

# Utveckling av kolfibertrike

## Development of a trike in carbon fibre composite

Thesis in Integrated Product Development  
Royal Institute of Technology (KTH)  
SE-100 44 Stockholm, Sweden



Lars Viebke  
Stockholm  
30 mars 2009



# Utveckling av kolfibertrike

## Development of a trike in carbon fibre composite



Examensarbetare: **Lars Viebke**, [Lars@Viebke.nu](mailto:Lars@Viebke.nu) [www.viebke.info.se](http://www.viebke.info.se)  
Handledare/examinator: **Sonny Wallgren**

Skola: Kungliga Tekniska Högskolan (**KTH**)  
Huvudämne: **Maskinteknik**  
Inriktning: IPU (integrerad **produktutveckling**)

---

Mer information om projektet och fortsättningen efter exjobbet återfinns på:

[www.CarbonTrikes.se](http://www.CarbonTrikes.se)

Copyright © 2009  
Lars Viebke

Text, fotografier och illustrationer Lars Viebke om inget annat anges.  
Bilder från externa källor är i de flesta fall tagna från officiellt reklammaterial.  
Spridning, kopiering och eftertryck av upphovsmakaren skapat material tillåts  
om källan och upphovsmakaren, Lars Viebke, nämns tydligt i direkt samband.

Examensrapporten klassas som offentlig handling.



## Sammanfattning

Detta är en rapport som beskriver ett **produktutvecklingsprojekt** i form av ett **examensarbete** inom **maskinteknik** med inriktning mot **integrerad produktutveckling** (IPU) genomfört på Kungliga Tekniska Högskolan (**KTH**).

Utvecklingsprojektet syftade till att **utveckla en trehjulig liggecykel**, en tadpole-trike, i **kolfiberkomposit**. En trike som i förlängningen skulle kunna bli marknadens första serieproducerade med ren kompositram och i lättviktsversion den i särklass lättaste.

Triken har utvecklats från idé till färdigt koncept och fullfunktionsprototyp genom följande aktiviteter:

- **Konstruktion** genom analys av trikens alla kritiska delar, teoretiskt, praktiskt och genom att studera andra tillverkares lösningar
- **Formgivning** (industridesign) i 3D CAD (IronCAD) med fokus på funktion, mekaniska egenskaper, estetik och tillverkningsbarhet
- **Dimensionering och beräkningar**
- **Prototyp tillverkning**
- **Utvärdering** av prototypen

En fullt fungerande och utseendemässigt korrekt **prototyp i kolfiberkomposit** har tagits fram för att utvärdera och demonstrera triken och konceptet. Den har visat sig fungera mycket bra. Den har fått **positiva omdömen** både gällande dess egenskaper och utseende. Triken innehåller flera detaljer som gör den unik i förhållande till trikarna på marknaden idag.

En marknadsanalys visar att triken och **konceptet har potential att bli lönsamt** men att det finns kommersiella begränsningar. Projektet har vid publicering av rapporten **förts vidare mot en kommersialisering**. Domäner har registrerats ([www.carbontrikes.se](http://www.carbontrikes.se) och [www.carbontrikes.com](http://www.carbontrikes.com)) och ett företag kring projektet har startats (**CarbonTrikes Sweden**).



Figur 1: Lars Viebke på prototypen utvecklad inom projektet

**Nyckelord:** kolfiber, komposit, trike, tadpole, cykel, produktutveckling, konstruktion, industridesign, CAD



## Abstract

This report describes a **product development project** as a degree project in **Mechanical Engineering** and **Integrated Product Development** performed at Royal Institute of Technology (**KTH**).

The object of the project was to **develop a three wheeled recumbent cycle**, a tadpole-trike, **in carbon fibre composite** that could be serial produced. The aim was that the trike would be lightest on the market and also the first trike with a frame in fibre composite to be serial produced.

The trike has been developed from an idea to a complete concept and a fully functional prototype by following activities:

- **Construction** based on analysis of all critical parts on the trike, both theoretical and practical, and by studying solutions of other manufacturers
- **Industrial designing** in 3D-CAD (IronCAD) with focus on function, mechanical properties, aesthetics and production
- **Calculations** of the dimensions
- **Prototype manufacturing**
- **Evaluation of the prototype**

**The prototype in carbon fibre composite** that has been developed to evaluate and demonstrate the concept **works very well**. It has received positive critics, both for its function and the design.

The prototype and the concept contain **several features which are unique** compared to the other trikes on the market today.

A market analysis indicates that **the concept has commercial potentials** and at the time of publication of this report, the project has moved on to a commercial state. Internet domains has been registered ([www.carbontrikes.se](http://www.carbontrikes.se) and [www.carbontrikes.com](http://www.carbontrikes.com)) and a company has been started (*CarbonTrikes Sweden*).



Figur 2: Lars Viebke at the prototype developed in the project

**Key Words:** carbon fibre, carbon fiber, composite, trike, tadpole, cycle, bike, product development, construction, industrial design, CAD



## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Förord och kommentarer till rapporten.....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Ordlista .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Bakgrundsbeskrivning .....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Projekt mål .....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Kravspecifikation.....</b>	<b>18</b>
5.1	Skallkrav .....	18
5.2	Börkrav .....	19
<b>6</b>	<b>Avgränsningar.....</b>	<b>20</b>
<b>7</b>	<b>Vad är en liggcykel? .....</b>	<b>21</b>
7.1	Vad är en trike?.....	22
7.1.1	Vad är en tadpole-trike? .....	23
<b>8</b>	<b>Utvecklingsprocessen .....</b>	<b>24</b>
<b>9</b>	<b>Konstruktionsdetaljer.....</b>	<b>25</b>
<b>9.1</b>	<b>Styrning .....</b>	<b>26</b>
9.1.1	Lösningsmetod för att uppfylla uppställda krav på styrningen.....	26
9.1.2	Olika typer av styrningar på tadpole-trikar .....	33
9.1.3	Styrning – vald lösning.....	39
<b>9.2</b>	<b>Hjulstorlek .....</b>	<b>41</b>
9.2.1	Måttstandarder för hjul, fälgar och däck .....	41
9.2.2	Hjulstorlekens inverkan på motståndet .....	42
9.2.3	Hjulstorlek bak .....	45
9.2.4	Hjulstorlek fram.....	47
9.2.5	Hjulstorlek – vald lösning .....	47
<b>9.3</b>	<b>Framhjulsupphängning .....</b>	<b>49</b>
9.3.1	Förekommande framhjulsupphängningar på marknadens tadpole-trikar.....	49
9.3.2	Konstruktion av framhjulsupphängningarna.....	50
9.3.3	Framhjulsupphängningar – vald lösning .....	51
<b>9.4</b>	<b>Framhjulsnav .....</b>	<b>52</b>
9.4.1	Framhjulsnav – vald lösning .....	55
<b>9.5</b>	<b>Sits.....</b>	<b>55</b>
9.5.1	Sits – vald lösning .....	56
<b>9.6</b>	<b>Sitsdyna .....</b>	<b>57</b>
9.6.1	Sitsdyna – vald lösning .....	59
<b>9.7</b>	<b>Kedjeföring .....</b>	<b>60</b>
9.7.1	Kedjeföring – vald lösning .....	60
<b>9.8</b>	<b>Växlar .....</b>	<b>61</b>
9.8.1	Kedjeväxlar .....	61
9.8.2	Navväxlar.....	64
9.8.3	Kombinationsväxlar.....	65
9.8.4	Specialväxlar.....	66
9.8.5	Växelreglage .....	66



9.8.6	Utvärdering av växelalternativ .....	68
9.8.7	Växelsystem – vald lösning.....	69
<b>9.9</b>	<b>Bromsar .....</b>	<b>70</b>
9.9.1	Skivbromsar.....	70
9.9.2	Trumbromsar .....	71
9.9.3	Rullbromsar .....	72
9.9.4	Utvärdering av bromsalternativ .....	73
9.9.5	Bromssystem – vald lösning .....	74
<b>9.10</b>	<b>Pedaler .....</b>	<b>75</b>
<b>9.11</b>	<b>Stänkskärmar .....</b>	<b>77</b>
<b>9.12</b>	<b>Bagagelösning .....</b>	<b>78</b>
<b>9.13</b>	<b>Säkerhetsdetaljer .....</b>	<b>79</b>
<b>9.14</b>	<b>Specialdetaljer .....</b>	<b>81</b>
9.14.1	Förvaringsutrymme i ramen.....	81
9.14.2	Bytbara dropouts med integrerade fästen .....	82
<b>9.15</b>	<b>Viktfördelning .....</b>	<b>82</b>
<b>9.16</b>	<b>Spårvidd, sitthöjd och tyngdpunkt .....</b>	<b>84</b>
9.16.1	Forsering av svängar – fysikalisk beskrivning .....	85
<b>9.17</b>	<b>Justering .....</b>	<b>86</b>
<b>10</b>	<b>Utvärdering av andra tadpole-trikar.....</b>	<b>87</b>
<b>10.1</b>	<b>Data för testtrikarna.....</b>	<b>88</b>
10.1.1	HPVelotechniks Scorpion.....	90
10.1.2	Steintrike Pico.....	92
10.1.3	Steintrike Nomad.....	94
10.1.4	Actionbent Tadpole Trike .....	95
<b>10.2</b>	<b>Sammanfattning av utvärderingen.....</b>	<b>97</b>
<b>11</b>	<b>Industridesign .....</b>	<b>99</b>
<b>11.1</b>	<b>Designkriterier .....</b>	<b>99</b>
11.1.1	Funktionell design .....	100
11.1.2	Attraktiv design / rätt utstrålning.....	100
11.1.3	Igenkännande design.....	101
11.1.4	Producerbar design .....	101
<b>12</b>	<b>Material och tillverkningsmetoder.....</b>	<b>103</b>
<b>12.1</b>	<b>Material och tillverkningsmetoder vid produktion.....</b>	<b>103</b>
12.1.1	Materialval och produktionmetoder till ramen.....	103
12.1.2	Materialval till övriga delar.....	116
<b>12.2</b>	<b>Material och tillverkningsmetoder för prototypen .....</b>	<b>117</b>
12.2.1	Materialval till prototypens ram och prototypens kompositdelar .....	117
12.2.2	Materialval till övriga prototypdelar .....	118
<b>13</b>	<b>Dimensionering .....</b>	<b>119</b>
<b>13.1</b>	<b>Dimensionering av ramen och kompositdelarna.....</b>	<b>119</b>
<b>13.2</b>	<b>Dimensionering av framhjulsaxlar.....</b>	<b>122</b>
<b>13.3</b>	<b>Dimensionering av skruvar mellan framhjulsupphängningar och styraxlar .....</b>	<b>123</b>
<b>14</b>	<b>Prototypen och dess delar .....</b>	<b>124</b>



<b>14.1</b>	<b>Prototypens ram .....</b>	<b>124</b>
<b>14.2</b>	<b>Prototypens framhjulupphängningar .....</b>	<b>127</b>
<b>14.3</b>	<b>Prototypens styrning .....</b>	<b>128</b>
14.3.1	Styrstam.....	128
14.3.2	Styre.....	128
14.3.3	Styrstag.....	129
<b>14.4</b>	<b>Prototypens framhjulsnav .....</b>	<b>129</b>
14.4.1	Standardnav .....	129
14.4.2	Lättviktsnav .....	130
<b>15</b>	<b>Utvärdering av prototypen .....</b>	<b>131</b>
15.1	Utvärdering av testperson 1 .....	131
15.2	Utvärdering av testperson 2 .....	133
15.3	Utvärdering av allmänheten – demonstration vid tekniska museet.....	135
<b>16</b>	<b>Varianter – olika modeller inom CarbonTrikes-konceptet.....</b>	<b>138</b>
16.1	Data för CarbonTrikes-modellerna .....	139
<b>17</b>	<b>Produktifiering .....</b>	<b>141</b>
<b>18</b>	<b>Ekonomi.....</b>	<b>142</b>
18.1	Marknadsförutsättningar .....	142
18.2	Namn och hemsida.....	142
18.3	Kundanalys .....	143
18.4	Konkurrentanalys.....	144
18.4.1	TerraTrike EDGE.....	145
18.4.2	Windcheetah HyperSport .....	146
18.4.3	Trike Carbone .....	147
18.4.4	Innesenti .....	148
18.5	Kostnadsanalys .....	150
18.6	Prissättningsstrategi.....	151
18.6.1	Prissättning av de olika modellerna och marginaler .....	152
18.7	SWOT-analys.....	153
18.7.1	Styrkor .....	153
18.7.2	Svagheter .....	153
18.7.3	Möjligheter .....	153
18.7.4	Hot .....	154
18.7.5	Slutsats av SWOT-analysen.....	155
<b>19</b>	<b>Övergripande resultat .....</b>	<b>157</b>
<b>20</b>	<b>Källhänvisning.....</b>	<b>158</b>
<b>21</b>	<b>Bilagor .....</b>	<b>161</b>
21.1	Bilaga 1. Viktredovisning för CarbonTrikes prototyp.....	162
21.2	Bilaga 2. Beräknad vikt för CarbonTrikes lättviktsmodell .....	164
21.3	Bilaga 3. Lista över vikter på tadpole-trikar .....	166
21.4	Bilaga 4. Utväxling för att kedjexäxelsystem .....	168



21.5	Bilaga 5. Växelalternativ för CarbonTrikes-modellerna .....	169
21.6	Bilaga 6. Ekerlängdsberäkning för prototypens 20-tumsframhjul .....	170
21.7	Bilaga 7. Ekerlängdsberäkning för prototypens 16-tumsframhjul .....	171
21.8	Bilaga 8. Kostnader för framtagning av trikeprototyp .....	172
21.9	Bilaga 9. Förbrukat av kompositmaterial vid framtagning av prototyp .....	176
21.10	Bilaga 10. Materialanalys av skruv som utnyttjas till framhjulsaxlarna .....	177
21.11	Bilaga 11. Stänkskärmar i kolfiberkomposit för serieproduktion .....	184
21.12	Bilaga 12. Berörda kurser.....	191
21.13	Bilaga 13. Datablad för lamineringsepoxi NM 650 .....	193
21.14	Bilaga 14. Datablad för lamineringsepoxi NM 275 .....	194





## 1 Förord och kommentarer till rapporten

Denna rapport beskriver ett exjobb tillika produktutvecklingsprojekt som har haft till syfte att utveckla en trehjulig liggcykelmodell. Rapporten berör dock inte hela projektet utan endast de delar som ansetts intressanta för läsare, för att förstå bakgrunden samt gången från idé till produkt, avväganden och beslut, samt alternativa vägar.

Rapporten är skriven på en allmänteknisk nivå för att passa läsare som har genomgått en teknisk utbildning men inte nödvändigtvis inom projektets huvudområde (maskinteknik och produktutveckling). De ord som har ansetts som svåra finns samlade i ordlistan i början av rapporten med förklaring, dessa ord är *kursiverade* första gången för att markera detta. Även företagsnamn har för tydlighetens skull *kursiverats*.

Rapporten är rikt illustrerad med bilder som kompletterar texten för att öka förståelsen och göra den mer lättläst. Fotografierna och illustrationerna i rapporten är i största möjliga mån skapade av rapportförfattaren, Lars Viebke. I de fall där det har varit nödvändigt att ta fotografier och illustrationer från externa källor har vikt lagts på att välja information tillåten för spridning. Dessa bilder kommer främst från reklammaterial på tillverkarens officiella hemsidor eller från inköpskällor. I dessa fall har antingen källan redovisats (motsvarande internetadresser återfinns i källhänvisningen) eller fotografens namn. I de fall där källan eller fotografen inte är redovisad är bilderna skapade av rapportförfattaren, Lars Viebke.

Projektet har vid publicering av denna rapport gått vidare mot en kommersialisering med syfte att få igång produktion och försäljning av trikar under namnet **CarbonTrikes**, trikar liknande den som utvecklats inom exjobbet. Eftersom exjoberapporten är en offentlig handling har det viss information av kommersiella skäl utelämnats i rapporten. Detta gäller främst sådant som ansetts kunna gagna konkurrenter. Det gäller t.ex. utförligare framtidsplaner för projektet, detaljerad dimensionering och redovisning av uppbyggnaden av laminaten (fibermängd och fiberriktningar) i trikens kompositdelar. Även detaljer utvecklade inom projektet som ansetts kunna vara patenterbara har utelämnats.

*Information om det projektet och dess fortsättning finns på CarbonTrikes hemsida:*

[www.CarbonTrikes.se](http://www.CarbonTrikes.se)



## 2 Ordlista

**Ovanliga ord och förkortningar som förekommer i rapporten eller i relation till rapporten och förklaring till dessa. Observera att förklaringar gäller denna rapport och kan i vissa fall vara annorlunda i andra sammanhang.**

” – tum = 25,4 mm

**Abrasiv skärning** – skärning med slipmedelstillsats, *se vattenskränning*

**Absorbtiionsskikt** – skikt vid vakuumbaging, filt eller liknande absorberande material som suger upp överskottshartsen och fungerar som vakuumedare

**Ackermankompensering** – kompensering av styrning på fordon med hjulpar fram som innebär att inner- och ytterhjulet svänger kring samma punkt, krävs för att fordonet skall bromsas i svängar samt för att minimera däckslitaget

**AISA** – amerikansk internationell standard, standardbetäckningar för metaller

**AP** – Armerad plast (ibland synonymt med Armerad Polyester)

**Aramid** – armeringsfiber med hög nötningstålighet, vanligaste varumärkesnamnet: Kevlar

**Armering** – förstärkning

**ASS** – Abow Seat Steering, styrning över stolen, samma som *OSS*

**ATV** – All Terrain Vehicle, fyrhjulig motorcykel

**Austenitiskt rostfritt** – ”syrafast” rostfritt stål, med hög nickelhalt, ej ferromagnetiskt

**Autoklav** – trycksatt ugn för bland annat härdning av *pre-preg*-laminat

**Avrivningsväv** – hartsgenomsläpplig väv som är ytbehandlad för att inte fästa mot härdande laminat, utnyttjas vid *vakuumbaging* för att skilja laminatet från *absorbtiionsskiktet*

**Axiell belastning** – belastning som verkar i en axels riktning, traditionella spårkullager är klarar endast begränsad axiell belastning

**BSD** – Belt seat diameter, diametern för den yta på en fälg som däckskanten vilar mot, motsvarar i princip innerdiametern på däck

**BMX** – cykeltyp anpassad för trick och hopp med små starka hjul, vanligtvis ISO 406 (20-tum)

**Brompton** – hopfällbar cykel med hjulstorleken ISO 349mm (16-tum)

**CAD** – konstruktion i datormiljö, (*eng: Computer Aided Design*)

**CAM** – omvandling från *CAD* till *NC-kod*, (*eng: Computer Aided Manufacturing*)

**Camber** – lutning av hjulparet, positiv (hjulen lutar utåt), neutral (hjulen står helt vertikalt), negativ (hjulen lutar inåt), negativ camber utnyttjas för att förbättra kurvtagningsförmågan

**CAM-verktyg** – program som automatiskt eller med manuell inblandning omvandlar en *CAD*-modell till *NC-kod*

**Capreo** – cykeldelstandard från Shimano för småhjuliga cyklar där minsta drevet på kedjekasetten har 9 tänder

**Carbon** – engelska för kol, förkortning för carbon fibre = kolfiber

**Caster** – *se Castervinkel*

**Castervinkel** – styraxlarnas vinkel från vertikalplanet, utnyttjas för att ge en styrning en självcenterande effekt, dvs. att den strävar efter att styra framåt

**Centerpointstyrning** – styraxelns förlängning pekar på den punkt där däck

**CNC** – innebär att en fleroptionsmaskin elektroniskt styrd följer ett program (*NC-kod*) för att åstadkomma önskad bearbetning eller operation, ofta synonymt med fräsning (*eng: Computer Numeric Controlled*)

**CRP** – Kolfiberarmerad plast (*eng: Carbon fibre Reinforced Plastics*)



- CTA** – CarbonTrikes Allround, produktionsmodell lämpad för allroundcykling, pendling, träning och enklare touring, kompakt spårvidd och mellanhög sitt höjd och sitslutning
- CTL** – CarbonTrikes Light, produktionsmodell med minimal vikt lämpad för träning- och tävlingcykling, lägre sitt höjd och mer tillbakalutad sits än allroundmodellen, lättviktsdelar
- CTT** – CarbonTrikes Touring, produktionsmodell lämpad för touringcykling (långfärdcykling med packning), större spårvidd och längre hjulbas än allroundmodellen, kraftigare ram
- Delrin** – kristalin termoplast
- Delta-trike** – trehjuling med två hjul bak och ett hjul fram
- Diamantram** – traditionell cykelram för tvåhjuliga upprätta cyklar baserad på två triangelformade sektioner
- Direktstyrning** – styrning på tadpole-trikar med styrena monterade direkt mot hjulupphängningarna kombinerat med ett styrstag, *se parallellstagsstyrning*
- Downhill** – cykeltyp anpassad för cykling nerför kuperade backar, oftast med fulldämpning, vanligtvis 20mm framhjul saxeldiameter och skivbromsfäste gör naven möjliga att utnyttja fram på en tadpole-trike
- Draperbar** – möjlighet att sträcka en väv över dubbelkrökta former utan att den veckas
- Drop-out** – bakhjulsupphängning, ändan av bakgaffeln som ansluter mot bakhjulsaxeln
- DualDrive** – kombinationsväxeln (navväxel + kedjeväxel) från SRAM, 3x8-växlar eller 3x9
- Dural** – höghållfast aluminiumlegering, ofta synonymt med legeringen
- E.R.T.R.O** – European Tyre and Rim Technical Organisation, sätt enligt ISO att specificera diametern på däck och fälgar på cyklar, motsvarar (i princip) innerdiametern på däcket, t.ex. ERTO 349 mm och ERTO 305 mm. Båda är 16-tum enligt tumstandarden, *kallas även ISO*
- E-glas** – den vanligaste glasfiberkvalitén, elektriskt isolerande
- E-modul** – elasticitetsmodulen, mått på styvheten för ett material, enheten [N/mm<sup>2</sup>] eller [GPa]
- EN** – Europannorm, avser i denna rapport materialstandard, t.ex. aluminiumlegering EN 7076-T6
- EN 2014** – höghållfast aluminiumlegering, legerad med hög kopparhalt, ej svetsbar, kallas även *dural-aluminium*
- EN 6061** – aluminiumlegering, vanlig i konstruktionssammanhang, hårdbar, *strängpressningsbar* till profiler
- EN 6082** – aluminiumlegering, vanlig i konstruktionssammanhang, hårdbar, *strängpressningsbar* till profiler
- EN 7075** – höghållfast aluminiumlegering, den starkaste standardlegeringen på marknaden
- Enkellaminat** – massivt laminat utan kärnmaterial
- EP** – Epoxiplast, *se epoxi*
- Epoxi** - härdplast som bl.a. utnyttjas som lim, skydd, till fiberkompositlaminering, goda mekaniska prestanda
- Epoxy** – *se epoxi*
- EPS** – expanderad polystyren, består av små expanderade kulor, t.ex. Frigolit
- Evakueringsbehållare** – en vakuumsålig behållare ofta försedd med manometer som utnyttjas vid vakuuminjicering och vakuumbagning på vägen mellan bagen och vakuumpumpen för att skydda pumpen om harts skulle sugas in i vakuumslangen
- Exel** – tillverkare av kompositrör främst genom purtrudering
- FEM-analys** – hållfasthetsberäkningar enligt finita element metoden, genomförs normalt i datormiljö i FEM-program eller FEM-tillägg i CAD-program, med denna metod är det möjligt att dimensionera mer avancerade konstruktioner än vad som kan göras med traditionella beräkningsmetoder
- Filmsläppmedel** – *släppmedel* som bildar en tunn film, vanligtvis vattenlöslig efter att ha torkat, ofta synonymt med polyvinylalkohol (PVA)
- Floormate** – extruderad polystyren (XPS) för golvisolering, fungerar även bra för formframtagning och som billigt kärnmaterial i sandwichkonstruktioner, skärbart med värmetråd, ljusblå till färgen



- Formspråk** – begrepp i designsammanhang då man beskriver utformningen av en produkt och dess övergripande formmässiga uttryck
- FWD** – Front Wheel Drive, framhjulsdraft
- GAP** – Glasfiberarmerad plast
- Gear inches** – mått på utväxling som beräknas genom (främre kedjedrevet / bakre kedjedrevet) \* hjulets ytterdiameter i tum
- Gela** – när en härdplast går från flytande tillstånd till gelltillstånd
- Gelcoat** – härdplast specialanpassad som yttersta lager i laminat för bra utseende och skydd, pigmenterad, tixotrop
- Gelltillstånd** – det tillstånd för en härdplast då den har härdat så pass att hartsen övergått från flytande till fast tillstånd men fortfarande inte är genomhärdad varvid ytan är klabbig och härdplasten fortfarande kemiskt aktiv
- Glasfiber** – armeringsfiber med relativt hög styrka men begränsad styvhet, den vanligaste armeringsfibern i armerade plaster
- Grafitfiber** – *se kolfiber*
- Greenspeed** – en av marknadens största och mest kända tillverkare av tadpole-trikar, Australien
- Greenspeed-styrning** – *se korsstagstyrning*
- Grip Shift** – vridväxelreglage
- GRP** – Glasfiberarmerad plast (*eng: Glass fibre Reinforced Plastics*)
- GS** – Lång växelarm på bakväxel (kedjeväxel)
- Harts** – härdplast i vått tillstånd innan den har härdat
- HDT** – anger den temperatur där plastens fysikaliska egenskaper försämras (*eng: Heat Deflection Temperature*)
- HPV** – Human Power Vehicle, människodrivet fordon, ofta synonymt med cyklar som skiljer sig från vanliga uppräta
- HS** – High Strength, vanlig kolfiberkvalité, *se även kolfiber*
- HSD** – High Speed Drive, tvåväxlad planetväxel från Schlumpf inbyggd i vevpartiet
- Härdkrymp** – krympningen vid härdningen hos en härdplast. Hög krympning ger deformation och försämrar den limmande förmågan för härdplasten men kan underlätta släpp från formar. Härdkrympet är stort vid polyester och vinylester och låg vid epoxi
- Härdplast** – tvärbunden plast, härdas genom kemisk process, ej möjligt att smälta och forma om, vanlig som matris (bindemedel) för fiberkomposit, *se även polyester, vinylester, epoxi*
- ICE Trice** – en av marknadens största och mest kända tillverkare av tadpole-trikar, England
- ICE-styrning** – *se konventionell styrning*
- Inter-M** – Shimanos rullbroms, en vidareutveckling av trumbromsen, *se rullbroms*
- ISO** – avser i denna rapport standardiserad diameter i millimeter däck och fälgar, *se även ERTRO*
- Jackofoam** – extruderad polystyren (XPS) för golvisolering, fungerar även bra för formframtagning och som billigt kärnmaterial i sandwichkonstruktioner, skärbart med värmetråd, rosa till färgen
- Kadens** – benämning på hur fort en cyklist trampar i varv per minut (RPM), varierar mellan olika cyklister och hur pass tränad en cyklist är, vanligtvis kring 60 varv per minut för en otränad eller mer långsamyckande cyklist och kring 100 varv per minut för en vältränad snabbcycklande cyklist, *se även RPM*
- Kadensintervall** – det varvtalsområde inom vilket en cyklist trampar med, vanligtvis mellan 60 och 120 varv per minut (RPM), *se även kadens och RPM*
- Kevlar** – *se aramid*
- Kolfiber** – armeringsfiber med hög styvhet och styrka, utnyttjas i då låg vikt och hög styvhet önskad, även i finishsammanhang



- Komposit** – två eller flera sammansatta material för att ta fördel av de olika materialens karakteristisk
- Konventionell styrning** – styrningstyp på tadpole-trikar som även är vanlig på andra fordon med det styrande hjulparet fram, baseras på två styrstag som går mellan kontrollarmar bakom hjulupphängningarna och styrstam bakom styrets axel
- Korsstagsstyrning** – styrning på tadpole-trikar med styrstagen i kors, ursprungligen använd av Greenspeed
- Kristallin** – ett tillstånd då atomerna i ett material har klumpat samman sig till kristaller, t.ex. metaller, kristallina termoplaster är ofta *opaka*, (ej transparenta), exempel på kristallina termoplaster: *POM*, *PA*
- Kärnmaterial** – sandwichmaterial som separerar de lastbärande yttre skikten i en sandwichkonstruktion, oftast låg densitet, vanligast är cellplaster, balsa och *honeycomb*
- Laminat** – kompositmaterial uppbyggt av ett eller flera lager
- Laminera** – bygga upp fiberkomposit genom att väta armeringsfibrer med en matris
- Lamineringsepoxi** – epoxiplast specialanpassad för fiberkompositlaminering, låg *viskositet*
- Lamineringsplast** – *hårdplast* som utnyttjas för laminering av fiberkomposit, vanligtvis *lågvisköst*, vanligast är *polyester*, *vinylester* och *epoxi*, se även *matris*
- Laserskärning** – bearbetningsmetod, med laser skärs materialet, vanligast förekommande för stålplåt, fungerar inte på kolfiberkomposit då utnyttjas istället *vattenskärning*
- Liggcykel** – cykel med stolsliknande sitt som cyklisten sitter eller ligger mer eller mindre tillbakalutad och trampar med pedalerna framför sig, generellt bekvämare och snabbare än traditionella upprätta cyklar (eng: *recumbent*)
- Limpulver** – pulver för inblandning i *lamineringsplast* för att omvandla den till ett lim, höjer *viskositeten*, ofta baserad på cellulosa
- Lowrider** – lågt placerad pakethållare, används på upprätta cyklar på framaffeln, på liggcyklar under sitsen
- Matris** – bindemedel i fiberkomposit, i fiberkomposit vanligtvis en *hårdplast* (eng: *matrix*)
- Mikroballonger** – pulver (vitt eller brunt) bestående av mikroskopiska ihåliga glasbubblor, används i lättslipade spackeltyper med låg densitet, utnyttjas även för att blanda i *lamineringsplast* för att få fram ett spackel eller höja *viskositeten*
- MTB** – **Mountain Bike**, vanlig cykeltyp anpassad för terrängcykling
- NC** – se *CNC* (eng: *Numeric Controlled*)
- NC-kod** – program för fleroptionsmaskiner (eng: *Numeric Controlled*)
- Nollserie** – en begränsad tillverkningsserie innan regelrätt serieproduktion har satt igång, utnyttjas för att utvärdera produkten som skall sättas i produktion och produktionsprocessen
- Non-crimp** – fiberutformning där fibrerna ligger i olika riktningar och där varje lager ligger för sig sammansydda med separata trådar
- OSS** – **Over Seat Steering**, styrning över stolen, samma som *ASS*
- Parallellstagsstyrning** – styrningstyp baserad på att ett styrstag binder samman de styrande hjulen via kontrollarmar stickande bakom hjulupphängningarna, förekommer både med separat styre och med styrena direktkopplade till hjulupphängningarna s.k. *direktstyrning*
- Plugg** – positiv form som motsvarar den detalj som skall framställas, utifrån pluggen tar man vanligtvis fram en negativ form (mellanform) i vilken den slutgiltiga detaljen lamineras
- Polyester** – **Hårdplast**, utnyttjas vid laminering av komposit, även termoplast (mättad polyester)
- Polyester** – **plast**, både termoplast (mättad polyester) och *hårdplast* (omättad polyester), den mest använda *hårdplasten* vid fiberkompositlaminering
- POM** – Acetatplast, högkristallin termoplast med goda mekaniska egenskaper, lämplig för kedjehjul och liknande applikationer
- Pre-preg** – armeringsväv förimpregnerad med *hårdplast* som värmehärdas, från engelskans "pre-impregnated"
- Produktifiering** – utvecklingssteget då man vanligtvis går från prototyp till säljbar produkt



- Purtrudering** – högt automatiserad produktionsmetod för framställning av rör och profiler i fiberkomposit där fibrerna dras genom en form och tillförs matrismaterial som härddas snabbt
- PVA** – Polyvinylalkohol, *se filmsläppmedel*
- Radiell belastning** – belastning som verkar tvärs axelns riktning, traditionella spårkullager är optimerade för denna belastning
- Recumbent** – liggcykel på engelska, *se liggcykel*
- Rohloff** – tillverkare av marknadens mest exklusiva navväxel – Speedhub 14/500, 14 växlar med 526% omfång
- RPM** – varv per minut, enhet för exempelvis kadensen, (engelska: **Rounds Per Minute**), *se även kadens*
- RTM** – produktionsmetod för fiberkomposit där torra fibrer placeras i ett hålrum mellan två formhalvor varefter matrismaterialet, vanligtvis epoxi, pressas in i hålrummet och väter fibrerna, hög laminatkvalitet och hög finish men samtidigt hög verktygskostnad, vanligtvis aluminiumverktyg (formar) (eng: **Resin Transfer Molding**)
- Rullbroms** – navbroms, vidareutveckling av trumbroms från Shimano, baserad på metallrullar som pressas ut mot en trumma
- RWD** – bakhjulsdrift (eng: **Rear Wheel Drive**)
- Sandwichlaminat** – laminat uppbyggt på med ett kärnmaterial i mitten, vanligtvis med låg densitet, vilket ger hög styvhet i kombination med låg vikt
- Schlumpf** – tillverkare av specialcykeldelar, främst planetväxlar integrerade i vevpartiet, *se även HSD*
- SGS** – Extralång växelarm på bakväxel (kedjeväxel)
- Shimano** – världens största tillverkare av cykeldelar
- Silverbäv** – aluminiodiserad glasfiber, ser ut som silverfärgad kolfiber då den lamineras med optiskt klar matris, kallas ibland mindre korrekt ”white carbon”
- Skivbroms** – navbroms, broms baserad på en bromsskiva monterad mot hjulet som bromsas genom att ok pressas mot skivan, den effektivaste cykelbromstypen, förekommer både i mekaniskt och hydrauliskt utförande
- Släppmedel** – medel som appliceras på en form för att laminatet inte skall fästa mot formen då matrisen (härddplasten) har härdat
- Sommarväv** – glest vävd av fisklineliknande plasttrådar, kan användas som transportskikt vid vakuuminjicering
- SPD** – Shimano Pedal System – pedalsystem där skon fäster mot pedalen med hjälp av klossar som fästs under skorna. Skon snäpps in och lossas genom att skon vrids, ett nödvändigt tillbehör på tadpole-trikar för att undvika att foten ramlar ner på marken under färd
- SRAM** – stor cykeldelstillverkare, tillverkar t.ex. *DualDrive*
- SS** – Kort växelarm på bakväxel (kedjeväxel)
- SS** – svensk standard, avser i denna rapport materialstandard, främst för stål, t.ex. rostfritt syrafast stål SS 2343
- Styren** – lösningsmedel som finns i *omättad polyester* och *vinylester*, kraftig lukt, klassas som växthusgas vid avdunstning
- T300** – kolfiber från *Torayca*, vanlig förekommande standard/HS-kvalitet i finishsammanhang
- T6** – tillståndsbetäckning för aluminiumlegeringar, upplösningsbehandlat och varmåldrat, i dagligt tal värmehärdat
- T600** – kolfiber från *Torayca*, vanlig förekommande HS-kvalitet för konstruktionssammanhang
- T700** – kolfiber från *Torayca*, vanlig förekommande HS-kvalitet för konstruktionssammanhang
- Tadpole-trike** – trehjuling med två hjul fram och ett hjul bak
- Termoplast** – plast som är omformbar vid värme
- T<sub>g</sub>** – glastemperatur, den temperatur när en plast mjuknar
- Tixotrop** – trögflytande konsistens hos vätska för att undvika att vätskan rinner utan att i större omfattning påverka den vätande förmågan



**Tixtroeringspulver** – pulver som blandas i harts för att göra den *tixtrop*, vanligtvis kiseloxid

**T<sub>m</sub>** – smälttemperatur

**Torayca** – marknadens största producent av kolfiber, japansk

**Trail** – egenskap för styrning där styraxlarna pekar framför den punkt där däcket möter marken, gör att styrningen får självcenterande effekt

**Trike** – Trehjuling, från engelskans *tri cycle*

**Trumbroms** – navbroms, baserad på bromsok som pressas ut mot en trumma

**Tryckinjicering** – se RTM

**Twill** – vanlig vävtyp, draperbar, benämns efter antalet överlappande trådar i båda riktningarna t.ex. 2x2-twill

**USS** – Under Seat Steering, styrning under stolen

**Vakuuminjicering** – produktionsmetod för fiberkompositer där torra fibrer appliceras och täcks med en vakuumbag varefter luften sugas ur och hartsen tillåts injicera och väta fibrerna (eng: *vacuum injection*)

**Vattenskärning** – bearbetningsmetod, med en tunn vattenstråle under mycket högt tryck kan de flesta typer av material skäras, både med slipmedel (*abrasiv skärning*) och utan slipmedel förekommer, vanligt förekommande bearbetningsmetod för kompositer

**W<sub>f</sub>** – viktfraktion fiber, den procentuella fibermängden i en komposit utifrån vikten (eng: *Weight fraction fibre*)

**V<sub>f</sub>** – volymfraktion fiber, den procentuella fibermängden i en komposit utifrån volymen (eng: *Volume fraction fibre*)

**White carbon** – se silverväv

**Viskositet** – mått på hur lättflytande en vätska är, påverkar den vätande förmågan

**W<sub>m</sub>** – viktfraktion matrismaterial, den procentuella mängden matrismaterial i en komposit utifrån vikten (eng: *Weight fraction matrix*)

**V<sub>m</sub>** – volymfraktion matrismaterial, den procentuella mängden matrismaterial i en komposit utifrån volymen (eng: *Volume fraction matrix*)

**Värmehärdning** – temperaturen höjs kring ett härdande laminat under vanligtvis den senare delen av härdprocessen, ger generellt ett bättre genomhärdat, starkare laminat

**XPS** – extruderad polystyren, exempel på märken: Jackofoam, Styrofoam, Floormate

**XPS** – extruderad polystyren, t.ex. *Floormate*, *Jackofoam*, lämplig att utnyttja för att ta fram formar för fiberkompositlaminering

**Ytmatta** – spindelvävstunn glasfiberväv som utnyttjas ytterst i laminat för att ge en jämn yta och visst mekaniskt och kemiskt skydd, kan även utnyttjas vid formtillverkning i cellplast som genomslipningskydd innan spacklingen



### 3 Bakgrundsbeskrivning

En cykel är för de flesta ett pedaldrivet tvåhjuligt fordon på vilken man sitter upprätt, på en sadel med styret framför sig. Ramen består i de flesta fall av två triangelformade rörsektioner som bildar en s.k. *diamantram*. Så har cykeln sett ut sedan början av 1900-talet (se figur 3-1) med endast små förändringar.



Figur 3-1: Scania, upprätt cykel tillverkad år 1900

Källa: Cykelhistoriska Föreningen

Parallellt till dessa vanliga uppräta cyklar har det dock utvecklats många andra olika typer av cyklar. Bland annat har det utvecklats s.k. *liggcyklar* (*recumbent* på engelska) sitter man tillbakalutad i en fåtöljliknande stol och har tramporna framför sig. Dessa är framförallt bekvämare, har ofta bättre luftmotstånd och är därför snabbare än uppräta cyklar. De passar därför bättre för långturer, för snabb cykling och för dem som har ryggproblem eller andra typer av problem som omöjliggör sittande upprätt på en liten sadel.

Det finns både två- och trehjuliga liggcyklar. De trehjuliga liggcyklarna (*trikar*) är stabila oavsett hur långsamt man cyklar och säkra vid halt väglag. Nackdelen med trikar är generellt att de är betydligt tyngre än tvåhjuliga cyklar. Samtidigt finns det en marknad för lätta trikar. Marknaden är begränsad i förhållande till den för vanliga uppräta cyklar men kunderna är villiga att betala mycket mer varför det är möjligt med lönsam lågserieproduktion.



Figur 3-2: Lars Viebke på hans delvis hemmabygda trike

Foto: Krister Spolander

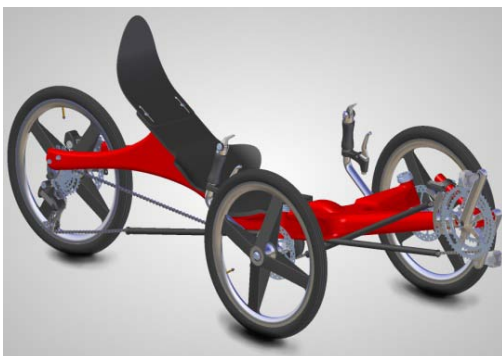
#### **Examensarbetaren:**

Lars Viebke, har intresse av liggcyklar och har praktisk erfarenhet av konstruktion och cykling med dessa. Jag har konstruerat två olika tvåhjuliga liggcyklar, från idé till fungerande konstruktion och delvis konstruerat en trehjulig (se figur 3-2).

Information om dessa återfinns på nätet:

[www.liggcykel.info.se](http://www.liggcykel.info.se)

Jag har även konstruerat en virtuell trehjulig liggcykel (se figur 3-3). Information även om denna återfinns på nätet: [www.uocad.info.se](http://www.uocad.info.se)



Figur 3-3: URO CAD – virtuell trike

Jag har praktisk och teoretisk erfarenhet av konstruktion med fiberkompositer. Utifrån dessa intressen samt externa personers visade intressen av den CAD-modellerade cykeln och vetskapen om att det finns en marknad för lätta trikar har idén om att konstruera och utvärdera det som skulle kunna bli marknadens lättaste liggcykeltrike, växt fram. Denna trike konstrueras i kolfiberkomposit och skulle då bli den första på marknaden med kompositram i ett stycke.





## 4 Projekt mål

*Följande mål sattes upp i början av examensarbetet:*

*” Projektet syftar till att ta fram en prototyp av en trehjuling liggcykel en s.k. tadpole-trike, dvs. en trehjuling med två hjul fram och ett hjul bak (se t.ex. figur 3-2 och 3-3). En trike som i förlängningen vid produktion, i en lättviktsversion, skulle kunna vara marknadens lättaste tadpole, och den enda med kompositram i ett stycke.*

*Inom projektet ingår industriell design med funktion, estetik, tillverkningsbarhet och ekonomi i fokus. Konstruktion, övergripande och av detaljlösningar, genomförs med 3D-CAD. Material skall väljas och de kritiska delarna skall dimensioneras utifrån styvheten och styrka och jämföras med liknande cyklar på marknaden.*

*Projektet skall bedrivas med potentiella kunder i fokus. Konstruktionslösningar och delar väljs i första hand genom att jämföra med konkurrenternas lösningar och delar och ställa dessa mot aktuella uppställda krav och vad som anses lämpligt för kundgruppen. Alla lösningar skall anpassas till i förlängningen en serietillverkning om 10-100 trikar/år, med en produktion främst genom externa legotillverkare.*

*Lämpliga externa legotillverkare skall väljas och den ungefärliga kostnaden för produktion hos dessa skall redovisas. Utifrån produktionskostnaderna och kostnaderna för trikens standarddelar skall realistiska försäljningspriser till kund beräknas. Både för grundutförandet, en lättviktsmodell och en långfärdsmodell.*

*Utifrån valda lösningar skall en prototyp tas fram. Denna skall utseendemässigt och funktionsmässigt stämma med en produktionsmodell men behöver inte konstrueras med samma produktionsmetoder eller material. Prototypens kompositdelar skall anpassas så att de kan fungera som pluggar vid en senare eventuell formframtagning utanför projektet.*

*Prototypen skall utvärderas utifrån tidigare uppställda krav, och eventuellt genom funktionstest av andra cyklister.*

*Projektet dokumenteras och redovisas skriftligt i en exjobbssrapport enligt KTH:s krav och presenteras muntligt på KTH.*

*Dokumentationen anpassas så att den relativt enkelt kan föras över till en mer kommersiell och lättsmält web-version. ”*



## 5 Kravspecifikation

I början av projektet fastställdes följande kravspecifikation:

### Övergripande mål

#### Projektet:

- Konstruera trehjulig liggcykel i kolfiberkomposit via 3D-CAD
- Tillverka en prototyp
- Utvärdera prototypen
- Dokumentera och redovisa projektet, skriftligt, muntligt och på internet

#### Triken:

- **Prototypen** skall ha **full funktion** och se ut som produktionsmodellen
- Anpassa prototypen så att den kan fungera som **plugg** (positiv form)
- **Anpassa produktionsmetoder** efter lågserietillverkning, 10-100 trikar/år, max 1000 trikar/år
- Visa att produktionsmodellen blir **marknadens lättaste tadpole-trike**
- Välja konstruktionslösningar utifrån **jämförelse med konkurrenternas**

### 5.1 Skallkrav

Krav som skall uppfyllas inom exjobbet:

- En prototyp skall tillverkas för att visualisera, testa och utvärdera konceptet
- Prototypen skall ha en ram i kolfiberkomposit
- Trikens delar skall väljas så att de i största möjliga mån baseras på standardiserade cykeldelar, för att hålla nere utvecklingstiden, tillverkningskostnaderna och underlätta underhåll
- Triken skall dimensioneras för en maximal vikt av 120 kg inkl bagage
- Triken skall konstrueras för att passa cyklister mellan 165 och 190 cm
- Triken skall måttsättas på ett sätt så att den bör passa kraven för den potentiella målgruppen efter analys
- Konkurrentanalys skall genomföras med fokus på tillverkare av tadpole-trikar med kolfiberramar, extra lätta trikar och stora tillverkare
- En teknikanalys av de viktigaste delarna hos triken skall genomföras, t.ex. styrsystemet, hjulstorlekar och växelalternativ varefter lämpligaste konstruktionsalternativen väljs
- Inom projektet skall det bevisas att en lättviktsmodell vid en eventuell produktion av triken skulle bli marknadens lättaste med en målvikt under 12 kg



- Alla kostnader inom projektet skall redovisas
- En kostnadsanalys skall göras för att beräkna realistiska försäljningspriser vid olika volymer
- Exjobbet skall avslutas med en rapport
- Exjobbet skall redovisas muntligt

## 5.2 Börkrav

### *Krav som bör uppfyllas inom exjobbet*

- Prototypen bör växa maximalt 16 kg
- Triken bör konstrueras för att passa cyklister mellan 155 och 195 cm
- Det bör finnas möjlighet att välja hjulstorlek fram på triken, detta för att ge en unik konkurrensfördel och bredda målgruppen och användningsområdet
- Prototypens styrning bör anpassas så att den är flexibel och möjliggör justering och optimering
- De produktionsmetoder som väljs skall om möjligt passa automatiserad lågserietillverkning, därmed bör svetsning undvikas
- Inom projektet bör tre modeller redovisas, en lättviktsmodell, en standardmodell och en touringmodell, detta för att täcka den större delen av den potentiella marknaden
- Hur ”komfortdetaljer” som stänkskärmar och pakethållare vid en eventuell produktion skulle kunna se ut och konstrueras bör redovisas
- Inom projektet bör en marknadsanalys vid en produktifiering redovisas tillsammans med olika möjliga utfall
- Exjobbet bör redovisas i en lättsmält WEB-version på en speciellt framtagna hemsida. Delar av denna hemsida bör vara på engelska för nå potentiella intressenter utomlands.



## 6 Avgränsningar

I början av projektet sattes följande avgränsningar upp för att sätta riktlinjer för arbetet och innehållet. Vissa avgränsningar har ändrats i begränsad omfattning under projektets gång:

- **Ekonomiska medel:** Projektet bedrivs som ett lågbudgetprojekt. Material och delar till prototypen kan därför väljas utifrån vad som finns tillgängligt och vad som är ekonomiskt fördelaktigt snarare än vad som skulle väljas vid produktion. Alla kostnader betalas av examensarbetaren själv, eventuellt genom hjälp med sponsring av externa intressenter. Kostnaden för prototypen bör inte överstiga det pris som en eventuell försäljning på andrahandsmarknaden av prototypen skulle ge.
- **Prototyp:** Endast en (1) prototyp tas fram för att visualisera och testa trikens funktion. Denna prototyp behöver inte vara tillverkad av samma material, eller med samma produktionsmetod som en produktionstrike. Viss skillnad på dimensioneringen jämfört med produktionsmodellen kan även förekomma, främst för att kompensera för eventuellt annorlunda materialval och val av produktionsmetod. Finishmässigt behöver inte prototypen motsvara en produktionsmodell, något som skulle ta för mycket tid i anspråk.
- **Prototyptillverkning:** Tillverkning av prototypen och dess delar görs i KTH-Kistas verkstad och hemma hos examensarbetaren, eller i annan extern lokal. Främst metalldelarna tillverkas i KTH-verkstaden där det finns tillgång till erforderlig tung verkstadsutrustning, medan kompositdelarna tillverkas på annan ort, främst av arbetsmiljöskäl.
- **Konstruktion:** Fullständigt tillverkningsunderlag för en serieproducerad modell behöver inte tas fram under projektet. Endast kritiska detaljer behöver redovisas med ritningar. De CAD-modeller som framställs under projektet behöver inte till hundra procent överrensstämma med prototypen eller en produktionsmodell, utan skall snarare ses som illustrerande och förtydligande.
- **Dimensioneringar:** Endast begränsade beräkningar för dimensioneringen genomförs, i första hand genom att jämföra dimensioneringen hos liknande cyklar och med målsättning att uppnå samma styvhet eller styrka i kritiska delar.
- **Verifieringsmätningar:** Endast begränsade verifieringsmätningar genomförs (t.ex. viktmätning). Styvhet- och hållfasthetsmätningar behöver inte genomföras utan bara uppskattas.
- **Formar:** Endast för de delar där det är absolut nödvändigt tas det fram formar inom projektet. Inga formar tas fram för den största delen – trikeramen, som istället byggs direkt utanpå kärnmaterial för att fungera som plugg till formar. Eventuella större modifieringar av dessa pluggar eller formar görs utöver projektet.
- **Produktionsmetod:** Valet av produktionsmetod begränsas till vad som anses rimligt med hänseende till den begränsade årsvolymen samt vad lämplig legotillverkare har möjlighet att genomföra.
- **Serietillverkning:** Den serietillverkning som skulle kunna ske vid produktion skall endast beskrivas i dokumentationen. Ingen serietillverkning sker inom projektet. En eventuell vidareutveckling mot serieproduktion sker utanför projektet.



## 7 Vad är en liggcykel?

När man säger cykel förknippar de flesta det med ett litet tvåhjuligt fordon på vilken cyklisten sitter upprätt på en sadel med trampor under sig och ett styre framför sig. Så ser mycket riktigt de allra flesta cyklar ut.

Det finns dock en annan typ av cyklar på vilken cyklisten sitter helt annorlunda – liggcyklar – på vilken cyklisten snarare ligger mer eller mindre tillbakalutad med tramporna framför sig. Dessa cyklar har många fördela i förhållande till traditionella upprätta cyklar, de främsta är att liggcyklar normalt både är bekvämare och snabbare än upprätta cyklar.

Trots att liggcyklar är mycket ovanligare än upprätta cyklar finns det ändå mycket större variation, med en mycket stor bredd av liggcykeltyper, anpassade för att passa olika cyklisters önskemål, olika typ av cykling, och cykling på olika platser.

*I figur 7-1 syns olika typer av liggcyklar, siffrorna i texten refererar till bilden nedan (se figur 7-1):*

Det finns både tvåhjuliga ①, ② liggcyklar, trehjuliga ⑤, ⑧ och t.o.m. de med fyra hjul (ej på bild). Det förekommer både låga, främst sportigare modeller ④ med lågt luftmotstånd och relativt höga modeller mer inriktade mot allroundcykling och touring ⑦. Det förekommer liggcyklar med både kort hjulbas ⑦ och lång hjulbas, och de kan ha styret både under sitsen ①, ⑦ och över ②, ④. De finns liggcyklar likt bilar som har en heltäckande kåpa, s.k. velomobiler ③ som ger väderskydd och förbättrat luftmotstånd. De flesta liggcyklar är likt vanliga cyklar pedaldrivna med benen med det förekommer även andra typer av drivsystem, med armarna och/eller en kombination av arm- och benrörelse ⑥.



Figur 7-1: Kollage av olika liggcyklar tagna under olika liggcykelträffar i Stockholm



## 7.1 Vad är en trike?

En trehjulig cykel kallas även trike, en förkortning av engelskans *tricycle* (jämför med engelskans *bicycle* = tvåhjulig cykel). Det förekommer två huvudtyper av trikar, de med hjulparet fram kallas *tadpole* (se figur 7-2a) och de med hjulparet bak kallas *delta* (se figur 7-2b).



Figur 7-2,a,b, Vänster: Typisk tadpole-trike, ICE S, Höger: Typiskt deltatrike, Hase Kettweiser  
Källor: ICE, Hase Spezialrade

Det finns flera likheter mellan delta- och tadpole-trikar. Båda är stabila oavsett hur långsamt man cyklar, man behöver inte balansera eller sätta ner foten när man stannar. Båda är säkra vid halt väglag.

Delta- och tadpole-trikar skiljer sig åt på andra punkter, både i sitthöjden där delta-trikar oftast är betydligt högre och hjulbasen där delta-trikar oftast har betydligt längre hjulbas är tadpole-trikar. Därtill är tadpole-trikar av naturen stabilare i svängar. Detta eftersom vikten förskjuts framåt när man ändrar riktning, en viktförändring som är till fördel för en tadpole-trike och till nackdel för en delta-trika.

Den största skillnaden är dock hur de olika triketyperna upplevs. Delta-trikar har en cykelkänsla likt en vanlig tvåhjulig men skillnaden att de inte lutar (det finns dock undantag, trikar som lutar i svängar, även om dessa är ovanliga), medan tadpole-trikar har en mer ”gokartliknande” cykelkänsla, när man sitter nära marken mellan hjulen och styr likt en bil med båda framhjulen.

Tadpole-trikar är i dagsläget betydligt vanligare bland liggcyklar än delta-trikar och är på många marknader den snabbast växande liggcykeltypen.



### 7.1.1 Vad är en tadpole-trike?

Tadpole-trike-cyklar har gemensamt att handlar om trehjulingar med hjulparet fram. Utöver denna gemensamma nämnare finns det många olika typer av tadpole-trikar för olika användningsområden, både upprätta i form av upprätta cyklar men framförallt i form av liggcyklar. Användningsområdet är allt från rena handikapphjälpmedel till allroundbruk och pendling, till touring (cykling av långa sträckor med mycket packning) till tränings- och tävlingsbruk.

Exempel på tadpole-trikar i form av liggcyklar som förekommer på marknaden återfinns i bildkollaget nedan (se figur 7-3).



Figur 7-3: Kollage av olika tadpole-trikar på marknaden  
Källor: ICE, Windcheetah, KMX, Aditech, Greenspeed

Med *tadpole-trikar* (eller i vissa fall bara *trikar*) menas i denna rapport liggcykeltadpole-trikar (se figur 7-3), relativt kompakta och låga för allroundbruk, pendling, touring, träning eller tävling.

Trots att tadpole-trikar, har flera distinkta fördelar har denna cykeltyp även klara nackdelar (se tabell 7-1). Det som styr om cykeltypen passar för en cyklist är främst hur han- eller hon upplever för- och nackdelarna, dess sammanlagda effekt men framförallt användningsområdet för cykeln.

**Tadpole-trikar (liggcykelutförande), fördelar & nackdelar i förhållande till upprätta cyklar:**

Fördelar	Nackdelar
<ul style="list-style-type: none"><li>+ Bekväma</li><li>+ Inga balansproblem</li><li>+ Säkra vid halt väglag</li><li>+ Marknära, gocartliknande känsla</li><li>+ Bättre fart än vanliga upprätta cyklar (dock sämre fartresurser än motsvarande tvåhjulig liggcykel)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Låga, dålig uppsikt i trafik, flagga är krav</li><li>- Otypliga</li><li>- Tung (oftast)</li><li>- Dyrare än tvåhjulingar</li><li>- Inget för ren offroadcykling, kräver relativt jämnt underlag för att fungera bra</li></ul>

Tabell 7-1



## 8 Utvecklingsprocessen

I ett produktutvecklingsprojekt likt det som beskrivs i denna rapport ingår ett antal steg i utvecklingsprocessen. Beroende på vilken typ av produktutveckling det handlar om kan stegen skilja men är ofta relativt lika. Utvecklingsprocessen för det beskrivna exjobbet bör anses vara relativt representativt för både mindre och större produktutvecklingsprojekt.

*Kortfattat har följande steg ingått i utvecklingsprocessen inom exjobbet:*

1. **Förstudie och idéfas** – insamling av data, genomgång av information på nätet och från relevanta publikationer, input från intressenter och potentiella kunder, sammanfattning av egna erfarenheter. Resultatet av detta kan främst utläsas i kravlistan (se *Kravspecifikationen kapitel 5*). Denna process påbörjades långt innan exjobbet påbörjades.
2. **Skissfas** – skissning av översiktlig design och detaljlösningar.
3. **Designfas** (industridesign) – främst genom att modellera olika lösningar. I CAD har triken och dess delar tillsammans designats på relativt översiktlig nivå.
4. **Konstruktionsfas** – i denna fas har triken från övergripande till detaljnivå konstruerats. Trikens delar och funktionen hos dessa samt samspelet mellan delarna har utvecklats. Detta har främst skett genom modellering i CAD.
5. **Prototypfas** – utifrån CAD-modeller framtagna inom konstruktionsfasen har en prototyp med full funktion och korrekt utseende tagits fram. För att utveckla och utvärdera funktionen hos triken demonstrerades den för andra för att få input samt för att förfinas funktionen och designen.

*Denna del ingår normalt i utvecklingsprojekt men har legat utanför exjobbet:*

6. **Produktifieringsfas** – inom denna fas väljs legotillverkare valts och tillverkningsunderlag för dessa tas fram. Triken går från prototyp till produkt, via en nollserie tillverkad hos legotillverkarna.

*Trots att utvecklingsprocessen här beskrivs kronologiskt, seriellt, har utvecklingen av triken i praktiken skett mer parallellt. Utvecklingen har därmed ofta skett inom flera stadier samtidigt. I många fall har även utvecklingen hoppat fram och tillbaka mellan stadier. Detta eftersom de olika delarna i triken till stor del är beroende av varandra, men även för att beslut inom en fas kan ha påverkat resultaten från en tidigare fas. Då en del i triken har ändrats så har andra delar fått anpassats därefter.*

I den följande mer detaljerade beskrivningen av utvecklingsarbetet har **inte** ovanstående beskrivna faser följts rakt av. Istället beskrivs enbart de delar inom utvecklingsarbetet som anses mest tongivande för den slutgiltiga lösningen eller som anses extra intressanta. De faser som berörs är designfasen (industridesign), konstruktionsfasen och prototypfasen.





## 9 Konstruktionsdetaljer

Vid utvecklingen av CarbonTrikes har de olika delarna och konstruktionslösningar för dessa undersökts och utvärderats vid allt från övergripande nivå, med måttsättning, val av hjulstorlek osv. till detaljnivå med val av växel- och bromssystem, styrlager osv. För att åskådliggöra denna del av utvecklingsarbetet och urvalsprocessen presenteras här de viktigaste delarna på triken med följande upplägg:

- Alternativa lösningar
- Mål och utvärdering av lösningarna med utgångspunkt från målen
- Valda lösningar med motivation till valen

### ***Följande delar presenteras mer ingående:***

*siffrorna hänvisar till bilden till höger (se figur 9-1)*

- 1 Styrning
- 2 Hjul
- 3 Framhjuls-upphängning
- 4 Framhjulsnav
- 5 Sits och sitsdyna
- 6 Kedjeföring
- 7 Växlar
- 8 Bromsar
- 9 Pedaler

***Samt (syns ej på bilden):***

- Stänkskärmar
- Bagagelösning
- Säkerhetsdetaljer
- Specialdetaljer
- Spårvidd, sitthöjd och tyngdpunkt
- Viktfördelning
- Justering



*Figur 9-1: CAD-modell av CarbonTrikes med hänvisning till de delar som presenteras mer ingående.*



## 9.1 Styrning

Den kanske viktigaste och mest komplexa delen på en tadpole-trike är styrningen. Styrningen på en tadpole liknar mer styrningen på en bil än styrningen på en tvåhjulig cykel eller för den delen styrningen på en delta-trike.

**För att triken som helhet skall fungera bra krävs det att styrningen fungerar bra. För detta krävs att det uppfyller ett antal krav:**

### **Krav som ställs på styrningen på en tadpole-trike:**

- ① Självcentrerande
- ② Minimera inbromsning och slitage vid svängar
- ③ Minimera påverkan då hjulen möter hinder
- ④ Minimera bromsstyrning
- ⑤ Justeringsmöjlighet för att justera toe-in
- ⑥ Maximera kurvtagningsförmågan

### 9.1.1 Lösningssätt för att uppfylla uppställda krav på styrningen

Det finns lösningssätt för att uppfylla de uppställda kraven för styrningen, dessa beskrivs punkt för punkt:

#### ① Självcentrerande

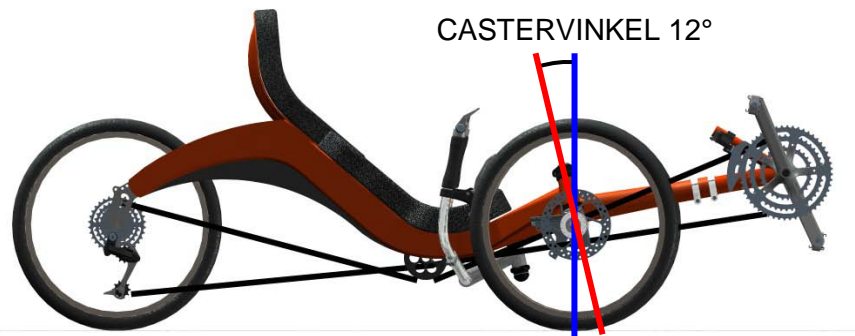
**Krav:** Med *självcentrerande* effekt menas att styrningen på ett fordon strävar efter att styra rakt framåt. Detta gör att fordonet strävar efter att bibehålla sin riktning framåt men även att den efter en sväng strävar efter att återgå till att styra rakt framåt.

Hur pass kraftig självcentrerande effekt som eftersträvas styrs i första hand efter hur snabbt fordonet framförs. Ett snabbare fordon som t.ex. en bil kräver inte lika kraftig självcentrerande effekt som ett långsammare fordon som en tadpole-trike.

**Lösning:** Korrekt *castervinkel*.

Castervinkeln är lutningen på styraxlarna (styrlederna) i trikens färdriktning dvs. beskriver hur mycket styraxlarna lutar bakåt. En stor vinkel ger en tung styrning med stor självcentrerande effekt medan en liten vinkel ger en kvick styrning. Olika fordon har olika castervinkel beroende på hur snabb styrning man önskar, fordonets vikt och hastighet.

Den vanligaste utnyttjade castervinkeln på tadpole-trikar ligger kring 12 grader i förhållande till vertikallinjan, vilket även CarbonTrikes har (se figur 9-2).



Figur 9-2: Chematisk bild av castervinkeln på CarbonTrikes

De trikar som har kraftigare castervinkel än 12 grader, t.ex. *Actionbent Tadpole Trike* (testad i kapitel 10.1.4) får för kraftig självcentrerande effekt och vilket leder till att styrningen blir trög i högre farter men framförallt att den självcentrerande effekten blir så kraftig att styrningen självsvänger i lite högre farter. Trikar med mindre castervinkel får inte tillräcklig självcentrerande effekt för att fungera bra i vanlig cykelfart (15-30 km/h).

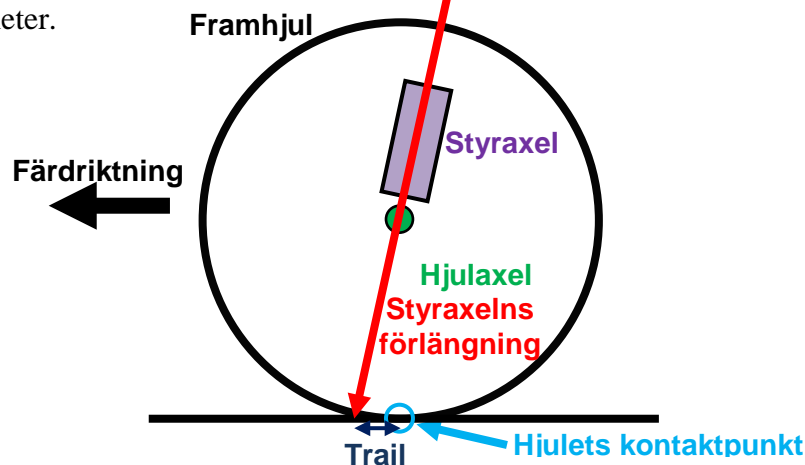
Tyngre snabbare fordon som bilar har vanligtvis mindre castervinkel kring 6 grader. Riktigt snabbstyrda fordon som gokarts har en castervinkel ner mot noll grader. Tvåhjuliga fordon däremot har ofta en större castervinkel, cyklar och motorcyklar vanligtvis har en castervinkel mellan 15 och 25 grader.

*Castervinkeln verkar på två olika sätt:*

1. När trikens framhjul svängs åt ett visst håll så höjs triken på innerhjulsidan och sjunker på ytterhjulsidan i förhållande till det håll hjulen svängs åt. Detta leder till att triken lutar motsatt den riktning triken svänger åt. Lutning leder till att trikens hjul automatiskt vill svänga tillbaka.
2. Castervinkeln gör att den punkt där förlängningen av styraxeln pekar befinner sig framför den punkt där hjulet möter marken, detta avstånd kallas *trail*, se figur 9-3.

Hjulaxeln kan placeras olika i förhållande till styraxeln vilket påverkar trail för styrningen (se figur 9-3) och i sin tur styrningens egenskaper. Trail skall vara lagom. För stort trail gör att styrningen blir för kraftigt självcenterande och självsvänger i högre hastigheter (jämför med länkhjul som används till kundvagnar).

Erfarenheten visar att det tadpole-trikar med en castervinkel på 12 grader åstadkoms lagom trail om hjulaxeln befinner sig i styraxelns förlängning. Trail för styrningen med den vanligaste hjulstorleken, 16-20 tum (40 till 50 centimeters ytterdiameter) blir då ca 4 till 5 centimeter.



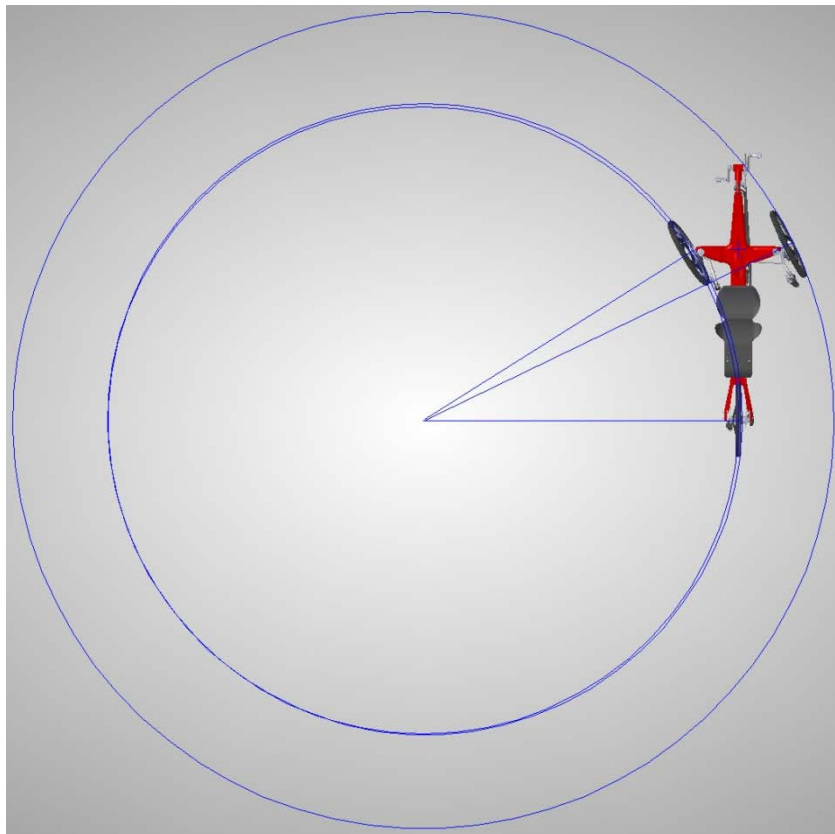
Figur 9-3: Principskiss över trikeframhjul och hjulupphängning



## ② Minimera inbromsande effekten i svängar

**Krav:** För att uppnå minimalt rullmotstånd och slitage på däcken krävs det att däcken inte bromsar när man svänger. Svänger inner- och ytterhjulet exakt lika mycket när triken svänger kommer triken bromsa in och däcken slitas.

**Lösning:** I svängar skall inner- och ytterhjulet inte svänga lika. Istället skall styrningen *ackermankompenseras*. Detta innebär att innerhjulet svänger mer än ytterhjulet så att alla tre hjulen hela tiden pekar på den punkt som triken svänger runt (se figur 9-4).



Figur 9-4. Ackermankompenserad styrning demonstreras på CAD-modell av tadpole-trike, där alla hjulen pekar axiellt mot rotationscentrum då triken svänger

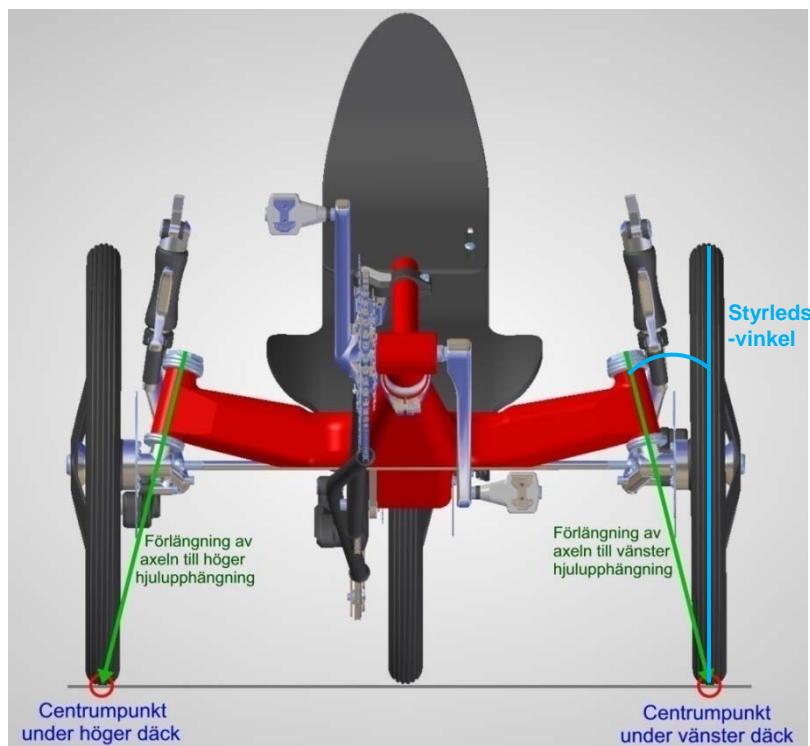


### ③ Minimera påverkan då hjulen möter hinder

**Krav:** När en trike används kommer hjulen stöta på hinder, mindre på t.ex. en kullerstensväg eller större när man cyklar över trottoarkanter. Det är viktigt att styrningen inte påverkas av dessa hinder för att fungera bra.

#### **Lösning: Centerpointstyrning**

En centerpointstyrning innebär att axlarna till hjulupphängningarna i förlängningen pekar under centrum av däcken där de träffar marken (*se figur 9-5*). Med denna typ av hjulupphängning påverkas inte styrningen då ena hjulet stöter på hinder.



Figur 9-5. Exempel på centerpointstyrning på URO CAD

Eftersom centrum av däcken befinner sig utanför styraxlarna, i motsats till på ett fordon med ett framhjul (t.ex. en vanlig cykel) innebär det att styraxlarna måste peka något utåt. Styraxlarnas vinkel i förhållande till vertikallplanet kallas **styrledsvinkeln** (*se figur 9-5*).

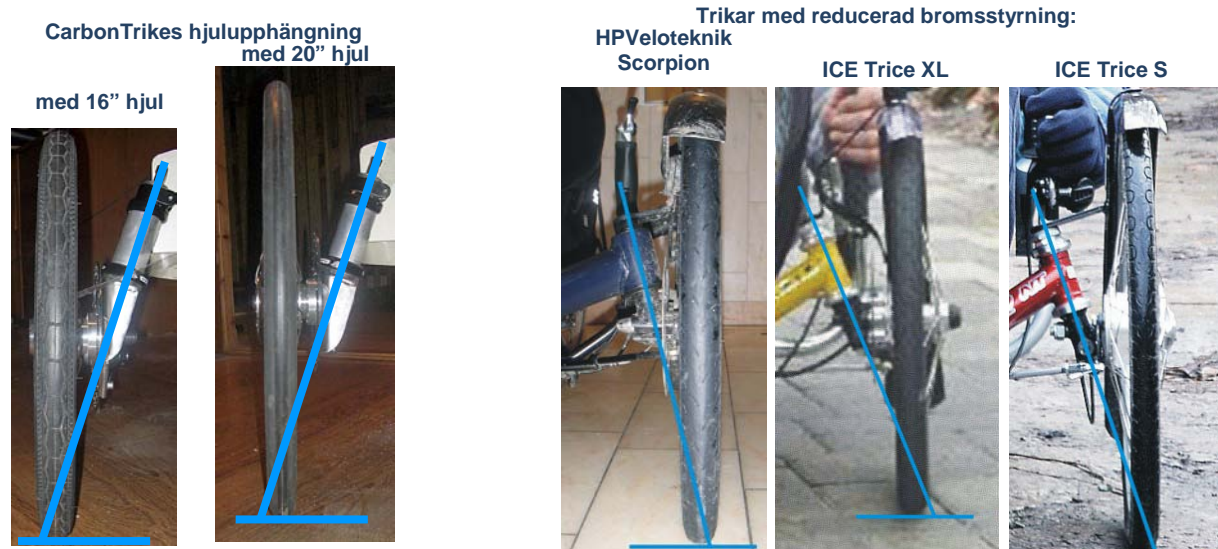
### ④ Minimera bromsstyrningen

**Krav:** På en tadpole-trike kan det vara praktiskt att sköta bromsarna, höger och vänster, separat. Detta håller nere komplexiteten, ger minimal vikt och möjliggör att endast använda standardcykeldelar. Detta innebär att triken kan bromsas in ojämnt även om vana trikecyklisten snabbt vänjer sig och automatiskt kompenserar bromskraften mellan hjulen. För att komma runt problemet kan bromsarna kopplas samman, men de kan ändå i praktiken bromsa ojämnt t.ex. om friktionen på marken är olika, om bromsarna tar olika eller om det uppkommer ojämn friktion i kraftöverföringen mellan bromsreglage och bromsarna. Har triken **bromsstyrning** (*engelska: brake-steer*) innebär det att triken kommer att styra åt något håll vid ojämn inbromsning. Det är därför viktigt att i största möjliga mån minimera bromsstyrningen.

En centerpointstyrning har i teorin ingen eller begränsad bromsstyrning, i praktiken får dock en ren centerpointstyrning en svag bromsstyrning, normalt åt det håll vars hjul bromsar mest.

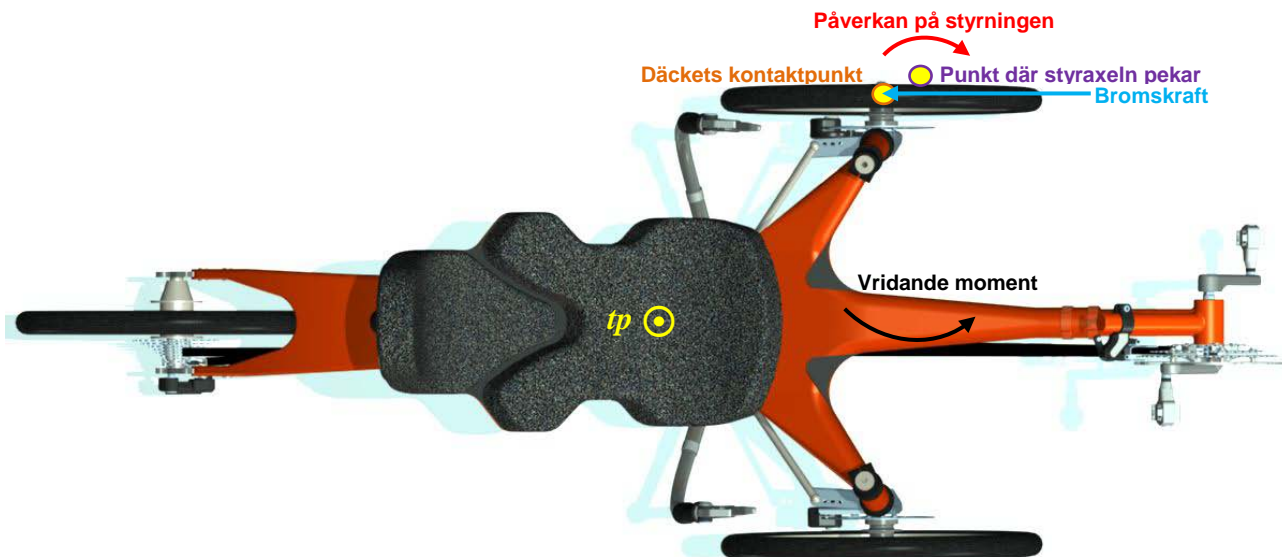


**Lösning:** Visst avsteg från centerpointstyrning, **styraxeln pekar i förlängning något utanför däckets centrum**. På en tadpole-trike med standardhjulstorlek fram (16-20 tum) innebär det i praktiken att styraxlarna i förlängningen bör peka ca 2 cm utanför däckets centrum, se figur 9-6c-e.



Figur 9-6,a-e: Centerpoint för olika trikar där styraxeln pekar något utanför däckets centrum för att minimera bromsstyrningen, Källa de två bilderna längst till höger: ICE

Genom att styraxlarna pekar något utanför däcken kompenseras rotationskraften runt däckets vid, ojämn inbromsning. Istället för att triken svänger åt det håll vars hjul bromsar mest påverkar off-center-placeringen av styraxlarna så att styrningen vill styra i motsatt riktning vilket sammantaget eliminerar bromsstyrningen, se figur 9-7.



Figur 9-7: Schematisk bild över inbromsning med enbart vänster broms och hur eliminering av bromsstyrning sker till genom att styraxlarna pekar något utanför kontaktpunkten mellan däckets och marken

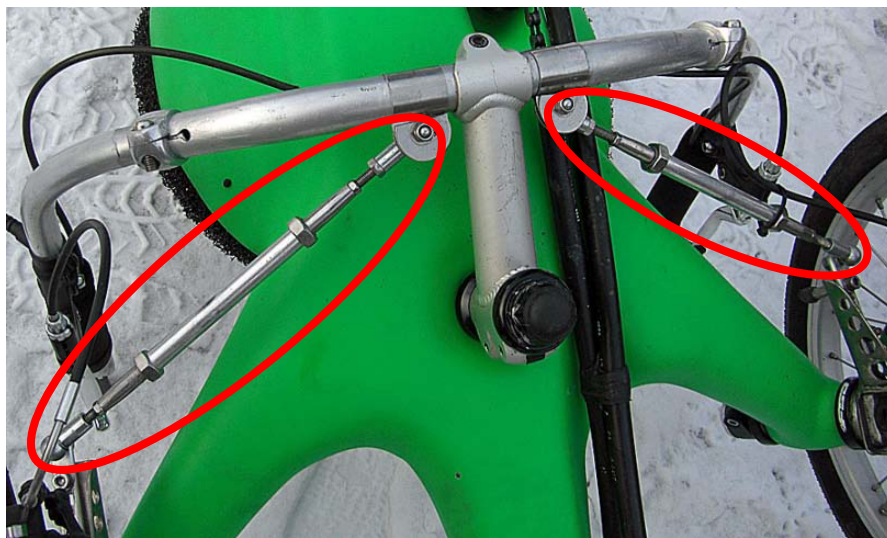
Genom att montera ett bromsreglage oberoende av styret och bromsa ena hjulet utan att röra styret testas om triken har någon tendens till bromsstyrning.



## ⑤ Underlätta justering för rätt toe-in

**Krav:** För att minimera rullmotståndet är det viktigt att triken spårar korrekt. Det är därför viktigt att kunna justera hur hjulen pekar. För att minimera rullmotståndet justeras hjulen så att de är helt parallella eller pekar svagt inåt vilket kallas *toe-in*. Detta för att kompensera det glapp som kan finnas i styrningen och mindre deformation som uppkommer under bruk samt för att minimera risken för att styrningen självsvänger. *Toe-out*, dvs. att hjulen pekar utåt undviks normalt.

**Lösning:** Vänster- och högergångade styrstag (se figur 9-8) vilka tillåter steglös justering med hög precision.



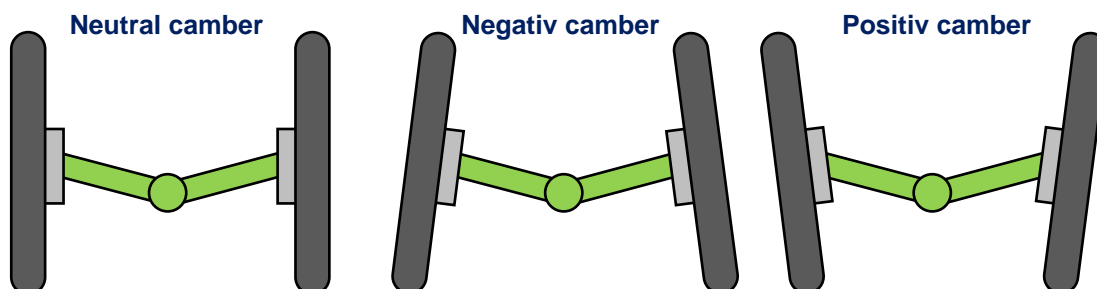
Figur 9-8: Styrningen på CarbonTrikes prototyp sedd underifrån, styrstagen är inringade

## ⑥ Maximera kurvtagningsförmågan

**Krav:** För att en tadpole-trike skall vara praktisk hålls bredden nere. Detta leder till att stabiliteten i kraftiga svängar försämras vilket kan leda till att triken går upp på två hjul. Det bästa sättet att komma runt problemet är att hålla nere tyngdpunkten och att cyklisten flyttar tyngdpunkten inåt i svängar (för fördjupning se kapitel 9.16.1). Det finns dock även sätt att förbättra kurvtagningsförmågan vid utformning av styrningen.

**Lösning:** Negativ *camber*

Camber beskriver hur hjulparet lutar, om de står helt vertikalt (neutral camber) eller lutar inåt (negativ camber) eller utåt (positiv camber), se figur 9-9.



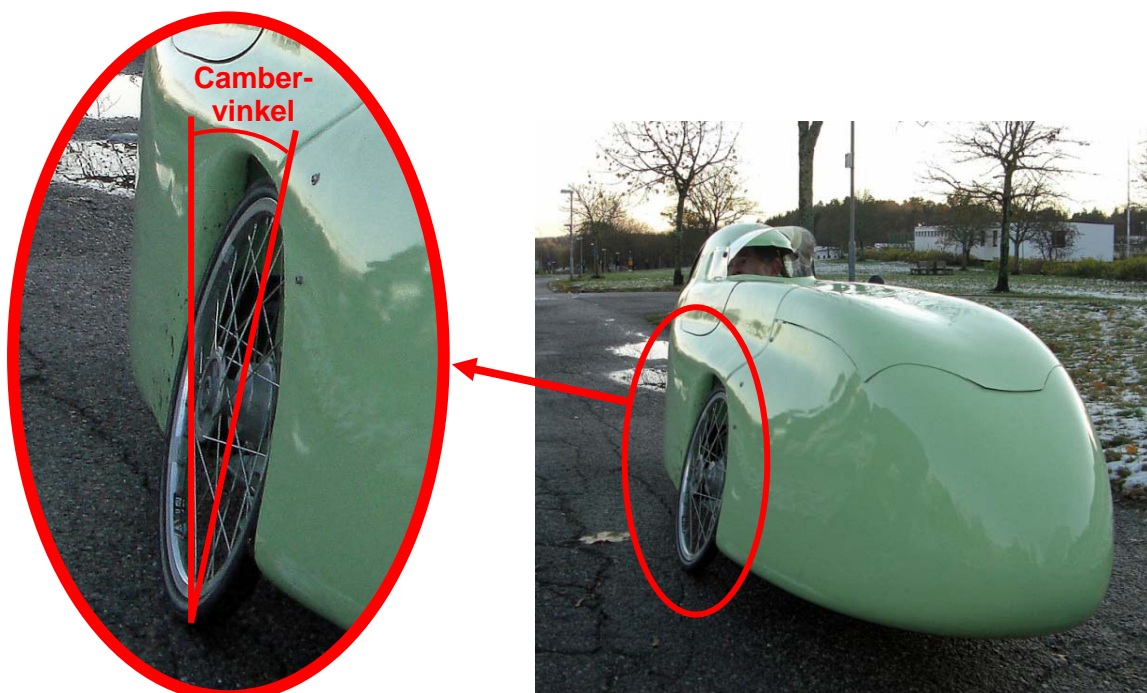
Figur 9-9,a-c: Schematisk skiss som åskådliggör camber för en tadpole-trike

Tadpole-trikar har normalt neutral camber (se figur 9-9a) eller något negativ (se figur 9-9b samt 9-10). Positiv camber (se figur 9-9c) förekommer normalt inte.



En neutrala camber ger en minimal påverkan på styrgeometrin och vid färd rakt framåt slitage mitt under däcken och minimal axiell belastning på hjulens lager. Lager som främst är konstruerade för att hantera radiell belastning. Då triken belastas i svängar fjädrar dock konstruktionen något, varför en rent neutral camber på en obelastad trike vid färd omvandlas till en positiv camber på det mest belastade ytterhjulet. För att kompensera detta har trikar normalt åtminstone någon enstaka grad negativ camber.

I svängar kan det vara en fördel att ha större negativ camber. Framförallt ökar spårvidden, vilket framförallt är en fördel på en trike där totalbredden har minimerats. Andra fördelar i svängar är att belastningen agerar mer radiellt på hjulens lager och däcken slits mer neutralt, närmare mitten av däcken istället för utsidorna.



Figur 9-10: Velomobil (tadpole-trike med kåpa), Waw, som har kraftig negativ camber för att ge god kurvtagningsförmåga i kombination med liten bredd. I detaljförstoringen (till vänster) av höger framhjul är cambervinkeln markerad.

CarbonTrikes är en smal trike. För att uppnå förbättrad kurvtagningsförmåga har triken en negativ camber på 3 grader. Det är en kompromiss för att förbättra kurvtagningsförmågan och ge ökad spårvidd i förhållande till totalbredden men samtidigt utan att påverkas styrgeometrin eller styrlagren.

Castervinkeln och styrledsvinkeln tillsammans ger upphov till att trikens framhjul lutar inåt i svängar vilket ytterligare förbättrar kurvtagningsförmågan.





### 9.1.2 Olika typer av styrningar på tadpole-trikar

Det förekommer många olika typer av styrningar på tadpole-trikar.

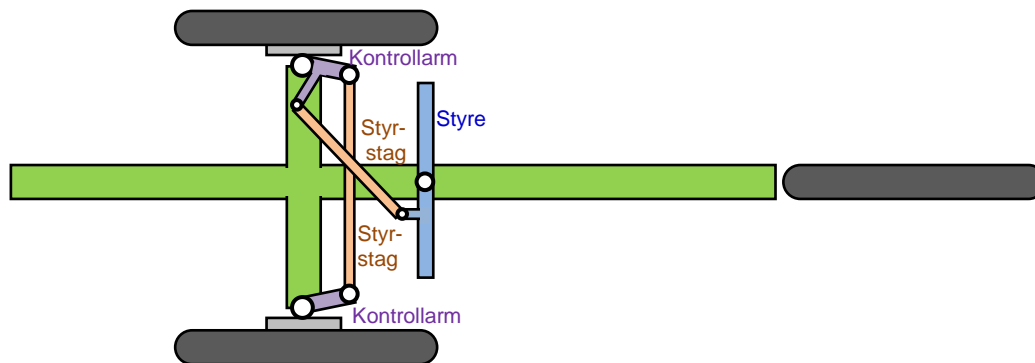
Gemensamt för dessa är att de är ackermankompenserade och baseras på styrstag. Under åren har det utkristalliserats några huvudtyper som har valts av triketillverkarna:

#### Huvudtyper av styrningar på tadpole-trikar:

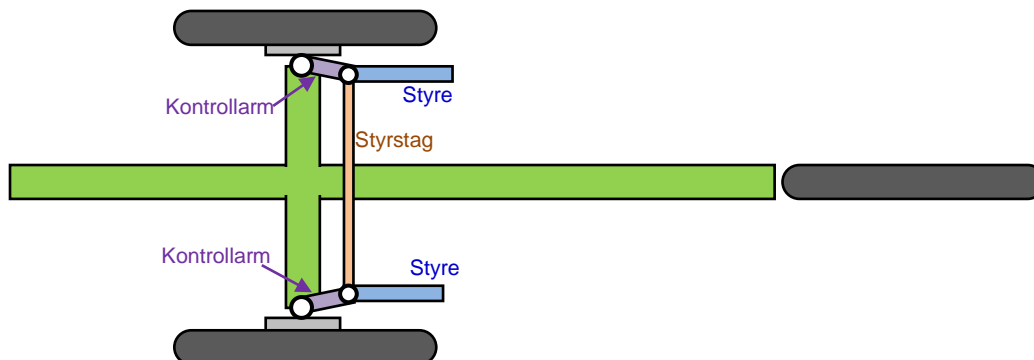
- ① Parallellstagstyrning
- ② Konventionell styrning ("ICE-styrning")
- ③ Korsstagstyrning ("Greenspeed-styrning")

#### ① Parallellstagstyrning

Parallellstagstyrning baseras på ett styrstag som går mellan framhjulsupphängningarna, från kontrollarmar som sticker bakåt. Denna styrningstyp finns både med separat styre (se figur 9-11) och utan separat styre, s.k. **direktstyrning** där styrdelarna är kopplade direkt till hjulupphängningarna eller styraxlarna (se figur 9-12).



Figur 9-11: Schematisk bild på en tadpole-trike med parallellstagstyrning och med separat styre, observera att länkaget mellan styret och hjulupphängningen kan variera



Figur 9-12: Schematisk bild på en tadpole-trike med direktstyrning

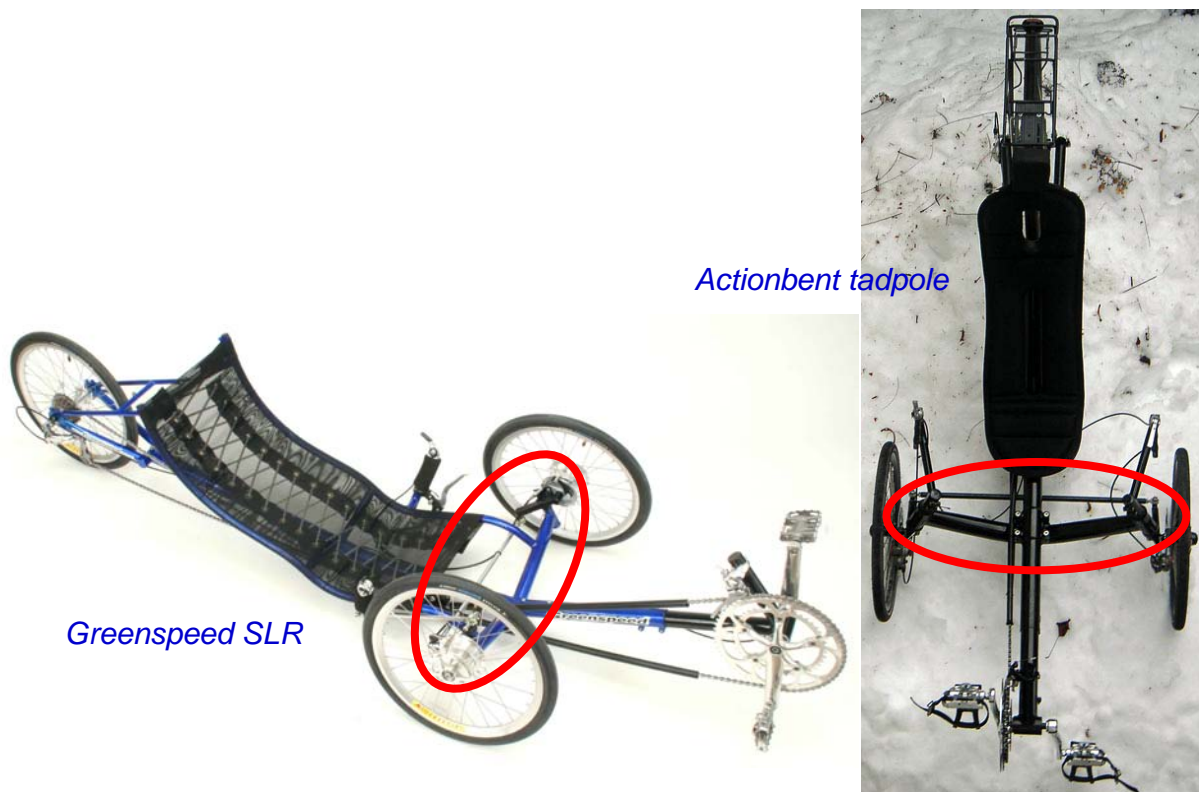
Parallellstagstyrning med separat styre är relativt ovanligt på tadpole-trikar medan direktstyrning blivit allt vanligare under senare år framförallt på amerikanska trikar. Den stora fördelen med direktstyrningar är att de är enkla till konstruktionen, endast ett styrstag krävs och inget separat styre. Dock krävs det att triken är bred eftersom styrdelarna som sticker bakåt tar mycket plats då triken svänger.



**Triketillverkare som använder parallellstagstyrning med separat styre:**  
*Greenspeed (se figur 9-13a), Windcheetah (se kapitel 18.4.2)*

**Triketillverkare som använder direktstyrning:**

Framförallt vanligt på amerikansk tillverkade trikar, eller trikar för amerikanska marknaden: *Catrike, ActionBent (se figur 9-13b), Challenge, KMX (nyare modeller), TerraTrikes (Edge, se kapitel 18.4.1), även HPVelotechnik (anpassning för amerikanska marknaden) och Tri-Sled.*

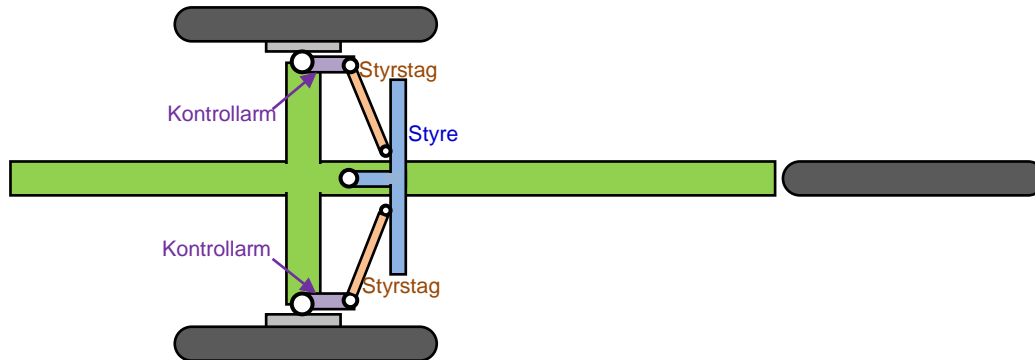


Figur 9-13,a,b: Trikar med parallellstagstyrning där styrningen är inringad,  
Vänster: Greenspeed SLR med parallellstagstyrning och separat styre, källa: Greenspeed  
Höger: Actionbent tadpole trike med direktstyrning



## ② Konventionell styrning

Konventionell styrning kan även kallas *ICE-styrning* eftersom den första stora tillverkare av tadpole-trikar som utvecklat och använt denna typ av styrning är *Trice-ICE* (se figur 9-15a). Denna styrningstyp är i princip vidareutveckling av tvärstagstyrningen, där styrstaget har delats i två och som ansluter från kontrollarmarna bakom hjulupphängningarna och går till en centralt placerad kontrollarm som pekar bakåt och som är kopplad till styret.



Figur 9-14: Schematisk bild på en tadpole-trike med konventionell styrning

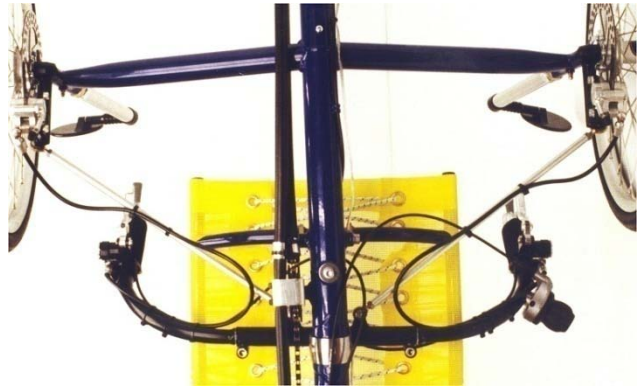
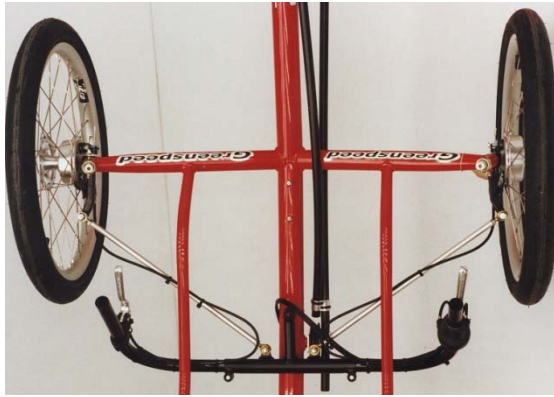
Vanligast på tadpole-trikar är att styret är kopplad till den centralt placerade kontrollarmen i form av en styrstam som i principbilden ovan (se figur 9-14) och på t.ex. *ICE:s* trikar (se figur 9-15a), *Steintrike Pico* (se figur 9-15b, se även kapitel 10.1.2) och de *Greenspeed*-modeller som har denna styrningstyp (se figur 9-16). Det förekommer även att styret är placerad direkt vid styraxeln och den centralt placerade kontrollarmen sticker bakom styret som på de *KTM-trikar* med konventionell styrning (se figur 9-17).

### ***Triketillverkare som använder konventionell styrning:***

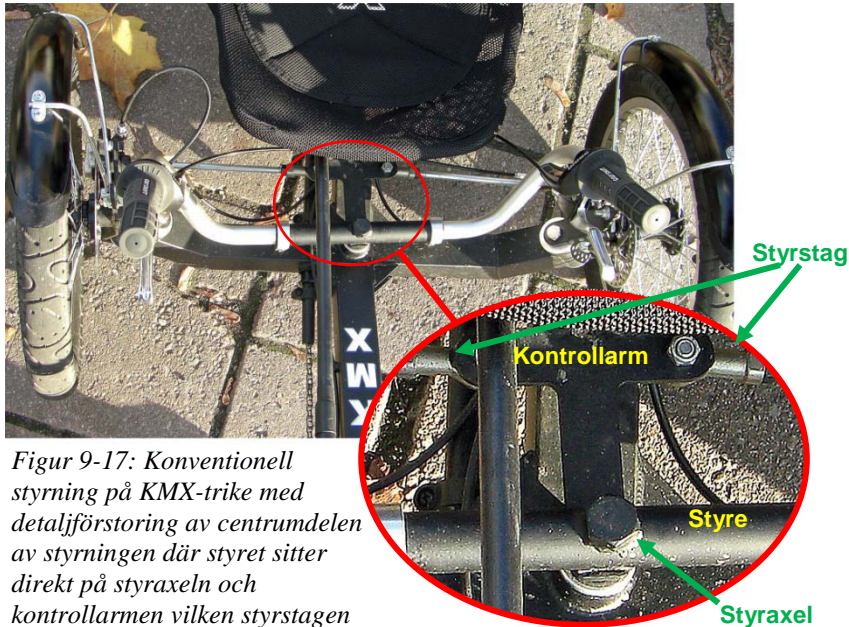
*ICE*, *HPVelotechnik (Scorpion)*, *Greenspeed* (vissa nyare modeller), *KMX* (se figur 9-17), *Terratrikes*. Även vanligt använd på andra typer av fordon t.ex. fyrhjuliga motorcyklar (ATV)



Figur 9-15,a,b: Konventionell styrning på trikar:  
Vänster: Detaljbild av styrning på ICE T, Källa: ICE  
Höger: Detaljbild av styrning på Steintrike Pico



Figur 9-16,a,b: Konventionell styrning på Greenspeedtrikar  
Vänster: sedd ovanifrån (stolen bortmonterad), Höger sedd underifrån, Källa: Greenspeed



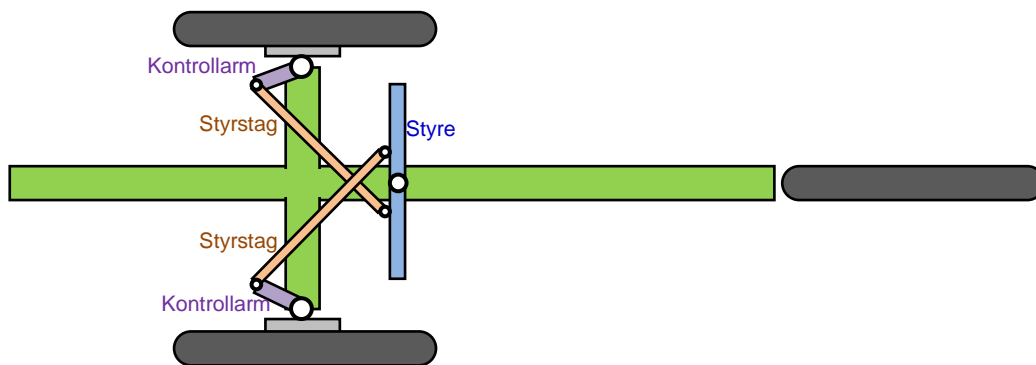
Figur 9-17: Konventionell styrning på KMX-trike med detaljförstoring av centrumdelen av styrningen där styret sitter direkt på styraxeln och kontrollarmen vilken styrstagen utgår från sitter bakom



### ③ Korsstagstyrning

Korsstagstyrning introducerades på trikar av den inflytelserika Australiensiska tillverkaren *Greenspeed* (se figur 9-19a) och kallas därför även för **Greenspeed-styrning**. Numera används denna typ av styrning även av vissa andra triketillverkare men är ovanligare än både direktstyrning och konventionell styrning.

Korsstagstyrning baseras på stag som går direkt från styret till kontrollarmarna som utgår från hjulupphängningarna. I motsats till de andra styrtyperna sticker kontrollarmarna framåt. För att kompensera detta och för att styrningen skall svänga åt rätt håll korsar styrstagen varandra och sitter på motsatt sida om styret, se figur 9-18.

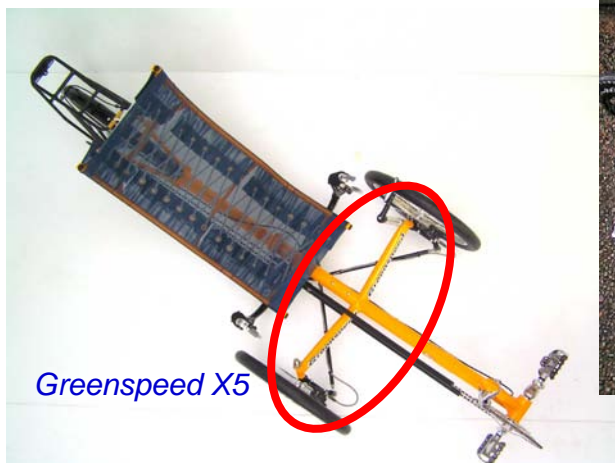


Figur 9-18: Schematisk bild på en tadpole-trike med korsstagsstyrning

Korsstagstyrningen baseras i likhet med konventionell styrning på två styrstag men behöver ingen centralt placerad kontrollarm (separat eller i form av styrstam). Korsstagstyrningen medger kraftigare styrutslag och därmed mindre svängradie än både konventionell styrning och direktstyrning men har i gengäll betydligt längre styrstag som kan påverkas vid kraftig inbromsning.

#### ***Triketillverkare som använder direktstyrning:***

*Greenspeed* (se figur 9-19a), *Steintrikes* (se figur 9-19b), *Anthrotech*



*Greenspeed X5*



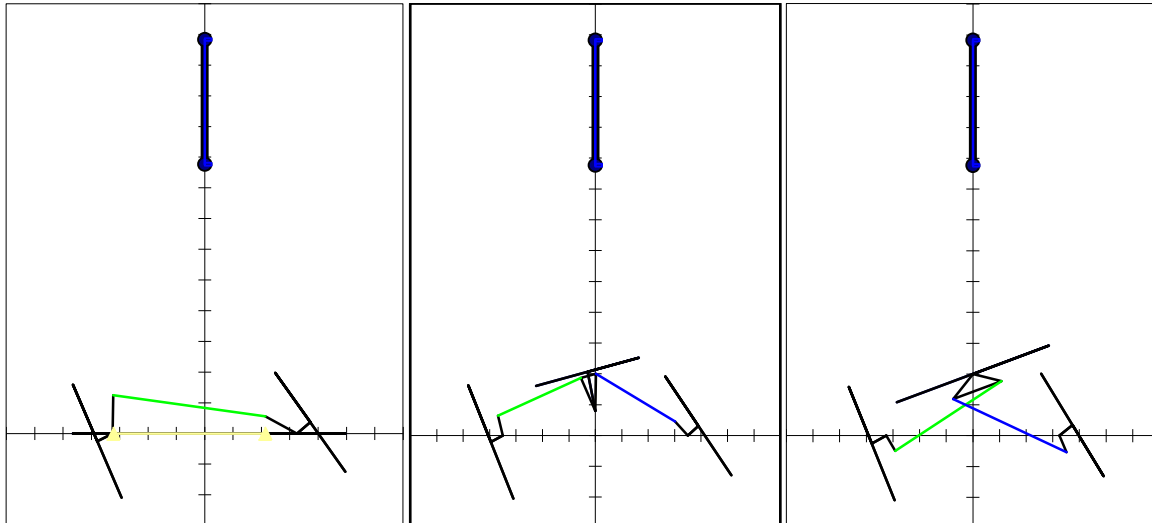
*Steintrikes Nomad*

Figur 9-19,a,b: Trikar med korsstagstyrning, Vänster *Greenspeed X5*, Källa: *Greenspeed*  
Höger: *Steintrikes Nomad*



## Jämförelse mellan styrningstyperna

Alla tre huvudtyperna av styrning fungerar på tadpole-trikar och går att ackermankompensera (se figur 9-20) inom rimliga gränser (ner mot 3 meter svängradie).



Figur 9-20: De tre huvudtyperna av styrning använd på tadpole-trikar åskådliggjorda via bilder skapade av Peter Erlands excelprogram för beräkning av ackermankompenseringen (se även figur 9-22), styrningen svänger ca 25 grader vilket motsvarar 2-3 meter svängradie

Alla styrningstyperna har både för- och nackdelar gentemot varandra (se tabell 9-1). Det som styr valet av styrning är hur dessa för- och nackdelar påverkar den specifika triken, hur den används, dess storlek och hur väl styrningen passar in i konstruktionen.

### För- och nackdelar med styrningshuvudtyperna på tadpole-trikar:

Material	Fördelar	Nackdelar
<b>Parallellstagsstyrning med separat styre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Enkel att ackermankompensera</li> <li>+ Möjligt att utväxla styrningen</li> <li>+ Flexibel placering av styret</li> <li>+ Möjligt att åstadkomma stora styrutslag</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kräver separat uppsättning med styrstag</li> <li>- Mer komplex än direktstyrning</li> </ul>
<b>Direktstyrning</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Enkel konstruktion utan separat styre</li> <li>+ Enkelt att ackermankompensera</li> <li>+ Tillåter minimal bromsvajerlängd</li> <li>+ Endast ett styrstag och två styrleder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stor roderkänsla – styrningen förflyttas snarare i sidled än framåt-bakåt som ett vanligt styre</li> <li>- Styrningen tar stor plats vid svängar, kräver därför stor spårvidd</li> <li>- Upplevs av många som mer nervös än övriga styrtyper</li> <li>- Endast möjligt att utväxla styrningen 1:1</li> </ul>
<b>Konventionell styrning</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Möjligt att utväxla styrningen</li> <li>+ Korta styrstag</li> <li>+ Flyttas något i sidled (beroende hur lång styrstam som utnyttjas) vilket gör att styrningen lättare kommer fritt från hjulen på en tadpole-trike med liten spårvidd</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Begränsad svängradie (se figur 9-23)</li> <li>- Viss roderkänsla (beroende hur lång styrstam som utnyttjas)</li> </ul>
<b>Korsstagsstyrning</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Möjligt att utväxla styrningen</li> <li>+ Möjligt att åstadkomma relativt stora styrutslag</li> <li>+ Kräver ingen centralt placerad kontrollarm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Långa styrstag</li> <li>- Vid kraftig inbromsning kan styrningen få kraftig toe-in vilket kan göra styrningen instabil</li> </ul>

Tabell 9-1



### 9.1.3 Styrning – vald lösning

Vald styrning på CarbonTrikes (prototypen och produktionsmodellerna) är en **konventionell styrning** (se figur 9-21). Denna passar väl in i konstruktionen tillsammans med hjulupphängningarna, bromsupphängningarna, styret och ramen och är lämplig för en trike som CarbonTrikes med smal spårvidd.



Figur 9-21: Prototypens styrning sedd underifrån

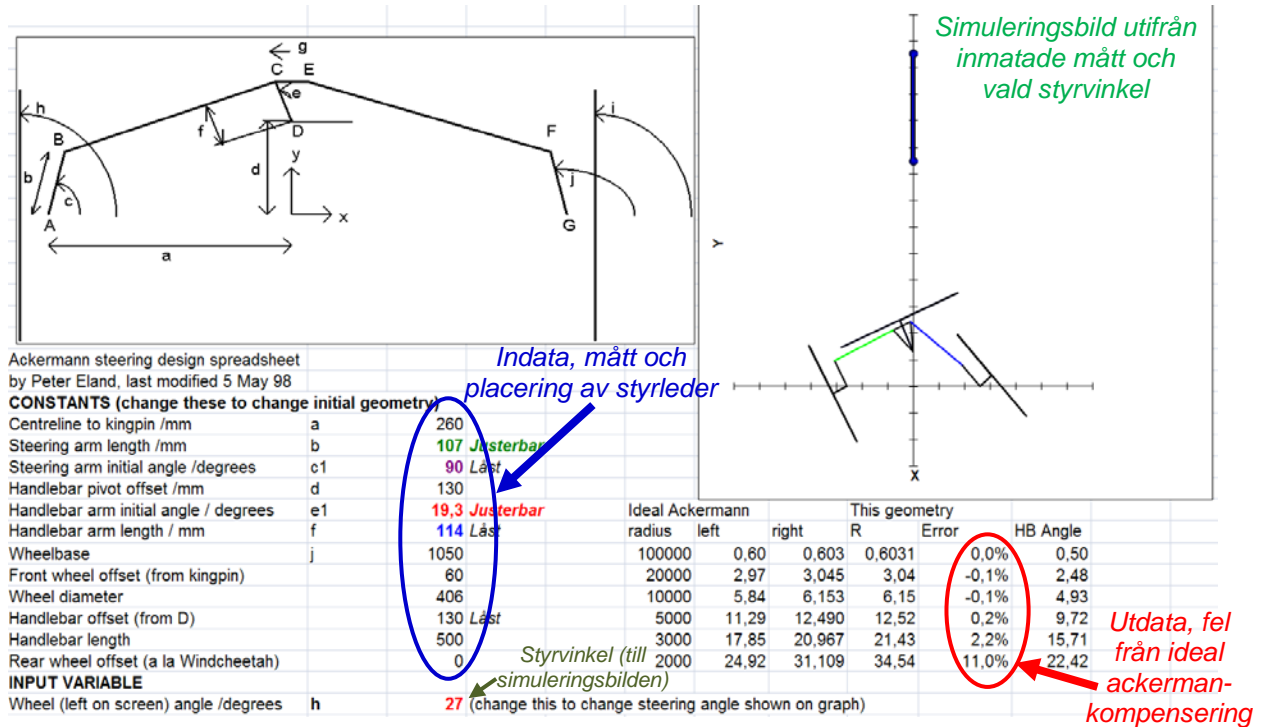
Genom att styret sitter på en relativt lång styrstam (125 millimeter) förflyttas den delvis i sidledd då styrningen svängs vilket gör att styrningen kommer fritt från hjulen. Styrstagen är korta vilket både ger låg vikt och hög styvhet. Styrstagen följer ramens utriggare passar väl in i konstruktionen. Styrningen är nerväxlad med 10 procent (inställbart på prototypen), dvs. att styrutslag på styret är 10 procent större i förhållande styrutslagen på hjulen, ett förhållande som visat sig empiriskt fungera optimalt på denna trike.

Styrningen är justerbar för att passa olika cyklister. Detta genom att de yttre delarna av styret (rör med 22 millimeters diameter vilket är cykelstyresstandard) leder i den centrala delen och kan därmed justeras både i längs- och sidledd.

Styrningen är noggrant ackermankompenserad för att minimalt rullmotstånd och däckslitage. Kompenseringen är beräknad och simulerad i 3D-CAD (IronCAD) och excelprogram (se figur 9-22) specialframtagna för konstruktion av tadpole-trikar av Peter Erland (*en av de mest kända i världen inom liggcykelkretsar tillika redaktör för den största liggcykeltidningen VeloVision*).



Styrningen – dimensionering för ackermankompensering:



Figur 9-22: Screen dump från det excel-program som utnyttjats för att anpassa styrningen för att få korrekt ackermankompensering av triken, simuleringsbilden visar maximalt styrutslag

Maximal avvikelse från ideal ackerman är 0,2 grader (se den inringade utdatan i figur 9-22) ända till extrema styrutslag (motsvarande under 5 meter svängradie). Vid mycket kraftiga styrutslag (under motsvarande 3 meter svängradie) försämras ackermankompenseringen (se den inringade utdatan i figur 9-22) då innerhjulet överkompenseras (svänger för mycket). Detta är dock ingen begränsning i praktiken då triken vid så kraftiga svängar endast framförs i låg fart.



Styrningen på CarbonTrikes har många fördelar men en begränsning: Styrutslaget är något begränsat. Detta eftersom styrningen inte kan svänga mer när styrstagen kommer i linje med kontrollarmarna från hjulupphängningarna (se figur 9-23), vilket sker tidigare än för övriga styrtyper. Inträffar detta översvänger det aktuella hjulet. För att undvika att detta inträffar begränsas styrutslaget av ändstopp monterade på kontrollarmarna och som går mot ramen.

Figur 9-23: Styrningen på prototypen sedd underifrån vid max styrutslag. Förstorad visar styrstaget och staget från hjulupphängningen (de är markerade med streckade linjer) som nästan är i linje med varandra.





## 9.2 Hjulstorlek

I motsats till vanliga traditionella upprättade cyklar skiljer sig hjulstorlekarna kraftigt mellan olika liggcyklar, även mellan olika tadpole-trikar. Hjulstorleken är den komponent som i störst utsträckning styr cykelns egenskaper, dess mått, hur den känns, och hur den kan användas.

### **Hjulstorlekar på tadpole-trikar:**

På tadpole-trikar används generellt mindre hjul fram, 20 tum eller 16 tum. Detta eftersom större hjul tar för mycket plats och inte håller för de stora sidobelastningar som framhjulen utsätts för vid svängar.

Bak används både stora bakhjul, 26 eller 28 tum, mellanstora, 24 tum, och mindre 20, 18 eller 16 tum. Det som styr valet är främst och var hur triken skall användas och valet av växelalternativ.

### 9.2.1 Måttstandarder för hjul, fälgar och däck

Hjuldimensionen i tum motsvarar ytterdimensionen för ett hjul med ett däck monterat av standardhöjd för den specifika för hjulstorleken. Eftersom däckstorleken i praktiken kan variera kraftigt (vanligtvis mellan 20 och 60 mm) är detta mått inget precist värde utan beskriver enbart den ungefärliga ytterdimensionen.

ISO-storleken eller E.T.R.T.O. (*European Tyre and Rim Technical Organisation*) är ett standardiserat millimeterbaserat mått som delvis har ersatt tum-måtten. ISO-storleken är mer precis och istället för att beskriva ytterdimensionen inklusive däck (vars dimension kan variera) beskriver måttet istället diametern för fälgens stödyta för däckets kanttråd (eng: *bed seat diameter = BSD*), se figur 9-24.

Av främst historiska skäl finns det för vissa tumdiametrar flera fälg- och däckdiametrar, där beskriver istället ISO-måttet däckdimensionen mer korrekt. Detta gäller t.ex. 16 tum som finns både i ISO 349 mm och ISO 305 mm. Orsaken går delvis att härröra till hur hjulen används: ISO 305 mm-hjul sitter oftast på barncyklar och har ofta grövre däck medan ISO 349 mm-hjul snarare sitter på hopfällbara cyklar och normalt har smalare däck.

Det finns även fall där olika tummått beskriver samma fälgdimension, t.ex. ISO 622mm är 28 tum i racersammanhang och 29 tum i MTB-sammanhang.

För vissa hjuldimensioner finns även en millimeterbaserad standard som beskriver den ungefärliga ytterdimensionen, t.ex. 28 tum i racersammanhang (ISO 622 mm) är enligt denna standard 700c, dvs. ca 700 mm ytterdimension.

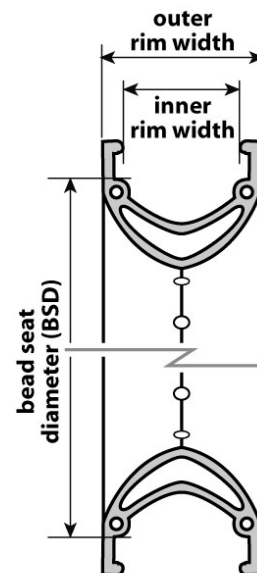


illustration: C.J.Patten

Figur 9-24: Måttsättning av cykelfälgar, Illustration: C.J Patten, Källa: Sheldonbrown



*Följande hjulstorlekar förekommer på marknadens tadpole-trikar:*

Hjulstorlek [tum]	ISO / E.T.R.T.O. [mm]	Omvändningsområden på tadpole-trikar	Användningsområden på andra cyklar
16	305	Fram på BMX-betonade trikar främst från tillverkaren KMX	Barncyklar, hopfällbara cyklar
16	349	Fram på racerbetonade trikar och trikar med mindre spårvidd. Bak på kompakta trikar	Hopfällbara cyklar, främst från tillverkaren Brompton
18	355	Fram på racerbetonade trikar och trikar med mindre spårvidd. Bak på kompakta trikar. Vanligare i England än övriga världen	Hopfällbara cyklar
20	406	Vanligaste storleken fram på trikar, även vanligt bak	BMX, större hopfällbara cyklar
24	507	Bak på BMX-betonade trikar främst från tillverkaren KMX	Ungdomscyklar, vissa MTB (downhill)
26	559	Bak på vissa racer- och touringbetonade trikar	MTB
28	622	Bak på vissa racerbetonade trikar	Racer, hybrid, klassiska standardcyklar

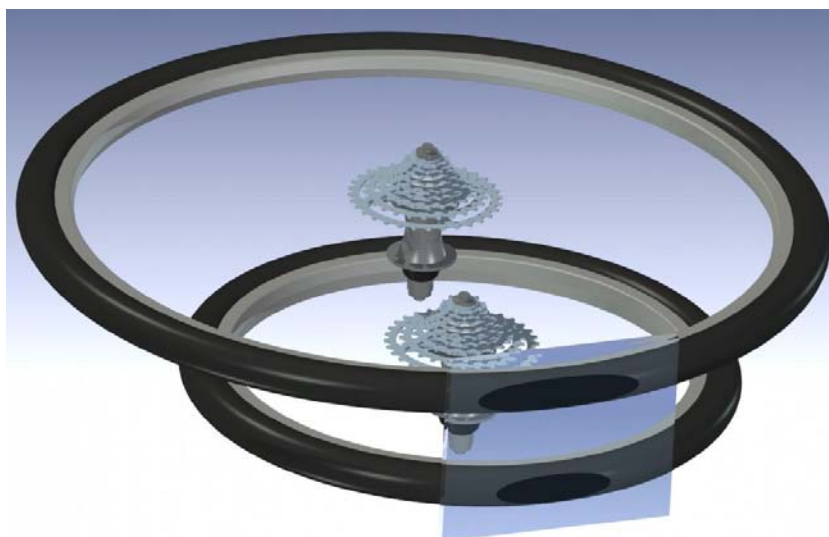
Tabell 9-2: Vanligaste hjulstorlekarna på tadpole-trikar

### 9.2.2 Hjulstorlekens inverkan på motståndet

En generell uppfattning är att ett stort hjul har mindre rullmotstånd än ett litet. Detta är enbart delvis korrekt och t.o.m. felaktigt i vissa fall.

#### *Hjulstorlekens inverkan på rullmotståndet på plan mark:*

På perfekt plan mark helt utan ojämnheter kan ett litet hjul ha lägre rullmotstånd i förhållande till motsvarande större hjul. Orsaken till detta är att det lilla hjulet har mindre kontaktyta mot marken än det större hjulet (*se figur 9-25*).



Figur 9-25: CAD-bild som demonstrerar hur kontaktytan mot marken (i detta fall en glasskiva) skiljer mellan ett stort och ett litet hjul (20" respektive 28") då hjulen belastas



### **Hjulstorlekens inverkan på rullmotståndet på ojämn mark:**

Vid ojämn mark har normalt ett stort hjul lägre rullmotstånd än ett litet. Detta beror på att ett stort hjul lättare tar sig över ojämnheter eftersom den större diameter innebär att hjulets anfallsvinkel mot de hinder det stöter på (se figur 9-26) blir mindre vilket resulterar i mindre kraftförlust.



Figur 9-26,a,b: Skillnaden mellan anfallsvinkeln för ett litet respektive stort hjul som går över samma hinder. Vänster: 16" hjul (ISO 349mm), Höger: 28" (ISO 622 mm)

Som tankeexempel kan man utgå från extremfallet när ett mycket litet hjul träffar på ett hinder. Även ett litet hinder blir för detta hjul så högt att anfallsvinkeln närmar sig 90-grader varvid hjulet inte har någon möjlighet att ta sig över hindret över huvud taget.

### **Hjulstorlekens inverkan på luftmotståndet:**

På en cykel åstadkommer vanliga ekrade hjul relativt mycket luftmotstånd. Detta eftersom alla ekrar roterar fritt i luften och den övre delen av hjulet träffar luften i dubbla farten i förhållande till cykelns. Ett litet hjul har mindre frontalyta och i vissa fall färre ekrar än ett stort hjul, generellt är därför luftmotståndet betydligt lägre. Dock finns det undantag. Aerodynamiskt utformade hjul (se figur 9-27), med högre fälgar, få platta eller droppformade ekrar, enstaka kompositekrar eller med helt släta sidor (*diskhjul*), förekommer främst i racercykelstorlek (främst 28 tum/ISO 622 mm). Dessa hjul kan ha lägre luftmotstånd än ett litet standardcykelhjul.



Figur 9-27: Exempel på aerodynamiska specialhjul som endast finns i större format, främst 28" (ISO 622mm)

### **Hjulstorlekens inverkan på accelerationen:**

Hjulens storlek på en cykel styr hur snabbt cykeln kan accelereras. Vid accelerationen måste nämligen hjulens centripetalkraft överbryggas. Hjulens roterande massa och hur långt ut från axlarna massan är fördelad påverkar centripetalkraften och därmed möjligheten att accelerera snabbt. Därför är en cykel med små hjul betydligt mer snabbaccelererad än motsvarande cykel med större hjul.



### ***Hjulstorlekens inverkan på vikten:***

Generellt väger små hjul mindre än stora, detta pga. storleken men även pga. de inte behöver dimensioneras lika grovt, i praktiken ha lika många ekrar, för att bli tillräckligt starka. Dock finns det undantag eftersom utvecklingen mot lätta hjul främst har koncentrerats till de hjulstorlekar som används på vanliga tävlings- och träningscyklar som främst har 28-tumshjul. De lättaste racerhjulen är dock inte tillräckligt starka och styva för att motstå de belastningar, främst sidokrafter, de utsätts för på en trike.

### ***Däckets inverkan på rullmotståndet:***

Det som har i särklass störst inverkan på rullmotståndet för ett cykelhjul på vanlig asfalterad väg inte hjulstorleken utan istället vilka däck hjulen är utrustade med och hur dessa är pumpade.

Till en viss gräns kan man se på ett däck hur mycket rullmotstånd det bör ge:

Generellt gäller att däck som är optimerade för asfaltcykling och som är smala, relativt hårt pumpade och har ett fint mönster har generellt betydligt lägre rullmotstånd än däck som mer är anpassade för offroad-cykling med grövre dimensioner med kraftigt mönster och som är mjukare pumpade.

Rullmotståndet skiljer dock även kraftigt mellan olika tillsynes likadana däck som är pumpade till samma tryck. Olika gummiblandning, mikromönster, form och armering styr rullmotståndet men även livslängden, greppet och komforten.

### ***Storlekens inverkan på val av däck och fälgar***

Eftersom 26- och 28-tumshjul används i stor omfattning på cyklar finns det ett stort utbud av både fälgar, kompletta hjul men framförallt däck att välja på utifrån hur cykeln skall användas. Tidigare har det varit svårt att finna högkvalitativa däck i mindre format. Det har endast funnits lågkvalitativa däck anpassade för barncyklar och rena offroad-däck till BMX-cyklar. Detta har ställt till stora problem på liggcyklar och upprätta småhjuliga cyklar (främst hopfällbara) med mindre hjul som används mer "seriöst" på vanlig väg, för frekvent allroundcykling, långpendling, träning, tävling och touring. Däcken har så stor inverkan på cykelns egenskaper att detta faktum gjorde att småhjuliga cyklar som i grunden är kanske var mycket bra men som pga. hjulstorleken tvingats ha dåliga däck som helhet var relativt dåliga. På senare år har dock flera större cykeldäckstillverkare, främst *Schwalbe*, uppmärksammat marknaden för små högkvalitativa däck främst till liggcyklar och hopfällbara cyklar, och har lanserat flera små högkvalitativa däck för flera användningsområden. Dessa däck finns främst i 20 tums-format (ISO 406 mm) men även i viss omfattning i 16 tums-format (ISO 349 mm).



**De däck i mindre storlekar som testats inom projektet med positiva resultat är följande:**

- **Schwalbe Stelvio 406 x 28 mm** – Racerdäck, marknadens lättaste och mest lättullade däck i små däckstorlekar, minimalt mönster, vikbar (med kevlar-kantråd), finns även i 349 x 28 mm (16"), **lämpligt på racerbetonade trikar** (framförallt fram)
- **Schwalbe Marathon sliks 406 x 35 mm** – Touring- och allrounddäck med lågt rullmotstånd och relativt bra livslängd, minimalt mönster, reflexssidor, **lämpligt fram på touring- och allroundtrikar**
- **Continental Top Touring 406 x 37 mm** – Touringdäck med mellangrovt mönster, relativt bra livslängd, **lämpligt runt om på touring- och allroundtrikar**
- **Brompton 349 x 37 mm** - Allround- och touringdäck, mellangrovt mönster, **lämpligt fram touring- och allroundtrikar**
- **Schwable Marathon racer 406 x 40 mm** – Touringdäck med mellangrovt mönster, lätt i förhållande till dimensionen, vikbar (med kevlar-kantråd), reflexssidor, **lämpligt bak allroundtrikar och sportigare touringtrikar**
- **Schwable Big Apple 406 x 50 mm** – Allround- och touringdäck med mycket hög komfort och bra rullmotstånd i förhållande till bredden, fint mönster, reflexssidor, finns även i 406 x 60 mm **lämpligt bak touringtrikar och allroundtrikar för maximal komfort**
- **Schwable Marathon Winter 406 x 40 mm** – Dubbat vinterdäck (med 168 hårmetalldubbar) **lämpligt för cykling vid vinterväglag (snö och is) framförallt bak**

### 9.2.3 Hjulstorlek bak

Bakhjulet på en trike kan vara av samma storlek som på en traditionell upprätt cykel, dvs. 26 tum (ISO 559 mm) eller 28 tum (ISO 622 mm). Detta ger möjligheten att utnyttja ett standardväxelsystem och det stora utbud av däck, fälgar och kompletta hjul som finns på marknaden i denna storlek. Det finns dock ett problem med att använda stora bakhjul på trikar vilket gör att majoriteten av tadpole-trikarna på marknaden har mindre bakhjul, oftast 20 tum (406 mm). Hjulen på en trike måste nämligen klara betydligt större sidobelastningar än hjulen på en tvåhjulig cykel. Detta gäller framförallt framhjulen men även i viss omfattning bakhjulet. Med ett stort bakhjul måste både hjulet och bakgaffeln vara betydligt mer vridstyvt än med ett litet bakhjul. Ett stort bakhjul som är svagt för sidobelastning riskerar fallera medan ett tillräckligt starkt men inte tillräckligt styvt bakhjul och/eller en vek bakgaffel kan inverka negativt på trikens vägegenskaper – bakändan kan börja självsvänga i högre farter varvid triken ”ormar” sig fram.

Exempel på en tadpole-trike med ett stort bakhjul och med en alldeles för vek bakgaffel är *ActionBent Tadpole Trike*, se utvärdering av triken i kapitel 10.1.4.

#### ***Skillnaden hos greppet mellan ett litet och ett stort bakhjul***

Den främsta fördelen att ha ett stort bakhjul på en tadpole-trike förutom möjligheten att välja standardväxelsystem är det faktum att ett stort hjul har större kontaktyta mot marken än ett litet (se figur 9-25). Detta leder till att det stora hjulet har bättre grepp och riskerar inte i samma omfattning spinna i kraftiga uppförsbackar och vid halt väglag, en risk som är betydligt större än på en vanlig cykel pga. tadpole-trikarnas låga vikt på bakhjulet (oftast kring en tredjedel av totalvikten, se kapitel 9.15)



### **Bakhjulets storlek i förhållande till växeln:**

Valet av hjulstorlek bak styr till stor del växelvalet. Små bakhjul, 20 tum eller mindre, leder till låga växlar eftersom de flesta växelsystemen på marknaden är anpassade för stora hjul, vanligtvis 26- eller 28 tum. Till en viss del går det dock komma runt problemet genom att välja stora kedjedrev fram på vevpartiet och en bakväxel med extralång växelarm (SGS) för att klara det ökade tandomfånget. Problem uppstår dock när bakhjulet är så litet att man inte kan välja en bakväxel med extralång växelarm (SGS) utan att växeln hamnar för nära marken. Gränsen går vid 20 tum (ISO 406 mm) (se figur 9-28), mindre bakhjul kräver att en växel med kortare växelarm (GS eller SS) används. Dessa växlar klarar mindre tandomfång vilket ger cykeln ett begränsat växelomfång.



Figur 9-28: Bakväxel med extralång arm (SGS) monterad på en cykel med 20"-hjul, vid maximalt utsträckt läge är distansen till marken liten

### **Följande längder på växelarmar kan bakväxlar ha:**

Växelarmslängd	Betäckning	Maximalt tandomfång*	Användningsområde på vanliga cyklar
Kort	SS	29 till 33T	Racercyklar med 2-delat vevparti MTB med 1-delat vevparti
Lång	GS	Racer: 37 till 39T MTB: 33 till 37T	Racercyklar med 3-delat vevparti MTB med 2-delat vevparti
Extra lång	SGS	MTB: 43 till 45T	MTB med 3-delat vevparti

Tabell 9-3: Växelarmslängder

\*) Tandomfånget beskriver hur stor drevskillnad växeln klarar, hur detta räknas ut redovisas i kapitel 9.8.1



Figur 9-29: MTB-bakväxel (Shimano XT) i två olika utföranden, vänster extralång arm (SGS), höger: lång arm (SG)



## 9.2.4 Hjulstorlek fram

De tadpole-trikar som förekommer på marknaden har nästan uteslutande mindre hjulstorlekar fram. 20 tum (ISO 406 mm) är vanligast men mindre storlekar främst 16 tum (ISO 349 mm) är även relativt vanligt, framförallt på kompakta och/eller mer sportiga trikar. Skillnaden mellan 20 och 16 tum kan tyckas vara liten men påverkar till stor del hur triken upplevs, framförallt en kompakt trike som CarbonTrikes, allround och racer-modellen (se kapitel 16). Mindre framhjul tar mindre plats i svängar, ger mer plats för stora cyklister men gör även att hela triken upplevs som kompaktare. Mindre hjul gör dock gången något mer stötig och ökar rullmotståndet vid ojämnt underlag (se kapitel 9.2.2). Eftersom många trikar har 20-tumsbakhjul medan mindre hjul är ovanliga, värdesätter en del cyklister, framförallt vid touring, att triken har samma hjulstorlek runt om, dvs. att triken även har 20-tumsframhjul.

## 9.2.5 Hjulstorlek – vald lösning

För att vara maximalt flexibel och passa olika cyklisters krav har CarbonTrikes utformats för att kunna användas med olika hjulstorlek (se figur 9-30) utan att geometrin eller höjden påverkas.

### **Framhjul**

Fram passar både 20 tum (ISO 406 mm) och 16 tum (ISO 349 mm). Detta genom den enkla men ändå unika framhjulupphängningen (se kapitel 9.3.3). Störväxta cyklister och de som är ute efter minimalt luftmotstånd och maximal acceleration är de som har störst nytta av små framhjul medan framförallt touringcyklister troligtvis väljer större framhjul.

Denna flexibilitet ger även möjlighet att erbjuda ett framhjuls kitt för sommar- respektive vintersäsongen inklusive däck, med ett mindre hjulpar försedda med lågfrikionsdäck under sommarn, och ett större hjulpar med grövre däck som används under vintern.

### **Bakhjul**

Även bak är det möjligt att välja hjulstorlek olika hjulstorlek; 20 tum/ISO 406 mm eller de större standardstorlekarna 26 tum/ISO 559 mm (MTB-storlek) eller 28 tum/ISO 622 mm (racercykelstorlek). Detta genom att byta bakhjulsupphängningarna, de s.k. *drop-outs*, som är instuckna i ramens bakgaffel (se kapitel 9.14.2).

20 tum har bedömts vara den lämpligaste hjulstorleken bak men för de som vill ha möjlighet att använda standardväxelsystem, ett speciellt bakhjul, eller vill ha optimalt grepp bör denna möjlighet vara till stor fördel. Stort bakhjul bör dock inte kombineras med mycket packning om inte bakgaffeln förstärks för att garantera den vridstyvhet som då krävs.



Figur 9-30: CAD-modeller som visar CarbonTrikes med olika hjulstorlek,  
närmast: 16-tumshjul fram, 20-tumshjul bak, bakom: 20-tumshjul fram, 28-tumshjul bak

*Kommentar: Trikeprototypen har utbytbara drop-outs men inte tillräckligt djupt skär i bakgaffeln för att rymma ett stort bakhjul. Konstruktionslösningen som tillåter stort bakhjul har kommit till efter att prototypen byggts och cyklister har fått testa och utvärdera prototypen och komma med kommentarer (se kapitel 15).*





### 9.3 Framhjulsupphängning

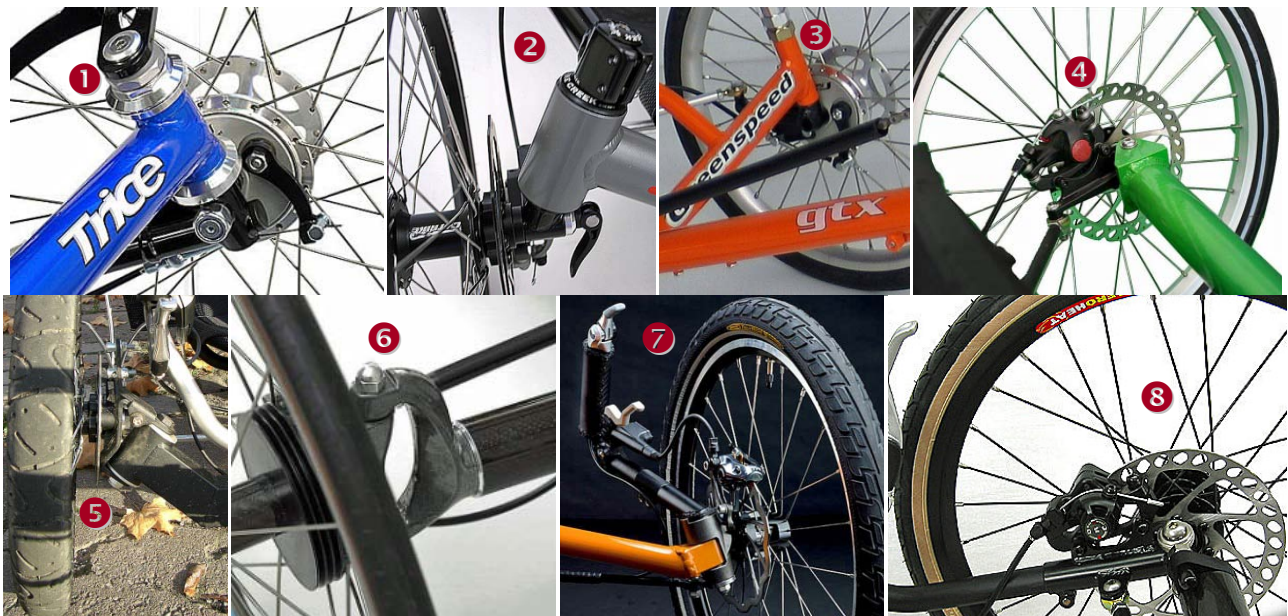
Framhjulsupphängningarna på en tadpole-trike är delarna mellan ramen och framhjulen. Hjulen fäster mot dessa som i sin tur är fästa mot ramen genom någon form av lager som tillåter triken att styras.

#### 9.3.1 Förekommande framhjulsupphängningar på marknadens tadpole-trikar

Det förekommer ingen standard för framhjulsupphängningar varför både framhjulsupphängningarna och styrlagring mot ramen skiljer sig kraftigt mellan olika tadpole-triketillverkare. Det finns även tillverkare som har olika typer av framhjulsupphängningar på olika modeller.

*Exempel på huvudprinciper styrlager som förekommer och tillverkare som använder dessa: Siffrorna refererar till figur 9-31*

- **Standardstyrlager till cyklar**, gängade, a-head eller integrerade, 1 tum (25,4 mm) eller 1 1/8 tum (26,6 mm) styraxeldiameter, *ICE Trice ①*, *HPVelotechnik*, *Steintrikes*, *Cattrike*, *Actionbent*, *TerraTrike (Zoomer ②)*,
- **Glidlagrade enkelsidesupphängda**, *Greenspeed ③*, *Tri-sled*, *MR Recumbent*
- **Dubbelsidesupphängda**, glidlagrade eller kullagrade, *TerraTrike ④*, *KMX ⑤*, *Windheetah ⑥*, *Challenge ⑦*, *Optima*
- **Dubbla länköron**, *TerraTrike (Edge ⑧)*, flera tillverkare av velomobiler (heltäckta trikar)



Figur 9-31: Bildkollage med olika typer av hjulupphängningar på marknadens tadpole-trikar  
Källor: ICE Trice, TerraTrike, Greenspeed, Windcheetah, Challenge

Framhjulsaxlarna kan antingen vara placerade under styraxeln, vilket är vanligast på de trikar med enkeluppsidesupphängda styrlager (se figur 9-31, ①, ②, ③) eller på sidan om styrlagret vilket är vanligast på de trikar med dubbelsidesupphängt styrlager (se figur 9-31, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧).



Hjulaxlarna kan antingen vara fasta på hjulupphängningarna (se figur 9-32a) eller avtagbara (se figur 9-32b,c). Att axlarna är avtagbara underlättar transport då triken blir något smalare.



Figur 9-32,a-c: Exempel på hjulaxlar på framhjulsupphängningar

### 9.3.2 Konstruktion av framhjulsupphängningarna

Vid konstruktionen av CarbonTrikes framhjulsupphängning undersöktes olika lösningar framförallt de som används på marknadens tadpole-trikar.

Någon direkt lämplig att "kopiera" återfanns dock ej då ingen uppfyllde alla uppställda krav. Istället togs beslut att konstruera en ny framhjulsupphängning som skulle uppfylla de uppställda kraven:

#### Krav på framhjulsupphängningen på CarbonTrikes:

- **Möjlighet att byta mellan två hjulstorlekar**, 16 tum/ISO 349 mm och 20 tum/ISO 406 mm utan att ändrad styrgeometri eller trikens höjd
- En **konstruktionslösning lämpad för att framställas i kolfiberkomposit**, alternativt **CNC-fräst aluminium**, helst båda alternativen utifrån vilken som vid produktion visar sig mest kostnadseffektivt i förhållande till vikten och funktionen, undvika svetsade lösningar för att tillåta kostnadseffektiv produktion lokalt
- **Standardstyrlager** till cyklar
- Standardiserat **skivbromsfäste**
- **Låg vikt**

En lösning itererades fram genom skissning, CAD, modellförsök med först kartong (se figur 9-33) och därefter i metall.



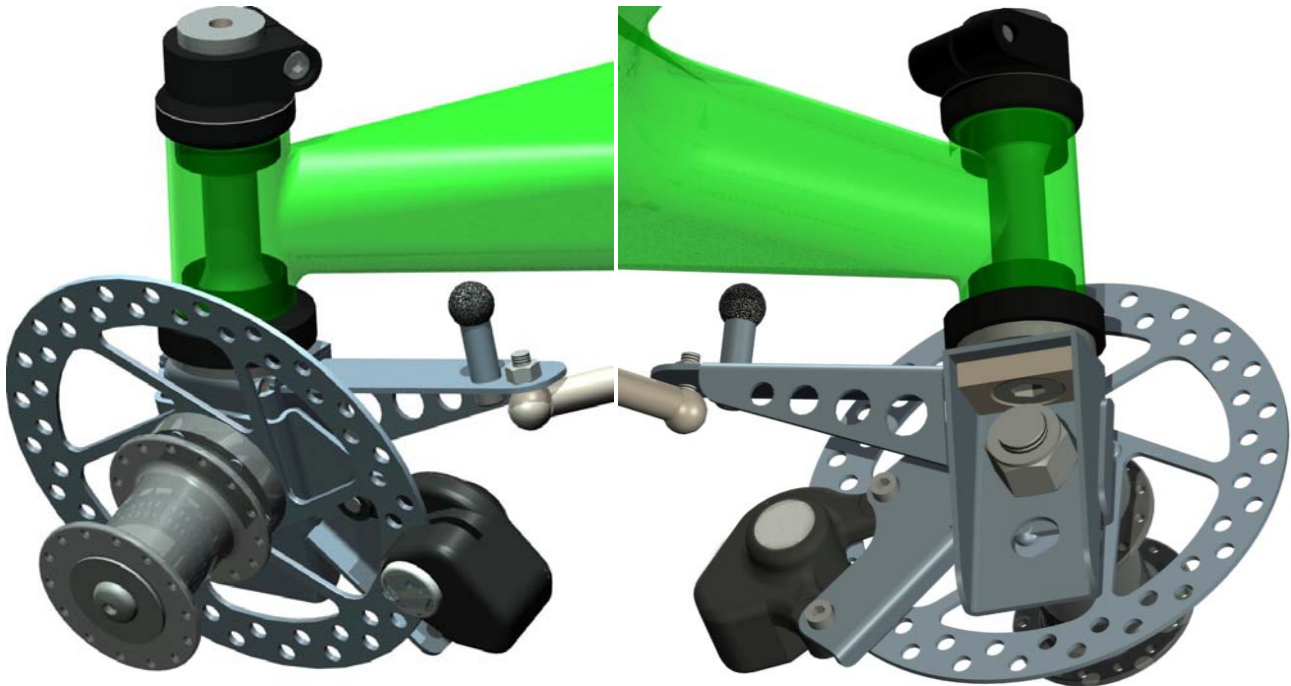
Figur 9-33: Modellförsök i kartong av hjulupphängning och bromsfäste



### 9.3.3 Framhjulsupphängningar – vald lösning

Framhjulsupphängningarna (se figur 9-34) är konstruerade för att tillverkas av kolfiberkomposit uppbyggda i ett stycke av *enkellaminat*. De vanligaste förekommande produktionsmetoderna för fiberkomposit (se kapitel 12.1.1) kan utnyttjas men pressning av *pre-preg* (förimpregnerad väv) bör vara den lämpligaste produktionsmetoden, åtminstone vid något större seriestorlekar, varvid hög precision och dubbla funktionsytor åstadkoms. Som alternativ kan framhjulsupphängningarna även tillverkas i plåt (stål, aluminium eller titan) som stansas, bockas och svetsas, en produktionsprocess som är konstadseffektiv även vid lokal tillverkning så länge svetsning undviks.

Framhjulsupphängningarna kan även anpassas för att CNC-fräsas ur massiv aluminium.



Figur 9-34,a,b: CAD-modell av vänster framhjulsupphängning med nav och broms, ramen har gjorts transparent för att styraxeln skall synas. Vänster: sedd från utsidan, Höger: sedd från insidan

Integrerad med hjulupphängningarna är kontrollarmarna till styrstagen som sticker ut bakåt. På kontrollarmarna sitter även ändstopp som begränsar styrutslaget och gör att styrningen inte kan överstyra till instabilt läge (se figur 9-23).

Styrlagren är valda för att vara så standardiserade som möjligt. Därför används cykelstyrlager av en vanlig standardiserad variant; A-head (ogängade som låses med klämman).

Axeldiametern är 1-1/8 tum (28,6 mm), den vanligaste förekommande diametern på både MTB- och landsvägcyklar.

Styraxeln som NC-svarvas ur aluminiumstång skruvas samman med hjulupphängningen. Upptill har styraxeln en gänga som utnyttjas vid montering och justering av styrlagren samt som fäste för framstänkskärmen.



Framhjulsupphängningarna är relativt enkla till dess konstruktion men ändå unika. De möjliggör byte av hjulstorlek fram utan att höjden eller geometrin ändras, *se figur 9-35*. Detta löses genom att upphängningarna har dubbla fästhål för hjulaxlarna och att skivbromsupphängningarna följer med och hålls på plats när hjulaxlarna låses.



Figur 9-35: CarbonTrikes prototyp sedd framifrån, med stort hjul (20") monterat på höger hjulupphängning och litet hjul (16") monterat på vänster hjulupphängning. Observera att varken höjden eller styrgeometrin ändras

## 9.4 Framhjulsnav

På de flesta tadpole-trikar är framhjulen enkelsidesupphängda. Detta innebär att axlarna inte har något yttre stöd. Detta för att förenkla konstruktionen, ge lägre vikt, minimal bredd och ett renare utseende. Enkelsidesupphängningen underlättar även däckbyte och slangreparationer.

Enkelsidesupphängningen ställer dock högre krav på axlarna än för ett hjul som har stöd på båda sidorna. Därmed måste axlarna vara starkare för att inte falla.

Ytterligare krav på starka framhjulsaxlar krävs eftersom hjulen och axlarna på en trike utsätts för mycket större sidokrafter i svängar än på en tvåhjulig cykel.

Något som ytterligare ger höga krav på starka framhjulsaxlar på en tadpole är att viktfordelningen är helt annorlunda jämför med en tvåhjulig upprätt cykel. På en tadpole är ca 2/3-del av vikten på det främre hjulparet (*se kapitel 9.15*) och därmed i extremfallet hela denna vikt på ytterhjulet i svängar. På en tvåhjulig upprätt cykel är en tredjedel till en fjärdedel av totalvikten fördelad på framhjulet och det förekommer endast begränsad sidobelastning.

Alla dessa faktorer tillsammans gör att det inte är möjligt att använda standardcykelnav till framhjulen på en tadpole-trike. Axeldiametern på ett standardcykelframhjul är vanligtvis mellan 8-10 millimeter medan axeldiametern på marknadens tadpole-trikar är minst 12 millimeter.

Utöver detta finns det ett krav att framhjulsnaven på en tadpole-trike bör vara relativt smalt för att begränsa totalbredden på triken för att underlätta cykling förbi smalare passager, förvaring och transport.



**För att komma runt problemet med den otillräckliga styrkan för axeln hos standardcykeln kan konstruktören av en tadpole-trike välja fem vägar:**

1. Utnyttja **standardnav och modifiera dessa** antingen genom att svarva upp lagerbanorna för att få plats med större kullager och därmed grövre axel eller byta ut standardkullagren mot lågprofils-kullager med samma ytterdiameter men med större axeldiameter. I båda fallen underlättar det om navet har maskinkullager och inte lösa kulor och kulbanor. Detta är det vanligaste alternativet på tadpole-trikar som är utrustade med trumbromsar. Vanligtvis används då 12-millimetersaxel vilket visat sig vara minimi-axeldiametern som håller förutsatt att axeln är höghållfast (vanligtvis seghärdat stål, höghållfast stål eller krom-molybden-stål (CrMo)). En nackdel med denna metod är främst att naven normalt är onödigt breda vilket ökar på trikens totalbredd.

2. Utnyttja **nav som används till downhillcyklar** (kraftigt överdimensionerade fulldämpade mountainbikes) som ofta har skivbromsnav med **20 millimeter axeldiameter** (se figur 9-36). Detta är ett relativt enkelt och billigt alternativ men naven är relativt breda (för att monteras i motorcykelliknande framgafflar) och ger därmed onödigt stor totalbredd om de monteras på en trike. Kostnaden vid små serier, från 600 kr per nav.



Figur 9-36: Nav med 20mm-axel, (Dimension), källa: Cyclecomponents

3. Utnyttja **nav för special-BMX-cyklar** som är framtagna för att klara mycket stora belastningar. Dessa har en **axeldiameter på 14 millimeter** (se figur 9-37). Dessa nav är dock förhållandevis ovanliga och saknar fäste för skiv- eller trumbroms. Dessa nav ger i likhet med de modifierade standardnaven och downhillnaven onödigt stor bredd.



Figur 9-37: BMX-nav med 14mm-axel, (Hule), källa: Cyclecomponents

4. Utnyttja nav till **Cannondales enkelsidesupphängda framgaffel för MTB** (mountainbikes), se figur 9-38. Detta nav har skivbromsfäste för internationell 6-hålsinfästning och är anpassad för konisk axel med 25-millimeters industri-kullagerkullager på bromssidan och 15 millimeter på andra. Den grova axeln gör navet styvt och starkt och ger möjlighet att utnyttja en ihålig axel i aluminium (höghållfast legering EN 7075 eller 2014) vilket ger betydligt lägre vikt än för motsvarande stålaxel med mindre diameter. Ekerflänsarna är asymmetriska med större fläns på bromssidan. Totalbredden på navet är 70 millimeter vilket är ca 20 millimeter mindre än motsvarande standardnav – en fördel vid användning på en tadpole-trike då det begränsar totalbredden. Kostnaden för detta nav vid små serier är ca 900 SEK.

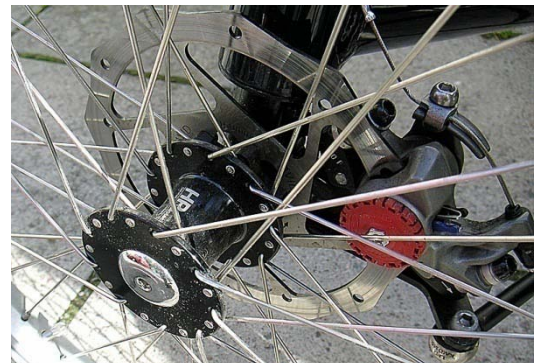


Figur 9-38,a-c: Cannondale lefty-nav

Vänster: Navet (utan axel) sedd från skivbromssidan

Mitt och höger: Navet monterad på en MTB med Cannondale lefty-framgaffel

- 5. Specialtillverka nav med fäste för skivbroms**, vanligtvis internationell 6-hålsinfästning (6 stycken M6 fördelade i en 44-millimetersring). Som lagring används standard maskinkullager av vanligt förekommande dimensioner för att underlätta underhåll. Detta alternativ ger möjlighet att helt anpassa naven efter triken och framförallt minimera bredden för att göra triken så smal och smidig som möjligt och samtidigt bibehålla en tillräckligt stor spårvidd för att ge tillräcklig stabilitet. Specialnav kan beställas som tillbehör av andra tillverkare av tadpole-trikar (se figur 9-39), t.ex. ICE Trice men till relativt höga kostnader. Specialtillverkas naven (NC-bearbetas ur en massiv aluminiumstång) styrs kostnaden främst av volymen.



Figur 9-39: Framhjulnav med skivbroms på HPVelotechnik Scorpion

Innan skivbromsarna började användas i stor skala inom MTB-cykelvärlden var alternativ 1, dvs. att utgå från modifierade standardnav, vanligtvis trumbromsnav, det vanligaste alternativet bland tadpole-triketillverkarna. I och med att skivbromsar numera är vanligare än trumbromsar inom cykelvärlden samtidigt som skivbromsnav är lämpliga att tillverka i små serier pga. den enkla 6-håls fäststandard för bromsskivor är det numera vanligare bland triketillverkare att de väljer alternativ 5, dvs. att utgå från specialtillverkade nav med skivbromsfäste. Den stora fördelen att utnyttja specialnav, att naven direkt kan anpassas efter kraven på en trike, att bredden hålls nere och att de samtidigt är tillräckligt starka för att klara de stora belastningar som uppkommer på en trike, överstiger i många fall nackdelarna som lågserietillverkningen ger upphov till. Triketillverkare som vill hålla nere kostnaderna maximalt utgår dock fortfarande från modifierade standardcykelnav.



### 9.4.1 Framhjulsnäv – vald lösning

Den valda lösningen utgår från specialtillverkade näv med skivbromsfäste. Huvudorsaken är att dessa är möjliga att anpassa direkt till triken och de krav som ställs. Näven är smalare än standardnäv vilket minimerar trikens totalbredd vilket underlättar cykling genom smala passager, transport och förvaring. Axeldiametern är väl tilltagen, 15 millimeter, med M16-gänga som håller axlarna på plats vid hjulupphängningarna.

För vidare beskrivning och bilder av de näv som tagits fram till prototypen och som motsvarar näven vid produktion – se kapitel 14.4.

## 9.5 Sits

En vital del på en liggcykel är dess sits. I motsats till sadeln på en upprätt cykel liknar sitsen på en liggcykel snarare en stol eller en fåtölj (beroende på cykeltyp och sitslutning). Sitsen ger stöd för hela kroppen utan någon punktbelastning varvid en liggcykel har potential att vara mycket bekväm även under långa tiders cykling, vid långfärd, långpendling eller längre träningsrundor eller tävlingar. En förutsättning är dock att sitsen är rätt konstruerad, passar cyklistens kropp samt cykeln och dess användningsområden.

**En liggcykelsits skall ge stöd på områden, uppifrån och ner, siffrorna refererar till figuren till vänster (se figur 9-40):**



❶ Stöd för översta delen av ryggen, den s.k. *toppböjen* är den viktigaste delen på en liggcykelsits med mer tillbakalutad sitslutning (under 45 grader från horisontalplanet). Toppböjen gör att översta ryggkotorna slutar vertikalt varvid cyklisten inte behöver anstränga nacken. Brist på detta stöd, en felaktigt utformad toppböj eller en toppböj som ger stöd på fel plats gör att cyklisten riskerar bli trött i nacken vilket kan ge nack- och huvudvärk.

❷ Den centrala delen av ryggen. Behovet av stöd under denna yta är begränsat på en liggcykelsits, varvid denna del kan vara smal för att ge förbättrad rörlighet, bättre ventilation och mindre instängd känsla. Vanligtvis har liggcykelsitsar på denna yta en mindre ”puckel” eller motsvarande vilken ger ländryggstöd.

Kraftigare ländryggstöd undviks dock normalt.

Figur 9-40: Stödytor för en liggcykelsits visas på en testuppställning under utveckling av CarbonTrikes sits

❸ Den nedersta delen av sitsen är stödet för baken vilken har till syfte att stödja så att cyklisten inte glider framåt med kroppen. Medan cyklisten trampar hårt är behovet av detta stöd begränsat då kroppen automatiskt pressas uppåt i sitsen. Då är det snarare viktigt att denna del av sitsen inte sitter i vägen under benens rörelse. Däremot behövs stödet då cyklisten inte trampar så hårt, rullar eller står stilla. På en sits med kraftig sitslutning är detta stöd begränsat medan detta stöd framförallt är viktigt på mer upprätta liggcykelsitsar. Vid riktigt upprätta sitsar är denna stödyta ofta separat som på en vanlig stol och mer eller mindre sadelliknande. På en trike är det viktigt att det på denna yta även finns stöd i sidled för cyklisten skall sitta kvar i sitsen i kraftiga svängar och tillåta cyklisten att luta kroppen och därmed maximera kurvtagningsförmågan (se kapitel 9.16).



### 9.5.1 Sits – vald lösning

Sitsen på CarbonTrikes (se figur 9-41) är en integrerad del av ramen vilket ger både ger minimal vikt i kombination med maximal styvhet och medverkar till trikens rena form och attraktiva formspåk.

Denna lösning används av enstaka liggcykeltillverkare som tillverkare tvåhjuliga liggcyklar, *lowracers*, med kolfiberramar, *Velokraft* och *M5*, men är unikt i trikesammanhang.

Många liggcykeltillverkare, framförallt de som både gör två- och trehjulingar använder samma sits till två- och trehjulingarna. Detta är dock fel då sitsen används på olika sätt och det ställer olika krav på sitsen på en tvåhjuling respektive en trike. Sitsen på CarbonTrikes är specialutformad för att passa sättet man cyklar en trike. Detta betyder att den har kraftigt skålad form nertill i kombination med endast svagt skålad form upptill. Detta gör cyklisten hålls på plats även vid kraftiga sidoaccelerationer men samtidigt är flexibel med överkroppen och kan luta inåt i snabba svängar för att öka stabiliteten (se kapitel 9,16,1).



Figur 9-41: Sitsen på trikeprototypen utan sitsdynan



Eftersom sisten är integrerad i ramen är det ej möjligt att byta den för att välja en storlek som passar cyklisten. Istället är sitsens storlek justerbar. Detta genom att den översta delen av sitsen, den s.k. toppböjen (se figur 9-42), justeras varvid storleken på sitsen anpassas efter cyklistens ryggglängd. Justeringen sker med endast en snabbkoppling och är samtidigt stabil, stark och i motsats till andra liknande konstruktioner helt tyst (se kapitel 10.1.1). Toppböjen är uppbyggd av kolfiber-epoxi-enkellaminat med *twill*-väv ytterst som ger det karakteristiska ”kolfiberutseendet”.

Toppböjen plockas lätt av varvid trikens höjd minskas vilket underlättar vid transport.

Figur 9-42: Toppböjen





## 9.6 Sitsdyna

En väsentlig del för bekvämligheten hos en liggcykel är sitsen men även den speciella dyna som används tillsammans med sitsen. En ideal sits som är specialtillverkad efter cyklisten och följer han eller hennes kropp behöver i praktiken ingen dyna. I realiten på en liggcykel som mer eller mindre massproduceras har dock sitsar som är utformade för att passa flera olika cyklister. Detta betyder att de inte kan passa hundra procent för alla kroppar. Därför behövs en dyna mellan sisten och cyklisten som jämnar ut eventuella punktbelastningar som uppstår på cyklistens kropp. Dynans uppgift är även att fungera som vibrationsdämpare, ventillera ryggen när det är varmt och värma ryggen när det är kallt. En bra sitsdyna klarar alla uppgifter och är samtidigt lätt, vatten- och slitagetålig, tvättbar, snäll mot kroppen, samt enkel att utforma efter sitsen och hålla på plats och ur tillverkningsynpunkt enkel att producera och kostnadseffektiv.

Det många finns olika varianter av sitsdynor på liggcyklar men på den typen av sits som CarbonTrikes har finns det i grunden tre grundprinciper för sitsdynor:

- Sitsdynor i **liggunderlagliknande material** – EVA-skumplast eller motsvarande material med en tjocklek kring 10mm (*se figur 9-43a*). Används främst som medföljande standarddynor.
- Sitsdynor i **filtermaterialmaterial** – en cellplast med luftig struktur och öppna celler med en tjocklek kring 50 millimeter, ofta från tillverkaren *Poret* (*se figur 9-43b*). Används som medföljande standarddynor eller som tillbehör.
- Sitsdynor i **luftspaltsmattor** – ett lindat spunnet material som säljs under varumärkesnamnet *ACS10*, ursprungligen används för att åstadkomma en luftspalt mellan båtdynor och skrov för att undvika kondens, 10 millimeters tjocklek som sätts samman i 2-3 lager. Används nästan uteslutande som tillbehör, köps oftast från tillverkaren *Ventisit* som specialiserat sig på både standardsitsdynor och kundanpassade dynor i detta material (*se figur 9-43c*).



Figur 9-43,a-c: Exempel på material i liggcykelsitsar:

Vänster: Liggunderlagliknande material på HPVelotechnik Street Machine, sitter fast mha kardborrband  
Mitt: Filtersmaterial (50mm Poret) på Steintrikes Nomad, sitter fast med gummiband  
Höger: Ventisit (tvålagers luftspaltmatta) på en Velokraft VK2, sitter fast med matt-tejp



**För- och nackdelar med huvudtyperna av liggcykeldynor:**

<b>Material</b>	<b>Fördelar</b>	<b>Nackdelar</b>
<b>Liggunderlag</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>+ Billigt</li><li>+ Låg vikt</li><li>+ Vattentåligt</li><li>+ Relativt slitagetåligt</li><li>+ Stor flexibilitet i utformningen, både hål och konkava ytor går att åstadkomma</li><li>+ Enkelt att sätta fast med kardborreband</li><li>+ Enkelt att producera (går vattenskära, skära och stansa)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Dålig komfort, tunt och relativt hårt</li><li>- Dålig ventilation, ventilationshål krävs i stolen för att man inte skall bli svettig om ryggen</li></ul>
<b>Filtermaterial</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>+ Hög komfort, ger en ombonad känsla och relativt bra stötdämpning</li><li>+ Anpassar sitsens form efter cyklisten i stor omfattning, sitsen behöver inte passa perfekt för att upplevas som bekväm</li><li>+ Viss ventilation</li><li>+ Värmer något vid kyligt väder</li><li>+ Relativt enkelt att producera (går vattenskära)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Något för mjuk för tyngre cyklister, kan uppfattas ge för "fåtöljliknande" känsla</li><li>- Kan pressas samman något med tiden</li><li>- Samlar delvis på sig vatten vid regn, bör skyddas</li><li>- Kan samla på sig smuts med tiden</li><li>- Kan sticka om det är i direkt kontakt med huden, om cyklisten bara bär en tunn tröja</li><li>- Dålig stadga, bör styvas upp om dynan utformas med tunna partier</li><li>- Begränsad möjlighet att fästas med karborreband</li><li>- Utseendet kan uppfattas som klumpigt</li></ul>
<b>Luftspalmsmatta</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>+ Bästa ventilation av alla dynalternativ</li><li>+ Lång livslängd, tål väder, vind och slitage</li><li>+ Faller på plats även på dubbelkrökta former</li><li>+ Uppfattas av många ge ett bra och seriöst utseende, kräver dock att dynan är välgjord och sitter väl på plats</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Begränsad komfort även vid tjockare dimensioner eftersom dynan är relativt hård</li><li>- Svårt att utforma till mer komplexa former, skarpa hörn och konkava ytor</li><li>- Kan sticka om det är i direkt kontakt med huden, om cyklisten bara bär en tunn tröja</li><li>- Relativt låg friktion, kräver att sitsens form håller cyklisten på plats i svängar med en trike</li><li>- Svårt att fästa med kardborreband, fäste med matt-tejp rekommenderas vilket ger dålig demonterbarhet</li><li>- Svårt att automatisera tillverkningsprocessen, kräver handarbete</li></ul>

Tabell 9-4



### 9.6.1 Sitsdyna – vald lösning

Vald lösning för sitsdyna (se figur 9-44) består av en kombination av filtermaterial och liggunderlag:

Överst en 50 millimeter tjock dyna av filtermaterialet *Poret*. Detta material ger viss ventilation vilket minskar risken för att ryggen skall bli svettig då man cyklar med triken. Dynan gör sisten bekväm och jämnar ut trycket över kroppen.

Underst ett 10 millimeter tjockt liggunderlagsmaterial med slutna celler för att öka bekvämligheten men framförallt ge stadga filtermaterialet och förenkla fastsättning mot sitsen. De två materialen är sammanlimmade med kontaktlim.

Sitsdynan hålls på plats av kardborreband, en kombination av vanliga med relativt svagt fäste som är lätta att demontera och en specialvariant, *Duotek*, där maximalt fäste krävs.

Dynan är uppdelad i två delar, en över- och en underdel för att tillåta justering av sitslängden genom att förflyttning av toppböjen. Halvorna möts i ett kulformat spår och genom utformningen av spåret och att det mjuka filtermaterialet kan pressas samman räcker det med två längder av dynnedelarna för att täcka användning av allt från korta personer till långa, 160 cm kroppslängd till 190 cm (se kapitel 9.17).



Figur 9-44: Trikeprototypens sits och sitsdyna



## 9.7 Kedjeföring

Kedjan på en bakhjulsdriven liggcykel är mycket längre än på en vanlig upprätt cykel. På en tadpole-trike som CarbonTrikes består kedjan av 2-3 vanliga cykelkedjor (ca 120 länkar per kedja). Den långa längden och det faktum att kedjan går förbi hela ramen, från den främsta delen av triken, vevpartiet bak till hjulet gör att kedjeföringen betydligt mer komplicerad viktigare än på en upprätt cykel. Samtidigt är det viktigt att kedjeföringen fungerar väl för hela cykelns funktion och för att kraftförlusten, friktionen liksom oljud minimeras.

Det finns olika sätt att lösa kedjeföringen på liggcyklar. Vanligast är att utnyttja ett eller flera kedjehjul vilka leder kedjan. Dessa kedjehjul kan antingen vara tandade som traditionella drev eller otandade med ett spår för kedjan. Både metall (stål eller aluminium), plast (vanligtvis POM/acetatplast eller polyamid/nylon) och elastomer (vanligtvis polyuretan) förekommer.

### 9.7.1 Kedjeföring – vald lösning

Kedjeföringen på CarbonTrikes är optimerad för att vara enkel och effektiv med minimal friktion och lågt ljud. Den drivande delen av kedjan hålls på plats under ramen genom att det leds över ett specialtillverkat (svarvat) kedjehjul (se detaljförstoring i figur 9-45) i POM, en högkristallin, stark och slitålig termoplast. Diametern på detta hjul är relativt stor, 100 millimeter, för att minimera motståndet. För att underlätta underhåll och hålla nere kostnaden följer kedjehjulet kullager- och axelstandard från rullskridskor (*inlines*) och små sparkstöttingar (*kickboards*). För att ge maximal markfrigång och samtidigt ett stabilt och lätt stöd för kedjehjulet sitter det delvis instuckat i ramen, fäst i en enkel fästbygel av aluminium.



Figur 9-45: Undersidan av trikeprototypen där kedjan som går under hela ramen syns, kedjehjulet som styr kedjan under ramen är inringad (sedd snett underifrån)

Stora delar av kedjan leds i polyetenrör vilka fungerar som kedjeskydd för att skydda cyklistens kläder och delvis skydda kedjan mot smuts. Rören hjälper även till att leda kedjan på den ickedrivande sidan och minimerar risken för att den långa kedjan skall komma i självsvängning under färd. Polyetenröret har låg friktion, låg vikt, lång livslängd och är kostnadseffektivt eftersom dessa rör även används i trädgårdsammanhang (*Gardena MicroDrip system*).



## 9.8 Växlar

När man cyklar har benen ett relativt litet *kadensintervall* där benen jobbar optimalt. I praktiken bör *kadensen* ligga kring 60 till 100 RPM (varv per minut), med maximalt 120 RPM vid snabba spurter. Samtidigt skall en cykel fungera vid betydligt större hastighetsintervall än vad kadensintervallet tillåter. Detta är orsaken till att man har växlar på de flesta cyklar.

Det ställs ett antal krav på ett växelsystem på en cykel, de främsta är följande:

- Hög verkningsgrad (låg friktion)
- Låg vikt
- Tillräckligt stort växelomfång och ett växelomfång anpassad för cyklisten och cykelns användningsområde

För utvärdering av växelsystem i förhållande till uppställda krav se kapitel 9.8.6.

### **Beräkning av utväxlingen för ett växelsystem:**

Det standardiserade sättet att beskriva utväxlingen på en cykel är *antal meter per pedalvarv*. Ett mer historiskt sätt att beskriva utväxlingen på men som fortfarande är mer frekvent är *gear inches*. Gear inches beskriver antal varv ett visst hjul går per pedaltag multiplicerat med hjulets ytterdiameter i tum.

Erfarenheter säger att en lämplig utväxling på en vanlig upprätt tvåhjulig cykel vid allroundcykling, pendling och touring i blandad terräng är 20 till 100 gear inches. Förutsatt att cyklisten håller en kadens på 60 till 100 RPM kan cyklisten då cykla i ett hastighetsområde av 6 – 43 km/h enligt följande beräkning:

Minimihastighet:

$$60 \text{ [RPM]} * 20 \text{ [gear inches]} * \pi * 2.54/100000 \text{ [km/tum]} * 60 \text{ [minuter/h]} \approx 5,7 \text{ km/h}$$

Maxhastighet:

$$90 \text{ [RPM]} * 100 \text{ [gear inches]} * \pi * 2.54/100000 \text{ [km/tum]} * 60 \text{ [minuter/h]} \approx 43 \text{ km/h}$$

### 9.8.1 Kedjeväxlar

Det vanligaste växelsystemet på cyklar är kedjeväxlar. Dessa baseras på att kedjan mellan vevpartiet och bakhjulet kan flyttas mellan olika drev som har olika storlek och olika antal tänder, vilket styr utväxlingen från vevpartiet till bakhjulet. Moderna kedjeväxelsystem har både växel vid bakhjulet (vanligtvis mellan 8 och 10 växlar) och vid vevpartiet (vanligtvis 2 eller 3 växlar).

#### **Utväxlingen räknas ut på följande sätt:**

Ett typiskt växelsystem på en MTB med 27 växlar (eller mer korrekt 9x3) och stort växelomfång ger följande utväxling:

Lägsta växeln:

$$(\text{minsta drevet fram } [T] / \text{största drevet bak } [T]) * \text{ytterradien } [\text{tum}] \Rightarrow \\ \Rightarrow (22 [T] / 34 [T]) * 26 [\text{tum}] \approx 16,8 \text{ gear inches}$$

Högsta växeln:

$$(\text{största drevet fram } [T] / \text{minsta drevet bak}) * \text{ytterradien } [\text{tum}] \Rightarrow \\ \Rightarrow (44 [T] / 11 [T]) * 26 [\text{tum}] \approx 104 \text{ gear inches}$$

Utväxlingen för detta växelsystem är då 619 % ( $104 \text{ [gear inches]} / 16,8 \text{ [gear inches]}$ ).



Växelomfånget blir med på en trike med ett 20-tumsbakhjul och med ett vanligt förekommande växelsystem, en kombination av en MTB-bakväxel och en landsvägsväxel fram med 27 växlar (3x9) och med 11-34T-kassett bak och 30-42-52T-vevparti fram visas i diagram 9-1 (för tabell se bilaga 4):

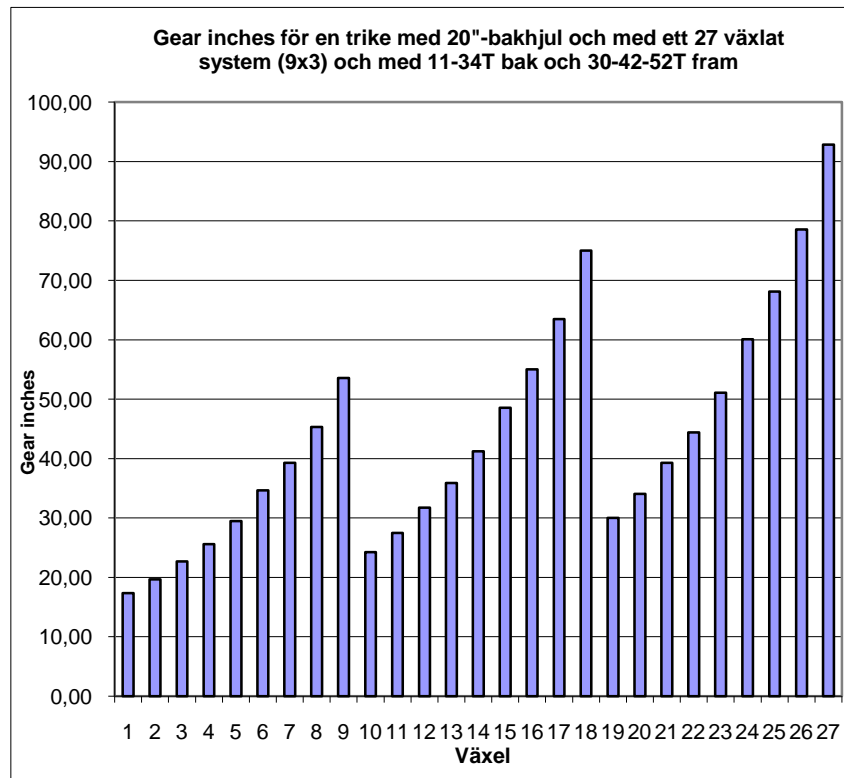


Diagram 9-1

Tandomfånget som bakväxeln måste kunna hantera är då 45 tänder enligt följande beräkning:

$$(största drevet fram [T] + största drevet bak [T]) - (minsta drevet fram [T] + minsta drevet bak [T]) \\ \Rightarrow (44 [T] + 34 [T]) - (22 [T] + 11 [T]) = 45 T$$

45 tänder är maximalt omfång som en bakväxel med extralång växelarm klarar (för att bakväxeln skall kunna hålla kedjan spänd oavsett växel) (se tabell 9-3).

På vanliga kedjekassetter den minsta möjliga klingan 11 tänder och den största 34 tänder. Vevparti fram finns med större variationer men den största drevet som är standardmonterat på marknadens vevpartier har 53 tänder. Med ett 20 tums-bakhjul blir maximal utväxling 96 gear inches (se diagram 1):

$$(53 [T] / 11 [T]) * 20 [tum] \approx 96 gear inches$$

Detta kan vara tillräckligt för touring men är otillräckligt för snabbare cykling. Alternativet är då att byta till ett större specialdrev fram, t.ex. 62 tänder. Maximal utväxling blir då 112 gear inches:

$$(62 [T] / 11 [T]) * 20 [tum] \approx 112 gear inches$$

112 gear inches är tillräckligt för de flesta cyklister. Dock uppstår då ett annat problem, den lägsta växeln blir inte tillräckligt låg om bakväxelns omfång inte skall överstigas. Med 45 tänder maximalt tandomfång, och en kassett med maximalt omfång bak, 11-34T är tandomfångsutrymmet fram 22 tänder:

$$45 [T] - (34 [T] - 11 [T]) = 22 T$$

Minsta drevet fram blir då 40 tänder (62 [T] - 22 [T]) vilket innebär att lägsta utväxlingen är 23 gear inches.

$$(40 [T] / 34 [T]) * 20 [tum] \approx 23 gear inches$$

23 gear inches kan vara tillräckligt för en racertrike men är otillräckligt både för en touringtrike och för en allroundtrike som används i mer kuperad terräng.



### Capreo – Kedjekassettsystem för småhjuliga cyklar:

Ett alternativ för att få tillräckligt höga växlar trots ett litet drivande hjul är att välja Shimanos speciella kedjekassettsystem för småhjuliga cyklar, Capreo. Skillnaden på detta i förhållande till vanliga kedjekassettsystem är att minste drevet inte är 11 tänder utan 9 tänder. Detta gör att högsta utväxlingen blir 22% högre.

Det finns en Capreo-kasset, den är 9-delad och har tandomfånget 9-26 tänder. Denna kasset monterad på ett 20-tumshjul motsvarar en standard-MTB-kasset om 11-34 tänder monterat på ett 26" MTB-hjul. För att få ännu lägre växlar kan kassetten byggas om (se figur 9-46). Endast de två minsta dreven, 9T och 10T är specialdelar medan övriga följer Shimanos vanliga kassetstandard. Byts de större dreven är maximalt omfång med Capreo-kassetten 9-34 tänder. Utan att överstiga bakväxelns tandomfång kan en trike med 20 tumsbakhjul, en specialkomponerad Capreokasset och ett standard 3-delat vevparti (30-42-50T) få en utväxling på 17,6 till 111 gear inches:



Figur 9-46: Specialkomponerad Shimano Capreo-kasset, 9-32T

Lägsta växeln:

$(\text{minsta drevet fram } [T] / \text{största drevet bak } [T]) * \text{ytterradien } [tum] \Rightarrow$   
 $\Rightarrow (30 [T] / 34 [T]) * 20 [tum] \approx 17,6 \text{ gear inches}$

Högsta växeln:

$(\text{största drevet fram } [T] / \text{minsta drevet bak } [T]) * \text{ytterradien } [tum] \Rightarrow$   
 $\Rightarrow (50 [T] / 9 [T]) * 20 [tum] \approx 111 \text{ gear inches}$

Utväxlingen för detta växelsystem är då 630 % ( $111 [gear inches] / 17,6 [gear inches]$ ), mer än MTB-växelsystem med stort omfång. En trike med detta växelsystem får då ett växelsystem som har tillräckligt låga växlar för touring och allroundcykling i kuperad terräng och samtidigt tillräckligt höga växlar för racercykling.

Tandomfånget som bakväxelns måste kunna hantera är då 45 tänder, vilket en växel med extralång arm (SGS) klarar (se tabell 9-3):

$(\text{största drevet fram } [T] + \text{största drevet bak } [T]) - (\text{minsta drevet fram } [T] + \text{minsta drevet bak } [T])$   
 $\Rightarrow (50 [T] + 34 [T]) - (30 [T] + 9 [T]) = 45 T$

Trikeprototypen som tagits fram inom exjobb har ett växelsystem enligt denna modell, med specialkomponerad kasset (9-32T) (se figur 9-46 och 9.54a) och ett standard 3-delat racervevparti (30-42-52T) (se figur 9.54b).



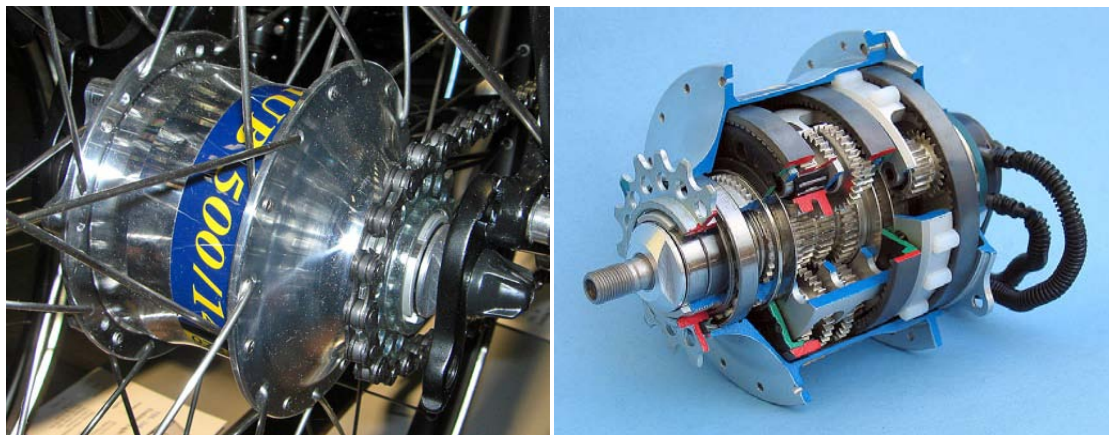
### 9.8.2 Navväxlar

Navväxlar baseras på växlar vilka är inbyggda i bakhjulets nav, vanligtvis baserade på någon typ av planetväxel inom vilken kugghjul flyttas för att reglera utväxlingen.

Navväxlar erbjuder flera fördelar i förhållande till kedjeväxlar:

- Navväxlar är väl skyddade mot smuts och mer underhållsfri än kedjeväxlar
- Växlarna i navväxlar ligger direkt efter varandra utan de överlapp som ett kedjeväxelsystem med framväxel har (se diagram 1)
- Navväxlar har en kedjeföring som i motsats till kedjeväxlar inte varierar
- Det är möjligt att växla utväxling (genom att antingen byta vevpartiet fram eller klingan bak) vilket gör det till ett bra alternativ på cyklar med små bakhjul där man har svårt att få tillräckligt höga växlar med ett kedjeväxelsystem.

Navväxlar har dock ett antal nackdelar i förhållande till kedjeväxlar. De har normalt sämre verkningsgrad och väger mer än kedjeväxelsystem. Den främsta nackdelen vid användning på trikar för allroundcykling och touring är dock att växelomfånget inte räcker till. De flesta navväxlar har nämligen ett relativt litet omfånget, normalt 150-300 procent, vilket gör dem olämpliga för en cykel som används för touring eller en trike där man kan cykla långsamt utan balansproblem och vill ha möjlighet klara kraftiga uppförbackar. Det finns dock ett undantag – **Rohloff Speedhub** (se figur 9-47) som har **526 procent växelomfång** vilket motsvarar ett MTB-kedjeväxelomfång. Denna navväxel har 14 växlar fördelade med jämna steg om 13,6 procent.



Figur 9-47,a,b: Rohloff Speedhub 500/14, 14 växlat nav med 526% omfång  
Höger, bildkälla: Rohloff

Rohloff är dock en mycket liten tillverkare i förhållande till de större tillverkarna av navväxlar, Shimano och SRAM, och de håller medvetet ett högt pris. Rohloff Speedhub är ungefär 10 gånger dyrare än de vanligaste navväxelsystemen på marknaden och 2-3 gånger dyrare än ett högkvalitativt kedjeväxelsystem.





### 9.8.3 Kombinationsväxlar

Utöver rena kedjeväxelsystem och navväxlar förekommer det kombinationväxlar som kombinerar kedjeväxlar och navväxlar. Både *Shimano* och *SRAM* har sådana system som kombinerar en 3-växlad navväxel med en kedjekasett om 8 eller 9 växlar. *SRAM*:s kombinationsväxelsystem *DualDrive* är vanligast (se figur 9-48) vilket används relativt frekvent av både liggcykeltillverkare och tillverkare av ihopfällbara cyklar främst för att möjliggöra tillräckligt höga växlar i kombination med små bakhjul. Kombinationsväxel möjliggör även att cykeln inte behöver någon framväxel för att få tillräckligt stort växelomfång eller om kombinationsväxeln kombineras med framväxel för att på detta sätt få extremt stort växelomfång.



Figur 9-48, a,b: SRAM DualDrive (kombinationsväxel, kedjeväxel+navväxel) monterad i ett 20"-hjul

Kombinationsväxlar har många fördelar men det som talar emot kombinationsväxlar är att de har nackdelar från både kedjeväxelsystem och navväxelsystem. Verkningsgraden är i likhet med navväxelsystem något sämre än rena kedjeväxelsystem, medan kombinationsväxlarna har kedjeväxlarnas utsatthet för yttre påverkan och därmed krav på underhåll.

#### **Beräkning av växelförhållandet med kombinationsväxeln DualDrive:**

DualDrive har i navväxeldelen utväxlingarna:

- lågväxel: 0,73
- neutral: 1
- högväxel: 1,36

Med en kedjekasett om 11-34 tänder har växelsystemet **576 procent växelomfång**.

Tillsammans med en kedjeväxel fram och ett vanligt 3-delat vevparti för landsvägcyklar (30-42-50T) blir **växelomfånget 958 procent** och med ett 20-tums bakhjul:

Lägst växel:  $(30[T] / 34[T]) * 0,73 * 20 [tum] \approx 13 \text{ gear inches}$

Högst växel:  $(50[T] / 11[T]) * 1,36 * 20 [tum] \approx 124 \text{ gear inches}$

Med 13 – 124 gear inches räcker växelomfånget till och med till en trike för extrem touring. Dock är detta växelsystem med dess tre separata växlar och tillhörande reglage och många överlappande växlar ingen praktisk lösning annat än för de cyklister som är ute efter maximalt växelomfång, eller för cykeltillverkare (t.ex. triketillverkaren *Greenspeed*) som i marknadsföringen kan framhäva att cykeln har ända upp till 81 växlar (9x3x3).



### 9.8.4 Specialväxlar

Det finns olika typer av specialväxlar. De kanske vanligaste är växlar från Schweiziska **Schumpf**, tvåväxlade planetväxlar som göms i vevpartiet. Växlarna finns både i utföranden som växlar uppåt och nedåt och i med två utväxlingsalternativ, 1.65 och 1:2:5. Växling sker genom att skons hül pressas mot vevpartiets centrum. Den främsta fördelen med Schumpf växelsystem är möjligheten att addera en växel, uppåt eller nedåt utan att kräva någon extra kedjeväxel.

#### **Beräkning av utväxlingen med specialväxeln Schumpf High Speed Drive:**

Det alternativ som bör vara lämpligast för en trike med litet bakhjul är Schumpf High Speed Drive (HSD), (se figur 9-49 och 9-50). Denna växlar upp med 1:2,5 har som standard ett kedjedrev på 26 tänder vilken vid uppväxling motsvarar 65 tänder ( $26 * 2,5$ ). Med en kedjeväxel bak och en MTB-kassett med omfånget 11-34T får detta växelsystem

**772 procent växelomfång** och med ett 20-tumsbakhjul utväxlingarna:

Lägsta växel:  $(26[T] / 34[T]) * 20 [tum] \approx 15 \text{ gear inches}$

Högsta växel:  $((26[T] * 2,5) / 11[T]) * 20 [tum] \approx 118 \text{ gear inches}$



Figur 9-49: Schlumpf High Speed Drive, vevpartiplanetväxel med 1:2,5ggr uppväxling, öppen utan kedjedrev där mekanismen syns



Figur 9-50: Schlumpf High Speed Drive monterad i en tadpole-trike. Observera den kompakta storleken

Med en utväxling på 15 till 118 gear inches är detta växelsystem till synes optimalt både för en allroundtrike och en touringtrike. Specialväxlar har dock nackdelar. Den främsta är just att de är *special*, vilket innebär att de ovanliga, svåra att få servade eller lagade av vanliga cykeltekniker, samt att de är dyrare än växelsystem som säljs i större serier.

Schlumpf har ett bra rykte både när det gäller kvaliteten och verkningsgraden. Praktiska prov påvisar dock det motsatta med relativt högt kännbart motstånd och bristande kvalitet.

### 9.8.5 Växelreglage

Det förekommer automatiska växelsystem, elektroniska och mekaniska men dessa är mycket ovanliga, vanligast är istället att reglera växlarna manuellt för hand. Vanligtvis sker detta genom ett eller flera reglage monterade på styret. Valet av växelreglage styrs till stor del av vilket växelsystem cykeln har men även hur styret ser ut och reglagen kan monteras. På en tadpole-trike är styret vanligtvis undersättesmonterat (*USS = under seat steering*), se figur 9-51a. Detta innebär att växel- och bromsreglage antingen bör vara direkt anpassade för denna typ av styre, i praktiken monteras på ändan av styret (se figur 9-52a) eller monteras upp-och-ner (se figur 9-51b). Används traditionella reglage som monteras rättvänt sticker växel- och bromsvajern uppåt vilket både innebär att de delvis sitter ivägen men framförallt att det uppstår friktion i vajersystemen vilket försämrar funktionen.



Figur 9-51a,b:

Vänster: Undersätesstyrningen på trikeprototypen

Höger: Broms- och växelreglage på undersätesstyrning monterade rättvånt, vajerböjor används för att leda vajrarna

### Tre olika växelreglagesystem som är lämpliga för undersätesstyrningar har identifierats:

1. **Bar-endsreglage** som monteras i ändan av styrröret, *se figur 9-52a*. Dessa passar för traditionella kedjeväxelsystem som följer Shimano standarden. De kan även passa för kombinationsväxlar (främst DualDrive), detta är dock inget standardiserat sätt att reglera dessa växlar.
2. **Vridreglage med full-längdshandag**, *se figur 9-52b*. Dessa passar traditionella kedjeväxelsystem, antingen Shimano standard eller SRAM:s.
3. **Kombinationsreglage (STI-reglage)** där växling sker genom att bromsreglaget flyttas uppåt respektive neråt, *se figur 9-52c*. Dessa finns i MTB-utföranden för Shimano hydrauliska skivbromsar samt i racerutförande som passar med mekaniska skivbromsar anpassade för hybridcyklar (ej den vanligare MTB-standard).



Figur 9-52,a-c: Växelreglage anpassade för undersätesstyrningar, pilarna visar rörelsen vid växling



Det finns andra växelreglagesystem som mer kompromissartat kan användas monterade upp-och-ner eller på annat sätt användas på en undersättesstyrning. Då blir dock funktionen normalt lidande. Detta gäller främst vridreglage med kort reglerhandtag, t.ex. växelreglaget till Rohloff Speedhub navväxel, se figur 9-53.

Figur 9-53: Växelreglage till Rohloff Speedhub, bildkälla: SJCycles

### 9.8.6 Utvärdering av växelalternativ

Växelsystem har undersökts och utvärderats praktiskt genom omfattande provcykling vilket legat till grund för utvärderingen som presenteras i utvärderingsmatrisen nedan (se tabell 9-5) samt en mer omfattande utvärderingsmatris för samtliga CarbonTrikes-modeller som återfinns i bilaga 5.

**Utvärderingsmatris för växelsystem till tadpole-trike, generell:**

Växelsystem	Växelomfång	Verkningsgrad	Vikt	Möjlighet att uppnå höga växlar	Pris	Komplexitet / standarddelar	Reglage för USS (undersättesstyrning)	Sammanvägt betyg
kedjeväxel - Standard	2	5	5	2	5	5	5	103
kedjeväxel - Capreo	4	4	4	4	4	4	5	107
Navväxel – Rohloff	2	3	2	5	1	2	2	66
Kombinationsväxel - SRAM Dual Drive	3	2	2	5	3	3	4	80
Specialväxel - Schlumpf HSD Tillsammans med kedjeväxel bak	5	2	2	4	2	1	5	82
Viktning	5	5	4	4	3	2	3	

Tabell 9-5

#### **Kommentarer:**

Utvärderingsmatrisen gäller främst en allroundmodell, viktningen är något annorlunda för andra modeller (se bilaga 5). Enligt matrisen är det mest lämpliga växelalternativet ett **kedjeväxelalternativ med Capreo-kassett**. Detta ger framförallt tillräckligt höga växlar och samtidigt tillräckligt stort växelomfång. Ett traditionellt växelsystem är det näst bästa alternativet och huvudalternativet om det finns önskemål att välja enbart standarddelar och uppnå maximal verkningsgrad.



### 9.8.7 Växelsystem – vald lösning

Det valda växelsystemet (se figur 9-54) överrensstämmer med resultatet i utvärderingen (se kapitel 9.8.6) och är följande:

- **Växelsystem:** Kedjeväxlar med 27 växlar (3x9)
- **Bakväxel:** MTB-växel med extralång arm (SGS), Shimano XT
- **Framväxel:** Landsvägsväxel, Shimano Ultegra
- **Kassett:** Specialkassettsystem för små hjul, modifierad Capreo, 9-32T
- **Vevparti:** 3-delad vevparti med integrerat vevlager, för landsvägcyklar, 30-42-50T, Shimano Tiagra
- **Växelreglage:** Bar-ends-reglage, Shimano Dura-Ace
- **Växelomfång:** 592%
- **Utväxling:** 19-110 gear inches (vid 20 tumsbakhjul med 50mm däck)



Figur 9-54,a,b: Detaljbilder av växelsystemet  
vänster: bakväxel och kassett (9-32T), höger: framväxel och vevparti

#### Kommentar:

Det redovisade växelsystemet gäller för prototypen och är egentligen en kombination av det system som utnyttjas på allroundmodellen och touringmodellen. I kapitel 16 redovisas växelsystemet hos alla tre planerade CarbonTrikes-modeller; allroundmodellen, lättviktsmodellen och touringmodellen.



## 9.9 Bromsar

En snabb cykel måste kunna bromsa snabbt och säkert.

På en trike finns inga balansproblem vid inbromsningar och så kraftig inbromsning att hjulen låser sig leder normalt inte till några problem (i motsats till om framhjulet låser sig på en tvåhjulig cykel). Därför går det använda bromsarna mycket effektivt på en trike och det finns stor nytta av att ha ett kraftfullt bromssystem.

Vid inbromsning förflyttas tyngden framåt, i praktiken är det därför frambromsen/frambromsarna som står för huvuddelen av bromseffekten. På en tadpole-trike med redan en stor del av vikten på framhjulen är denna effekt ännu större än på många andra fordon, redan vid en begränsad inbromsning är närmare hundra procent av vikten på framhjulen varvid en bakbroms har mycket begränsad effekt. Därför används normalt enbart frambromsar på tadpole-trikar. Finns det en bakbroms används den istället som parkeringsbroms, dragbroms eller för att uppnå extra säkerhet.

Framhjulen är enkelssidesupphängda på CarbonTrikes. Därför måste det bromssystem som väljs vara anpassad för enkelssidesupphängning. Detta innebär att endast navbromsar passar medan fälgbromsar som annars är vanligast på cyklar inte går att montera på något bra sätt. Eftersom cykelnavbromsar normalt är gjorda för större hjul än än framhjulen på en tadpole-trike, ger dessa fälgbromsar överlägsen bromskraft då de används på en tadpole.

*De två vanligaste huvudtyperna av navbromsar är:*

- Skivbromsar
- Navbromsar

Utöver dessa finns det vidareutvecklingar, inom cykelsammanhang är den vanligaste vidareutvecklingen **rullbromsar**, en variant av trumbroms från Shimano.

### 9.9.1 Skivbromsar

Skivbromsar fungerar genom att ett eller flera ok pressar mot en bromsskiva som är monterad mot hjulets nav. Genom att bromsskivan kan hålla hög precision och i motsats till cykelfälgar normalt inte slår sig, kan förflyttningsträckan för bromsoken begränsas vilket ger hög kraftutväxling från bromshandtaget och därmed hög bromskraft.

Skivbromsar förekom tidigare enbart på motorfordon men har i.o.m. MTB-cyklarnas utveckling blivit relativt vanliga även på cyklar. Skivbromsar ger framförallt god bromsförmåga med hög bromskraft och liten risk för överhettning. Skivbromsar är därför förstahandsvalet vid snabb cykling men även cykling med tung packning. Skivbromssystem är relativt lätta eftersom de används inom MTB-sammanhang där man prioriterar låg vikt.



Figur 9-55: Mekanisk skivbroms på MTB-framgaffel



Det förekommer både mekaniska skivbromsar och hydrauliska skivbromsar (se figur 9-56). De mekaniska styrs med en bromsvajer från ett vanligt bromshandtag, samma som används för fälgbromsar (vanligtvis V-bromsar) medan de hydrauliska styrs med hydraulvätska (vanligtvis mineralolja) från speciella hydraulbromshandtag (se figur 9-52c).



Figur 9-56: Skivbromsar, vänster: mekanisk (Avid BB7), höger: Hydraulisk (Shimano LX)

Hydrauliska skivbromsar är effektivare och har bättre känsla eftersom det förekommer mindre friktion vid överföringen från handtag till broms. Hydrauliska bromsar är även lättare att koppla samman för att kunna kontrollera flera bromsar från samma bromshandtag. Mekaniska skivbromsar har dock sina fördelar, de är framförallt enklare utan risk för läckage. De är även generellt något billigare än hydrauliska skivbromsar.

### 9.9.2 Trumbromsar

Trumbromsar fungerar genom att två bromsbelägg pressas mot insidan av en trumma som i cykelsammanhang normalt är integrerad med navet.

Trumbromsarnas främsta fördel är att de är väl skyddade från yttre omständigheter (vatten, smuts och till viss del mekanisk åverkan) och är närmast underhållsfria. På en tadpole-trike med enkelsidesupphängning (se figur 9-57) erbjuder trumbromsar en attraktiv lösning där hjulet enkelt avlägsnas medan bromsen lämnas kvar utan att behöva flyttas eller justeras.

Trumbromsar har används på cyklar sedan långt tillbaka som huvudalternativet till fälgbromsar men har under senare år i allt större utsträckning ersatts med skivbromsar och Shimanos vidareutvecklade rullbromsar (se kapitel 9.9.3).

Detta främst eftersom skivbromsar är betydligt effektivare och att rullbromsarna är ännu mer underhållsfria.



Figur 9-57: Trumbroms på tadpole-trike tillsammans med modifierat nav (för större axel)



Vid långa inbromsningar kan dessutom trumbromsar överhettas och tappa verkan då trumman växer pga värmen och materialets värmeutvidgning. ett problem som inte förekommer med skivbromsar och som med rullbromsar med kylskivor (se figur 9-59a) kraftigt är reducerad.



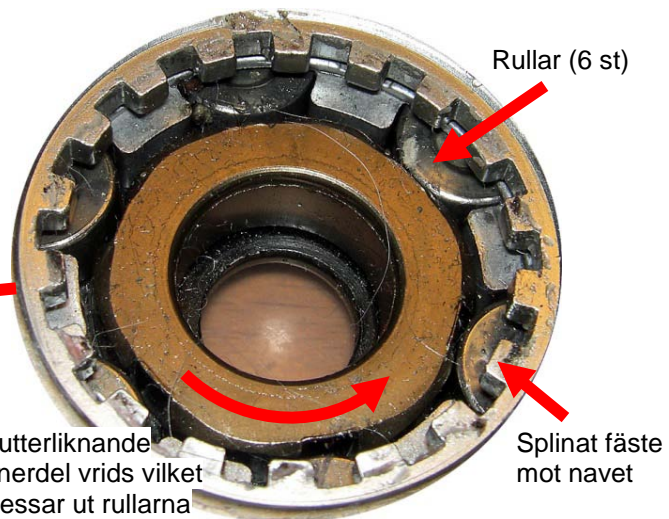
Figur 9-58: Hydraulisk trumbroms på tadpole-trike, Källa: Antrotech

Trumbromsar kan i likhet med skivbromsar både vara mekaniska och hydrauliska (se figur 9-58). I cykelsammanhang är dock mekaniska trumbromsar i särklass vanligast vilka regleras mha vanliga bromshandtag (vanligtvis av cantervellertyp).

### 9.9.3 Rullbromsar

Rullbromsar är en vidareutveckling av trumbromsar som fungerar genom att rullar pressas mot insidan av en trumma (se figur 9-59b). Genom att alla delar är av metall och utrymmet fyllt med fett förekommer det minimalt slitage samtidigt som rullbromssystemet inte påverkas av yttre omständigheter (vatten, smuts och till viss del mekanisk åverkan). I detta hänseende är rullbromsar t.o.m. överlägsna traditionella trumbromssystem.

För att komma runt överhettningsproblemen som trumbromssystem har finns det rullbromssystem med separata kylskivor med fjänsar för ökad kylande yta (se figur 9-59a). Rullbromsar har sämre bromskraft än skivbromsar men till viss del en mer välkontrollerad bromskraft som inte i samma omfattning riskerar låsa hjulen vilket är till fördel för ovana cyklister.



Figur 9-59,a,b: Vänster: Rullbroms med kylning, Höger: Detaljbild av rullbromsen och dess funktion

**Trots alla fördelarna med rullbromssystemet har det två stora nackdelar för tadpole-trikar:**

- **Hög vikt**, eftersom rullbromssystem nästan uteslutande används på cyklar där låg vikt är underordnat har vikten inte prioriterats. Vikten för en rullbroms är ungefär dubbelt så hög som för en lättare skivbroms.
- De nav som rullbromsarna passar för finns **endast för tvåhjuliga cyklar** och **dubbelsidesupphängning**. Fästsystemet mellan navet och bromsen (*splinat*, se figur 9-59b) följer ingen fri standard (i motsats till t.ex. 6-håls-bromsskivsystemet).





### 9.9.4 Utvärdering av bromsalternativ

De bromsalternativ som är lämpliga för en tadpole-trike har utvärderats utifrån uppställda krav och den viktning av kraven som bedömts mest rimlig, resultatet återfinns i utvärderingsmatrisen nedan, *se tabell 9-6*.

*Utvärderingsmatris för bromssystem till tadpole-trike:*

Broms-system	Effektivitet	Reglerings-förmåga	Vikt	Yttre åverkan	Under-håll	Över-hettnings-risk	Enkelsides-upphängning	Utseende	Sammanvägt betyg
Skivbroms	5	4	5	2	3	4	5	5	116
Trumbroms	2	2	3	5	5	1	3	2	76
Rullbroms	3	3	2	4	4	3	1	4	73
Viktning	4	3	5	3	2	3	5	2	

Tabell 9-6

#### **Resultat och kommentarer:**

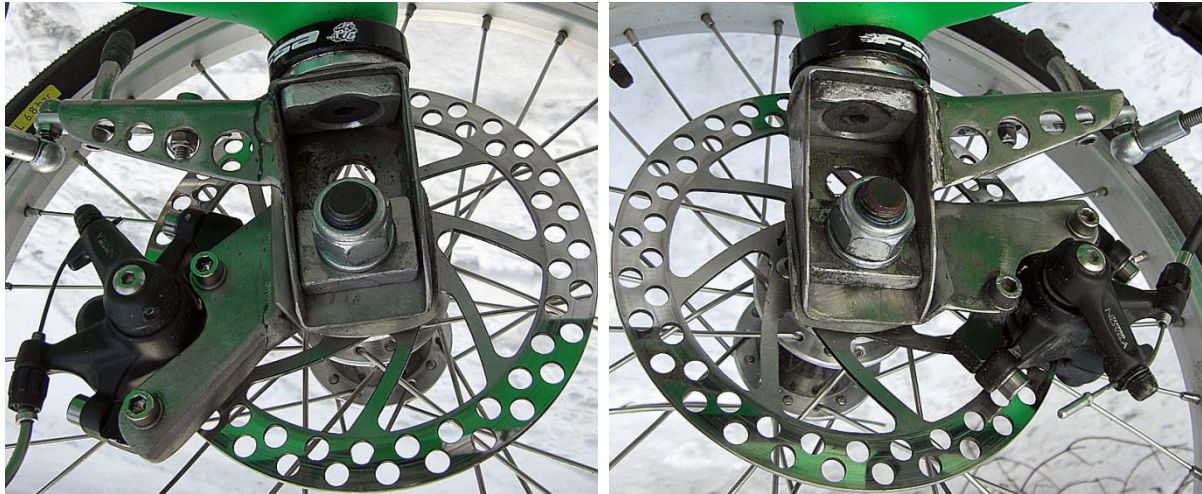
Enligt utvärderingsmatrisen är **skivbroms det lämpligaste alternativet** med stor övervikt i det sammanvägda betyget.

Det som framförallt talar för skivbromsalternativet är dess effektivitet, den låga vikten och att skivbromssystem inklusive bromsskivan bedöms inverka positivt på trikens utseende och utstråla ”prestanda”. Skivbromsar är dessutom lämpligast för enkelsidesupphängning pga bromsskivans fäststandard som underlättar valet av enkelsidesupphängda framhjulsnar (*se kapitel 9.4*). Det som talar mot skivbromsalternativet, att de är känsligare för yttre påverkan och kräver mer underhåll än de andra bromsalternativen har bedömts vara mindre viktiga på en trike som CarbonTrikes, en trike inom högrissegmentet (*se kapitel 18.6*) vars ägare förväntas underhålla triken relativt noggrant.



### 9.9.5 Bromssystem – vald lösning

Det valda bromsalternativet för CarbonTrikes är skivbroms (*se figur 9-60*) utifrån resultatet i utvärderingsmatrisen (*se tabell 9-6*).



Figur 9-60,a,b: Bromssystemet på trike-prototypen, mekaniska skivbromsar:

Vänstra bilden: vänster broms, Högra bilden: höger broms

Observera de asymmetriska bromsfästena som krävs för att standardbromsar skall kunna användas (*se även figur 14-5*)

Både fästena för bromsoken (via hjulupphängningarna) och bromsskivorna (mot framhjulsnaven) följer MTB-standard, vilket gör alternativet flexibelt och kostnadseffektivt. Både mekaniska och hydrauliska skivbromsar passar. Till prototypen har mekaniska skivbromsar valts, *se figur 9-60*, eftersom dessa är enklast att experimentera med var något billigare än hydrauliska då prototypen utvecklades (prisskillnaden har dock krympt den senaste tiden). Vid produktion kan det vara lämpligt att låta kunden välja mellan ett mekaniskt och ett hydrauliskt bromsalternativ (*för skillnaden mellan mekaniska och hydrauliska skivbromsar se kapitel 9.9.1*).

Bromsarna är placerade så att oken ligger horisontellt i nivå med hjulaxeln. Detta för att inte minimera risken för att bromsoken skall gå mot bromsskivan skall i kraftiga svängar, pga det lilla avståndet mellan bromsoken och skivan (ca 0,2 mm per sida) och den naturliga deformationen av hjulaxeln som sker.

Bromsfästena är lösa och sitter på plats genom hjulaxlarna. Detta för att möjliggöra byte av hjulstorlek. Bromsfästena är asymmetriska för att passa likadana bromsok på varje sida, dvs. bromsok för framhjul på MTB. Detta innebär att bromsvajrarna sticker åt olika håll, uppåt på höger sida och neråt på vänster. Det finns triketillverkare som har kommit runt detta problem genom att specialanpassa bromsoken och göra dem spegelvända. Detta låser dock valet mot endast ett ok vilket försämrar flexibiliteten något som bedömst vara till större nackdel än vad den asymmetriska upphängningen innebär.



## 9.10 Pedaler

På en liggcykel stannar inte fötterna kvar på pedalerna på samma naturliga sätt som på en upprätt cykel. Därför bör man använda pedaler mot vilka skorna låses på något sätt. Den vanligaste metoden är att använda klossar som monteras under skorna (kräver speciella cykelskor) som snäpps fast i pedalerna. Vanligaste standarden är *SPD (Shimano Pedal System)* (se figur 9-61). Förutom att hjälpa hålla foten på plats på pedalen ger SPD-systemet möjlighet att inte bara trampa vid tryck utan även dra vilket ger ett effektivt rundtramp och bättre muskelutnyttjande i förhållande till cykling med vanliga plattformspedaler.



Figur 9-61: Cyklar trikeprototypen med SPD-pedaler (dubbelsidig) och SPD-skor

SPD-pedaler fungerar genom att klossen trycks ner i pedalens mekanik och därmed snäpps på plats. Foten sitter fast tills man vrider foten eller om foten utsätts för en stor kraft varvid mekaniken löser ut (för att undvika skador vid olyckor).

På en tvåhjulig cykel krävs det att foten eller fötterna lossas från pedalerna och flyttas till marken vid stopp varvid det krävs en viss inläring SPD-pedaler kan användas i trafik. Det krävs att reflexerna tränas upp för att det skall gå automatisk, att fötterna vrids till innan de lossas från pedalerna. Innan dess är risken stor att fötterna sitter kvar vilket kan resultera i att cyklisten välter. På en trike finns inte denna risk eftersom man inte behöver sätta fötterna i marken då man stannar triken. Det finns tid att både snäppa i och lossa pedalerna i SPD-klossarna vilket är till stor fördel för nybörjare.

Det finns olika typer av SPD-pedaler för olika användningsområden. Tre olika typer av SPD-pedaler som är lämpliga för de olika CarbonTrikes-modellerna (se även kapitel 16) har identifierats:

- **CarbonTrikes Allround – CTA** förses med **Dubbelfunktions-SPD-pedal**: SPD-kloss på ena sidan, plattform för vanliga skor på andra. SPD-klossen är den som används primärt men för kortare turer eller om någon vill testa triken kan plattformsidan användas. Dessa pedaler faller normalt till ett läge så att de på en liggcykel hamnar med SPD-klossen mot cyklisten. Används vanliga skor roteras pedalen med skon. Dessa pedaler är den tyngsta typen av SPD-pedaler (*dubbelfunktionspedalen i figur 9-62 väger 440 gram paret*).
- **CarbonTrikes Touring – CTT** förses med **Dubbelsidig SPD-pedal**: SPD-klossar båda sidorna som tillåter cyklisten att snäppa fast skorna i pedalerna oavsett hur de står. Dessa pedaler är av mellanvikt (*dubbelsidespedalen i figur 9-62 väger 380 gram paret*).
- **CarbonTrikes Light – CTL** förses med **Enkelsidig SPD-pedal**: SPD-klossar ena sidan men som faller till ett läge så att de på en liggcykel hamnar med SPD-klossen mot cyklisten. Dessa pedaler är den i särklass lättaste typen av SPD-pedaler (*enkelsidespedalen i figur 9-62 väger 260 gram paret*).



Figur 9-62: SPD-pedaler: vänster: dubbelfunktion, mitt: dubbelsidig, höger: enkelsidig

Om en ren SPD-pedal används, men cyklisten tillfälligt inte har tillgång till SPD-skor eller vill låta någon som inte har SPD-skor testa cykeln finns det plastklossar att tillgå som omvandlar SPD-pedalerna på den sidan till plattformspedaler (se figur 9-63). Dessa är dock en ren kompromiss. De är relativt krångliga att montera och demontera (det krävs mycket kraft) och plastklossen har betydligt kortare livslängd än plattformspedaler av metall som de traditionella dubbelfunktions-SPD-pedalerna.



Figur 9-63: Plastkloss som konverterar dubbelsidiga SPD-pedaler till dubbelfunktionspedaler



## 9.11 Stänkskärmar

Stänkskärmar är en vital del på en trike vid cykling vid blött väglag. Det gäller speciellt en smal trike där en stor del stänket från framhjulen tenderar hamna på cyklisten.

Fram krävs det specialupphängda skärmar. Detta pga enkelsidesupphängningen av hjulen och bristen på standardiserad plats att fästa skärmarna och standardstag. Samtidigt finns det på en smal trike ett önskemål att framskärmarna skyddar cyklistens händer då grova däck används, detta eftersom styrhandtagen befinner sig nära däcken. De bör därmed vara något annorlunda utformade i förhållande till standardskärmarna. Stänkskärmarna fram bör dessutom vara styva då de utsätts för relativt kraftiga vibrationer om triken har högtrycksdäck, detta eftersom de ofta monteras i direkt anslutning till framhjulsupphängningarna. Ett annat önskemål är att framstänkskärmarna kan justeras för att anpassas efter olika däckdimensioner. Eftersom framskärmarna är en väl exponerad del är det därtill önskvärt att den förutom praktiska aspekter är estetiskt tilltalande och spelar väl med i trikens övriga utformning.

För att uppfylla alla krav är stänkskärmarna fram på CarbonTrikes (se figur 9-64) specialtillverkade i kolfiberkomposit. De består av två delar, en skärmdel och en fästbygel. Bygeln är fäst i styrlagret, en styv och stark infästning (en M8-skruv). Skärmen kan justeras i 3 riktningar genom avlånga hål i de tre fästpunkterna mellan bygeln och styrlagret samt mellan skärmdelen och bygeln. Därmed passar skärmarna för olika däckdimensioner (max 40 mm däckdimension) samtidigt som avståndet mellan skärmen och däcket kan minimeras vilket ger mer plats för styret.



Figur 9-64: Högre främre stänkskärm

Bak är det möjligt att använda en standardstänkskärm av termoplast eller metall även om en specialtillverkad stänkskärm i kolfiberkomposit erbjuder många fördelar (se bilaga 11). Därför har även stänkskärm bak specialtillverkats i kolfiberkomposit, se figur 9-65. Skärmen är justerbar för olika däckdimension (max 55 mm däckdimension) genom att justerbara stag utnyttjas. Bakskärmens kolfiberutseende överrensstämmer med framskärmarna och övriga externa kompositdelar på triken.



Figur 9-65: Bakre stänkskärm i kolfiberkomposit



## 9.12 Bagagelösning

Den höga bekvämligheten och stabiliteten gör en tadpole-trike lämplig för touring – långfärdscyklning med packning. Detta gäller framförallt speciellt touringanpassade trikar, som touringversionen av CarbonTrikes, med större spårvidd och längre hjul bas. Men även allroundtrikar, som allroundversionen av CarbonTrikes, kan vara mycket bra för touring förutsatt att triken packas rätt. En förutsättning är dock att triken har en bra bagagelösning som möjliggör att få med all packning stabilt och säkert.

CarbonTrikes har en bagagelösning baserad på två pakethållare, en bakre traditionell över bakhjulet och en främre lowrider (se figur 9-66). Pakethållarna kan användas var för sig eller tillsammans.

Denna bagagelösning är lämplig för både allroundmodellen och touringmodellen av produktionstrikarna.

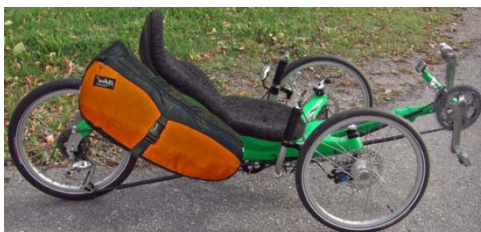
Tillsammans bildar de två pakethållarna plats för en komplett touringpackning om två par cykelväskor och en toppväska (se figur 9-76).



Figur 9-66: Trikeprototypen med båda pakethållarna monterade



Figur 9-67,a,b: Trikeprototypen med touringpackning bestående av två par cykelväskor och kanotbag som toppväska



Figur 9-68: Trikeprototypen med bananväska från Radical Design (trikemodell)

Som alternativ finns även att använda specialliggcykelväskor, s.k. *bananväskor*, som ger lägre luftmotstånd. Mindre modeller av bananväskor kräver ingen speciell pakethållare utan hängs på varje sida av ramen med band över sitsen (se figur 9-68). Även kanotbagar, avlånga vattentäta, oftast prisvärda, väskor kan användas på varje sida om sitsen. För detta ändamål utnyttjas lowrider-pakethållarna tillsammans med en krok som gängas in i ramen under sitsen.

Ur stabilitetssynpunkt är det viktigt att placera packningen så lågt ner och så lång fram som möjligt. Om möjligt placeras därför maximal del av packningens vikt i väskan fäst vid lowridern.



### 9.13 Säkerhetsdetaljer

Tadpole-trikar är generellt säkra cyklar. Det förekommer inga balansproblem och triken kan cyklas säkert oavsett väglag. Vid halka riskerar inte cyklisten välta. Tyngdpunkten är låg vilket gör triken säker i svängar. Om olyckan mot all förmodan skulle vara framme är fallhöjden till marken obefintlig i förhållande till på en traditionell upprätt cykel. Samtidigt är cyklistens känsligaste del – huvudet, placerad längst bak istället för längst fram. Med en tadpole-trike finns det möjlighet att utnyttja effektiva bromsar maximalt för att möjliggöra mycket snabb inbromsning. CarbonTrikes är utrustad med de effektivaste förekommande cykelbromsarna – skivbromsar, vilket tillsammans med små hjulen ger ytterligare bromskraft.

Den största säkerhetsrisken för en tadpole-trike är inte singelolyckor utan snarare omringvarande trafikanter som pga trikens låga höjd kan riskera missa den i trafiken. Därför har det gjorts ett antal åtgärder för att göra CarbonTrikes extra synlig i trafik:

#### **Säkerhetsdetalj vid dagscykling:**

- **Säkerhetsflagga** (barnflagga), med fäste i toppböjen och som inte står i konflikt med packning som traditionella färsten vid bakhjulsaxeln eller på pakethållaren kan göra
- **Backspegel** vilken gör det möjligt att se bakomvarande trafikanter utan att vrida huvudet, en detalj som är extra viktig på en liggcykel där detta annars kan vara ett problem

#### **Säkerhetsdetaljer vid skymningscykling:**

- **Ram lackad med flouruserande färg** som fångar upp det svaga resterande ljuset vid skymning, vilket gör att ramen nästan lyser upp

#### **Säkerhetsdetaljer vid nattcykling:**

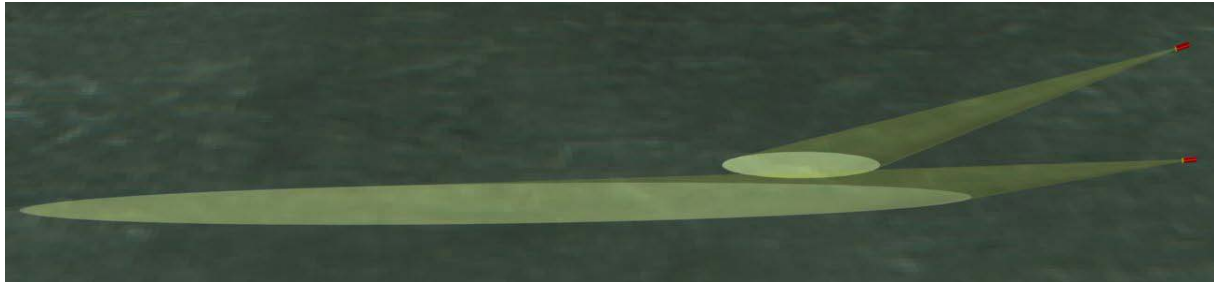
- Reflexer och belysning:
  - **Däck med reflexidor** (se figur 9-16a), i de fall där däcket saknar reflexkant monteras istället reflexer mellan ekrarna
  - **Reflexer i bakändan av stänkskärmarna** (se figur 9-16b) gör bakomvarande uppmärksam på alla tre hjulen.



Figur 9-69, a, b: Trikeprototypen fotad i mörker med blixtn för att visa hur reflexerna syns, däcken har vita reflexidor, bak på stänkskärmarna sitter röda reflexer, framtill sitter en vit, belysningen fram och bak är även på



- **LED-belysning fram** med en högintensiv 1W lysdiod (motsvarar ca 5W halogen) med reflektor och en mycket koncentrerad stråle. Den är lågt monterad under vevlagret för att inte sitta i vägen och för att tillgodogöra den smala strålen (se figur 9-70) och samtidigt ge god synlighet för omgivande trafikanter (eftersom belysningen pekar framåt istället för snett neråt). LED-tekniken ger lång livslängd och bra batteritid. Belysningen drivs på standardbatterier (LR6/AA) vilket gör det enkelt att ha med reservbatterier.



Figur 9-70: CAD-bild som demonstrerar skillnaden när en smalstrålande cykelbelysning monteras olika högt: belysningen närmast är 30 cm från marken – den höjd den är monterad på CarbonTrikes belysningen bakom är 100 cm från marken – den höjd den är monterad på styret på en upprätt cykel belysningarna har samma strålningsvinkel (8 grader)

- **LED-belysning bak**, Cat-Eye LT-LD1100 vilket är marknadens starkaste bakbelysning för cyklar med 10 stycken högintensiva dioder riktade bakåt och åt sidorna. Denna är monterad på pakethållaren (när en sådan sitter på triken) eller på ovankanten av toppböjen. Denna belysning är så stark att den även syns i direkt solsken och därför med fördel kan användas även dagtid då behovet att nå uppmärksamhet är extra stor. LED-tekniken ger lång batteritid och belysningen drivs på samma standardbatterier (LR6/AA) som frambelysningen vilket gör det enkelt att ha med reservbatterier.





## 9.14 Specialdetaljer

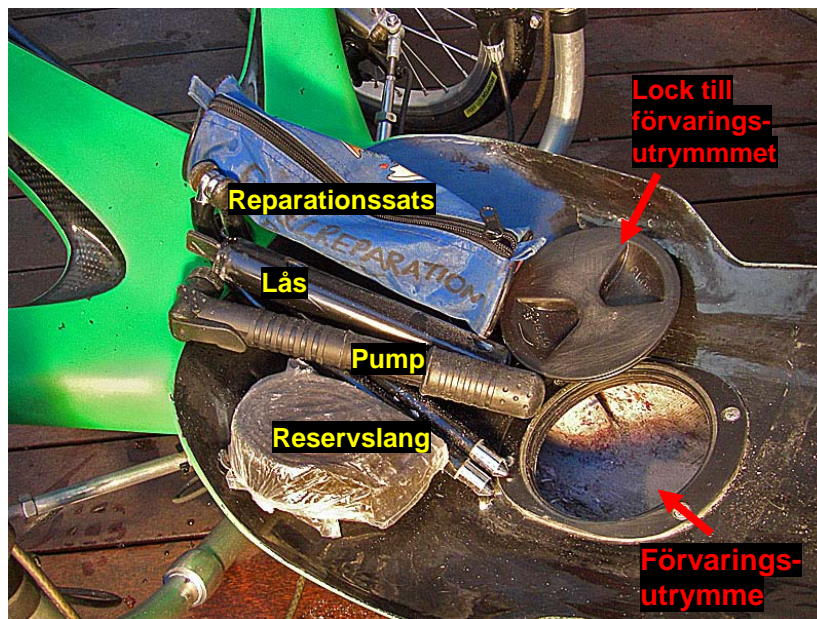
Det är ofta små detaljer som påverkar helhetsintrycket av en produkt, och det kan vara specialdetaljerna som gör att produkten sticker ut, särskiljer sig från konkurrenterna och är den avgörande skillnaden som väger över vid ett köp.

CarbonTrikes har flera specialdetaljer som särskiljer sig från andra tadpole-trikar på marknaden. Dessa påverkar trikens funktionalitet till det bättre.

### 9.14.1 Förvaringsutrymme i ramen

Kompositramarna på CarbonTrikes har väl tilltagna ytterdimensioner för att ge maximal styvhet i förhållande till vikten. Detta innebär samtidigt att ramarna har en innervolym som kan utnyttjas för förvaring förutsatt att det finns möjlighet att åstadkomma en öppning i ramen som inte försämrar ramens mekaniska egenskaper.

Störst volym har ramen i den centrala delen under sitsen. Rätt utformad, med vissa förstärkningar är det möjligt att ta upp ett hål i sitsen till det förvaringsutrymme som då blir åtkomligt i ramen. Detta är gjort på trikeprototypen med en vattentät inspektionslucka som lock till facket. Utrymmet innehåller en volym på ca 1,5 liter, vilket är tillräckligt för att kunna förvara det nödvändigaste; lås, pump, reparationssett och reservslang (se figur 9-71).



Figur 9-71: Förvaringsutrymmet i trikeprototypen öppet med exempel på saker som kan förvaras i utrymmet

Förvaringsutrymmet kan även utnyttjas för att förvara vissa värdesaker då utrymmet är dolt under sitsdynan, utrymmet bör då dock helst vara låsbart.

Detta förvaringsutrymme är unikt, ett utrymme som alltid finns med, inte kräver någon lös väska och är dolt (syns inte om inte främre delen av sitsdynan lyfts upp). Ingen annan trike på marknaden erbjuder samma eller en liknande förvaringsmöjlighet.



### 9.14.2 Bytbara dropouts med integrerade fästen

Bakhjulsupphängningarna, de s.k. *dropouts* utsätts för stor punktbelastning och innehåller flera funktioner varvid det är fördel att låta dem vara gjorda i metall trots en i övrig ren fiberkompositram. På CarbonTrikes är dropoutsen därför gjorda i aluminium, frästa ur en 8 mm plåt av höghållfast aluminium (EN 7075-T6). I dropoutsen fäste bakaxeln och det bytbara växelörat (vilket sitter i ett urfräst spår). Därtill är fästen för pakethållare, stänskärnstag och skivbroms integrerade.

Det som gör dropoutsen unika på CarbonTrikes är att de är bytbara, *se figur 9-72*. På detta sätt kan man välja olika hjulstorlek bak utan att höjden eller geometrin ändras, *se även kapitel 9.2.4*. Dropoutsen kan även bytas i fall olyckan skulle vara framme, om de t.ex. skadas vid transport. Bytbarheter möjliggör även att specialanpassa dropouts för baknav som kräver specialupphängning, vissa navväxlar och hjälpmotorer, vilket gör trikarna framtidsäkra.

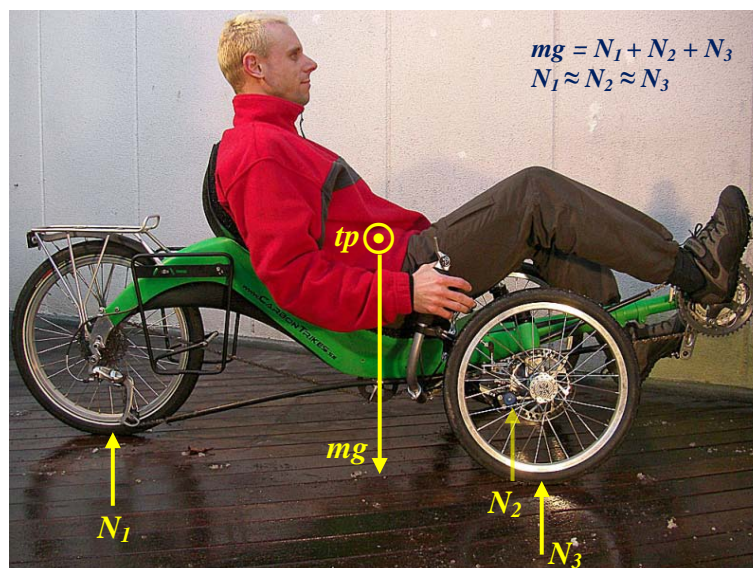


Figur 9-72: Vänster drop-out (bakhjulsupphängning) avtagen från trikeprototypen innan ramen lackats

### 9.15 Viktfördelning

Viktfördelningen mellan hjulen är betydligt viktigare på en tadpole-trike jämfört med en tvåhjulig cykel, men även i viss mån jämfört med en fyrhjulig (tex en bil). Viktfördelningen styr både stabiliteten, möjligheten att ta sig fram vid halt väglag i uppförsbackar och möjligheten att bromsa in snabbt.

Den vanligaste viktfördelningen mellan hjulen på en tadpole-trike är 1/3-del av vikten per hjul (*se figur 9-73*), dvs 2/3-del av vikten på hjulparet fram och 1/3-del av vikten på det drivande bakhjulet.



Figur 9-73: Tyngdpunkt på CarbonTrikes-prototyp



Viktfordelningen är en kompromiss mellan stabilitet, bromsmöjlighet och grepp för det drivande bakhjulet. Större vikt på hjulparet fram ger bättre stabilitet i svängar men minskar bakhjulets grepp bakhjulet lätt spinner i uppförsbackar på grus och vid halt väglag. För mycket viktfordelning på hjulparet fram ökar dessutom risken för att bakhjulet skall lyfta från marken vid kraftiga inbromsningar (se figur 9-74) vilket kan leda till att vevpartiet slår i marken och skadas.



Figur 9-74,a,b: Demonstrationer av kraftig inbromsning med tadpole-trikar kan leda till att bakhjulet lyfter, Höger, källa: UtahTrike

### **Stabilitetstriangel**

Punkterna hjulen träffar marken på en trike bildar en triangel, se figur 9-75. Beroende på var inom denna *stabilitetstriangel* tyngdpunkten är placerad kan cyklisten tillgodogöra sig en viss stabiliserande bredd. Denna stabiliserande bredd tillsammans tyngdpunktens höjd styr trikens stabilitet i svängar.



Figur 9-75: CAD-bild där stabilitetstriangeln som bildas under hjulen visas



### Viktfordelningar för olika triketyper

På en touringtrike som packas med mycket vikt nära bakhjulet är det bra om en större del av kroppsvikten vilar på främre hjulparet. Annars blir stabiliteten i svängar dålig. Denna trike får dock då den är olastad problem med att den lätt spinner i uppförsbackar.

Det motsatta gäller för en trike som används frekvent vid dåligt väglag, vid cykling vid vinterväglag på snö och is eller på lösa grusvägar, då är det viktigt med hög vikt på bakhjulet för att bakhjulet inte skall spinna i uppförsbackar. Denna trike måste dock vara bred för att inte välta för lätt, alternativt vara mycket låg, varvid markfrigången försämras.

På en racertrike som nästan uteslutande används på ren asfalt och vid sommarväglag och som samtidigt är smal för att få minimalt luftmotstånd är det viktigare att ha bra stabilitet än bra grepp för bakhjulet. Därför kan det vara gynnsamt att flytta en större del av vikten till det främre hjulparet.

### 9.16 Spårvidd, sitthöjd och tyngdpunkt

Spårvidden på en tadpole-trike är avståndet mellan hjulparet fram där däcken träffar marken. En stor spårvidd gör triken stabil i svängar och okänslig för att packa triken ogynnsamt (högt upp och/eller långt bak) vilket gör triken lämplig för touring. Den stora spårvidden gör dock triken bred och klumpig, både vid allroundcykling där man på mindre cykelvägar ofta möter hinder som är anpassade för vanliga tvåhjuliga cyklar, men även då man tar in cykeln genom dörröppningar (se figur 9-76) och förvarar den. En trike för allroundbruk bör därför vara relativt smal för att vara praktisk.

Även en trike för racercykling bör vara smal, men då främst för att minimera luftmotståndet. För en racertrike kan man dock kompensera den ringa spårvidden genom att sänka tyngdpunkten genom att göra sitthöjden mycket låg och ha kraftigt liggande sitslutning, vilket ytterligare sänker luftmotståndet. För en allroundtrike är det dock inte praktiskt att vara så låg då det ger för begränsad markfrigång, samtidigt som den kraftiga sitslutningen försämrar överblicken i stadstrafik och gör det något svårare att sätta sig och ta sig upp.



Figur 9-77: Demonstration av hur trikeprototypen kan gå upp på två hjul i en kraftig sväng om inte cyklisten förflyttar tyngdpunkten



Figur 9-76: Med en totalbredd under 75 cm kommer triken genom de flesta dörröppningar (trikeprototypen är 71cm)

En allroundtrike som skall vara praktisk, likt prototypen som utvecklats inom exjobbet, tillika allroundproduktionsmodellen (se kapitel 16), är alltså en kompromiss som kan gå upp på två hjul i kraftiga svängar i kombination med hög fart (se figur 9-77) och i värsta fall välta om cyklisten inte reagerar, antingen genom svänga till eller flyttar kroppsvikten.



För att undvika att triken går upp på två hjul gäller det att i kraftiga svängar att göra precis som på en vanlig tvåhjulig cykel – förflytta tyngpunkten inåt i svängen. Detta görs genom att cyklisten lutar överdelen av kroppen, *se figur 9-78*. Detta faller sig naturligt och är något som de flesta trikecyklister lär sig instinktivt relativt snabbt.

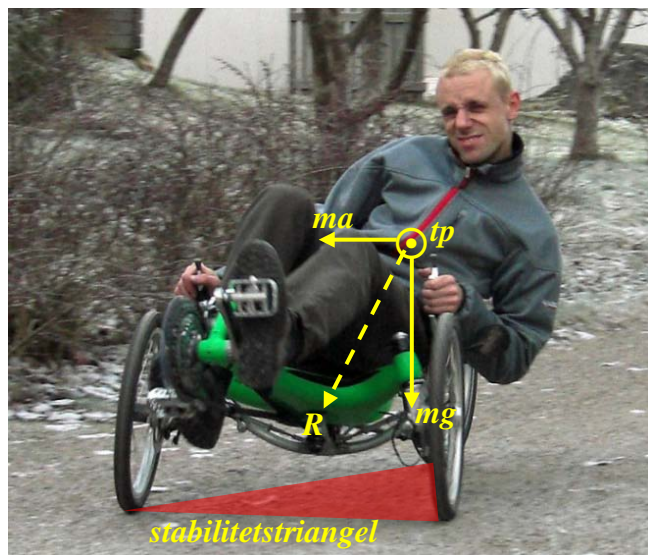
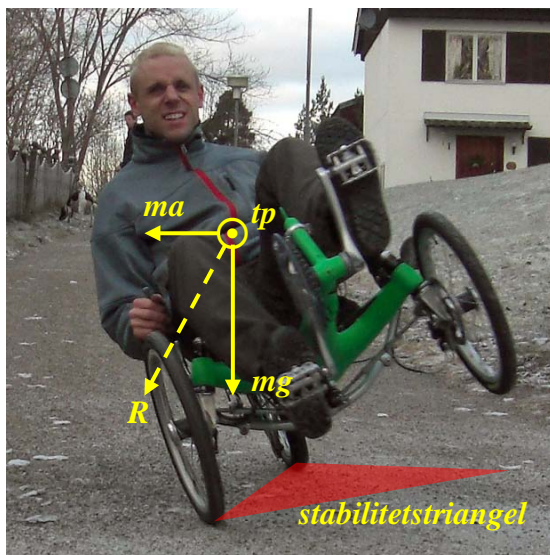


Figur 9-78: Forsering av kurva under cykeltävling med tadpole-trikar, observera hur cyklisterna lutar innåt i kurvan för att kunna forsera den i hög fart utan att riskera att triken går upp på två. Källa: Terratrikes

### 9.16.1 Forsering av svängar – fysikalisk beskrivning

Det som gör att en trike går upp på två hjul och därmed kan välta är att den resulterande kraften  $R$  av den kraft  $mg$  som massan och gravitationen ger upphov i kombination med den kraft  $ma$  som som massan och accelerationen ger upphov till hamnar utanför den stabilitetstriangel som bildas mellan hjulen, 9-75.

Detta betyder att cyklisten måste flytta tyngdpunkten  $tp$  genom att luta kroppen och därmed förflytta tungdpunkten för att forcera kraftiga svängar i hög fart och för att inte riskera gå upp på två hjul (*se figur 9-79a*) och i värsta fall välta. Tyngdpunktsförflyttning gör att den resulterande kraften  $R$  hamnar inom stabilitetstriangeln som bildas mellan hjulen varvid triken behåller sin stabilitet (*se figur 9-79b*).



Figur 9-79,a,b: Visuallisering av effekten vid förflyttning av tyngdpunkten i kraftiga snabba svängar för att undvika att triken går upp på två hjul och välter.

I vänstra bilden har inte tyngdpunkten inte förflyttats, den resulterande kraften  $R$  har hamnat utanför stabilitetstriangeln varvid triken går upp på två hjul och kommer att välta om inte cyklisten reagerar genom att svänga i accelerationens riktning och därmed minska accelerationen eller att förflytta tyngdpunkten (kroppen) i den motsatta riktningen.

I den högra bilden har tyngdpunkten förflyttats inåt i svängen, för att kompensera för accelerationskraften som svängen ger upphov till, varvid den resulterande kraften  $R$  befinner sig innanför stabilitetstriangeln.



## 9.17 Justering

En trike i likhet med en vanlig cykel bör passa olika personer med olika storlek, både för att vara praktisk men även för att underlätta serieproduktion och försäljning. Triken bör därför vara justerbar. Justeringen löses på olika sätt på olika liggcyklar. Justering för benlängden sker på de flesta liggcyklar genom att antingen vevpartiet eller sitsen förflyttas. Sitsens storlek är normalt inte justerbar på liggcyklar (undantaget *HPVelotechniks*, se kapitel 10.1.1) utan säljs istället ofta i olika storlekar.

Carbontrikes är justerbar för att passa cyklister med en längd mellan 160 och 190 cm. På detta sätt passar triken majoriteten av alla cyklister varvid det inte krävs flera storlekar vilket vid en produktifiering möjliggör större serier och mindre administration vid tillverkning och försäljning, och samtidigt underlättar för köparen som kan låta fler använda triken.

Benlängden justeras steglöst genom att förflytta vevpartiet i förhållande till sitsen, detta genom att bommen (vevpartidelen) leds teleskopiskt i ramen (se figur 9-80 och 9-81).

Ryggglängden justeras steglöst genom att den översta delen av sisten, toppböjen, skjuts upp eller ner och låses med en snabbkoppling (se figur 9-80 och 9-81, se även kapitel 9.5.1).



Figur 9-80: Trikeprototypen justerad för korta personer (ca 160 cm)



Figur 9-81: Trikeprototypen justerad för långa personer (ca 190 cm)

Utöver justering för ben- och ryggglängd kan styret justeras i sid- och längsled (se kapitel 9.1.3). Genom att utnyttja mindre framhjul (16 tum istället för 20 tum) ökas frigången för styret vilket då kan justeras för att passa kraftiga cyklister.

Vid stora förflyttningar av bommen måste kedjans längd justeras. En extra kedjesträckare kan monterad på för de som vill slippa detta, tex i familjer där fler personer med olika storlek delar på triken. En extra kedjesträckare ökar dock vikten samt friktionen och ljudet från kedjan och är därför något som undvikas för de som inte kräver snabbjusteringsmöjlighet.



## 10 Utvärdering av andra tadpole-trikar

Vid utvecklingsarbetet av triken har många olika tadpole-trikar undersökts och testats för att analysera deras funktion och detaljer, deras styrning och hur måtten styr hur trikarna fungerar. Här presenteras fyra serietillverkade tadpole-trikar som har testats extra noga, mätts och utvärderats. Ackermankompenseringen hos trikarnas styrning har utvärderats med samma excelprogram som utnyttjats när CarbonTrikes styrning har konstruerats (*se kapitel 9.1.3*) och mättsats (*se kapitel 16*).

Trikarna representerar fyra olika typer:

- **Touringtrike** – HPVelotechnik Scorpion
- **Kompakt citytrike** – Steintrike Pico
- **Allroundtrike** – Steintrike Nomad
- **Racertrike** – ActionBent Tadpole Trike

*Kommentar:*

*Ingen av trikarna är dock rent utpräglad inom sin typ utan alla fungerar till för allroundcykling och i viss mån för touring. Även om ActionBent-triken kan klassas in som en racertrike är den av amerikanskt snitt, bredare och inte låg eller tillbakalutad som europeiska racertrikar.*

Trikarna har olika mått och olika hjulstorlekar, de har tre vanligaste typerna av styrningar på marknaden och olika styrgeometri och därtill olika typer av sitsar och sitsdynor. Trikarna har fått fungera som referensobjekt inför konstruktionen av triken inom projektet.

I utvärderingarna beskrivs både rent objektiva data men även subjektiva bedömningar.

Fokus ligger på:

- **Styrningen** – hur påverkar styrningen, dess princip, utformningen och styrningens måttsättning hur triken styr i praktiken
- **Måtten** – hur påverkar trikens mått hur triken fungerar i praktiken på vägen och vid hantering
- **Sitsen** – hur påverkar sitstypen och dess utformning hur triken fungerar och känns när man cyklar med den



## 10.1 Data för testtrikarna

I nedanstående tabell (se tabell 10-1) redovisas de viktigaste data och mått för de fyra testtrikarna.

Tillverkare	HPVelotechnik	Steintrikes	Steintrikes	China Mascot Products Co
Modell	<b>Scorpion</b>	<b>Pico</b>	<b>Nomad</b>	<b>Actionbent Tadpole Trike</b> <i>säljs även under namnet TW-Bent</i>
Triketyp	Touringtrike	Kompakt citytrike	Allroundtrike	Racertrike
Tillverkningsland	Ej redovisat, utvecklad i Tyskland	Serbien	Serbien	Kina
Material	Aluminium 7005-T6	Stål Mannesmann ST35BK	Stål Mannesmann ST35BK	Aluminium 7005-T6
Sitstyp	Glasfiber, med justerbar toppböj, tunn ventilerad dyna	Meshsits (väv spänd över stälrörskonstruktion), utan dyna	Glasfiber, med tjock ventilerad dyna av ventilationsmaterial PORET, täckt med ventillerat tyg, anpassad toppböj (mha ligg-underlagsmaterial)	Glasfiber med ventilationshål i mitten, med tunn dyna
Ca-pris i Sverige	25 000 kr	25 000 kr	20 000 kr	12 000 kr
<b>Mått:</b>				
Totalbredd	83 cm	72 cm	72 cm	85 cm
Spårvidd	78 cm	64 cm	64 cm	77 cm
Hjulbas	109 cm	90 – 105 cm <i>Testad vid 93 cm</i>	110 – 120 cm <i>Testad vid 110 cm</i>	108 cm
Sitthöjd	26 cm	27 cm	25 cm	23 cm
Sitslutning från horisontalplanet	33 – 42° <i>Testad vid ca 40°</i>	30 – 45° <i>Testad vid ca 43°</i>	25 – 40° <i>Testad vid ca 40°</i>	25 – 35° <i>Testad vid ca 30°</i>
Vevpartihöjd	34-39 cm*	34 cm	33 cm*	38 cm*
Markfrigång	9 cm	13 cm	10 cm	15 cm
Hjuldimension bak	20" (ISO 406mm)	16" (ISO 349mm)	20" (ISO 406mm)	26" (ISO 559mm)
Hjuldimension fram	20" (ISO 406mm)	16" (ISO 349mm)	20" (ISO 406mm)	20" (ISO 406mm)
Vikt	från 17 kg**	från 16 kg**	18-24 kg**	17-20 kg**
<b>Styrning:</b>				
Styrningstyp	Konventionell	Konventionell	Korsstagstyrning	Direktstyrning
Ackerman-kompenserad	JA	JA	JA	<b>NEJ</b> styrutslaget på inner- och ytterhjulet är alltid lika stort
Castervinkel	12°	12°	12°	<b>24°</b>
Center-point <i>Se figur 10-2</i>	<b>NEJ</b> styraxlarna pekar i förlängningen ca 15 mm utanför däck	<b>JA</b>	<b>JA</b>	<b>NEJ</b> styraxlarna pekar i förlängningen ca 30 mm utanför däck
Utväxling mellan styre och hjul	1:1,6 nerväxlat	1:1	1:1	1:1
Styrlager	Integrerade styrlager av hög kvalitet	Gångade styrlager av låg kvalitet	Gångade styrlager av låg kvalitet	A-headlager av mellankvalitet

Tabell 10-1

\*) Vevpartihöjden beror på längdinställningen för bommen

\*\*\*) Vikten beror på utrustningsnivån och hur mycket tillbehör triken är utrustad med





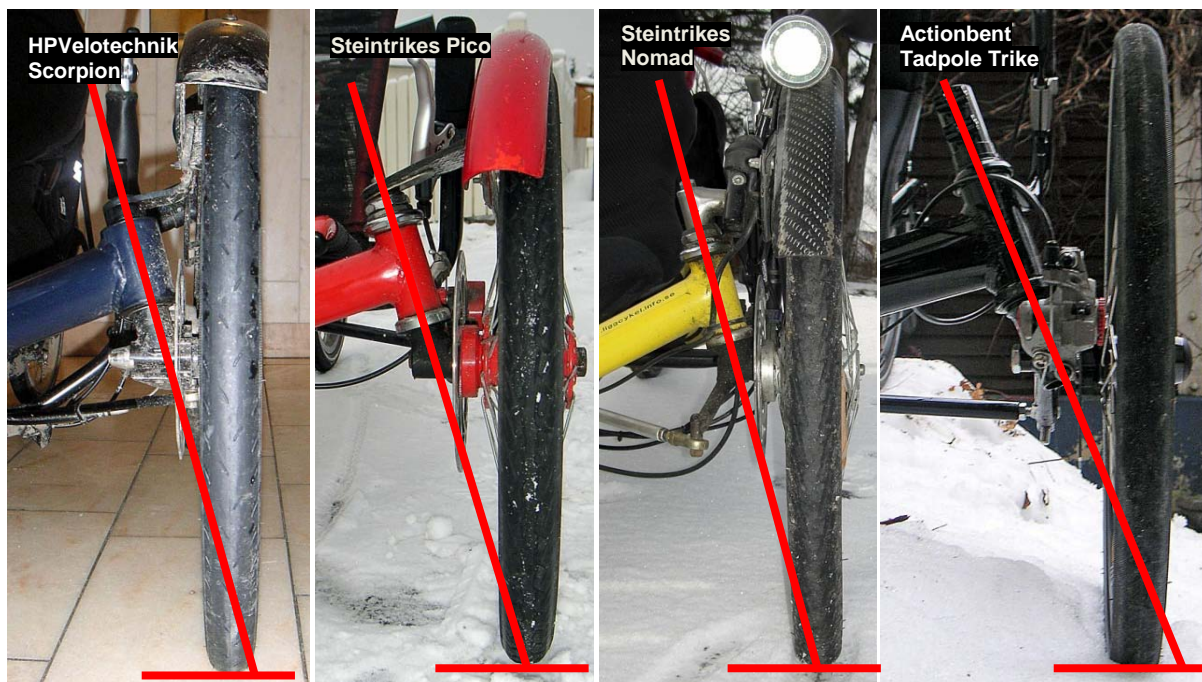
De fyra testtrikarna har tre olika typer av styrningar. Hur dessa ser ut uppifrån vid max styrutslag visas i bilderna nedan (se figur 10-1).

### Jämförelse mellan styrningarna på testtrikarna:



Figur 10-1,a-d: Styrningen på testtrikarna vid max styrutslag åt vänster

De fyra testtrikarna har olika center-point för styrningen (för förklaring se kapitel 9.1.1), två av dessa har ren center-point (se figur 10-1a,b), medan två frångår center-point och låter istället styraxlarna peka utanför den punkt där däcken möter marken (se figur 10-1c,d).



Figur 10-2,a-d: Center-point för test-trikarna



### 10.1.1 HPVelotechniks Scorpion

HPVelotechniks är en tysk liggcykeltillverkare med långa traditioner och bra rykte framförallt när det gäller långfärdsliggcyklar. De har dock tidigare enbart tillverkat tvåhjuliga liggcyklar och *Scorpion* är deras första trike. Den testade triken *Scorpion* (se figur 10-3) som är bakhjulsdämpad är grundmodellen, den finns även i ett ihopfällbart utförande och en fulldämpad variant.

*Scorpion* har på kort tid blivit en av de mest sålda tadpole-trikarna i Europa och har likt HPVelotechniks övriga modeller fått ett bra rykte. *Scorpion* är en relativt utpräglad touringtrike, med stor spårvidd och hjulbas, rejält byggd med en stabil pakethållare.



Figur 10-3: HPVelotechniks Scorpion

#### **Subjektiv utvärdering av konstruktionen**

Det märks att *Scorpion* är tillverkad av en "riktig" liggcykeltillverkare. Ramen av aluminium är mycket styv och inget flex kan märkas under cykling. Den ger ett gediget intryck med förtroendeingivande detaljer och svetsfogar. Triken är väl sammansatt med robusta mellanklassdelar som fungerar väl tillsammans. Fjädringen fungerar bra men ger begränsad effekt så länge inte cykeln används med packning. Den avdämpade pakethållaren är mycket stabil och bör klara rejäl packning. Det är tydligt att HPVelotechniks när det gäller *Scorpion* har prioriterat touring framför snabbcykling och att touring är något de är bra på.

#### **Subjektiv utvärdering av måttsättning och viktfordelning:**

*Scorpion* är en förhållandevis stor trike, vilket gör den stabil men samtidigt opraktisk i trånga passager och vid förvaring. Skall triken transporteras genom smalare dörröppningar måste triken lutas vilket är relativt krångligt.

Viktfordelningen är något annorlunda i förhållande till de flesta andra tadpole-trikar på marknaden med större del av vikten på bakhjulet. Detta ger bättre grepp i uppförsbackar på löst underlag men gör samtidigt triken inte lika stabil i förhållande till spårvidden som andra trikar.

#### **Subjektiv utvärdering av styrningen:**

Styrningen uppfattas som välbalanserad med stor självcentrerande effekt. Styrningen är samtidigt mycket lätt men utan att vara allt för nervös. Det mesta av bromsstyrninseffekt saknas. Ackermankompenseringen är korrekt undantaget vid mycket stora styrutslag. Detta är standard för denna typ av styrning, en konventionell styrning (se kapitel 9.1.2).



### Subjektiv utvärdering av sitsen:

Sitsen på *HPVelotechniks* liggcyklar är justerbar i längsled genom att den övre delen förflyttas i förhållande till den undre (se figur 10-4).

Trots att sitsen är bytbar är detta ett betydligt mer praktiskt alternativ än att som de flesta andra liggcykeltillverkare, att erbjuda sitsar i olika storlekar (vanligtvis Small, Medium, Large). Nackdelen med *HPVelotechniks* justersystem är dock att det är relativt komplicerat att justera, det krävs att man lossar fyra skruvar. Sitsen tenderar dessutom gnissla under färd när ytorna mellan över- och underdelen glider svagt gentemot varandra. En del användare undviker detta genom att fetta in ytorna som möter varandra, detta är dock ingen optimal metod då fett vid justering kan sprida sig.



Figur 10-4: *HPVelotechniks*-sits med tillbehör, *seat-wings* och nackstöd  
Källa: *HPVelotechnik*

Sitsen på *Scorpion* är gemensam till dess utformning med deras tvåhjuliga liggcyklar. Den är alltså inte specialutformad för att passa en trike trots att det ställs annorlunda krav på en trikesits än en sits som används på en tvåhjulig. Sitsen bör ger ordentligt stöd nertill för att hålla kroppen på plats vid sidoacceleration i svängar och samtidigt ge möjlighet att förflytta överdelen av kroppen i sidled för att öka stabiliteten i kraftiga svängar.

*HPVelotechnik* har dock uppmärksammat bristen på stöd för *Scorpion*-sitsen och säljer numera s.k. *seat-wings* som tillbehör (se figur 10-4) (119 euro).

Sitsen på *Scorpion* är bekväm och ger relativt bra stöd för översta delen av ryggen. Lutningen kan justeras och vid kraftiga sitslutningar räcker inte stödet för nacken riktigt till, toppböjen borde ha avslutats mer vertikalt. Som tillbehör finns dock ett nackstöd (se figur 10-4) för att ge detta stöd. Ett separat nackstöd kan dock ge stöd för högt upp vilket visserligen av många cyklister upplevs som bekvämt men samtidigt är något som försämrar möjligheten att vrida huvudet fritt vilket är nödvändigt vid cykling i stadstrafik.

Sitsdynan på den testade *Scorpion*-triken består av ett relativt tunt, ca 2 cm, ventilerat innermaterial med ventilerat tyg ovanpå. Denna dyna är väl ventillerad, ger relativt bra stöd och dämpning och ger ett ”proffsig” intryck i förhållande till många andra liggcykeldynor som ser mer hemmagjorda ut. Denna dyna är dock ett tillbehör (99 euro), ordinarie dyna är av ett tunt liggunderlagsliknande material (se figur 10-4).



### 10.1.2 Steintrike Pico

*Steintrike* är en liten serbisk tillverkare som ursprungligen inriktade sig på tadpole-trikar med lågt pris. Detta var dock innan de stora tillverkarna satsade på Asientillverkning och större serier för att få ner priserna. Numera är *Steintrike* snarare inriktad på kundanpassad tillverkning i enstaka exemplar och små serier till förhållandevis låga priser. De flesta *Steintrikes* har smal spårvidd, är byggda i stål och är modulärt uppbyggda där bak- och framdelen kan bytas.

*Pico* (se figur 10-5) är den minsta trike som *Steintrike* har tillverkat. Den är närmast en kopia av *Trice ICE Mini* (en numera nedlagd lågseriemodell) gjord för att vara maximalt kompakt och framförallt passa mindre cyklister.



Figur 10-5: Steintrike Pico

Hjulstorleken är mindre än på de flesta tadpole-trikar, 16 tum (ISO 349mm) runt om vilket medverkar till de kompakta måtten, den lilla spårvidden men som samtidigt möjliggör kraftiga styrutslag utan att hjulen tar emot cyklistens ben vilket tillsammans med den korta hjulbasen ger minimal svängradie.

Bak ställer dock den lilla hjulstorleken till med problem då valet av växlar begränsas kraftigt. Kraftig uppväxling krävs samtidigt som det inte är möjligt att använda en bakväxel med lång arm (SGS), då denna når marken, vilket begränsas tandomfånget. Resultatet blir att antingen triken antingen måste utrustas med specialväxlar eller får ett litet växelomfång.

#### **Subjektiv utvärdering av konstruktionen**

Det märks tydligt att *Steintrike* är en liten tillverkare med små resurser men som samtidigt lyckas få till väl fungerande trikar. Ramen i stål är relativt smäcker med relativt tunna rör och begränsad godstjocklek i rören (generellt 1 millimeter). Detta till trots är triken tillräckligt styv, främst pga de små hjulen och de kompakta måtten. Svetsfogar och detaljer är till synes inte så förtroendeingivande men triken har ändå visat sig vara stark vid längre tids användning utan att falla. Triken består mestadels av enklare delar som inte ger fullt lika bra funktion som mer högkvalitativa delar.



### Subjektiv utvärdering av måtsättning och viktfordelning:

*Pico* är en liten trike som ger en tydlig känsla av att man sitter på triken och styr den snarare än den känsla som större trikar kan ge där man sitter i triken och blir styrd av triken (förhållandet liknar det mellan segeljollar och stora segelbåtar). Detta är både på gott och ont. I trafik, vid trånga passager och vid transport är triken definitivt smidigare än övriga testade trikar, och de små hjulen ger gög acceleration. Samtidigt känns triken inte lika stabil i högre farter och inte heller med packning.

Viktfordelningen verkar vara förhållandevis standardiserad med huvuddelen på främre hjulparet, dock något mer än de vanligaste 2/3-del av vikten. Detta ger relativt bra stabilitet i förhållande till den ringa spårvidden och den något högre sitthöjden än övriga testade trikar. Dock märks ändå ganska tydligt att den högre sitthöjden är till nackdel för stabiliteten. Samtidigt ger den låga vikten på bakhjulet i kombination med det lilla bakhjulet (pga hjulets korta kontaktyta mot marken, *se kapitel 9.2.2*) dock att bakhjulet lätt spinner loss i uppførsbackar vid löst underlag.

### Subjektiv utvärdering av styrningen:

*Steintrike Pico* har en välbalanserad relativt väl fungerande styrning, både vid låga och högre hastigheter. Den självcenterande effekten är dock begränsad och styrningen går inte lika lätt som på t.ex. *Scorpion*, troligtvis pga lågkvalitativa styrlager. *Pico* har en ren center-point-styrning och bromsstyrningen är betydligt kraftigare än på trikar där bromsstyrningen har eliminerats genom att vinkla ut styraxlarna så att de pekar en bit utanför däckens (se kapitel 9.1.1). Styrningen är väl ackermankompenserad vid rimliga styrutslag men överstyr i likhet med styrningar av denna typ (konventionell styrning, *se kapitel 9.1.2*) vid stora styrutslag, vilket dock inte är någon praktisk begränsning. Trots att konventionell styrning normalt ger något begränsat maximalt styrutslag) har *Steintrike Pico* ändå liten svängradie vilket beror till stor del på den korta hjulbasen.

### Subjektiv utvärdering av sitsen:

*Steintrike Pico* har till skillnad från de andra testade trikarna en s.k. mesh-sits, en sits bestående av rör vilket ett ventillerat tyg alternerativt nät är spännt över. Denna typ av sits ger generellt bättre ventilation än kompositsitsar som de övriga trikarna har. Den ger viss stötdämpning och behöver normalt inte förses med sitsdyna. På *Pico* sitter tyget fastspännt med en gummilina på baksidan av sitsen vilket ger ytterligare dämpning. Mesh-sitsar ger normalt inte lika bra stöd som kompositsitsar, framförallt för den översta delen av ryggen. De håller inte heller cyklisten på plats lika bra när han eller hon trampar hårt. Dessa faktorer gör att mesh-sitsar främst används på trikar med mer upprätt sitslutning och trikar som inte används för träning eller tävling även om det finns undantag. Mesh-sitsar är istället traditionellt förstahandsvalet för touringtrikar. Sitsen på *Pico* känns inte lika ombonad som de trikar som har kompositsits och en mjuk sitsdyna (gäller främst *Steintrike Nomad*). Dock är sitsen ändå relativt bekväm framförallt pga den goda ventilationen och lämpar sig även för längre turer. Dock är stödet för översta delen av ryggen i likhet med många andra mesh-sitsar inte tillräckligt. Sitsen bör därför kompletteras med en specialformad kudde överst (*se figur 10-6*) alternativt ett justerbart nackstöd.



Figur 10-6: *Steintrike Pico*:s sits kompletterad med specialtillverkad kudde (inringad) som ger stöd för översta delen av ryggen



### 10.1.3 Steintrike Nomad

*Steintrikes Nomad* (se figur 10-7) är tillverkad av samma tillverkare som *Pico* redovisad i kapitlet innan (se kapitel 10.1.2). I likhet med *Pico* är den byggd i stål, samma typ av rör men grövre godstjocklek. Den har även samma kompakta spårvidd. Där slutar dock de flesta likheterna. *Nomad* är betydligt större med 20-tumshjul runt om och med en relativt lång hjulbas. *Nomad* har en annan typ av styrning, korsstagstyrning (*Greenspeed-styrning*), bakfjädring och kompositsits. *Steintrike Nomad* är den testtrike som är mest utpräglad allroundtrike men är i likhet med *HPVelotechnik Scorpion* (se kapitel 10.1.1) även lämpad för touring då triken kan lastas med två par cykelväskor. Dock gör den kompakta spårvidden det viktigare att packa triken rätt (vikten placerad nära marken och långt fram).



Figur 10-7: Steintrike Nomad

#### **Subjektiv utvärdering av konstruktionen**

Ramen är enkel i stål med förhållandevis tunna rör. Svetsfogar och detaljer är till synes inte speciellt förtroendeingivande men triken har ändå visat sig fungera bra under längre tester och hårt belastad. Den testade triken har kompletterats rejält för att rätta till de flesta brister som triken hade då den såldes och fungerar nu väl.

#### **Subjektiv utvärdering av måttsättning och viktfordelning:**

Steintrike Nomad är en trike där kombinerat kompakt spårvidd med lång hjulbas. Detta är sammantaget en bra kompromiss vid allroundcykling som både gör triken smidig i smala passager men samtidigt ger triken stabilitet i hög fart.

Viktfordelningen är relativt representativ för många tadpole-trikar med ca 2/3-del av vikten på det främre hjulparet, vilket ger en bra kompromiss mellan stabilitet och grepp för bakhjulet i uppförsbackar vid halt väglag.

Triken väger mest av de testade trikarna, vilket inte märks så mycket då den framförs på vägar, undantaget i kraftiga uppförsbackar eller om triken måste lyftas. Den kompakta spårvidden gör dock att triken i de flesta fall inte behöver lyftas eller vinklas, t.ex. för att komma igenom genom dörröppningar.



### **Subjektiv utvärdering av styrningen:**

*Steintrike Nomad* är den enda av testtrikarna som har korsstagstyrning, en styrningstyp som annars nästan enbart Australiensiska trikar har, främst *Greenspeed*. Styrningen fungerar bra men har begränsad självcentrerande effekt och kan i likhet med Steintrikes Pico uppfattas ha onödigt hög friktion pga lågkvalitativa styrlager.

Den stora fördelen med korsstagstyrningen är att den ger bra ackermankompensering i hela styrregistret och möjliggör kraftiga styrtslag och därmed liten svängradie.

Styrningen och hjulupphängningarna som är av ren center-point-typ har bromsstyrningstendens vilket på denna trike dock har kompenserats genom att bromsarna är sammankopplade via en specialtillverkad mekanism. En mekanism som ökar komplexiteten och ger ökad friktion och något sämre bromsverkan.

### **Subjektiv utvärdering av sitsen:**

Sitsen är i likhet med flera delar på triken modifierade och är försedd med extra stöd för översta delen av ryggen eftersom sitsens toppböj inte räcker till. Sitsdynan som inte ingår i standardutrustningen bestående av en kombination av liggunderlagsmaterial underst och filtermaterial (*PORET*) ovanpå. I detta skick är sitsen bekvämast av testtrikarnas och ger en ombonad känsla, men något sämre ventilation än sitsarna på de andra testtrikarna.

## **10.1.4 Actionbent Tadpole Trike**

*Actionbent Tadpole Trike* tillverkas av *China Mascot Products Co* och säljs under detta namnet *Actionbent* i USA samt hos vissa Europaimportörer. Den säljs även under namnet *TW Bent*. *Actionbent* har framförallt specialiserat sig på att sälja liggcyklar som är betydligt billigare än motsvarande konkurrenter. Detta genom tillverkning i Kina, större serier, liten organisation och direkta försäljningsled.

Trots att denna trike i alla fall på pappret borde vara av ungefär samma kvalitet och har delar inom samma klass som en "märkestrike" som *HPVelotechnik Scorpion* ligger priset på halva nivån.

Den testade triken är troligtvis *Actionbents* mest sålda och bör framförallt vara gjord för amerikanska marknaden vilket innebär att den är bred och har direktstyrning.



Figur 10-8: Actionbent Tadpole Trike



### **Subjektiv utvärdering av konstruktionen**

Actionbent Tadpole Trike är vid första anblick välbyggd med en förtroendeingivande ram i aluminium och med synliga delar av relativt god kvalitet. Triken är välbyggd men är samtidigt på många delar helt felaktigt konstruerad. Aluminiumramens främre del är tillräckligt styv. Ramens bakre del är däremot på tok för vek vid sidobelastning ett resultat av det stora bakhjulet (26 tum) tillsammans med en vek enkelrörsbakgaffel. Detta bör framförallt vara till nackdel om triken packas med bagage på pakethållaren men kan även vara en orsak till trikens tendens till att självsvänga (*se nedan*).

### **Subjektiv utvärdering av måttsättning och viktfordelning:**

Actionbenten är den bredaste av testtrikarna och är samtidigt den enda som har stort bakhjul. Detta gör den större och mer svårhanterlig vid trånga passager och transport i förhållande till de andra trikarna. Bredden är så stor att den inte går genom normala dörröppningar (*se figur 10-9*) utan att välta triken på ända.

Bredden tillsammans med den lägsta sitthöjden av de testade trikarna och samtidigt ungefär samma viktfordelning gör triken till den stabilaste av de testade trikarna. Eftersom denna trike varken kan lastas eller kan cyklas speciellt snabbt pga den felaktiga styrningen (*se nedan*) är denna höga stabilitet dock inte till någon större nytta.



*Figur 10-9: Problem med bredden då Actionbent Tadpole Trike transporteras genom en vanlig dörröppning*

### **Subjektiv utvärdering av styrningen:**

Vid lägre hastighet känns styrningen relativt bra med mycket bra självcentrerande effekt och obefintlig bromsstyrning. Vid högre hastighet (kring 30 km/h) börjar dock styrningen vobbla/självsvänga om man släpper styrningen. Denna effekt bör kunna vara direkt farlig vid ännu högre hastigheter. Troligvis gör den extrema styrgeometrin med stor skillnad från center-point-styrning och mycket stor caster-vinkel (för att vara ett icke lutande fordon) att styrningens självcentrerings effekt är för stor. Detta gör att systemet "överstyr", vilket tillsammans med den veka bakändan gör att triken självsvänger.

Styrningen saknar helt ackermankompensering trots att Actionbent-triken är den av trikarna som har den styrning som är enklast att ackermankompensera. Denna direkta felkonstruktion märks vid framförallt kraftigare svängar då däckens tvingas skrapa gnugga mot marken. Nyare trikar från Actionbent skall enligt tillverkaren själv vara ackermankompenserade, det framgår dock inte om de övriga konstruktionfelen i styrningen är rättade.

Actionbent är den enda av trikarna som har direktstyrning. Dvs. en styrning utan separat styre utan där styrena är kopplade direkt till styraxlarna. Detta är en enkel lösning som dessutom underlättar bromsvajrarnas gång. Nackdelen med bromsstyrningen är dock att den ger en styrkänsla som skiljer relativt kraftigt från trikar med separat styre eller vanliga cyklar. Istället för att styret förs framåt-bakåt förs den i sidan som rodet på en båt. Direktstyrningen tar även mycket platts, något som dock inte är något problem med trikens stora bredd.





### **Subjektiv utvärdering av sitsen:**

Actionbent Tadpole Trike har en sits i glasfiberkomposit. Sitsen uppstyvningskanaler gör den relativt styv. Sitsen har stora hål i mitten för att ge ventilation. Sitsdynan som ingår är formgjuten efter sitsen i ett tygklätt skummaterial och ger ett proffsigt intryck.

Sitsen är i likhet med triken i övrigt förtroendeingivande och ser bra ut tills man testat triken. Då triken används visar sig sitsen vara betydligt obekvämare än de andra testade trikarna. Sitsdynan är för hård och ger dålig ventilation annat än på andra platser än just sistens hål i ryggen, som för övrigt gör cyklisten blöt och smutsig vid vått väglag eftersom triken saknar stänkskärmar.

Sitsen saknar det stöd som en trikesits bör ge för att forsera svängar utan att glida i sidled. Den är inte skålad nertill och friktionen mot dynan är låg. Sitsen har otillräckligt stöd för översta delen av ryggen men det medföljer ett nackstöd som skall rätta till detta problem. Det är ett nackstöd som dock vid användning försämrar cyklistens möjlighet att vrida huvudet och därmed ger försämrad överblick i trafiken.

## **10.2 Sammanfattning av utvärderingen**

De fyra trikarna skiljer sig relativt kraftigt. Undantaget *Actionbent:en* är alla välanpassade för deras användningsområde och har en geometri och styrning som fungerar bra.

### **Styrning**

Bäst styrning av de testade trikarna har HPVelotechnik Scorpion. Dess konventionella styrning, med högkvalitativa styrlager och visst avsteg från center-point ger sammantaget en styrning med bra självcentrerande effekt, liten bromsstyrning och som går lätt utan att vara allt för nervös.

*Actionbent* är intressant som testobjekt för att se hur en felaktigt konstruerad styrning fungerar och hur den slår på trikens egenskaper. Ur detta hänseende är det tydligt att styrningen måste vara korrekt konstruerad för att trikens egenskaper inte kraftigt skall bli lidande.

### **Storlek**

Storleksmässigt finns det ingen trike som är bäst. Istället styr användningsområdet vilken storlek en trike bör ha. I detta hänseende är alla testtrikar undantaget *Actionbent* lämpade för sina respektive användningsområden; *Steintrike Nomad* bäst för allrouncykling med dess smala spårvidd i kombination med långa hjulbas. *HPVelotechniks Scorpion* bör göra sig bäst för touring med den stora spårvidden, en spårvidd och bredd som dock begränsar trikens praktiska användningsområde. *Steintrike Pico* har en storlek som gör den mycket lämplig för mindre cyklisterna och för citycykling men är sämre för längre turer och olämplig att lasta. *Actionbent Tadpole Trike* faller in inom kategorin sporttrikar men har ändå dåliga fartresurser, främst pga den felaktiga styrningen. Men även för att denna trike är för stor och bred. Bland testtrikarna finns därför ingen representativ sporttrike att utvärdera.

### **Hjulstorlek**

Alla trikar utom *Steintrike Pico* har 20-tumshjul fram. Detta är en kompromiss som fungerar väl. *Pico:n* och dess mindre 16-tumshjul inverkar kraftigt på storleksomdömet. Framförallt fram är de små hjulen till stor fördel, gör triken smidigare och ger bättre frigång mot benen och styret då triken svängs. De mindre hjulen ger något stötigare gång men effekten är inte lika stor som på en tvåhjuling eftersom hjulen inte ligger efter varandra och därför inte möter samma gropar i vägen.

Bak har trikarna tre olika hjulstorlekar, *Steintrike Pico* har minst, med dess 16-tumsbakhjul, *HPVelotechnik Scorpion* och *Steintrike Nomad* har lite större bakhjul, 20 tum, medan *Actionbent Tadpole Trike* har stort bakhjul, 26 tum.



Sammantaget verkar 20 tum vara den lämpligaste bakhjulstorleken om man ser till funktionen. Mindre hjul ger får sämre grepp och riskerar spinna i uppförsbackar vid löst underlag. Med små bakhjul är det även problem att använda lång växelarm vilket begränsar möjligheten att använda vanliga kedjeväxlar och samtidigt få tillräckligt växelomfång. Stort bakhjul som *Actionbent* har är framförallt till fördel om man ser till möjligheten att använda standardväxlar. Nackdelarna bedöms dock överväga fördelarna, då det stora hjulet gör triken större, ställer större krav på bakgaffelns styvhet och försämrar möjligheten att packa triken.

### **Sits och sitsdyna**

Testen av trikarna visar att sitsen tillsammans med sitsdynan har stor inverkan på hur triken som helhet känns, hur bekväm den är men även hur den kan framföras i kraftiga svängar. Bekvämast sits har *Steintrike Nomad* vilket både beror på ett bra stöd för översta delen av ryggen och den mjuka sitsdynan. Denna dyna ger en ombonad känsla som dock även kan vara negativ om man ser till hur sportig triken upplevs.

*HPVelotechniks* med dess justerbara toppböj är en bra idé för att erbjuda en sits som passar olika kroppslängder. Toppböjen är dock inte tillräckligt markerad för att ge tillräckligt stöd. Detta kan vara en eftergift för att passa många olika människor och olika sitslutningar.

### **Sitslutning**

Alla testtrikar har någon form av möjlighet att justera sitslutningen. Detta har dock inte ändrats under testerna då det i praktiken visat sig lämpligare att ha en sitslutning anpassad för det specifika användningsområdet som triken i sig är bäst lämpad för. Tre av trikarna har testats med en sitslutning på ca 40 grader från horisontalplanet. En lutning som visat sig vara relativt lagom för tadpole-trikar för allroundcykling och touring.

*Actionbent* som är tänkt att vara mer racerbetonad har testats med ca 30 graders sitslutning. Denna lutning ger bättre aerodynamik och mer sportig känsla men är till nackdel för översikten men även i uppförsbackar då cyklisten kan uppfatta backens lutning kraftigare än den är.

### **Fjädring**

Två av testtrikarna har fjädring bak. Dessa fungerar bra men visar samtidigt att en bakhjulsfjädring har begränsad effekt på en tadpole-trike med dess låga belastning på bakhjulet. Undantaget gäller om triken framförs med mycket packning och triken har en väl fungerande avdämpad packlösning, då fjädringen kan komma till nytta. En bakhjulsfjädring ger dock avsevärt högre vikt, framförallt om den avdämpade bagagelösningen som krävs räknas in, samtidigt som bakdelens vridstyvhet blir lidande och komplexiteten ökar.



## 11 Industridesign

När man träffar på en produkt är det ofta industridesignen som är det första man möter och ger det första intrycket. Men hur en produkt är designad påverkar även mer långvariga intryck då produkten används. Detta eftersom industridesignen inte bara påverkar utseendet utan även funktionen, användbarheten och ergonomin.

### 11.1 Designkriterier

Industridesignen av en produkt syftar till att utforma produkten så att den uppfyller ett antal kriterier. Dessa kriterier kan väga olika tungt beroende på vilken typ av produkt som utformas.

#### *Designkriterier är generellt följande:*

- **Funktionell** – produkten skall utformas så att den uppfyller alla funktionella krav och samtidigt är lätt att använda och att produktens och dess funktioner, om möjligt, skall vara självförklarande
- **Attraktiv / rätt utstrålning** – produkten skall se ”snygg” ut men samtidigt inte väcka så mycket uppmärksamhet att produktens utseende stör användaren. Utseendet skall stämma väl med vad man vill att produkten skall utstråla utifrån vad det är för produkt, användningsområden, målgrupp och prissegment.
- **Igenkännande** – om företagets produkter har en viss grafisk profil, och/eller har produkter inom samma familj, skall produkten utformas så att det är lätt att känna igen att produkten tillhör märket och/eller den aktuella produktfamiljen
- **Producerbar** – produkten skall utformas på ett sätt så att den på ett ekonomiskt fördelaktigt sätt kan tillverkas med produktionsmetoder lämpliga för produktens funktion, material och seriestorlek. Utformningen kan även styras om en viss produktionsmetod är vald i förväg utifrån om företaget behärskar denna produktionsmetod eller har väl inarbetade kontakter med legotillverkare som behärskar denna produktionsmetod.

Den totala utformningen är en kompromiss, där de olika kriterierna kan väga olika tungt beroende på vilken typ av produkt som utformas, men även om företaget har en viss designkultur.



**Hur kriterierna har styrt designprocessen av triken redovisas under följande rubriker:**

### 11.1.1 Funktionell design

Funktionen har varit det som främst styrt utformningen av triken enligt avisen ”*form follows function*”. Det som styrt är de övergripande måtten, hjulen- och komponenternas placering, sitsens placering och dess ergonomi, liksom styrningens och typen av styrning. Fokus vid utformningen har även legat på att uppnå låg vikt i kombination med hög styvhet.

### 11.1.2 Attraktiv design / rätt utstrålning

Utifrån de styrande faktorerna baserade på funktionen har framförallt ramen utformats för att uppfattas som attraktiv och ge en utstrålning av att triken är sportig och snabb. Materialvalet fiberkomposit erbjuder betydligt större möjligheter till designfrihet i förhållande till traditionella konstruktionmaterial för trikar, vilket normalt är sammansvetsade metallrör. Ramen har utformats med svepande linjer längst framifrån vid vevpartiet, längst bak vid bakhjulet, *se figur 11-1*. Denna utformning är även till funktionell fördel både ur mekanisk- och tillverkningsmässig synvinkel.

Den främre delen med utriggarna och bommen strålar ut från sitsen. Detta ger en visuell effekt av att triken ser ut att sträva framåt, men är även till fördel rent funktionellt då detta underlättar när man stiger av triken. Denna form är även optimal ur mekanisk synvinkel.

För att uppnå maximal styvhet i förhållande till vikten har ramens ytterdimensioner gjorts väl tilltagna. Denna grova form kan dock göra att triken uppfattas som tung och klumpig. För att komma runt problemet och lura ögat att ramen är smäckrare än den är har ramen försetts med ”*designurtag*”, mörka utskär framför sitsen vid basen för bommen och utriggarna samt under bakgaffeln. Dessa urtag kontrasterar mot den i övrigt ljusa ramen. Urtagen har kolfiberutseende (klarlackad kolfiberväv, 2x2-twill, 200g/m<sup>2</sup>) vilket påvisar att ramen är i kolfiberkomposit.



Figur 11-1: Ramens övergripande svepande linjer (streckade markeringar) och delförstoringar med ”*designurtag*” – mörka ytor med kolfiberutseende som gör att trikens ram ser smäckrare ut än den egentligen är och samtidigt indikerar på att trikens ram är gjord av kolfiber



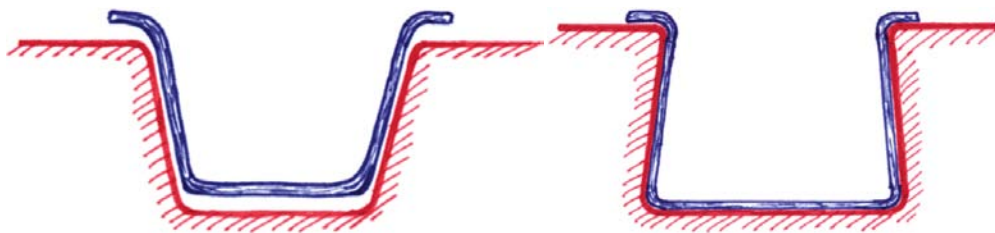
### 11.1.3 Igenkännande design

CarbonTrikes särskiljer sig från de idag existerande trikemodellerna på marknaden. Detta främst genom kompositramen med dess svepande form men även, när det gäller prototypen den starka fluorescerande gröna färgen som ramen är lackad med. En färg som kontrasterar mot ytor med kolfiberutseende, både på ramens ”designurtag” men även andra kompositdelar, främst toppböjen (se kapitel 9.5.1) och stänkskärmarna (se kapitel 9.11). I förlängningen vid en kommersialisering skulle detta färgval kunna vara en igenkännande faktor där de olika modellerna alla har starka flouruserande färger som kontrasterar mot ytor med kolfiberutseende. Detta beror dock även på kundernas mottagande och krav eftersom vissa andra triketillverkare erbjuder ett stort färgurval till kunderna.

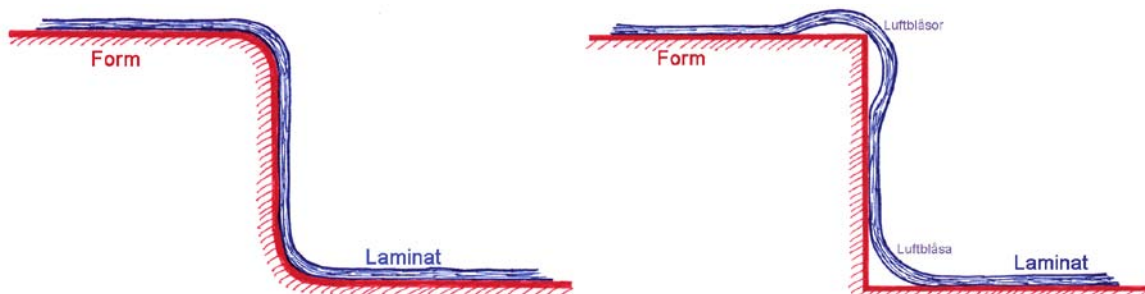
### 11.1.4 Producerbar design

När CarbonTrikes har designats har stor fokus inte bara lagts på att triken och dess delar skall vara funktionella, mekaniskt optimala och ha ett attraktivt, ändamålsenligt utseende med igenkännande element. Det har varit minst lika viktigt att triken och dess delar är producerbara med de aktuella produktionsmetoderna och vid den beräknade volymen.

För kompositdelarna innebär detta i första hand att deras utformning har anpassats för ha släppvinklar på alla partier (se figur 11-2) och tillräckligt stora radier (se figur 11-3).



Figur 11-2,a,b: Schematisk bild över släppvinklar för en form som är nödvändiga för att laminatet inte skall fastna i formen. I den vänsta bilden har formen generösa släppvinklar varvid laminatet enkelt avlägsnas, i den högra bilden har formen negativa släppvinklar vilket innebär att laminatet inte kan avlägsnas från formen.



Figur 11-3,a,b: Schematisk bild över radier för en form som är nödvändiga för att laminatet skall kunna följa formen och för att inga luftfickor skall uppstå. I den vänsta bilden har formen generösa radier varvid laminatet följer formen korrekt, i den högra bilden har formen inga radier varvid luftfickor lätt uppstår intill hörnorna.



Den mest komplicerade delen – ramen, har anpassats för att kunna lamineras i en flerdeldad form; en över- och en underform (se delningslinjen i figur 11-4). Laminathalvor som antingen lamineras i ett steg (se kapitel 12.1.1.5) i den slutna formen som bildas då formhalvorna sätts samman eller i flera steg i de öppna formhalvorna och som därefter limmas samman (se kapitel 12.1.1.6).



Figur 11-4: Trikeprototypens ram, upp och nervänd, där lämplig delningslinje mellan över- och undre formhalva är markerad med streckad linje

De metalldelar CarbonTrikes består av, främst delar kring styrning och hjulupphängningarna har designats för att kunna produceras med olika produktionsmetoder beroende på vilken som visar sig lämpligast vid produktifieringen. Delarna har ändå designats för att stämma väl in med den övriga trikens formspråk, antingen genom att direkt spela med formspråket eller genom att, med färg- form och storlek, osynliggöra dessa delar och istället dra fokuset mot trikens kompositdelar.



## 12 Material och tillverkningsmetoder

Ett huvudsyfte med projektet är att konstruera en trike med en ram i **kolfiberkomposit** men även andra delar på triken som är lämpliga tillverkas av kolfiberkomposit. Därmed är materialvalet för denna del bestämd: **kolfiber bundet med en matris**.

**Epoxi** är den lämpligaste matrisen då hög styrka och låg vikt i kombination med producerbarhet vid låga serier. Epoxi är en härdplast som binder kolfibrer mycket väl, ger starka laminat och litet *härdkrymp*.

Vid tillverkningsprocessen ger epoxi god arbetsmiljö eftersom epoxin saknar lösningsmedel och inte avdunstar ut i luften. Dock bör det uppmärksammas att epoxi är allergiframkallande vid direkt hudkontakt och det är viktigt att lämplig skyddsutrustning för att skydda huden används vid hantering av hartsen (den ej ännu härdade epoxin). Genomhärdad epoxilaminat är dock ofarliga att hantera.

### 12.1 Material och tillverkningsmetoder vid produktion

Vid serieproduktion är det i större omfattning än vid prototypframtagning eller tillverkning av enstaka konstruktioner viktigt att den produktionsmetod som väljs inte bara är väl anpassad till konstruktionen, det aktuella materialet och de krav som ställs på den (funktionella, mekaniska och estetiska). Det är minst lika viktigt att produktionsmetoden är lämplig för serieproduktion och den planerade volymen.

Även om den potentiella volymen för CarbonTrikes bedöms vara relativt liten (10-100 trikar per år, max 1000 trikar per år i förlängningen, *se även kapitel 18.1*) så är det viktigt att de produktionsmetoder som väljs är anpassad för denna volym.

#### 12.1.1 Materialval och produktionmetoder till ramen

Vid början av projektet bestämdes det att ramen skulle tillverkas av kolfiberkomposit. Det finns många fördelar med att välja kolfiberkomposit istället för metall i en cykelram, framförallt om ramen byggs upp enbart i kolfiberkomposit:

- Betydligt **högre styvhet i förhållande till vikten** i förhållande till alla konstruktionsmetaller vilket ger möjlighet till **låg vikt**
- **Hög styrka i förhållande till vikten och hög utmattningstålighet** ger möjligheten att konstruera en **stark ram**
- **Stor designmöjlighet** ger möjlighet att **optimera ramens form för minimal vikt**, hög styvhet, **god dämpning** och ett ändamålsenligt **attraktivt utseende** och samtidigt **inkludera flera funktioner**, som integrerad sits i ramen, för att ge minimal vikt, maximal styvhet och samtidigt låg komplexitet
- **God dämpningsförmåga** i kompositmaterialet i kombination med möjligheten att styra styvheten i olika riktningar beroende på hur kolfibrerna läggs ger möjligheten att medge **hög komfort utan att kompromissa med styvheten** i de riktningar där den behövs och utan att behöva bygga in komplicerade, tunga och underhållskrävande mekaniska dämparsystem
- Kolfiberkompositmaterialet ger möjlighet att även vid små seriestorlekar och med begränsade utvecklingsresurser **utveckla och tillverka en trike som väl kan konkurrera med betydligt resursstarkare metalltriketillverkare**



Andra tillverkare som serieproducerar har modeller med ramar i kolfiber. Men baserar inte ramarna på ren kolfiberkomposit utan istället kolfiberrör som sammanfogas med metalldelar (se kapitel 18.4).

Detta är dock en ren kompromiss. Det bestämdes istället att CarbonTrikes skulle ha ramar som enbart består av lätt, styv och stark kolfiberkomposit. Detta är det mest effektiva, optimerade sättet att konstruera en kolfibertrike, och vida överlägset de övriga tillverkarnas kombinationskonstruktioner.

De produktionsmetoder som ansetts mest lämpliga för att åstadkomma ramar i kolfiberkomposit vid den aktuella formen, storleken och planerade tillverkningsvolymen har därför utvärderats.

**Fyra produktionsmetoder för att framställa trikeram i kolfiberkomposit har utvärderats:**

- **Våtlaminering med vakuumbag**
- **Vakuuminjicering med mjuk respektive semirigid innerbag**
- **Pre-preg med vakuumbag respektive autoklavhärdning**
- **RTM**

#### 12.1.1.1 Våtlaminering med vakuumbag

Den enklaste produktionsmetoden som utvärderats är våtlaminering med vakuumbag. Denna produktionsmetod sker nästan uteslutande manuellt, ställer låga krav på verktyg och är mycket flexibel. Därför är metoden främst lämpad för tillverkning av enstaka exemplar till små serier. Eftersom metoden är arbetskrävande och ställer relativt höga krav på den som utför processen är styckkostnaden normalt hög.

Produktionsmetoden är lämpad för allt från små konstruktioner till mycket stora, alla armeringsfibrer förekommer (*glasfiber, kolfiber* och *aramid*), liksom alla vanligt förekommande matrismaterial (*polyester, vinylester* och *epoxi*).

Med hjälp av följande figurer (se figur 12-1 till 12-5) och tillhörande förklaringar beskrivs hur en våtlaminering av ett kolfiberlaminat med härdning under en vakuumbag går till steg för steg. I detta exempel visas lamineringen av toppböjen dvs. översta delen av sitsen till prototypen (se kapitel 9.5.1).

1. Formen förbereds genom att beläggas med vax och *släppmedel*, eventuell tätningslist för vakuumbagen (t.ex. flytande butylgummi) placeras utmed formens kanter.



Figur 12-1,a,b: Laminering med vakuumbag, steg 1





2. Formen beläggs med *armeringsfiber*, i detta fall kolfiber.
3. Armeringsfibern väts med *harts* (*matrisplast*), i detta fall epoxi.



Figur 12-2,a,b: Laminering med vakuumbag, steg 2 och 3

4. Laminatet täcks med *avrivningsväv* (*peel-ply*) eller perforerad plast, ett skikt som separerar laminatet från det nästföljande *absorbtionsskiktet* och som tillåter överskottsharts att flyta igenom till absorbtionsskiktet.
5. Ett lager absorbtionsskikt (t.ex. filt) läggs på, detta skikt fungerar även som vakuumledare.



Figur 12-3,a,b: Laminering med vakuumbag, steg 4 och 5

6. Laminatet täcks med en vakuumbag som tätas med t.ex. flytande butylgummi.
7. Med hjälp av en kompressor sugs luften i vakuumbagen ut varvid absorbtionsskiktet pressas mot avrivningsväven vilken i sin tur pressar laminatet mot formen. Överskottsplasten i laminatet pressas genom avrivningsväven och sugs upp av absorbtionsväven. Laminatet tillåts härda, vid rumstemperatur eller förhöjd temperatur.



Figur 12-4,a,b: Laminering med vakuumbag, steg 6 och 7



- Vakuomet i bagen släpps och bagen avlägsnas. Den härdade detaljen separeras från formen. Avrivningsväven och absorbtionskiktet rivs bort från insidan av detaljen och kasseras.
- Därefter följer vanligtvis efterbearbetning av konstruktionen där överskottskanten på detaljen avlägsnas, samt eventuell ytterligare bearbetning (slipning, borrar, vattenskarvning, lackering etc.). (I figuren har skyddspapp satts på toppböjen under efterbearbetningen)

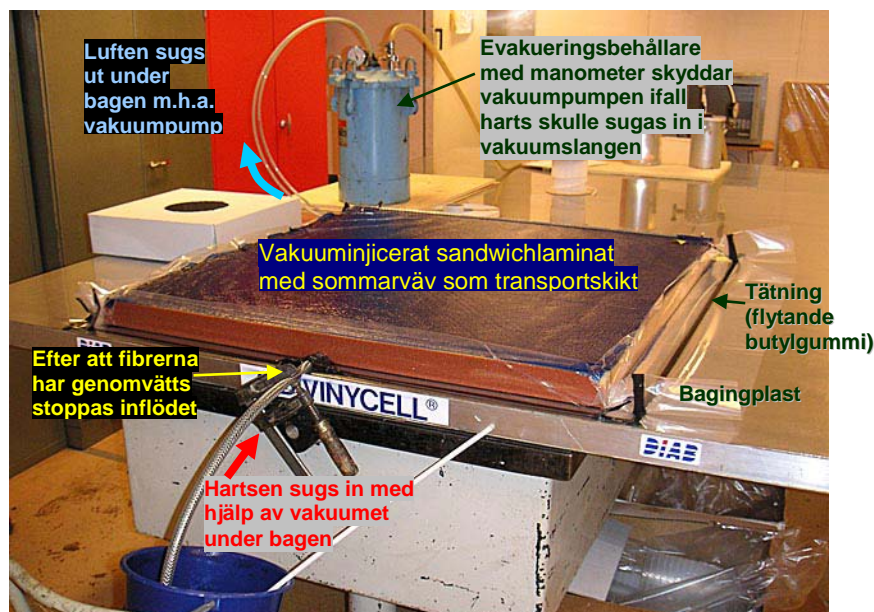


Figur 12-5,a,b: Laminering med vakuumbag, steg 8 och 9

### 12.1.1.2 Vakuuminjicering

Vakuuminjicering är en flexibel produktionsmetod för att framställa fiberkompositkonstruktioner med goda mekaniska egenskaper och bra ytfinish, mot en sida eller båda. Utformningsmässigt finns stora variationer, allt från små till stora konstruktioner kan vakuuminjiceras. Insidan följer alltid utsidan.

Kortfattat bygger vakuuminjicering på att torr fiber läggs i formen. Fibern täcks med en mjuk eller semihård bag. Luften sugts ut under vakuumbagen och genom det vakuum som uppstår sugas harts in och väter fibrerna, se figur 10-6.

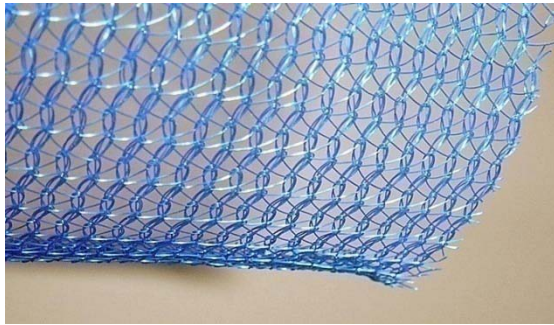


Figur 12-6: Exempel på vakuuminjicering med bag, framställning av sandwichplatta för test vid KTH Lättkonstruktion

Både polyester, vinylester och epoxi förekommer, men det krävs att hartsystemet har låg viskositet (är lättflytande) för att underlätta injiceringen och vätningen av fibrerna. För att transportera hartsen krävs normalt ett *transportsikt*. Detta kan ske genom att ett separat



transportskikt (se figur 12-7a) utnyttjas, som separeras från laminatet med en avrivningsväv (peel-ply), en hartsgenomsläpplig väv vilken inte fäster mot hartsen då den härdat. Hartstransporten kan även åstadkommas genom att man utnyttjar kärnmaterial som har hartsledande kanaler, se figur 12-7b.



Figur 12-7,a,b: Exempel på transportskikt för vakuuminjicering  
Vänster: "Sommarväv", glest vävd av fiskelineliknande plasttrådar  
Höger: Kärnmaterial (Divinycell) med hartsledande kanaler

Genom att metoden sker slutet kan en god arbetsmiljö säkras utan avdunstning av lösningsmedel (främst styren som finns i polyester och vinylester) eller att hudkontakt riskeras. Samtidigt minskas miljöbelastningen.

En nackdel med metoden är att det förekommer risk för att det skall uppstå torra partier i laminatet där fibern inte har impregnerats av hartsen. Därför kan det vara nödvändigt att genomföra flera försök och kontroller innan ett fullgott resultat har uppnåtts. Det förekommer även simuleringar av processen i datormiljö för att optimera processen och minimera risken för otillräcklig vätning av fibrerna.

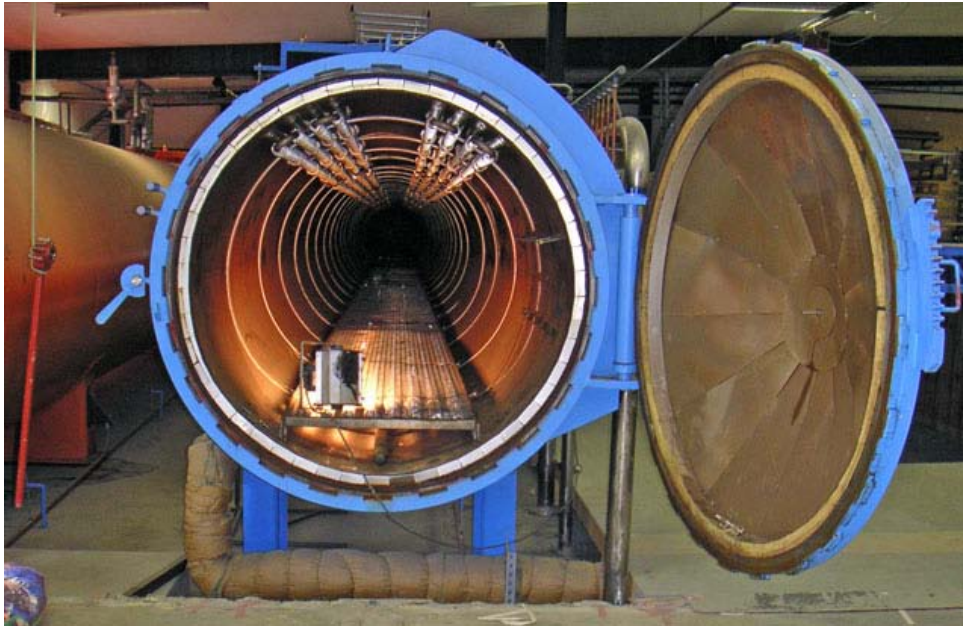
Ett typiskt exempel på konstruktioner som vakuuminjiceras är småbåtskrov.

### 12.1.1.3 Pre-preg-laminering

**Pre-preg** (från engelskans *pre-impregnated*) innebär att man utnyttjar armeringsfibrer som är förimpregnerad med en harts, vanligtvis epoxi, vars härdning har påbörjats. Genom att höja temperaturen slutförs härdprocessen.

Pre-preg-väven förvaras i frys varvid härdprocessen stannas av nästan helt, normalt kan väven förvaras i sex månader. I rumstemperatur går härdprocessen långsamt, normalt kan väven hanteras i några veckor innan epoxin har härdat för långt. Värmehärdningen sker normalt vid en temperatur av 60 till 180 grader, beroende på hartssystemet, under ett tidsförlopp mellan någon och några timmar.

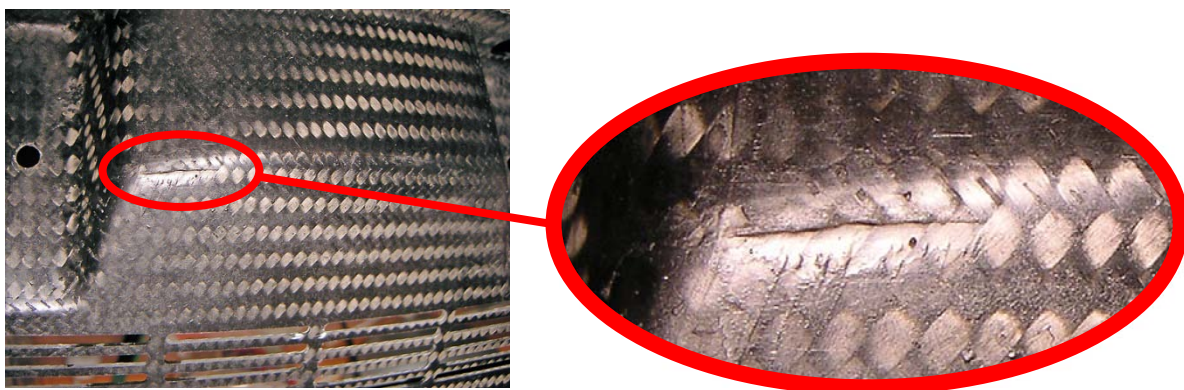
Pre-preg-väven kan vakuumbagas (se kapitel 12.1.1.1) men för bästa resultat kan härdningen ske vid högre tryck än det undertryck som vakuumbagen kan förmå (maximalt ca -1 bar). Genom att utnyttja en **autoklav** (se figur 12-8), en trycksatt ugn, appliceras tryck (vanligtvis kring 8 bar) på laminatet utan att formen deformerar. Detta eftersom trycket verkar likformigt. Övertrycket kan pressa laminat med högre fiberhalter än vid vakuum. Samtidigt är det möjligt att åstadkomma skarpare radier (speciellt innerradier) utan att riskera att fibern inte når formen.



Figur 12-8: Stor autoklav hos Marström Composite

Eftersom trycket verkar likformigt ställs låga stabilitetskrav på formen. Däremot måste formen klara värmen i autoklaven utan mjukna eller deformeras. Materialets värmeutvidning kan ställa till problem på stora konstruktioner där det är önskvärt att formen och laminatet byggs upp av samma material för att ge lika stor längdutvidgning hos formen som laminatet.

Pre-preg-laminering i autoklav utnyttjas för att bygga upp konstruktioner med mycket goda mekaniska egenskaper, med väl kontrollerad hög fiberhalt och hög repeterbarhet. Laminatet får en styrande yta mot formen med relativt god ytfinish men ibland med mindre defekter (se figur 12-9) och en yta med sämre finish som följer. För att uppnå en hög slutfinish krävs normalt lackering, vanligtvis med slipning innan.



Figur 12-9: Exempel på små defekter i pre-preg-laminat som måste slipas bort innan lackering för att uppnå perfekt finish, vill höger syns defekten förstord



Exempel på konstruktioner som byggs upp med autoklavhärdad pre-preg är flygplansdelar och båt detaljer med högt ställda mekaniska krav, främst riggdetaljer, *se figur 12-10*.



Figur 12-10: Uppläggning av pre-preg till en båtmast hos Marström Composite

Både appliceringen av pre-preg-väven och efterbearbetningen sker normalt för hand, varför metoden kräver hög manuell inblandning och är svår att automatisera och är därmed olämplig för stora serier.

En fördel med pre-preg i förhållande till metoder där torra fibrer hanteras är att pre-preg-materialet håller väl samman, är lätt att skära till och applicera med relativt hög precision utan risk för att fibrerna fransar sig. Detta är framförallt till stor fördel när man vill åstadkomma laminat med kolfiberutseende (väl synlig kolfiberväv ytterst). Eftersom det inte krävs större marginaler samtidigt som inga extra epoximängder krävs utöver den epoxi som fibern är impregnerad med kan metoden vara ekonomiskt fördelaktig trots högt materialpris.

Pre-preg är förstahandsalternativet när man vill åstadkomma en konstruktion med en sluten form laminerad i ett steg utan krav på sammanlimning (*se kapitel 12.1.1.5*). Innerbagen kan lämnas kvar med relativt liten viktökning då det inte krävs något absorptionsväv för att ta hand om överskottsmatrisen (som vid våtlaminering och vakuumbaging) eller distributionsmaterial för att distribuera matrisen och väta fibrerna (som vid vakuuminjicering).



#### 12.1.1.4 RTM

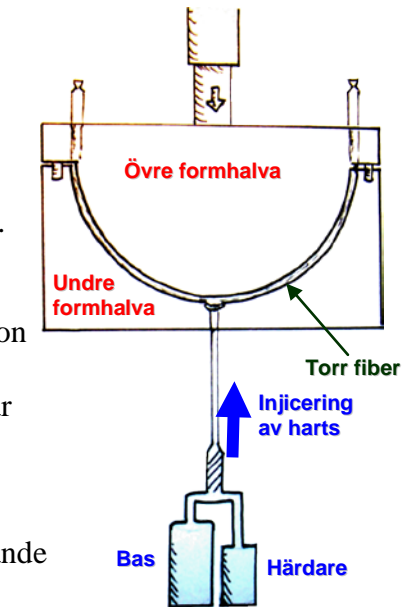
**RTM**, (eng: *Resin Transfer Moulding*), tryckinjicering, är den högst raffinerade produktionsmetod som har utvärderats för tillverkning av trikens ram och kompositdelar.

RTM är den produktionsmetod som går att automatisera i störst omfattning och det är den metod som möjliggör kortast processtid. Verktygskostnaden är dock förhållandevis hög, varför metoden främst lämpar sig för större serier.

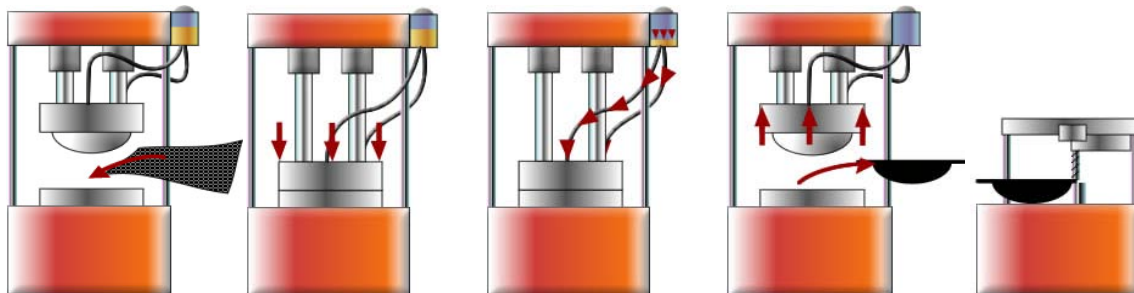
RTM ger till skillnad från övriga metoder hög ytfinish och precision på båda sidorna om laminatet. Detta eftersom en dubbelform med både han- och honsida utnyttjas, se figur 12-11. Laminatkvalitén är hög med minimal defektinneslutning och möjlighet till hög fiberhalt. Ytfinishen är så hög att lackning normalt inte krävs.

Med hjälp av nedanstående figurer (se figur 12-12a-e) och tillhörande förklaringar beskrivs hur RTM-processen går till steg för steg:

1. Torr väv som klippts till lämpligt format läggs i den nedre formhalvan. Formen av aluminium är redan uppvärmd för att undvika temperaturförändring, förkorta processtiden och för att ge bättre mekaniska egenskaper för laminatet samt för att minska hartsens viskositet vid injiceringen.
2. Övre formhalvan pressas ner mot den nedre.
3. Hartsen, i form av en värmehärdande härdplast för vilken härdprocessen har påbörjats, pressas in i utrymmet mellan formhalvorna och väven impregneras.
4. Efter att laminatet har härdat lyfts övre formhalva upp och laminatet avlägsnas.
5. Laminatet efterbearbetas, vanligtvis avlägsnas en överskottskant.



Figur 12-11: Principskiss för RTM



Figur 12-12,a-e: Principskiss för RTM, Process-stegen 1-5 från vänster till höger. Källa: Carbonia

Information om RTM-processen tillverkning av stänskärmar i kolfiberkomposit och tidsåtgången för stegen se Bilaga 11!

Normalt utnyttjas verktyg (formar) av fräst aluminium. Detta ger betydligt högre kostnad i förhållande till verktyg i komposit, fräst Ureol (polyuretan) eller epoxi. Motivationen till att utnyttja aluminiumformar är dock följande:

- Hög tålighet, aluminiumverktyg håller för en stor mängd lamineringar innan verktygen behöver underhållas eller repareras. Hållbarheten gör det även möjligt att ha skarpa hörn i konstruktionen utan att riskera att dessa skadas.
- God värmeöverföring gör att verktygen kan hålla en förhöjd jämn temperatur och därmed ge en kort processtid och möjlighet för god impregnering (då hartsens viskositet sjunker vid förhöjd temperatur) samt hög precision.
- Aluminiumverktygen klarar höga tryck vilket är nödvändigt vid injiceringen, framförallt vid större konstruktioner.



### 12.1.1.5 Laminering i ett steg – i slutna form

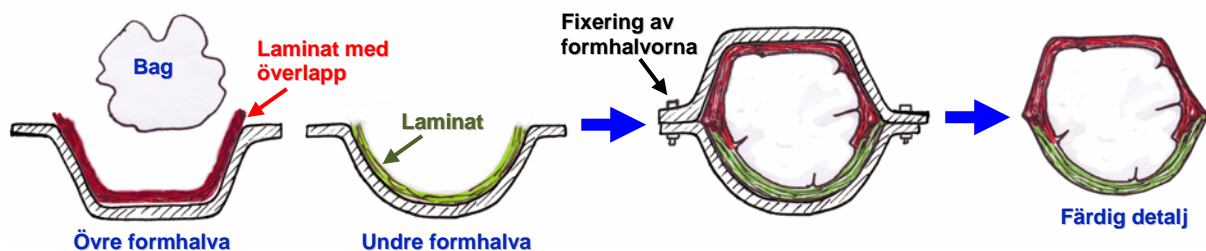
Laminering i ett steg med slutna form (se 12-13) är den bästa metoden att åstadkomma trikens ram. Detta eftersom metoden ger minimal vikt, maximala mekaniska egenskaper och begränsat krav på efterbearbetning.



Figur 12-13: Exempel på dubbelsidig slutna form, för framställning av ihåliga 3-ekrade komposithjul

Med hjälp av nedanstående figurer (se figur 12-14) och tillhörande förklaringar beskrivs hur laminering i slutna form går till steg för steg:

1. Laminatet läggs i två eller flera formhalvor med ett överlapp till nästa laminat
2. En bag appliceras
3. Formarna sätts samman. Därefter blåses bagen upp inuti med hjälp av övertryck eller vakuum i förhållande till utsidan och pressas därmed mot formen
4. Laminatet härdas varvid det avlägsnas från formen – detaljen är färdig efter eventuell efterbearbetning

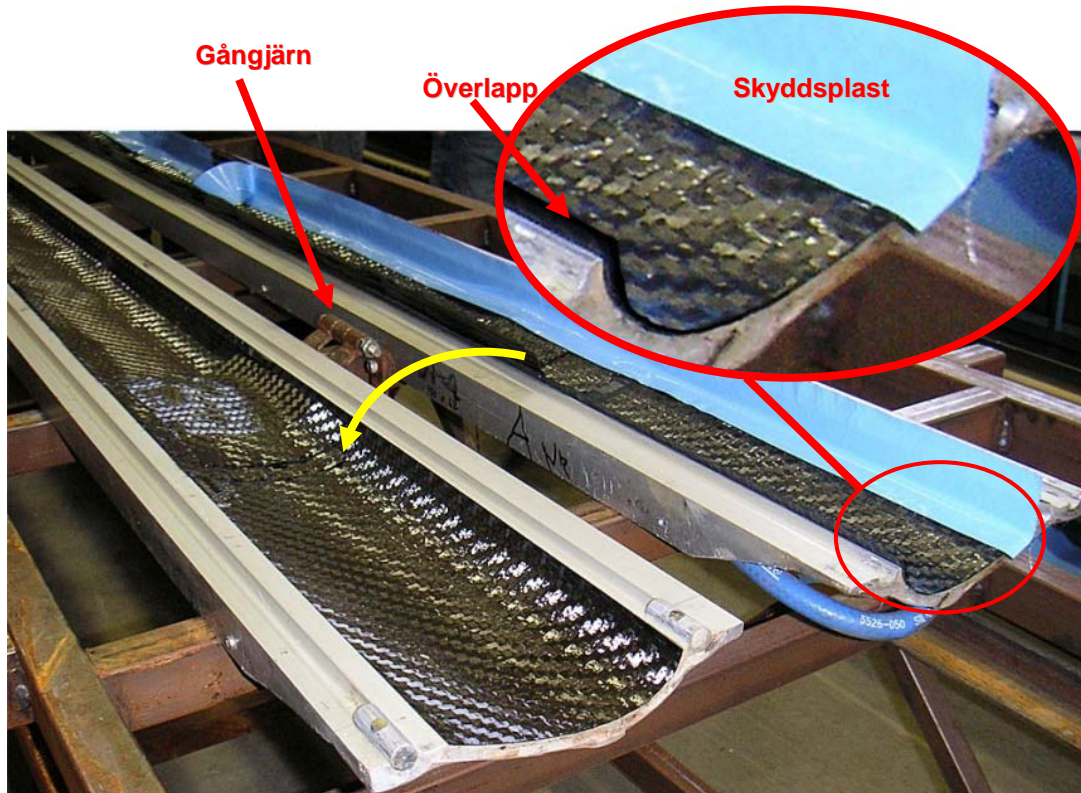


Figur 12-14: Principskiss över tillvägagångssättet vid laminering i slutna form

Den produktionsmetod som främst är lämpad för detta tillvägagångssätt är pre-preg-laminering. Detta eftersom laminering i ett steg i slutna formar ofta förutsätter innerbagen lämnas kvar efter att laminatet har härdat. Vid vakuumbaging och vakuuminjicering bör uppsugningsmaterial respektive transportmaterial avlägsnas för att uppnå minimal vikt medan pre-preg-laminering inte förutsätter något uppsugningsmaterial eller transportmaterial, endast en tunn bag som kan lämnas kvar utan någon större viktökning.



Exempel på företag i Sverige som pre-pregl-laminerar i slutna formar är *Marström Composite* som på detta sätt tillverkar bland annat master (se figur 12-15) och rattar till segelbåtar. Inuti formen vakuumsugs en bag mot laminatet, därefter appliceras övertryck på i en autoklav. Bagen som är tunn och lätt lämnas normalt kvar efter att laminatet har härdat.



Figur 12-15: Uppläggning av pre-preg (kolfiberväv impregnerad med värmehärdande epoxi) till en båtmast hos Marström Composite, halvorna är ledade i gångjärn och sätts samman innan autoklavbakningen. Genom att ena halvan har ett visst överlapp mot det andra laminatet åstadkoms en sluten form direkt utan sammanlimning. Delar av skyddsplasten (ljusblå) sitter fortfarande kvar på ena laminatet.





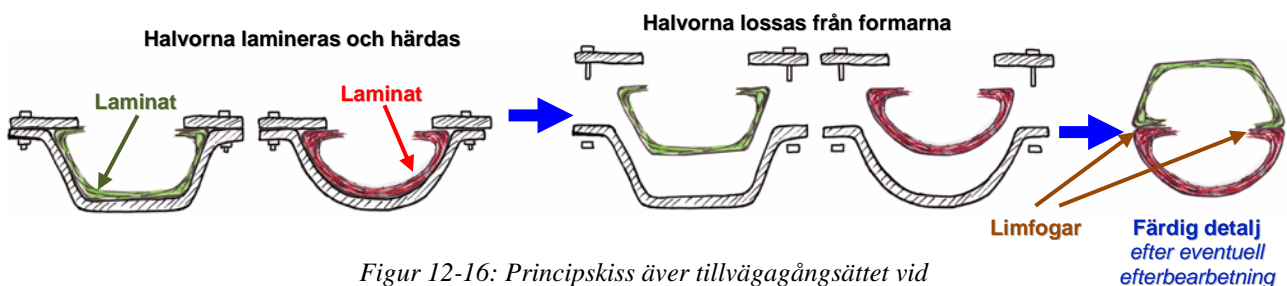
### 12.1.1.6 Laminering i flera steg – i flera formhalvor

Lamineringen av trikens ram kan även ske i form av två eller flera halvor som först lamineras och därefter limmas samman. Detta medger större möjlighet att välja produktionsmetoder och möjliggör att utnyttja produktionsmetoder som förutsätter att uppsugnings- eller transportmaterial används, dvs vakuumbagning eller vakuuminjicering. Denna metod underlättar även möjligheten att sätta in detaljer i ramen som förstärkningar och gängor. Laminering i flera steg har dock flera nackdelar i förhållande till laminering i ett steg i en sluten form (se kapitel 12.1.1.5). Vikten blir högre, de mekaniska egenskaperna något sämre och tidsåtgången och kravet på efterbearbetning är betydligt större. Av dessa orsaker är laminering i flera steg något som bör undvikas vid tillverkning av trikens ram, en metod som endast bör vara aktuell vid prototypstadiet men undvikas vid serieproduktion.

Vid laminering i flera steg är det viktigt att åstadkomma limytor på laminathalvorna där de kan limma samman. Alternativet att laminera på remsor över skarven ökar kraftigt kravet på efterbearbetning.

Det finns flera sätt att åstadkomma limytor. En metod där man åstadkommer ”tungor” innåt som fungerar som limytor redovisas med hjälp av nedanstående figurer (se figur 12-16) och tillhörande förklaringar:

1. Laminatet läggs i två eller flera formhalvor, laminaten våtlamineras, vakuumbaggas eller vakuuminjicerad, varefter laminaten härddas
2. Kanterna som åstadkommer ”limtungorna” avlägsnas varefter laminaten avlägsnas
3. Laminathalvorna limmas samman
4. Detaljen efterbearbetas, skarven döljs och eventuellt förstärks med fiberremsor, varefter detaljen är klar för eventuell lackering



Figur 12-16: Principskiss över tillvägagångssättet vid laminering i flera formhalvor med ”tungor” som limytor



### 12.1.1.7 Jämförelse och utvärdering av produktionsmetoder för ramen

De fyra produktionsmetoderna som presenterats och varianter av två av dessa som har jämförts och utvärderats. Resultatet återfinns i tabell 12-1 med efterkommande kommentarer och slutsatser.

#### Utvärderingsmatris – produktionsmetoder för trikeram i kolfiberkomposit

Produktionsmetod	Kvalitet	Finish	Vikt	Möjl. åstadkomma slutna form	Arbetsmiljö	Verktögs-kostnad	Styck-kostnad	Flexibilitet	Sammanvägt betyg
Våtlaminering med vakuumbag	2	3	2	1	1	5	2	5	71
Vakuuminjicering med mjuk bag	2	3	2	1	3	4	2	4	68
Vakuuminjicering med semihård bag	2	4	2	0	4	3	3	3	62
Pre-pre med vakuumbag	3	2	4	4	3	3	2	4	93
Pre-pre härdad i autoklav	5	2	5	5	3	2	1	3	103
RTM	4	5	3	0	5	1	2	1	63
Viktning	5	1	5	5	2	4	3	3	

Tabell 12-1

#### Kommentarer till utvärderingsmatrisen:

- **Kvalitet** avser laminatets mekaniska kvalitet. Generellt ger en hög fiberhalt, en låg andel defekter och luftinneslutningar samt en mekaniskt stabil matris som härdas vid hög temperatur en hög mekanisk kvalitet på laminatet.
- **Finish** avser laminatets ytfinish på formsidan *innan* eventuell efterbearbetning, slipning och lackering, samt behovet på efterbearbetning. Finish avser även måttnoggrannheten på formsidan men även avigsidan av laminatet. Vid våtlaminering och vakuuminjicering är det möjligt att förbättra ytfinishen genom att laminera en gelcoat närmast verktyget, vilket dock ger ökad vikt. Då det gäller pre-preg-laminering kan ytfinishen variera beroende vilken väv som väljs och dess matrishalt samt hur hög prioritet läggs på att maximera fiberhalten. Högt optimerade laminat med hög fiberhalt har dock generellt sämre ytfinish än laminat med lägre fiberhalt som är framställda med andra produktionsmetoder.
- **Vikt** avser ramens färdiga vikt. Ett högt betyg innebär låg vikt och vice versa. Genellt ger de produktionsmetoder där man kan framställa laminat av hög kvalitet, med hög fiberhalt och låg andel defekter, en låg vikt. Lägst vikt bör man därmed kunna åstadkomma vid pre-preg härdad i autoklav. I vikten ingår även möjligheten att åstadkomma en slutna form i ett steg då en delad form kräver mer material vilket leder till högre vikt.
- **Med möjligheten att åstadkomma slutna former** avses möjligheten att tillverka ramen i ett steg med slutna former utan möjligheten att ta bort eventuell innerbag. Denna metod utnyttjas främst vid framställning av konstruktioner i pre-preg-laminat, tex båtmaster (se figur 12-15). Pre-preg i motsats till vanlig vakuumbagning eller vakuuminjicering kräver inte att uppsagnings- eller transportmaterial används eller material som måste avlägsnas för att inte ge onödigt hög vikt. Endast en tunn lätt innerbag krävs vilken kan lämnas kvar efter lamineringen. Vid vakuuminjicering med semihård innerbag respektive RTM är det närmast omöjligt att åstadkomma laminat med slutna former i ett steg då formar på insidan av laminaten krävs, formar som inte kan avlägsnas om laminatet är slutet.



- **Arbetsmiljön** avser arbetsförhållandena vid framställning av ramarna, främst lamineringsmomentet. Ett högt betyg innebär en bra arbetsmiljö och vice versa. Våtlaminering innebär i särklass sämst arbetsmiljö i.o.m. att lamineringsarbetet inbegriper hantering och applicering av våta matrissystem. Den epoxi som utnyttjas är dock normalt lösningsmedelsfri, avdunstar inte och kontaminerar därmed inte luften. Däremot är dessa epoxisystem allergiframkallande vid direkt hudkontakt. Det är därmed mycket viktigt att skyddsutrustning används. Vid vakuuminjicering och RTM sker lamineringen i ett slutet system varvid risken för att komma i kontakten med matrismaterialet minimeras. Hantering av pre-preg innebär visserligen att det finns risk att komma i kontakt med matrismaterialet (som fibrerna är impregnerade med). Matrismaterialet är dock inte flytande vid rumstemperatur och dessutom betydligt mindre reaktivt vid hudkontakt än våta system (pga de värmehärdade epoxisystemens betydligt högre atommassa).
- **Verktögskostnad** avser kostnaden för att framställa erforderliga verktyg, formar och kringutrustning, för att kunna producera ramar. Ett högt betyg innebär en låg kostnad och vice versa. Verktögskostnaden är generellt låg för enkla metoder (som ställer låga krav på verktygen/formarna) och hög för mer avancerade produktionsmetoder (som ställer betydligt högre krav på verktygen/formarna). Vid pre-preg-laminering krävs att formarna tål hög temperatur, dvs baseras på matrismaterial med hög temperaturlåghet som vanligtvis värmehärdas vid minst samma temperatur som formen senare skall användas vid. Detta ger något högre kostnader än vid våtlaminering och vakuuminjicering. Verktögskostnaden vid RTM är mycket hög eftersom det krävs både en yttre- och innerform, båda frästa i aluminium.
- **Styckkostnad** avser kostnaden för att framställa detaljer inklusive efterbearbetning. Kostnaden är främst baserad på uppgifter från legotillverkare, tidsuppskattningar samt materialkostnader. Materialet i ramen är kolfiberväv av HS-kvalitet (T600, T700 eller motsvarande) laminerad med optiskt klar epoxi. Ett högt betyg avser en låg kostnad och vice versa. Styckkostnaden kan variera kraftigt mellan olika seriestorlek.
- **Flexibilitet** avser främst möjligheten att enkelt, snabbt och kostnadseffektivt kunna ändra på verktyget vid en förändring av t.ex. ingående komponenter i triken. Även hur snabbt nollserie skulle kunna tas fram, samt möjligheten att kunna förändra seriestorleken har vägts in. Våtlaminering är den enklaste metoden och ställer lägst krav på formen, vilket gör modifikationer enkla, vilket ger stor flexibilitet. Vakuuminjicering har framförallt fått ett högt betyg eftersom metoden erbjuder stor möjlighet att variera seriestorleken. RTM är den produktionsmetod med lägst flexibilitet eftersom verktyget består av två formar i aluminium av vilka modifikationer endast kan genomföras i mycket begränsad omfattning.
- Alla betyg har **viktats** utifrån bedömda behov för trikens ram. Möjligheten att snabbt få fram en ram med möjlighet att förändra under vägen, dvs flexibiliteten hos produktionsmetoden har vägts högst. Lägst har finishen vägts, inte pga kravet på slutfinish är låg utan eftersom slutfinishen ändå kan bli god om ramen lackeras väl, samtidigt som ramen designades för att bara ha styrande funktionsytor på utsidan, dvs formsidan.
- Betygen har räknats samman och multiplicerats med viktvärdena för att åstadkomma **sammanvägda betyg** som visar hur väl respektive produktionsmetod är lämpad för trikeramen. Bäst betyg med små marginaler har pre-preg härdad i autoklav fått.

### *Slutsats*

#### **Pre-preg-laminering och härdning i autoklav har bedömts vara den lämpligaste produktionsmetoden.**

Avgörande var en kombination av hög laminatkvalitet, låg vikt och möjligheten att åstadkomma ramens slutna form i ett steg.

**Även pre-preg härdad under vakuumbag har fått högt betyg.** Denna metod ger snarlika resultat, men begränsar möjligheten att använda pre-preg med mycket hög fiberhalt samt utformningar med små radier. **Detta kan vara ett bra alternativ om möjligheten att ha autoklav vid tillverkning av trikarna visar sig vara allt för opraktisk eller kostnadsineffektiv.** Det behövs nämligen en relativt stor autoklav för att svälja hela trikens ram, större än då små som normalt mindre legotillverkare har tillgång till.



### 12.1.2 Materialval till övriga delar

Trots att majoriteten av CarbonTrikes tillverkas i kolfiberkomposit är det inte praktiskt möjligt att använda kolfiberkomposit i trikens samtliga delar.

Vissa delar av triken utsätts för stora punktbelastningar. Kolfiberkomposit klarar dåligt punktbelastningar varvid det i dessa fall är bättre att välja metall som konstruktionsmaterial. Det finns även delar med utformning som man inte eller lämpligt åstadkommer i kolfiberkomposit utan är bättre att tillverka i metall. Det finns även delar där det krävs gånger något kolfiberkomposit inte alls är lämpad för.

I samtliga dessa fall används med fördel metall istället för kolfiberkomposit. På triken gäller det främst delarna kring hjulupphängningarna och styrningen samt bromsinfästningar. Dessa delar konstrueras i främst i höghållfast aluminium, EN 7075 eller 2014, för att uppnå maximal styrka och styvhet i förhållande till vikten. Delar som måste kunna bockas eller böjas, främst gäller det styret, tillverkas i svagare men böjbara aluminiumlegeringar, EN 6061, 6082 eller motsvarande.

Även funktionsytor i kolfiberkompositdelarna (ramen och bommen) är av aluminium. Det gäller ytorna vid styrlagren, vevlagret, bakhjulsupphängningarna (*dropoutsen*).



## 12.2 Material och tillverkningsmetoder för prototypen

Materialvalet till prototypen skiljer sig i grunden inte från materialvalet till produktionsmodellen, undantaget styrningen. Vissa anpassningar har gjorts för att passa enstycketillverkning utan tillgång till avancerad lamineringsutrustning.

### 12.2.1 Materialval till prototypens ram och prototypens kompositdelar

Prototypens ram och övriga delar som har tillverkats i kolfiberkomposit dvs toppböjen, stänkskärmarna och mindre detaljer har alla våtlaminerats, vakuumbagats och värmehärdats. De formar som har tagits fram har även dessa våtlaminerats men har inte vakuumbagats då det inte har funnits ett önskemål att maximera fiberhalten på dessa. Dock har även formarna värmehärdats för att uppnå korta processtider och hög värmestålighet (hög  $t_g$  och HDT)

#### Matris:

Ramen är konstruerad i kolfiber handlaminerad med lamineringsepoxy system anpassade för rumstemperaturhärdning och begränsad värmehärdning. Följande epoxi system har utnyttjats:

- **NM 650**, en lågviskös lamineringsepoxi från Nils Malmgren, anpassad för vakuumbagning med begränsad värmehärdning, med lång potlife (180 minuter).  
*För datablad se bilaga 13*
- **NM 275**, en allroundlamineringsepoxi från Nils Malmgren, med potlife på 30 minuter, och en härdtid vid rumstemperatur på 3 dygn. Denna epoxi har i vissa fall accelererats med accelerator NM 254 för att medge snabbare härdning utan värmeförföring.  
*För datablad se bilaga 14*

#### Kolfiber:

Kolfiber har används generellt till alla kompositdelar för att uppnå minimal vikt och maximal styvhet. Främst har längdriktad (UD) och non-crimp utnyttjats. Till de delar där kolfiberutseende har önskats har twill-väv utnyttjats. Kolfiberkvaliteten är av standardkvalitet och s.k. HS-kvalitet (*eng: high strength*) och kommer från tillverkaren Toray, vilket är marknads största kolfibertillverkare. Deras vanligaste kolfibrer T300, T600 och T700 har utnyttjats. Dessa kolfibrer har en E-modul kring 200Gpa och en sträckgräns (rena fibrer) kring 4000Mpa.



Figur 12-17: Alla kolfiberbitar ramen är uppbyggd av urklippta och sorterade inför lamineringen av ramen

#### Glasfiber:

Glasfiber är betydligt billigare än kolfiber, nästan lika starkt, men vekare (ungefär en tredjedel av E-modulen) och tyngre (ungefär 50 procent högre densitet). Därför har mycket lite glasfiber används i begränsad omfattning för trikens delar då låg vikt i kombination med hög styvhet har varit önskvärd i de flesta delar. Alla formar har dock tillverkats i glasfiber för att hålla nere kostnaden. Främst glasfiberväv sizad för epoxi har används med olika ytvikt beroende kravet på ytfinitet och draperbarhet.



### 12.2.2 Materialval till övriga prototypdelar

Till de delar som har funktionsytor där hög måttnoggrannhet krävs eller som utsätts för punktbelastning har metaller valts. Främst har aluminium valts. Denna metall har låg densitet (ca  $2.7 \text{ kg/dm}^3$ ), är lättbearbetad och relativt korrosionssäker. Den är även lätt att få tag i och förhållandevis billig.

#### **Följande aluminiumlegeringar har utnyttjats till trikens detaljer:**

- EN-AW 6061-T6, vanlig konstruktionsaluminiumlegering med relativt bra hållfasthet, vanlig i extruderat utförande (tex rör), böjbar
- EN-AW 6063-T6, vanlig konstruktionsaluminiumlegering med relativt bra hållfasthet, vanlig i extruderat utförande (tex rör), böjbar
- EN-AW 6082-T6, vanlig konstruktionsaluminiumlegering med relativt bra hållfasthet, vanlig i extruderat utförande (tex rör), böjbar
- EN-AW 2014-T6/-T9, en s.k. duralkvalitet med mycket hög hållfasthet, främst tillgänglig i plåt och rundstång, begränsad böjbarhet
- EN-AW 7075-T6, den starkaste tillgängliga handelslegeringen, främst tillgänglig i plåt och rundstång, begränsad böjbarhet

EN = **E**uropanorm

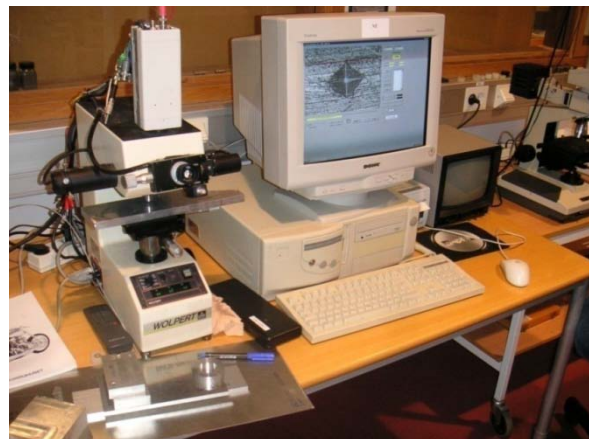
A = **A**luminium, W = **P**lastiskt bearbetad

T = **T**illståndsbehandling (enl SS-EN 515)

T6 = **u**pplösningsbehandlad och **v**armåldrat

T9 = **u**pplösningsbehandlad, **v**armåldrat och **d**ärefter **k**allbearbetad

För att minimera kostnaden har skrotbitar av aluminium utnyttjats till flera delar. För att bedöma kvalitén har hårdheten mätts och jämförts med material med kända legeringar. Hårdheten hos aluminiumlegeringar är nämligen proportionell mot sträck- och brottgränsen. En hård aluminiumlegering är alltså starkare än en mjuk legering. Mätningarna har genomförts i materiallab på KTH (se figur 12-18). Endast delar med hårdhet i nivå eller högre än den uppmätta för en referensbit av legeringen EN 6082-T6 har utnyttjats till prototypens delar.



Figur 12-18: Hårdhetsmätning av aluminiumbitar

För att tillåta svetsning har vissa delar tillverkats av stål, främst lättsvetsad, lättböckad *austenitiskt* rostfritt stål, SS 2333 (AISA 304) och SS 2343 (AISA 316). Detta gäller främst framhjulsupphängningarna och skivbromsinfästningarna.

Enstaka detaljer (t.ex. fästdetaljer för stänkskärmarna) har tillverkats av titan. Detta material är hårt och böjbart som rostfritt stål men har lägre densitet. Titan är dock svårbearbetat, dyrt och svårtillgängligt.



## 13 Dimensionering

Dimensionering är viktig för ett fordon som CarbonTrikes för att säkerställa att den håller och är tillräckligt styv men samtidigt att den inte är onödigt grovt dimensionerad och därmed för tung och för styv vilket inte ger den dämpning som önskas. Generellt har kompositdelarna dimensionerats utifrån önskad styvhet medan metalldelarna har dimensionerats utifrån önskad styrka. Här redovisas endast begränsade beräkningar, generaliserade och för några enstaka detaljer.

### 13.1 Dimensionering av ramen och kompositdelarna

Kolfiberkompositer har generellt hög brottgräns medan E-modulen inte är lika hög. I många konstruktioner är därför styvheten begränsande snarare än styrkan. Ramen har därför dimensionerats utifrån styvheten med en motsvarande stålram som referens. Grova förenklingar har gjorts i följande redovisade beräkningar. För en fullständig dimensionering och optimering krävs *FEM-analys (finita element metoden)* där fiberriktningen och godstjockleken bestäms i alla partier av ramen. Detta ligger dock utanför exjobbet och redovisas inte heller av affärsmässiga skäl.

*Resultaten avrundas relativt kraftigt under beräkningen för att göra beräkningen mer överskådlig och lätt att följa.*

#### **Beräkning av fiberhalt för typiskt laminat i trikeprototypen:**

*Detalj: Toppböjen (översta delen av sitsen som ger stöd åt nacken och är justerbar), (se kapitel 9.5.1 )*

*Fiber:*

- Kolfiber noncrimp 200g
- Kolfiber twill 25g
- Glasfiber twill 20g

Sammanlagt vikt fiber: 245g

*Matris: NM 650 (lågviskösa lamineringsepoxi med lång potlife), ca 250g applicerat*

*Produktionsmetod: Våtlaminering med vakuumbaging (maximalt vakuum = 0,9-1 bar), se kapitel 12.1.1.1*

*Härdning: Varmhårdning vid 60 grader från vått tillstånd i 3 timmar, efterhårdning 70 grader utan vakuum i 2 timmar*

Vikt färdigt laminat: 340g

varav 245g fiber ger 95g epoxi

ger: viktprocent fiber =  $W_f \approx 70\%$

Därmed har ca 155g epoxi absorberats av absorptionsskiktet vid vakuumbagingen (62% av epoxin) vilket ger ca 30% viktreduktion.



#### Materialdata:

Densitet fiber (HS-kolfiber):  $\rho_f = 1800 \text{ kg/m}^3$

Densitet fiber (glasfiber):  $\rho_f = 2700 \text{ kg/m}^3$

Densitet matris (epoxi):  $\rho_m = 1100 \text{ kg/m}^3$

Snittdensitet för fibern:

$$((200[\text{g}] + 25[\text{g}]) * 1800[\text{kg/m}^3] + 20[\text{g}] * 2700[\text{kg/m}^3]) / 245[\text{g}] \approx 1873 \text{ kg/m}^3$$

Viktfraktionen fiber för laminatet [Åström sid 149]:

$$V_f = \frac{W_f \rho_m}{W_f \rho_m + W_m \rho_f} \Rightarrow V_f = \frac{0,7 * 1100 [\text{kg/m}^3]}{0,7 * 1100 [\text{kg/m}^3] + 0,3 * 1873 [\text{kg/m}^3]} \Rightarrow V_f \approx 0,6$$

#### Resultat:

Ett typiskt laminat i trikeramen, vakuumbagat och värmehärdat med mestadels noncrimp-kolfiber laminerad med ett relativt lågvisköst epoxisystem har en fiberhalt på ca **60 volymprocent**.

#### Kommentar:

60 volymprocent fiber är ett högt värde vid vakuumbaging. Fiberhalten har dock kontrollerats även för andra delar tillverkade till prototypen med samma tillvägagångsätt och utrustning samt samma epoxisystem och samma eller liknande fibrer.

Den höga fiberhalten bör bero på följande orsaker:

- Laminaten har vakuumbagats under maximalt vakuum, dvs nästan rent vakuum, motsvarande 0,9 till 1 bar undertryck.
- Det epoxisystem som utnyttjats NM650 är relativt lågvisköst vilket tillsammans med värmehärdningen redan från vått tillstånd vilket ytterligare har sänkt viskositeten och har möjliggjort att pressa ut en stor del av överskottsepoxin från laminaten.
- Den fiberutformning som främst utnyttjats är lägnsriktade fibrer (UD) eller non-crimp (där varje lager ligger var för sig och inte korsar varandra), dessa fiberutformningar ger generellt täta laminat.

#### **Beräkning av vilken godstjocklek på kolfiberkompositen som krävs för att motsvara 1 millimeter stål i böjstyvhet:**

##### Indata:

##### Jämförelsematerial, stålplåt:

Tjocklek:  $T_{fe} = 1 \text{ mm}$

E-modul:  $E_{fe} = 213 \text{ GPa}$

##### Kompositmaterial, Pre-preg:

Fiber: HS-kolfiber

Fiberutformning: Väv med fiberriktningen  $[0^\circ/90^\circ]$ , 50% i varje riktning:  $\beta_f = 0,5$

E-modul kolfiber:  $E_f = 230 \text{ GPa}$

Volymfraktion fiber:  $V_f = 0,6$

Matris: Epoxi motsvarande NM650

E-modul matris:  $E_m = 3 \text{ GPa}$

Volymfraktion matris:  $V_m = 0,4$





### Beräkning av laminattjockleken

E-modulen för laminatet:

$$E_l = E_f * V_f * \beta_f \Rightarrow E_l = 230 \text{ [GPa]} * 0,6 * 0,5 \Rightarrow E_l = 69 \text{ GPa}$$

Erforderlig laminattjocklek ( $T_l$ ):

$$E_{fe} * T_{fe} = E_l * T_l \Rightarrow 213 \text{ [GPa]} * 1 \text{ [mm]} = 69 * T_l \text{ [mm]} \Rightarrow T_l \approx 3 \text{ mm}$$

### Resultat:

För att kolfiberlaminatet i trikens kompositdetaljer skall ha samma böjstyvhet som motsvarande 1 millimeter stålplåt skall **laminattjockleken vara 3 millimeter**.

För att göra beräkningarna enkla att följa har följande förenklingar har tillåtits:

- Kraften anses komma direkt i ena fiberriktningen och man anses tillgodogöra sig 100% av fiberns styvhet i den riktningen
- Matrismaterialiet (epoxin som binder samman laminatet) anses inte bidra med någon styvhet eftersom E-modulen för fibern vida överstiger styvheten för matrismaterialiet, dvs.  $E_f \gg E_m$

### Kommentar:

Referensramen till tadpole-triken av stål har den generella rördimensionen 40mm.

I kolfiberkompositramen är motsvarande dimensioner betydligt grövre och växer mot centrum av ramen (mot sitsen). De grövre dimensionerna ger högre styvhet vilket gör att mindre laminattjocklek krävs för att uppnå tillräcklig styvhet. Därför bör det vara lämpligt att bygga upp en laminattjocklek på 3 millimeter vid de tunnaste partierna av ramen och gå ner mot 1-1,5 millimeter i de grövsta.

### Beräkning av antal lager väv

Laminatet i ramen byggs upp med 420 g/m<sup>2</sup> noncrimp [+45°/-45°] kolfiber. Utöver detta förstärkas vissa partier med 600 g/m<sup>2</sup> längsriktad (UD) kolfiber. Därför har det beräknats hur mycket varje lager av respektive väv bygger:

#### Indata:

$$\text{Ytvikt noncrimp} = 420 \text{ g/m}^2$$

$$\text{Ytvikt UD} = 600 \text{ g/m}^2$$

$$\text{Densitet fiber (HS-kolfiber): } \rho_f = 1800 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Densitet matris (epoxi): } \rho_m = 1100 \text{ kg/m}^3$$

Detta ger densiteten för laminatet:

$$\rho_l = \rho_f * V_f + \rho_m * V_m \Rightarrow \rho_l = 1800 \text{ [kg/m}^3] * 0,6 + 1100 \text{ [kg/m}^3] * 0,4 \Rightarrow \rho_l = 1520 \text{ kg/m}^3$$

Antal lager med noncrimpväven:

$$\text{Med ytvikten fiber } 420 \text{ g/m}^2 = 0,42 \text{ kg/m}^2 \text{ blir totalvikten laminatet per lager:}$$

$$0,42 \text{ [kg/m}^2] / 0,7 \approx 0,6 \text{ [kg/m}^2]$$

Detta ger laminattjockleken:

$$T_l = 0,6 \text{ [kg/m}^2] / 1520 \text{ [kg/m}^3] \Rightarrow T_l \approx 4 * 10^{-4} \text{ [m]} \Rightarrow T_l \approx 0,4 \text{ mm}$$

Med en erforderlig laminattjocklek (3 mm) krävs då antal lager med 420 g/m<sup>2</sup>-väv:

$$3 \text{ [mm]} / 0,4 \text{ [mm]} = 7,5 \text{ lager} \Rightarrow 8 \text{ lager}$$

Den längsriktade väven bygger:

$$\text{Med ytvikten fiber } 600 \text{ g/m}^2 = 0,6 \text{ kg/m}^2 \text{ blir totalvikten laminatet per lager:}$$

$$0,6 \text{ [kg/m}^2] / 0,7 \approx 0,86 \text{ kg/m}^2$$

Detta ger laminattjockleken:

$$T_l = 0,86 \text{ [kg/m}^2] / 1520 \text{ [kg/m}^3] \Rightarrow T_l \approx 5,7 * 10^{-4} \text{ [m]} \Rightarrow T_l \approx 0,6 \text{ mm}$$

### Resultat:

För att laminatet i trikens kompositdetaljer skall ha samma böjstyvhet som motsvarande 1 millimeter stål krävs **8 lager med 420 g/m<sup>2</sup> kolfiberväv**

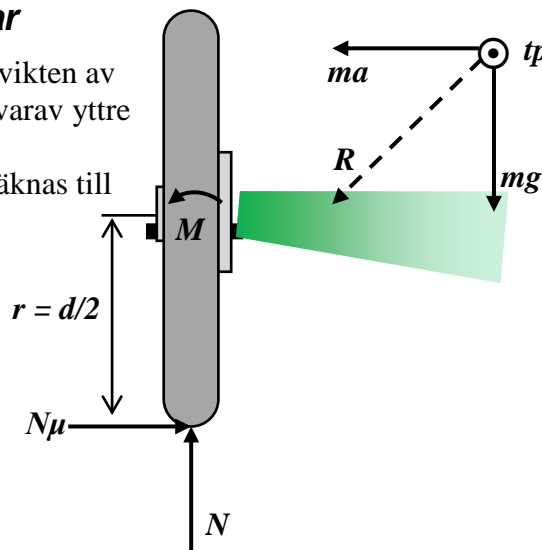
Vid förstärkning bygger varje lager längsriktad 600 g/m<sup>2</sup>-kolfiberväv 0,6 mm laminattjocklek



### 13.2 Dimensionering av framhjulsaxlar

Maximal kraft uppstår i kraftiga svängar då maximalt vikten av cyklisten, cykeln och packningen pressas mot hjulen, varav yttre framhjulet får ta emot ca 2/3-del av belastningen.

Maximal vikt för cyklist inkl packning och cykeln beräknas till 130kg.



Figur 13-1: Förenklad bild där krafterna som uppstår på trikens ytterhjul i en sväng och det moment som uppstår kring axeln visas

Normalkraften är:  $N = m * g * 2/3 \Rightarrow N = 130 \text{ [kg]} * 9,8 \text{ [m/s}^2] * 2/3 \Rightarrow N \approx 850 \text{ N}$

Den statiska friktionen mellan gummidäcket och asfalten uppgår till:

$\mu_{smax} = 1$  [Grahn & Jansson sid 157]

Maximal belastning blir då:  $F = N * \mu_{smax} \Rightarrow F = 850 \text{ [N]} * 1 \Rightarrow F = 850 \text{ N}$

Hjulets maximala diameter (ISO 406 mm med 50 mm däckdiameter):  $406 + (2 * 50) \approx 500 \text{ mm}$

Moment kring axeln blir då:

$M = F * r \Rightarrow M = 850 \text{ [N]} * 0,25 \text{ [m]} \Rightarrow M \approx 200 \text{ Nm}$

Förenkling: Endast det moment som uppstår av sidkraften tas hänsyn till. Det uppstår även ett motriktat moment som beror av normalkraften. Denna är dock så liten att den är försumbar.

Axeln som används är av hållfasthetsklassen 12.9, sträckgränsen är därmed:

$R_{p02} = 1200 \text{ [N/mm}^2] * 0,9 \Rightarrow R_{p02} = 1080 \text{ N/mm}^2$

Största tillåtna normalspänningen fås ur följande formel:  $\sigma_{max} = M / W$

där  $M$  är böjmomentet och  $W$  är böjmotståndet

Böjmotståndet för en homogen axel är:  $W = (\pi * d^3) / 32$  [Björk, formler sid 27]

Utan säkerhetsfaktor ger det följande minsta axeldiameter:

$1080 \text{ [N/mm}^2] = 200 * 10^3 \text{ [Nmm]} / ((\pi * d^3 \text{ [mm]}) / 32) \Rightarrow d \approx 12 \text{ mm}$

Med säkerhetsfaktorn  $S = 2$  det följande minsta axeldiameter:

$1080 \text{ [N/mm}^2] = (200 * 10^3 \text{ [Nmm]} * 2) / ((\pi * d^3 \text{ [mm]}) / 32) \Rightarrow d \approx 16 \text{ mm}$

#### Resultat:

Med **säkerhetsfaktorn 2** och hållfasthetsklassen 12.9 bör axeln vara minst **16 mm** i diameter för att med säkerhet inte böjas vid bruk.

**Kommentar:** 15 mm axeldiameter har valts. Detta för att redan 12 mm har visat sig hålla på andra tadpole-trikar. Troligtvis har i beräkningen maximal belastning överskattats.



### 13.3 Dimensionering av skruvar mellan framhjulsupphängningar och styraxlar

Skraven mellan framhjulsupphängningarna och styraxlarna (se figur 13-2) utsätts för stora belastningar då triken används, framförallt vid kraftiga svängar eller vid snabba inbromsningar. Ett brott kan få ett öderstiget resultat med allvarliga olyckor till följd varför det är viktigt att skruven med säkerhet håller.

Skraven har dimensionerats och beräkningarna redovisas här:



Figur 13-2: Vänster framhjulsupphängning sedd snett underifrån där skruven mellan framhjulsupphängningen och styraxeln är markerad

Maximal belastande moment på axeln beräknas vara samma i kapitel 13.2, dvs  $M = 200 \text{ NM}$   
Avståndet från skruvens centrum till kanten på hjulupphängningen är 15 millimeter.

Kraften på skruven blir då:  $F = 200 \text{ [Nm]} / 0,015\text{m} \approx 13 \text{ kN}$

Skraven som används är av hållfasthetsklassen 10.9 (de starkaste försänkta skruvarna) vilket ger brottgränsen:  $R_m = 1000 \text{ N/mm}^2$

Med säkerhetsfaktorn  $S = 4$  för att ge hög säkerhet mot brått, det ger följande spänningsarea:  $A_S = (13 \text{ [kN]} * 4) / 1 \text{ [kN/mm}^2] \Rightarrow A_S = 52 \text{ mm}^2$

Närmast M-gängade skruv med en spänningsarea över  $52 \text{ mm}^2$  är M10 som har spänningsarean:  $A_S = 58 \text{ mm}^2$  [Björk, Formler, sid 5]

#### Resultat:

Med **säkerhetsfaktorn 4** och en skruv med hållfasthetsklassen 10.9 bör skruven vara minst **M10** för att med säkerhet hålla för den belastning som kan uppstå vid cykling.



## 14 Prototypen och dess delar

Prototypen är till stora delar lik allroundversionen av CarbonTrikes-produktionmodellen, men hur den tillverkats och materialen skiljer sig något för att tillåta enkel uppbyggnad med tillgängligt material och verktyg samt för vissa delar tillåta justering och anpassning för fintrimning av t.ex. styrningen.

*I följande underkapitel beskrivs prototypens delar främst i de fall där de skiljer sig från produktionsmodellen. För de delar där tillverkningsprocessen ansetts intressant beskrivs denna kort:*

### 14.1 Prototypens ram

Ramen är konstruerad i kolfiberkomposit våtlaminerad, vakuumbagad och värmehärdad på en kärna av extruderad polystyrencellplast, Jackofoam 200 som har värmetrådskurits och slipats till korrekt form.



Figur 14-1: Prototypens ram utan några delar monterade

Extruderad polystyren (XPS) till skillnad från expanderad polystyren (EPS) som tex Frigolit framställs genom en extruderingsprocess som ger ett likformigt material till skillnad från det expanderade polystyrenmaterialet som består av expanderade kulor. Detta gör att extruderad polystyren är lämpligare vid framställning av pluggar då det går åstadkomma en jämnare yta samtidigt som det blir mindre skräpigt.

XPS är dessutom en cellplast som i motsats till EPS inte suger matris vilket är viktigt då laminat vakuumbagas eller vakuuminjiceras på en kärna av cellplasten.

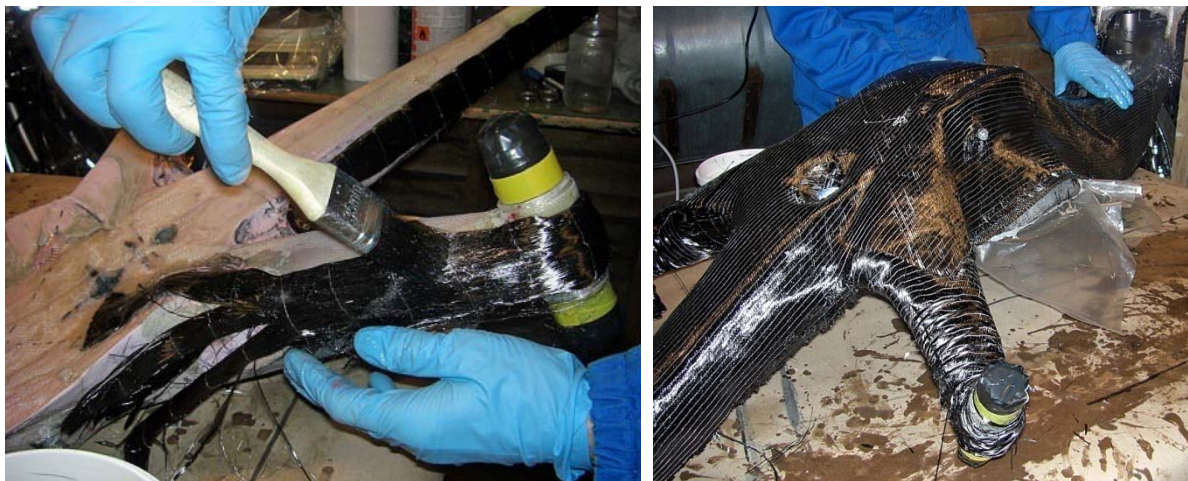


Värmetrådskärningen (se figur 14-2a) är ger snabba, rena och relativt precisa snitt men kräver att man tar fram mallar att skära ut med av tex masonit. Värmetrådskärningen är enkelt tillverkad med en fjäderupphängd enmillimeters tantaltråd i en ram av trä. Tråden värms upp av ett aggregat som ger 5 ampere vid 12 volt.



Figur 14-2,a-c: Tillverkning av kärnan till ramen:  
Vänster: Värmetrådsskärning av XPS till ramens kärna  
Mitt: Uttriggare och del mot bom innan värmetrådsskärning  
Höger: Skumplastkärnan innan vakuumbagningen

Våtlamineringen har skett i ett stycke med hela ramen på en gång varvid ramen bildar en *monocoque*. Ramen är våtlaminerad (se figur 14-3) med ett lågvisköst epoxisystem från Nils Malmgren, NM650. Armeringen består av kolfiber, en kombination av längsriktade (UD), non-crimp och väv.



Figur 14-3,a,b: Laminering av ramen:  
Vänster: Laminering av längsriktad (UD) kolfiber över höger uttriggare och styraxel  
Höger: Non-Crimp med fiberriktningen +45-grader läggs utmed hela undersidan av ramen



För att pressa fibrerna mot kärnan och pressa ut överskottet av epoxi och därmed maximera fiberhalten samt minimera mängden luftinneslutningar är ramen vakuumbagad vid maximalt möjligt vakuum (ca 0,9-1 bar undertryck), *se figur 14-4a*. Ramen är värmehärdad (ca 70 grader, *se figur 14-4b*, vilket är maximalt vad XPS-kärnan klarar utan att deformeras vid belastningen från vakuumbagen) redan från vått tillstånd för att sänka epoxins viskositet och därmed ge än fiberhalt av hög laminatkvalitet och kort processtid och begränsad belastning på vakuumpumpen.



*Figur 14-4,a,b: Vakuumbaging och värmehärdning av prototypen:*

*Vänster: Vakuumbaging av ramen (innan den satts på uppvärmning)*

*Höger: Värmehärdning av ramen i provisorisk ugn bestående av en kartong uppvärmd av en värmefläkt, detaljförstoring av vakuumpumpen och evakueringsbehållaren med vakuumanometer*

Växel- och bromsvajrarna leds inuti ramen i tunna plaströr. På detta sätt får ramen ett rent utseende.

Gångor i ramen för pakethållarna och stänkskärmen bak har åstadkommits genom att laminera in små stålbitar innan lamineringen. Dessa har i efterhand lokaliserats med magnet och borrats upp och gängats.



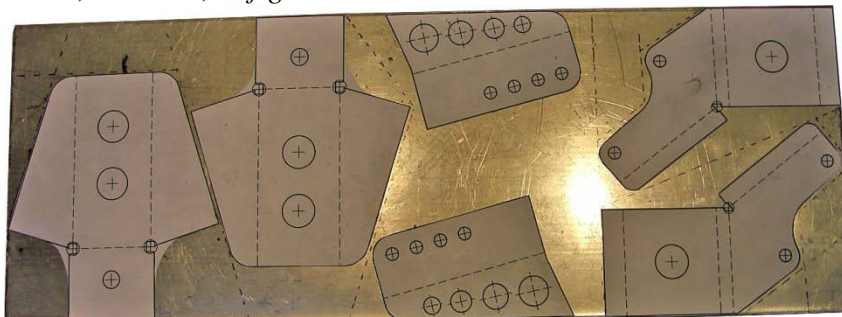
## 14.2 Prototypens framhjulupphängningar

Framhjulsupphängningarna på prototypen är unika i det hänseende att de möjliggör byte av hjulstorlek, varvid man kan välja mellan 20 tum (ISO 406mm) 16 tum (ISO 349mm) fram. För att åstadkomma detta är två M16 skruvfästningar fastsatta med 28,5 millimeters avstånd i vertikal riktning. Därmed påverkas inte styrgeometrin, vevpartihöjden eller markfrigången vid hjulbyte. Vid byte av hjulstorlek flyttas skivbromsfästena som skruvas fast mha hjulaxeln (se figur 14-5).



Figur 14-5,a,b: Vid hjulbyte flyttas bromsfästet för att hamna rätt i förhållande till bromsskivan

Hjulupphängningarna på prototypen är tillverkade av bockad, svetsad rostfri stålplåt, 2 millimeter, SS 2343, se figur 14-6.



Figur 14-6: Rostfri stålplåt med pålimmade papper som fungerar som mall för sågning, borrhning och bockning

Hjulupphängningarna ansluter mot styrlagerröret i svarvad aluminium (EN 6063-T6) och är sammanskruvade, se figur 14-7 (för beräkning av denna skruv se kapitel 13.2).

Denna konstruktion är ur vikt- och komplexitetssynpunkt sämre än produktionsmodellens men valdes för att tillåta en snabbare prototypframtagning och möjlighet till förändring.



Figur 14-7: Vänster hjulupphängning inkl styrlagerrör och ändlägesstopp för styrningen



## 14.3 Prototypens styrning

Styrningen är på prototypen framtagen för att vara så flexibel som möjligt med möjlighet till att både finjustera geometrin för att optimera ackermankompenseringen och korrekt toe-in samt att testa olika utväxlingar mellan styrutslaget hos styret och hjulen.

Prototypens styrning baseras på cykeldelar, mestadels i aluminium som har modifierats för passa trikens speciella styrning.

### 14.3.1 Styrstam

Den centrala delen av styrningen består av en standardstyrstam i aluminium (se figur 14-8) för MTB-cyklar med 1 1/8-tum styraxeldiameter (28,6mm). Klämman har pressats isär för att ge plats för styrlagret (1-tum styraxeldiameter = 25,4mm) som har en ytterdiameter på 34 millimeter. I glipan har en bit av plast (POM), passats in för att undvika att vatten kommer in eller att styraxeln syns.



Figur 14-8: Styrstam med lager och axel innan skyddsbiten för glipan har skruvats fast.

### 14.3.2 Styre

Styret består av aluminiumrör av två dimensioner, 25x1,5mm vid centrum och 22x1,5mm mot ändarna. Styrändarna sitter istuckna i centrumdelen och hålls på plats av en klämma. Konstruktionen tillåter justering i längs- och sidled. Styrrören är bockade för hand med enkel utrustning som tillverkats i specialplywood (se figur 14-9). Vid bockningen har rören fyllts med sand (se figur 14-10a) för att inte plattas till.



Figur 14-9,a-c: Tillverkning av rörbockningsutrustning:  
Vänster: Utsågning med bandsåg, Mitt: Fräsning av långsidan, Höger: Fräsning av bockradien



Figur 14-10,a-c: Bockning av rör till styrningen:  
Vänster: Påfyllning av sand i röret  
Mitt: Tilltäppning av ändarna med expanderbult för att hålla sanden på plats  
Höger: Mittsektionen av styret bockad



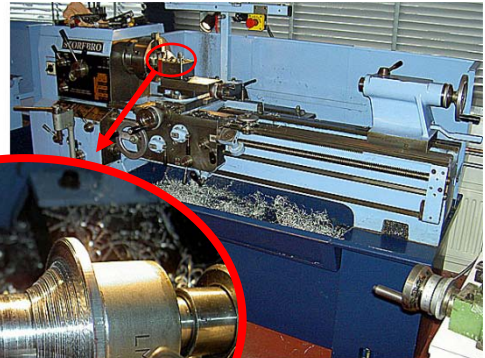


### 14.3.3 Styrstag

Styret är kopplat till framhjulsupphängningar via styrstag med vinkellänkar i ändarna (se figur 9-8). Dessa styrstag består av aluminiumrör (12x1mm) med höger- respektive vänstergångade ändar, delar från vantskruvar, vilket gör det enkelt att justera toe-in-inställningen för styrningen sitter via vinkellänkar.

### 14.4 Prototypens framhjulsnäv

Naven till prototypen har tillverkats i KTH-Kistas verkstad mha manuella svarvar (se figur 14-11). Dessa nav är ekvivalenta med de nav som skulle tas fram vid en produktion med skillnaden att produktionsnaven skulle NC-bearbetas för ge låga arbetskostnader och hög, jämn kvalitet.



Figur 14-11:  
Svarvning av nav i  
KTH-Kistas verkstad

#### 14.4.1 Standardnav

Standardnaven är svarvade ur en aluminiumstång (diameter 80 mm), aluminium av höghållfast duralkvalitet (EN 2014-T6). Utformningen liknar specialtillverkade nav som används på vissa andra tadpole-trikar men liknar även Cannondales enkelsidesupphängda nav, "lefty", (se figur 9-38) med jämna övergångar för att ge god kraftutjämning och minimala spänningskoncentrationer.

Ekerflänsarna är i likhet med Cannondale Lefty olika stora (se kapitel 9.4), den på bromsskivsidan är större än den på utsidan.

Detta för att ge plats till

bromsskivinfästningen (standardiserad

6-hålsinfästning med 44 millimeters diameter) och för att ge mindre kraftöverföring till ekrarna vid inbromsning. Denna utformning underlättar även ekring av hjul. Bromsskivinfästningen är i direkt kontakt med den närmaste ekerflänsen utan någon reducering vilket ger en mycket stark och styv konstruktion.

Standardnavet är relativt grovt dimensionerat och är anpassad för den större framhjulstorleken, 20-tum (ISO 406mm), för tyngre cyklister, touring och mer aggressiv cykling.

Hjulet kring standardnavet (se figur 14-13) är 3-kors-ekrade (för ekerlängdsberäkning se bilaga 6), vilket är optimalt ur styrkesynpunkt för ett 20"-hjul (ISO 406 mm). Genom om att utnyttja olika längd på ekernipplarna utnyttjas samma ekerlängd på båda sidorna trots skillnaden i flänsstorlek.



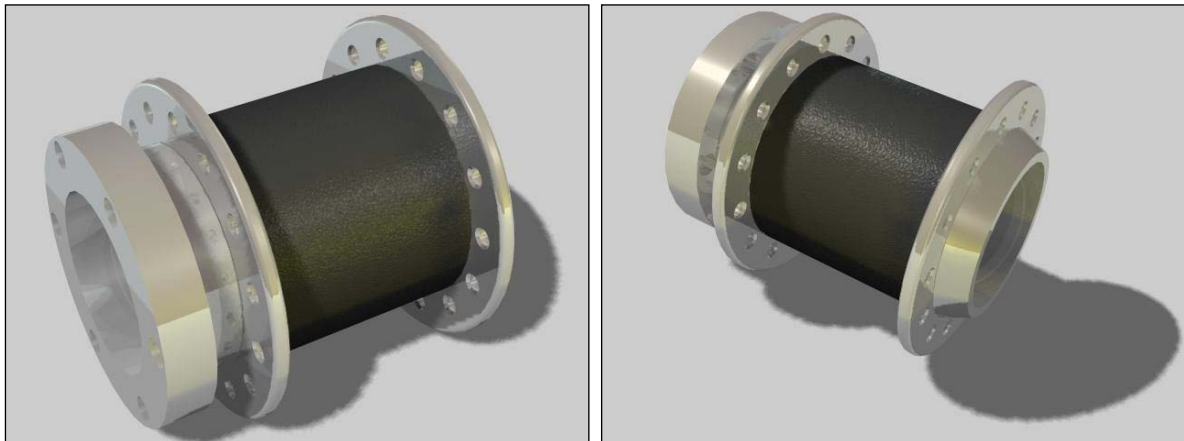
Figur 14-12: Standardnav,  
med och utan bromsskiva

Figur 14-13: Standardnavet ekrat i 20"-hjul



#### 14.4.2 Lättviktsnav

Lättviktsnaven (se figur 14-14) är konstruerade av kombination av höghållfast aluminium (EN 7075-T6) och kolfiberkomposit. Ändelarna är svarvade ur en aluminiumstång (diameter 60 mm). Centrumdelen är i form av ett kolfiberberrör, framtaget i pre-preg. Dessa delar har limmats samman med ett tvåkomponent polyuretanlim (*Bison, Kombi Power*) som både är starkt och något elastiskt, samt elektriskt isolerande vilket minimerar risken för galvanisk korrosion mellan aluminiumet och kolfibern då de två materialen leder ström och har olika elektronegativitet.



Figur 14-14,a,b. CAD-rendrerade bilder av lättviktsnavet

Syftet med denna materialkombination är att utnyttja de båda materialens egenskaper på ett optimalt sätt och genom detta kunna sänka vikten (70 gram jämfört med standardnaven) men även för att ge ett "high-tech-utseende" som bättre passar lättviktsmodellens profil. Uppbyggnaden med tre delar underlättar dessutom möjligheten att anpassa navbredden till hjulstorleken eller den förväntade belastningen. Delningen ger även åtkomst från insidorna och därmed möjlighet att hålla nere ekerflänsdiametern på skivbromssidan.

Lättviktsnaven är optimerade för att passa den mindre hjulstorleken, 16 tum (ISO 349mm). Denna storlek ger mindre momentkrafter och axiella krafter och möjlighet därmed att minska både avståndet mellan ekerflänsarna och hålla nere ekerflänsdiametrarna.

De svarvade delarna har endast raka ytor och är därmed snabbsvarvade och vid NC-bearbetning lätta att CAM-bearbeta vilket minimerar utvecklingskostnaden.

Vid produktion utnyttjas fabrikstillverkade purtruderat kolfiberkompositrör från tex *Exel*. Limmet blandas med ett mixerrör vilket gör att limmets två komponenter inte behöver blandas manuellt.

En vidare optimering bör kunna reducera ytterligare några tiotal gram vilket gör detta nav till till ett av de lättaste enkelsidesupphängda trikenaven på marknaden.

Lättviktsnavet är ekrat i 16-tumshjul (ISO 349 mm), 2-korsekring, vilket är optimalt för den lilla hjulstorleken för ekerlängsberäkning se bilaga 7). (16-tumshjulen syns bland annat på bilderna 9-21, 9-81 och 13-2)



## 15 Utvärdering av prototypen

Trike-prototypen har testats och utvärderats grundligt, dels av utvecklaren Lars Viebke under kortare och längre cykelturer med prototypen i olika konfigurationer (*se figur 15-1*), men även av flera externa oberoende personer för att få maximal input främst inför en vidareutveckling mot en produktifiering av CarbonTrikes.



Figur 15-1: Längre testtur med trikeprototypen innan den spacklats och lackats

Två cyklister, båda med mycket stor erfarenhet och kunskap inom sina områden har fått testa och utvärdera prototypen mer grundligt. Här redovisas deras kommentarer kring triken med fokus på dess funktion samt förslag inför en kommersialisering. I anslutning till förslagen redovisas kommentarer från författaren Lars Viebke (*förkortas här till "LV"*).

**Vid testtillfällena var triken funktionsduglig men ramen inte spacklad och lackad.**

**Hjul och däck var vid testtillfällena:**

Fram: 20 tum Schwalbe Stelvio (406x28mm), 6 bar lufttryck

Bak: 20 tum Schwalbe Big Apple (406x50mm), 2,5 bar lufttryck

---

### 15.1 Utvärdering av testperson 1

**Data för testperson 1:**

Namn: Mårten Danielsson

Längd: 180 cm

Vikt: 94 kg

Testdatum: 2008-04-26

**Testpersonens erfarenheter:**

Mårten Danielsson (*se figur 15-2*) är journalist med lång erfarenhet inom motions- och tävlingscykling med kunskap framförallt kring landsvägs-cyklisternas krav och med stort intresse och kunskap inom viktminimering av cyklar. Tidigare ägare av tadpole-trike.



Figur 15-2: Mårten Danielsson testcyklar prototypen



### **Mårten Danielssons kommentarer till trikeprototypen:**

- Triken ser häftig ut redan i detta skede (*innan spackling och lackning*), åtminstone för den som har kunskap kring kolfiber.
- Styrningen verkar fungera bra, triken spårar väl. Drivningen svarar snabbt, ramen är styv.
- Triken är kanske lite liten för storväxta person, utvärdera ifall den bör göras med bredare sits (vid baken) och spårvidd samt bredda styrningen något?

*LV-kommentar: Racermodellen bör vara smal, allroundmodellen kanske skall göras lite bredare än prototypen, detta bör utvärderas vidare. Annars hänvisas storväxta (breda) cyklister att välja små framhjul (16") eller touringmodellen för att ge tillräckligt utrymme.*

- Synbarheten måste ökas vid landsvägcykling! Signalflagga eller signalfärgad hjälm är ett krav.

*LV-kommentar: Triken har efter testtillfället försetts med signalflagga. Ramen har därtill lackas i en flouruserande signalfärg, detta har gjort att synbarheten väsentligt har ökat i förhållande till trikens skick vid testtillfället då den var grafitgrå (från den olackade kolfibern).*

### **De kommentarer och synpunkter som Mårten Danielsson hade, främst kring utveckling av produktionstriken:**

- Försöka utnyttja platsen under sitsen som litet lagringsutrymme (för lagringsats, pump mm). Utvärdera hur ett utskär påverkar ramens styvhet och styrka.

*LV-kommentar: Ett förvaringsutrymme har gjorts i ramen efter testtillfället (se kapitel 9.14.1). Utskåret har inte påverkat styvheten kännbart då den har placerats där ramen är som grövst.*

- Lättviksmodellen bör säljas med diskhjul, detta ger bättre luftmotstånd, signalerar fart och ökar värdet på triken väsentligt.
- Lättviksmodellen bör antingen som standard eller som option förses med 700c-racerhjul (28", ISO 622mm) bak. Detta för att kunna använda standardväxelsystem och få tillräckligt höga växlar men även möjlighet att välja färdigtillverkade toppprestanda-hjul. Bakgaffeln bör därmed ha ett djupare urtag för detta hjul, detta kan dock vara smalt i framkanten då endast smala däck kommer användas tillsammans med 700-hjulet. Vid byte av hjulstorlek byter man dropouts.

*LV-kommentar: I CarbonTrikes-konceptet ingår de utbytbara dropoutsen (se kapitel 9.14.2). Ett hjulbyte av detta slag är möjligt på de planerade produktionsmodellerna (se kapitel 9.5.2).*

- Åtminstone delar av triken bör ha kolfiberutseende, tex toppböjen.

*LV-kommentar: Triken har kolfiberutseende på toppböjen samt "designurtagen". Utöver detta skall stänkskärmar och annan utrustning om möjligt ha kolfiberutseende. Om trikarna bör ha mer kolfiberutseende utvärderas inför kommersialiseringen.*

- Triken bör säljas med många optioner, där kunder väljer växelalternativ osv. Detta gäller endast främst standardcykeldelar som "skruvas på", ej specialtillverkade delar.



*LV-kommentar: Många optioner ger risk för ökad hanteringskostnad och minskad möjlighet att uppnå tillräckliga marginaler.*

- Satsa på att ta fram en superlätt, hårt kompromissat, topp-prestanda-modell i princip utan kostnadsbegränsningar för presentation av triken på mässor och nätet.
- En liten, lätt, bakkåpa i kolfiberkomposit (liknande den som säljs till Velokraft och Windcheeta) bör finnas som option, detta för att minska luftmotståndet och ge lite lagringsutrymme för mindre packning, vid pendling eller lätt touring. Även om inte bakkåpan tas fram direkt bör triken omgående designas för att passa tillsammans med bakkåpa.
- Titta igenom alla delar på detaljnivå för att hela tiden "jaga vikt".

## 15.2 Utvärdering av testperson 2

### Data för testperson 2:

Namn: Christer Spolander

Längd: 182 cm

Vikt: 80 kg

Testdatum: 2008-04-28

### Testpersonens erfarenheter:

Christer Spolander (se figur 15-3) är trafikexpert på konsultbasis med cykling som specialområde, har mycket stor erfarenhet av liggcyklar och cykeltouring, ägare av flera liggcyklar varav en kolfiberlowracer med sitsen integrerad i ramen (Velokraft VK2, se figur 7-4), utöver touring främst inriktad mot snabbcykling.



Figur 15-3: Christer Spolander testcyklar prototypen

### Krister Spolanders kommentarer till trikeprototypen:

- Triken svarar mycket bra, den känns inte alls lika seg som andra trikar kan kännas, ramen är styv och drivningen direkt utan fördröjningar eller kraftförluster
- Styrningen är stabil, det känns som man har full koll och bra vägkänsla, triken sticker inte iväg åt något håll
- Styrets placering känns helt rätt
- Toppböjens funktion med den enkla justerbarheten är smart
- Svängraden är något begränsad, skulle ha kunnat vara bättre för att underlätta svängar i trånga passager
- Triken känns inte lika stötig som motsvarande tvåhjuling med samma däck och lufttryck, kolfiberramen tillsammans med viktfordelningen över de tre hjulen verkar ge viss dämpning



**De kommentarer och synpunkter som Krister Spolander hade, främst kring utveckling av produktionstriken:**

- Det skall tydligt framgå att ramen är av kolfiber, ramen bör därför ha kolfiberutseende åtminstone på vissa platser, det kan även skrivas "100% Carbon" eller liknande på ramen, "Carbon" kan gärna integreras i märkesnamnet för ytterligare förtydliga.

*LV-kommetar: Ramen har efter detta tillfälle lackats med en ljus färg (flouruserande grön) i grunden och med mörka partier på "designurtagen" för att ge ett smäckert intryck. Designurtagen har kolfiberutseende (twillväv laminerad med optiskt klar epoxi, klarlackad), även toppböjen och stänkskärmarna har kolfiberutseende.*

- Integrera belysning i ramen, i bommen och toppböjen, kanske enklare LED-baserad som gör att man syns snarare än ser
- Överväga att byta bar-ends-växelreglagen mot vridreglage och montera stödknoppar på toppen av styrändarna för att ge naturliga stödplatsen att vila händerna på

**Krister Spolanders förslag till ändringar utifrån prototypen:**

- Ändra sitslutningen, denna bör vara mer liggande, 30-35 grader (från horisontalplanet) både på touring- och allroundmodellen, 25 grader på lättviktsmodellen, eventuellt skall vevpartiet höjas något när sitslutningen ökar.

*LV-kommetar: Att låta sisten luta så kraftigt på touringmodellen och kanske allroundmodellen går stick i stäv med andra tadpoles, innan sitslutningen slutligen bestäms bör potentiella kundgrupper och cyklister utfrågas noggrant.*

- Skippa "vingarna" på sitsen, åtminstone den övre delen bör vara så smal som möjligt.

*LV-kommetar: På lättviktsmodellen kan "vingarna" släppas, detta ger något lägre vikt och ett smalare utseende, men på touring- och allroundmodellen bör det utredas om vingarna behålls, för att ge stöd och ökad bekvämligheten för cyklisten och ett mer "ombonat" utseende. Att släppa "vingarna" kan underlätta utformning av sitsdynan, speciellt en delad.*

- Skippa skivbromsfästet på lättviktsversionen för att minimera vikten och kunna förkorta dropoutsen, på en lättviktsversion är en bakbroms ändå inte intressant, varken som aktiv broms eller som parkeringsbroms.
- Till sitsdyna bör en "Ventisit" (luftspalmtatta) väljas snarare än dagens Poret-material (filtermaterial), detta ger både bättre funktion (ventilation och stöd) och ett mer professionellt utseende.

*LV-kommetar: Nuvarande sits(se kapitel 9.5 och 9.6) passar bättre med en dyna av filtermaterial (Poret). Det kan bli svårt att åstadkomma en dubbel dyna med negativa urklipp i luftspalmtatta (Ventisit-material), detta bör undersökas, alternativt kan dynan vara en enhet och säljas separat i tre storlekar (Small, Medium, Large).*

- Bommen bör inte vara rund utan med en mer fyrkantig eller avlång profil för att inte rotera då längden justeras eller om man inte drar klämmorna åt så hårt



### 15.3 Utvärdering av allmänheten – demonstration vid tekniska museet

13:e september 2008 visades trikeprototypen upp för första gången för allmänheten på tekniska museet vid ett arrangemang på temat ”*Annorlunda cyklar*”

Där fanns även möjlighet för besökarna att testa triken på ett inhägnat område vilket utnyttjades i stor omfattning. Allt från små till stora, unga som gamla ville testa triken. Både testarna och de som bara beskådade och fingraskade triken gav mycket positiva omdömen, de upplevde triken som kvick och rolig att cykla med, ansåg den vara mycket bekväm och gillade utseendet och utformningen. Enligt många skapade den ett starkt "ha-begär".

#### *Bilder från dagen:*

På plats var det tänkt att prototypen skulle visas i en utställningshall, stående mellan en velomobil (märket Mango) och en annan tadpole-trike (märket HPVelotechniks Scorpion)...



Figur 15-4: Prototypen i utställningshall på tekniska museet

...men det dröjde inte längre innan besökarna krävde att få testa triken på ett inhägnat område utanför utställningshallen:



Figur 15-5,a-c: Testcykling av triken utanför tekniska museet



Många äldre uppskattade bekvämligheten och stabiliteten hos triken:



Figur 15-6,a,b: Äldre testcykling av triken utanför tekniska museet

Medan de unga tyckte det var helkul att rejsa triken eller bara vila på den, även om vissa hade lite väl svårt att nå till pedalerna:

*Kommentar: avståndet är justerbart genom att flytta på bommen(se kapitel 9.17), även sitsens justeras lätt, det fanns dock inte tid till detta vid testillfället*



Figur 15-7,a,b: Yngre testcykling av triken utanför tekniska museet





Här insisterar en mamma att hennes dotter skall att testa triken:



*Figur 15-8,a,b: Testcykling av triken utanför tekniska museet*

...för att sen själv testa triken med dottern springande efter:



*Figur 15-9: Testcykling av triken utanför tekniska museet*



## 16 Varianter – olika modeller inom CarbonTrikes-konceptet

Den prototyp som har konstruerats motsvarar standardmodellen / allroundmodellen vid en framtida produktion – **CarbonTrikes Allround – CTA**. Detta eftersom denna modell bör passa den största gruppen, de som använder cykeln för kortare och längre turer, för nöje och pendling men även för enklare touring. Den bör även vara lämpligast för utvärdering av många olika typer av cyklister.

För att bredda marknaden för CarbonTrikes har det dock bedömts vara nödvändigt att vid en kommersialisering ta fram fler modeller. Utöver cyklister som använder triken för ”allroundcykling”, har framförallt två grupper identifierats som användargrupper och potentiella kunder:

- **Träning- och tävlingcyklare**, vilka använder cykeln som ett redskap för att ta sig fram så fort som möjligt. Dessa prioriterar minimal vikt, luft och rullmotstånd.
- **Touringscyklister**, vilka använder cykeln för långturer med mycket packning. Dessa prioriterar en bekväm trike som klarar mycket packning (vikt och volym), har en bra packlösning, tål att cyklas långa sträckor hårt belastad.

För dessa två grupper utvecklas två modeller:

- **CarbonTrikes Light – CTL** (tillika racermodellen), en låg, smal trike med kraftigt lutande sits, med minimal vikt och tunna däck med minimalt rullmotstånd. Denna har främst racercykeldelar som ger relativt höga växlar och låg vikt.
- **CarbonTrikes Touring – CTT**, en bredare längre trike med rejäl packlösning för dubbla par cykelväskor, en styvare starkare ram än de andra versionerna framförallt bakgaffeln för att klara belastningen från packningen, en relativt upprätt sits som ger bra uppsikt, rejäla hjul och grövre men samtidigt lättrullade däck. Denna har främst MTB-växlar med stort växelomfång och framförallt låga växlar.



## 16.1 Data för CarbonTrikes-modellerna

Efter att ha genomfört en förstudie med jämförelse mellan olika tadpole-trikar, deras mått, och hur dessa styrs av kundkraven, och efter en utvärdering av den framtagna trikeprototypen, har följande data och mått ansetts lämpliga för de planerade CarbonTrikes-modellerna (se tabell 16-1). Måtten refererar till måttritningen nedan (se figur 16-1).

	CTA CarbonTrikes Allround	CTL CarbonTrikes Light	CTT CarbonTrikes Touring
Totalbredd	71 cm	71 cm	85 cm
Spårvidd	66 cm	66 cm	80 cm
Hjulbas*	105 cm	115 cm	120 cm
Sitthöjd**	24 cm	18 cm	25 cm
Vevpartihöjd**	40 cm	40 cm	40 cm
Sitslutning	40°	25°	40°
Markfrigång**	12 cm	7 cm	13 cm
Hjuldimension bak***	406 x 37 mm	406 x 28 mm	406 x 50 mm
Hjuldimension fram***	406 x 37 / 349 x 37 mm	349 x 28 mm	406 x 40 mm
Max belastning****	130 kg	100 kg	150 kg
Vikt*****	13 kg	11 kg	15 kg

Tabell 16-1

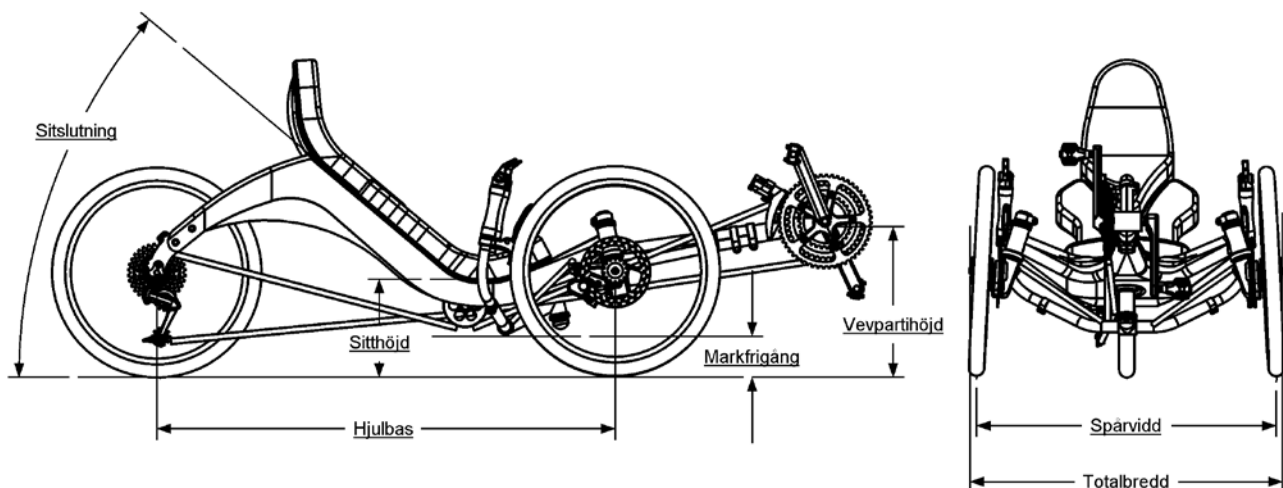
\*) Hjulbas vid 20"-bakhjul, hjulbasen förlängs med ca 5cm med 26" eller 28"-bakhjul

\*\*\*) Vid standarddäckdimension och inställning för person med 180cm kroppslängd

\*\*\*\*) Standarddimension för hjul och däck, ISO (E.T.R.T.O.), kan ändras både fram och bak

\*\*\*\*\*) Vikt för cyklist + packning

\*\*\*\*\*) Trikens vikt enl standardiserat vägsätt, med standarddelar och standardhjul, exl sitsdyna, pedaler och eventuella stänkskärmar och pakethållare, viktredovisning för CTL se bilaga 2!



Figur 16-1: Måttritning av CarbonTrikes som visar de generella måtten



### Vikter som tillkommer

I det standardliserade sättet att väga trikar ingår inte pedaler och sitsdynan. Inte heller ingår den utrustning som CTT (CarbonTrikes Touring) utrustas med och som de andra modellerna kan utrustas med: stänkskärmar runt om, två par pakethållare (standardpakethållare bak tillsammans med lowriders fram), säkerhetsflagga och belysning.

Typisk vikt för dessa delar är:

- Pedaler 200 – 500 gram (beroende på det är enkelsidiga, dubbelsidiga eller dubbelfunktionspedaler, se kapitel 9.10)
- Sitsdyna 500 gram (avser kombinationsdyna, 50 mm filtermaterial + 10 mm liggunderlagsmaterial, se kapitel 9.6.1, lättviktsdyna i enbart liggunderlagsmaterial väger ca 200 gram)
- Främre stänkskärmar 500 gram (avser specialtillverkade stänkskärmar i kolfiberkomposit för 20-tumshjul, justerbara för däck mellan 28 – 40 mm, se kapitel 9.11)
- Bakre stänkskärm 150 gram (avser stänkskärm i kolfiberkomposit 20-tumshjul och max 55mm däckdimension, med justerbart stag, se kapitel 9.11)
- Bakre pakethållare 350 gram (avser standardpakethållare i aluminium för 20-tumshjul, se kapitel 9.12), extra stabil pakethållare väger 600 gram
- Främre pakethållare 500 gram (avser lowrider i aluminium, se kapitel 9.12)
- Säkerhetsflagga 100 gram (med tvådelad glasfiberstång, inkl fäste mot toppböjen, höjd ca 180 cm, se kapitel 9.13)
- Belysning 300 gram (avser LED-belysning fram och bak enl kapitel 9.13)

### Växelalternativ

De olika CarbonTrikes-modellerna har olika växelalternativ för att passa den typ av cykling de är anpassade för. Samtliga modeller har kedjeväxel som standard, en kombination av bak och framväxlar men antalet växlar, utväxlingen och typen av växel skiljer enligt nedanstående tabell (se tabell 16-2):

	CTA CarbonTrikes Allround	CTL CarbonTrikes Light	CTT CarbonTrikes Touring
Växelantal	27 (9x3)	18 (9x2)	27 (9x3)
Växel bak	MTB (Shimano XT SGS)	Racer (Dura Ace GS)	MTB (Shimano XT SGS)
Växel fram	Racer (Shimano Ultegra)	Racer (Dura Ace)	MTB (Shimano XT)
Kasett	Capreo 9-26T	Capreo 9-26T	Capreo special 9-32T
Vevparti	Racer 30-42-50T (Shimano Ultegra)	Racer 39-53T (FSA superlight carbon)	MTB 26-36-48T (Shimano LX)
Växelomfång	481%	392%	656%
Utväxling*	22 - 105 gear inches	27 – 107 gear inches	16 – 106 gear inches

Tabell 16-2

\*) Utväxlingen gäller vid standarddäckdimension, se tabell 16-1

### Kommentar till tabellen:

Växelvalet gäller vid standardkonfigurationen, med 20-tumsbakhjul. Med större bakhjul väljs annat växelsystem. I första hand väljs då istället standardkassetter (ej Capreo), MTB (t.ex. 11-34T) för CTA och CTT och racer (t.ex. 11-26T) för CTL.



## 17 Produktifiering

Vid produktifieringen förs en prototyp vidare till en produkt för serieproduktion. Beroende på produktens komplexitet och den planerade seriestorleken kan storleken för denna produktifieringsfas variera. Generellt gäller dock att desto större komplexitet, desto fler inblandade legotillverkare och framförallt desto större planerad seriestorlek, desto större resurser (kapital och tid) kräver produktifieringen.

När det gäller CarbonTrikes handlar det om ren lågserieproduktion med begränsat antal legotillverkare. Därför bör resursbehovet för produktifieringen vara relativt begränsad. Dock bedöms ändå resursbehovet överstiga den del av utvecklingsprojektet som hittills genomförts inom exjobbet.

### ***De steg vid övergång från prototyp till produkt för CarbonTrikes bedöms vara:***

- **Välja legotillverkare**
- **Anpassa delarna** efter valda legotillverkare
- **Ta fram en nollserie**, en förserie tillverkad av de valda legotillverkarna
- **Utvärdera nollserien**, eventuellt göra omkonstruktioner utifrån resultatet och kommentarer från legotillverkarna
- **Påbörja produktion**
- **Sälja triken**
- **Produktvård**, kontinuerligt underhålla triken, ta in feed-back från kunder och eventuellt göra förändringar utifrån denna feed-back, se till kvalitén bibehålls från legotillverkarna, anpassa triken om nya lämpligare cykeldelar dyker upp på marknaden



## 18 Ekonomi

Vid produktutveckling är ekonomi en viktig detalj. Utan tillräcklig ekonomisk potential för en produkt finns det normalt ingen motivation till att utveckla denna produkt. Därför har de ekonomiska förutsättningarna för CarbonTrikes analyserats presenteras här. Observera att den information som presenteras gäller utifrån en nulägesanalys gjord under exjobbets gång och att viss information kan ha utlämnats eller ändrats av de affärsmässiga skäl.

### 18.1 Marknadsförutsättningar

Marknadsförutsättningarna för CarbonTrikes vid en kommersialisering och lansering på marknaden har analyserats. Följande marknadsförutsättningar har identifierats:

- Triken bör vara närmast **”självsljande”**. Det innebär att ingen omfattande marknadsföring krävs utöver att publicera information på hemsidor och i forum på internet, visa triken på lämpliga mässor (främst specialcykelmässor inriktade mot liggcyklar, främst SPEZI i Mannersheim, Tyskland), och få rätt tidningar att testa triken (främst engelska Velovision).
- En låg serie om **10 – 100 trikar per år bedöms vara möjlig på direkten** förutsatt att det finns möjlighet att sälja denna volym utan allt för stora väntetider
- En större serie om **100 – 1000 trikar per år bör vara möjlig på lite längre sikt** då produkten mognat
- **Taket bedöms ligga kring 1000 trikar per år**, över denna volym är inte rimlig inom överskådlig framtid för en produkt som CarbonTrikes med det planerade priset (30 000 – 60 000 SEK inkl moms)
- **Huvuddelen av försäljningen sker troligtvis på internet**, direkt via hemsidan och i viss mån via lokala återförsäljare
- **Till en början är huvudmarknaden nordvästra Europa** med England, Holland och Tyskland i spetsen
- På längre sikt finns en **stor potentiell marknad i USA** och i viss mån i Australien, dessa marknader är dock något annorlunda och har en stark egenproduktion av tadpole-trikar

### 18.2 Namn och hemsida

Namnet för trikarna inom konceptet har bestämts vara **”CarbonTrikes”**. Ett sammanskrivet ord i pluralis där ”carbon” kommer från amerikanskans **”carbon fiber”** (eller engelskans **”carbon fibre”**) = kolfiber. Namnet beskriver därmed verksamheten vilket bör kunna vara till en stor fördel. Därtill bedöms namnet ha hög igenkänningsfaktor och vara både lätt att komma ihåg och stava till vilket är till fördel. I denna form är namnet unikt, både i Sverige och i övriga världen vilket bekräftats efter sökningar på nätet. Dock är en förutsättning att namnet samskrivs vid sökningar och att pluralisändelsen är med, särskrivet tolkar sökmotorer som Google namnet som två ord och finner alla sidor som innehåller orden **”carbon”** och **”trikes”** (eller **”trike”**).



Webadresser (domäner) med detta namn har registrerats, både [www.carbontrikes.se](http://www.carbontrikes.se) och [www.carbontrikes.com](http://www.carbontrikes.com) där se-adressen, dvs den nationellt svenska är den primära, detta för att trycka på att det är ett svenskt varumärke och svensk kvalitet.

Vid en kommersialisering centreras både informationsflödet och försäljningen till hemsidan, varvid en ändamålsenlig hemsida då tas fram och ersätter dagens.

Eftersom hemsidan är så viktig hänvisar även logotypen (se figur 18-1) till denna. Ingen logotyp-figur har tagits fram men detta kan komma att ske inför en kommersialisering om detta visar dig vara till fördel för att öka märkets igenkänningsfaktor.



Figur 18-1: CarbonTrikes logotyp på hemsidan

Utöver registreringen av webadresserna har ett företag har skapats kring verksamheten. Detta heter ”CarbonTrikes Sweden”.

### 18.3 Kundanalys

Kunderna för en cykel som CarbonTrikes bedöms vara en relativt homogen grupp. Det handlar främst om äldre män med stort cykelintresse och lång erfarenhet av cykling i olika former. Inom detta segment handlar det om både de som vill använda triken för allroundcykling, träning, tävling och touring. Därför bör det vara möjligt att ta större marknadsandelar med flera trikemodeller anpassade som till flera kundgrupper jämför med att bara tillverka och sälja en trike. De planerade modellerna *CTA* (allround), *CTT* (touring), *CTL* (lättvikt) (se kapitel 16) bedöms täcka större delen av denna kundgrupp.

Eftersom CarbonTrikes hamnar inom högprissegmentet är det få förstagångsköpare av liggcykel som bedöms vara en köpare av en CarbonTrikes-modell. Troligtvis har kunden redan en tadpole-trike men vill byta upp sig, framförallt till en ny betydligt lättare trike i kolfiber. Denna kundgrupp vet vad de har och vad de kan förvänta sig av triken och accepterar inte kvalitetsmissar.

CarbonTrikes lättviktsversion är lätt och sportig i förhållande till andra tadpole-trikar på marknaden och bör därför även kunna attrahera kunder som normalt väljer tvåhjuliga liggcyklar framför trehjuliga.



## 18.4 Konkurrentanalys

I dagsläget bedöms de främsta konkurrenterna till CarbonTrikes vara större etablerade tillverkare med mångårig erfarenhet och gott rykte. Ingen av dessa erbjuder dock idag något rent alternativ till CarbonTrikes, lätta trikar med ramar helt i kolfiberkomposit.

**Generellt ser marknaden för tadpole-trikar ut följande sätt:**

- Det finns ett tiotal större tadpoletillverkare
- Trikarna säljs i tre prissegment:
  - Lågprissegmentet ~10 000 SEK
  - Mellanprissegmentet 20 000 – 30 000 SEK
  - Högprissegmentet 30 000 – 80 000 SEK

**Det finns en relationen mellan prissegmentet, volymen och möjligheten för triketillverkarna att kundanpassa som är följande:**

- Mellan- och högprissegmentet = lågvolum (<500 st/år), tillverkning i västvärlden och Taiwan, möjlighet till kundanpassning
- Lågpris = större volym (500 – 5000 st/år), tillverkning i Asien (främst Kina), ingen möjlighet till kundanpassning

Det finns i dagsläget när rapporten redovisas ingen tillverkare (stor som liten) som serietillverkar tadpole-trikar med ramar helt i kolfiberkomposit. Däremot finns det tre tillverkare som serietillverkar trikar med ram delvis i kolfiber:

- **TerraTrike EDGE**
- **Windcheetah HyperSport**
- **Trike Carbone**

Dessa har gemensamt att de utgår från kolfiberrör som är sammanlimmade med aluminiumdetaljer.

Trots att trikarna inte är ekvivalenta med CarbonTrikes och dess ram helt i kolfiberkomposit och samtliga har betydligt högre vikt än en lågviktsproduktionmodell av CarbonTrikes bör de dock vara de närmaste konkurrenterna.

Det har dock precis (mars 2008) dykt upp en tillverkare som åtminstone verkar sikta på att tillverka kolfibertrikar med ramar i ett stycke, dock endast entsycketillverkning av kundanpassade exemplar. Denna trike heter **Innesenti**.

De tre trikarna med delvis kolfiberram och den nya triken med kolfiberram i ett stycke presenteras mer ingående under följande delkapitel.

Informationen kommer från Internet (reklam, recensioner och diskussionsforum). Alla fyra trikarna är ovanliga, inget exemplar finns i Sverige och det har därför varit svårt att testa och utvärdera dem praktiskt.





### 18.4.1 TerraTrike EDGE

Tillverkare: **TerraTrike**

Modell: **EDGE**

Tillverkningsland: USA

Länk: <http://www.wizwheelz.com/ttedge.htm>

Ramkonstruktion: Lindade kolfiberkompositrör sammanlimmade med CNC-frästa aluminiumdetaljer

Pris: **3999 \$** (ca 35 000 SEK vid publicering av rapporten)

Vikt: **13,2 kg**

Max belastning: 102,2 kg

Styrning: **Direktstyrning**

Specialdetalj: Intern kedjeföring genom ramen (se figur 18-4)

*Kommentarer:* TerraTrikes är en av de större tillverkarna av tadpole-trikar i USA. EDGE är deras främsta "högprestandatrike" och den enda på amerikanska marknaden åtminstone delvis tillverkad i kolfiberkomposit. EDGE:s geometrin är dock typisk amerikansk, och kan inte med europeiska mått ses som en racertrike. Den har upprätt mech-sits, är bred och har relativt kort hjulbas.

#### **Bilder**

Bildkälla: TerraTrikes



Figur 18-2,a,b: Vänster: Sidvy, höger: Ovanifrån utan väv på stolen



Figur 18-3: Vänster framhjul och styrning



Figur 18-4,a,b: Kedjeföring genom ena ramröret, vänster: inloppet vid bommen, Höger: Utloppet vid bakhjulet



## 18.4.2 Windcheetah HyperSport

Tillverkare: **Windcheetah**

Modell: **HyperSport**

Tillverkningsland: England

Länk: <http://www.windcheetah.co.uk/hypersport.htm>

Ramkonstruktion: Kolfiberkompositrör sammanlimmade med gjutna aluminiumdetaljer

Pris: **5770 \$** (ca 50 000 SEK vid publicering av rapporten)

Vikt: **12,7 kg**

Max belastning: 127 kg

Styrning: **Windcheetah's egna "roderstyrning"** (eng: "center-line single-stick steering")

Specialdetalj: Windcheetahs unika styrning

Kommentar: Windcheetah är en av de mest kända och mytomspunna triketillverkarna på marknaden. Deras första modell som till utförande i princip är den samma som idag kom redan 1983. Dom är egna om sin "roderstyrning" och enkelsidesupphängt bakhjul. Windcheetah håller medvetet ett högt pris, den billigaste modellen kostar 4212 \$

### **Bilder:**

Bildkälla: Windcheetah



Figur 18-5,a,b: Windcheetah HyperSport sedd snett framifrån och snett bakifrån

### **Detaljbild:**



Figur 18-6: Enkelsidesupphängning av bakhjul



### 18.4.3 Trike Carbone

*Tillverkare:* Redovisas inte

*Modell:* **Trike Carbone**

*Tillverkningsland:* Kina

*Länkar:*

[www.getitbent.com/T%20series/T%20trikes%20carbon%202.pdf](http://www.getitbent.com/T%20series/T%20trikes%20carbon%202.pdf)

[www.made-in-china.com/traderoom/juragan/offer-detailWopmuzLbvATS/Sell-2008-Recumbent-Carbon-Trike-Bike-Ultra-Light.html](http://www.made-in-china.com/traderoom/juragan/offer-detailWopmuzLbvATS/Sell-2008-Recumbent-Carbon-Trike-Bike-Ultra-Light.html)

*Konstruktion:* Förfabricerade rör i kolfiberkomposit sammanlimmade med aluminiumdetaljer

*Pris:* **2.899 \$** (ca 25 000 SEK vid publicering av rapporten)

*Vikt:* **15,7 kg**

*Max belastning:* Ingen uppgift

*Styrning:* **Direktstyrning**

*Specialdetalj:* Marknadens billigaste trike med kolfiberkomposit i delar av ramen.

*Kommentarer:* Konstruktionen och dess detaljer (t.ex. sist och styrning) liknar mycket Actionbent Tadpole Trike (se kapitel 10.1.4). Den är tillverkad i Kina enligt samma eller liknande ritningar kanske med samma felaktiga styrning?

Triken verkar ovanlig, mycket få länkar återfinns på nätet.

Betyget är blandat, kolfiberrören ser bra ut men fästdetaljerna som binder samman rören är inte förtroende ingivande. Ramen är i likhet med Actionbent vek:

*"The trike looked a mix of well-made and badly-made - the carbon was nice, but the alloy joining sections looked a bit rough. It was also very flexy."* - Citat av Ben Cooper i anslutning till figur 18-8.

#### **Bilder:**



Figur 18-7: Trike Carbone, Bildkälla: [www.recumbentusa.com/tr20coso.html](http://www.recumbentusa.com/tr20coso.html)



Figur 18-8: Trike Carbone, Bildkälla: [www.flickr.com/photos/cycleologist/1385161043/](http://www.flickr.com/photos/cycleologist/1385161043/)  
Bildkälla: <http://www.flickr.com/photos/cycleologist/1385161043/>



#### 18.4.4 Innesenti

*Tillverkare:* Innesenti/Trevor Innes

*Modell:* Innesenti

*Tillverkningsland:* England

*Länk:* [www.innesenti.com](http://www.innesenti.com)

*Konstruktion:* Ram i ett stycke i kolfiberkomposit

*Pris:* från 8 000 £ (ca 100 000 SEK vid publicering av rapporten)

*Vikt:* Redovisas inte

*Max belastning:* 100 kg

*Styrning:* Direktstyrning

*Specialdetaljer:* Den första triken med ram helt i kolfiberkomposit. Udda ramform som böjer ner och följer nära marken. Tre-ekrat bakhjul (våldigt likt HED3). Bakstänkskärm integrerad i ramen.

*Kommentarer:* Denna trike är vid publicering av denna rapport helt ny på marknaden och verkar inte ännu ha kommit i produktion. Enligt hemsidan är ingen serieproduktion planerad utan customtillverkning, vilket även det höga priset indikerar på.

Ramens form är mycket udda och tillsynes inte helt ändamålsenlig vilket även kommenterats av andra trikekunniga:

*"Om man nu jobbar med högprestandamaterial ska man väl sträva efter att "form follows function". Annars blir det ju bara slöseri och snobberi...*

*Viss frihet tycker jag man kan tillåta...*

*Men den här triken är ju löjlig. Sådana material och sådant pris och så har man kastat bort prestanda på en allt annat än optimal design som inte är praktisk och funktionell eller ens snygg.*

*Jag skulle ha bättre förståelse för en bom som gick upp tidigare och sedan mer vågrätt för att förbättra inställningsmöjligheterna för olika personer, om man nu ska hålla på och knö till bommen, o s v." – Citat från mejl av Bruno Dahl (miljöingenjör och ägare av flera trikar) till HPVS-mejlinglista i anslutning kring diskussion om Innesenti, 2009-03-11.*

#### **Bilder:**

Bildkälla: Innesenti

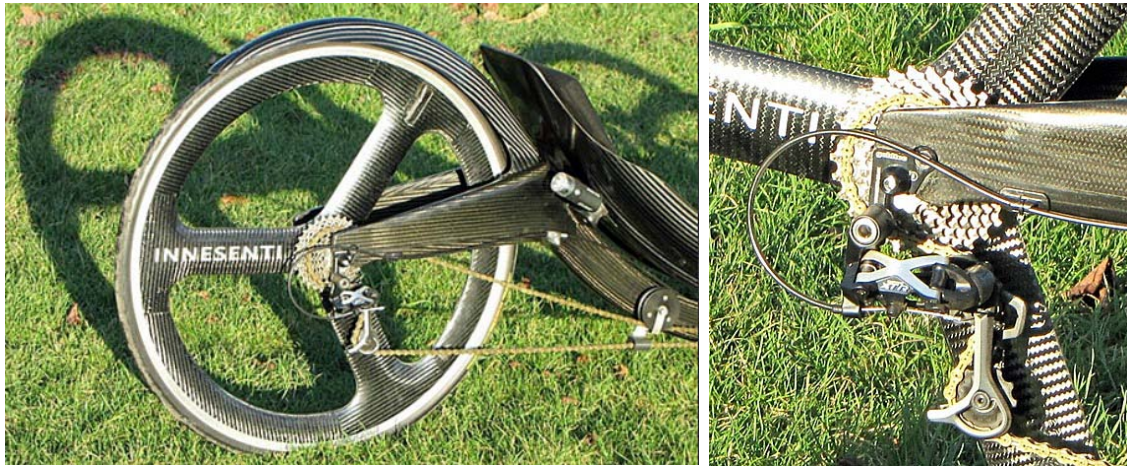
#### **Hela triken:**



Figur 18-9,a,b: Innesenti, sedd från vänster och frammifrån

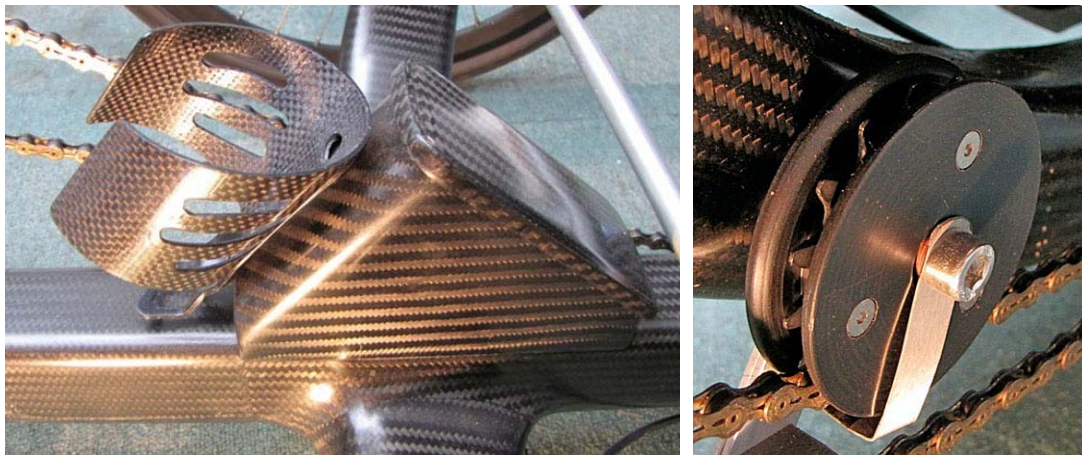


**Detaljbilder på det tre-ekrade bakhjulet:**



Figur 18-10,a,b: Innesenti bakhjul, bakhjulsupphängning och bakväxel

**Andra detaljbilder:**



Figur 18-11,a,b: Detaljbilder på Innesenti, väster: centrum av ramen där bommen och utriggarna möts med verktygslåda och flaskhållare, höger: kedjehjul



## 18.5 Kostnadsanalys

Det finns många olika kostnader vid tillverkning och försäljning av en produkt, både direkta och indirekta, rörliga och fasta kostnader

För CarbonTrikes bör de främsta **direkta kostnaderna** vara:

- Produktionskostnader
- Materialkostnader
- Kostnader för delar
- Administration vid försäljning

Dessa kostnader är direkt kopplade till varje trike som tillverkas och säljs.

I de indirekta kostnaderna ingår sådant som inte direkt är knutet till varje trike som tillverkas och säljs. För CarbonTrikes är de främsta **indirekta kostnaderna**:

- Lönekostnader
- Lokalkostnader
- Kostnader för utrustning och maskiner
- Löpande administrativa kostnader
- Utvecklingskostnader
- Marknadsföringskostnader

### Tillverkningskostnaden i förhållande till volymen:

Vid mycket små volymer är normalt tillverkningskostnaden per enhet mycket hög. Det beror på att en låg volym ger låg möjlighet till automatisering och en hög andel fasta kostnader. Vid mycket höga volymer planar kurvan normalt ut (*se diagram 18-1*).

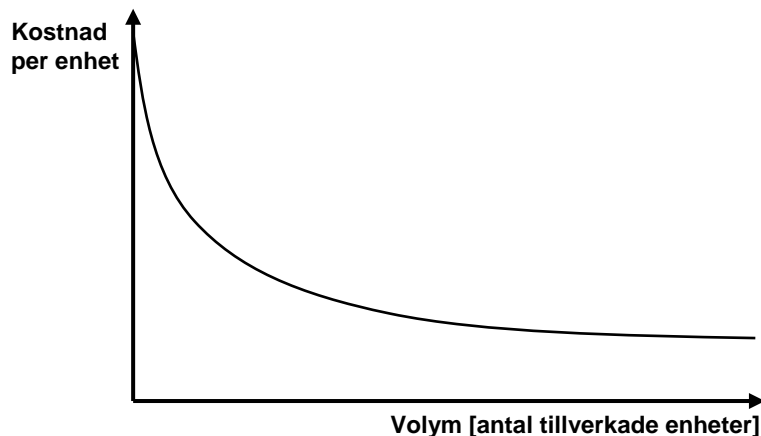


Diagram 18-1: Principiell kurva som visar relationen mellan volym och kostnaden per enhet

CarbonTrikes som planeras att tillverkas i små serier kommer därmed få förhållandevis höga kostnader per trike. Detta bör dock kunna kompenseras med tillräckligt höga försäljningspriser. Dock är det viktigt att volymen inte blir för liten, vilket kan leda till att kostanden då överstiger inkomsterna. Detta analyseras genom en *nollpunktsanalys*. Minsta möjliga volym för att nå lönsamhet beräknas vara 10 trikar per batch (*se även kapitel 18.6*) med minst en batch i kvartalet.



## 18.6 Prissättningsstrategi

En produkt kan prissättas på olika sätt.

Prissättningsstrategin styrs av många faktorer. Beroende på vilken typ av produkt det handlar om, kundgruppen, konkurrensen och försäljningssättet för att nämna några.

### ***Kostnadsbaserad prissättning***

Den enklaste metoden är att utgå från den totala kostnaden och lägga på en fast procentuell andel för att uppnå ett visst avkastningskrav. Detta är vanligt för rena konsumentprodukter där konkurrensen är hög.

### ***Kundnyttbaserad prissättning***

Vid denna metod utgår man från kundnyttan och sätta priset utifrån vad kunden är villig att betala för produkten. Detta är vanligt vid försäljning av lågvolymsprodukter mer anpassade till kund eller där konkurrensen är begränsad.

### ***Konkurrentbaserad prissättning***

Detta är en vanlig metod som där priset sätts utifrån vad konkurrenterna tar för motsvarande vara. Här vägs även in vilken marknadsposition man har och utifrån detta om priset skall placeras på samma nivå som konkurrenterna eller bör ligga lägre eller högre.

### ***Prissättning för priselastiska varor***

En annan metod går ut på att maximera vinsten genom att försöka finna det pris på varan då vinsten maximeras utifrån en modell där ett sänkt pris på varan ger större ökning av försäljningsvolymen än den procentuella prissänkningen. Detta gäller produkter som är *priselastiska*.

En tadpole-trike som CarbonTrikes är en konsumentprodukt men framförallt en lågvolymsprodukt som i alla fall delvis "säljer sig själv". Det bör därför vara lämpligt att välja en prissättningsstrategi som utgår från vad kunderna är villiga att betala, dvs **värdebaserad prissättning** i kombination med vad konkurrenterna tar för sina trikemodeller, dvs en **konkurrentbaserad prissättning**. Dock är det viktigt att försäkra sig om att inte gå back vilket betyder att CarbonTrikes vid små volymer snarare bör ha en **kostnadsbaserad prissättning**.

Eftersom CarbonTrikes är ensam på marknaden om dess kolfiberram och dess låga vikt bör det finnas relativt stort utrymme för att få ett högre pris för CarbonTrikes modeller än de flesta andra trikar på marknaden.



### 18.6.1 Prissättning av de olika modellerna och marginaler

Tre modeller planeras inom CarbonTrikes enl samma koncept men med olika ramstorlekar, utrustning och tillbehör:

- CarbonTrikes Allroundmodell – CTA: 30 000 SEK
- CarbonTrikes Touringmodell – CTT: 45 000 SEK
- CarbonTrikes Lättviktsmodell – CTL: 60 000 SEK

De direkta kostnaderna och marginalerna som skall täcka de indirekta kostnaderna för trikemodellerna beräknas bli följande vid små volymer (10 trikar per batch):

Modell	CTA	CTT	CTL
<i>Pris:</i>			
Inkl moms	<b>30 000 kr</b>	<b>45 000 kr</b>	<b>60 000 kr</b>
Exl moms	24 000 kr	36 000 kr	48 000 kr
<i>Kostnader (exl moms):</i>			
Tillverkning & material	10 000 kr	15 000 kr	12 000 kr
Cykeldelar	5 000 kr	7 000 kr	15 000 kr
Administration vid försäljning	2 000 kr	3 000 kr	4 000 kr
Inkomst	7 000 kr	11 000 kr	17 000 kr
Marginal	<b>29%</b>	<b>31%</b>	<b>35%</b>

Tabell 18-1

#### Kommentarer:

Kostnaden för tillverkning och material täcket tillverkning hos legotillverkare samt montering. Kostnaden är högst för touringmodellen eftersom denna har fler specialtillverkade tillbehör, bagagelösning och stänkskärmar.

Lättviktsmodellen har få tillbehör men dyrare materialkostnader framförallt för dyrare (styvare) kolfiberkvalitéer används till denna modell än övriga för att uppnå minimal vikt.

Kostanden för cykeldelarna är i särklass högst för lättviktsmodellen då denna har ”top-of-the-line”-delar för att få minimal vikt och uppfylla kundgruppens krav.

Kostnaden kopplade till administration vid försäljning beräknas bli högst för lättviktsmodellen då mest kundanpassning är nödvändig för att uppfylla kundernas krav.

Marginalen vid små volymer är relativt låg, kring 30 procent, dock bör inte det vara tillräckligt för att gå runt förutsatt att de indirekta kostnaderna hålls nere. Vid högre volymer sänks både de rörliga och fasta kostnaderna per trike avsevärt varvid marginalerna förbättras.





## 18.7 SWOT-analys

Begreppet SWOT står för styrkor (**S**trength), svagheter (**W**eakness), möjligheter (**O**pportunities) och hot (**T**hreats).

En SWOT-analys är en metod för att analysera marknadsförutsättningarna för ett företag eller en produkt, något som kan ingå i ett företags strategiska planering.

SWOT-analys används för att underlätta för företaget att ta fram handlingsplaner, sätta upp mål samt förutspå konkurrenters infallsvinklar på marknaden.

Följande SWOT-analys baseras på bedömda marknadsförutsättningar och förhållandet till konkurrenterna vid produktifiering av CarbonTrikes, med en begränsad ekonomisk satsning till en början och en förhoppningsvis tillväxt som inom en begränsad tid kan ge mer stabila förutsättningar och viss lönsamhet.

### 18.7.1 Styrkor

- CarbonTrikes skulle ha en unik konkurrensfördel: lägst vikt på marknaden, vikten är kanske den viktigaste faktorn vid jämförelse mellan olika cyklar för sportcykelmarknaden
- Estetiskt skiljer CarbonTrikes sig från övriga tadpole-trikar genom kompositramen i ett stycke. Kolfiber ger inte bara hög styvhet och låg vikt utan även högt ”hypevärde” och möjlighet att ta bra betalt
- Liten flexibel tillverkare med möjlighet att snabbt agera efter marknadens krav
- Lätt att komma ut på marknaden och finna kunder utan att satsa på reklam eftersom kunderna själva söker information på internet och i facktidningar och bland andra liggcykelintresserade

### 18.7.2 Svagheter

- CarbonTrikes är en tidigare helt okänd tillverkare som konkurrerar med etablerade konkurrenter med gott rykte på marknaden
- Tadpole-trike är en nischad produkt på en begränsad totalmarknad vilket ger begränsad tillväxtpotential och lönsamhetstillväxt
- Svårt att mönsterskydda den unika ramen och inga detaljlösningar är patentskyddade vilket ger möjlighet för konkurrenterna att kopiera konceptet rakt av

### 18.7.3 Möjligheter

- Ökad omsättning ger möjlighet att pressa kostnaderna för att öka marginalerna, sänka priset eller satsa på utveckling av fler eller bättre modeller
- Ökad fokus på miljövänliga persontransporter och ökade bränslekostnader ger tillväxtpotential för cyklar generellt och pendlarcyklar som liggcykeltrikar i synnerhet.



### 18.7.4 Hot

- Svårigheter att uppnå tillräcklig produktiveringsgrad, att trikarna blir för tids- och kostnadskrävande vid tillverkningen och att inte tillräckligt bra legotillverkare återfinns för att få tillverkningen att fungera.
- En konkurrerande tillverkare kommer med en komposit-trike och/eller en lättare trikemodell än CarbonTrikes i lättviktsversion. *Velokraft*, en inom sitt område framgångsrik polskt tillverkare av tvåhjuliga kolfiberliggcyklar har under de senaste åren aviserat att de planerar utveckla en kolfibertrike, något som skulle kunna bli en direkt konkurrent till CarbonTrikes. *Velokraft* har hittills tillverkat två prototyper som visats upp offentligt, en som antingen är bakdämpad eller fulldämpad som skall väga ca 16kg (se figur 18-12a) och en bakdämpad (se figur 18-12b).



Figur 18-12,a,b: *Velokraft* trikeprototyper,  
Vänster: vikt ca 16kg, 2003-07-04

Bildkälla: <http://www.liggister.org/sverige/TrikeSide1sm.jpg>

Information: <http://www.cyclingforums.com/showthread.php?t=30188>

Höger: 2008-08-25

Bildkälla: [http://www.recumbent-gallery.eu/wp-content/uploads/rower\\_1\\_400\\_300.jpg](http://www.recumbent-gallery.eu/wp-content/uploads/rower_1_400_300.jpg)

- Fler konkurrenter får tillräcklig omsättning för att kunna flytta tillverkning till högautomatiserade fabriker i Taiwan eller till låglöneländer som Kina och därmed kunna kombinera lägre pris med bibehållen kvalitet
- Om kvalitetsproblem eller leveransproblem för CarbonTrikes skulle uppkomma kan negativa rykten spridas vilket kan åstadkomma skada eftersom många väljer trike baserade på rykten
- Ytterligare brist på kolfiber på marknaden p.g.a. ökad utbyggnad av större vindkraftverk, större flygprojekt (likt *Airbus A380*) eller liknande kan ge produktionsstopp av CarbonTrikes kompositdelar eller ökade tillverkningskostnader.



### 18.7.5 Slutsats av SWOT-analysen

CarbonTrikes skulle vid en produktifiering och lansering idag ha unika konkurrensfördelar, framförallt att lågviktsmodellen skulle kunna vara marknadens lättaste och att CarbonTrikes skulle vara den första serietillverkade tadpole-trike med kompositram i ett stycke. Låg vikt och kolfiber säljer på denna marknad och ger möjlighet att hålla högre pris än konkurrenterna. Samtidigt finns risken att konkurrenterna kommer fram med likvärdiga trike-modeller, antingen lättare och/eller med kompositram i ett stycke. CarbonTrikes skulle vid en produktifiering troligtvis inte vara skyddad av något mönsterskydd eller patent, vilket skulle kunna få konkurrenterna att kopiera rakt av. Hittills har dock denna marknad varit något "familjär" och de olika trike-tillverkarna som alla med företagsmått mätt är mycket små har snarare samarbetat än utnyttjat tjuvknep för att konkurrera. I framtiden kan dock mer kommersiella aktörer ändra spelreglerna.

***Det är därför viktigt vid en lansering av CarbonTrikes att snabbt försöka nå ut och skapa sig ett namn som unik tillverkare av kolfibertrikar vilket skulle kunna ge ett övertag den dagen konkurrenterna lanserar en motsvarande trike.***

De största tillverkarna av trikar har nått så stora seriestorlekar att det börjar löna sig att flytta tillverkningen till framförallt stora cykelfabriker i Taiwan där de har kunnat sänka kostnaderna rejält utan att sänka kvalitén. Detta har de framförallt åstadkommit genom att koncentrera sig på en eller några få modeller. De har samtidigt behållit sina gamla modeller som trots motsvarande kvalitet och teknik kostar betydligt mer än högvolumsmodellerna. Det är dock osäkert om detta är en strategi de kommer att fortsätta med pga den stora prisskillnaden, och de troligen mycket stora skillnaderna i omsättning för lågvolumsmodellerna och högvolumsmodellerna.

***CarbonTrikes kommer i alla fall en början ha för låg seriestorlek för att det skall vara lönsamt att förlägga delar av tillverkningen till stora cykelfabriker i Taiwan eller Kina. Materialvalet kolfiberkomposit med bärande fibrer står i konflikt med en högautomatiserad tillverkning i Taiwan varför det även vid större seriestorlekar inte bör vara rimligt att förflytta tillverkningen. En lärdom som dock kan göras av konkurrenterna är att även CarbonTrikes bör koncentrera sig på en eller få modeller för att få större seriestorlekar och därmed lägre styckekostnader. CarbonTrikes bör även erbjuda relativt få valalternativ för kunderna för att hålla nere de administrativa kostnaderna.***

Vanliga cyklar klassas normalt som lågengagemangsprodukter, detta gäller speciellt lågpriscyklar som säljs i varuhus. Liggyklar däremot klassas som högengagemangsprodukter. Detta innebär att kunderna lägger ner mycket tid innan köp och i stor omfattning själva söker information. Kunderna finner informationen på Internet, i liggyckeltidningar och bland andra liggycklistor i internetforum och i klubbar. Därmed är behovet av reklam vid en lansering av en liggykel som CarbonTrikes begränsad, speciellt då den har något som särställer den i förhållande till konkurrenterna.

***Det som behövs är en bra hemsida och att triken uppfattas positivt av de som provar den och köper den, rykten som snabbt sprider sig. Därför är det samtidigt viktigt att garantera en hög kvalitet då "nöjda kunder är den bästa reklamen". Skall något satsas på marknadsföring handlar det troligtvis främst om att delta vid de större HPV-träffarna och mässorna som går årligen, samt skicka demoexemplar till liggyckeltidningar som testobjekt.***



Idag är det delvis brist på kolfiber på marknaden. Detta eftersom de stora flygplanstillverkarna Airbus och Boeing samtidigt har påbörjat tillverkning av nya flygplansserier där stora delar av aluminiumet har ersatts med kolfiberkomposit. Krav på bättre bränsleekonomi kräver att allt större andel av de traditionellt använda materialen i flygindustrin går över till lättare material vilket i de flesta fall betyder kolfiber. Samtidigt leder utvecklingen mot allt större vindkraftverk att behovet man måste gå över från glasfiber till kolfiber som bärande material i rotorvingarna. Framtiden spår en stor tillväxt av vindkraftverk.

Detta och att fler transportområden fokuserar på låg vikt för att minska bränsleförbrukningen gör att risken för ännu större brist på kolfiber kan uppkomma.

***Vetskapen om kolfiberbristen måste tas i hänsyn till vid utvecklingen av CarbonTrikes. I första hand måste fibervalet vara flexibelt eftersom det är svårt att bestämma just vilken kolfiber som finns tillgänglig. Trots att det viktmässigt hade varit fördelaktigt att välja styvare kolfiberkvaliteter bör enbart kolfiber av standardkvalitet väljas för att minska risken för materialbrist vid produktion. Samtidigt är det viktigt att den legotillverkare som får uppdraget att tillverka kompositdelarna till CarbonTrikes har bra inköpskanaler för kolfiber och är tillräckligt stora för att inte helt plötsligt stå utan råmaterial.***



## 19 Övergripande resultat

Kravspecifikationen (*se kapitel 5*) uppfylls, alla skallkrav (*se kapitel 5.1*) och de flesta börkrav (*se kapitel 5.2*).

Prototypen som har tagits fram har fått positiv kritik av de som testat den både för egenskaperna och designen.

Resultaten av projektet påvisar att en vidareutveckling mot en kommersialisering har möjlighet att bli lyckad. Dock under förutsättning att tillräcklig automatiseringsgrad uppnås vid produktion.

### **Unikt för CarbonTrikes vid en marknadsintroduktion:**

- Marknadens lättaste tadpole-trike (lättviktsversionen)
- Först på marknaden (serieproducerade) med ren kolfiberkompositram
- Unik design
- Val av hjulstorlek både fram och bak
- Integrerad sits i ramen som är enkelt justerbar efter cyklistens storlek
- Förvaringsutrymme integrerad i ramen



Figur 19-1: CarbonTrikes prototyp bakifrån



## 20 Källhänvisning

### **Litteratur:**

**Materiallära**, Erik Ullman (1997), Upplaga 13, Liber, ISBN 91-47-00157-7

**Manufacturing of Polymer Composites**, B.T. Åström (1997), upplaga 1, Chapman & Hall, ISBN 0-412-81960-0

**Karlebo handbok**, (2000), Upplaga 15, Liber, ISBN 91-47-01558-6

**Formler och Tabeller för Mekanisk Konstruktion**, Karl Björk, upplaga 5

**Dynamisk Produktutveckling**, Stig Ottosson (1999), Upplaga 1, Tervix Förlag, ISBN 91-630-8174-1

**Maskinelemen Funktioner**, Anders Folkesson, Jan Hölcke (2002), Institutionen för maskinkonstruktion – KTH

**NM Epoxihandboken**, Curt Augustsson (2004), Upplaga 3, Nils Malmgren AB

**Hållfasthetslära för teknologi och konstruktion**, Karl Björk

**Miniprojekthandboken för elevprojekt och examensarbeten**, Johan Andersson (2001), Avdelningen för Industriella informations- och styrsystem – KTH

**Enskild Firma**, Björn Lundén (2009), 17:e upplagan, Björn Lundén Information, ISBN 978-91-7027-577-7

**Mekanik**, Ragnar Grahn, Per-Åke Jansson (1997), Studentlitteratur, ISBN 91-44-00129-0

### **Produktkataloger:**

**ICE Trice**, Tadpole-trikemodeller 2003

**Tibnor** – metaller, 2005

### **Internetlänkar som har utnyttjats under projektarbetet samt hemsidor varifrån information och bilder till rapporten tagits.**

Länkarna har kontrollerats vid publicering av rapporten. Inga garantier ges för att de fortsätter att fungera!

Länklistan (klickbar) återfinns även under CarbonTrikes hemsida: [www.CarbonTrikes.se](http://www.CarbonTrikes.se)

### **Tillverkare av tadpole-trikes**

ICE Trice: [www.ice.hpv.co.uk/](http://www.ice.hpv.co.uk/)

Greenspeed: [www.greenspeed.com.au/](http://www.greenspeed.com.au/)

HPVelotechnik, Scorpion: [www.hpvelotechnik.com/produkte/scorpion/index\\_e.html](http://www.hpvelotechnik.com/produkte/scorpion/index_e.html)

Actionbent: [www.actionbent.com/](http://www.actionbent.com/)

TW-Bents: [www.recumbent.com.tw/](http://www.recumbent.com.tw/)

Steintrikes: [www.steintrikes.com/](http://www.steintrikes.com/)

KMX: [www.kmxkarts.co.uk/](http://www.kmxkarts.co.uk/)

TerraTrike: [www.terratrike.com/](http://www.terratrike.com/)

UtahTrikes: [www.utahtrikes.com](http://www.utahtrikes.com)

Challenge: [www.challenge-recumbents.com](http://www.challenge-recumbents.com)



Catrike: [www.catrike.com/](http://www.catrike.com/)

Mr Recumbent Trikes: [www.mrrecumbenttrikes.com/](http://www.mrrecumbenttrikes.com/)

LoGo Recumbents: [www.logotrikes.com/](http://www.logotrikes.com/)

Tri-Sled: [www.trisled.com.au/trikes.html](http://www.trisled.com.au/trikes.html)

Optima: [www.optima-cycles.nl/](http://www.optima-cycles.nl/)

Anthrotech: [www.anthrotech.de/](http://www.anthrotech.de/)

Innesenti: [www.innesenti.com](http://www.innesenti.com)

Trice Carbone: [www.recumbentusa.com/tr20coso.html](http://www.recumbentusa.com/tr20coso.html)

### **Lätta tadpole-trikar:**

MR Recumbents Ultra Swift – troligtvis marknadens lättaste tadpole, aluminiumram, 12,5 kg:  
[www.mrrecumbenttrikes.com/ultra.html](http://www.mrrecumbenttrikes.com/ultra.html)

TerraTrike EDGE – ram med kolfiberrör sammanlänkade med frästa aluminiumdetaljer, 13,2 kg:  
[www.terratrike.com/edge.php](http://www.terratrike.com/edge.php)

Windcheetah Hyper Sport – ram med kolfiberrör sammanlänkade med gjutna aluminiumdetaljer, 15 kg:  
[www.imageevent.com/genemetcalf/windcheetahhypersport](http://www.imageevent.com/genemetcalf/windcheetahhypersport)

Catrike pocket – aluminiumram, endast för mindre cyklister (under 173 cm), 13,2 kg:  
[www.catrike.com/trk\\_pocket.htm](http://www.catrike.com/trk_pocket.htm)

ICE Concept Trike Monster – troligtvis den lättaste koncepttriken som tagits fram, vikt från 9,8 kg  
[www.ice.hpv.co.uk/custom\\_trikes/monster\\_light.htm](http://www.ice.hpv.co.uk/custom_trikes/monster_light.htm)

### **Tillverkare av tvåhjuliga liggcyklar i kolfiberkomposit:**

Velokraft: [www.velokraft.com/](http://www.velokraft.com/)

M5: [www.m5-ligfietsen.nl](http://www.m5-ligfietsen.nl)

### **Tillverkare av cykelkomponenter:**

Shimano: [www.shimano.com](http://www.shimano.com)

SRAM: [www.sram.com/](http://www.sram.com/)

Schlumpf växelsystem: [www.schlumpf.ch](http://www.schlumpf.ch)

Rohloff Speedhub: [www.rohloff.de](http://www.rohloff.de)

Schwalbe, cykeldäck: [www.schwalbe.com](http://www.schwalbe.com)

### **Tillverkare av tillbehör:**

Radical design – liggcykelväskor - [www.radicaldesign.nl](http://www.radicaldesign.nl)

Ortlieb – cykelväskor – [www.ortlieb.com](http://www.ortlieb.com)

### **Information om cykeldelar och standarder:**

Cykeldäckstandarder - [www.sheldonbrown.com/tyre-sizing.html](http://www.sheldonbrown.com/tyre-sizing.html)

Små cykeldäck: [www.kinetics.org.uk/html/tyre\\_guide.shtml](http://www.kinetics.org.uk/html/tyre_guide.shtml)



### **Information om styrningar**

Engelsk beskrivning, även källa till program för ackermankompensering:  
[www.eland.org.uk/steer\\_intro.html](http://www.eland.org.uk/steer_intro.html)

Svensk beskrivning: [wb747623.bahnhofbredband.se/steerg.html](http://wb747623.bahnhofbredband.se/steerg.html)

### **Detaljer till triken**

PORET, sitsunderlag: [www.christianbager.dk/Produkter/FA-500\\_L/PORET/poret.htm](http://www.christianbager.dk/Produkter/FA-500_L/PORET/poret.htm)

Ventisit, sitsunderlag: [www.ventisit.com/](http://www.ventisit.com/)

### **Byggbeskrivningar**

Svensk byggbeskrivning av tadpole-trike: [wb747623.bahnhofbredband.se/bygge.html](http://wb747623.bahnhofbredband.se/bygge.html)

### **Tips**

"Allt du behöver veta om hjul": [www.frilufts.se/uppsala/tips/mtb/hjul.html](http://www.frilufts.se/uppsala/tips/mtb/hjul.html)

Ekerlängdsberäkning: [www.sheldonbrown.com/rinard/spocalc.htm](http://www.sheldonbrown.com/rinard/spocalc.htm)

### **Inköpskällor**

Huvudinköpskälla, prisuppgifter: [www.cyclecomponents.com/](http://www.cyclecomponents.com/)

Engelsk nätbutik för cykeldelar: [www.sjscycles.co.uk](http://www.sjscycles.co.uk)

### **Information om kompositmaterial och produktionsmetoder**

Fiberkompositlaminering: [www.fiber.info.se](http://www.fiber.info.se)

### **Annat**

Lista över trikar på marknaden samt tillverkare med intention att nå marknaden:  
[home.mindspring.com/~kb7mxu/trikes1.htm](http://home.mindspring.com/~kb7mxu/trikes1.htm)

SPEZI – Världens största specialcykelmässa: [www.spezialradmesse.de](http://www.spezialradmesse.de)

Engelsk ordlista för cykeltermer: [www.sheldonbrown.com/glossary.html](http://www.sheldonbrown.com/glossary.html)

Cykelhistoriska föreningen: [www.cykelhistoriska.se/](http://www.cykelhistoriska.se/)

Tillståndsbehandling aluminium:  
[www.alustrade.se/index.php?show=1232\\_SWE&&page\\_anchor=http://www.alustrade.se/p1232/p1232\\_swe.php](http://www.alustrade.se/index.php?show=1232_SWE&&page_anchor=http://www.alustrade.se/p1232/p1232_swe.php)

Prissättningsstrategier: [www.hh.se/download/18.6a03046111cbe403d8e8000381/kap14-19\\_stud.pdf](http://www.hh.se/download/18.6a03046111cbe403d8e8000381/kap14-19_stud.pdf)





## 21 Bilagor

*I bilagorna har information relaterad till projektet samlats, information som inte behöver läsas för att man ska förstå resten av rapporten, men som den som har fördjupat intresse av projektet eller är intresserad av att göra något liknande har glädje av att studera.*

### ***Trikespecifikt:***

- Bilaga 1. Viktredevisning för CarbonTrikes prototyp
- Bilaga 2. Beräknad vikt för CarbonTrikes lättviktsmodell
- Bilaga 3. Lista över vikter på tadpole-trikar
- Bilaga 4. Utväxling för kedjeväxelsystem
- Bilaga 5. Växelalternativ för CarbonTrikes-modellerna
- Bilaga 6. Ekerlängdsberäkning för prototypens 20-tumsframhjul
- Bilaga 7. Ekerlängdsberäkning för prototypens 16-tumsframhjul

### ***Ekonomi:***

- Bilaga 8. Kostnader för framtagning av trikeprototyp
- Bilaga 9. Förbrukat kompositmaterial vid framtagning av trikeprototyp

### ***Analyser:***

- Bilaga 10. Materialanalys framhjulsaxlar
- Bilaga 11. Stänkskärmar i kolfiberkomposit för serieproduktion

### ***Projektadministrativt:***

- Bilaga 12. Berörda kurser

### ***Datablad:***

- Bilaga 13. Datablad för lamineringsepoxi NM275
- Bilaga 14. Datablad för lamineringsepoxi NM650



## 21.1 Bilaga 1. Viktredovisning för CarbonTrikes prototyp

Med 20"-hjul bak och 16" fram och standarddäck

Huvuddel		Märke	Antal	Vikt/st [g]	Totalvikt [g]	
<b>Bakhjul</b>	Nav bak	Shiman Cepreo	1	415	415	
	Fälg bak	Alex X101 406x20	1	300	300	
	Ekrar bak	Rostfria oreducerade	36	6	216	
	Kassett	Capreo specialkomponerad 9-32T	1	300	300	
					<b>Komplett vikt bakhjul exl däck+slang</b>	<b>1231</b>
	Däck bak	Schwalbe Marathon Sliks 406x35	2	360	720	
	Slang bak	Schwalbe 406x28-40	1	100	100	
				<b>Komplett bakhjul</b>	<b>2051</b>	
<b>Framhjul</b>	Nav	Egensvarvat skivbromsnav 7075-T6+kolfiber	2	100	200	
		Kullager 15x32x9 (6002-2RS)	4	25	100	
		M16 bult, nedsvarvad till 15mm, höghållfast stål (12.9)	2	180	360	
	Fälg	Brompton	2	275	550	
		DT Oreducerad 2mm rostfria+nipplar	56	5	280	
					Kompleta framhjul exl däck+slang	1490
	Däck	Brompton 349 X 37 mm	2	220	440	
	Slang	349mm	2	90	180	
				<b>Kompleta framhjul</b>	<b>2110</b>	
<b>Bromsar</b>	Skivbromsar	Tektro Novela	2	210	420	
	Bromsskivor	Tektro 160mm	2	150	300	
	Bromsreglage	Tektro 351AG	2	100	200	
	Vajer+hölje	Tektro Kevlar	2	75	150	
					<b>Kompleta bromsar</b>	<b>1070</b>
<b>Vevpartidel</b>	Vevpartidel	Stål	1	700	700	
	Vevparti	Shimano Tiagra (FC-4503) integrerad axel	1	980	980	
	Vevlager	Shimano Ultegra (6600) integrerat	1	100	100	
	Pedaler	Wellgo WPD 95B	1	420	420	
	Vevpartiklämmor	Egentillverkade, aluminium, O=44mm	2	50	100	
					<b>Komplett vevpartidel</b>	<b>2300</b>
<b>Växlar</b>	Bakväxel	Shimano XT (RD-M761) SGS (lång växelarm)	1	265	265	
	Framväxel	Shimano Ultegra	1	110	110	
	Växlelreglage framväxel	Dura-Ace styrändsreglage	1	90	90	
	Växlelreglage bakväxel	Dura-Ace styrändsreglage	1	90	90	
	Vajer+hölje	Standard	1	80	80	
	Handtag	Spectro	2	50	100	
	Bakväxelhållare	Peak aluminium	1	20	20	
					<b>Kompleta växlar (exl växelnav)</b>	<b>635</b>
<b>Kedjedelar</b>	Kedja 2,5st, 380 cm	Shimano IG51+standard	1	850	850	
	Kedjehjul POM		1	85	85	



	100mm				
	Kullager till kedjehjul		2	10	20
	Axel till kedjehjul		1	20	20
	Kedjerör	Polyeten	1	200	200
				<b>Summa kedja</b>	<b>1175</b>
<b>Sitsdyna</b>	Sitsdyna	Filltermaterial "Poret" 50mm+liggunderlag	1	300	300
<b>Flexibelt styre i aluminium för utvärdering av styrgeometrin</b>	Styre	Styren 22x1,5 aluminium 6063-T6, bockad	2	100	200
	Styre	Centrumrör 25x1,5mm aluminium 6063-T6, bockad	1	120	120
	Styre	Barendsbitar till vinkellänkar	2	50	100
	Klämmor	25,4mm Big Cheese	2	30	60
	Styrstam	Asahi 125mm	1	180	180
	Styrlager	1" gängad FSA	1	90	90
	Styraxel	1" ca 80mm stål gängad	1	70	70
	Styrstag	Aluminiumstång 12x1mm inkl delar av M6 vantskruv	2	80	160
	Styrstag	Vinkellänkar M6	4	25	100
				<b>Komplett styre</b>	<b>1080</b>
<b>Hjulupphängning</b>	Styrlager	A-head 1-1/8 tum FSA The Pig	2	220	440
	Styraxlar	Aluminiumrör med ändpluggar	2	100	200
	Skrivar	M12	2	75	150
	Klämma	28,6mm Big Cheese	2	30	60
				<b>Delvikt styrlagerdel</b>	<b>850</b>
	Hjulupphängning	Rostfritt stål i första prototypen	2	290	580
				<b>Komplett hjulupphängning</b>	<b>1430</b>
<b>Ramdelen</b>	Ram med integrerad stol	Kolfiber/glasfiber/epoxi	1	4500	4500
	Toppböj	Kolfiber/epoxi	1	260	260
	Dropouts	Fräst Aluminiumplåt 2014-T6 T=8mm	2	110	220
				<b>Komplett ram</b>	<b>4980</b>
				<b>Total vikt</b>	<b>17981</b>
				<b>Vikt exl sitsdyna och pedaler</b>	<b>17261</b>



## 21.2 Bilaga 2. Beräknad vikt för CarbonTrikes lättviktsmodell

Med 20" bakhjul, 16" framhjul, lättviktshjul

Observera att dessa vikter gäller en tidig produktionsmodell och bör kunna optimeras vidare vid vidare produktutveckling, med en maxvikt på 10 kg (exl pedaler och sitsdyna) som ett realistiskt mål

Huvuddel	Del	Märke	Antal	Vikt/st [g]	Totalvikt [g]	
<b>Bakhjul</b>	Nav bak	Shiman Cepreo	1	355	355	
	Snabblås	Shimano	1	60	60	
	Fälg bak	Velocity Aerohead 406mm	1	350	350	
	Ekrar bak	Rostfria oreducerade	32	6	192	
	Kassett	Capreo standard 9-26T	1	245	245	
					Komplett vikt bakhjul exl däck+slang	1202
	Däck bak	Schwalbe Stelvio 406x28	1	200	200	
	Slang bak	Schwalbe 20"	1	90	90	
					<b>Komplett bakhjul</b>	<b>1492</b>
	<b>Framhjul</b>	Framnav	Lättviktsversion	2	100	200
Kullager till framnav		Ingår i nav				
Framaxlar		7075 konisk	2	100	200	
Fälgar		Velocity Aerohead 349mm	2	250	500	
Ekrar		DT Oreducerad 2mm rostfria+nipplar	64	5	320	
					Kompleta framhjul exl däck+slang	1220
Däck		Schwalbe Stelvio 349x28	2	180	360	
Slang		16" (349mm)	2	90	180	
					<b>Kompleta framhjul</b>	<b>1760</b>
<b>Bromsar</b>		Skivbromsar	Shimano LX hydrauliska	2	160	320
	Bromsskivor	Shimano 160 mm (inkl skruvar)	2	140	280	
	Bromsreglage	Shimano LX kombireglage, broms+växel	2	260	520	
	Vajer+hölje	Shimano hudralliska (ink olja)	2	60	120	
					<b>Kompleta bromsar</b>	<b>1240</b>
<b>Vevpartidel</b>	Vevpartidel	Kolfiber	1	700	700	
	Vevparti	FSA Superlight 53-39T 170mm	1	525	525	
	Vevlager	Shimano Dura Ace Octalink V1	1	195	195	
	Bashguard/ kedjeskydd	Ingat				
	Pedaler	Wellgo W-41	1	260	260	
	Vevpartiklämmor	Ingår i ram				
					<b>Komplett vevpartidel</b>	<b>1680</b>
<b>Huvuddel</b>	<b>Del</b>	<b>Märke</b>	<b>Antal</b>	<b>Vikt/st[g]</b>	<b>Totalvikt</b>	
<b>Växlar</b>	Bakväxel	Shimano Dura Ace RD-7800 GS (mellanlång växelarm)	1	190	190	
	Framväxel	Shimano Dura Ace	1	90	90	
	Växelreglage framväxel	Ingår i bromsreglage				
	Växelreglage bakväxel	Ingår i bromsreglage				
	Vajer+hölje	Standard	2	50	100	



	Handtag	Spectro	2	50	100
	Bakväxelhållare	Peak aluminium	1	20	20
				<b>Kompleta växlar</b>	<b>380</b>
<b>Kedje-delar</b>	Kedja 2,5st, 380 cm	Shimano CN-HG73	3	295	885
	Kedjehjul	POM 100mm lättvikt	1	60	60
	Kullager till kedjehjul	Inlines Abec5	2	10	20
	Axel till kedjehjul	Inlines	1	20	20
	Kedjerör	Polyeten enbart över lyft	1	50	50
				<b>Summa kedja</b>	<b>1035</b>
<b>Sitsdyna</b>	Sitsdyna	Luftspaltmatta 2 lager, samma som ventisit	1	200	200
<b>Styre</b>	Styre	Kolfiber ett stycke	1	400	400
	Klämmor	28,6mm PRO med chims	1	30	30
	Styrlager	A-head 1 tum PRO	1	125	125
	Styraxel	1" ca 80mm aluminium	1	50	50
	Styrstag	Kolfiberstång	2	50	100
	Styrstag	Vinkellänkar M6	4	25	100
				<b>Komplett styre</b>	<b>805</b>
<b>Styrlagerdel</b>	Styrlager	A-head 1-1/8 tum PRO	2	135	270
	Styraxlar	Svarvat 6082, ej gänga för stänkskärm	2	50	100
	Klämma	A-head 1-1/8" PRO	2	25	50
				<b>Delvikt styrlagerdel</b>	<b>420</b>
<b>Hjulupphängning</b>	Hjulupphängning	Kolfiber	2	150	300
	Hjulfastskruvning	Mutrar och brickor	2	50	100
				<b>Komplett hjulupphängning</b>	<b>820</b>
<b>Ramdelen</b>	Ram med integrerad stol	Kolfiber	1	2500	2500
	Toppböj	Kolfiber	1	150	150
	Dropouts	Kolfiber fastlaminerad med aluminiumförstärkningar	2	50	100
				<b>Komplett ram</b>	<b>2750</b>
				<b>Total vikt för CTL</b>	<b>11962</b>
				<b>Vikt exl pedaler och dyna</b>	<b>11502</b>



## 21.3 Bilaga 3. Lista över vikter på tadpole-trikar

Listan är sammanställd av signaturen "trailwarrior", 2006-08-29

Källa: <http://www.bentrideronline.com/>

Observera att alla vikter är i pund. 1 pund  $\approx$  0.46 kg

Exempel på viktomvandlare: <http://www.happis.nu/omvandlare/viktomvandlare.htm>

Observera även att vikten *inte* inkluderar pedaler.

Trikarna är sorterade från tyngsta till lättaste.

### Kommentar:

Enligt listan är Catrike Pocket marknadens lättaste tadpole med en vikt på **12,2 kg** (de lättare är konceptcyklar eller hemmabyggen). Vikten har kontrollerats vid publicering av exjobbssrapporten, att det finns ingen tadpole-trike på marknaden bland de större tillverkarna som enl tillverkarnas information är lättare.

Tadpoles sorted by weight:

-----

- 63.9 - Tripendo
- 50.0 - TriMuter PetTrike (weight includes all accessories)
- 49.0 - Sun EZ-Tadpole SX
- 48.3 - AnthroTech
- 44.1 - Optima Rhino FS
- 44.1 - MRT Swift Adventure
- 44.0 - Greenspeed GTE
- 43.0 - KMX X class
- 43.0 - KMX ST class
- 42.0 - Organic Engines Triclops
- 41.0 - TriMuter Big Wheel (weight includes all accessories)
- 41.0 - TriMuter TriCycle (weight includes all accessories)
- 39.7 - Noell D2m
- 39.7 - Leitra
- 39.0 - Greenspeed GTR
- 38.6 - Noell D3m
- 38.6 - Optima Rhino ST
- 38.5 - Greenspeed GTO
- 38.0 - Penninger T31
- 38.0 - ActionBent Apoyo
- 37.5 - Greenspeed GT3
- 37.5 - MRT Swift Touring
- 37.5 - Stein Nomad
- 37.3 - ICE Trice T
- 37.0 - Greenspeed X5
- 37.0 - Greenspeed GT5
- 37.0 - WizWheelz TTCruiser
- 37.0 - ActionBent Tadpole
- 37.0 - Redmount HPV
- 37.0 - LoGo
- 36.8 - ICE Trice S



- 36.1 - ICE Trice Q
- 36.0 - WizWheelz TTTour
  
- 35.4 - HPVelotechnik Scorpion
- 35.3 - Stein CT
- 35.3 - Stein Road Shark
- 35.0 - Greenspeed GTS
  
- 34.0 - Greenspeed GTC
- 34.0 - WizWheelz TTAccess
  
- 33.1 - Tri-Sled Cool Cruza
- 33.1 - Stein Viper
- 33.0 - Catrike 700
- 33.0 - WizWheelz TTSport
- 33.0 - Scarab 320
- 33.0 - Scarab 2026
- 33.0 - WindCheetah ClubSport
  
- 32.0 - WindCheetah SuperSport
  
- 31.0 - WizWheelz TTRace
- 31.0 - Catrike Road
- 31.0 - Greenspeed GTX
- 31.0 - Greenspeed SLR
  
- 30.9 - Tri-Sled Gizmo
- 30.8 - ICE Trice Explorer
- 30.5 - ICE Trice XXL
- 30.0 - ICE Trice Monster
  
- 29.0 - Catrike Speed
- 29.0 - WizWheelz TTEdge
- 29.0 - AngleTech TiAngle ST27
  
- 28.5 - ICE Trice Micro
- 28.0 - ICE Trice Mini
- 28.0 - WindCheetah HyperSport
  
- 27.6 - MRT Ultra Swift
- 27.3 - MRT Swiflet S2
- 27.0 - Catrike Pocket
  
- 23.1 - Mike Dennis Midnight Special
  
- 21.5 - ICE Trice Monster Concept (weight includes titanium pedals)

Note:

- a) unless otherwise noted  
weight in pounds without accessories or pedals  
1.1(499g) subtracted from specified weight if pedals were included
- b) I only listed those trikes for which I could find weight specified.  
Perhaps I should have included all the tadpoles and separated those for which I could find no weight specified.

added AngleTech TiAngle, Mike Dennis Midnight Special  
updated TriMuter trikes (weight includes all accessories)

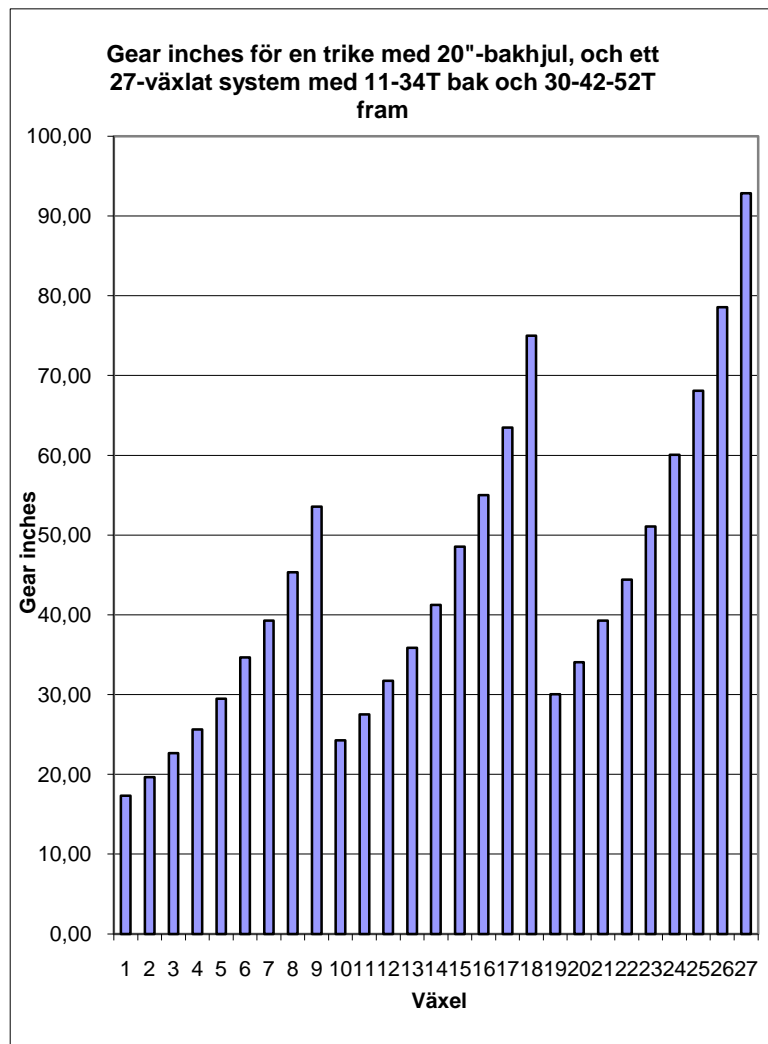


## 21.4 Bilaga 4. Utväxling för ett kedjexäxelsystem

I nedanstående tabell och tillhörande diagram redovisas utväxlingen för ett vanligt kedjexäxelsystem på en cykel med 20"-bakhjul, 27 växlat med 11-34T-kassett bak och 30-42-52T-vevparti fram:

Bakhjul 20" (ISO 406 med 50mm-däck)			
Fälgdiameter [mm]	Däck [mm]	Diameter [m]	Diameter [tum]
406	50	1,59	62,55

Klingan fram	Klinga bak	Tramp-tag [m]	Gear inches	Växel-förhållande
30	34	1,40	17,33	100%
	30	1,59	19,64	113%
	26	1,83	22,66	131%
	23	2,07	25,62	148%
	20	2,38	29,46	170%
	17	2,80	34,66	200%
	15	3,18	39,28	227%
	13	3,67	45,33	262%
	11	4,33	53,57	309%
42	34	1,96	24,26	140%
	30	2,22	27,50	159%
	26	2,57	31,73	183%
	23	2,90	35,87	207%
	20	3,34	41,25	238%
	17	3,93	48,53	280%
	15	4,45	55,00	317%
	13	5,13	63,46	366%
	11	6,07	75,00	433%
52	34	2,43	30,04	173%
	30	2,75	34,05	196%
	26	3,18	39,28	227%
	23	3,59	44,41	256%
	20	4,13	51,07	295%
	17	4,86	60,08	347%
	15	5,51	68,09	393%
	13	6,36	78,57	453%
	11	7,51	92,85	536%







## 21.5 Bilaga 5. Växelalternativ för CarbonTrikes-modellerna

CTA - Standardmodellen	Växelkombination								
	Bakväxel	Kedjeväxel standard 11- 34T	Kedjeväxel standard 11-34T	Capreo 9-26	Capreo special 9-32	Dual- Drive	Dual- Drive	Rohloff	Schlumpf HSD Kedje- växel bak
	Framväxel Viktning	3-delat 30- 42-52T	2-delat 42-65T	3-delat 30-42- 52T	3-delat 30-42- 52T	Enkel	2-delat 39-52T	Enkel	Enkel
Vikt	4	4	3	5	4	2	1	3	1
Pris	3	5	3	4	3	3	2	1	2
Växelförhållande	5	3	2	3	4	3	5	3	4
Höga växlar	4	1	3	3	3	4	5	4	4
Funktion	4	3	3	3	3	4	2	5	3
Verkningsgrad	4	5	5	4	4	2	2	2	2
Komplexitet / standarddelar	2	5	4	3	3	2	1	1	1
Krav på underhåll	4	2	2	2	2	2	1	5	2
Reglage för USS	3	5	5	5	5	4	2	2	5
	<b>Summa</b>	<b>115</b>	<b>106</b>	<b>116</b>	<b>114</b>	<b>96</b>	<b>83</b>	<b>102</b>	<b>91</b>

CTL - Lättviktsmodellen	Växelkombination								
	Bakväxel	Kedjeväxel standard 11- 34T	Kedjeväxel standard 11-34T	Capreo 9-26	Capreo special 9-32	Dual- Drive	Dual- Drive	Rohloff	Schlumpf HSD Kedje- växel bak
	Framväxel Viktning	3-delat 30- 42-52T	2-delat 42-65T	3-delat 30-42- 52T	3-delat 30-42- 52T	Enkel	2-delat 39-52T	Enkel	Enkel
Vikt	5	4	3	5	4	2	1	3	1
Pris	1	5	3	4	3	3	2	1	2
Växelförhållande	3	3	2	3	4	3	5	3	4
Höga växlar	5	1	3	3	3	4	5	4	4
Funktion	4	3	3	3	3	4	2	5	3
Verkningsgrad	5	5	5	4	4	2	2	2	2
Komplexitet / standarddelar	2	5	4	3	3	2	1	1	1
Krav på underhåll	1	2	2	2	2	2	1	5	2
Reglage för USS	3	5	5	5	5	4	2	2	5
	<b>Summa</b>	<b>103</b>	<b>101</b>	<b>108</b>	<b>105</b>	<b>86</b>	<b>74</b>	<b>88</b>	<b>80</b>

CTT - Touringmodellen	Växelkombination								
	Bakväxel	Kedjeväxel standard 11- 34T	Kedjeväxel standard 11-34T	Capreo 9-26	Capreo special 9-32	Dual- Drive	Dual- Drive	Rohloff	Schlumpf HSD Kedje- växel bak
	Framväxel Viktning	3-delat 30- 42-52T	2-delat 42-65T	3-delat 30-42- 52T	3-delat 30-42- 52T	Enkel	2-delat 39-52T	Enkel	Enkel
Vikt	1	4	3	5	4	2	1	3	1
Pris	2	5	3	4	3	3	2	1	2
Växelförhållande	5	3	2	3	4	3	5	3	4
Höga växlar	2	1	3	3	3	4	5	4	4
Funktion	4	3	3	3	3	4	2	5	3
Verkningsgrad	4	5	5	4	4	2	2	2	2
Komplexitet / standarddelar	5	5	4	3	3	2	1	1	1
Krav på underhåll	3	2	2	2	2	2	1	5	2
Reglage för USS	3	5	5	5	5	4	2	2	5
	<b>Summa</b>	<b>109</b>	<b>98</b>	<b>98</b>	<b>100</b>	<b>83</b>	<b>70</b>	<b>82</b>	<b>79</b>



## 21.6 Bilaga 6. Ekerlängdsberäkning för prototypens 20-tumsframhjul

Ekerlängden har räknats ut genom att unyttja ett Excelark, "Spocalc2002.xls" skapat av Damon Rinard nedladdat från hans hemsida:

<http://www.sheldonbrown.com/rinard/spocalc.htm>

Dedan syns Excelarket där både symmetrisk och asymmetrisk placering av fälgen i förhållande till navet har provats:

Symetrisk placerad fälg	Input Data	Output Data		
N, total number of spokes	36	cross	left length	right length
ERD, effective rim diameter	392,0	0	168,5	163,0
OSB, offset spoke bed	0,0	1	170,4	165,4
WL, width from center to left flange	24,0	2	175,9	172,1
WR, width from center to right flange	24,0	3	183,9	181,9
dL, left flange diameter	56,0	4	193,4	193,3
dR, right flange diameter	67,0	4,00	193,4	193,3
S, spoke hole diameter	2,5			
X, cross number (decimal allowed)(optional)	3,00			
WL_effective = W + OSB		24,0		
WR_effective = W - OSB		24,0		

Asymmetriskt placerad fälg	Input Data	Output Data		
N, total number of spokes	36	cross	left length	right length
ERD, effective rim diameter	392,0	0	167,9	163,6
OSB, offset spoke bed	0,0	1	169,9	166,0
WL, width from center to left flange	20,0	2	175,4	172,7
WR, width from center to right flange	28,0	3	183,4	182,5
dL, left flange diameter	56,0	4	192,9	193,8
dR, right flange diameter	67,0			
S, spoke hole diameter	2,5			
X, cross number (decimal allowed)(optional)	3,00			
WL_effective = W - OSB		20,0		
WR_effective = W + OSB		28,0		

Egensvarvat  
Front hub isskivbromsnav  
Alex AL-VP  
Front rim is20F

### Resultat:

Ekerlängden för frambromsnaven till CarbonTrikes-prototyp skall vara **182-183 mm**, vid 3-korsekring och **asymmetriskt** placerad fälg.

Ekerlängden för frambromsnaven till CarbonTrikes -prototyp skall vara **184 på utsidan** och **181 mm på insidan**, vid 3-korsekring och **symmetriskt** placerad fälg, för att kunna utnyttja samma ekerlängd kan 184mm ekerlängd användas på båda sidorna och långa ekernipplar för utsidesekrarna

Symmetriskt placerad fälg är att föredra ur hållbarhetssynpunkt (jämnare belastningsfördelning mellan ekrarna) medan asymmetrisk placering ger större spårvidd och därmed högre stabilitet.



## 21.7 Bilaga 7. Ekerlängdsberäkning för prototypens 16-tumsframhjul

Ekerlängden har räknats ut genom att unyttja ett Excelark, "Spocalc2002.xls" skapat av Damon Rinard nedladdat från hans hemsida:

<http://www.sheldonbrown.com/rinard/spocalc.htm>



Figur 21-1: Ekring av 16"-hjulet med lättviktsnavet

Nedan syns Excelarket där längden är beräknad för 2-korsekring

16-tumshjul, 2-korsekrad	Input Data	Output Data		
N, total number of spokes	28	cross	insida längd	utsida längd
ERD, effective rim diameter	331,0	0	141,4	141,4
OSB, offset spoke bed	0,0	1	144,2	144,2
WL, width from center to left flange	21,5	2	151,7	151,7
WR, width from center to right flange	21,5	3	162,0	162,0
dL, left flange diameter	49,0	4	172,7	172,7
dR, right flange diameter	49,0			
S, spoke hole diameter	2,5			
X, cross number (decimal allowed)(optional)	3,00			
WL_effective = W + OSB		21,5		
WR_effective = W - OSB		21,5		

Egensvarvat  
skivbromsnav, Alu 7075  
Front hub is + kolfiber  
Front rim is Brompton 349mm



## 21.8 Bilaga 8. Kostnader för framtagning av trikeprototyp

Vara	Till, kategori	Antal	Pris	Summa	Inköpskälla
<b>Cykeldelar</b>					
Bakhjul Capreo	Bakhjul	1	0 kr	0 kr	Bagagnat
Däck, Schwalbe Big Apple 406 x 50	Bakhjul touring	1	280 kr	280 kr	Orion Sport
Däck, Schwalbe Marathon slick 406x35 mm	Bakhjul allround	1	190 kr	190 kr	Cyclecomponents
Däck, Schwalbe Stelvio 406x28 mm	Bakhjul lättvikt	1	180 kr	180 kr	Cyclecomponents
Fälgar Alex AL-VP20F 406x20	Framhjul 20" touring	2	50 kr	100 kr	Duells
Ekrar, DT Champion 183 mm	Framhjul 20" touring	1	280 kr	280 kr	Duells
Däck, Schwalbe Marathon slick 406x35 mm	Framhjul 20" touring	2	190 kr	380 kr	Cyclecomponents
Skivbromsar, Tektro Novela	Bromsar	2	399 kr	798 kr	Biltema
Bromsreglage, Tektro 351 AG	Bromsar	1	89 kr	89 kr	Biltema
Pedaler, Wellgo WPD 95B	Vevpartidel	1	300 kr	300 kr	Cykelringen
Vevparti Tiagra (DF-4503), 3 delad, integrerad vevaxel	Vevpartidel	1	620 kr	620 kr	Cyclecomponents
Vevlager Ultegra (6600)	Vevpartidel	1	285 kr	285 kr	Cyclecomponents
Bakväxel XT SGS (lång växelarm) RD-M761	Växel	1	470 kr	470 kr	Cyclecomponents
Framväxel Ultegra (FD6603)	Växel	1	390 kr	390 kr	Cyclecomponents
Växelreglage, styrändreglage, Dura Ace SL-BS77	Växel	1	515 kr	515 kr	Cyclecomponents
Kedja, KMC 93	Kedja	3	0 kr	0 kr	Begagnat
Växelöra	Växel	2	69 kr	138 kr	Sportex
16" fälgar, Brompton	Framhjul 16"	2	270 kr	540 kr	Gamla stans cykel
16" däck, Brompton 349x37 mm	Framhjul 16"	2	220 kr	440 kr	Gamla stans cykel
16" slangar, 349 mm	Framhjul 16"	2	65 kr	130 kr	Gamla stans cykel
Ekrar, DT Champion 152mm	Framhjul 16"	56	3 kr	168 kr	Cyclecomponents
Sadelklämma Big Cheese 25,4mm	Styrningen	2	50 kr	100 kr	Cyclecomponents
Sadelklämma Big Cheese 28,4mm	Hjulupphängning	2	50 kr	100 kr	Cyclecomponents
Slang, Schwalbe 406x28-40	Hjul	5	50 kr	250 kr	Cyclecomponents
Ventilrädare	Hjul	1	45 kr	45 kr	Cyclecomponents
Stylager, 1-1/8" A-head, FSA, The Pig, svart	Hjulupphängning	2	210 kr	420 kr	Cyclecomponents
Stylager, 1-1/8" Integrerat, Cane Green IS-2 Short	Hjulupphängning	2	295 kr	590 kr	Cyclecomponents
Fälgar, Velocity Aero Heat	Framhjul 20" lättvikt	2	430 kr	860 kr	Cyclecomponents
Ekrar, DT Champion 174 mm	Framhjul 20" lättvikt	70	3 kr	210 kr	Cyclecomponents
Ekernipplar långa, DT 16x2 mm	Framhjul 20" lättvikt	1	80 kr	80 kr	Cyclecomponents
Däck, Schwalbe Stelvio 406x28 mm	Framhjul 20" lättvikt	2	180 kr	360 kr	Cyclecomponents
Frakt		4	90 kr	360 kr	Cyclecomponents
Frakt		1	50 kr	50 kr	Cyclecomponents
			<b>Delsumma cykeldelar</b>	<b>9 668 kr</b>	
<b>Delar för egen tillverkning</b>					
Aluminiumstång	Framhjul 16"	1	140 kr	140 kr	Metallvaruhuset
Aluminiumstång	Framhjul 20" lättvikt	1	200 kr	200 kr	Metallvaruhuset
8mm aluminiumplatta	Bakhjulsupphängning	1	60 kr	60 kr	Metallvaruhuset
2mm aluminiumplatta	Fästdetaljer	1	38 kr	38 kr	Metallvaruhuset
3mm aluminiumplatta	Fästdetaljer	1	25 kr	25 kr	Metallvaruhuset
Aluminiumblock	Hjulupphängning	1	100 kr	100 kr	Metallvaruhuset
Aluminiumrör 18x1 mm	Framhjul	1	10 kr	10 kr	Metallvaruhuset
Aluminiumrör 12x1 mm	Styrning	1	10 kr	10 kr	Metallvaruhuset
Aluminiumrör 25x1,5 mm, 22x1,5 mm	Styrning	1	50 kr	50 kr	Metallvaruhuset
Skrivar till framhjulsaxlar	Framhjul	1	200 kr	200 kr	Sifvert Skruv
Skrivar till framhjulsaxlar	Framhjul 20"	2	13 kr	25 kr	Bultspeciallist
Vinkellänkar M6	Styrning	2	59 kr	118 kr	Clas Ohlsson



Vantskruvar M6	Styrning	2	95 kr	190 kr	Clas Ohlsson
Styre, böjd aluminium	Styrning	1	49 kr	49 kr	Biltema
Sadelstolpe 28,6mm, 6061-T6 alu	Styrningen, Prototyp	1	69 kr	69 kr	Biltema
Gummiklammer	Kedja	2	17 kr	34 kr	Biltema
Kullager 6002-2RS (15x32x9 mm)	Framhjul 16"	4	15 kr	60 kr	Biltema
Kullager 6002-2RS (15x32x9 mm)	Framhjul 20"	4	39 kr	156 kr	Jula
Aluminiumstång	Framhjul 20", touring	2	180 kr	360 kr	Metallvaruhuset
Kickboardhjul 100mm	Kedja	1	25 kr	25 kr	Tellus
Kullager 8x22x7 mm, ABEC7	Kedja	2	10 kr	20 kr	Intersport
Stolsdynamaterial, Poret T=50mm	Sits	1	200 kr	200 kr	Poret
Barend	Styrning	4	29 kr	116 kr	Jula
Skrudar, muttrar, brickor till hjulupphängning	Styrning	1	50 kr	50 kr	Aston Carlsson
Skrudar, muttrar, brickor till hjulupphängning	Styrning	1	220 kr	220 kr	Sifvert Skruv
Aluminiumplatta, 8mm dural (2014), bakhjulsupphängning	Ram	1	60 kr	60 kr	Metallvaruhuset
Aluminiumrör 45x5mm 25cm	Styrning	1	35 kr	35 kr	Metallvaruhuset
Aluminiumstång 30mm 40cm	Styrning	1	60 kr	60 kr	Metallvaruhuset
Aluminiumrör 22x1,5mm 6063 2 meter	Styrning	1	77 kr	77 kr	Metallvaruhuset
Aluminiumrör 25x1,5 mm 6063	Styrning	1	58 kr	58 kr	Metallvaruhuset
Aluminiumplåt	Kedja	1	220 kr	220 kr	Metallvaruhuset
Skruv	Styrning	1	101 kr	101 kr	Woody
M16 skruvar till axlar	Framhjul 16"	1	100 kr	100 kr	Sifvert Skruv
M16 låsmuttrar till axlar	Framhjul	10	2 kr	22 kr	Jula
Aluminiumrör för tillverkning av upphängning för integrerade styrlager	Ram	1	75 kr	75 kr	Metallvaruhuset
Inspektionslucka	Ram	1	39 kr	39 kr	SeaSea
Gummilist för tätning av lönnfack	Ram	1	20 kr	20 kr	Kuntze

**Delsumma delar för egen tillverkning 3 392 kr**

#### Verktyg

Vakumpump	Verktyg	1	1 495 kr	1 495 kr	Jula
Fläkt	Verktyg	1	49 kr	49 kr	Jula
Vakuubarometer	Verktyg	1	80 kr	80 kr	Biltema
Kupévärmare	Verktyg	1	99 kr	99 kr	Jula
Digital vinkelmätare	Verktyg	1	399 kr	399 kr	LIDL
Silikonplatta	Verktyg	1	90 kr	90 kr	LIDL
Termometer med trådlös givare	Verktyg	1	69 kr	69 kr	Netto
Blocknyckel 24mm	Verktyg	1	35 kr	35 kr	Clas Ohlson
Plåtsax	Verktyg	1	60 kr	60 kr	Biltema
Mutternitsats	Verktyg	1	199 kr	199 kr	Biltema

**Delsumma verktyg 2 376 kr**

#### Förbrukningsmaterial

Ekoprim Extruderad polystyren T=50mm	Ram	2	75 kr	150 kr	COOP Byggmarknad
Klarlack, spray	Finish	4	40 kr	160 kr	Biltema
Primer, spray	Finish	7	40 kr	280 kr	Biltema
Spray, neon orange	Finish	1	50 kr	50 kr	Biltema
Spray, neon grön	Finish	7	50 kr	350 kr	Biltema
Spray, svart	Finish	2	40 kr	80 kr	Biltema
Aceton	Förbrukningsmaterial	1	40 kr	40 kr	Biltema
T-sprit	Förbrukningsmaterial	1	20 kr	20 kr	Biltema
Spackelset	Förbrukningsmaterial	1	10 kr	10 kr	Biltema
Gummispackel	Förbrukningsmaterial	1	30 kr	30 kr	Biltema
Slipdukar	Förbrukningsmaterial	3	35 kr	105 kr	Biltema
Eltejp	Förbrukningsmaterial	5	10 kr	50 kr	Biltema



Packtejp 48mm	Förbrukningsmaterial	1	17 kr	17 kr	Biltema
Packtejp 36mm	Förbrukningsmaterial	1	13 kr	13 kr	Biltema
Aluminiumtejp	Förbrukningsmaterial	1	30 kr	30 kr	Biltema
Silvertejp	Förbrukningsmaterial	1	60 kr	60 kr	Biltema
Trassel 1kg	Förbrukningsmaterial	1	40 kr	40 kr	Biltema
Slipondeller	Förbrukningsmaterial	2	25 kr	50 kr	Aston Carlsson
Epoxilim	Förbrukningsmaterial	1	99 kr	99 kr	Clas Ohlsson
Peel Ply	Förbrukningsmaterial	5	49 kr	244 kr	Epotex
Butylband	Förbrukningsmaterial	3	51 kr	154 kr	Epotex
Plastfilm	Förbrukningsmaterial	1	179 kr	179 kr	Byggmax
Tryckslang, armerad PVC 6mm	Förbrukningsmaterial	1	58 kr	58 kr	Jula
Penslar, 6st	Förbrukningsmaterial	1	24 kr	24 kr	Jula
Mattejp	Förbrukningsmaterial	1	68 kr	68 kr	Woody
Limstift	Förbrukningsmaterial	1	19 kr	19 kr	Woody
Absorbtionsväv (Freecepläd 1,7x1,2m)	Förbrukningsmaterial	1	39 kr	39 kr	Ikea
Makroglasbalonger	Förbrukningsmaterial	1	60 kr	60 kr	Biltema
Slipkloss	Förbrukningsmaterial	1	15 kr	15 kr	Biltema
Slipsvampar	Förbrukningsmaterial	1	23 kr	23 kr	Biltema
Smärgelduk	Förbrukningsmaterial	3	25 kr	75 kr	Biltema
Slipdukar	Förbrukningsmaterial	2	35 kr	70 kr	Biltema
Vätsslippapper	Förbrukningsmaterial	1	33 kr	33 kr	Biltema

**Delsumma  
förbrukningsmaterial 2 592 kr**

#### Kompositmaterial under projektet

För det börbrukade kompositmaterialet räknas följande  
chablonkostnader:

Kolfiber = 1000kr/kg

Epoxi, epoxispackel = 200kr/kg

Glasfiber = 200kr/kg

Polyesterspackel = 80kr/kg

Släppmedel = 100kr/kg

Pre-preg = 1000kr/kg

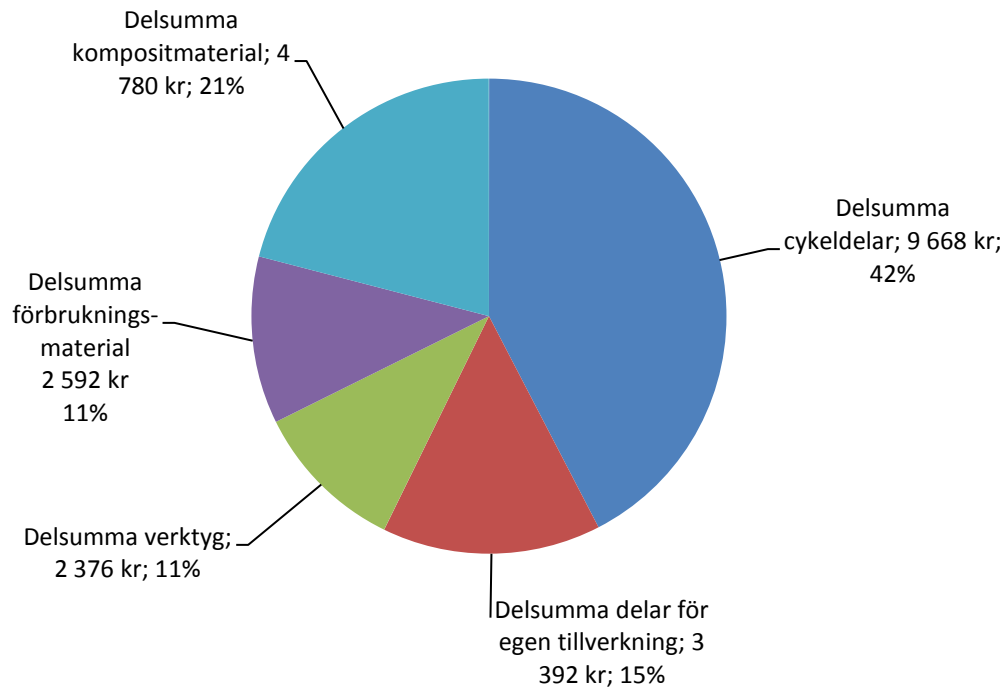
För detaljerad lista se separat blad!

**Delsumma  
kompositmaterial 4 780 kr**  
**Totalsumma 22 807kr**

Tanso mm  
Epotex  
Epotex  
Biltema  
Sea sea mm  
Marström  
Composite



## Utveckling av kolfibertrike- Kostnadsfördelning





## 21.9 Bilaga 9. Förbrukat av kompositmaterial vid framtagning av prototyp

Kostnaderna baseras på följande kilopriser:

Kolfiber=1000kr/kg, Glasfiber=200kr/kg, Epoxi/epoxispackel=200kr/kg,

Polyesterspackel=80kr/kg, Släppmedel=100kr/kg, Kolfiberpre-preg=1000kr/kg

Vad	Epoxi / spackel / släppmedel	Vikt [g]	Kostnad	Fiber	Vikt [g]	Kostnad	Summa
Rör till lättviktsnav			0 kr	Kolfiber pre-preg	200	200 kr	200 kr
Täckbrickor till nav	HT9000 snabb	25	5 kr	Silvreväv (aluminiumbelagd glasfiber twill)	10	5 kr	10 kr
Spackling av vevpartidel	Spackel NM 206	50	10 kr			0 kr	10 kr
Stol	NM 650	400	80 kr	Kolfiber noncrimp +/-45	110	110 kr	190 kr
Stol			0 kr	Kolfiber noncrimp +/-45	120	120 kr	120 kr
Stol			0 kr	Kolfiber noncrimp 0/90	60	60 kr	60 kr
Stol	Släppmedel	80	8 kr			0 kr	8 kr
Toppböjplugg	HT9000 snabb	160	32 kr	Glasfiber noncrimp 0/+54/-45/90	130	26 kr	58 kr
Toppböjplugg	Polyesterspackel, Biltema Lätt	1000	80 kr			0 kr	80 kr
Toppböjplugg	HT9000 snabb	50	10 kr			0 kr	10 kr
Toppböjform	NM 275	80	16 kr			0 kr	16 kr
Toppböjform	NM 275	500	100 kr	Glasfiber, 160+320g/m <sup>2</sup> twill samt noncrimp	400	80 kr	180 kr
Toppböjform	Släppmedel	40	4 kr			0 kr	4 kr
Toppböj	NM 650	280	56 kr	Kolfiber noncrimp +/-45, 0/90	200	200 kr	256 kr
Toppböj			0 kr	Kolfiber twill 200g/m <sup>2</sup>	25	25 kr	25 kr
Toppböj			0 kr	Glasfiber 160g/m <sup>2</sup> twill	20	4 kr	4 kr
Toppböj	Släppmedel	40	4 kr			0 kr	4 kr
Toppböjficka	NM 275	80	16 kr	Kolfiber UD 150g/m <sup>2</sup>	10	10 kr	26 kr
Toppböjficka			0 kr	Glasfiber 320g/m <sup>2</sup> twill	50	10 kr	10 kr
Toppböjficka	Släppmedel	20	2 kr			0 kr	2 kr
Limning av toppböjficka	NM 275	30	6 kr			0 kr	6 kr
Fastlamining av toppböjficka	NM 650	110	22 kr	Kolfiber noncrimp +/-45, samt lite UD	50	50 kr	72 kr
Fastlamining av toppböjficka			0 kr	Glasfiber 320g/m <sup>2</sup> twill	10	2 kr	2 kr
Rör till bomupphängning i ram	NM275	60	12 kr	Glasfiber	60	12 kr	24 kr
Fastsättning av styrlager, förstärkning av skumplastram, ovasida	NM 275	250	50 kr	Glasfiber, vävt band 50mm + 100mm 155g/m <sup>2</sup>	133	27 kr	77 kr
Fastsättning av styrupphängning, förstärkning av skumplastram, undersida	NM 275	210	42 kr	Kolfiber, UD 600g/m <sup>2</sup> , T600	74	74 kr	116 kr
Fastsättning av styrupphängning, förstärkning av skumplastram, undersida			0 kr	Glasfiber, vävt band 50mm + 100mm 155g/m <sup>2</sup>	26	5 kr	5 kr
Form till kedjehjulficka	NM 275	40	8 kr			0 kr	8 kr
Kedjehjulficka	NM 275	65	13 kr	Kolfiber UD 150g/m <sup>2</sup>	9	9 kr	22 kr
Kedjehjulficka			0 kr	Glasfiber, vävt band 50mm + 100mm 155g/m <sup>2</sup>	23	5 kr	5 kr
Kedjehjulficka	Släppmedel	10	1 kr			0 kr	1 kr
Dropoutfickor	NM 275	44	9 kr	Glasfiber, vävt band 50mm + 100mm 155g/m <sup>2</sup>	17	3 kr	12 kr
Dropoutfickor			0 kr	Kolfiber, rowing T1000	10	10 kr	10 kr
Dropoutfickor	Släppmedel	10	1 kr			0 kr	1 kr
Fastlamining av dropoutfickor, förstärkning av bakgaffeln	NM 275	80	16 kr	Kolfiber UD 300g/m <sup>2</sup> , T700	20	20 kr	36 kr
Fastlamining av dropoutfickor, förstärkning av bakgaffeln			0 kr	Glasfiber, vävt band 100mm 155g/m <sup>2</sup>	10	2 kr	2 kr
Provlaminering: Vakuumbagging av XPS	NM 650	122	24 kr	Glasfiber, grov rovingväv, 800g/m <sup>2</sup>	130	26 kr	50 kr
Spackling av kedjehjulficka	NM 275	40	8 kr			0 kr	8 kr
Spackling av ramen mot sitsen, fram- och bakkant	NM 275	40	8 kr			0 kr	8 kr
Fastlimning av övergång till sitsen samt vajerföring	NM 275	110	22 kr			0 kr	22 kr
Fastlamining av övergång till sitsen	NM 275	46	9 kr	Glasfiber, vävt band, 50 och 100mm 155g/m <sup>2</sup>	15	3 kr	12 kr
Fastlamining av stålbitar för gänginfästningar (7st)	NM 275	46	9 kr	Glasfiber, vävt band 100mm 155g/m <sup>2</sup>	10	2 kr	11 kr
Vakuumbagging av hela ramen	NM 650	1246	249 kr	Kolfiber, noncrimp, UD och Twill	1151	1 151 kr	1 400 kr
Laminering av bornklämma	NM 650	60	12 kr	Kolfiber, noncrimp, UD och 0/90	30	30 kr	42 kr
Spackling av ramen	Epoxispackel, NM 206 Lätt	890	178 kr			0 kr	178 kr
Epoxipensling av ramen	HT9000 snabb	165	33 kr			0 kr	33 kr
Laminering av designfickor på ramen	HT9000 snabb	153	31 kr	Kolfiber 2x2-twill 200g/m <sup>2</sup>	15	15 kr	46 kr
Form till stänkskärm fram	NM 650	600	120 kr	Glasfiber, non-crimp, twill	350	70 kr	190 kr
Form till stänkskärm fram	Epoxigelcoat	50	10 kr			0 kr	10 kr
Form till stänkskärm fram	Släppmedel	30					
Stänkskärm fram	NM 650	600	120 kr	Kolfiber twill 650g/m <sup>2</sup> , UD, non-crimp	600	600 kr	720 kr
Form till stänkskärmbyglar	NM 650	80	16 kr	Glasfiber, twill, non-crimp	80	16 kr	32 kr
Form till stänkskärmbyglar	Epoxigelcoat	80	16 kr			0 kr	16 kr
Form till stänkskärmbyglar	Släppmedel	20	4 kr			0 kr	4 kr
Stänkskärmbyglar	NM 650	358	72 kr	Kolfiber, twill, non-crimp, UD	250	250 kr	322 kr
Stänkskärmbyglar	Släppmedel	20	4 kr			0 kr	4 kr

Totalsumma  
epoxi 1 548

Totalsumma  
väv 3 232 4780





## 21.10 Bilaga 10. Materialanalys av skruv som utnyttjas till framhjulsaxlarna

### Uppgift

En höghållfast skruv (dimension M16) som utnyttjas till framhjulsaxlarna på triken har analyserats för att avgöra vilket material skruven troligtvis är tillverkad av. Axlarna utsätts för stora belastningar och är vitala för trikens funktion. Om de fallerar utsätter cyklisten för fara. Därför är det viktigt att rätt materialet i axlarna är lämpligt.



Figur 21.10-1. Ovan: M16-skruv Nedan: Framhjulsaxel där skruven nersvarvad till 15mm med i gängad ändskruv. Den del som har analyserats är änstumpen vid skruvhuvudet som blivit över då axeln har svarvats.

### Misstanke om material

Innan materialproven genomfördes hade fanns misstankar om ungefärlig stålqualität i materialen. Misstankarna / gissningarna redovisas i tabellen nedan:

Detalj	Misstanke om material	Kommentar
M16-skruv (hållfasthetsklass 12.9)	Seghärdat kolstål	Höghållfast skruv, hög sträckgräns och brottgräns (1200Mpa resp 1080Mpa enl hållfasthetsklassen) ger höga krav på god stålqualität och antagligen krav på seghärdning. Endast oxidytbehandlad (varmförzinkning kan överanlöpa ett härdat material)



## Arbetsmoment

Vid materialanalysen ingick ett antal moment, dels förbehandling av materialet, mätningar, studerande samt analys av resultaten:

- 1) Kapning
- 2) Slipning
- 3) Polering
- 4) Hårdhetsmätning
- 5) Etsning
- 6) Studerande i mikroskop
- 7) Analys

### 1) Kapning

För att göra detaljerna hanterliga i testutrustningen, hårdhetsmätaren och mikroskopet kapades först detaljerna till lämplig storlek.



Figur 21.10-3. Tillkapad skruvhuvud

### 2) Slipning

Detaljerna vattenslipades på rondell i fyra steg med ökande finhet på slippappret tills mycket god ytjämnhet av analysytorna hade åstadkommits.



Figur 21.10-4. De fyra våtslipskivorna försedda med sandpapper (från höger till vänster 180, 320, 500, 1000)



### 3) Polering

På en rondell polerades detaljernas analysytor med diamantpasta tills helt blanka ytor hade uppnåtts.



Figur 21.10-5,a,b, Vänster polermaskinen, Höger: Polerat materialprov

### 5) Hårdhetsmätning

Vid hårdhetsmätningen trycktes en diamantpyramid mot materialet och genom att bestämma storleken på avtrycket vid en viss belastning kunde hårdheten bestämmas graderad i hårdhet Vickers [HV].

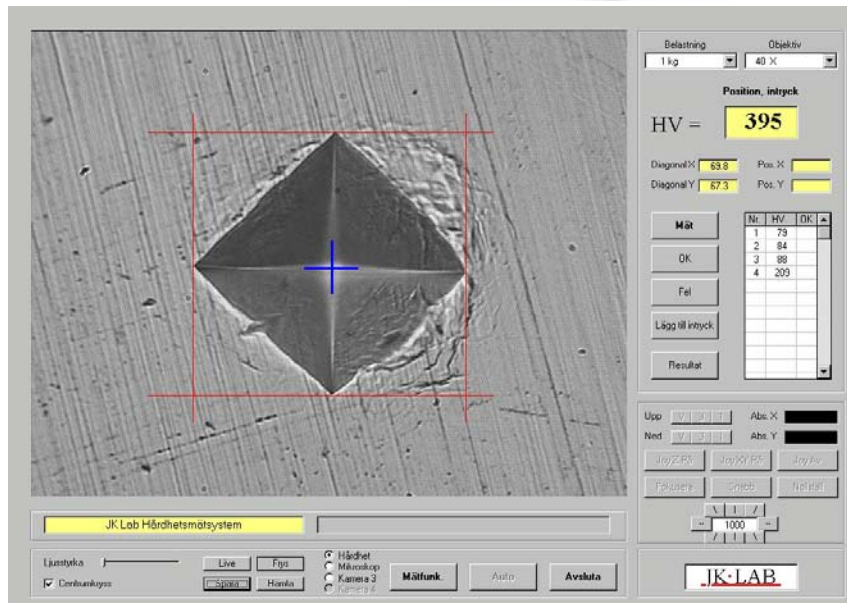
Desto mindre avtryck i förhållande till belastningen desto hårdare material.

Diamantspetsen tryckte automatiskt mot materialet efter att belastningen hade ställts in anpassat till hårdheten hos materialet. Därefter bestämdes avtrycksstorleken genom att studerande av avtrycket i hårdhetsmätarens mikroskopdel vid 200 eller 400ggr förstoring med en kamera kopplad till en dator och anpassat program som räknade ut hårdhetstalet efter att diagonalavståndet på avtrycksbilden hade markerats, samt belastning och mikroskopförstoring hade ställts in.



Figur 21.10-6. Detaljbild av hårdhetsmätningen

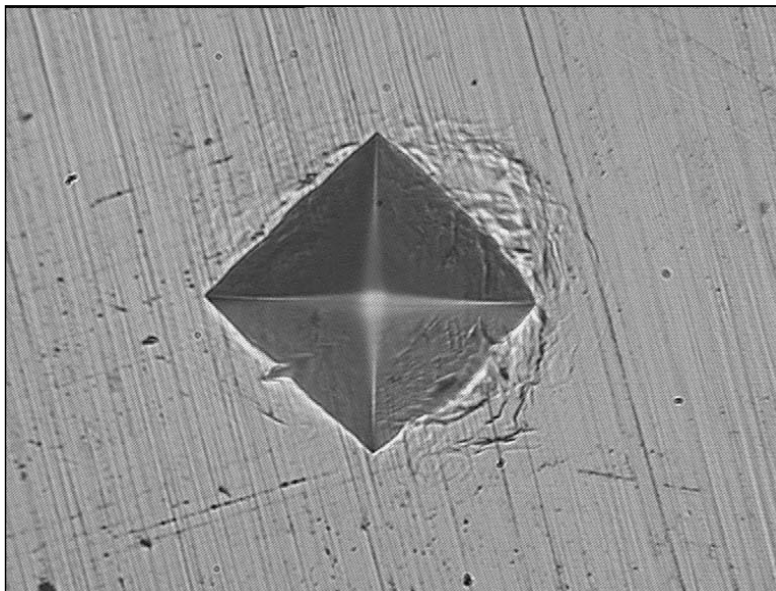
För att fylla ut synfältet maximalt vid 400 gångers förstoring av mikroskopbilden belastades alla prov med den för provmaskinens maximala belastningen 1000 gram (1kg).



Figur 21.10-7. Hårdhetsmätarprogrammet vid hårdhetsmätning av M16-skraven, efter avtryck med 1000 grams belastning, studerande med 400 gångers förstörande objektiv. Hårdhet: 395HV.

Hårdhetsmätningar gjordes på tre mätningar på olika platser hos materialet och presenterat hårdhetstal är ett genomsnitt av dessa.

Bild på avtryck vid hårdhetsmätningen:



Figur 21.10-8. Hårdhetsmätning av M16-skraven, 1000gr belastning, 400gr förstoring. Observera materialdeformationerna på höger sida av avtrycket.



### Resultat av hårdhetsmätningen:

Detalj	Hårdhet	Kommentar
M16-skruv	395 HV	Motsvarar 40,4HRC stämmer relativt väl med seghärtningsstål som har härdats och anlöpts vid 450°C (0,6% kol), 475°C (0,8% kol), 500°C (1% kol), 520°C (1,2% kol) (fig 4.26 Karlebo Materiallära 13utg)

Kommentar: tabell för omvandling mellan hårdhetstal på sid 48 Björk formelsamling har nyttjats.

### 6) Etsning

För att kunna studera gitterstrukturen hos materialen etsades dessa med en frätande vätska. Vätskan fräter bort vissa partier i större omfattning än andra beroende på materialsammansättningen på platsen och vid studerande i mikroskop belyses provet något från sidan vilket gör att man kan se ytstrukturen som ljusa och mörka partier, vilket är belysta partier och skuggade partier.



En etsvätska bestående av 5% salpetersyra (65% koncentrerad) och 95% etanol (95% koncentrerad) utnyttjades.

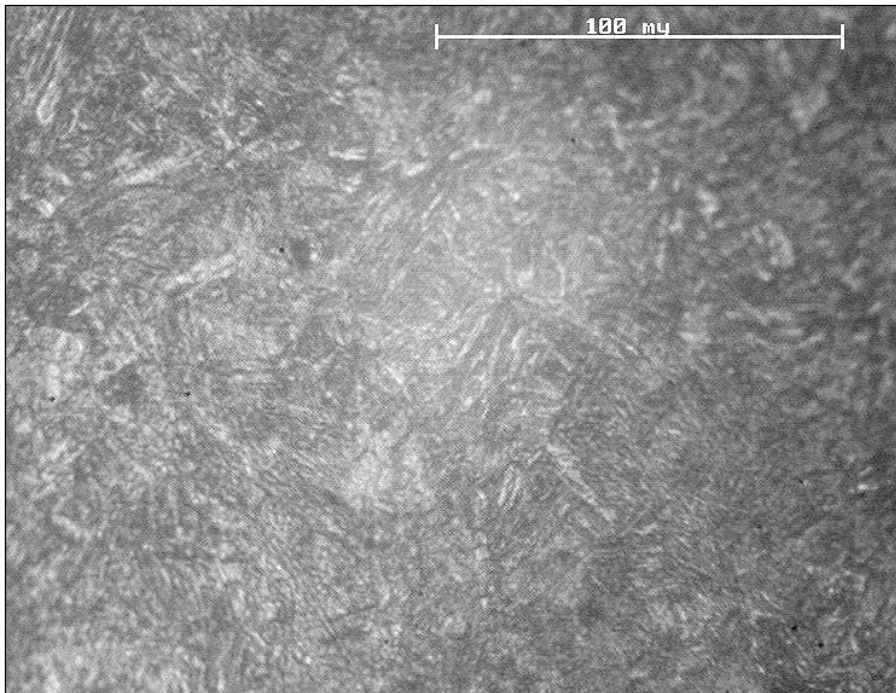
Materialprovet etsades i rumstemperatur under en stund tills ytan blev matt och grå. Tiden visade sig vara för lång varvid metallgittret inte gick att studera (såg bara ut som en grå risgrynsgröt). Biten polerades om och korrekt etsning åstadkoms genom mycket försiktig etsning i någon sekund, avsköljning med T-sprit varefter provet studerades i mikroskop och etsades mer mycket snabbt tills gitterutseendet var tillräckligt markerat.

Figur 21.10-9. Etsvätska för stål

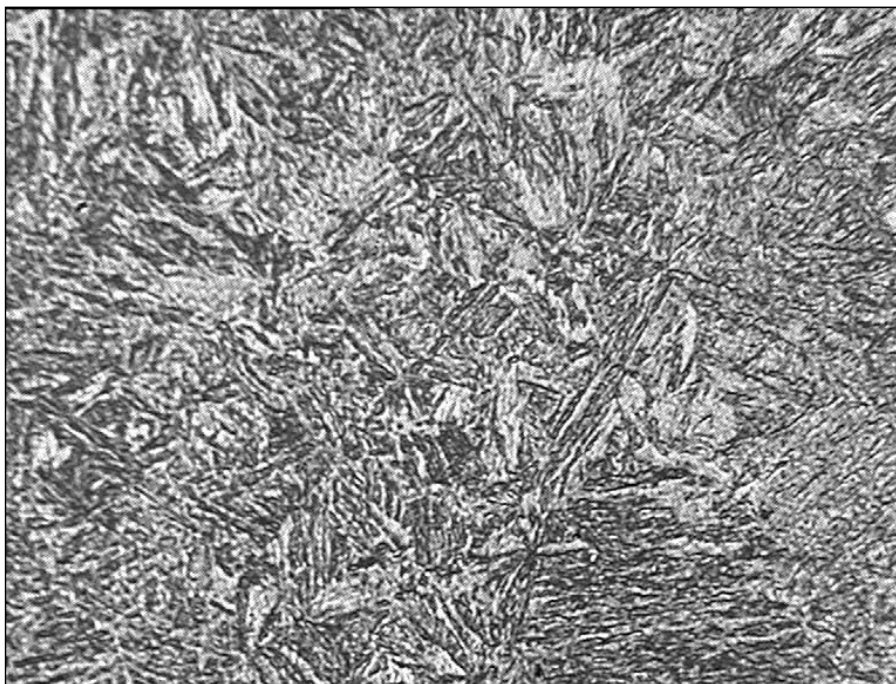
### 7) Mikroskopstuderande

Alla analysytor studerades i mikroskop med tillkopplad kamera kopplad till monitor och dator. I mikroskopet var lämplig förstoring 500 gånger.

Proven studerades även med hårdhetsmätarutrustningens mikroskopdel vid 400 gångers förstoring. Hårdhetsmätarens kamera gav skarpare bilder vilka ansågs något lättare att analysera medan man i mjukvaran kopplad till mikroskopkameran kan infoga ett skalmått, valt till  $100\mu\text{m} = 0,1\text{mm}$  på bilderna (se figur 21.10-10 och 21.10-11).



Figur 21.10-10. Mikroskopbild över M16-skraven vid 500gr förstoring, med mätskala  $100\mu\text{m} = 0,1\text{mm}$



Figur 21.10-11. Mikroskopbild (hårdhetsmätaren) över M16-skraven vid 40gr förstoring

**Kommentar till mikroskopbilden:**

På bilderna syns anhopningar av lameller som bör vara perlit-cementitlameller. Därtill syns partier med mer istapp/nållliknande utseende som är typiskt för martensit i ett härdat högkolstål. Mörkare partier kan bara bainit. Endast få ljusa partier som kan vara ferrit kan ses, varför materialet bör bestå av nästan ren perlit eller martensit. Kolhalten för materialet bör ligga kring 0,6%.

Misstanken om materialet innan laborationen, att det är ett seghärdat stål, bör stämma med analysen av mikroskopbilderna.

Kolhalten för ett stål som lämpar sig för seghärdning ligger kring 0,25-0,6% kol (sid 145 Karlebo, *Materiallära utg13*).



## 8) Analys

Sammantaget visar hårdhetsmätningen och studerandet av mikroskopbilderna att de analyserade provbitarna bör vara av de material som de antogs vara innan laborationen.

M16-skraven bör alltså bestå av seghärdsningsstål med ca 0,6% kol, härdat och anlöpt vid en temperatur kring 500°C, dvs seghärdat, eventuellt legerad med krom

### **Kommentar:**

#### **Seghärkning:**

(enl Karlebo Materiallära utg13 sid 137)

Vid en seghärkning härdas materialet (kylning vanligtvis i olja) med åtföljande anlöpning till 500-670 °C vilket ger högre sträckgräns, brottgräns, hårdhet och slagseghet än för motsvarande stål i kallavalsat eller normaliserat tillstånd.

Hårdheten hos materialprovet stämmer ungefär med hårdheten för ett kolstål med 1% kolhalt som har anlöpts vid 500°C. Hårdheten är dock något för hög för att stämma med en mer rimlig kolhalt: 0,6% och en något högre anlöpningstemperatur: 500-670°C.

Seghärdsningsstål kan vara legerade med krom för att ge bättre härdjup då kromet medverkar till martensitbildning, vilket kan påverka hårdheten för materialet.

### **Slutsats:**

Eftersom skruven troligtvis består av seghärdat seghärdsningsstål, ett starkt och segt material, bör det vara rätt val till axlarna. Dock får inte axlarna svetsas eller på annat sätt utsättas för hög värme vilket kan förstöra materialets härdning och därmed kraftigt försämra egenskaperna. Därför kan inte axlarna svetsas.

De uppgivna hållfasthetstalen, enligt 12.9-hållfasthetsklassen (brottgräns = 1200 Mpa, sträckgräns = 1080 Mpa) brö stämma vilket gör det möjligt att med hög säkerhet beräkna att axlarna håller för de förväntade belastningarna (se beräkningar kapitel 13.2).



## 21.11 Bilaga 11. Stänkskärmar i kolfiberkomposit för serieproduktion

I samband med projektet har en grundligare analys av förutsättningarna för att ta fram stänkskärmar i kolfiberkomposit har genomförts och summeras här i översiktlig form.

*Analysen har gjorts utifrån en standardskärm, en stagad med standardprofil, längd för bakhjulet men som även kan kapas ner för att passa framhjulet. Skärmstorleken är den som troligtvis har störst marknadspotential, passande standardcyklar och uppräta touringcyklar med 28 tumshjul (ISO 622 mm), mellanbred (50 mm) lämplig för däckdimension mellan 30 och 50 millimeter. Analysen är dock tillämpbar även på andra typer av skärmar och i andra storlekar t.ex. för 20 tumshjul vilket är vanligare på tadpole-trikes.*

**Vad utsätts en cykelstänkskärm för?**

- **Förorenat vatten**, vägsalt
- **Vibrationer**
- **Slag**
- **UV-strålning** (solljus)
- **Temperaturfluktuationer** (-25°C till 60°C(beroende på om skärmen absorberar solljus))

**Vilka typer av stänkskärmar finns det?**

- Skärmar med **olika utformning**, stagade och ostagade, olika typer av fästen, skärmar för olika typer av cyklar, skärmar med längd, skärmar för bak- respektive framhjul
- Skärmar för olika **hjulstorlek**
- Skärmar för olika **däckbredd**
- Skärmar för i olika **material**



Figur 21.11-1: Kollage av olika typer av skärmar på marknaden





Vad är de vanligaste stänkskrämsmaterialen idag?

Material	Vikt*	Pris till kund* (inkl moms)	Fördelar	Nackdelar
Rostfritt stål	250 g	100-200 kr	+ Hög styvhet (i förhållande till oarmerad plast) + Tålig mot väder, vind och slitage + Rosttrög	- Hög vikt - Kan bucklas - Kan skallra
Lackat eller förzinkat stål	250 g	50-100 kr	+ Lågt pris + Hög styvhet (i förhållande till oarmerad plast)	- Rostbenäget (beroende på ytbehandlingen) - Hög vikt - Kan bucklas - Kan skallra
Aluminium	200 g	100-200 kr	+ Lägre vikt än stål + Högre styvhet än stål i förhållande till vikten + Relativt korrosionsstabil	- Bucklas lätt - Kan skallra
Oarmerad plast	75-150 g	50-300 kr	+ Rostar ej + Låg vikt + Stor variation i utformning + Bucklas inte	- Låg styvhet - Kan slå sig vid kyla eller värme

Tabell 21.11-1

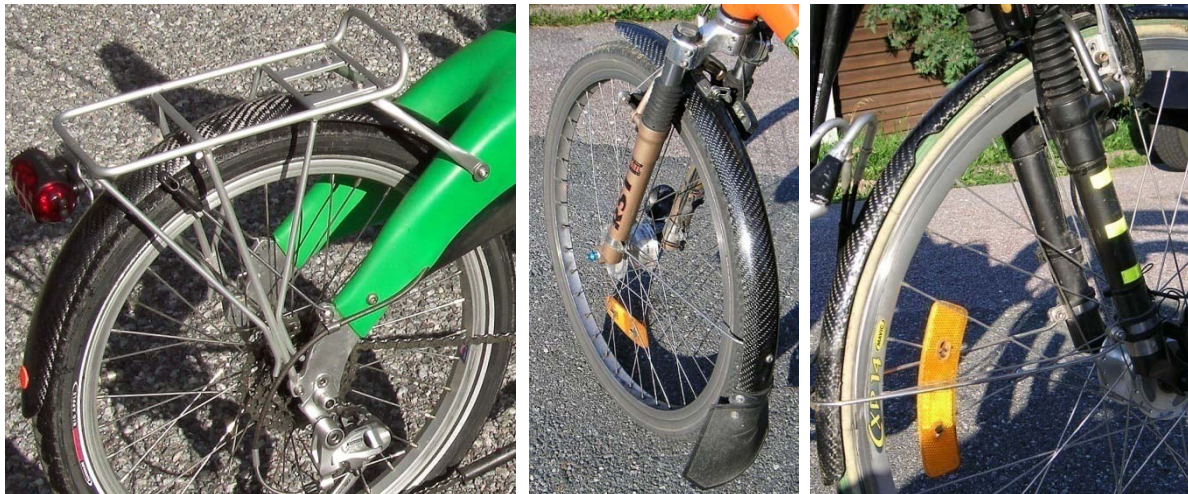
\*) Vikten och priset gäller en 50mm bred stänkskärm för bakhjulet anpassad för standardcyklar med 28-tumshjul, utan stag eller fästelement



### Varför stänkskärm i kolfiberkomposit?

Kolfiberkomposit kan tyckas vara ett onödigt exklusivt material för en så enkel del som en cykelstänkskärm. En djupare analys visar dock att materialet har **många fördelar** vilket gör det till kanske det bästa materialvalet för de cyklister som kan ta kostnaden:

- **Låg vikt** (speciellt jämfört med metallskärmat)
- **Hög styvhet** (speciellt jämfört med skärmar i oarmerad plast)
- **Attraktivt utseende** ("kolfiberutseende" som uppskattas av många, utseendet beror dock på vilken väv som utnyttjas ytterst och vilket matrismaterial fibern lamineras med), se figur 21.11-2
- **Tyst** (skallar inte som metallskärmar kan göra)
- **Termiskt stabil** (i motsats till vissa plastskärmar)
- **Omöjligt att buckla** (i motsats till metallskärmar)
- **Korroderar inte** (i motsats till metallskärmar)



Figur 21.11-2, a-c: Exempel på stänkskärmar i kolfiberkomposit (egentillverkade av Lars Viebke)  
Vänster: bakskärm på CarbonTrikes prototyp, Mitt: framskärm på MTB, Höger: framskärm på liggcykel, URO 4 (med urskär för tidigare monterad generator)

### Vad har stänkskärmar i kolfiberkomposit för marknadsförutsättningar?

Det finns idag mycket få tillverkare av stänkskärmar i kolfiberkomposit trots att dessa har många fördelar. När det gäller 20-tumsskärmar har endast en tillverkare identifierats: M5, kundpris. När det gäller skärmar för 16-tumshjul har ingen tillverkare identifierats.

- Målmarknader: **Kolfiberälskande cyklister, tillverkare av specialcyklar och lättviktstouringcyklar**
- Beräknad årsomsättning: **1000 skärmar**
- Beräknat pris i butik (inkl moms): **400 SEK**

### Mål för stänkskärmar i kolfiberkomposit

- Minst **samma styvhet som en skärm i rostfritt stål** (SS 2333, T=0,5mm)
- Vikt max **100 gram** (gällande skärm för 28-tumshjul, 50mm bred, motsvarande 20-tumsskärm väger ca 30% mindre)



- Kostnad (material och produktion): max **100 SEK** (exl moms)
- Finish: **Kolfiberutseende**

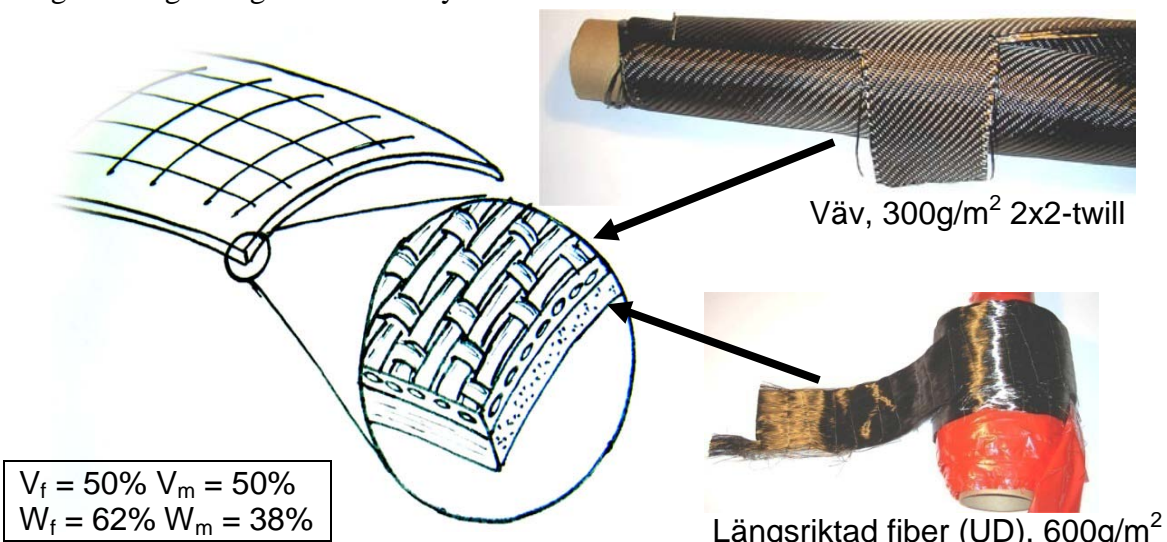
### Materialval

Kompositmaterialet består av en fiber som binds samman av ett matrismaterial. Följande fiber och matris har bedömts vara lämpligast för stänkskärmar i kolfiberkomposit:

Fiber	Matris
HS-kolfiber Toray T700 eller motsvarande: <ul style="list-style-type: none"><li>• Relativt billig</li><li>• Hög styrka</li><li>• Hög brottöjning</li></ul>	Värmehärdande epoxi <ul style="list-style-type: none"><li>• Kompartiber med kolfibern</li><li>• Bra mekaniska egenskaper</li><li>• Optiskt klar, hög ytfinish</li></ul>
Densitet: 1.8 g/cm <sup>3</sup> E-modul: 230 GPa Draghållfasthet: 4900 MPa Brottöjning: 2,1%	Densitet: 1.1 g/cm <sup>3</sup> E-modul: 3 GPa Draghållfasthet: 70 MPa Brottöjning: 9% HDT: 90°C

### Fiberupplägg (lay-up)

Följande upplägg för fibrerna i laminatet i kompositskärmen bör vara lämpligast (se figur 21.11-3), en kombination av en väv (2x2-twill, med fiberriktningen [0°/90°]) ytterst som ger det karakteristiska kolfiberutseendet och därunder längsriktad fiber (UD) i skärmens längsriktning som ger maximal styvhet åt skärmen.

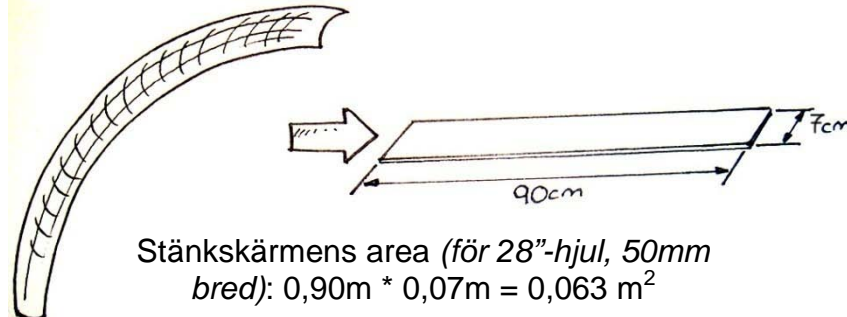


Figur 21.11-3: Principskiss av laminatet tillsammans med foton över de fibrer som skall användas vid lamineringen



### Beräkningar och resultat

I följande beräkning jämförs komposit-skärmen med motsvarande skärm i rostfritt stål, med en godstjocklek på 0,5 mm.



Stänkskärmens area (för 28"-hjul, 50mm bred):  $0,90\text{m} * 0,07\text{m} = 0,063\text{ m}^2$

Figur 21.11-4: Principskiss av över stänkskärmen och dess motsvarande laminatyta

#### Kolfiberskärm

Fibervikt =  $0,063\text{m}^2 * (300 + 600)\text{ g/m}^2 = 57\text{ g}$   
Matrisvikt = 36 g  
Total vikt = **92 g**  
Laminattjocklek = **1 mm**  
E-modul = {väv} + {UD} + {epoxi} =  
=  $0,5 * 1/6 * 230 + 1/3 * 230 + 1/2 * 3$   
= **97 GPa**

#### Skärm i rostfritt stål (SS 2333)

E-modul: **203 GPa**  
Densitet:  $7,9\text{ g/cm}^3$   
Tjocklek: **0,5 mm**  
Vikt =  $630\text{ cm}^2 * 0,05\text{ cm} * 7,9\text{ g/cm}^3$   
= **249 g**

### Sammanfattning – Kolfiberskärm jämfört med stålskärm:

- Samma styvhet
- Kolfiberskärmen är **63% lättare** än stålskärmen

### Produktionsmetod

Den produktionsmetod som ansetts lämpligast för stänkskärmen, med de aktuella kraven och seriestorleken är **RTM** (Resin Transfer Moulding, tryckinjicering) (metoden beskrivs i kapitel 12.1.1.4)

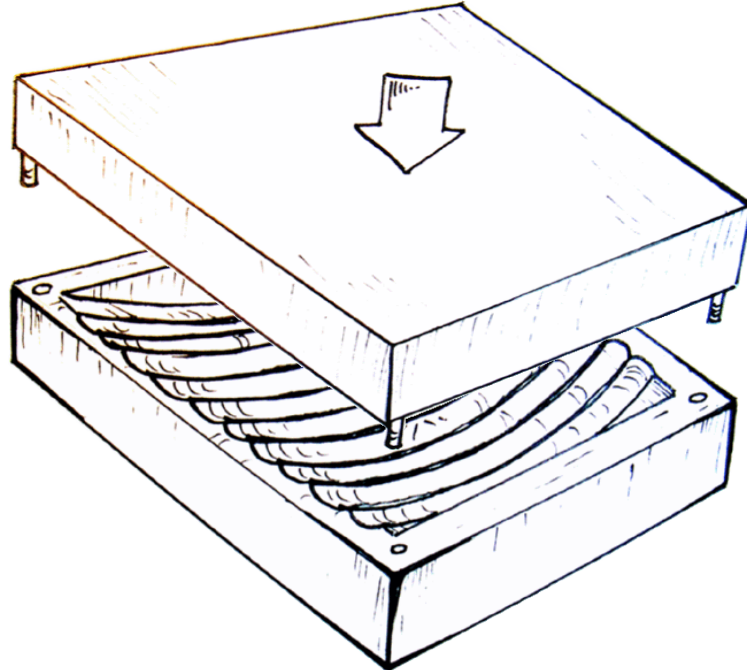
### Orsaker till att RTM ansetts mest lämplig är:

- Kompatibel med kolfiberväv och epoxi
- Hög finish på båda sidorna
- Inga krav på lackering
- Relativt kort processtid
- Hög automatiseringsgrad i förhållande till andra produktionsmetoder för fiberkomposit med kontinuerliga fibrer
- Lämplig för den planerade volymen (1000 skärmar per år)
- God arbetsmiljö



### Verktyg (formar)

Verktyget bestående av under- och överform (se figur 21.11-5) som pressas samman efter att fibern har applicerats varefter epoxin injiceras.



Figur 21.11-5: Principskiss av RTM-verktyget.

- **Fräst aluminium**, orsaker: lämplig för RTM, kompromiss mellan slitagetålighet och kostnad, leder värme väl
- **Tio skärmar per gång** för att få hög effektivitet (processtid, formanvändning och minimalt materialspill). Detta kan utökas för att minska styckekostnaden, beroende på vad RTM-legotillverkaren klarar av.

### Tidåtgång vid tillverkningen

Kunskap om tidsåtgången vid tillverkningen är viktig för att kunna uppskatta produktionkostnaden och om produktionsmetoden tillåter tillräcklig volym med bara en uppsättning verktyg. Följande tidsåtgång har bedömts rimlig.

Observera att tiderna är ungefärliga och beror till stor del på vilken epoxityp som används (dess reaktivitet) och den temperatur som härdningen sker vid.

- Förberedelse av verktygen (rengöring och applicering av släppmedel): 10 minuter
- Applicering av fibern och stängning av verktyget: 10 minuter
- Injektion av epoxin: 5 minuter
- Härdning (ca 100°C): 30 minuter
- Avlägsnande av laminatet: 5 minuter

### Aktiv processtid: 1 timme

- Efterhärdning (ca 150°C): 1 timme
- Efterbearbetning (vattenskarvning): 15 minuter

**Total processtid: 2 timmar och 15 minuter**



### **Kostnader för tillverkningen**

Utifrån den beräknade mängden material den uppskattade tidsåtgången har kostnad per skärm beräknats. Kostnaden gäller vid en årsproduktion om 1000 stänkskärmar där laminering och bearbetning sker hos legotillverkare (RTM-företag och vattenskärare).

*Alla kostnader är exl moms.*

- Material: **34 kr** (fibern 500kr/kg = 29kr, epoxin 150kr/kg = 5kr)
- Arbetskostnad RTM, aktiv tid (600kr/h): **25 kr**
- Arbetskostnad vattenskarvning inkl maskinkostnad (600kr/h): **15 kr**
- Verktygskostnad RTM (100 000 kr, räknas av på 5 år = 5000 skärmar): **20kr**

Total produktionskostnad: **94 kr per stänkskärm**

### **Summering**

*Resultat i förhållande till målen*

- **Styvhet: Samma som skärm i rostfritt stål**
- **Vikt: 92 gram** (mål: max 100 gram)
- **Kostnad: 94 kr** (mål: max 100 kr)
- **Utseende: "kolfiberutseende"** (kolfiber-twillväv ytterst ger det karakteristiska utseendet som framhävs av den optiskt klara ofärgade epoxin, produktionsmetoden RTM möjliggör extremt god ytfinish)



## 21.12 Bilaga 12. Berörda kurser

Nedan listas de kurser som troligtvis kommer att beröras och tillämpas vid utförande av exjobbet.

### Kurser inom inriktningen IPU (integrerad produktutveckling):

- **Produktutveckling**, 6p, 6B3203
  - Produktutveckling av ny produkt
  - Lättkonstruktion
  - Industridesign
- **Konstruktionsmetodik**, 4p, 6B3201
  - Utvärdering av olika produktionsalternativ
  - Patenterbarhet
  - Konkurrentanalys
- **Nära färdig form**, 6B3202
  - Val av produktionsmetod som ger nära färdig form för att minimera kravet på efterarbete och produktionskostnaden, val vid olika volymer
  - Polymerteknik
- **Produktionsteknik, fortsättningskurs II**, 6B3214
  - CNC-programmering för framtagning av plana metalldelar
  - Utvärdering av produktionsanpassning från manuell till automatisk
- **Industriell ekonomi I**, 6B3205
  - Prissättning i förhållande till volymen och andra faktorer
  - Beräkning av utvecklingskostnaden
  - Avkastningskrav
- **Datorstödd utveckling**, 6B3280 (Villkorligt valbar)

*Kommentar: Denna kurs har inte lästs men en motsvarande: CAD 3D-modellering och visualisering för PC, 4F1541. Denna kurs utnyttjas till magisterexamen inom maskinteknik*

- CAD-modellering vid konstruktion för visualisering, framtagning av tillverkningsunderlag och underlag för CAM-bearbetning
- Simulering för att utvärdera styrningsalternativ



### Kurser från årskurs 1 och 2 inom maskinteknik:

- **Konstruktionsmaterial**, 5p, 6B2203
  - Materialval
  - Dimensionering utifrån material
- **Konstruktionsteknik**, allmän kurs, 7p, 6B2214
  - Val av fästelement
  - Dimensionering av skruvar
  - Ritteknik, CAD
  - Fordonsteknik
- **Produktionsteknik, allmän kurs**, 7p, 6B2215
  - Val av produktionsmetod för metalldelar, svarvning, fräsning
- **Mekanik**, 5p, 6B2201
  - Friläggning för dimensioneringsberäkningar
  - Tyngdpunktsberäkning
- **Hållfasthetslära**
  - Dimensionering av detaljer

### Kurser utöver, lästa till magister inom maskinteknik:

- **Fiberkompositer I, material och processer**, 4E1124
  - Materialval, fiberkomposit
  - Produktionsprocess, fiberkomposit
  - Dimensionering och beräkningar, fiberkomposit
- **Lättviktsdesign** 4E1132
  - Praktisk konstruktion av fiberkompositdetaljer
- **Fördjupningsprojekt inom maskinteknik** – ”Fiberkompositlaminering – handbok kring konstruktion med fiberarmerade hårdplaster”, 4p, 6B2909
  - Materialval, fiberkomposit
  - Produktionsprocess, fiberkomposit
- **CAD 3D-modellering och visualisering för PC**, 4p, 4F1541
  - CAD-modellering av produktionsanpassad cykel
  - Simulering för att utvärdera styrningsalternativ





## 21.13 Bilaga 13. Datablad för lamineringsepoxi NM 650

Följande datablad gäller för det epoxisystem som används vid många lamineringar inom projektet, främst gällande i de fall där laminatet har vakuumbagats, t.ex. ramen, toppböjen och stänkskärmarna samt för de flesta formar framtagna inom projektet där hög värmetålighet har varit ett krav.




NM Laminering 650 är ett optimerat epoxisystem med hög Tg och mycket höga hållfasthetsvärden. Den låga viskositeten innebär att alla typer av fiber väts snabbt.

NM Laminering 650 kan användas för såväl injicering som handuppläggning. Potlife är extremt lång, vilket innebär att stora objekt kan injiceras utan problem. NM Laminering 650 har ett mycket högt ångtryck och därför är systemet i det närmaste luktfritt. Vacuum ger ingen gasbildning. Härdning kan ske vid såväl rumstemperatur som vid förhöjd temperatur. Efterhärdning skall påbörjas tidigast efter ett dygn i rumstemperatur.

Vid handuppläggning är det viktigt att vidarebehandling som laminering, spackling etc. sker när ytan fortfarande är tejpklabbig. En torr yta måste slipas för att säkerställa vidhäftningen till nästa skikt.

NM Laminering 650 kan accelereras med 1-5% NM Accelerator 254

		Tekniska data		
<b>Bas:</b> NM Laminering 650 A		16 timmar vid 50°C:	70 MPa	
		16 timmar vid 60°C:	72 MPa	
<b>Härdare:</b> NM Härdare 650 B		Brottöjning, provat enligt ISO 527		
<b>Blandningsförhållande:</b> Bas-Härdare 100-35 viktdelar		7 dygn vid 23°C:	6,4%	
		16 timmar vid 50°C:	6%	
		16 timmar vid 60°C:	6%	
<b>Viskositet 25°C:</b>	360 mPa·s	Vattenabsorbtion, provat enligt ISO 62		
<b>Potlife 100g 20°C:</b>	>180 minuter	Prov härdat 7 dygn vid 23°C		
<b>+ 1% Acc 254:</b>	75 minuter	24t:	+0,13%	
<b>+ 5% Acc 254:</b>	16 minuter	7d:	+0,43%	
		Prov härdat 16 timmar vid 50°C		
<b>Tg, 7d 23°C:</b>	55°C	24t:	+0,09%	
<b>Tg, 7v 23°C:</b>	71°C	7d:	+0,37%	
<b>Tg, 16t 50°C:</b>	71°C	Prov härdat 16 timmar vid 60°C		
<b>Tg, 16t 60°C:</b>	81°C	24t:	+0,11%	
<b>Tg, 16t 60°C+2t 100°C:</b>	101°C	7d:	+0,40%	
<b>Böjhållfasthet, provat enligt ISO 178</b>		<b>Handupplagt laminat, 4xTwill 290g</b>		
7 dygn vid 23°C:	91,5 MPa	Böjhållfasthet, provat enligt ISO 178		
16 timmar vid 50°C:	116 MPa	7 dygn vid 23°C:		465 MPa
16 timmar vid 60°C:	123 MPa	16 timmar vid 60°C:		501 MPa
<b>E-modul, provat enligt ISO 178</b>		<b>E-modul, provat enligt ISO 178</b>		
7 dygn vid 23°C:	3,3 GPa	7 dygn vid 23°C:		16 GPa
16 timmar vid 50°C:	2,9 GPa	16 timmar vid 60°C:		16 GPa
16 timmar vid 60°C:	2,9 GPa	<b>Satsstorlek:</b>		6,750 kg
<b>Draghållfasthet, provat enligt ISO 527</b>		<b>Verktyg rengörs i aceton.</b>		
7 dygn vid 23°C:	69 MPa			

### NILS MALMGREN AB

Box 2039  
S-442 02 YTTERBY

Tel: 0303-936 10  
Telefax: 0303-928 55

E-post: [info@nilsmalmgren.se](mailto:info@nilsmalmgren.se)  
Hemsida: [www.nilsmalmgren.se](http://www.nilsmalmgren.se)





## 21.14 Bilaga 14. Datablad för lamineringsepoxi NM 275

Följande datablad gäller för det epoxisystem som används vid många enklare lamineringar inom projektet som vid delförstärkning av ramen innan huvudlamineringen och framtagning av små formor där värmetålighetskravet är begränsat. För att snabba upp processen har epoxin ofta accelererats med NM Accelerator 254.

### NM Laminering 275 A




NM Laminering 275A är vår miljövänliga epoxi som uppfyller morgondagens krav. Den är fenol och ftalatfri och lämnar inga föroreningar i vattnet. NM Laminering 275A ett lågvisköst, rumstemperaturhärdande epoxibindemedel, avsett till laminering med glasfiber, kolfiber, polyester och aramidfiber för tillverkning av formor och verktyg samt kallbakning av trä. NM Laminering 275A är även lämplig till surfingbrädor med polystyrenkropp. NM Laminering 275A är mycket vattenbeständig och därför lämplig för båtbyggnad och reparation av ovan nämnda material.

NM Laminering 275A har lång potlife och låg exotermvärme. Kan accelereras med NM Accelerator 254 upp till 10%. NM Laminering 275A kan tixotroperas med NM Filler 51 för användning som lim. Vidhäftningen är mycket god till de flesta material.

#### Användningsområden:

Produktion av epoxilaminat, reparation av skador i laminat, limning av trä

Tekniska data																									
																									
<b>Bas:</b> NM Laminering 275A	<b>Kulör:</b> Transparent <b>Lägsta härdningstemp:</b> +10°C																								
<b>Härdare:</b> NM Härdare 275B	<b>Satsstorlekar:</b> 0,775 kg 1,400 kg 4,650 kg 7,750 kg																								
<b>Blandningsförhållande:</b> Bas-Härdare 100-55 vikttdelar Bas-Härdare 100 - 63.25 volymdelar	<b>Verktyg rengörs i acetone.</b>																								
<b>Densitet 20°C:</b> 1098 kg/m <sup>3</sup>	<b>Potlife för NM Laminering 275A / NM Härdare 275B med olika halt NM Accelerator 254.</b>																								
<b>Viskositet 25°C:</b> Ca 800 mPa·s	<b>Mätvärden gäller 100 gram Laminering 275A / NM Härdare</b>																								
<b>Potlife 100g 20°C:</b> 40 minuter	<b>275B med</b>																								
<b>Potlife 100g + 10% Acc 254:</b> 15 minuter	<table border="1"><thead><tr><th>% Accelerator 254</th><th>Potlife (Minuter)</th></tr></thead><tbody><tr><td>0</td><td>40</td></tr><tr><td>1,0</td><td>33</td></tr><tr><td>2,0</td><td>28</td></tr><tr><td>3,0</td><td>25</td></tr><tr><td>4,0</td><td>22</td></tr><tr><td>5,0</td><td>20</td></tr><tr><td>6,0</td><td>19</td></tr><tr><td>7,0</td><td>18</td></tr><tr><td>8,0</td><td>17</td></tr><tr><td>9,0</td><td>16</td></tr><tr><td>10,0</td><td>15</td></tr></tbody></table>	% Accelerator 254	Potlife (Minuter)	0	40	1,0	33	2,0	28	3,0	25	4,0	22	5,0	20	6,0	19	7,0	18	8,0	17	9,0	16	10,0	15
% Accelerator 254	Potlife (Minuter)																								
0	40																								
1,0	33																								
2,0	28																								
3,0	25																								
4,0	22																								
5,0	20																								
6,0	19																								
7,0	18																								
8,0	17																								
9,0	16																								
10,0	15																								
<i>Se även särskild tabell.</i>	<b>begynnelsetemperatur 20°C med en tillsats av en procentuell accelerator-mängd. T.ex 100 gram + 1 gram.</b>																								
<b>Tryckhållfasthet ISO R604:</b> Ca 90 MPa																									
<b>Draghållfasthet ISO 527:</b> 56 MPa																									
<b>E-modul [drag] ISO 527:</b> 2.35 GPa																									
<b>Brottöjning ISO 527:</b> 3,5%																									
<b>Böjehållfasthet ISO 178:</b> 95 MPa																									
<b>E-modul [böj] ISO 178:</b> 3 GPa																									
<b>HDT ISO 75<sub>Af</sub>:</b> 60°C																									
<b>Vattenabs. ISO 6224h:</b> 0,15%																									

#### NILS MALMGREN AB

Box 2039  
S-442 02 YTTERBY

Tel: 0303-936 10  
Telefax: 0303-928 55

E-post: [info@nilsmalmgren.se](mailto:info@nilsmalmgren.se)  
Hemsida: [www.nilsmalmgren.se](http://www.nilsmalmgren.se)

