOAA AVHRR-data.
19. Erlandsson, R. (1991): Vägbanetemperaturer i Lund.
20. Arheimer, B. (1991): Näringsläckage från åkermark inom Brååns dräneringsområde. Lokalisering och åtgärdsförslag.
21. Andersson, G. (1991): En studie av transversal moräner i västra Småland.
- 22A. Skillius, Å., (1991): Water harvesting in Bakul, Senegal.
- 22B. Persson, P. (1991): Satellitdata för övervakning av höstsådda rapsfält i Skåne.
23. Michelson, D. (1991): Land Use Mapping of the That Luang - Salakham Wetland, Lao PDR, Using Landsat TM-Data.
24. Malmberg, U. (1991): En jämförelse mellan SPOT- och Landsatdata för vegetationsklassning i Småland.
25. Mossberg, M. & Pettersson, G. (1991): A Study of Infiltration Capacity in a Semiarid Environment, Mberengwa District, Zimbabwe.

26. Theander, T. (1992): Avfallsupplag i Malmöhus län. Dränering och miljö-påverkan.
27. Osaengius, S. (1992): Stranderosion vid Löderups strandbad.
28. Olsson, K. (1992): Sea Ice Dynamics in Time and Space. Based on upward looking sonar, satellite images and a time series of digital ice charts.
29. Larsson, K. (1993): Gully Erosion from Road Drainage in the Kenyan Highlands. A Study of Aerial Photo Interpreted Factors.
30. Richardson, C. (1993): Nischbildningsprocesser - en fältstudie vid Passglaciären, Kebnekaise.
31. Martinsson, L. (1994): Detection of Forest Change in Sumava Mountains, Czech Republic Using Remotely Sensed Data.
32. Klintonberg, P. (1995): The Vegetation Distribution in the Kärkevagge Valley.
33. Hese, S. (1995): Forest Damage Assessment in the Black Triangle area using Landsat TM, MSS and Forest Inventory data.
34. Josefsson, T. och Mårtensson, I. (1995). A vegetation map and a Digital Elevation Model over the Kapp Linné area, Svalbard -with analyses of the vertical and horizontal distribution of the vegetation.
35. Brogaard, S och Falkenström, H. (1995). Assessing salinization, sand encroachment and expanding urban areas in the Nile Valley using Landsat MSS data.
36. Krantz, M. (1996): GIS som hjälpmedel vid växtskyddsrådgivning.
37. Lindegård, P. (1996). Vinterklimat och vårbakslag. Lufttemperatur och kåd-flödessjuka hos gran i södra Sverige.
38. Bremborg, P. (1996). Desertification mapping of Horqin Sandy Land, Inner Mongolia, by means of remote sensing.
39. Hellberg, J. (1996). Förändringsstudie av jordbrukslandskapet på Söderslätt 1938-1985.
40. Achberger, C. (1996): Quality and representability of mobile measurements for local climatological research.
41. Olsson, M. (1996): Extrema lufttryck i Europa och Skandinavien 1881-1995.
42. Sundberg, D. (1997): En GIS-tillämpad studie av vattenerosion i sydsvensk jordbruksmark.
43. Liljeborg, M. (1997): Klassning och statistisk separabilitetsanalys av marktäckningsklasser i Halland, analys av multivariata data Landsat TM och ERS-1 SAR.
44. Roos, E. (1997): Temperature Variations and Landscape Heterogeneity in two Swedish Agricultural Areas. An application of mobile measurements.
45. Arvidsson, P. (1997): Regional fördelning av skogsskador i förhållande till mängd SO₂ under vegetationsperioden i norra Tjeckien.
46. Akselsson, C. (1997): Kritisk belastning av aciditet för skogsmark i norra Tjeckien.
47. Carlsson, G. (1997): Turbulens och supraglacial meandering.
48. Jönsson, C. (1998): Multitemporala vegetationsstudier i nordöstra Kenya med AVHRR NDVI
49. Kolmert, S. (1998): Evaluation of a conceptual semi-distributed hydrological model – A case study of Hörbyån.
50. Persson, A. (1998): Kartering av markanvändning med meteorologisk satellitdata för förbättring av en atmosfärisk spridningsmodell.
51. Andersson, U. och Nilsson, D. (1998): Distributed hydrological modelling in a GIS perspective – an evaluation of the MIKE SHE model.
52. Andersson, K. och Carlstedt, J. (1998): Different GIS and remote sensing techniques for detection of changes in vegetation cover - A study in the Nam Ngum and Nam Lik catchment areas in the Lao PDR.
53. Andersson, J., (1999): Användning av global satellitdata för uppskattning av spannmålsproduktion i västafrikanska Sahel.

54. Flodmark, A.E., (1999): Urban Geographic Information Systems, The City of Berkeley Pilot GIS
- 55A. Lyborg, Jessic & Thurfell, Lilian (1999): Forest damage, water flow and digital elevation models: a case study of the Krkonose National Park, Czech Republic.
- 55B. Tagesson, I., och Wramneby, A., (1999): Kväveläckage inom Tolångaåns dräneringsområde – modellering och åtgärdssimulering.
56. Almkvist, E., (1999): Högfrekventa tryckvariationer under de senaste århundradena.
57. Alstorp, P., och Johansson, T., (1999): Översiktlig buller- och luftföroreningsinventering i Burlövs Kommun år 1994 med hjälp av geografiska informationssystem – möjligheter och begränsningar.
58. Mattsson, F., (1999): Analys av molnklotter med IRST-data inom det termala infraröda våglängdsområdet
59. Hallgren, L., och Johansson, A., (1999): Analysing land cover changes in the Caprivi Strip, Namibia, using Landsat TM and Spot XS imagery.
60. Granhäll, T., (1999): Aerosolers dygnsvariationer och långväga transporter.
61. Kjellander, C., (1999): Variations in the energy budget above growing wheat and barley, Ilstorp 1998 - a gradient-profile approach
62. Moskvitina, M., (1999): GIS as a Tool for Environmental Impact Assessment - A case study of EIA implementation for the road building project in Strömstad, Sweden
63. Eriksson, H., (1999): Undersökning av sambandet mellan strålningstemperatur och NDVI i Sahel.
64. Elmqvist, B., Lundström, J., (2000): The utility of NOAA AVHRR data for vegetation studies in semi-arid regions.
65. Wickberg, J., (2000): GIS och statistik vid dräneringsområdesvis kväveläckagebeskrivning i Halland.
66. Johansson, M., (2000): Climate conditions required for re-glaciation of cirques in Rassepautasjtjåkka massif, northern Sweden.
67. Asserup, P., Eklöf, M., (2000): Estimation of the soil moisture distribution in the Tamne River Basin, Upper East Region, Ghana.
68. Thern, J., (2000): Markvattenhalt och temperatur i sandig jordbruksmark vid Ilstorp, centrala Skåne: en mättnings- och modelleringstudie.
69. Andersson, C., Lagerström, M., (2000): Nitrogen leakage from different land use types - a comparison between the watersheds of Graisupis and Vardas, Lithuania.
70. Svensson, M., (2000): Miljökonsekvensbeskrivning med stöd av Geografiska Informationssystem (GIS) – Bullerstudie kring Malmö-Sturup Flygplats.
71. Hyltén, H.A., Uggla, E., (2000): Rule-Based Land Cover Classification and Erosion Risk Assessment of the Krkonoše National Park, Czech Republic.
72. Cronquist, L., Elg, S., (2000): The usefulness of coarse resolution satellite sensor data for identification of biomes in Kenya.
73. Rasmusson, A-K., (2000): En studie av landskapsindex för kvantifiering av rumsliga landskapsmönster.
74. Olofsson, P., Stenström, R., (2000): Estimation of leaf area index in southern Sweden with optimal modelling and Landsat 7 ETM+Scene.
75. Uggla, H., (2000): En analys av nattliga koldioxidflöden i en boreal barrskog avseende spatial och temporal variation.
76. Andersson, E., Andersson, S., (2000): Modellering och uppmätta kväveflöden i energiskog som bevattnas med avloppsvatten.
77. Dawidson, E., Nilsson, C., (2000): Soil Organic Carbon in Upper East Region, Ghana - Measurements and Modelling.

78. Bengtsson, M., (2000): Vattensänkningar - en analys av orsaker och effekter.
79. Ullman, M., (2001): El Niño Southern Oscillation och dess atmosfäriska fjärrpåverkan.
80. Andersson, A., (2001): The wind climate of northwestern Europe in SWECLIM regional climate scenarios.
81. Laloo, D., (2001): Geografiska informationssystem för studier av polyaromatiska kolväten (PAH) – Undersökning av djupvariation i BO01-området, Västra hamnen, Malmö, samt utveckling av en matematisk formel för beräkning av PAH-koncentrationer från ett kontinuerligt utsläpp.
82. Almqvist, J., Fergéus, J., (2001): GIS-implementation in Sri Lanka. Part 1: GIS-applications in Hambantota district Sri Lanka : a case study. Part 2: GIS in socio-economic planning : a case study.
83. Berntsson, A., (2001): Modellering av reflektans från ett sockerbetsbestånd med hjälp av en strålningsmodell.
84. Umegård, J., (2001): Arctic aerosol and long-range transport.
85. Rosenberg, R., (2002): Tetratermmodellering och regressionsanalyser mellan topografi, tetraterm och tillväxt hos sitkagran och lärk – en studie i norra Island.
86. Håkansson, J., Kjörling, A., (2002): Uppskattning av mängden kol i trädform – en metodstudie.
87. Arvidsson, H., (2002): Coastal parallel sediment transport on the SE Australian inner shelf – A study of barrier morphodynamics.
88. Bemark, M., (2002): Köphultsjöns tillstånd och omgivningens påverkan.
89. Dahlberg, I., (2002): Rödlistade kärlväxter i Göteborgs innerstad – temporal och rumslig analys av rödlistade kärlväxter i Göteborgs artdataarkiv, ADA.
90. Poussart, J-N., (2002): Verification of Soil Carbon Sequestration - Uncertainties of Assessment Methods.
91. Jakubaschk, C., (2002): Acacia senegal, Soil Organic Carbon and Nitrogen Contents: A Study in North Kordofan, Sudan.
92. Lindqvist, S., (2002): Skattning av kväve i gran med hjälp av fjärranalys.
93. Göthe, A., (2002): Översvämningskartering av Vombs ängar.
94. Lööv, A., (2002): Igenväxning av Köphultsjö – bakomliggande orsaker och processer.
95. Axelsson, H., (2003): Sårbarhetskartering av bekämpningsmedels läckage till grundvattnet – Tillämpat på vattenskyddsområdet Ignaberga-Hässleholm.
96. Hedberg, M., Jönsson, L., (2003): Geografiska Informationssystem på Internet – En webbaserad GIS-applikation med kalknings- och försurningsinformation för Kronobergs län.
97. Svensson, J., (2003): Wind Throw Damages on Forests – Frequency and Associated Pressure Patterns 1961-1990 and in a Future Climate Scenario.
98. Stroh, E., (2003): Analys av fiskrättsförhållandena i Stockholms skärgård i relation till känsliga områden samt fysisk störning.
99. Bäckstrand, K., (2004): The dynamics of non-methane hydrocarbons and other trace gas fluxes on a subarctic mire in northern Sweden.
100. Hahn, K., (2004): Termohalin cirkulation i Nordatlanten.
101. Lina Möllerström (2004): Modelling soil temperature & soil water availability in semi-arid Sudan: validation and testing.
102. Setterby, Y., (2004): Igenväxande hagmarkers förekomst och tillstånd i Västra Götaland.

103. Edlundh, L., (2004): Utveckling av en metodik för att med hjälp av lagerföljdsdata och geografiska informationssystem (GIS) modellera och rekonstruera våtmarker i Skåne.
104. Schubert, P., (2004): Cultivation potential in Hambantota district, Sri Lanka
105. Brage, T., (2004): Kvalitetskontroll av servicedatabasen Sisyla
106. Sjöström, M., (2004): Investigating Vegetation Changes in the African Sahel 1982-2002: A Comparative Analysis Using Landsat, MODIS and AVHRR Remote Sensing Data
107. Danilovic, A., Stenqvist, M., (2004): Naturlig föryngring av skog
108. Materia, S., (2004): Forests acting as a carbon source: analysis of two possible causes for Norunda forest site
109. Hinderson, T., (2004): Analysing environmental change in semi-arid areas in Kordofan, Sudan
110. Andersson, J., (2004): Skånska småvatten nu och då - jämförelse mellan 1940, 1980 och 2000-talet
111. Tränk, L., (2005): Kadmium i skånska vattendrag – en metodstudie i föroreningsmodellering.
112. Nilsson, E., Svensson, A.-K., (2005): Agro-Ecological Assessment of Phonxay District, Luang Phrabang Province, Lao PDR. A Minor Field Study.
113. Svensson, S.,(2005): Snowcover dynamics and plant phenology documentation using digital camera images and their relation with CO₂ fluxes at Stordalen Mire, Northern Sweden.
114. von Barth, P., (2005): Småvatten då och nu. En förändringsstudie av småvatten och deras kväveretentionsförmåga.