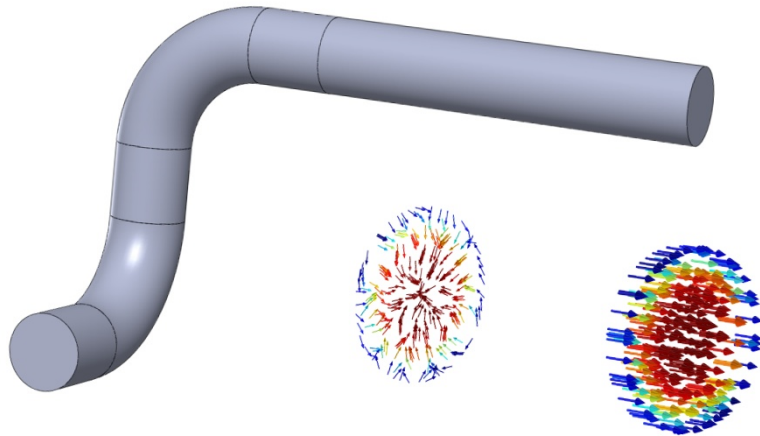


Installationseffekters betydning for flowforhold og flowmåling

- Et overblik



Anders Niemann
Teknologisk Institut
Flowtemadag, Aarhus 2011

Agenda

1. Introduktion
2. Installationskomponenter
3. Forstyrret flowprofil
4. Indløbslængde
5. Problemstillinger
6. Løsningsmuligheder
7. Fremtidige perspektiver

Introduktion

- Reynolds tal
- Laminar
- Turbulent
- Turbulent vs. Kaotisk

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

ρ = densitet

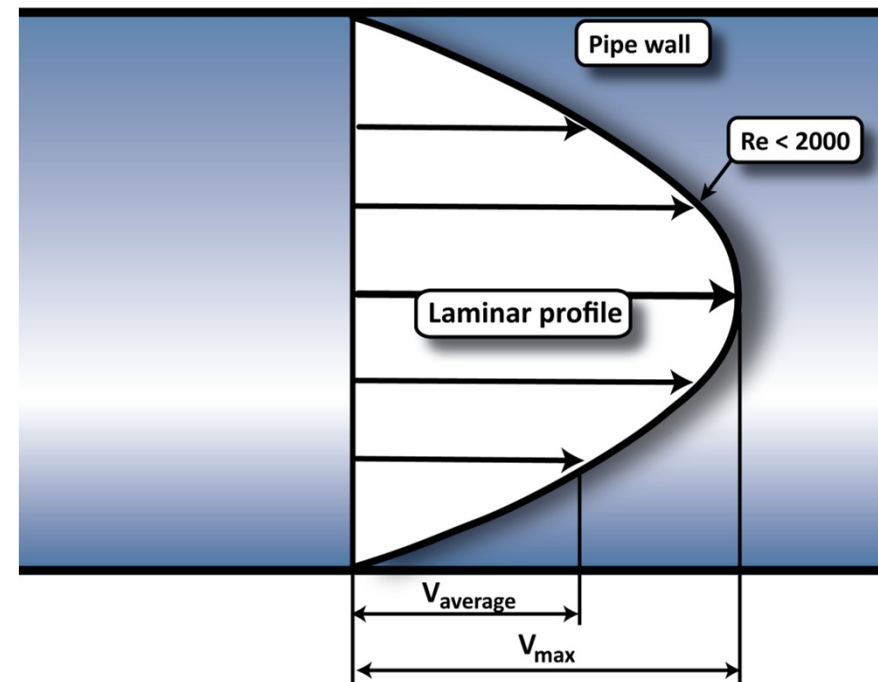
V = hastighed

D = karakteristisk længde

μ = viskositet

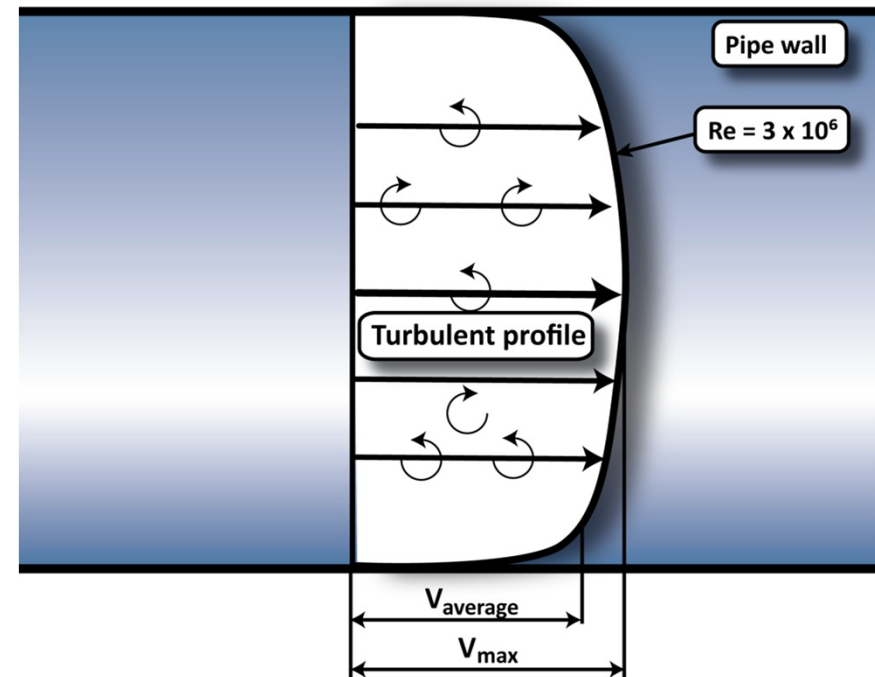
Introduktion

- Reynolds tal
- Laminar
- Turbulent
- Turbulent vs. Kaotisk



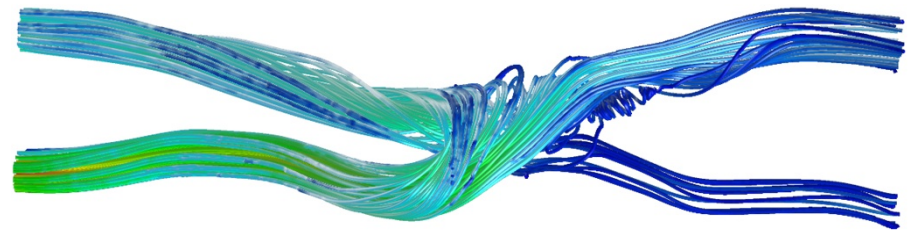
Introduktion

- Reynolds tal
- Laminar
- Turbulent
- Turbulent vs. Kaotisk



Introduktion

- Reynolds tal
- Laminar
- Turbulent
- Turbulent vs. Kaotisk



Installationskomponenter

Dynamiske

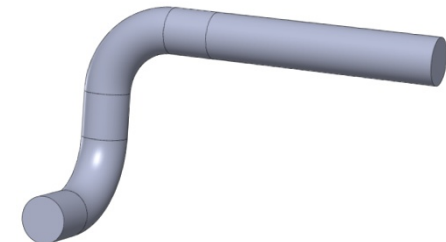
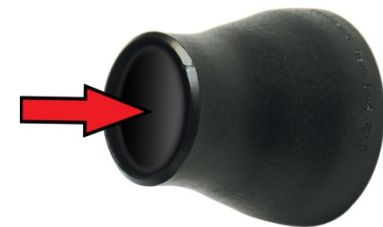
- Pumper
- Kompressor
- Ventiler
- Trykregulatorer
- Strømningsinducerede oscillationer, som f.eks. en hvirvl, der opstår og forsvinder periodisk.



Installationkomponenter

Statiske

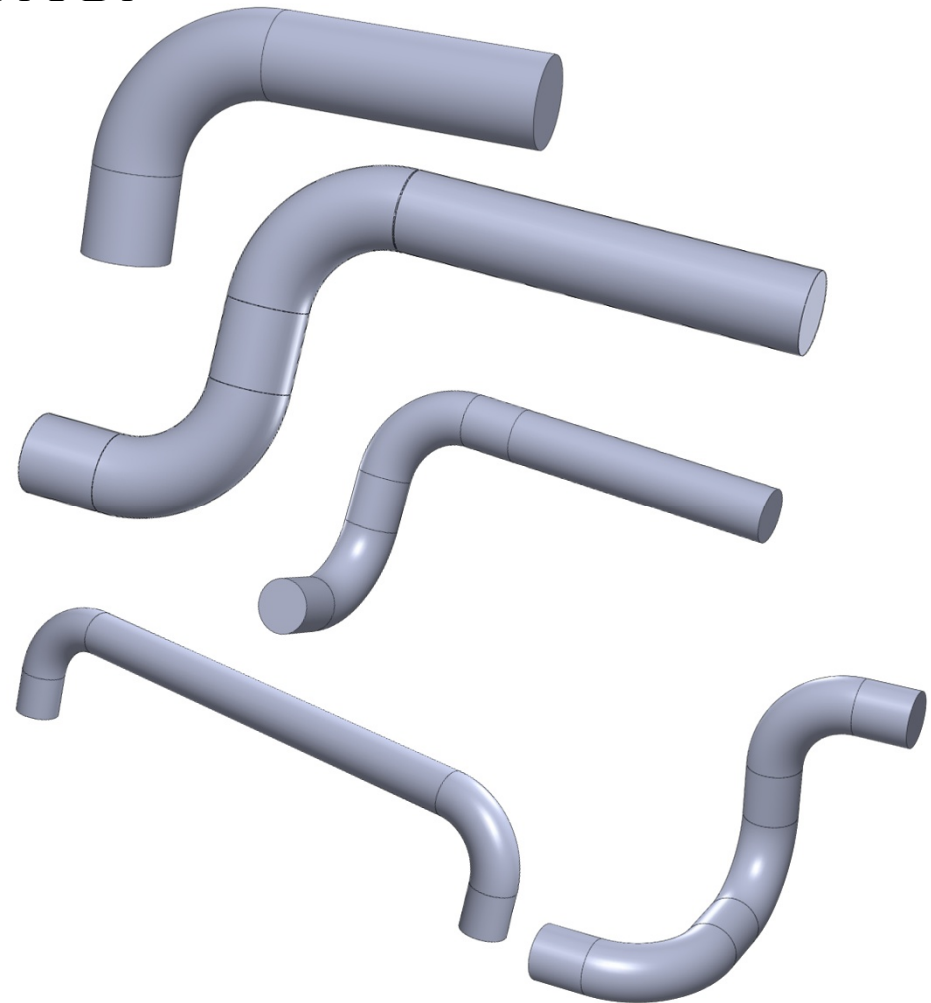
- Delvist åbne ventiler
- Rørsamlinger
- Diameter ændringer ('expander' og 'reducer')
- Bøjninger (Diverse konfigurationer)



Statiske installationskomponenter

Bøjningskonfigurationer

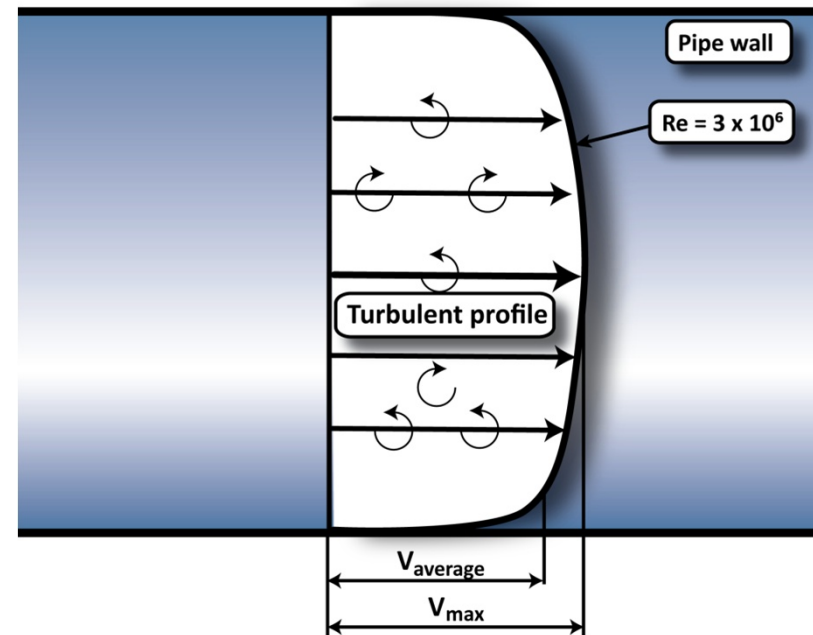
- En bøjning
- Dobbelt bøjninger i plan
- Dobbelt bøjninger ud af plan
- Dobbelt bøjning modsat rettet
- Flere bøjninger ud af plan



Forstyrret flowprofil

komponenter

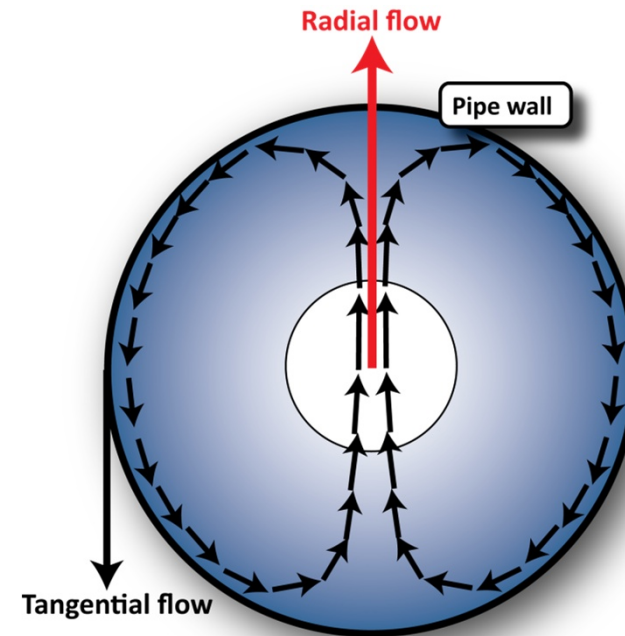
- Aksial hastigheds-komponent
- Sekundært flow
 - Radial hastigheds-komponent
 - Tangential hastigheds-komponent
- Svirvel ren tangential hastighedskomponent
- Asymmetrisk aksielt flow



Forstyrret flowprofil

komponenter

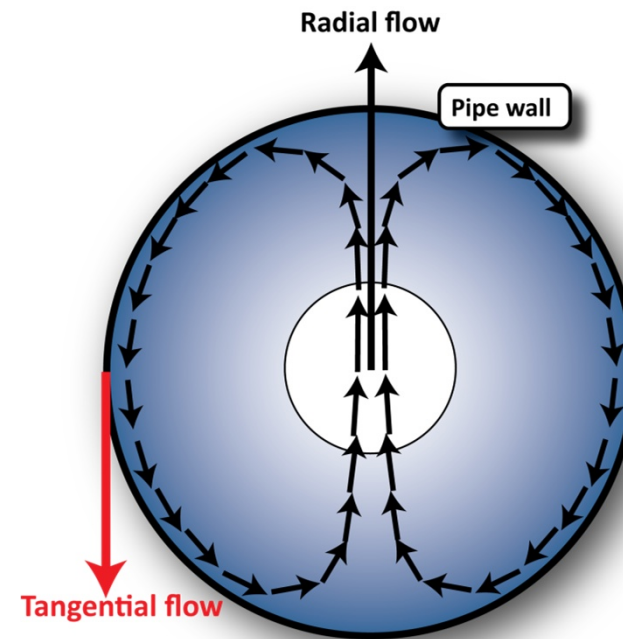
- Aksial hastigheds-komponent
- Sekundært flow
 - Radial hastigheds-komponent
 - Tangential hastigheds-komponent
- Svirvel ren tangential hastighedskomponent
- Asymmetrisk aksielt flow



Forstyrret flowprofil

komponenter

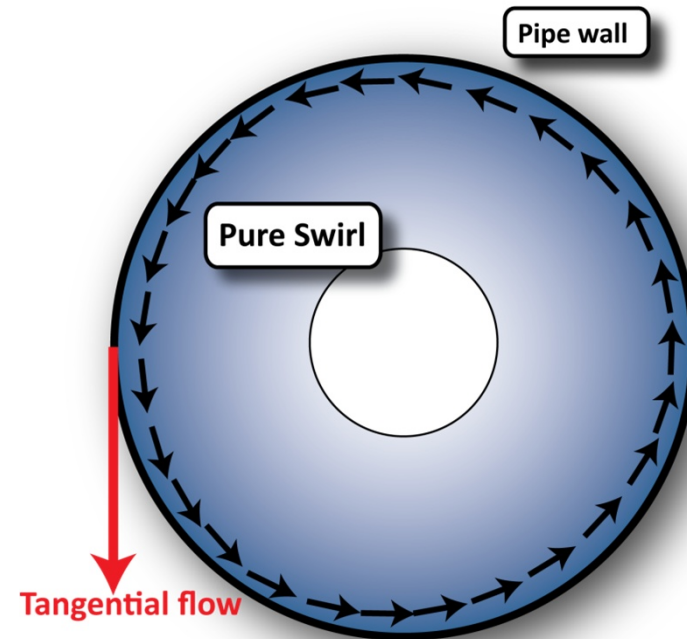
- Aksial hastigheds-komponent
- Sekundært flow
 - Radial hastigheds-komponent
 - Tangential hastigheds-komponent
- Svirvel ren tangential hastighedskomponent
- Asymmetrisk aksielt flow



Forstyrret flowprofil

komponenter

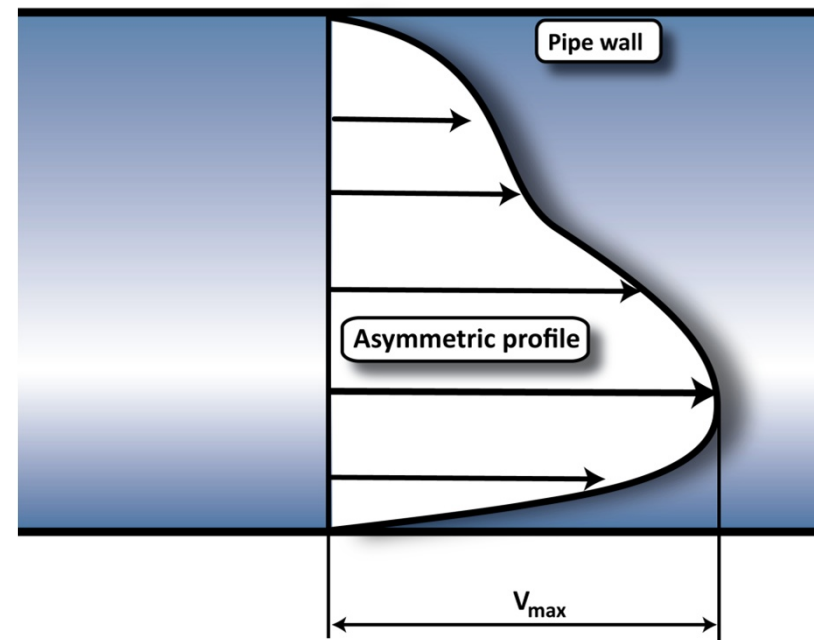
- Aksial hastigheds-komponent
- Sekundært flow
 - Radial hastigheds-komponent
 - Tangential hastigheds-komponent
- Svirvel ren tangential hastighedskomponent
- Asymmetrisk aksielt flow



Forstyrret flowprofil

komponenter

- Aksial hastigheds-komponent
- Sekundært flow
 - Radial hastigheds-komponent
 - Tangential hastigheds-komponent
- Svirvel ren tangential hastighedskomponent
- Asymmetrisk aksielt flow



Kategorisering af flow-forstyrrende komponenter

Profilforvrængende med sekundært flow og **begrænset** svirvel:

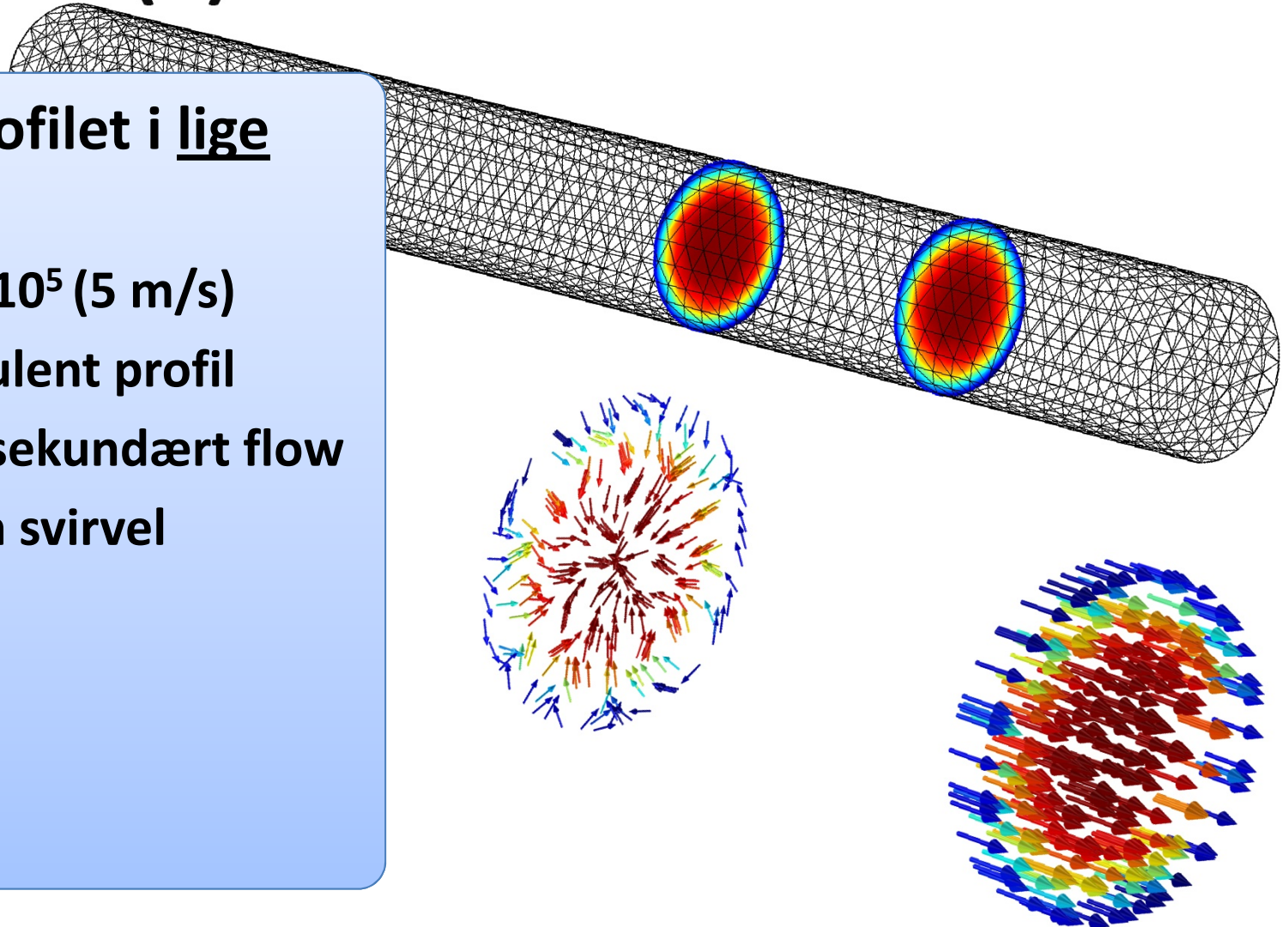
- Reducer og Expander
- Enkelt bøjning
- Dobbeltbøjning i plan

Profilforvrængende med sekundært flow og **udtalt** svirvel:

- Turbinehjuls flowmåler
- Spiral-svejsede rør
- To eller flere bøjninger ud af plan.

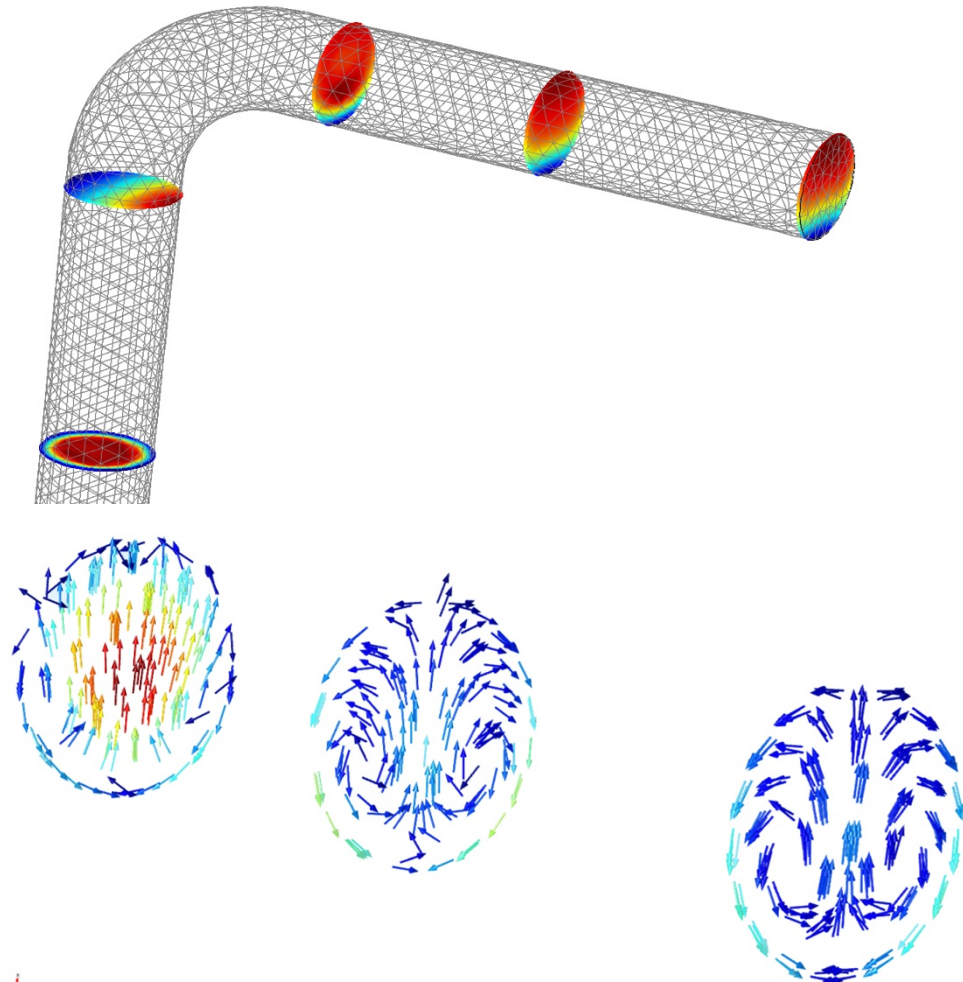
Flowprofil (1)

- Flowprofilet i lige rør
 - $Re = 10^5$ (5 m/s)
 - Turbulent profil
 - Ikke sekundært flow
 - Ingen svirvel



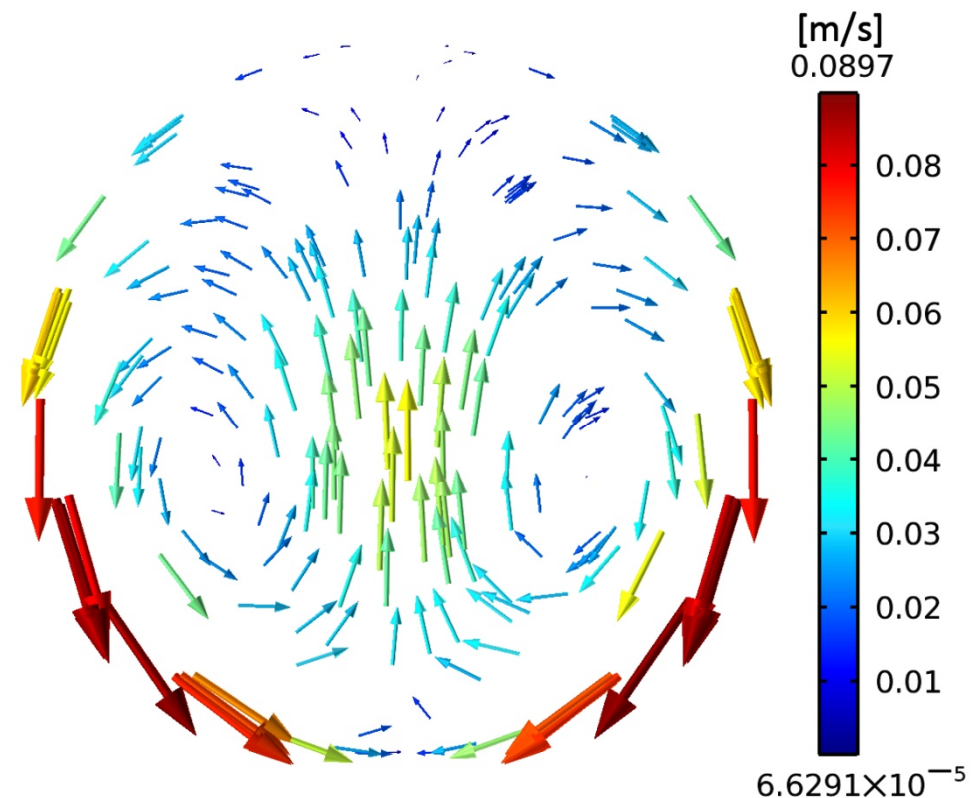
Flowprofil (2)

- Flowprofilet efter 1 bøjning
 - $Re = 10^5$ (5 m/s)
 - Turbulent indgangsprofil
 - Asymmetrisk flowprofil
 - Sekundært flow
 - 2 hvivler
 - Ingen svirvel



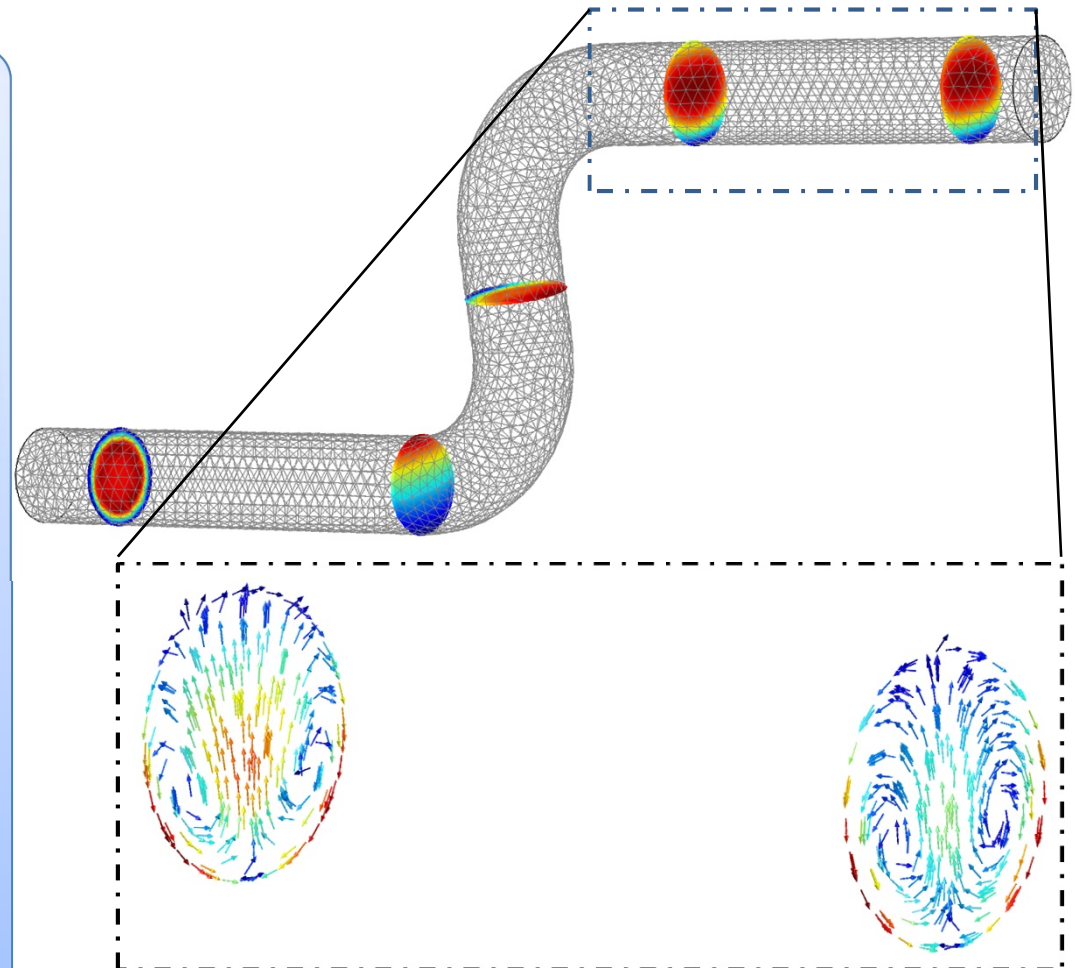
Flowprofil (2)

- Flowprofilet efter 1 bøjning
 - $Re = 10^5$ (5 m/s)
 - Turbulent indgangsprofil
 - Asymmetrisk flowprofil
 - Sekundært flow
 - 2 hvivler
 - Ingen svirvel



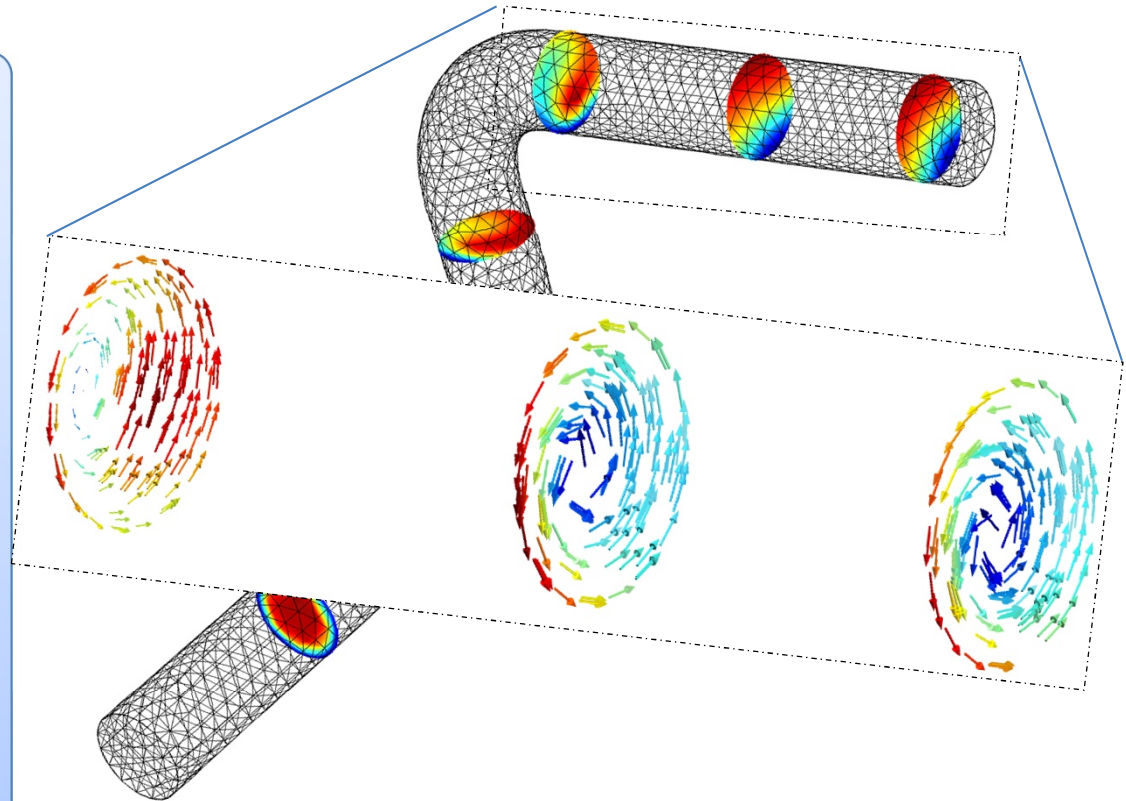
Flowprofil (3)

- Flowprofilet efter 2 bøjninger i plan
 - $Re = 10^5$
 - Turbulent indgangsprofil
 - Asymmetrisk flowprofil
 - Sekundært flow
 - 2 hvivler
 - Ingen svirvel



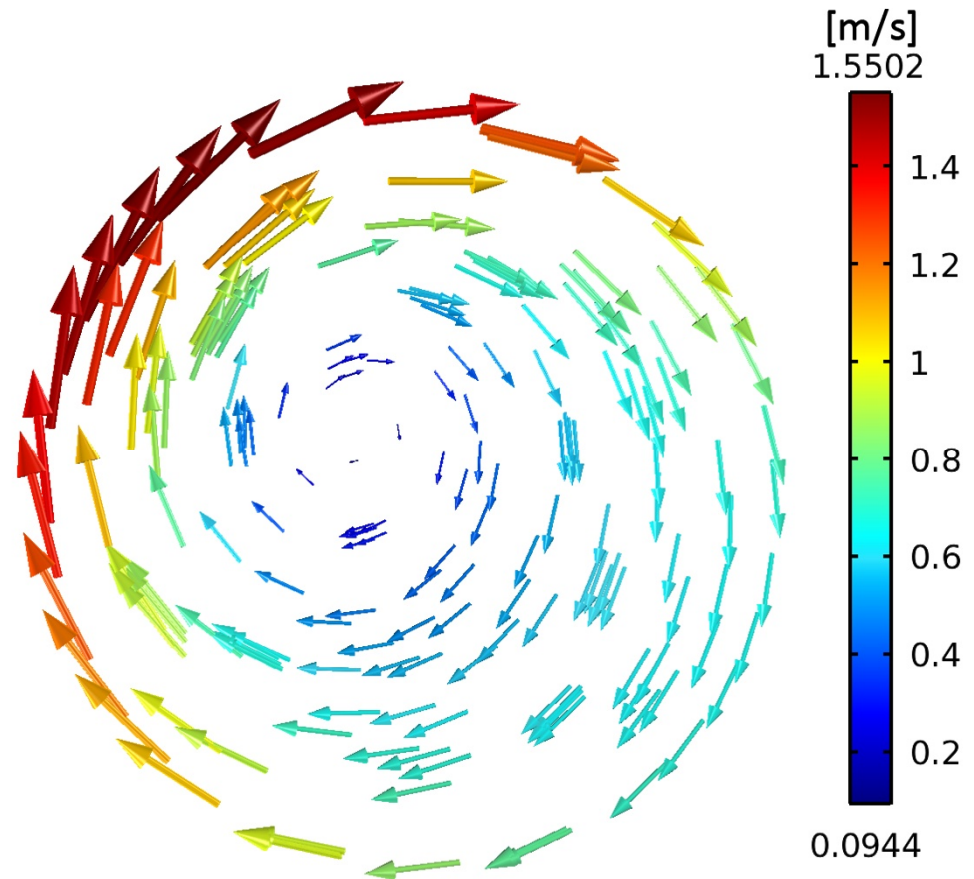
Flowprofil (4)

- **Flowprofilet efter 2 bøjninger ud af plan**
 - $Re = 3 \cdot 10^5$ (15 m/s)
 - Turbulent indgangsprofil
 - Asymmetrisk flowprofil
 - Sekundært flow
 - Udtalt svirvel



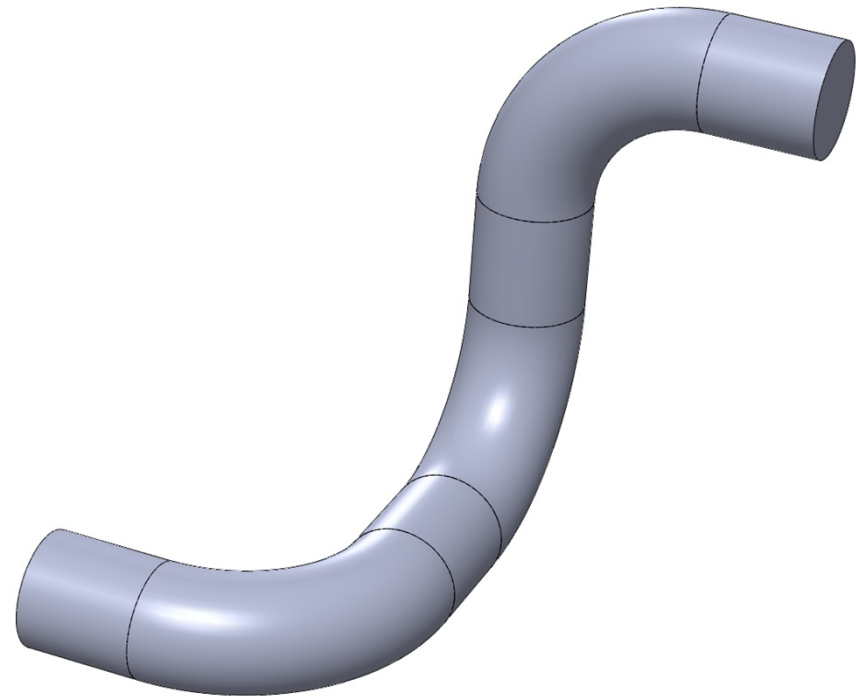
Flowprofil (4)

- Flowprofilet efter 2 bøjninger ud af plan
 - $Re = 3 \cdot 10^5$ (15 m/s)
 - Turbulent indgangsprofil
 - Asymmetrisk flowprofil
 - Sekundært flow
 - Udtalt svirvel



Forstyrret Flowprofil - overblik

- **Bøjninger**
 - Antal og planer
 - Krumningsradius
- **Overfladebeskaffenhed**
- **Reynoldstal**
 - Densitet
 - Hastighed
 - Rørdiameter
 - Viskositet

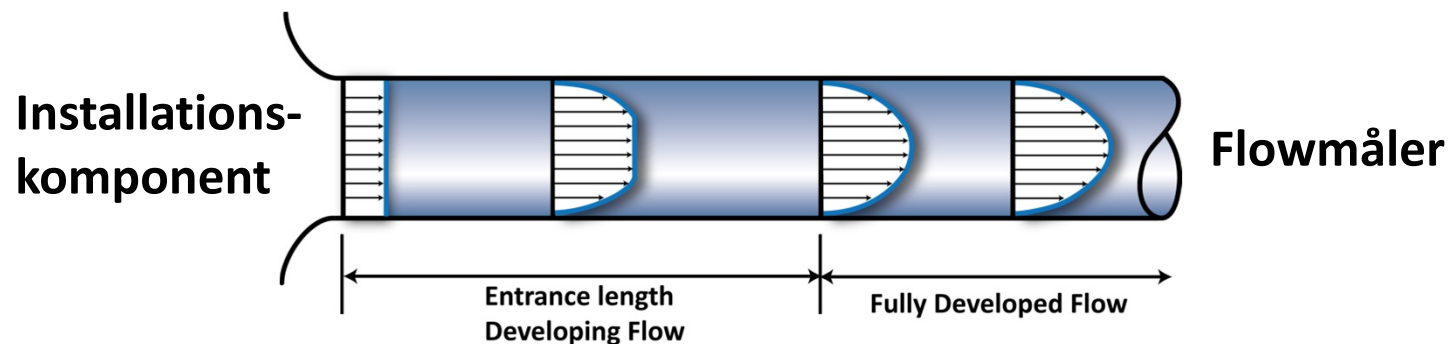


Indløbslængde

Nødvendige indløbslængder $L = X \cdot D$

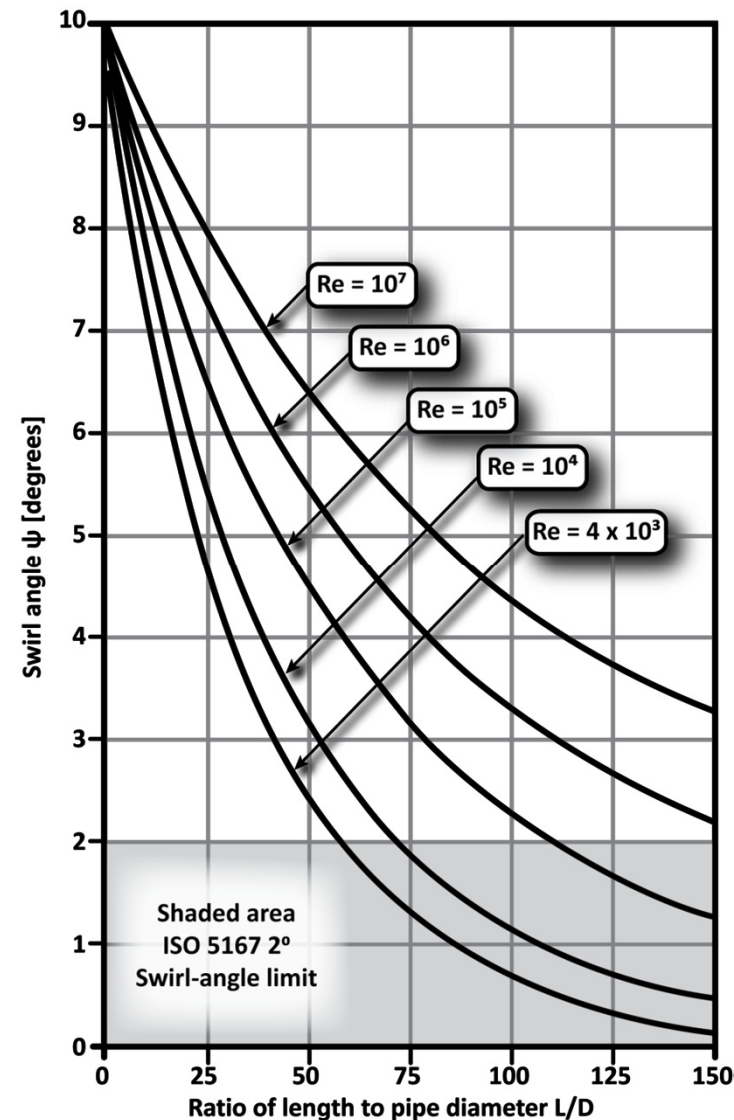
Flowmålerens følsomhed over for installations-effekter	Opstrøms lige rørlængde mellem installationer og flowmåler				
	90° bøjninger eller T-stykke	To 90° bøjninger i samme plan	To 90° bøjninger i vinkelrette planer	Expander	Reducer
Lav	10	16	34	16	5
Medium	14-18	18-26	36-48	16-22	5-9
Høj	28-36	36-46	62-70	30-54	14-22

Kilde: An introductory guide to Flow Measurement, Second Edition, Roger C. Baker



Indløbslængde - Reduktion af svirvel

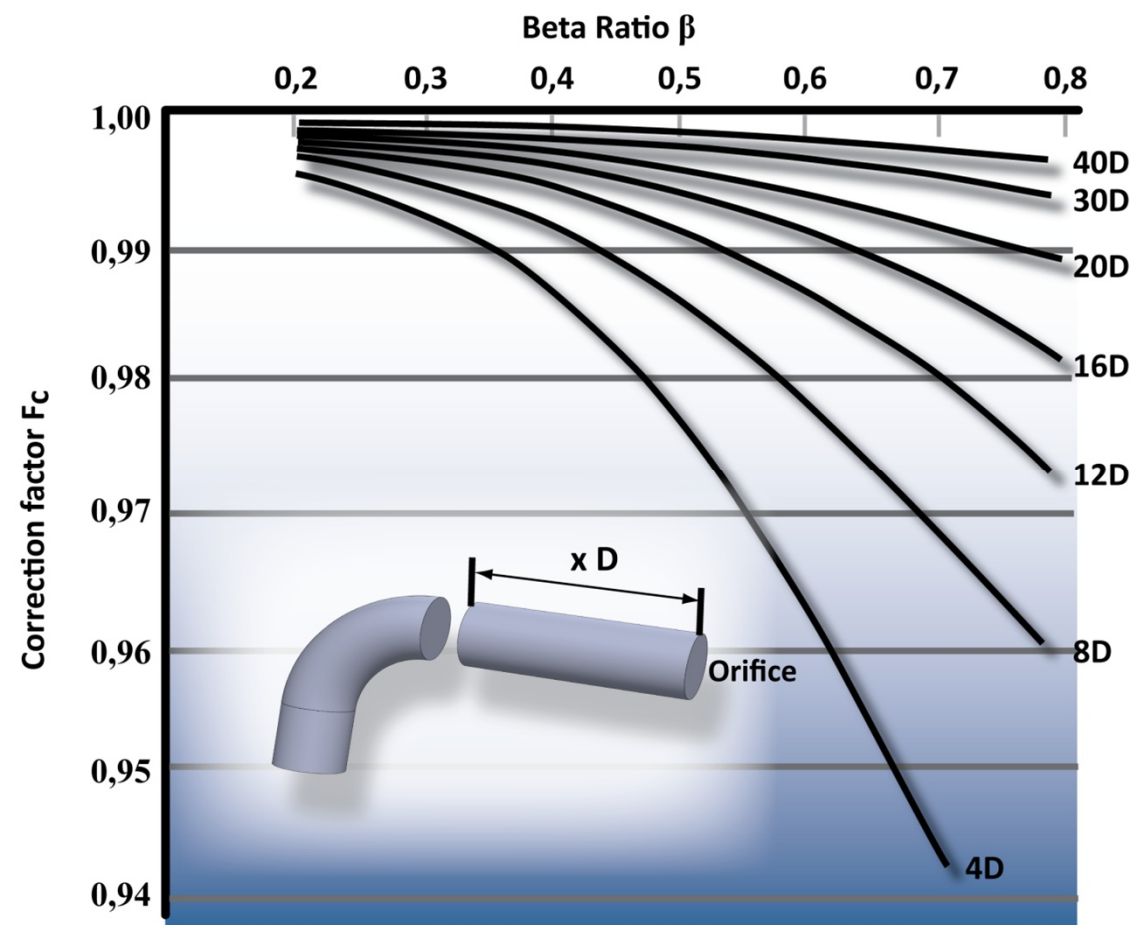
Lige rørstrækning for
at reducere svirvel til
under 2° for forskellige
værdier af Reynolds tal



Kilde: Flow Measurement Engineering Handbook, Third Edition,
Richard W. Miller

Blænde - følsomhed

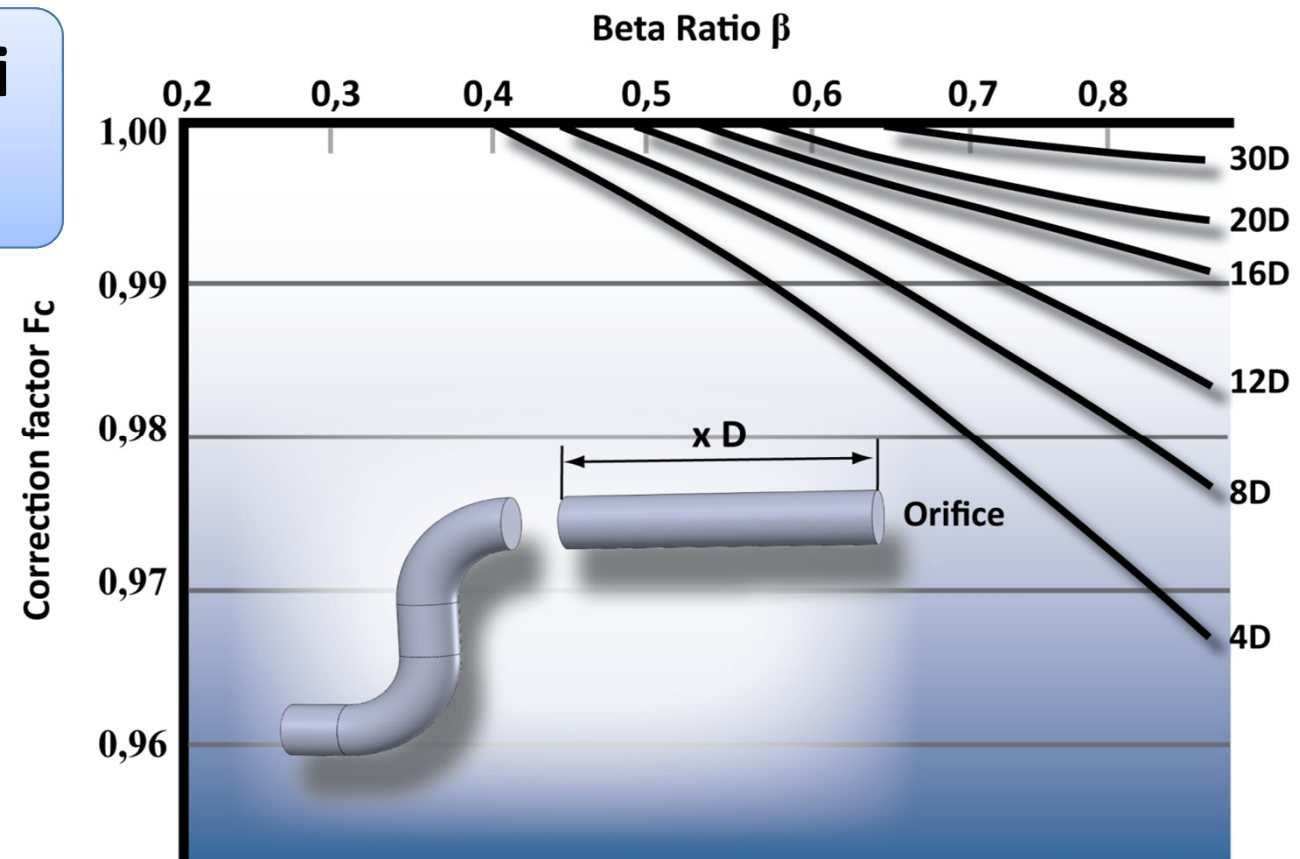
En bøjning



Kilde: Flow Measurement Engineering Handbook, Third Edition,
Richard W. Miller

Blænde - følsomhed

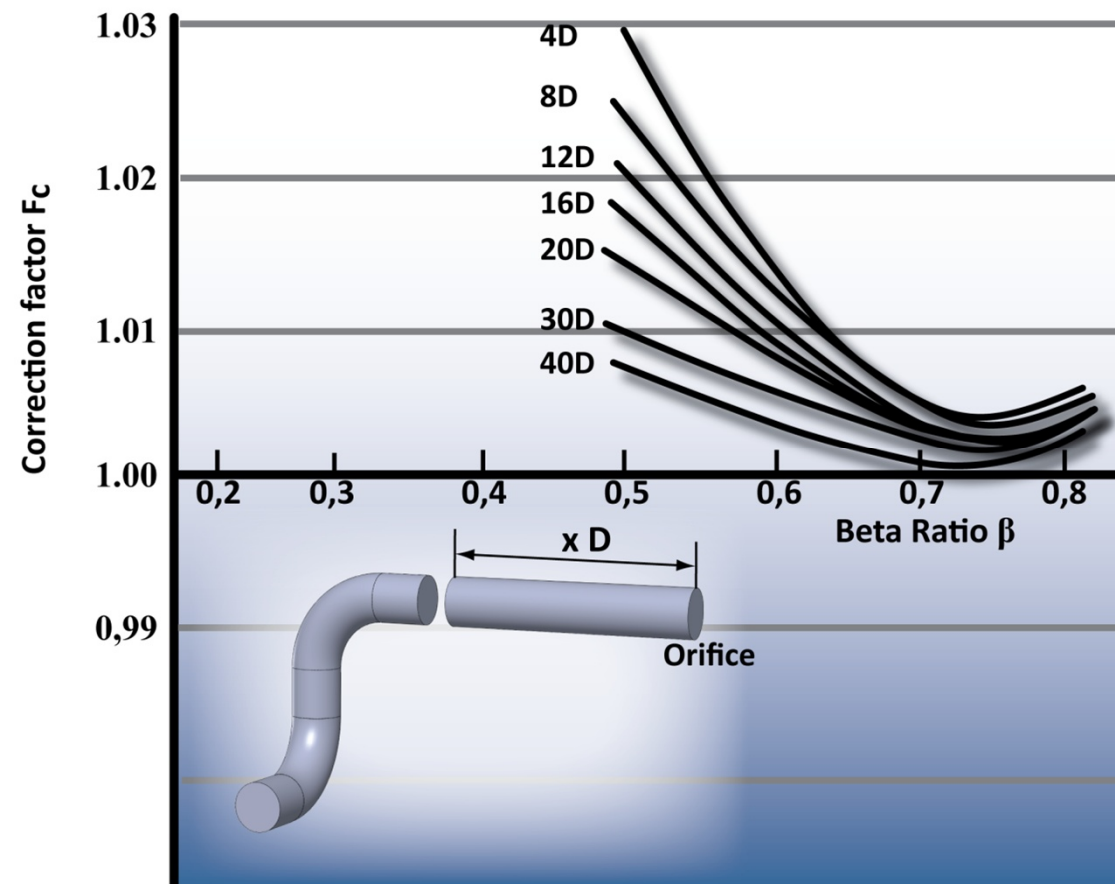
To bøjninger i plan



Kilde: Flow Measurement Engineering Handbook, Third Edition, Richard W. Miller

Blænde - følsomhed

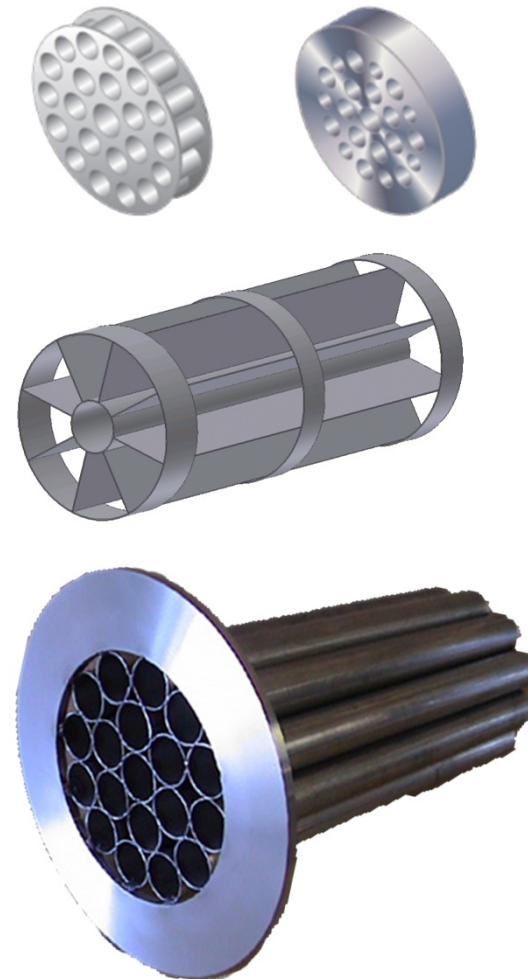
To bøjninger
ud af plan



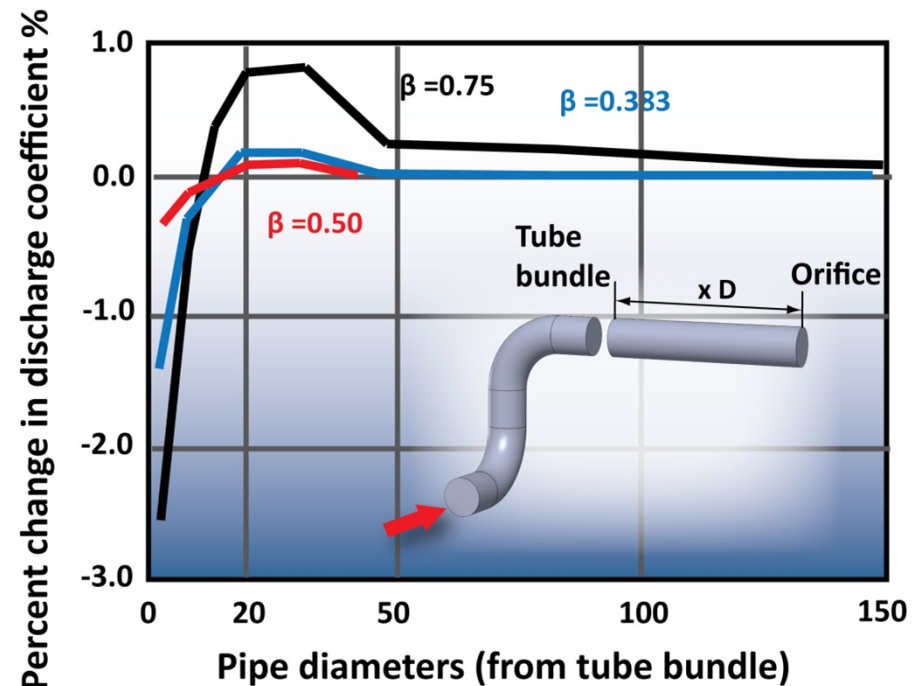
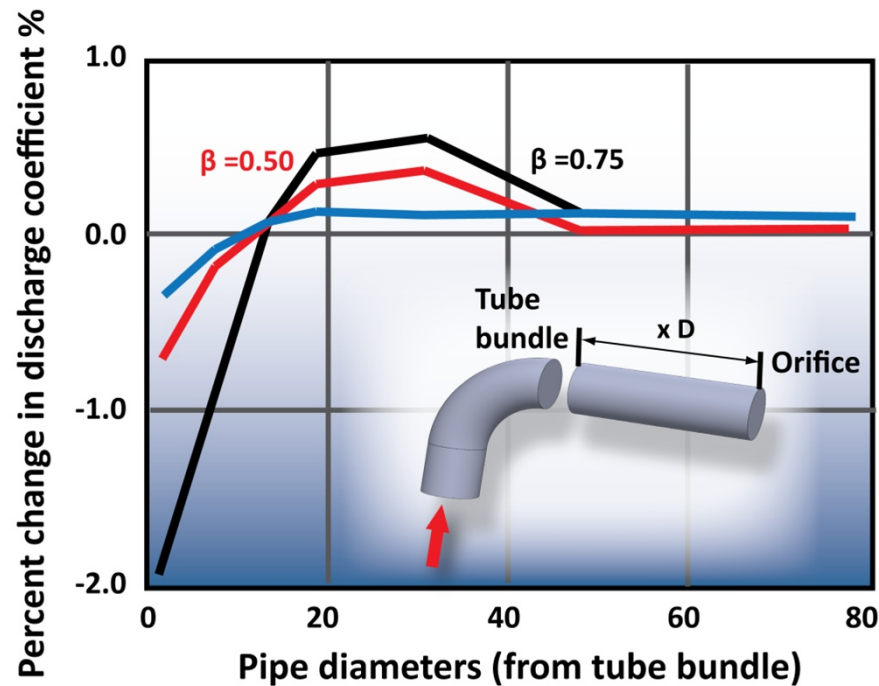
Kilde: Flow Measurement Engineering Handbook, Third Edition,
Richard W. Miller

Løsningsmuligheder

- **Flowconditioner**
 - Genskaber flowprofil
- **Flowstraightener**
 - Reducerer svirvel
- **Forøget tryktab i systemet ved brug af conditioner og straightener**



Flowconditioner og straighenere



Kilde: Flow Measurement Engineering Handbook, Third Edition

Fremtidige perspektiver

- **Acceptere nødvendig
lige rørstrækning eller
tryktab**
- **Forbedrede
flowmålere, der ikke
påvirkes af
installationskomponent**
- **Selvkorrigerende
flowmålere**

A Universal, Nonintrusive Method for Correcting the Reading of a Flow Meter in Pipe Flow Disturbed by Installation Effects

C. Wildemann and W. Merzkirch

Lehrstuhl für Strömungslehre, Universität Essen, D-45117 Essen,
Germany

K. Gersten

Institut für Thermo- und Fluidodynamik, Ruhr-Universität Bochum, D-
44780 Bochum, Germany