



Kvörðun frostýptarmæla út frá fallóðsmælingum

Áfangi ársins 2007

VEGSÝN

*Skúli Þórðarson
Anton Heiðar Þórólfsson
Desember 2007*

Titill: Kvörðun frostdýptarmæla
út frá falllóðsmælingum
Áfangi ársins 2007

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

Verkkaupi: Vegagerðin, Þjónustudeild
Tengiliður: Nicolai Jónasson

Efnisyfirlit

1	Inngangur	4
1.1	Framkvæmd	4
2	Niðurstöður	5
2.1	Yfirlit mælistöðva	5
2.2	Falllóðsmælingar	6
2.3	Kvörðunarstuðlar	8
2.3.1	Aðferðafræði	8
2.3.2	Niðurstöður	8
2.4	Tilraunir með spálíkan	9
2.4.1	Niðurstöður	9
2.4.2	Næstu skref	10
3	Umræða	11
3.1	Almennt	11
3.2	Kröfur til gagnavinnslukerfis	11

Kvörðun frostdýptarmæla út frá falllóðsmælingum

Áfangi ársins 2007

1 Inngangur

Skýrslan lýsir framkvæmd og niðurstöðum áfanga ársins 2007 í verkefninu „Kvörðun frostdýptarmæla út frá falllóðsmælingum“, sem hlaut úthlutun úr rannsóknarsjóði Vegagerðarinnar árið 2007. Bakgrunni og markmiðum var lýst frekar í skýrslu ársins 2006 og því ekki ástæða til þess að endurtaka þá lýsingu hér. Í þessari skýrslu verður gerð grein fyrir framgangsmáta við kvörðun frostdýptarmæla sem gerðar voru í ágúst 2007 á grundvelli ítarlegrar yfirferðar á frostdýptarmælingum vorið 2007 fyrir allar stöðvar sem tengdar voru kerfinu þá, ásamt niðurstöðum falllóðsmælinga (FWD) fyrir 23 stöðvar.

Hér verður einnig fjallað lauslega um tilraunir sem gerðar voru til þess að reikna út hitabreytingar í vegum með líkani sem byggir á því að leysa varmaleiðnijöfnuna tölulega, og nýta frostdýptarmælingar sem upphafsgildi og mældan veghita sem jaðargildi. Þessi fyrsta frumgerð reiknilíkans staðfestir að líkur eru á því að útbúa megi reiknilíkan sem tekur mið af frostdýptarmælingum og veðurspá til þess að segja fyrir um væntanlegar breytingar á klakabúskap vegarins allt að þrjá sólarhringa fram í tímann.

Eðli málsins samkvæmt hefur mikið gagnamagn verið til meðferðar í þessari vinnslu og til þess að léttu á skýrslunni eru valin gögn sem tilheyra þessari vinnu birt í sérstakri viðaukaskýrslu með þessari greinargerð.

1.1 Framkvæmd

Falllóðsmælingar voru gerðar af Vegagerðinni á 23 frostdýptarmælistöðvum á tímabilinu 26. janúar til 15. maí 2007. Þá voru gerðar mælingar á nokkrum stöðvum á Suðurlandi um miðjan ágúst og í nóvember, til þess að kanna hvernig þróun burðarpöls er háttað frá vori og fram á haust.

Niðurstöður falllóðsmælinga voru teiknaðar upp á tímaás ásamt hita og leiðnimælingum á viðkomandi stað til þess að auðvelda mat á burðarpölsbreytingum með hliðsjón af frosthegðun í vegi. Þá voru fundnar hallatölur leiðnibreytinga þegar vegur þiðnar til þess að hafa til hliðsjónar við endurkvörðun og skráð var hitastig í einstökum dýptum þegar fasaskipti áttu sér stað. Þessi grunn gögn eru birt í töflum í viðauka, ásamt yfirliti yfir nýja kvörðunarstuðla. Einnig var hitaferill í lóðréttu sniði á völdum tímabilum færður inn á línurit til þess að kanna hitastigulinn, en stærð hitastiguls (þ.e. hitabreyting sem fall af dýpt í vegi) er afgerandi fyrir hraða bráðunar í veginum.

2 Niðurstöður

2.1 Yfirlit mælistöðva

Allar frostdýptarstöðvarnar 38 som voru tengdar gagnaskoðunarkerfi sumarið 2007 voru teknar til skoðunar í þessum áfanga. Af þessum stöðvum gerði Vegagerðin falllódsmælingar (FWD) á 23, og á 19 stöðvum stendur einnig veðurstöð. Það er mikill kostur þegar veðurstöðvar eru á sama stað og frostdýptarmælar, bæði við almenna skoðun og greiningu á niðurstöðum og vegna líkangerðar fyrir frosthegðun í vegi, en upplýsingar um veghita eru nauðsynlegar til þess að meta og reikna varmastreymi í burðalögum.

Tafla 1 Yfirlit mælistöðva. HL stendur fyrir forstdýptarstöð (Hiti og Leiðni), AWS fyrir veðurstöð (Automatic Weather Station) og FWD fyrir falllódsmælingar (Falling Weight Deflectometer). Skýringar fyrir stöðvar sem ekki fengu nýja stuðla í ágúst 2007 er að finna í kafla 3.1 í viðaukahefti.

Stöð	HL	AWS	FWD	Stuðlar í ág. 2007
Blönduós	1	1	1	1
Gullfoss	1	1	1	1
Hafnarfjall	1	1	1	
Holtavörðuheiði	1	1	1	1
Hvammur undir Eyjafjöllum	1	1	1	
Mývatnsheiði	1	1	1	1
Mývatnsöræfi	1	1	1	1
Skálholt	1	1	1	
Vatnsskarð	1	1	1	1
Þrengsli	1	1	1	1
Öxnadalshéiði	1	1	1	1
Fagradalur	1	1		1
Hvalnes	1	1		
Klettsháls	1	1		1
Kvísker	1	1		1
Sandvíkurheiði	1	1		1
Steingr.fj.heiði	1	1		1
Tjörnes	1	1		1
Vatnaleið	1	1		1
Biskupstungnabraut	1		1	
Dýrastaðir	1		1	1
Hringvegur við Einarstaði	1		1	
Hrútafjörður	1		1	1
Landvegur	1		1	1
Sauðárkróksbraut	1		1	1
Skeiðavegur	1		1	1
Stórutjarnir	1		1	1
Við Hjalteyri	1		1	1
Við Hrafnagil (Eyjafj. br.)	1		1	1
Þingborg austan Selfoss	1		1	1
Grund	1		1	1
Fellabær	1			1
Flókalundur	1			1
Hólmavík	1			1
Hringvegur við Streyti	1			1
Ketilseyri	1			
Súðavík	1			1
Ögur	1			
	38	19	23	30

2.2 Falllóðsmælingar

Tafla 2 Eftirfarandi FWD mælingar voru gerðar 2007;

	Hvammur	Þingborg	Landvegur	Skeiðavegur	Skálholt	Biskupstungnaþraut	Gullfoss	Þrengslavegur	Hafnarfall	Dýrastaðir	Holtavörðuhéiði	Hrútafjörður	Blönduós	Vatnsskarð	(Blönduhlíð) Grund	Óxnadalshéiði	Stórutjarnir	Mývatnshéiði	Mývatnsöræfi	Sauðárkrúkur	Hjalteyri, Ólafsfj. vegur	Eyjafjarðarþraut (við Hrafnagil)	Einarsstaðir	
	1-b8	1-d2	26-01	30-01	31-03	35-01	35-09	39-01	1-g3	1-h2	1-j1	1-k2	1-m2	1-m4	1-m8	1-p1	1-q5	1-q9	1-r4	75-03	82-02	821-02	845-01	
26.1.2007		1		1		1		1																4
29.1.2007	1	1	1	1	1	1	1	1																8
30.1.2007									1															1
31.1.2007										1														1
1.2.2007		1	1	1	1	1	1																	6
2.2.2007	1	1	1	1	1	1		1																7
20.2.2007									1	1		1	1	1	1						1			7
12.3.2007									1															1
14.3.2007	1	1		1																				3
11.4.2007	1	1	1	1	1		1																	6
12.4.2007									1	1	1	1		1	1	1					1	1		9
13.4.2007																	2	1	1			1	2	7
17.4.2007																	1	1	1		1	1	1	6
18.4.2007									1	1		1	1		1					1				6
10.5.2007	1	1	1	1	1	1	1	1																8
15.5.2007									1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	1	11
17.8.2007	1	1	1	1	1	1																		6
18.8.2007								1																1
10.11.2007		1	1	1	1	1	1	1																7
	6	9	7	9	7	7	5	6	6	5	2	4	3	3	4	2	3	2	2	4	2	4	3	105

Niðurstöður FWD mælinga er að finna í viðauka. Þær voru umreiknaðar yfir í öxulþunga í tonnum skv. formúlu í handbók norsku vegagerðarinnar nr. 018. Aðferðin er í tveimur þrepum, fyrst er stífniðuðullinn (E-módúll) reiknaður á grundvelli niðurbeygju undir miðri plötu og í 20 cm fjarlægð ásamt höggþunga, og hann notaður til þess að reikna burðarþol að teknu tilliti til ársdagsumferðar þungra ökutækja:

$$\text{Bæreevne (tonn)} = 11 \times \left(\frac{\text{Edim}}{200} \right)^{0,6} \times \left(\frac{50}{\text{ADT-T}} \right)^{0,072}$$

$$\text{Edim (MPa)} = \frac{110 \times p}{(f_0 \times (f_0 - f_{20}))^{0,5}}$$

p = flatetrykk (MPa)
 f_0 = maksimal nedbøyning i plate-senter (mm)
 f_{20} = nedbøyning 20 cm fra plate-senter (mm)

Mynd 1 Umreikningur FWD mælinga í burðarþol í tonnum skv. handbók 018 (Statens Vegvesen).

Í öllum útreikningum hér var gert ráð fyrir, til einföldunar, að þungaumferð væri 10% af ársdagsumferð (ADT) ársins 2006. Yfirlit umferðartalna sem liggja til grundvallar er að finna í kafla 2.15 í viðauka.

Tafla 3 Niðurstöður FWD mælinga 2007. Gildi sem eru undir 11,5 tonnum eru rauðletruð. Sjá enn fremur kafla 1 og 2 í viðaukahefti.

Dags.	15.5.2006	30.5.2006	26.1.2007	29.1.2007	30.1.2007	31.1.2007	1.2.2007	2.2.2007	20.2.2007	12.3.2007	14.3.2007	11.4.2007	12.4.2007	13.4.2007	17.4.2007	18.4.2007	10.5.2007	15.5.2007	17.8.2007	18.8.2007	10.11.2007	Meðaltal
Biskupstungnabraut		11,1	15,3	12,3			11,0	12,0									11,0	11,2			11,5	11,9
Blönduós									43,1							13,7		11,9				22,9
Dýrastaðir						20,1			24,5				12,1			13,5		13,2				16,7
Einarsstaðir														11,6	11,9							11,7
Grund									34,8				13,5			12,6		14,2				18,8
Gullfoss	12,9			17,7			15,7					12,7					13,0				13,6	14,3
Hafnarfjall					22,5				27,5	21,9			18,2			18,0		18,2				21,0
Hjalteyri															12,1			10,3				11,2
Holtavörðuheidi													22,3					14,7				18,5
Hrafnagil													12,3	12,6	12,3			13,3				12,6
Hrútafjörður								32,2					12,0			11,6		9,1				16,3
Hvammur			14,9				14,4			14,9	15,2						15,3		16,4			15,2
Landvegur				15,4			13,5	13,9				8,5					9,0		9,7		8,9	11,3
Mývatnsheiði														11,3	11,1							11,2
Mývatnsöræfi													12,7	13,6								13,1
Sauðárkrókur								38,0					11,7			11,7		12,4				18,4
Skálholt			14,9			13,4	13,3				8,8						10,6		10,2		10,4	11,7
Skeiðavegur			22,2	14,5		13,3	13,3			15,7	10,0						9,5		9,9		15,5	13,8
Stórutjarnir													13,7	13,8								13,7
Vatnsskarð								51,3					22,7					10,4				28,1
Þingborg			29,7	23,5		21,2	20,7			17,8	15,9						15,8		14,6		25,0	20,5
Þrengsli			28,8	18,8			19,0										10,8			12,5	13,6	17,3
Öxnadalshéiði													22,3					17,0				19,6
Meðaltal	12,9	11,1	24,0	16,5	22,5	20,1	14,7	15,2	35,9	21,9	16,1	11,8	16,3	12,4	12,5	13,5	11,9	13,1	12,0	12,5	14,1	15,8

Til þess að kvarða frostdýptarmælingar frá einstakri mælistöð þannig að meta megi burðarþol vegarins hverju sinni er nauðsynlegt að hafa falllódsmælt við þrenn skilyrði: 1) að sumarlagi eða hausti, sem gefur „fullt“ viðmiðunarburðarþol vegarins, 2) þegar frost hefur farið úr efstu lögum en íslinsa er enn í vegi, og 3) rétt í þann mund þegar allur ís er þiðinn og burðarlög tekin að þorna og vegur að endurheimta burðarþol sitt.

Reynt var að haga falllódsmælingum á þá leið að tímasetning þeirra gagnaðist verkefninu sem best sbr. kröfur til mælinga hér að framan. Falllód og mannskap þarf hins vegar einnig að nýta í önnur verkefni á þessum tíma og því getur verið erfitt að fá nægilega þéttar mælingar á sömu mælistöð á kritískum tíma og þannig að fá nægilega skýra mynd af burðarþolsbreytingum. Hvað sem því líður hafa þessar mælingar gert það mögulegt að staðfesta burðarþolsbreytingar með hliðsjón af niðurstöðum frostdýptarmæla, en íhuga þarf hvort rétt er að leggja upp falllódsmælingarnar með

áhlaupum á takmörkuðum svæðum með stutt á milli mælinga til þess að fá þéttari mæligögn á meðan verið er að kortleggja nánar samhengi frostdýptarmælinga og burðarþolsmælinga.

Skoðun á tímasetningu FWD mælinga með tilliti til frostpýðutímabila (kafla 1 í viðauka) sýnir að tímasetningu FWD mælinga þarf að stýra betur en gert hefur verið til þess að ná betri upplýsingum um samhengi burðarþols og klakabúskapar í einstökum vegum. FWD mælingarnar hafa engu að síður gert það mögulegt að staðfesta burðarþolsbreytingar með hliðsjón af niðurstöðum frostdýptarmæla

2.3 Kvörðunarstuðlar

2.3.1 Aðferðafræði

Athugað var hversu hratt fasaskipti gengu yfir (þ.e. hve langan tíma þau taka frá því að leiðni í tilteknu lagi byrjar að rísa þar til leiðniaukningu lýkur), hvað hitastigið var í fasaskiptum (þ.e. stöðugt hitastig meðan leiðnin rís), hver heildarleiðnibreytingin var yfir fasaskiptin og hver endanleg leiðni var orðin í lok fasaskiptanna. Gögnin voru svo sett upp í töflur í viðauka, kafla 3.2 og voru þau höfð til hliðsjónar við skilgreiningu nýrra stuðla. Í kafla 3.2 í viðauka eru lóðréttir hitaprófilar fyrir falllóðsmældar stöðvar frá mismunandi dögum á þáatímabilinu, en þau gefa ágæta mynd af hraða fasaskipta niður á við í jarðveginum.

Stærðirnar ΔC og Δt sem fram koma í kafla 3.2 í viðauka voru teknar upp af HL-línuritum (í gagnaskoðara á vefnum) og tákna þann tíma og það leiðnistökk sem er mest áberandi í bráðnunarferlinu. Δt er því ekki í öllum tilfellum mælikvarði á varanda fasaskiptanna heldur voru stuðlarnir Δt og ΔC fundir til að fá sem besta hallatölu fyrir mikilvægasta tímabil fasaskiptanna á hverjum stað og hverju dýpi. Stærðin $\Delta C/\Delta t$ (leiðni/tími) er því sú niðurstaða sem mest mark er takandi á í niðurstöðum athugananna. Hraði fasaskipta gat verið mjög mismunandi milli staða og milli dýpta í hverri stöð.

2.3.2 Niðurstöður

Til þess að kanna hallatölurnar í mismunandi dýptum nánar var $\Delta C/\Delta t$ skoðað sérstaklega í dýptarflokkunum 10-35 cm, 40-60 cm og 70-110. sú skoðun bendir til þess að $\Delta C/\Delta t$ er hæst í efri lögnum en lægst í þeim neðri.

Það voru aðallega tekin til athugunnar þau tímabil þar sem fasaskipti áttu sér stað alveg niður í 110 cm dýpi. Stundum eru þessi tímabil engu að síður tvískipt þannig að efri lögin ná að bráðna, svo kemur stuttur kuldakafli sem nægir samt ekki til að frysta það sem áður var þiðið, og svo bráðnar restin niður úr þegar hitinn fer aftur yfir 0°C.

Hitastig við fasaskipti er nokkuð mismunandi milli stöðva og þar ráða líklega efnisgæði vegarins mestu, t.d. selta sem hefur áhrif á bræðslumark íss. Lægstur var hitinn í fasaskiptum -1,0 °C og hæstur var hann 1,0°C, en þennan „hitaglugga“ þarf að velja á hverjum mælistað fyrir sig þegar stuðlar gagnaskoðara eru ákvarðaðir.

Leiðnitalan að loknum fasaskiptum var allt frá 40 upp í 100, mismunandi eftir stöðvum. Hér var ekki reynt að finna út samhengi milli stöðva sem skila líkum leiðnitölum eftir fasaskipti, en svo virðist sem sú leiðnitala sem kúrvan hallast að skömmu eftir síðustu bráðnun vorsins haldi sér yfir allt sumarið.

Gögnin í kafla 3.2. í viðauka eru að megninu til frá vorinu 2007 en einnig voru kannaðir nokkrir staðir fyrir valin þáatímabil vorið 2006 og leiddi það í ljós að ekki var mjög greinilegt samhengi á milli hraða fasaskiptanna milli ára. Það gefur til kynna að veðrið hverju sinni hafi stærstu áhrifin á hraða fasaskipta.

Skilyrði fyrir því að FWD mælingar nýtist til fullnustu við kvörðun kerfisins er að fjöldi og tímasetning þeirra sé heppileg. Í kaflanum hér á undan kemur fram að enn vantar upp á að niðurstöður FWD mælingar nýtist sem skyldi. Kvörðun stuðla í þessum áfanga byggir því á eftirfarandi atriðum;

- Stuðlar leiðni og tíma sem skilgreina hlaupandi hallatölu til ákvörðunar á fasaskiptum, ásamt „hitaglugga“ voru fundnir út frá hegðun fyrri fasaskipta (vor 2007 og vor 2006)
- Mörk leiðnitölu fyrir ákvörðun á rakaástandi (þurrt/blautt) voru ákvörðuð á þá leið að láta viðkomandi lag fara í blautt ástand (rautt á fasariti) fyrstu dagana eftir þiðnun og fara síðan yfir í þurrt (grænt í fasariti) þegar raki lækkar er frá líður fasaskiptum (eftir því sem við verður komið)

Ákjósanlegt er að skipting milli blauts og þurrs vegar (rauður og grænn í fasariti) gefi beint til kynna hvenær vegur er öruggur með tilliti til þungaálags, en til þess að það gangi eftir þarf frekari upplýsingar um burðarþol á einstökum vegum þegar frost leysir.

Yfirlit yfir nýja kvörðunarstuðla er að finna í kafla 3.1. í viðauka.

2.4 Tilraunir með spálíkan

Auk tengingar mælakerfisins við falllóðsmælingar sem hér hefur verið lýst hefur í þessum áfanga lítillaga verið unnið að því að þróa reiknilíkan sem hermir varmastreymi í burðarlögum vega. Með slíku líkani er unnt að tengja frostdýptarmælakerfið við staðbundna veðurspá á mælistöðunum og segja til um þýðu í burðarlögum fram í tímann. Með því móti má auglýsa þungatakmarkinir með lengri fyrirvara en áður, með allt að tveggja til þriggja sólarhringa fyrirvara, en mikill ávinningur mun verða af því fyrir bæði veghaldara og flutningafyrirtæki.

2.4.1 Niðurstöður

Hitastigsþróun í burðarlögum vega er hægt að reikna með varmaleiðni jöfnunni:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$$

þar sem T stendur fyrir hitastig, t fyrir tíma, z fyrir dýpt og α er fasti sem má skrifa sem

$$\alpha = \frac{k}{\rho C}$$

þar sem ρ er eðlismassi efnisins, C er eðlisvarmi þess og k er varmaleiðnistuðull.

Varmaleiðnijöfnuna má leysa tölulega:

$$\frac{\frac{T(l+1, n) - T(l, n)}{Z_{l+1} - Z_l} - \frac{T(l, n) - T(l-1, n)}{Z_l - Z_{l-1}}}{\frac{Z_{l+1} - Z_l}{2} + \frac{Z_l - Z_{l-1}}{2}} = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{T(l, n+1) - T(l, n)}{t_{n+1} - t_n} \right)$$

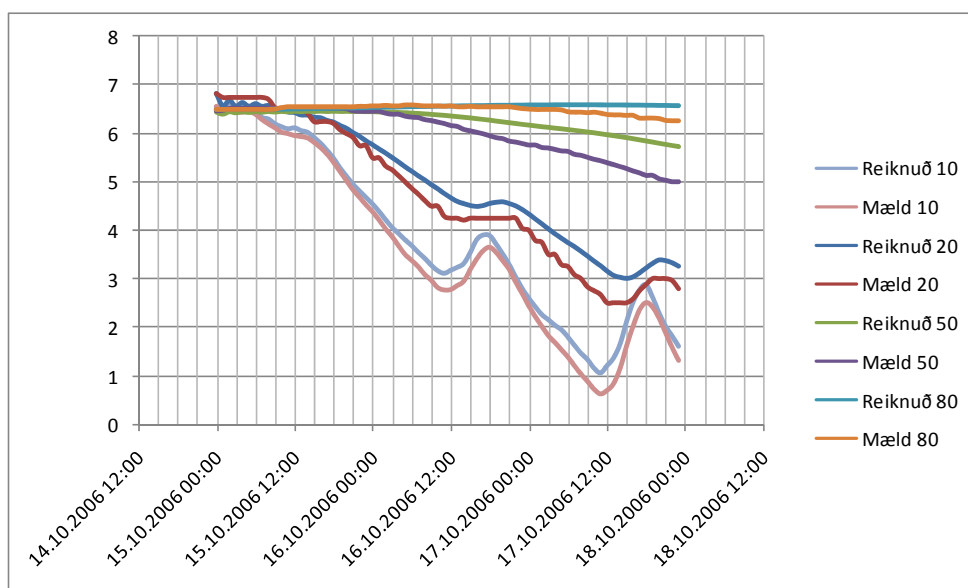
Fastann α í varmaleiðnijöfnunni er hægt að reikna út frá algengum gildum á ρ , C og k sem finna má í gögnum um varmaeiginleika jarðefna, en þar sem efni vegarins eru mismunandi milli staða þá þarf að stilla stuðulinn með prófunum, á hverjum stað fyrir sig og jafnvel að gefa svigrúm fyrir mismunandi gildi eftir dýpt í takt við lagskiptinu vegarins.

Fyrir 4 mælistöðvar með frostdýptarmæli og veðurstöð voru reiknuð út hitagildi niður í veginn. Upphafsgildi útvekinganna eru miðuð við gefinn yfirborðshita vegar (yfirborðshiti fenginn

úr raunverulegum niðurstöðum veghitamæla við veðurstöð, síðar verður þessum gildum skipt út fyrir spágildi), mældan upphafshita í lóðréttu sniði niður í veginni (frá frostdýptarmælum) og áætlaðan „botnhita“ (hita í $z=-110$ cm er haldið föstum þar sem hann breytist hægt á þremur sólarhringum). Niðurstöður þessara tilrauna er að finna í kafla 4 í viðauka.

Reiknaðir voru 3 sólarhringar fram í tímann, á tímabilum þegar burðarlög voru íslaus en talsverðar hitabreytingar eru til staðar. Tímaupplausn útreikninga er sá sami og tíðni mælinga í frostdýptarmælum, 1 klst.

Á eftirfarandi mynd má sjá dæmi um mismun á mældu hitastigi og hitatölum sem reiknaðar eru með fyrstu frumgerð þessa líkans. Gögn frá frostdýptarmæli þjóna sem upphafsgildi á gefnum tímapunkti og síðan er hitadreifing í jarðveginum reiknuð út frá spá um breytingar á yfirborðshita vegarins. Í þessu dæmi var stuðst við mældan hita á vegyfirborði í stað veghitaspár og hann notaður sem jaðargildi fyrir hermun. Þetta dæmi er frá Blönduósi og sýnir mælda og reiknaða hitadreifingu á þriggja sólarhringa tímabili þegar kuldi sækir að. Meðalskekkja allra reiknaðra gilda í þessu dæmi er $0,25^\circ$ en henni er líklega hægt að ná enn neðar þegar frekari tilraunir hafa verið gerðar með efnisstuðla og fleiri eignileika líkansins. Þá þarf að víkka líkanið út þannig að það taki tillit til ísmyndunar og bráðnunar svo að það gefi til kynna hvenær ætla má að ís bráðni í tilteknum dýptum í burðarlögunum.



Mynd 2 Reiknuð og mæld hitastigspróun í vegi á mælistöð á Blönduósi haustið 2006.

Þessar fyrstu athuganir staðfesta að raunhæft er að reikna hitastigsbreytingar undir vegyfirborði fram í tímann á grundvelli upphafshita frá frostdýptarmælum og spáðum veghita. Niðurstöðum reiknilíkans og mælingum ber vel saman og er skekkjan í þeim dæmum sem hér voru skoðuð oftast innan við $0,5^\circ\text{C}$ á fyrstu 60 klukkustundunum, en hættir til að aukast þegar búið er að reikna 60 – 72 klst fram í tímann.

2.4.2 Næstu skref

Áframhald á þróun spálíkans fjalla um að bæta inn í líkanið skilyrðum fyrir ísmyndun og bráðnun. Með þeirri viðbót er tekið tillit til orkuinnihalds og bræðsluvarma, en framgangsmátinn yrði svipaður að öðru leyti.

3 Umræða

3.1 Almenn

Niðurstöðurnar staðfesta að tenging falllóðsmælinga við niðurstöður frostdýptarmælinga er mjög gagnleg til þess að túlka og kvarða frostdýptarmælinga. Þær undirstrika einnig að á þróunartíma kerfisins þarf að gera falllóðsmælingar mjög oft og með stuttu millibili á sömu mælistöð í aðdraganda þýðu og á meðan klaki er að bráðna, og jafnframt að gera þarf mælingar á viðkomandi stöð á nokkurra daga millibili næstu daga og vikur eftir að klaki tekur að bráðna í veginum. Einungis með því móti er unnt að segja um það með nægjanlegu öryggi hve lengi vegur við viðkomandi mælistöð hefur takmarkað burðarþol.

Á tímabilinu janúar til maí 2008 þarf að fylgjast með því hversu vel forsendur kvörðunarinnar sem gerð var síðasta sumar hafa staðist. Fylgjast þarf með aflestri frostdýptarmæla og veðurspá og gera þarf burðarþolsmælingar með falllóði á mikilvægum tímabilum til þess að sannreyna og bæta kvörðun. Þar að auki þarf að falllóðsmæla á nýjum stöðum þar sem ekki hefur áður verið mælt við frostdýptarmælistöðvar.

3.2 Kröfur til gagnavinnslukerfis

Við þessa vinnu hafa höfundar rekið sig á atriði sem vert er að hafa í huga við áframhaldandi þróun gagnaumhverfis frostdýptarmæla:

- Gögn frá veðurstöð sem sýna lofthita og veghita þarf að vera hægt að sýna samtímis frostdýptargögnum á sama tímaás, þar sem veðurstöðvar eru á sama stað og frostdýptarmælar.
- Línurit hita og leiðni þarf að vera hægt að sýna ásamt fasariti á sömu mynd, helst ætti bakgrunnur línurita að sýna þann lit sem gildir á hverju tímabili skv. útreikningum sem byggja á kvörðunarstuðlum.
- Burðarþolsmælingar (í tonnum) þarf að vera hægt að sýna á tímaás í takt við önnur gögn.
- Kvörðurnarstuðla þarf að vera hægt að skrifa út í textaskrá.

Þegar spálíkan verður komið í rekstur síðar, þarf gagnaumhverfið að auki að leyfa samtímis skoðun á veðurspá og veghitaspá ásamt þeim gögnum sem talin eru upp að ofan.