

# **RIL 261-2013**

**Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry**

## **Routasuojaus**

**– rakennukset ja infrarakenteet**



RILin julkaisuilla on oma kotisivu, joka löytyy osoitteesta [www.ril.fi](http://www.ril.fi) Kirjakauppa ko. kirjan kohdalta. Sinne on koottu tiedot julkaisun painoksista sekä mahdolliset lisäinformaatiot.

Palautetta RILin julkaisuista voi antaa RILin kotisivuilta [www.ril.fi](http://www.ril.fi) kohdasta Julkaisut Muut palvelut.

**JULKAISIJA JA KUSTANTAJA:**

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

**MYYNTI:**

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Töölönkatu 4, 00100 Helsinki

Puh. 0207 120 600, fax 0207 120 619, email [ril@ril.fi](mailto:ril@ril.fi), [www.ril.fi](http://www.ril.fi)

ISBN 978-951-758-547-7 (nid.)

ISBN 978-951-758-551-4 (pdf)

ISSN 0356-9403

Painopaikka: Tammerprint Oy, 2013

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi ja saattaminen yleisön saataviin on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman nimenomaista lupaa.

© Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

## Alkusanat

Suomen olosuhteissa pakkasen ja routa ovat vuosittain toistuvia ilmiöitä, joiden kanssa on opittu elämään. Roudan ja pakkasen huomioon ottaminen talon- ja infrarakentamisen suunnittelussa ja toteutuksessa hallitaan yleensä hyvin. Alan tutkimus ja kirjallisuustuotanto on ollut kattava, joten aiheen yleinen tietämystaso on ollut riittävän korkea. Vakavat suunnittelupuutteet tai rakennusvirheet ovat olleet harvinaisia. Kuitenkin mahdollisesti muuttuvat ilmasto-olosuhteet, uudet rakentamiskäytännöt sekä uudet materiaalit aiheuttavat sen, että osa pitkään käytetyistä routasuojausohjeista on vanhentumassa. Tämä koskee etenkin talonrakentamista.

Tässä julkaisussa on kattavasti käsitelty sekä talon- että infrarakentamisen routasuojasta. Tavoitteena on parantaa alan osaamista esittämällä routailmiö ja routasuojaukset kootusti ja yhteneväisellä tavalla. Ohje on työkalu roudan vaikutusten ja routariskien hallintaan sekä routatahinkojen estämiseen. Lähtökohtana on ollut olemassa oleva ohjekirjallisuus, jonka sisältöä on hyödynnetty sekä tarvittaessa päivitetty ja tarkennettu. Ohjeisiin on lisätty uusinta tutkimustietoa. Rakentamismääräysten uudistuessa korvaantuvat viittaukset vanhoihin rakentamismääräyksiin uusia määräyksiä vastaaviksi.

Ohjeiden laadinnassa on otettu huomioon rakennusten yhä vähäisempi energiankulutus. Rakennusten alapohjan lämmöneristyksen kasvattaminen lisää routasuojaustarvetta. Uudet ohjeet perustuvat mm. tietokoneohjelmalla laadittuihin passiivi- rakennusten ja nollaenergiatalojen maaperän lämpötilajakaumalaskelmiin. Tämä julkaisu korvaa julkaisun RIL 193-1992 Routavauriot ja routasuojaus.

Julkaisu on laadittu Suomen Geoteknillisen Yhdistyksen (SGY) routatoimikunnan ja RILin yhteistyönä. Tärkeän asiantuntijapanoksen ovat antaneet alan yritykset, organisaatiot sekä viranomaiset. Julkaisun laadinnasta on vastannut toimituskunta, johon kuuluivat Tuuli Kunnas (pj.), Seppo Saarelainen (päätoimittaja), Kauko Kujala, Harri Mäkelä, Harri Kivikoski, Antti Nurmikolu, Heikki Onninen, Heikki Kangas ja Gunnar Åström (RIL). Ohje on ollut lausun- tokierroksella ja lausunnoista saatu kehittävä palaute on ollut erittäin tärkeä ohjeen viimeiste- lyssä.

Työtä on ohjannut ohjausryhmä, jonka jäseniä ovat olleet Tuuli Kunnas (pj.), Asko Aalto, Kati Alakoski, Asso Erävuoma, Pekka Holopainen, Heikki Kangas, Heikki Komulainen, Tapio Kilpeläinen, Pekka Merinen, Anu Näättänen, Katja Outinen, Jarmo Pekkala, Kari Seuranen, Milko Tietäväinen, Pekka Vuola ja Gunnar Åström (RIL, siht.).

Ohjeen rahoittajia olivat ympäristöministeriö, Liikennevirasto, kaupungit Helsinki, Joensuu, Jyväskylä, Pori, Tampere ja Vantaa, Infra ry, EPS-rakennustuoteteollisuus (Soklex, Solupak, Styroplast, ThermiSol ja UK-Muovi), Finnfoam Oy, Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy ja Uusioaines Oy.

Kiitämme kirjoittajia sekä ohjausryhmää, rahoittajia ja lausunnonantajia, jotka asiantuntijuudellaan ja sitoutumisellaan ovat mahdollistaneet tämän ohjeen syntymisen. Toivomme, että julkaisu nostaa routasuojauksen tietämystä rakennusalalla ja parantaa tältä osin rakentamisen laatua.

Tammikuussa 2013

SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO RIL ry

Risto Vahanen  
puheenjohtaja

Helena Soimakallio  
toimitusjohtaja



## Sisällysluettelo

1.	JOHDANTO .....	13
2.	ILMASTO JA ROUTA .....	15
2.1	Johdanto .....	15
2.2	Pakkasmäärä .....	15
2.3	Vuoden keskilämpötila .....	20
2.4	Lumipeitteen syvyys .....	21
2.5	Ilman ja pinnan lämpöastesumma .....	21
	Kirjallisuutta .....	23
3.	MAAN JÄÄTYMINEN, ROUTIMINEN JA SULAMINEN .....	25
3.1	Johdanto .....	25
3.2	Maan lämpötekniset ominaisuudet .....	26
3.2.1	Routaantumiseen vaikuttavista tekijöistä .....	26
3.2.2	Lämmönjohtavuus .....	27
3.2.3	Maan jäätymis/sulamislämpö .....	30
3.2.4	Tilavuuslämpökapasiteetti .....	30
3.3	Maan routaantuminen ja roudan syvyys .....	32
3.3.1	Roudan syvyyteen vaikuttavat tekijät .....	32
3.3.2	Roudan syvyyden likimääräinen arviointi .....	27
3.3.3	Roudan syvyyden laskennallinen arviointi .....	35
3.3.4	Roudan syvyys lumettomalla tie- ja katualueella ja lumen peittämässä maastossa .....	37
3.3.5	Routaantumisen numeerinen määrittäminen elementtimenetelmällä .....	40
3.4	Routivuus .....	41
3.5	Routanousukertoimen <i>SP</i> määrittäminen .....	43
3.5.1	Routanousukertoimen määrittäminen .....	43
3.5.2	Pohjamaan routanousukertoimen määrittäminen routanousuhavaintojen mukaan .....	43
3.5.3	Routanousukertoimen määrittäminen laboratorioissa .....	47
3.6	Routanousun määrittäminen .....	48
3.6.1	Routanousun merkitys suunnittelussa ja mitoituksessa .....	48
3.6.2	Likimääräinen menetelmä .....	49
3.6.3	Kerrosrakentamisen menetelmä .....	50
3.6.4	Routanousun laskentamalli .....	50
3.7	Sulamisen ja sulamispehmenemisen arviointi .....	51
3.7.1	Johdanto .....	51
3.7.2	Pohjamaan sulaminen .....	51
	Kirjallisuutta .....	53
4.	ROUTAVAURIORISKIT JA SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT .....	55
4.1	Johdanto .....	55
4.2	Paikallinen ilmastorasitus .....	57
4.3	Paikalliset pohjasuhteet .....	57
4.4	Routanousuerot .....	58
4.5	Rakentamisvaihe .....	59

4.6	Kuivatuspuutteiden aiheuttamat riskit	60
	Kirjallisuutta	60
5.	<b>ROUTAERISTERAKENTEIDEN VAATIMUKSET JA ROUTAERISTEMATERIAALIT</b>	61
5.1	Yleistä	61
5.2	Routaeristemateriaaleille asetettuja vaatimuksia	61
5.2.1	Ominaisuudet	61
5.2.2	Lämmönjohtavuus	61
5.2.3	Kosteuden pääsy ja vaikutus eristeeseen	63
5.2.4	Pakkasenkestävyys	64
5.2.5	Kuormituskestävyys	64
5.2.6	Keskoikä ja ympäristökelpoisuus	65
5.3	Routaeristeet ja niiden ominaisuudet	65
5.3.1	Yleistä	65
5.3.2	Paisutetut polystyreenisolumuovilevyt (EPS)	66
5.3.3	Suulakepuristetut polystyreenisolumuovilevyt (XPS)	66
5.3.4	Polyeteenisolumuovimatot ja -levyt	67
5.3.5	Kevytsora	67
5.3.6	Vahtolasi	68
5.3.7	Teollisuuden sivutuotteet	69
5.3.8	Muut routaeristeet	71
5.3.9	Yhteenveto routaeristeiden suunnitteluominaisuuksista	71
5.4	Routa- ja lämmöneristyksen paksuus	71
	Kirjallisuutta	73
6.	<b>RAKENNUSTEN ROUTASUOJAUS</b>	75
6.1	Johdanto	75
6.2	Mitoitusilmasto	75
6.3	Routasuojauksen suunnittelu- ja mitoitusperiaate	76
6.4	Roudaton perustusvyvyys	78
6.4.1	Lämpimät ja puolilämpimät rakennukset	78
6.4.2	Kylmät rakennukset	80
6.5	Routasuojauksen suunnitteluun ja mitoitukseen vaikuttavat tekijät	80
6.5.1	Pohjasuhteet	80
6.5.2	Ilmasto	80
6.5.3	Rakennus ja perustuksen rakenne	80
6.5.4	Alapohja	81
6.5.5	Perusmuuri	82
6.5.6	Ryömintätilan tuuletus ja korkeus	82
6.6	Lämpimien rakennusten routasuojauksen suunnittelu ja mitoitus	83
6.6.1	Mitoituksen kulku	83
6.6.2	Alapohjan rakenne ja lämmönvastus	84
6.6.3	Perusmuurin rakenne ja lämmönvastus	88
6.6.4	Ryömintätilan tuuletus ja routasuojaustarve	90
6.6.5	Routasuojauksen leveys	92
6.6.6	Rakennuksen ulkonurkat	93
6.6.7	Maanvastainen alapohjarakenne, alapohjan lämmönvastus $R_A \leq 10,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	94

6.6.8	Maanvastainen alapohjarakenne, lämmönvastus 10-14 m <sup>2</sup> K/W	95
6.6.9	Ryömintätilainen alapohjarakenne, alapohjan lämmönvastus $R_A \leq 6,25$ m <sup>2</sup> K/W	96
6.6.10	Ryömintätilainen alapohjarakenne, lämmönvastus > 6,25...< 10,0 m <sup>2</sup> K/W	97
6.6.11	Puolilämpimät rakennukset/rakennusosat	97
6.6.12	Rakennuksen kylmät osat	98
6.6.13	Siirtymäkiila rakennuksen vierustalla	98
6.7	Kylmien rakennusten ja rakenteiden routasuojauksen mitoitus	99
6.8	Kuivatusrakenteiden routasuojaus	99
6.8.1	Määräykset ja ohjeet	99
6.8.2	Salaojan sijoitus	99
6.8.3	Salaojituserkos	100
6.8.4	Kaivojen sijoitus ja routasuojaus	101
6.8.5	Salaojituksen ja routasuojauksen sisältävän rakenteen materiaalit ja kerrospaksuudet	103
6.8.6	Salaojitusjärjestelmän toimivuuden varmistaminen	105
6.9	Mitoitus esimerkki	105
6.10	Routasuojauksen rakentaminen	110
6.11	Esimerkkejä (väärät, oikeat)	111
	Kirjallisuutta	115
7.	KYLMIEN RAKENTEIDEN ROUTASUOJAUS	117
7.1	Johdanto	117
7.2	Mitoitusilmasto	117
7.3	Roudaton perustusvyvyys	118
7.4	Kylmien rakenteiden routasuojauksen mitoitus	119
7.5	Esimerkkejä (väärät, oikeat)	123
	Kirjallisuutta	126
8.	PIHOJEN JA PIHATEIDEN ROUTASUOJAUS	127
8.1	Johdanto	127
8.2	Mitoitusilmasto	127
8.3	Suunnittelu- ja mitoituseriaate	127
8.3.1	Pohjamaan routanousuominaisuudet	127
8.3.2	Routavaurioriski ja sallittu routanousu	128
8.3.3	Routasuojaukset	128
8.4	Routasuojauksen mitoitus kivennäisraakarakennetta käytettäessä	129
8.5	Routasuojauksen mitoitus routaeristettyä rakennetta käytettäessä	132
8.6	Routimattoman piharakenteen paksuuden määrittäminen	135
8.7	Esimerkkejä (väärät, oikeat)	136
	Kirjallisuutta	139
9.	VESI- JA VIEMÄRIJOHTOJEN ROUTASUOJAUS JA LÄMMÖNERISTÄMINEN	141
9.1	Johdanto	141
9.2	Mitoitusilmasto	142
9.3	Suunnittelu- ja mitoituseriaate	143

9.3.1	Suunnittelukriteerit . . . . .	143
9.3.2	Pohjamaan vaikutus routasuojaustapaan . . . . .	144
9.3.3	Lisälämpö . . . . .	144
9.3.4	Käyttökeskeytykset . . . . .	145
9.3.5	Lämmöneristys . . . . .	145
9.4	Lämmöneristys- ja routasuojaustavan suunnittelu ja mitoitus . . . . .	146
9.4.1	Rakenteet ja mitoitus . . . . .	146
9.4.2	Asennussyvyyden määrittäminen . . . . .	147
9.4.3	Matalalämpötilaiset vesi- ja viemärijohdot . . . . .	148
9.4.4	Lämpöä luovuttavat vesi- ja viemärijohdot tai kaapelilämmitys . . . . .	149
9.4.5	Lämmöneristysten vaatimukset ja periaatteet kalliokaivannossa . . . . .	151
9.5	Rakentaminen . . . . .	157
9.5.1	Lämmöneristeiden asentaminen . . . . .	157
9.5.2	Käytännön rakentamisohjeita ja erityiskysymyksiä . . . . .	158
9.6	Esimerkkejä . . . . .	161
9.6.1	Vesi- ja viemärijohtojen lämmöneristämisen vaikutus routanousueroihin . . . . .	161
9.6.2	Kunnallistekniikan vesijohtojen sulanapitojärjestelmä . . . . .	161
	Kirjallisuutta . . . . .	161
10.	KATUJEN ROUTASUOJAUS . . . . .	163
10.1	Johdanto . . . . .	163
10.2	Mitoitusilmasto . . . . .	163
10.3	Suunnittelu- ja mitoitusperiaate . . . . .	163
10.4	Kivennäismaarakenne . . . . .	164
10.4.1	Pohjamaan routanousuominaisuuksien määrittäminen . . . . .	164
10.4.2	Routamitoitus . . . . .	165
10.4.3	Maalaatikkorakenne . . . . .	167
10.5	Routaeristetty rakenne . . . . .	167
10.5.1	Routaeristuksen suunnittelu . . . . .	167
10.5.2	Routaeristeen kuivatus . . . . .	168
10.5.3	Kantavuusmitoitus . . . . .	170
10.6	Erityisvaatimukset ja yleiset asennusohjeet . . . . .	171
10.6.1	Katurakenteen kuivatus . . . . .	171
10.6.2	Rakenteen jäykistäminen . . . . .	171
10.6.3	Pohjamaan homogenisointi . . . . .	171
10.6.4	Siirtymärakenteet . . . . .	172
	Kirjallisuutta . . . . .	172
11.	TEIDEN ROUTASUOJAUS . . . . .	173
11.1	Johdanto . . . . .	173
11.2	Mitoitusilmasto . . . . .	175
11.3	Suunnittelu- ja mitoitusperiaate . . . . .	176
11.3.1	Routamitoitus osana tierakenteen mitoitusta . . . . .	176
11.3.2	Routanousun laskentatapa . . . . .	177
11.3.3	Suurin sallittu laskennallinen routanousu . . . . .	178
11.4	Materiaalit ja rakenteet . . . . .	179
11.4.1	Pohjamaan routanousuominaisuuksien määrittäminen . . . . .	179



11.4.2	Pohjamaan routaturpoaman kohdekohtainen määrittäminen . . .	180
11.4.3	Alusrakenteen arviointi ja luokittelu . . . . .	181
11.5	Routasuojaustavan valinta . . . . .	186
11.5.1	Routasuojaus routimattomasta kivennäismaasta . . . . .	186
11.5.2	Routaeristetty rakenne . . . . .	186
11.5.3	Kevyenliikenteen routamitoitusvaihtoehtoja . . . . .	186
11.6	Erityisvaatimukset ja yleiset asennusohjeet. . . . .	187
11.6.1	Tierakenteen kuivatus. . . . .	187
11.6.2	Rakenteen jäykistäminen . . . . .	187
11.6.3	Pohjamaan käsittely ja tasalaatuistaminen. . . . .	188
11.6.4	Siirtymäkiilat ja -rakenteet. . . . .	189
11.6.5	Siirtymäkiilan pohjan kaltevuus ja kiilan pituus. . . . .	190
11.6.6	Siirtymäkiilojen kuivatus . . . . .	190
11.6.7	Pituussuuntaisten siirtymäkiilojen paikat ja tarve . . . . .	191
11.6.8	Poikkisuuntaisten siirtymäkiilojen paikat ja tarve . . . . .	196
11.7	Esimerkkejä (väärät, oikeat) . . . . .	198
	Kirjallisuutta . . . . .	198
12.	RAUTATEIDEN ROUTASUOJAUS . . . . .	199
12.1	Johdanto. . . . .	199
12.2	Mitoitusilmasto . . . . .	199
12.3	Rakennekerrosmateriaalien routimattomuus . . . . .	200
12.4	Routimattoman rakennekerrospaksuuden mitoitus . . . . .	200
12.4.1	Routasuojaustavan valinta ja routaeristemateriaalit . . . . .	200
12.4.2	Routasuojaus kivennäismaasta . . . . .	201
12.4.3	Routasuojaus routaeristelevyä hyödyntäen . . . . .	201
12.5	Erityishuomioita olemassa olevien ratojen routasuojuuksesta . . . . .	205
12.5.1	Olemassa olevien ratojen routasuojaus . . . . .	205
12.5.2	Routaongelmien syitä . . . . .	205
12.5.3	Tietoaineistojen yhteistarkastelu routasuojaussuunnittelussa . . . . .	205
12.5.4	Routakorjausten elinkaarialoudellisuus . . . . .	206
	Kirjallisuutta . . . . .	207
13.	LIIKENNETUNNELEIDEN LÄMMÖNERISTYS . . . . .	209
13.1	Johdanto. . . . .	209
13.2	Mitoitusilmasto . . . . .	209
13.3	Suunnittelu- ja mitoitusperiaate . . . . .	209
13.4	Lämmöneristerakenteiden mitoitus . . . . .	212
13.4.1	Liikennetunnelin seinä- ja holvirakenteen lämmöneristys . . . . .	212
13.4.2	Liikennetunnelin pohjan kuivatusrakenteen lämmöneristys. . . . .	212
13.4.3	Yksittäisen salaojan lämmöneristys . . . . .	214
13.4.4	Lämmöneristeen paksuuden määrittäminen . . . . .	214
13.5	Liikennetunneleiden lämmöneristerakenteet . . . . .	215
13.6	Esimerkkejä (väärät, oikeat) . . . . .	216
	Kirjallisuutta . . . . .	216
14.	SILTOJEN ROUTASUOJAUS . . . . .	217
14.1	Johdanto. . . . .	217

14.2	Mitoitusilmasto . . . . .	217
14.3	Suunnittelu- ja mitoitusperiaate . . . . .	217
14.4	Routasuojauksen suunnittelu . . . . .	218
14.4.1	Routasuojauksen valinta . . . . .	218
14.4.2	Roudaton perustamissyvyys . . . . .	219
14.4.3	Siltaperustuksen routaeristeen mitoitus . . . . .	220
14.4.4	Routaeristemateriaalien ominaisuudet ja mitoitusarvot . . . . .	221
14.4.5	Routaeristetyn perustuksen kuivatus sekä routaeristettä suojaavat rakenteet . . . . .	221
	Kirjallisuutta . . . . .	222
15.	ERIKOISRAKENTEIDEN ROUTASUOJAUS. . . . .	223
15.1	Johdanto . . . . .	223
15.2	Tekojääräadan routasuojaus . . . . .	223
15.2.1	Yleistä . . . . .	223
15.2.2	Pohjasuhteet . . . . .	223
15.2.3	Avojäräadan routasuojaus . . . . .	224
15.2.4	Jäähallit . . . . .	225
15.2.5	Jääräadan rakenne ja mitoitus . . . . .	226
15.2.6	Vastalämmityksen suunnittelu . . . . .	227
15.2.7	Routaeristeen mitoitusominaisuudet . . . . .	228
15.3	Jäähdytetty latu . . . . .	229
15.3.1	Toiminnalliset vaatimukset . . . . .	229
15.3.2	Radan rakenne . . . . .	229
15.3.3	Radan routasuojaus . . . . .	230
15.3.4	Radan kuivatus . . . . .	231
15.3.5	Eristeen suojaus kuormituksia vastaan . . . . .	232
15.4	Pakkasvaraston routasuojaus . . . . .	232
15.4.1	Yleistä . . . . .	232
15.4.2	Suunnittelu- ja mitoitusperiaate . . . . .	232
15.5	Padon routasuojaus . . . . .	233
15.5.1	Yleistä . . . . .	233
15.5.2	Patojen suunnittelukriteerit . . . . .	233
15.5.3	Padon routaantuminen ja routiminen . . . . .	233
15.5.4	Maapadon routasuojaus . . . . .	234
15.5.5	Betonipadon routasuojaus . . . . .	236
15.5.6	Muut vesieristysrakenteet . . . . .	236
15.6	Kaatopaikkojen routasuojaus . . . . .	236
15.6.1	Yleistä . . . . .	236
15.6.2	Suunnittelu ja mitoitus . . . . .	238
15.7	Satamarakenteiden routasuojaus . . . . .	238
15.7.1	Yleistä . . . . .	238
15.7.2	Rakenteiden suunnittelun periaatteet . . . . .	238
15.8	Pallo- ym. kenttien routasuojaus . . . . .	239
15.8.1	Yleistä . . . . .	239
15.8.2	Suunnittelu- ja mitoitusperiaate . . . . .	239
15.8.3	Eryitysnäkökohtia . . . . .	239
15.9	Katulämmitys . . . . .	240
15.9.1	Yleistä . . . . .	240
15.9.2	Suunnittelu- ja mitoitusperiaate . . . . .	241
15.9.3	Eryitysnäkökohtia . . . . .	241

	Kirjallisuutta . . . . .	241
16.	TYÖNAIKAINEN ROUTASUOJAUS . . . . .	243
16.1	Johdanto . . . . .	243
16.2	Mitoitusilmasto . . . . .	243
16.3	Suunnittelu- ja mitotusperiaate . . . . .	244
16.4	Työmaatoiminta talvella . . . . .	244
16.5	Suojattavat kohteet. . . . .	246
16.6	Maan pitäminen sulana lämmöneristämällä . . . . .	247
16.7	Lämmitysmenetelmät . . . . .	249
16.8	Routasuojauksen ja lämmityksen mitoitus . . . . .	250
16.9	Työnaikaisen routasuojauksen rakentaminen ja tarkkailu . . . . .	253
	Kirjallisuutta . . . . .	
	Liite 1. Merkinnät ja määritelmät. . . . .	254

## Ilmoittajat

Ilmoitukset julkaisun lopussa.

Finfoam Oy  
Geobitti Oy  
M-Plast Oy  
Rudus Oy  
Sito Oy  
Solupak Oy  
Teknologian tutkimuskeskus VTT  
Thermisol Oy  
UK-Muovi Oy  
WPS Finland Oy