

# *Ny cykel/gangbro på Jernbanebroen*

---



P1 PROJEKT - MODEL OG VIRKELIGHED

GRUPPE B228

BYGGERI & ANLÆG

AALBORG UNIVERSITET

DEN. 18. DECEMBER 2014





**AALBORG UNIVERSITET**  
STUDENTERRAPPORT

**Første Studieår v/ Det Teknisk-  
Naturvidenskabelige Fakultet**

Byggeri og Anlæg

Strandvejen 12-14

9000 Aalborg

<http://www.tnb.aau.dk>

**Titel:**

Ny cykel/gangbro på Jernbanebroen

**Projekt:**

P1-projekt - Model og virkelighed

**Projektperiode:**

Oktober 2014 - December 2014

**Projektgruppe:**

B228

**Deltagere:**

Jacob Scharling Jørgensen  
Karoline Vestergaard Hansen  
Katrine Nørgaard Reberholt  
Marc Lund Nielsen  
Michael Elgaard Mortensen  
Nikolaj Skov Gravesen

**Vejledere:**

Jannie Sønderkær Nielsen

**Oplagstal: 9**

**Sidetall: 79**

**Bilag: 4**

**Afsluttet 18-12-2014**

**Synopsis:**

Dette P1-projekt omhandler den nye cykel/gangbro, som skal monteres på Jernbanebroen ved Limfjorden i Aalborg.

Cykel/gangbroen har været undervejs længe, og der er gennem de seneste seks år fremstillet tre løsningsforslag. Hertil beskriver projektet den kommende cykel/gangbro ud fra to perspektiver; en kontekstuel del, hvor fokus vil være på baggrunden for cykel/gangbroen, samt holdningen til denne. Der er foretaget et interview med formanden for projektet, Jens Toft Nielsen og et spørgeskema er uddelt, for at undersøge holdningen for denne. Den tekniske del fokuserer på bæreevnen for Jernbanebroens stænger, da Jernbanebroens egen- og nyttelast udgør 95% af den maksimale bæreevne. Derfor er dimensioneringen af cykel/gangbroen begrænset, og projektet vil undersøge, hvorfor cykel/gangbroen vil dimensioneres således, samt hvor meget cykel/gangbroen vil øge belastningen for Jernbanebroens stænger i gitterkonstruktionen. Dette gøres ud fra knudepunktsmetoden, hvor beregninger er vedlagt som bilag.



# Forord

---

Denne rapport er udarbejdet af gruppe B228, der er en gruppe af 1. semesters studerende på Byggeri og Anlæg-uddannelsen ved Aalborg Universitet. *Model og Virkelighed* er det overordnede tema for projektet. Projektet omhandler den nye cykel/gangbro ved Jernbanebroen, som går mellem Aalborg og Nørresundby. Aalborg kommune har bevilligt penge til broen, og projektet forventes færdigt indenfor de næste år.

Der rettes stor tak til vejleder Jannie Sønderkær Nielsen for vejledning og konstruktiv kritik. Endvidere rettes en stor tak til byrådsmedlem Jens Toft Nielsen for interview og rådgivning omkring den kommende Kulturbro, hvilken i dette projekt betegnes cykel/gangbro. Tak til personerne der har taget sig tid til at besvare spørgeskemaet. De samlede beregninger kan findes på hjemmesiden [www.markhaurum.com](http://www.markhaurum.com), da der kun vil findes eksempler og korte uddrag af beregningerne i rapporten.

## Læsevejledning

Der vil igennem rapporten fremtræde kildehenvisninger, og disse vil være samlet i en kildeliste bagerst i rapporten. Der er i rapporten anvendt kildehenvisning efter Harvardmetoden, så i teksten refereres en kilde med [Efternavn, År]. Denne henvisning fører til kildelisten, hvor bøger er angivet med forfatter, titel, udgave og forlag, mens Internetsider er angivet med forfatter, titel og dato. Figurer og tabeller er nummereret i henhold til kapitel, dvs. den første figur i kapitel 7 har nummer 7.1, den anden, nummer 7.2, osv.

---

Jacob Scharling Jørgensen

---

Karoline Vestergaard Hansen

---

Katrine Nørgaard Reberholt

---

Marc Lund Nielsen

---

Michael Elgaard Mortensen

---

Nikolaj Skov Gravesen



# Indholdsfortegnelse

---

<b>Kapitel 1</b>	<b>Indledning</b>	<b>1</b>
<b>Kapitel 2</b>	<b>Problemformulering</b>	<b>3</b>
2.1	Problemformulering og problemstillinger . . . . .	3
2.2	Problemafgrænsning . . . . .	3
<b>Kapitel 3</b>	<b>Konklusion</b>	<b>5</b>
	<b>Litteratur</b>	<b>7</b>
<b>Appendiks A</b>	<b>Interviewspørgsmål til Jens Toft Nielsen</b>	<b>11</b>





Gennem Danmarks fjerde største by Aalborg, løber Limfjorden. Her er Jernbanebroen én af tre overgange, som blev opført i år 1879. Beliggenheden af denne illustreres på Figur 1.1 [Den Store Danske - Redaktionen, 13.08.2009]. Dengang var det meningen, at der skulle anlægges en vej for både kørende og gående oven på Jernbanebroen [Johannesen, 1994]. Vejen over broen blev dog aldrig til noget. Limfjordsbroen blev opført i år 1933, efter et ønske om en forbindelse mellem Aalborg og Nørresundby, der var tilgængelig hele tiden.



*Figur 1.1.* Jernbanebroen over Limfjorden ved Aalborg

De to broer har stået for massevis af menneskers transport over Limfjorden. I 1969 blev der konstrueret en sekssporet tunnel i forbindelse med E45-motorvejen under Limfjorden, som gav bedre mulighed for at køre i bil mellem Aalborg og Nørresundby [Den Store Danske - Redaktionen, 29.05.2012] [Vejdirektoratet, 24.09.2014].

Siden Limfjordens tre forbindelsers udarbejdelse har både Aalborg og Nørresundby vokset sig større. Aalborg voksede som by op igennem 1900-tallet, som følge af industrialiseringen, både i størrelse og på indbyggertallet. I 1970 var indbyggertallet i Aalborg cirka 97.000 indbyggere, og i 2014 er dette tal steget til 109.000 indbyggere. I hele Aalborg Kommune er indbyggertallet 205.809 indbyggere og stadig i stor vækst [Den Store Danske - Redaktionen, 04.08.2014] [Statistik, 2014].

I takt med at byerne er vokset, er afstanden mellem de yderliggende dele af Aalborg og Nørresundby og ind til Limfjordsbroen blevet større. Gående og cyklister har kun mulighed for at krydse Limfjorden over Limfjordsbroen. Derimod har bilister både mulighed for at krydse ved Limfjordsbroen og gennem Limfjordstunnelen, og ligeledes er det muligt at krydse Limfjorden med offentlig transport; enten med bus over Limfjordsbroen eller med tog over Jernbanebroen.

Sammen med resten af Nordjylland vokser Aalborg også i dag, hvilket gør betydningen af både Limfjordsbroen, Jernbanebroen og tunnelen vigtige. Særligt Limfjordsbroen er af høj betydning for cyklister og fodgængere, og en eventuel lukning af broen, på grund af

reparation eller uforudsete ulykker, ville betyde, at gående og cyklister ikke ville have mulighed for at krydse Limfjorden.

Det har i flere år været på tale, at bygge en cykel/gangbro på siden af Jernbanebroen. Siden projektets start er der præsenteret tre løsningsforslag. Det første løsningsforslag blev fremlagt i år 2009 af Kærsgaard & Andersen, der lød på en cykel/gangbro af materialet stål. Tegninger, tekniske mål og udregninger af konstruktionen var lavet, og ligeledes var de første skridt i byggeriet taget, i form af forskellige dele til broen. Grundet en række politiske årsager blev byggeriet sat på standby i 2009, men projektet har fortsat været undervejs. I 2011 præsenterede COWI et nyt løsningsforslag, der lød på en cykel/gangbro af et kompositmateriale af plast og fiber. I år 2013 lød forslaget på et kombiprojekt, der skulle kombinere det oprindelige stålprojekt og det nye glasfiberprojekt [Kulturbro Aalborg, 22.02.2013].

# Problemformulering 2

---

## 2.1 Problemformulering og problemstillinger

Aalborg får en ny cykel/gangbro på Jernbanebroen, der skal forbinde Aalborg og Nørresundby. Forberedelsesfasen har været undervejs længe, og derfor kan spørgsmålet stilles, om det er nødvendigt med en ny cykel/gangbro ved Jernbanebroen. Under forberedelsesfasen er flere løsningsforslag med forskellige dimensioner og materialer blevet fremlagt, hvor fordele og ulemper vurderes.

- Hvad er baggrunden for at konstruere en ny cykel/gangbro på Jernbanebroen?
- Hvad er borgernes holdning til den kommende cykel/gangbro?
- Hvor meget vil cykel/gangbroen øge belastningen på de indre kræfter i brokonstruktionens stålelementer?
- Hvorfor er de udvalgte dimensioner på cykel/gangbroen at foretrække?

## 2.2 Problemafgrænsning

Til dette projekt ses der både på de kontekstuelle og tekniske aspekter for konstruering af Jernbanebroen samt den nye cykel/gangbro. I den kontekstuelle del vælges der at se på historien bag Limfjordsforbindelserne, hvor der holdes et fokus på den gamle og nye Jernbanebro. Etableringsprocessen af den nye cykel/gangbro samt årsagen til udskydelsen af den undersøges. Derudover indgår et interview med formanden for organisationen Kulturbro Aalborg, som står i spidsen for projektet. Der uddybes desuden hvem cykel/gangbroen vil gavne, og der undersøges via et spørgeskema, hvorvidt der er interesse for denne.

I den tekniske del fokuseres der på lasterne af Jernbanebroen, idet de er relevante for cykel/gangbroen, når den skal monteres på siden af broen. Udover dette undersøges bæreevnen af først Jernbanebroen, og derefter den sammensatte bro bestående af Jernbanebroen med cykel/gangbroen monteret på siden. Løsningsforslag 1 vil blive anvendt til at beregne, om Jernbanebroen vil kunne bære en ny cykel/gangbro. Her vil der også blive fokuseret på de anvendte materialer for både Jernbanebroen og for cykel/gangbroen. De tre løsningsforslag for den nye cykel/gangbro sættes op imod hinanden.



# Konklusion 3

---

I dag er Limfjordsbroen den eneste overgang for fodgængere og cyklister over Limfjorden. Det har dog gennem længere tid været på tale, at konstruere en cykel/gangbro på Jernbanebroen over Limfjorden, således at de bløde trafikanter får endnu en overgang over Limfjorden. Dertil har projektet, med udgangspunkt i problemformuleringen og de dertilhørende problemstillinger, undersøgt den nye cykel/gangbro ud fra et kontekstuel og teknisk perspektiv.

Projektgruppen kan på baggrund af de indsamlede data og interviews konkludere, at baggrunden for at konstruere en cykel/gangbro, ligger i byens udvikling og ikke i lige så høj grad for nødvendigheden af broen på nuværende tidspunkt. Der higes ikke efter en ny overgang, men der konkluderes at en sådan overgang vil blive taget godt imod, da den vil forbedre infrastrukturen imellem Aalborg og Nørresundby, og dermed gøre det lettere for enkelte målgrupper. Ydermere kan det konkluderes, at de færreste er direkte imod en ny overgang. Som skrevet, opføres cykel/gangbroen på grund af Aalborgs udvikling, med de nye havnefronter og en kommende letbane, som broen også skaber muligheder for.

Der har været flere løsningsforslag til hvordan cykel/gangbroen skal se ud, hvilket materiale den skal fremstilles i og hvordan den skal dimensioneres. Projektet har belyst alle tre løsningsforslag på forskellig vis.

Gennem beregninger af stangkræfterne i Jernbanebroens gitterkonstruktion er det første løsningsforslag blevet undersøgt, for at undersøge om Jernbanebroen vil kunne holde til denne cykel/gangbro og den ekstra last, som Jernbanebroen pålægges med en ny cykel/gangbro monteret på siden. Her er spændingerne beregnet for alle stængerne, og det kan konkluderes, at flere af stængerne overskrider den regningsmæssige flydespænding, endda med op til 30%, og derfor vil dette løsningsforslag ikke kunne lade sig gøre med de dimensioner og antagelser, som projektgruppen har gjort sig omkring denne løsning. Der vil opstå brud på stængerne, og der vil være en stor risiko for, at stængerne vil knække sammen.

Alle tre løsningsforslag er efterfølgende behandlet i en diskussion, hvor deres fordele og ulemper er opstillet. Aalborg Kommune har et samlet budget på 25 mio. til en ny cykel/gangbro, men prisen er kun en ud af mange faktorer, som skal gå op. Jernbanebroens egen- og nyttelast gør, at Jernbanebroen allerede i dag er belastet med 95% af sin maksimale bæreevne, og derfor har vægten en stor betydning for løsningsforslaget, og her kan komposit blive afgørende, da det er meget lettere end stål. Samtidig er stålprojektet begrænset til en maksimal bredde på 1,8 meter, mens løsningsforslagene, hvor kompositmateriale indgår, gør en bredde på 2,0 meter mulig.



# Litteratur

---

- Aalborg Kommune.** Aalborg Kommune. *Om Letbanen*. [www.aalborgletbane.dk](http://www.aalborgletbane.dk). Downloadet: 15.12.2014.
- Adeli.** Hojjat Adeli. *Advantages and disadvantages of steel as a structural design material*. <http://www.hcgl.eng.ohio-state.edu>. Downloadet: 03.12.2014.
- Banedanmark, 2013.** Banedanmark. *Jernbanebroen over Limfjorden*. <http://www.bane.dk>, 2013. Downloadet: 01.12.2014.
- Banedanmark, 02.05.2013.** Banedanmark. *Togene kører igen over Jernbanebroen over Limfjorden*. <http://www.bane.dk>, 02.05.2013. Downloadet: 01.12.2014.
- Banedanmark, 24.09.2013.** Banedanmark. *Jernbanebroen over Limfjorden - er det nye navn*. <http://www.bane.dk>, 24.09.2013. Downloadet: 01.12.2014.
- Bolonijs, 2001.** Frits Bolonijs. *Introduktion til Statik og Styrkelære - Grundkursus i Bærende konstruktioner - Kræfter, reaktioner, ligevægt*. Aalborg Universitetsforlag, 2001.
- CF Møller, 2010.** CF Møller. *Kulturbro Aalborg*. <http://www.cfmoller.dk>, 2010. Downloadet: 27.11.2014.
- Christensen og Liingaard, 1999.** Thomas Olesen Christensen og Anders Liingaard. *Jernbanebro i Aalborg - Levetidsanalyse*. Aalborg Universitet, 1999.
- Dansk Center for Byhistorie, 2014.** Dansk Center for Byhistorie. *Danmarks Købstæder*. <http://www.byhistorie.dk>, 2014. Downloadet: 01.12.2014.
- Dansk Standard, 2013.** Dansk Standard. *Forkortet udgave af Eurocode 0: Projekteringsgrundlag for bærende konstruktioner*. 2. udgave. Dansk Standard, 2013.
- Dansk Standard, 2014.** Dansk Standard. *Forkortet udgave af Eurocode 1 - Last på bærende konstruktioner*. 2. udgave, 1. oplag. Dansk Standard, 2014.
- Dansk Standard, 2003.** Dansk Standard. *Eurocode 1: Last på bygværker - del 2: Trafiklast på broer*. 1. udgave. Dansk Standard, 2003.
- Den Store Danske - Redaktionen, 30.01.2009.** Den Store Danske - Redaktionen. *Gitterkonstruktion*. <http://www.denstoredanske.dk>, 30.01.2009. Downloadet: 03.12.2014.
- Den Store Danske - Redaktionen, 21.11.2013.** Den Store Danske - Redaktionen. *Statik*. <http://www.denstoredanske.dk>, 21.11.2013. Downloadet: 27.11.2014.
- Den Store Danske - Redaktionen, 04.08.2014.** Den Store Danske - Redaktionen. *Aalborg Kommune*. <http://www.denstoredanske.dk>, 04.08.2014. Downloadet: 26.11.2014.

- Den Store Danske - Redaktionen, 29.05.2012.** Den Store Danske - Redaktionen. *Limfjordstunnelen*. <http://www.denstoredanske.dk>, 29.05.2012. Downloadet: 26.11.2014.
- Den Store Danske - Redaktionen, 13.08.2009.** Den Store Danske - Redaktionen. *Bro - Historie Danmark*. <http://www.denstoredanske.dk>, 13.08.2009. Downloadet: 26.11.2014.
- Finn Jernø, 2008.** Finn Jernø. *Komposit - Et byggemateriale på vej frem*. [www.hfb.dk](http://www.hfb.dk), 2008. Downloadet: 16.12.2014.
- Flemming Junker, 14.03.2014.** Flemming Junker. *Spritfabrikken lukker - produktionen flytter til Norge*. [www.nordjyske.dk](http://www.nordjyske.dk), 14.03.2014. Downloadet: 15.12.2014.
- Foreningen Kulturbro Aalborg.** Foreningen Kulturbro Aalborg. *Animerede billeder af broer*. <http://www.kulturbroaalborg.dk>. Downloadet: 15.12.2014.
- Foreningen Kulturbro Aalborg, marts 2009.** Foreningen Kulturbro Aalborg. *Skitseprojekt Kulturbro Aalborg*. <http://www.landcad.dk>, marts 2009. Downloadet: 27.11.2014.
- Foreningen Kulturbro Aalborg, 12.05.2013.** Foreningen Kulturbro Aalborg. *Kulturbro-Aalborg Kombiprojekt*. <http://www.landcad.dk>, 12.05.2013. Downloadet: 26.11.2014.
- Hviid, 21.01.2011.** Jørgen Hviid. *Stålplader fordele og ulemper*. <http://www.landbrugsinfo.dk>, 21.01.2011. Downloadet: 03.12.2014.
- Idé Pro, 2014.** Idé Pro. *Hvad er et kompositmateriale*. <http://www.ipes.dk>, 2014. Downloadet: 03.12.2014.
- Jensen et al., 2007.** Bjarne Chr. Jensen, Gunner Mohr, Asta Nicolajsen, Bo Mortensen, Henrik Bygbjerg, Lars Pilegaard Hansen, Hans Jørgen Larsen, Svend Ole Hansen, Dirch H. Bager, Eilif Svensson, Ejnar Søndergaard, Carsten Munk Plum, Hilmer Riberholt, Lars Zenke Hansen, Kaare K. B. Dahl, Henning Larsen, Per Goltermann, Jørgen S. Steenfelt, Carsten S. Sørensen og Werner Bai. *Teknisk Ståbi*. ISBN: 978-87-571-2556-6, 19. udgave. Nyt Teknisk Forlag, 2007.
- Johannesen, 1994.** Erik Johannesen. *Danmarks Broer*. 1. udgave, 1. oplag. Borgen, 1994.
- Kulturbro Aalborg, 22.02.2013.** Kulturbro Aalborg. *Idemøde marts 2013*. <http://www.kulturbroaalborg.dk>, 22.02.2013. Downloadet: 26.11.2014.
- L2 build, 2008.** L2 build. *Structural advantages using steel in bridges*. <http://www.L2build.com>, 2008. Downloadet: 03.12.2014.
- Lauridsen.** Jimmy Lauridsen. *Deformation af stålbjælker*. <http://www.au.dk>. Downloadet: 03.12.2014.
- Lemvigh-Müller, 2014.** Lemvigh-Müller. *Bogen om stål*. <http://www.lemu.dk>, 2014. Downloadet: 03.12.2014.



- Madsen, 2010.** Preben Madsen. *Statik og Styrkelære*. 1. udgave, 1. oplag. Nyt Teknisk Forlag, 2010.
- Madsen og Andersen, 1986.** Preben Madsen og Robert C. Andersen. *Statik og Styrkelære*. 3. udgave. Erhvervsskolernes Forlag, 1986.
- Nielsen, 2014.** Jens Toft Nielsen. *Interview af Jens Toft Nielsen*, 2014.
- Nordjyllands Jernbaner, 19.12.2013.** Nordjyllands Jernbaner. *Jernbanebroen*. <http://www.baner-omkring-aalborg.dk>, 19.12.2013. Downloadet: 01.12.2014.
- Petersen, 2013.** Lars Petersen. *Fremtidens bro er bygget af kompositter*. <http://www.trafikogveje.dk>, 2013. Downloadet: 03.12.2014.
- Statistik, 2014.** Danmarks Statistik. *Danmarks Statistik - BEF44: Folketal 1. januar efter byområde*. <http://www.statistikbanken.dk/BEF44>, 2014. Downloadet: 05.12.2014.
- The Composites Group, 2014.** The Composites Group. *Why Composites - Advantages of Composites*. <http://www.premix.dk>, 2014. Downloadet: 03.12.2014.
- Thoori, 03.12.2014.** Piyoosh Thoori. *An Approach of Composite Materials in Industrial Machinery: Advantages, Disadvantages and Applications*. <http://www.iret.org>, 03.12.2014. Downloadet: 24.11.2014.
- U.S. Department of Transportation, 2012.** U.S. Department of Transportation. *Steel Bridge Design Handbook Bridge Steels and Their Mechanical Properties*. <http://www.fwha.dot.gov>, 2012. Downloadet: 03.12.2014.
- Vejdirektoratet, 24.09.2014.** Vejdirektoratet. *Nordjyske Motorvej (E45)*. <http://www.vejdirektoratet.dk>, 24.09.2014. Downloadet: 26.11.2014.
- Wikipedia, 23.09.2014.** Wikipedia. *Newtons første lov*. <http://www.wikipedia.dk>, 23.09.2014. Downloadet: 24.11.2014.



# Interviewspørgsmål til Jens Toft Nielsen

---



- Hvad fik dig til at gå ind i arbejdet med broen?
- Hvad er formålet med broen? Eller hvad bringer broen til Aalborg/ Nørresundby?
- Hvordan vil man gøre broen til et varemærke for byen? Hvor stort et varemærke vil man have den til at være? Nu hvor i selv har døbt den Kulturbroen.
- Hvad taler imod broen?
- Hvad er nødvendigheden i broen?
- Tilbage i 2009 fremlagde man det oprindelige forslag til cykel gangbroen Er behovet for broen steget eller faldet?
- Hvem står for tilbygningen af broen?
- Hvilke materialer bliver broen bygget af?
- Hvad er det i teknikken, som gør, at broen ikke ville kunne holde til mere end de 2 meter?
- Har i draget erfaringer fra andre cykel/gangbroer i verden? – Hvilke?
- Da det er en klapbro med skibs- og togtrafik under og over, hvordan kommer broens trafik til at løbe? - med henblik på lukning for cyklister og gående.
- Er i bange for at lukningen sker for tit, og det måske fjerner interessen for at bruge broen af cyklister og gående?

Interviewet kan høres på [www.markhaurum.com](http://www.markhaurum.com)