



Juhani Virola
Eur Ing-FEANI

Hardangerbrua – suuri riippusilta Norjassa

Hardanger-vuonon ylitse rakennettava suuri riippusilta on ollut Norjassa vireillä jo ainakin 1980-luvulta asti [viitteet 1-2]. Vihdoin Kalevalan päivänä 28.2.2006 klo 15.04 Norjan kansankäräjät (Stortinget) teki ratkaisevan päätöksen, että silta rakennetaan [3]. Valmistuessaan v. 2011 Hardangerin silta kuuluu jänneväliltään 1 310 m maailman 10 suurimman riippusillan joukkoon [4].

Noin 230 000 asukkaan Bergen on Norjan 2. suurin kaupunki maan pääkaupungin Oslon jälkeen. Bergen sijaitsee Atlantin rannikolla, suurin piirtein 60. pohjoisen leveysasteen

paikkeilla, samoin kuin siitä itään päin 3 pohjoismaista pääkaupunkia: Oslo, Tukholma ja Helsinki. Hardangerin vuono ulottuu Bergenin eteläpuolelta Atlantin rannikolta koilliseen toista

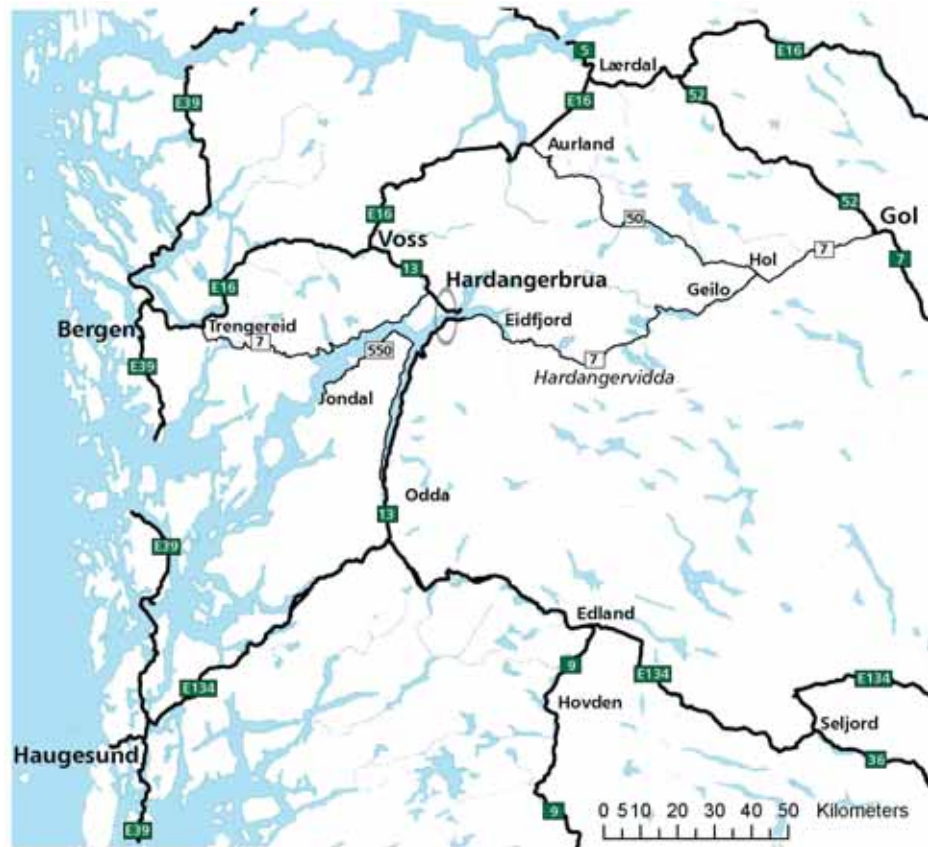
sataa kilometriä sisämaahan. Vuonon ylitse rakennettava silta sijaitsee välillä Bergen-Oslo, satakunta kilometriä Bergenistä itään eli Osloon päin. Siltapaikalta nelisen kilometriä itään



päin vuonon ylitse on lauttayhteys, jonka pohjoisrannalla on paikkakunta nimeltä Bruravik ja etelärannalla Brimnes [5].

Vesisyvyys siltapaikalla on enimmillään noin 500 m [6]. Tästä syystä siltatyyppi on valittu pitkäjänteinen riippusilta, jonka pylonit rakennetaan rantaviivan tuntumaan. Silta ylittää vuonon luoteis-kaakkoisuunnassa, ja siltapaikalla on vuonon pohjoisrannalla paikkakunta nimeltä Vallavik ja etelärannalla Bu. Silta koostuu lähes kokonaan pitkistä pääjänteistä 1 310 m, joka valmistuessaan on 10 pisimmän joukossa maailman kaikkien siltojen joukossa [4]. Riippusillan kummassakin päässä on vain lyhyet maavaraiset sivujänteet, joiden jälkeen siltaa pitkin kulkeva tie jatkuu kalliotunnelissa. Toinen vaihtoehto olisi ollut rakentaa vinoköysisilta, mutta näin suuria vinoköysisiltoja ei ole vielä missään päin maailmaa rakennettu, eikä siltapaikalla ole luontevasti tilaa vinoköysille sivujänteiden osuudella.

Japanin ja USA:n suurimmissa riippusilloissa on käytetty etupäässä teräspyloneita, kun taas Kiinan ja Euroopan viimeaikaisissa suurriippusilloissa on enimmäkseen betonipylonit



Siltapaikan sijainti Bergeniin nähden.

[7]. Myös Hardangerin siltaan tulee betonipylonit [6], Norjan monien muiden köysikannatteisten eli riippu- ja vinoköysisiltojen tavoin. Hardangerin sillan pylonien korkeus vedenpinnasta mitattuna on 186 m.

Norjan monissa muissa riippusilloissa, suurimpana Bergenin lähellä v. 1992 valmistunut Askøyn silta (jv. 850 m) [8], riippuköydet koostuvat kierteislankaisista esivalmistetuista osaköysistä. Niiden norjalainen erikoispiirre, jota juuri muiden maiden riippusilloissa ei ole käytetty, on se että osaköydet on tietyin välimatkoin sijaitsevien holkkien avulla pakotettu suorakaiteen muotoiseksi avonaiseksi köysiryhmäksi. Muualla suurimpien riippusiltojen riippuköydet koostuvat samansuuntaisista n. 5 mm paksuisista teräslangoista, ja riippuköysien lopullinen poikkileikkaus on ympyränmuotoinen, enimmillään jopa toista metriä [7]. Kummallakin menetelmällä on etunsa ja haittansa [8].

Kaikissa jänneväliään yli kilometrin pituisissa riippusilloissa riippuköydet koostuvat samansuuntaisista teräslangoista ja riippuköysien poikkileikkaus on pyöreä [7], ja tällaiset riippuköydet rakennetaan myös Hardangerin siltaan. Viime aikojen suurimmat riippusillat on rakennettu Japanissa ja

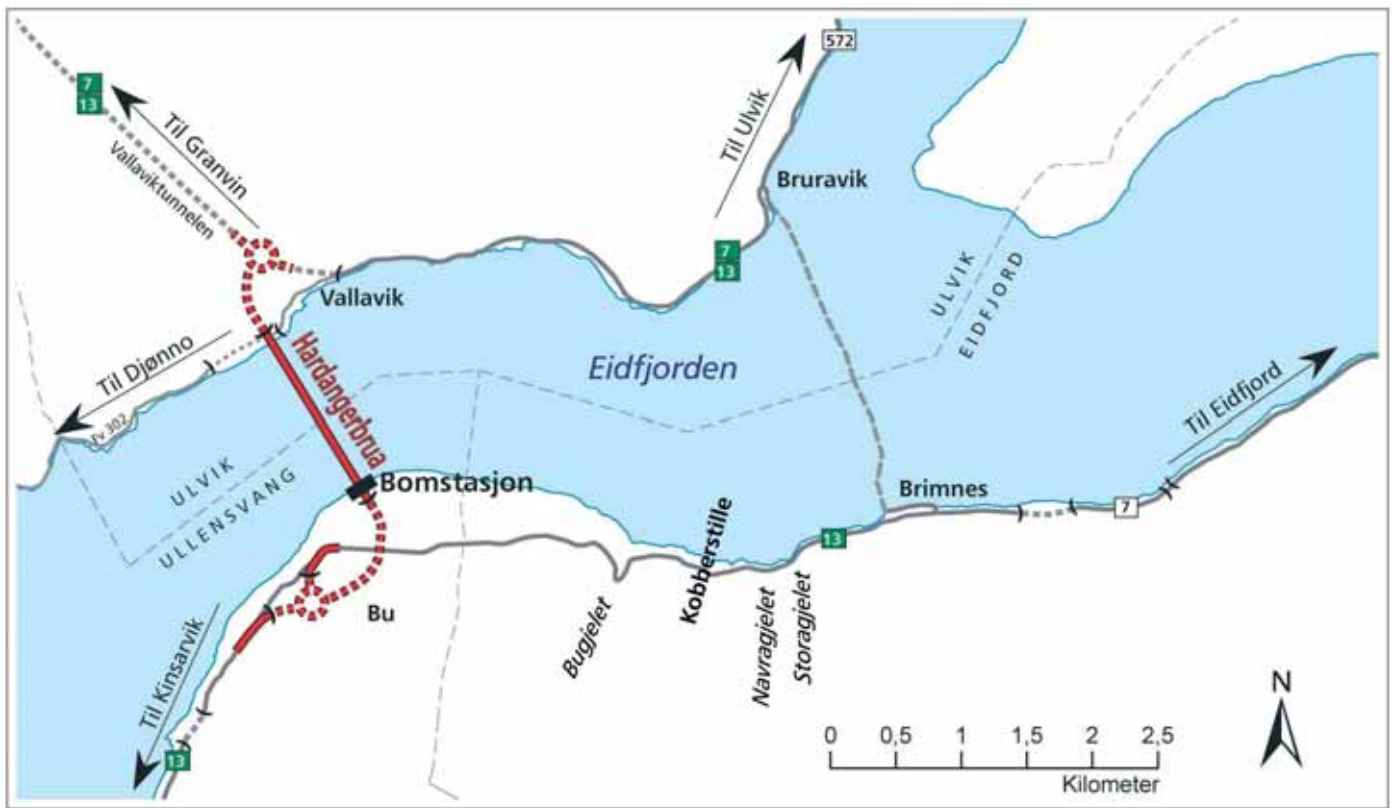
Kiinassa, joissa maissa riippuköysien paikoilleen asentamisessa käytetään PPWS -tekniikkaa (prefabricated parallel wire stands). Tällöin riippuköydet rakennetaan köysitehtaalla esivalmistetuista osaköysistä, jotka asennetaan siltapaikalla paikoilleen ja joista muodostetaan poikkileikkaukseltaan pyöreä riippuköysi. Näissä maissa on tähän tarkoitukseen sopivia teräsköysitehtaita. Sen sijaan Amerikan ja Euroopan suurimpien riippusiltojen riippuköysien paikoilleen asentamisessa on käytetty perinteistä A/S-tekniikkaa (aerial spinning), jossa muutama samansuuntainen teräslanka kerrallaan vedetään erityisillä keloilla edestakaisin ankkurista toiseen, ja langoista muodostetaan poikkileikkaukseltaan pyöreä riippuköysi [7].

Myös Hardangerin sillan riippuköydet tehdään perinteisellä A/S-tekniikalla, vetämällä muutama lanka kerrallaan paikoilleen. Osasyynä tähän on se, että Hardangerin sillan riippuköydet ankkuroidaan kallion sisään rakennettaviin tunneliankkureihin, kuten monet muutkin Norjan suurista köysikannatteisista silloista [5], ja tällöin tilaa olisi niukasti käytettävissä, jos riippuköydet rakennettaisiin esivalmistetuista osaköysistä. Muiden maiden suurissa riippusilloissa käytetään useimmiten massiivisia gravitaatioankkureita, joihin riippuköysien päät kiinnitetään, ja tällöin asennustekniikka voidaan valita vapaammin.

Kuvasovitelma Hardangerin sillasta.

Kuva: Statens Vegvesen, Norge





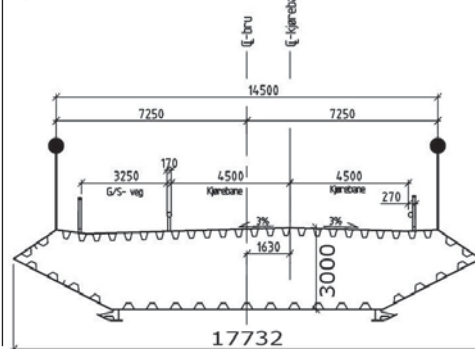
Siltapaikan detaljikartta.

Vuonna 1966 valmistui Britanniassa maailman ensimmäinen suuri riippusilta, jossa riippuköysien ja siltakannen väliset riipputangot värrähdysvaimennuksen tehostamiseksi ovat vinossa zigzag -asennossa: Severn Bridge, jv. 988 m [9]. Sittenkin eri puolilla maailmaa rakennettiin vielä muutamia vinotankoisia riippusiltoja, suurimpana brittiläinen Humberin silta vuodelta 1981 (jv. 1 410 m), joka on oheisessa taulukossa [4] sijalla 5. Vinoissa riipputangoissa on ilmennyt tiettyjä ongelmia, ja vuoden 1981 jälkeen rakennetuissa suurissa riippusilloissa on palattu pystysuoriin riipputankoihin. Niinpä myös Hardangerin sillassa on tavanomaiseen tapaan pystysuorat riipputangot.

Hardangerin sillan kansirakenne koostuu virtaviivaisesta teräskotelo-

palkista, jonka mitat alustavan suunnitelman mukaan ovat: leveys 17,7 m, rakennekorkeus 3,0 m. Alikulkukorkeus on 300 m leveältä 55 m. Siltaa pitkin kulkee kaksi tieliikenteen ajokaistaa, yksi kumpaankin suuntaan, ja

Kansirakenteen poikkileikkaus.



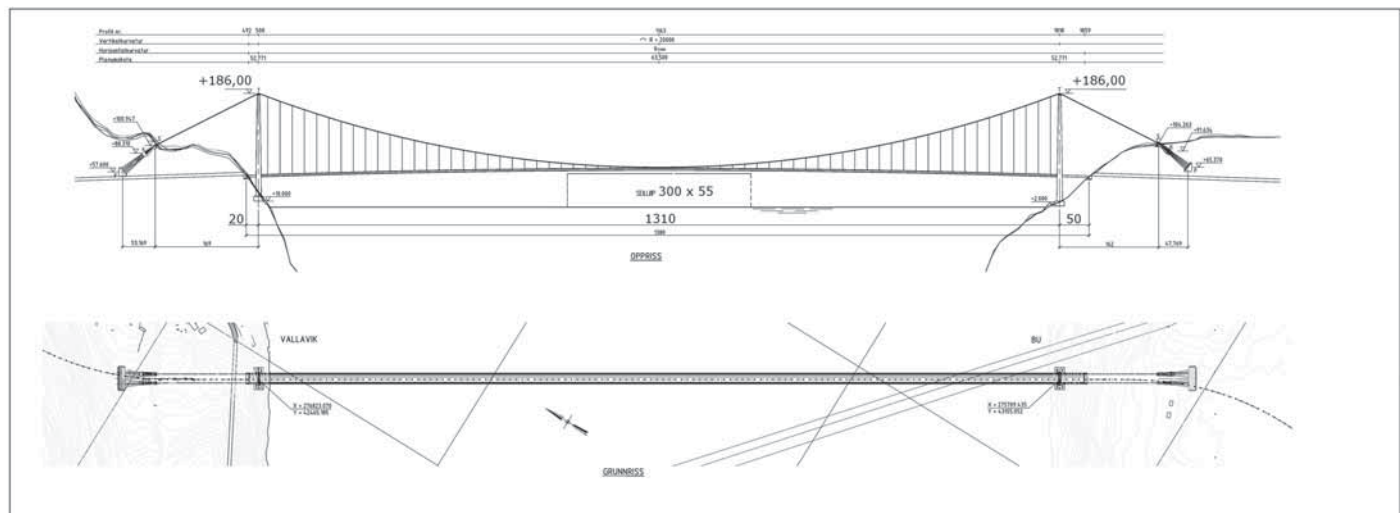
siltakannen toisella laidalla on kevyen liikenteen kaista. Arvioitu ajoneuvoliikenne on aluksi noin 2 000/vrk, mikä ei kuulosta paljolta. Norjan suurimpien siltojen tavoin myös Hardangerin silta on tullisilta.

Siltahankeen rakennuttajana on Norjan tielaitos (Statens Vegvesen), ja aikataulu on seuraava:

- v. 2006 valitaan konsultti.
- v. 2007 valitaan urakoitsija(t).
- v. 2008-2011 rakennetaan silta liittymäteinein.

Rakennushankkeen kustannukset ovat noin 1,8 mrd. Norjan kruunua eli noin 230 milj. euroa. Sillan lisäksi hankkeeseen kuuluu myös muita rakennustöitä: tunneli 2,4 km, tie 0,9 km, kevyen liikenteen väylä 0,8 km.

Sillan pituusprofiili ja tasokuva.





San Franciscon maailmankuulun Golden Gate -sillan jänneväli on 1 280 m. Hardanger -sillan jänneväli on 30 m pitempi eli 1 310 m.

Kuva: Leena Virola

Maailman pitkäjänteisimmät riippusillat v. 2011 (*), [4] (jänneväli \geq 1200 m)

Nro	Silta	Jänneväli	Sijainti	Valm.vuosi
1	Akashi-Kaikyo	1991 m	Kobe-Naruto, Japani	1998
2	Xihoumen	1650 m	Zhoushan, Kiina	2008
3	Iso-Belt	1624 m	Korsør, Tanska	1998
4	Runyang	1490 m	Zhenjiang, Kiina	2005
5	Humber	1410 m	Hull, Britannia	1981
6	Jiangyin	1385 m	Jiangsu, Kiina	1999
7	Tsing Ma	1377 m	Hong Kong, Kiina	1997
8	Hardanger	1310 m	Vallavik-Bu, Norja	2011
9	Verrazano	1298 m	New York, NY, USA	1964
10	Golden Gate	1280 m	San Francisco, CA, USA	1937
11	Yangluo	1280 m	Wuhan, Kiina	2007
12	Höga Kusten	1210 m	Kramfors, Ruotsi	1997

(*) jänneväliltään 3300 m mittainen Messinan salmen jättiläisriippusilta Italiassa valmistuu aikaisintaan v. 2012 [10] ja viime tietojen mukaan sillan rakentaminen siirtyy.

Viitteet:

[1] Arne Vangsnes, Roald Fredriksen & Erik Hjorth-Hansen: "Plans for long, narrow suspension bridges in Norway". Symposium on Strait Crossings, Stavanger, Norway, Oct.1986, Vol.1, p. 233-245.

[2] Hans Oderud: "Brubygning in Norge, status og utvikligstendenser". Nordisk Betong 1989:2, p. 5-8.

[3] Information and illustration kindly given by Statens Vegvesen, Norge.

[4] Helsingin teknillisen korkeakoulun (TKK) siltataulukot:
www.tkk/Units/Bridge/longspan.html

[5] A.Vangsnes & L.Blom-Bakke: "The Hardanger Bridge - A future crossing of the Hardangerfjord". Strait Crossings 2001, ISBN 90 2651 845 5, p. 107-113.

[6] Lisa Russell: "Green light for Norway's longest suspension bridge". Bridge Update, issue 58 (March 2006), p. 1.

[7] Juhani Virola: "Suurten siltojen maailma" (julkaistu käännöksinä n. 40 kielellä, viimeksi makedoniaksi). Tierakennusmestari TIRA 1995:2, s. 85-105 & 1995:3, s. 75-95.

[8] Gunnar Jensen, Arne Vangsnes & John Jensen: "Erection of the steel structure for the Askoy Suspension Bridge, Norway". IABSE-FIP Conference, Deauville, France, Oct.1994, Vol.1, p. 91-98.

[9] Juhani Virola: "Brittiläisiä suursiltoja", Tiemies 1969:1-6, 11 s.

[10] Juhani Virola: "Messinan salmen jättiläisriippusilta lähdössä rakenteille". Tierakennusmestari TIRA 2006:2, 58 s.