

Undersökning av kommersiellt tillgängliga cykelhjälmars förmåga att klara rotationsvåld

Länsförsäkringar AB har givit SP (Sveriges Tekniska Forskningsinstitut AB, senare namnändrat till RISE AB) i uppdrag att i samverkan med expertis på Kungliga Tekniska Högskolan (KTH), Avdelningen för Neuronik, Skolan för Teknik och Hälsa, undersöka hur på marknaden tillgängliga, och godkända, cykelhjälmar motstår rotationsvåld.

Provningarna redovisas i bifogad SP rapport (beteckning 7P01375-1 daterad 2017-03-20), materialet har sedan utvärderats av KTH och baserat på den utvärderingen har hjälmarna rankats. För bedömning, utvärderingen och övriga utsagor i det dokumentet svarar endast KTH. SP saknar kompetens att bedöma värdenas relevans.

Rapporten består således av två delar:

1. SP rapport 7P01375-1 (daterad 2017-03-20)
2. KTH-rapport – Beskrivning av rankning av cykelhjälmar – Tester utförda på SP i Borås

Delarna utgör var för sig sammanhållna dokument och får inte publiceras delvist, vidare skall detta dokument tas med om båda rapporterna publiceras tillsammans

RISE Research Institutes of Sweden AB Safety - Mechanics Research

Utfört av

Klas-Gustaf Andersson

RISE Research Institutes of Sweden AB

Postadress

Box 857
501 15 BORÅS

Besöksadress

Brinellgatan 4
504 62 BORÅS

Tfn / Fax / E-post

010-516 50 00
033-13 55 02
info@ri.se

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte RISE i förväg skriftligen godkänt annat.

Länsförsäkringar AB
106 50 STOCKHOLM

Rotationsprovning av cykelhjälm

(1 bilaga)

Sammanfattning

Rotationsprovning (tangentiella islag) har utförts på 25 typer av cykelhjälm. Resultaten i form av translationsacceleration, rotationsacceleration, rotationshastighet samt BrIC* finns i tabell 2 nedan. Då provmetoden inte är standardiserad utan under utveckling finns i dagsläget inga gränsvärden för dessa mätresultat.

* Brain Injury Criteria

1 Inledning

På uppdrag av Länsförsäkringar AB har provning av 25 cykelhjälm av olika modeller utförts där provning av tangentiella islag utförts i tre riktningar för att se hjälmarnas förmåga att förhindra/minska rotation av huvudet vid islag.

2 Provföremål

Provföremål:	Se tabell 1 nedan och bilder i bilaga 1.
Ankomst av provföremål:	Februari-mars 2017.
Urval av provföremål:	Genomfördes av kunden, utan assistans från RISE/SP. Däremot har inköp av provföremål hanterats av RISE/SP.
Provningsdatum:	2017-02-28 – 2017-03-15.
Provplats:	RISE/SP Safety, Mechanics Researchs laboratorium i Borås.

Tabell 1. Förteckning över provföremål.

Tillverkare	Modell	Hjälmstorlek
ABUS	URBAN-1 V.2	56-61 (L)
ABUS	Youn-I MIPS Jr	52-57 (M)
Alpina	Carapax	57-62
Bell	Draft MIPS	54-61 (U)
Bell	Local	59-61 (L)
Bell	Stoker	55-59 (M)
Cannondale	Radius	52-58 (S-M)
Cube	Pro Junior	51-55 (S)
GIRO	Montaro	59-63 (L)
GIRO	Synthe	55-59 (M)
GIRO	Savant MIPS	55-59 (M)
GIRO	Trinity MIPS	54-61 (U)
Otto	Champrey MTB Mips	57-60 (L-XL)
POC	Tectal	55-58 (M-L)
POC	Trabec Race MIPS	55-58 (M-L)
POC	Octal AVIP Mips	54-60 (M)
POC	Trabec Race	51-54 (XS-S)
Scott	Centric Plus	55-59 (M)
Scott	Cadence plus	55-59 (M)
Scott	Supra Plus	54-61 (U)
Smith	Forefront	51-55 (S)
SPECIALIZED	Align	54-62
Spectra	Block Mips JR	52-58
Spectra	Helmer	48-55
Sweet	Bushwhacker MIPS	56-59 (M-L)

3 Provningsgenomförande

För att utvärdera hjälmarnas förmåga att motstå rotationsvåld vid en cykelolycka genomfördes tre stycken tangentiella prov av hjälmarna. För att generera rotationen och simulera ett islag i marken eller mot en bil så släpptes hjälmen mot ett städ vinklat 45°, se bild 1. Tre olika islagpunkter på hjälmen testades för att utvärdera rotationsvåldet i olika riktningar. Rotation runt provhuvudets X-axel testades genom ett islag mot hjälmens sida med huvudet monterat rakt vertikalt med hjälmen i fallriktningen, se bild 2 nedan. För att utvärdera egenskaperna vid rotation runt Y-axeln så monterades huvudet på ett liknande sätt men med träffpunkten på hjälmens främre del, se bild 3. Rotation runt provhuvudets Z-axel testades genom ett islag mot hjälmens främre vänstra sida med huvudet vridet 70° runt Y-axeln på provhuvudet, se bild 4.

Samtliga tangentiella prov genomfördes med hjälmarna konditionerade i rumstemperatur. För att inte påverka provningen negativt plockades eventuella skärmar av hjälmarna.

Principer för provutrustningen och provningens utförande är hämtade från prEN 13087-11:2016. Notera att denna provmetod och mätutrustningen är under utveckling och att betrakta som experimentella. Två storlekar på provhuvud har använts. Se tabell 2 nedan.



Bild 1. Städ 45°



Bild 2. Tangentiellt prov, X-led



Bild 3. Tangentiellt prov, Y-led



Bild 4. Tangentiellt prov, Z-led

4 Resultat

Provresultatet i tabellen nedan gäller endast för provade objekt.

Tabell 2

		ABUS	ABUS	Alpina	Bell	Bell	Bell	Cannondale	Cube	GIRO
		Urban-1 V.2	Young Mips JR	Carapax	Draft Mips	Local	Stoker	Radius	ProJunio	Montaro
Mips		-	X	-	X	-	X	-	-	X
Provhuvud*		50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	5 %	50 %
Rotation X	Transl. Acc. [g]	122,15	117,98	0,90	138,22	135,35	107,86	139,72	147,81	112,82
	Rot. Acc. [krad/s ²]	7,93	5,72	152,64	7,13	9,40	3,79	6,80	6,93	7,10
	Rot. hast. [rad/s]	30,58	21,14	16,92	23,62	29,07	18,17	27,65	27,78	24,86
	BrIC-X Rot	0,86	0,60	43,29	0,69	0,86	0,49	0,77	0,77	0,71
Rotation Y	Transl. Acc. [g]	131,52	114,39	1,36	116,42	147,38	103,01	97,13	153,61	114,43
	Rot. Acc. [krad/s ²]	8,14	8,56	131,74	5,75	10,09	4,13	6,83	10,05	6,05
	Rot. hast. [rad/s]	36,33	37,06	9,97	27,78	37,71	26,64	35,15	38,84	30,99
	BrIC-Y Rot	0,99	1,01	29,49	0,74	1,07	0,68	0,93	1,09	0,82
Rotation Z	Transl. Acc. [g]	125,32	106,11	0,89	132,34	115,55	114,83	110,82	104,83	125,61
	Rot. Acc. [krad/s ²]	6,27	5,62	1,05	7,58	7,07	5,96	6,75	6,35	7,15
	Rot. hast. [rad/s]	27,93	20,94	0,90	28,24	28,53	25,67	30,68	24,95	28,88
	BrIC-Z Rot	0,76	0,59	152,64	0,80	0,79	0,70	0,83	0,70	0,80
Average BrIC value of the three rotations		0,87	0,74	16,92	0,74	0,91	0,62	0,84	0,85	0,78

* 5 % betyder att huvudet från en krockdocka Hybrid III 5th percentile female har använts.

50 % betyder att huvudet från en krockdocka Hybrid III 50th percentile male har använts.

Tabell 2 forts.

		GIRO	GIRO	GIRO	Otto	POC	POC	POC	POC
		Synthe	Savant Mips	Trinity Mips	Champrey Mtb Mips	Tectal	Trabec Race Mips	Octal Avip Mips	Trabec Race (No Mips)
Mips		X	X	X	X	-	X	X	-
Provhuvud*		50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	50 %	5 %
Rotatin X	Transl. Acc. [g]	120,93	112,55	117,03	125,16	117,41	123,60	100,06	113,07
	Rot. Acc. [krad/s ²]	5,21	5,29	5,96	4,99	7,09	5,37	5,40	7,67
	Rot. hast. [rad/s]	29,44	20,22	25,86	20,88	28,06	22,10	25,08	26,46
	BrIC-X Rot	0,77	0,57	0,71	0,58	0,78	0,61	0,68	0,76
Rotation Y	Transl. Acc. [g]	131,76	100,26	126,41	129,42	119,45	120,42	100,44	144,52
	Rot. Acc. [krad/s ²]	9,45	5,12	6,11	7,35	7,80	6,58	5,77	8,60
	Rot. hast. [rad/s]	39,74	32,84	31,36	30,36	36,76	30,54	33,43	38,16
	BrIC-Y Rot	1,09	0,84	0,83	0,84	0,99	0,82	0,87	1,04
Rotation Z	Transl. Acc. [g]	112,04	102,33	105,58	99,90	108,15	112,49	94,41	119,01
	Rot. Acc. [krad/s ²]	8,14	6,03	7,04	5,82	6,78	7,61	6,32	8,20
	Rot. hast. [rad/s]	32,86	26,21	29,39	34,88	31,17	31,33	31,92	34,99
	BrIC-Z Rot	0,91	0,72	0,81	0,90	0,84	0,87	0,85	0,96
Average BrIC value of the three rotations		0,92	0,71	0,78	0,77	0,87	0,77	0,80	0,92

* 5 % betyder att huvudet från en krockdocka Hybrid III 5th percentile female har använts.
50 % betyder att huvudet från en krockdocka Hybrid III 50th percentile male har använts.

Tabell 2 forts.

		Scott	Scott	Scott	Smith	Specialized	Spectra	Spectra	Sweet
		Centric Plus	Cadence Plus	Supra Plus	Forefront	Align	Block Mips Jr	Helmer	Bushwhacker Mips
Mips		X	X	X	-	-	X	X	X
Provhuvud*		50 %	50 %	50 %	5 %	50 %	50 %	5 %	50 %
Rotation X	Transl. Acc. [g]	85,79	101,38	97,33	128,45	133,64	147,41	117,80	108,27
	Rot. Acc. [krad/s ²]	5,22	5,65	5,54	8,80	9,89	6,98	3,44	6,65
	Rot. hast. [rad/s]	24,26	23,81	24,68	30,27	31,66	22,12	13,23	24,83
	BrIC-X Rot	0,65	0,66	0,67	0,87	0,93	0,65	0,37	0,70
Rotation Y	Transl. Acc. [g]	93,11	102,83	110,22	141,24	128,53	117,27	111,74	103,19
	Rot. Acc. [krad/s ²]	4,24	5,30	4,75	9,38	7,94	6,11	4,76	5,02
	Rot. hast. [rad/s]	28,08	32,05	26,92	39,15	33,94	23,42	30,15	29,00
	BrIC-Y Rot	0,71	0,82	0,70	1,08	0,93	0,66	0,77	0,75
Rotation Z	Transl. Acc. [g]	100,18	106,39	80,44	104,83	119,07	127,05	107,49	124,42
	Rot. Acc. [krad/s ²]	5,82	6,76	4,42	5,80	8,35	5,32	4,57	6,94
	Rot. hast. [rad/s]	28,34	31,64	21,10	23,36	29,42	27,39	19,53	36,24
	BrIC-Z Rot	0,76	0,85	0,57	0,65	0,84	0,72	0,54	0,96
Average BrIC value of the three rotations		0,71	0,78	0,65	0,87	0,90	0,68	0,56	0,80

* 5 % betyder att huvudet från en krockdocka Hybrid III 5th percentile female har använts.
50 % betyder att huvudet från en krockdocka Hybrid III 50th percentile male har använts.

5 Mätosäkerhet

För de tangentiella islagen har ingen mätosäkerhetsberäkning gjorts på grund av provningens experimentella natur.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut Safety - Mechanics Research

Utfört av

Granskat av

Patrik Spånglund

Klas-Gustaf Andersson

Bilaga

Bilaga 1 Produktbilder (5 sidor)

Bilaga 1



Bild 1, ABUS, Urban-1 V.2



Bild 2, ABUS, Youn-I MIPS JR



Bild 3, Alpina, Carapax



Bild 4, Bell, Draft MIPS



Bild 5, Bell, Local



Bild 6, Bell, Stoker

Bilaga 1



Bild 7, Cannondale, Radius



Bild 8, Cube, Pro Junior



Bild 9, Giro, Montaro



Bild 10, Giro, Synthe



Bild 11, Giro, Savant MIPS



Bild 12, Giro, Trinity

Bilaga 1



Bild 13, Otto, Champrey MTB MIPS



Bild 14, POC, Tectal



Bild 15, POC, Trabec Race MIPS



Bild 16, POC, Octal AVIP MIPS



Bild 17, POC, Trabec Race (NO MIPS)



Bild 18, Scott, Centric Plus

Bilaga 1



Bild 19, Scott, Cadence Plus



Bild 20, Scott, Supra Plus



Bild 21, Smith, Forefront



Bild 22, Specialized, Align



Bild 23, Spectra, Block MIPS JR

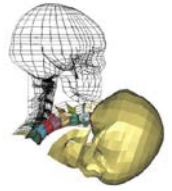


Bild 24, Spectra, Helmer

Bilaga 1



Bild 25, Sweet, Bushwhacker MIPS



Beskrivning av rankning av cykelhjälm – Tester utförda på SP i Borås

Av Peter Halldin, Avdelningen för Neuronik, Skolan för Teknik och Hälsa, KTH

Länsförsäkringar har utfört ett unikt test av totalt 25 cykelhjälm inköpta i Sverige. Samtliga hjälm har CE märkning vilket innebär att de klarar kraven i dagens teststandarder (EN1078). Dagens teststandarder är bra men bygger på gammal vetenskap. Dagens hjälm testas genom att de släpps rakt ner mot en plan eller sfärisk yta. Man mäter den linjära accelerationen vilket bara kan relatera till risken för en skallfraktur.

Dagens hjälm är bra och det finns inga "dåliga". Men det finns forskning som visar på att hjärnan kan skyddas bättre om man utvecklar dagens testmetoder. Länsförsäkringar har därför i denna studie testat 25 cykelhjälm från Svenska marknaden enligt en ny testmetod som håller på att färdigställas inom EU (CEN TC158 – WG11).

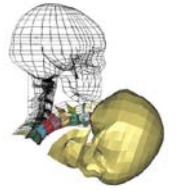
Testmetoden är utvecklad för att bättre efterlikna en vanlig cykelolycka. Istället för att släppa hjälm och krockdockehuvud rakt ner i backen så släpps hjälm och krockdockehuvud mot en sned islagsyta. På detta vis så utsätts hjälmen för ett snett slag som leder till att hjälm och huvud börjar rotera.

Det mänskliga huvudet och hjärnan är, enligt många oberoende forskningsstudier, betydligt mer känsligt för rotationsrörelse än för ett linjärt våld (Genarelli et al. 1987, Kleiven 2006, Takhounts et al. 2013). Det är därför Länsförsäkringar valt att jämföra hjälmarna för just ett snett slag istället för ett rakt slag.

I testet har hjälmarna släppts i tre olika islagsriktningar. I det ena har hjälmen släppts så att den träffar i pannan och roterar runt öra-öra-axeln. I ett andra har hjälmen släppts på sidan och hjälmen roterar runt fram-bak-axeln. I det sista och tredje träffar hjälmen snett fram på hjälmen och roterar runt den vertikala axeln relaterat till huvudet om man står upp.

Huvudet som använts är ett så kallat Hybrid III-huvud som används i EuroNCAP tester med bilar. Huvudet är instrumenterat med accelerometrar för att mäta både linjära accelerationerna och vinkelaccelerationerna i huvudet. Vetenskapligt utarbetade skadekriteriet BRIC (Takhounts et al. 2011) har använts för att utvärdera hjälmarnas skyddsförmåga. BRIC värdet inkluderar både vinkel accelerationen och vinkel hastigheten. För att kunna ranka hjälmarna så beräknades BRIC värdet för alla tre islagen och sedan togs ett medelvärde av dessa tre. Ju lägre BRIC värde ju bättre. I detta test låg medelvärdet av BRIC mellan 0.62 och 1.05.

Testerna i denna rapport är utförda av RISE (tidigare SP) i Borås. Peter Halldin, forskare på KTH, aktiv inom CEN och också en av grundarna till MIPS har bistått RISE i analys av testresultaten.



Bäst rankade vuxen hjälmar är:

- Bell Stoker
- Scott Supra Plus
- Spectra Block Mips JR
- GIRO Savant MIPS
- Scott Centric Plus
- ABUS Youn-I MIPS Jr
- Bell Draft MIPS

Bäst rankade Barnhjälmar var

- Spectra Helmer



Ranking of helmets tested at RISE

25 bicycle helmets were tested at RISE, by RISE's offices in Borås, Sweden.

The test specification was similar to that used in Round Robin tests in CEN TC158 – WG11 (Specified and sent from Peter to SP, January 2017).

The test method used was based on real accident situations. Different accident reconstruction studies were used to determine an impact speed of 6.0m/s and an impact angle of 45degrees (Bourdet et al 2012, Verschueren et al. 2011 Fahlstedt et al. 2014).

In the tests three different impact angles were employed in order to test the helmets energy absorption capabilities in three impact directions resulting in a rotational motion of the head around three axes (X-, Y- and Z-axis).

The helmet was mounted on an experimental Hybrid III dummy head. The head included an instrument for measuring both linear and angular acceleration around all axes.

The helmets were then ranked based on the computed BRIC Value. BRIC is a value calculated from the resultant angular acceleration and the change of resultant angular velocity (Takhounts et al 2011). Many different research groups have concluded that the risk of a brain injury correlates to the change of rotational velocity (Genarelli et al. 1987, Kleiven 2006, Takhounts et al. 2013)

The ranking of helmets was determined via a calculation of the BRIC value. In this ranking the BRIC was calculated for each test and then the mean value from the three impacts was calculated. The lower the BRIC value the lower the risk of a brain injury. The mean BRIC value for the 25 helmets was between 0.62 and 1.05.

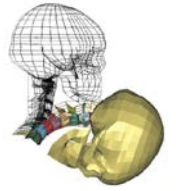
Genarelli TA, Thibault LE, Tomei G, Wiser R, Graham D, Adams J. Directional dependence of axonal brain injury due to centroidal and non-centroidal acceleration. Tech. Rep.; SAE Technical Paper; 1987.

Kleiven S. Evaluation of head injury criteria using a finite element model validated against experiments on localized brain motion, intracerebral acceleration, and intracranial pressure. International Journal of Crashworthiness 2006;11(1):65–79.381

Takhounts EG, Craig MJ, Moorhouse K, McFadden J, Hasija V. Development of brain injury criteria (bric). Stapp car crash journal 2013;57:243

BRIC

BRIC is developed by National Highway Traffic Safety Administration in USA. Takhounts et al. presented the first version (Equation 1) in 2011, in which the authors used a Finite element human head model (the SIMon model, *Takhounts and Eppinger, 2003*). Frontal impact tests with the Hybrid III dummy (43 NCAP tests, NHTSA database) were used to develop BRIC. To do so, first CSDM values, based on criteria established previously with SIMon FEM, were calculated



for each test. CSDM is based on the hypothesis that DAI is associated with the cumulative volume of brain tissue experiencing strains over a predefined critical level.

Then optimization was carried out to obtain the best linear fit between CSDM and BRIC using critical values of angular velocity and acceleration ω_{cr} and a_{cr} as design variables and subjected to the constraint that BRIC=1 when CSDM =0.425 (30% probability of DAI/AIS4+).

$$BrIC = \frac{\omega_{max}}{\omega_{cr}} + \frac{\alpha_{max}}{\alpha_{cr}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Where ω_{max} and α_{max} are maximum angular velocities and accelerations for each accident cases respectively. The critical values of angular velocity and acceleration for the Hybrid III dummy were found to be $\omega_{cr}=46.41 \text{ rad/s}$ and $\alpha_{cr}=39770 \text{ rad/s}^2$.

Ranking according to the mean value of BrIC (2011) of the rotation on the three axes

Bike_Large_Rank_BrIC (2011)

BrIC_2011	Designation	Brand	Model	Type	MIPS	HF-Size
0,62	E1	Bell	Stoker	Bike	yes	L
0,65	F1	Scott	Supra Plus	Bike	yes	L
0,68	G1	Spectra	Block Mips JR	Bike	yes	L
0,71	Y1	GIRO	Savant MIPS	Bike	yes	L
0,71	U1	Scott	Centric Plus	Bike	yes	L
0,74	B1	ABUS	Youn-I MIPS Jr	Bike	yes	L
0,74	X1	Bell	Draft MIPS	Bike	yes	L
0,77	K2	POC	Trabec Race MIPS	Bike	yes	L
0,77	M1	Etto	Champrey MTB Mips	Bike	yes	L
0,78	J1	Scott	Cadence plus	Bike	yes	L
0,78	T2	GIRO	Montaro	Bike	yes	L
0,78	S1	Giro	Trinity MIPS	Bike	yes	L
0,80	D2	POC	Octal AVIP Mips	Bike	yes	L
0,80	AA1	Sweet	Bushwhacker MIPS	Bike	yes	L
0,84	N1	Cannondale	Radius	Bike	no	L
0,87	O1	ABUS	URBAN-1 V.2	Bike	no	L
0,87	H1	POC	Tectal	Bike	no	L
0,90	W2	SPECIALIZED	Align	Bike	no	L
0,91	V1	Bell	Local	Bike	no	L
0,92	L1	GIRO	Synthe	Bike	no	L
1,05	Q1	Alpina	Carapax	Bike	no	L

20-50% risk för AIS2 skador (Hjärnskakning)

51-75% risk för AIS2 skador (Hjärnskakning)

76-90% risk för AIS2 skador (Hjärnskakning)

Bike_Small_Rank_BrIC (2011)

0,56	C1	Spectra	Helmer	Bike	yes	S
0,85	P1	Cube	Pro Junior	Bike	no	S
0,87	Z1	Smith	Forefront	Bike	no	S
0,92	AB1	POC	Trabec Race	Bike	no	S