The Creep Performance and Long Term Design Strength of Geogrids

Creepové vlastnosti a dlouhodobá návrhová pevnost geomříží

Presented by

Nigel Wrigley

NewGrids Limited, England

Since patent restrictions expired a number of Punched Sheet Geogrids have appeared on the international market. This presentation shows the testing and analysis required to determine the Long Term Creep Strength of such products. A number of examples are discussed and the information required by a Design Engineer to select a safe Design Strength for a product is outlined.

Od doby, kdy vypršela patentová omezení, objevila se na mezinárodním trhu řada nových typů tuhých geomříží. Tato prezentace ukazuje analýzu a zkoušky potřebné k určení dlouhodobé creepové pevnosti těchto produktů. Bude popsáno několik příkladů a nastíněno, které informace jsou důležité pro projektanta při jeho rozhodování o bezpečné návrhové pevnosti daného produktu.

• Definition 1:	*Definice 1:*
Long Term Creep Strength (LTCS)	*Dlouhodobá creepová pevnost (LTCS)*
- The maximum load under which a product	*- maximální zatížení produktu, při kterém*
<u>will not rupture</u>	*<u>nedojde k jeho porušení</u>*
during the design life of a structure	*během navržené životnosti konstrukce*

- Definition 2:

$$\text{Design Strength} = \frac{\text{LTCS}}{RF_D \times RF_{ID}}$$

Návrhová pevnost

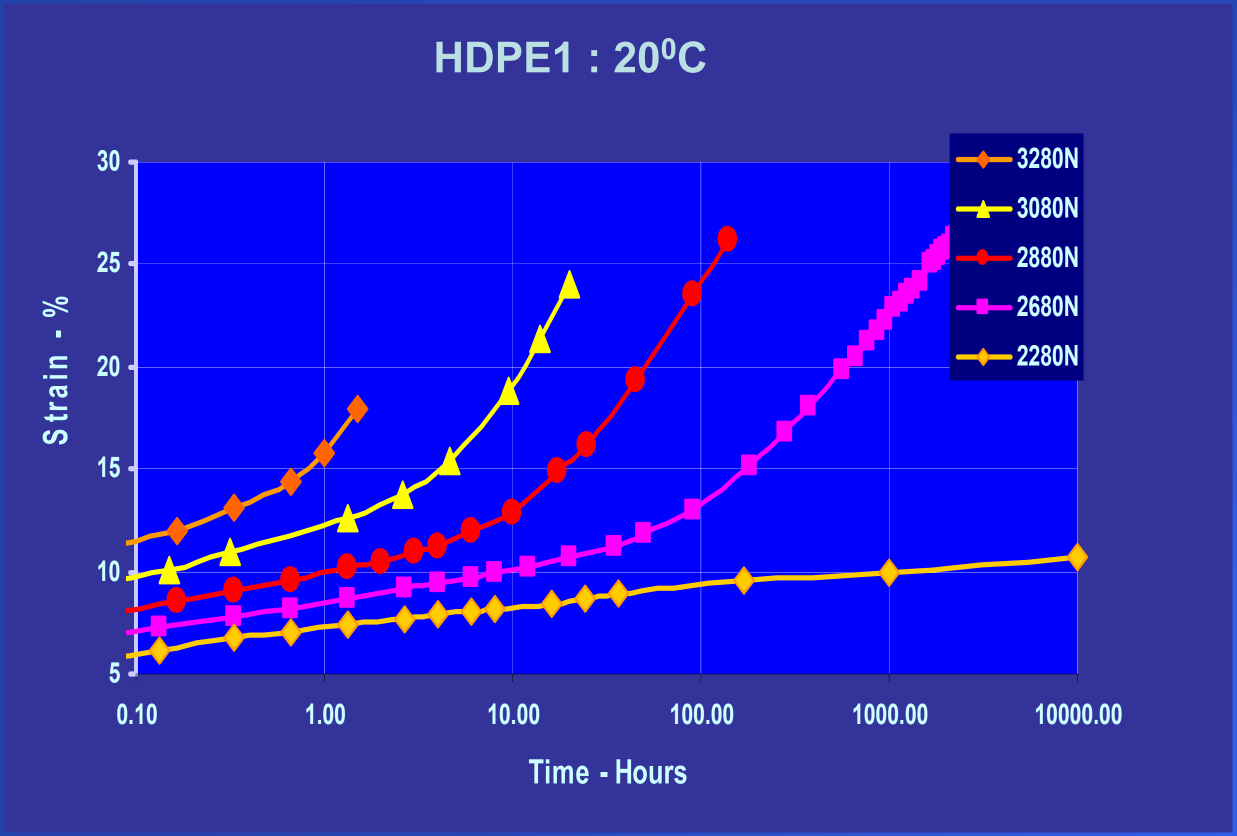
- RF_D = Reduction Factor for Durability
  Redukční koeficient trvanlivosti
- RF_{ID} = Reduction Factor for Installation Damage
  Redukční koeficient poškození při instalaci

Content of Presentation:
Obsah prezentace:

- Creep Test Method
  Způsob zkoušení creepu
- Analysis to give Creep Strength
  Analýza k získání creepové pevnosti
- Testing to determine RFD & RFID
  Zkoušky k určení RFD & RFID
- Project examples
  Příklady projektů
- Variations between products
  Rozdíly mezi produkty

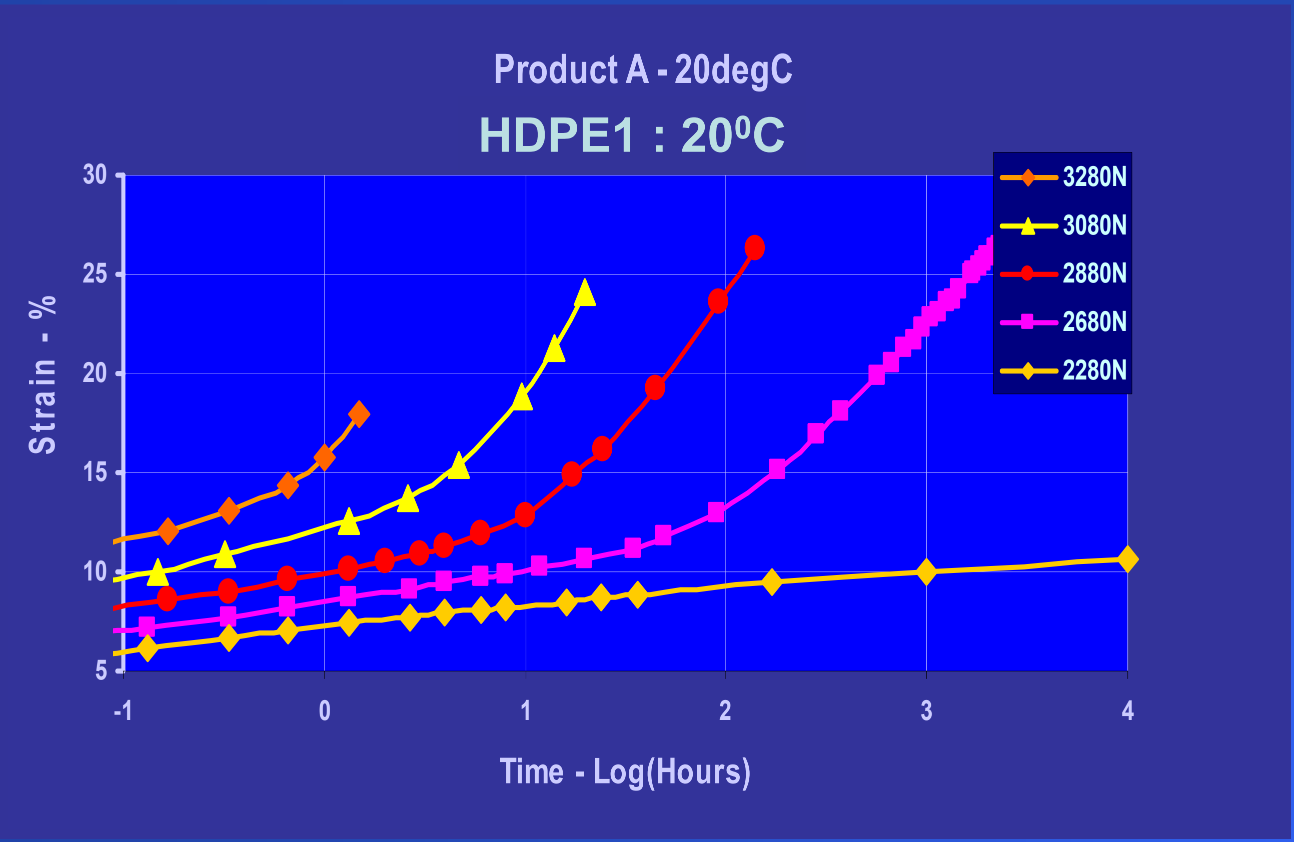
- Simple, safe creep testing:
  Jednoduchá creepová zkouška
  - Load applied directly to sample
    Zatížení působí přímo na vzorek
  - Accurately calibrated weights
    Přesně kalibrovaná zátěž
  - In accordance with ISO 13431
    V souladu s ISO 13431

- Simple, safe creep testing:
  Jednoduchá creepová zkouška:
  - With long samples measurement by tape gives better than ±0.1% accuracy
    Měření dlouhých vzorků metrem dává přesnost lepší než ±0.1%
  - If short samples tested then highly accurate measure-ment transducers are needed
    Při testování krátkých vzorků je třeba vysoce přesných měřidel



- **Typical results:**
  Typické výsledky:

  As load reduces, time to failure increases
  S poklesem zatížení roste čas potřebný k porušení

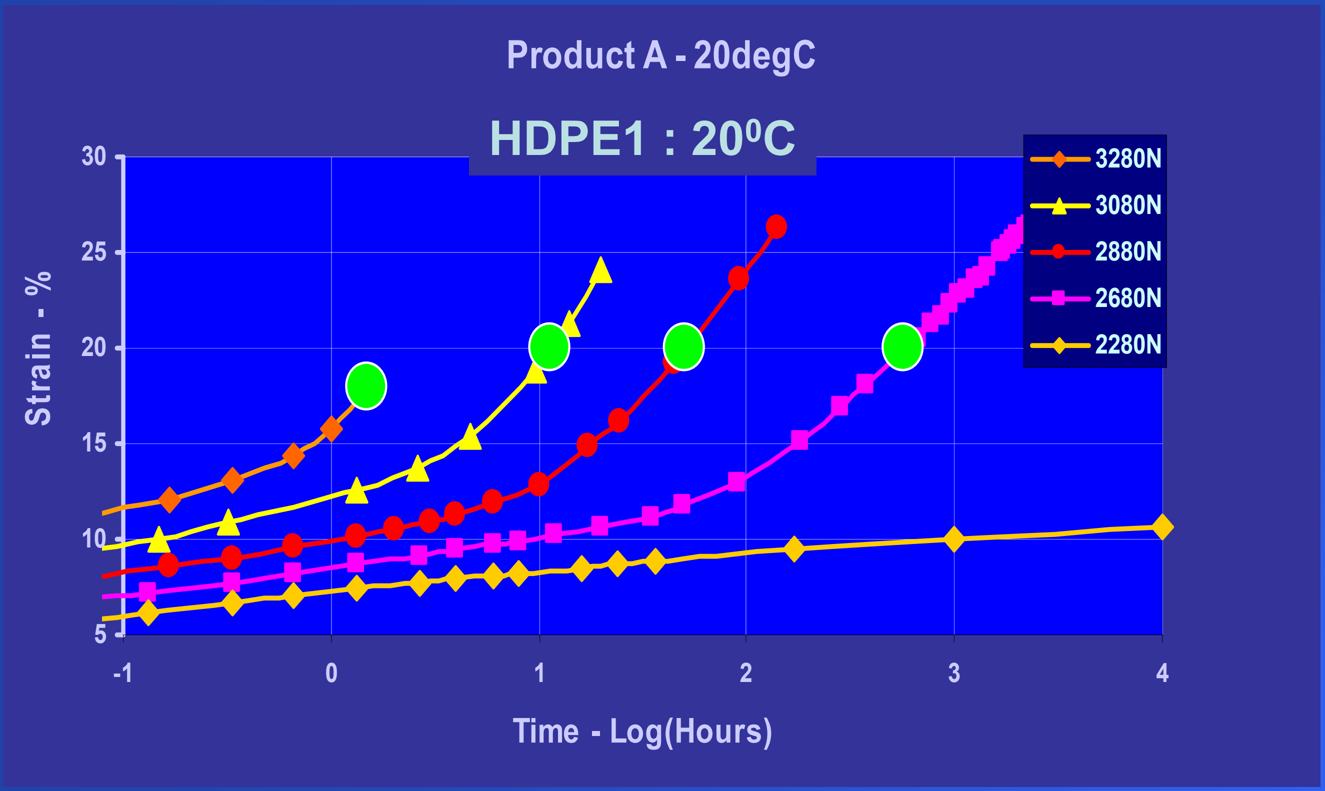


- **Typical results:**
  Typické výsledky:

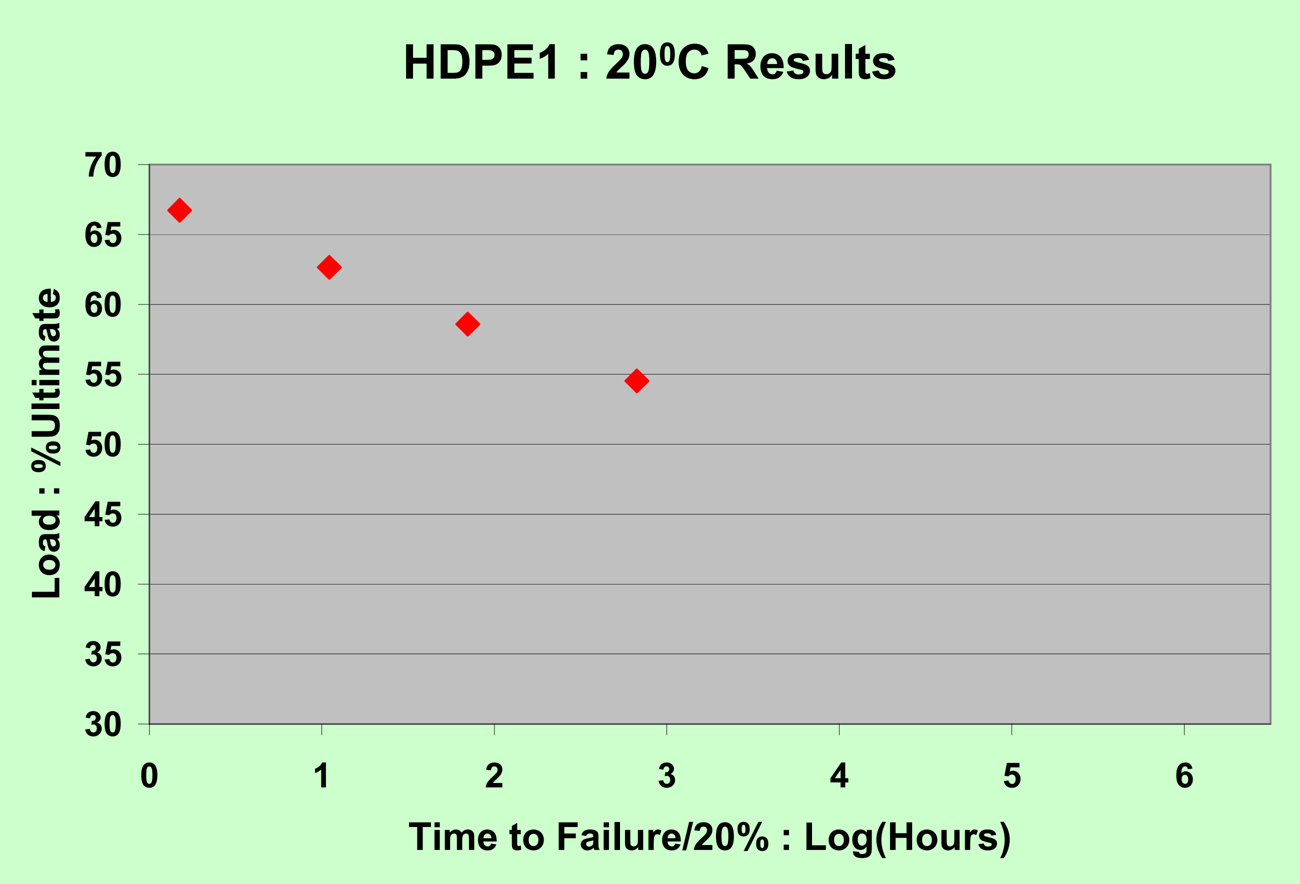
  Time axis is normally plotted as Log(Hours)
  Časová osa je logaritmická (h)

- **We now need to find the load at which no failure will occur in 100+yrs (10^6hours)**

Úkolem je najít takové zatížení, při kterém nedojde k poruše v čase delším než 100 let (10^6 h)

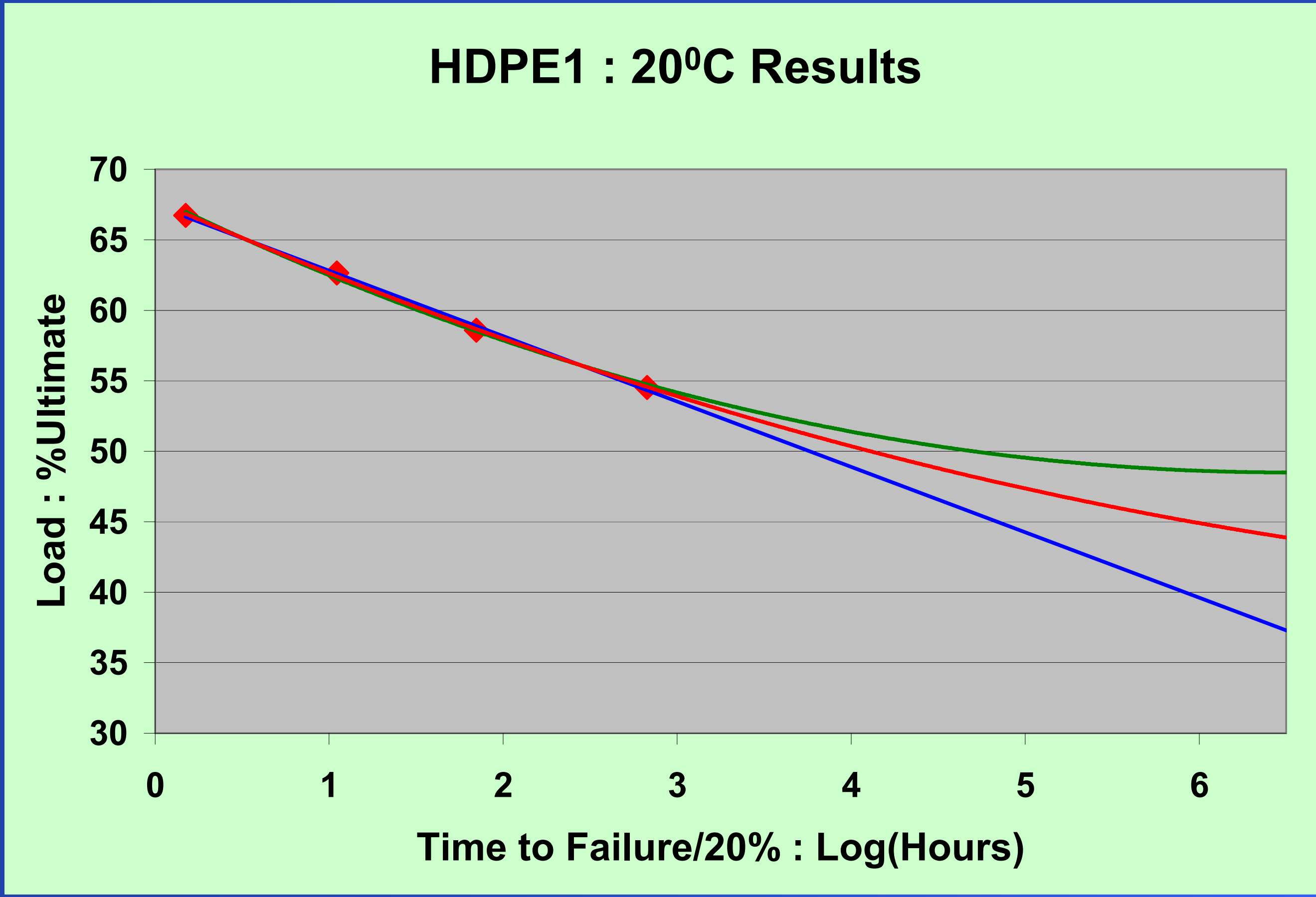


- Take Data points at Rupture or 20% Strain, whichever is earlier
Odečítají se hodnoty, při nichž dojde k porušení nebo k 20 % prodloužení (co nastane dříve)

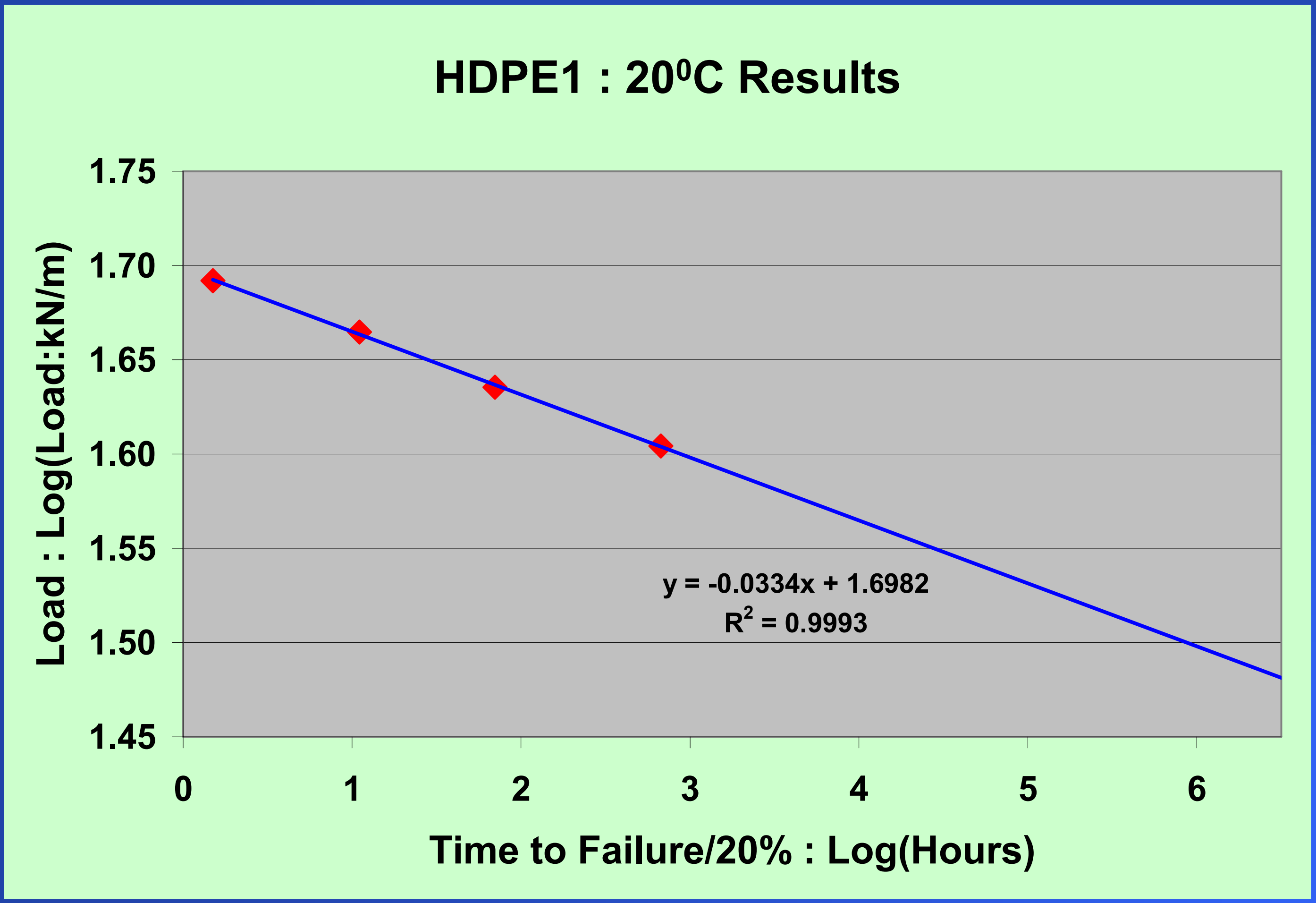


- **Data is then plotted as Load against Time to Failure/20%**
  Je vynesena závislost zatížení – čas porušení/20%
- **We must now find a way to extend the results to 100yrs+ (10^6hrs)**

Je třeba nalézt způsob, jak rozšířit výsledky na 100 let (10^6h)

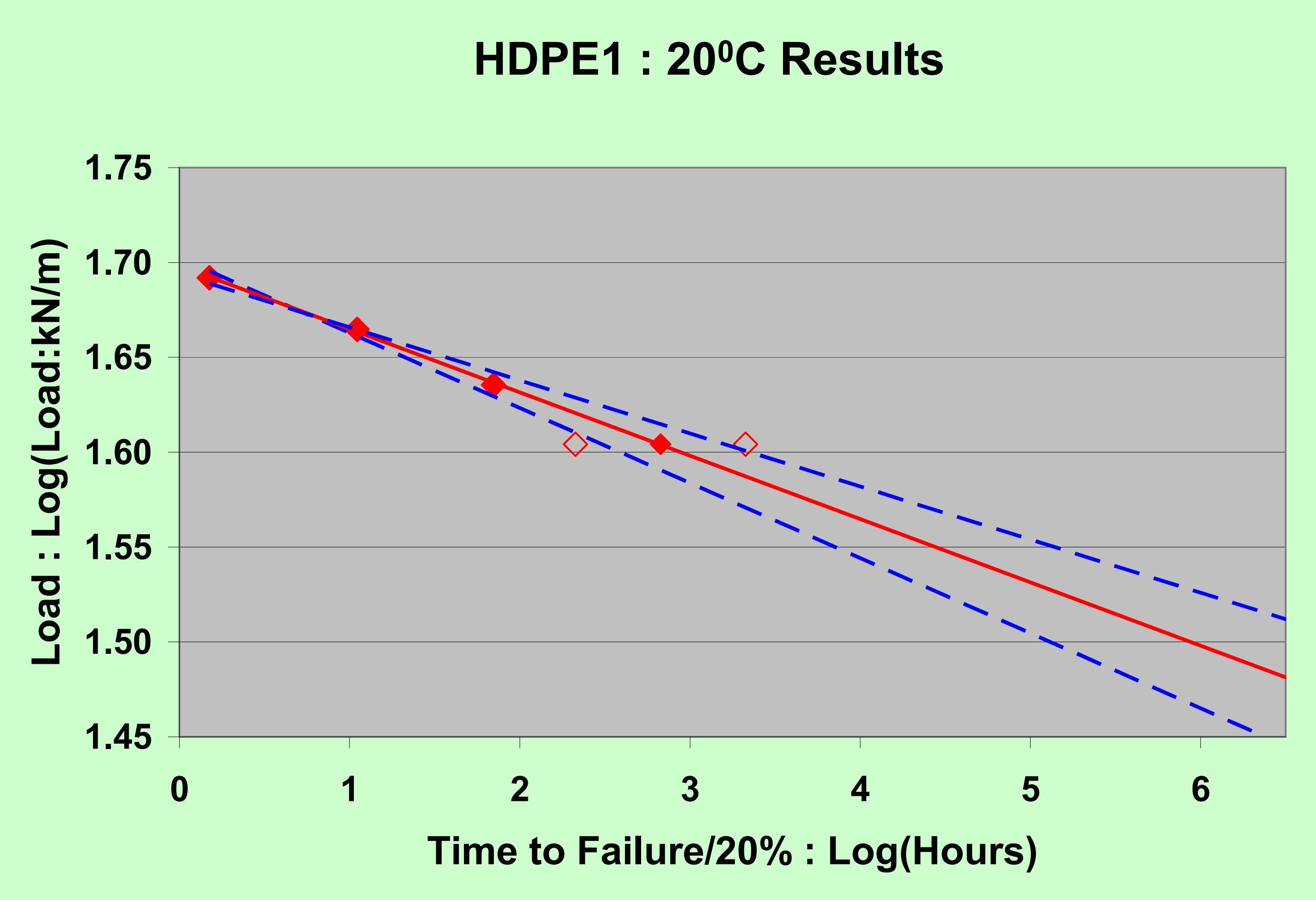


- **Simply extrapolating with a best-fit line cannot give a safe answer** ***Jednoduchá extrapolace proloženou přímkou nemůže dát bezpečnou odpověď***



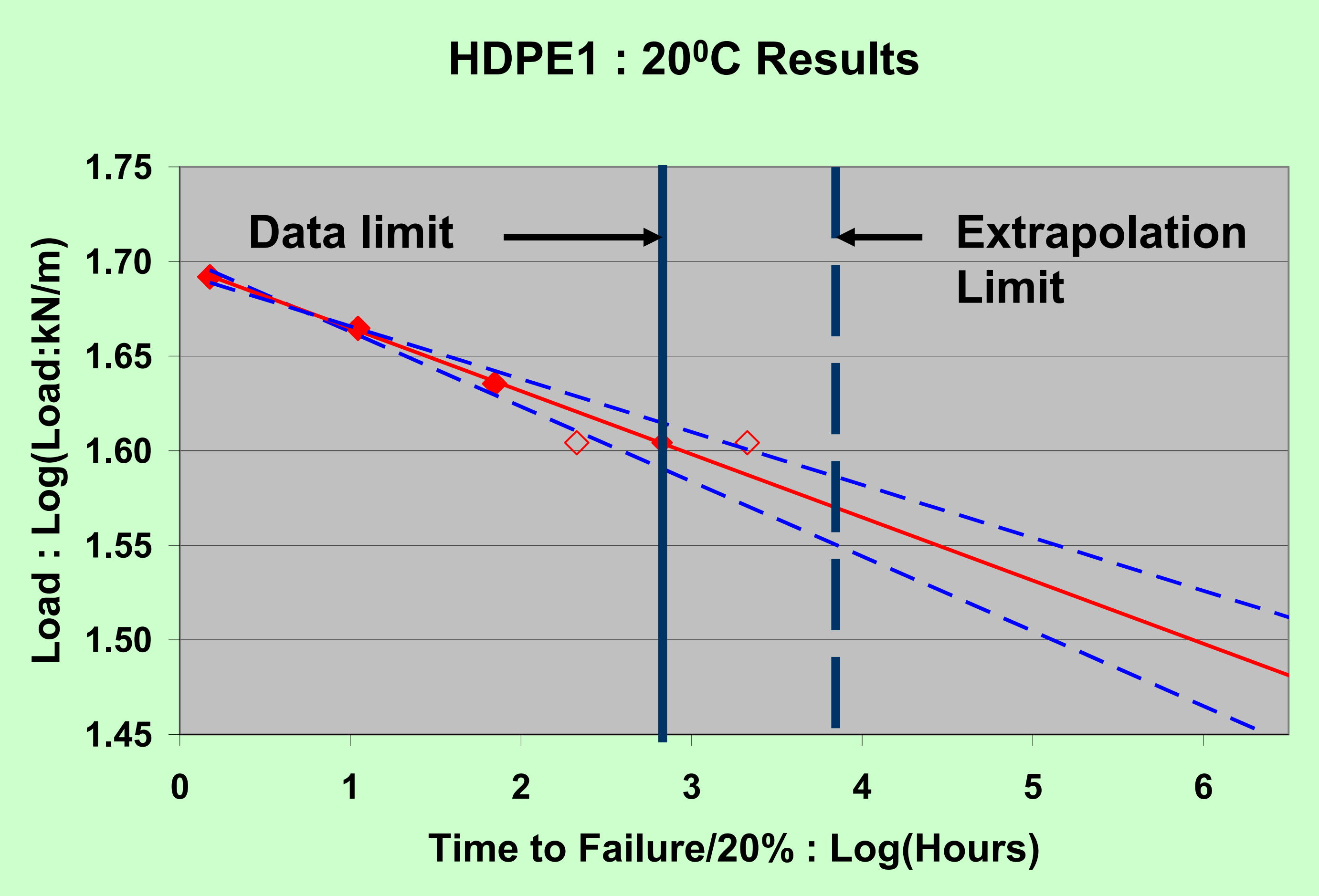
Changing the plot to Log-Log improves the prediction but the zone of uncertainty beyond data is still too large

Změna souřadnic na Log-Log zlepší predikci, ale oblast nejistoty je stále příliš velká



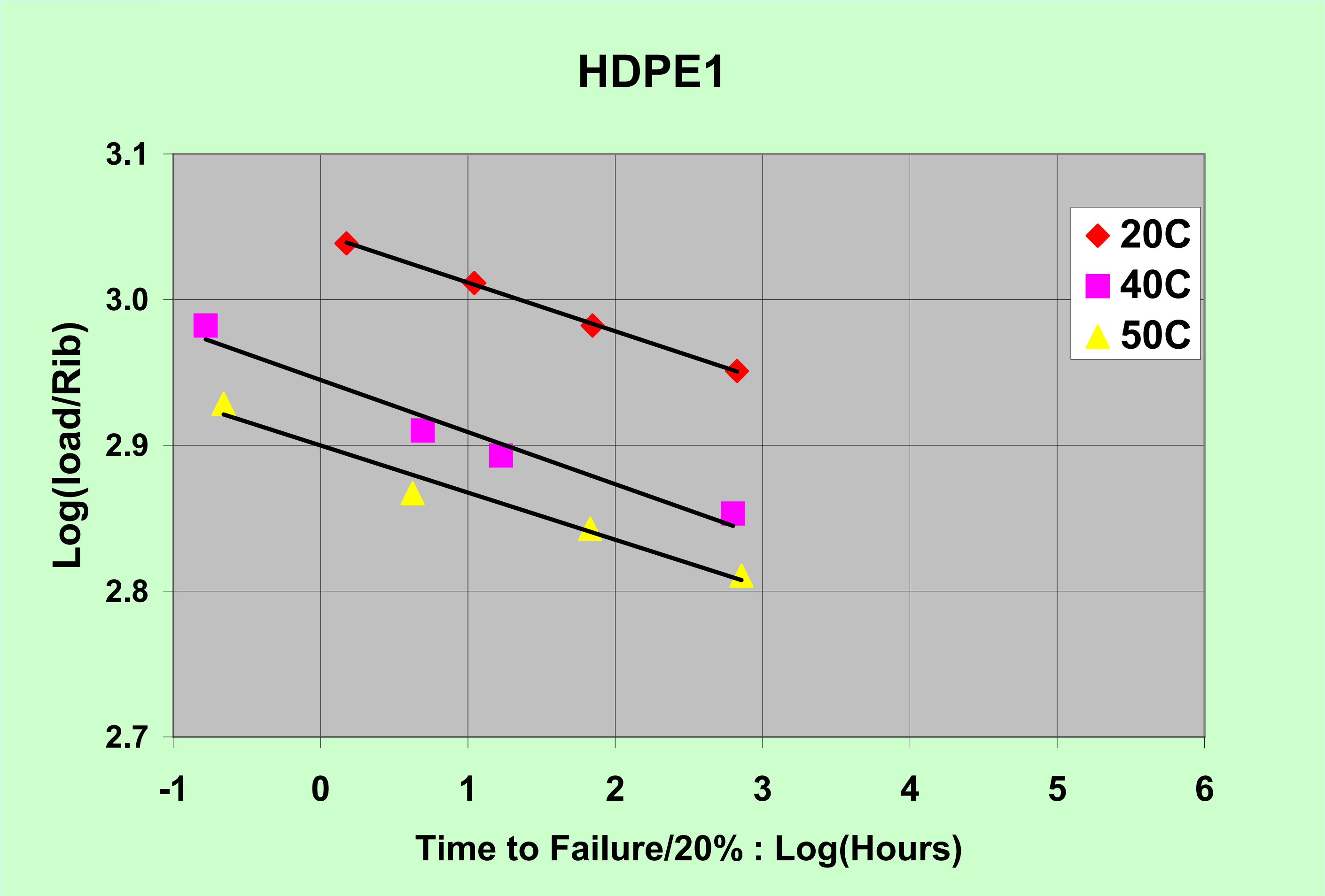
Additional tests at one of the loads could have a failure time variation of ±0.5log.hr

Dodatečné zkoušky při jednom zatížení mohou mít odchylku času k porušení ±0.5log.h



Internationally it is agreed that extrapolation should not be by more than 1.0log.hr

Mezinárodně je odsouhlaseno, že extrapolace by neměla být větší než 1.0log.h

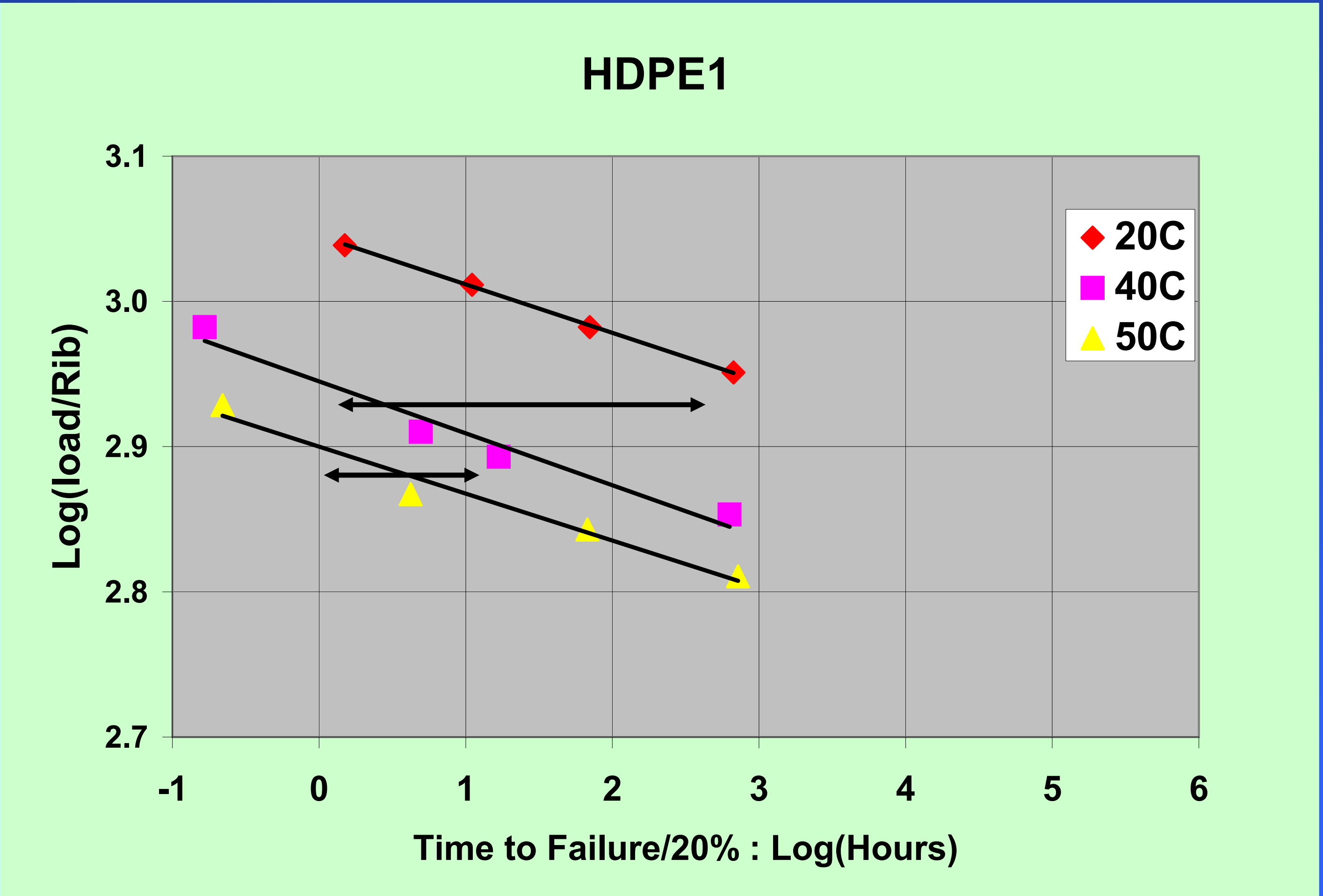


Additional data is generated by testing at higher temperatures

Další hodnoty jsou získány ze zkoušek při vyšších teplotách

Increased temperature accelerates creep

Zvýšená teplota urychluje creep

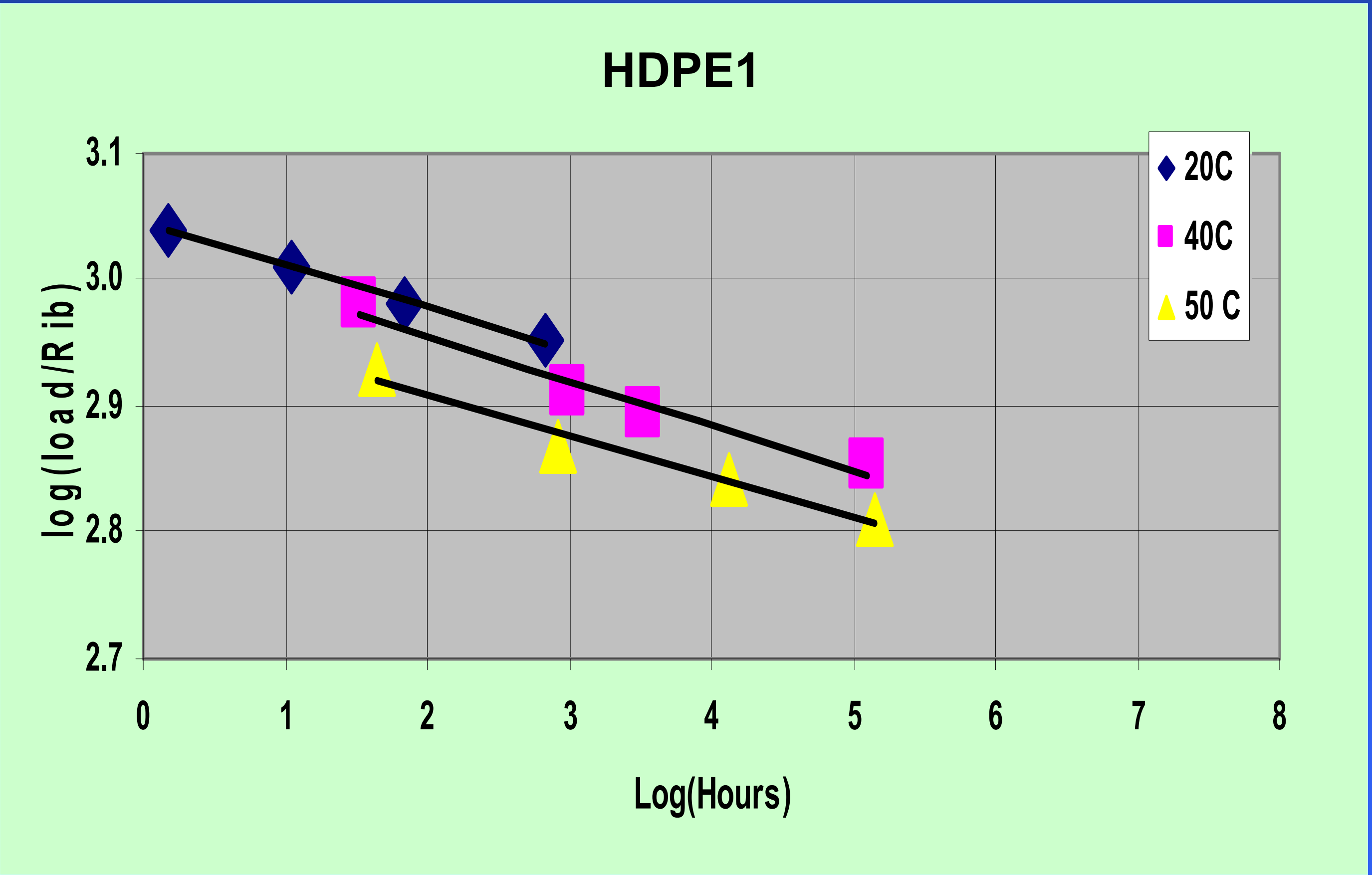


1hr at 40^0C is equivalent to about 500hrs at 20^0C

1 h při 40^oC se rovná přibližně 500 h při 20^oC

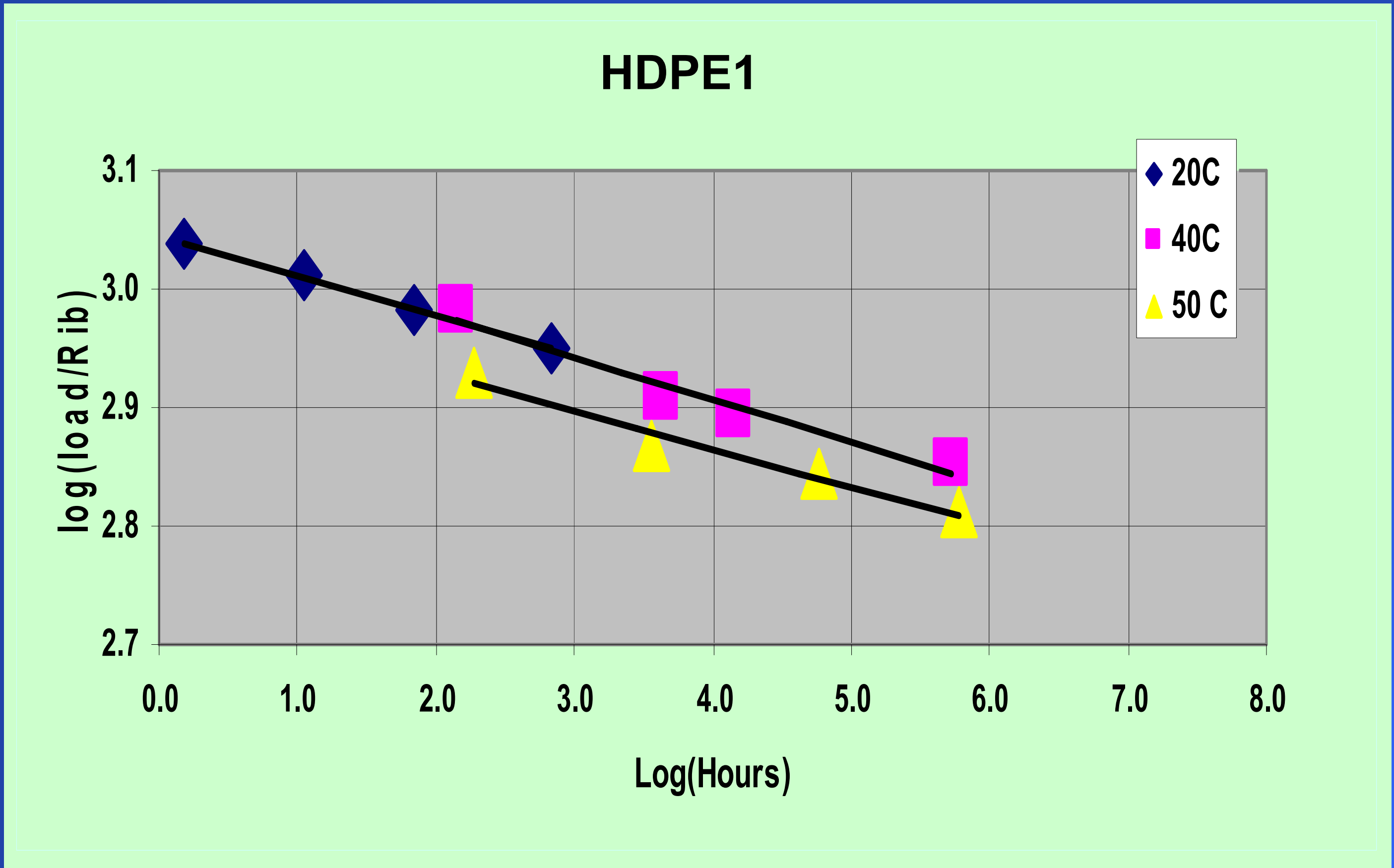
1hr at 50^0C is equivalent to about 20hrs at 40^0C

1 h při 50^oC se rovná přibližně 40 h při 20^oC



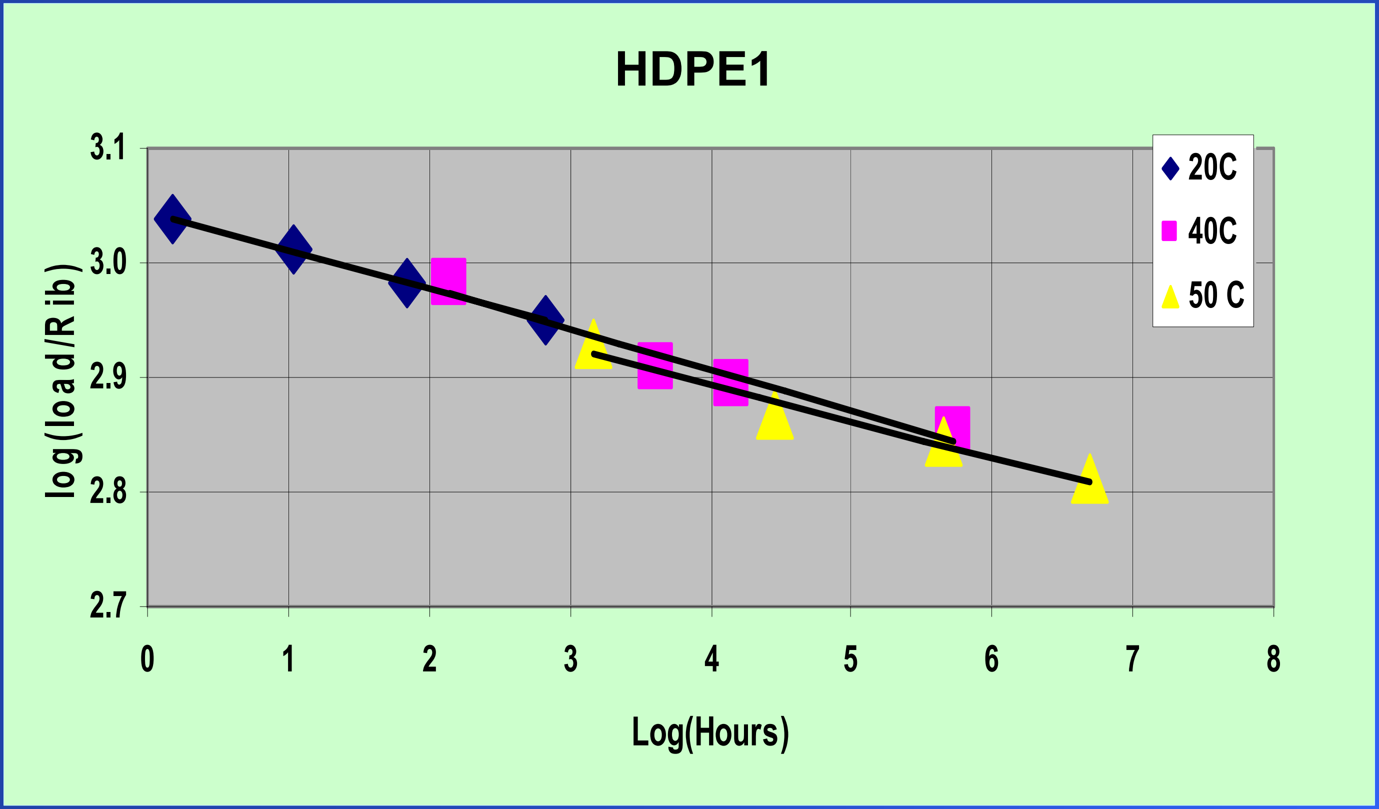
The higher temperature data can be shifted to the right to extend the 20^{0}C prediction

Hodnoty pro vyšší teploty mohou být posunuty doprava k rozšíření hodnot pro 20^{o}C



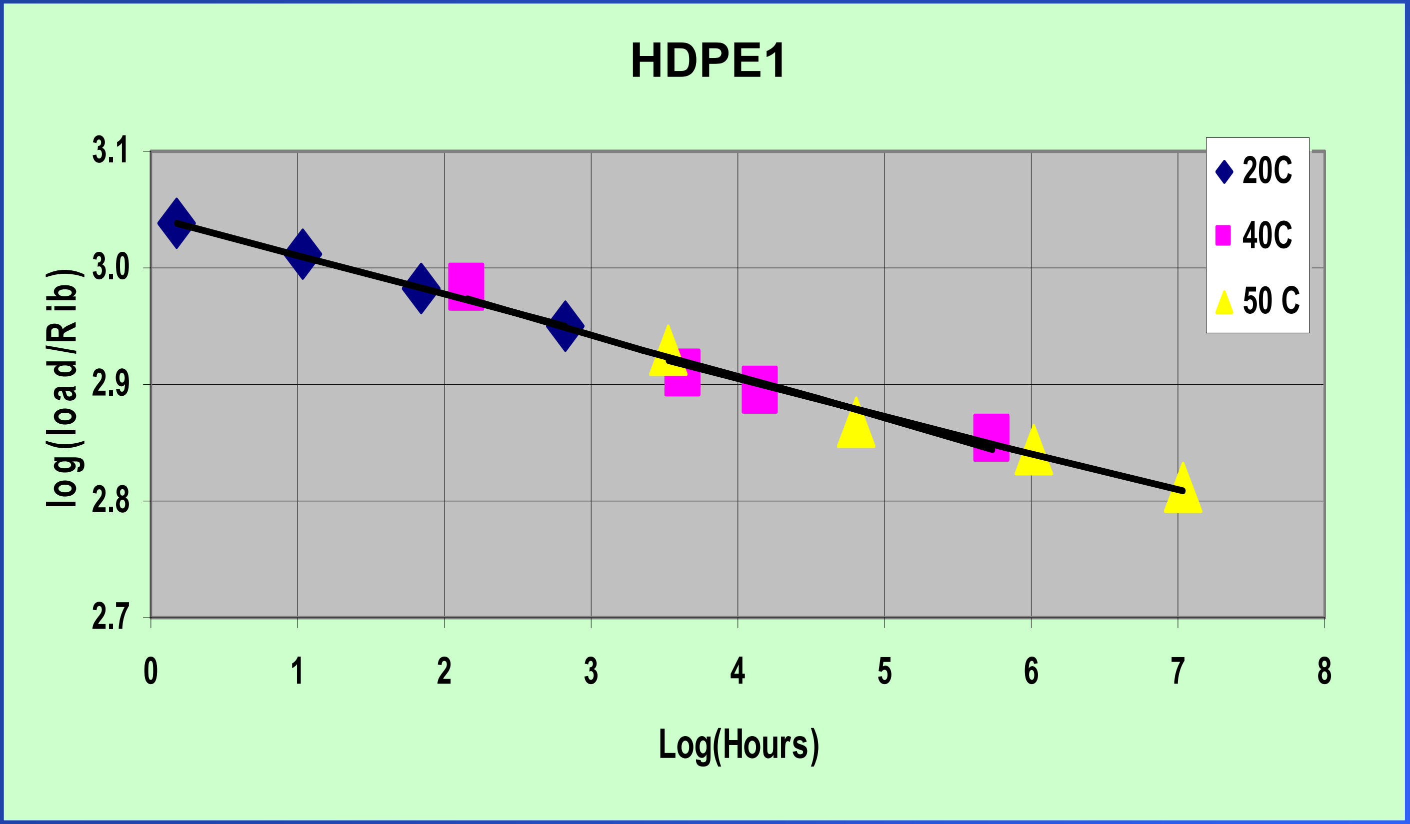
Firstly shift until the 40^{0}C results make a continuous line with the 20^{0}C results

Nejdříve se posunou hodnoty při 40^{o}C tak, aby navázaly na výsledky při 20^{o}C



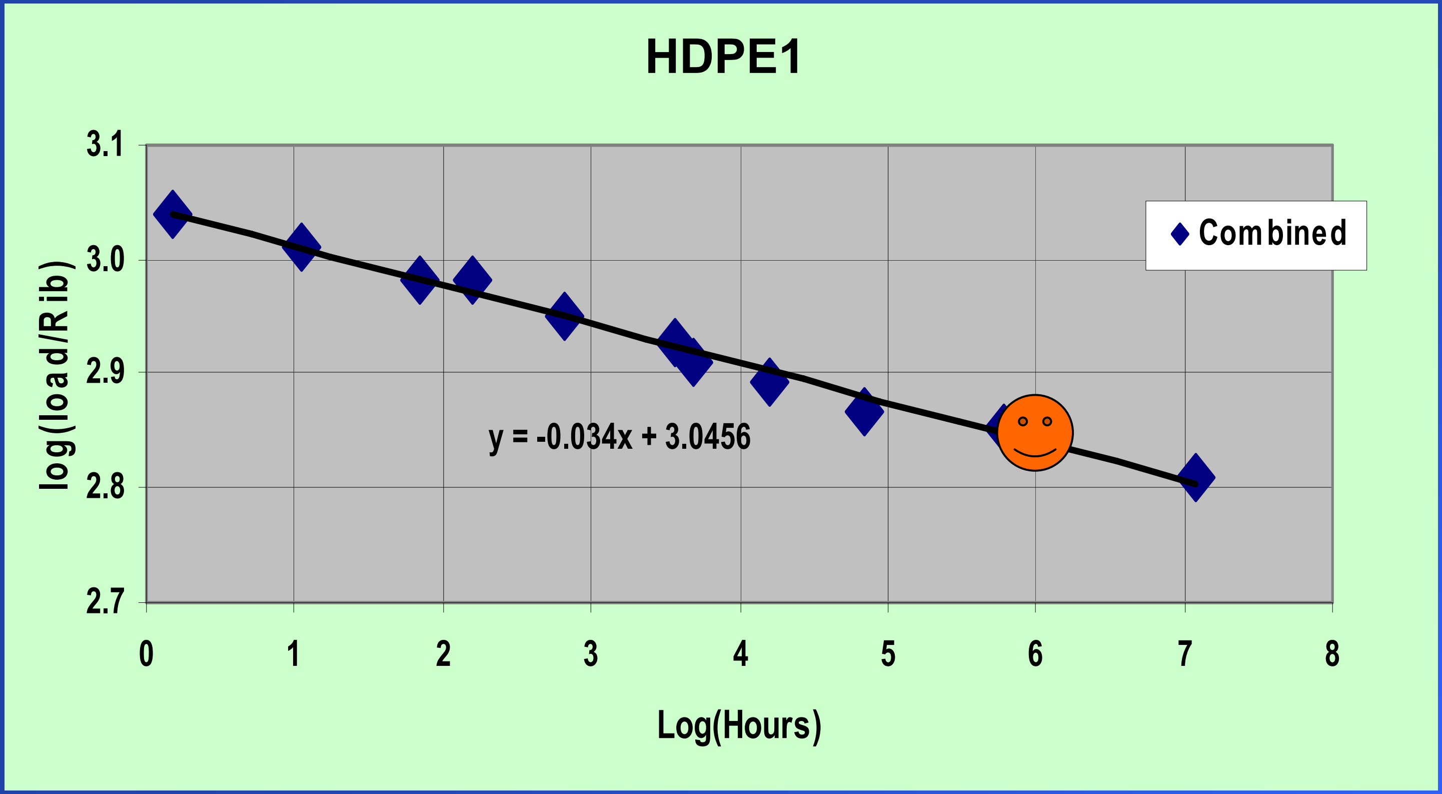
Then shift the $50^{0}C$ results

Pak se posunou výsledky při $50^{o}C$



Then shift the 50^0C results until they extend the continuous line from the 20^0C results

Výsledky při 50^oC se posunou, až navážou na spojnici při 20^oC



This gives a plot that can be used as a good basis for calculating the Long Term Creep Strength of the product at 20^{0}C

Výsledný graf může být použit jako dobrý základ pro výpočet dlouhodobé creepové pevnosti produktu při 20^{o}C

Durability *Trvanlivost*

- Tests:
  - EN 12225: Micro-Biological Degradation
    EN 12225: Mikrobiologická degradace
  - ENV ISO 13438: Oxidation
    ENV ISO 13438: Oxidace
  - EN 14030: Resistance to Acid and Alkali Liquids
    EN 14030: Odolnost kyselinám a alkáliím

Durability *Trvanlivost*

- Tests:
  - EN 12225: Micro-Biological Degradation
    EN 12225: Mikrobilogická degradace
    - » 16 weeks in biologically active soil.
      16 týdnů v biologicky aktivní půdě
    - » The soil will reduce the strength of a cotton fabric strip by ≥75% in 7 days and destroy it in the 16 weeks of test
      Půda sníží pevnost bavlněného pásku ≥75% za 7 dní a během 16 týdnů zkoušky jej zničí

Durability *Trvanlivost*

- Tests:
  - ENV ISO 13438: Oxidation *Oxidace*
    - » PP: 110^0C for 28 Days (equivalent to 25years)
      110^0C po 28 dní (odpovídá 25 letům)
      110^0C for 112 Days (equivalent to 100years)
    - » HDPE: 100^0C for 56 Days (equivalent to 25years)
      100^0C for 280 Days (equivalent to 125years)

(All in a forced-circulation, air-filled oven)
(Vše při nucené cirkulaci v horkovzdušné peci)

Durability *Trvanlivost*

- **Tests:**
  - **EN 14030:**
    Resistance to Acid and Alkali Liquids
    Odolnost kyselinám a alkáliím
    - » 3 days at 60^0C in:
      3 dni při 60^oC v:
      - Sulphuric Acid solution at pH 1.6
        roztoku kyseliny sírové při pH 1.6
      - Calcium Hydroxide solution at pH 12.6
        roztoku hydroxidu vápenatého při pH 12.6

Durability *Trvanlivost*

- Test Results for a range of products:
  Výsledky zkoušek pro dané typy produktů

Test	Retained Strength *Dosažená pevnost* (%)		
	HDPE1 Uniaxial Geogrid *HDPE1 jednoosá geomříž*	PP Biaxial Geogrid *PP dvouosá geomříž*	
	MD	MD	CMD
Oxidation: 25yr	102.4	101.1	104.3
100yr+	104.7	100.6	100.8
Micro-Biological	101.1	101.4	101.4
Chemical: Acid *kyselina*	100.4	100.7	102.2
Alkali *alkálie*	102.2	102.2	103.4

Durability *Trvanlivost*

- Conclusion *Závěr*:
  - These products are manufactured from high quality PP and HDPE and do not suffer from environmental attack in soil reinforcement applications
    Tyto produkty jsou vyráběny z vysoce kvalitního PP či HDPE a nepodléhají žádným atakům okolního prostředí v aplikacích vyztužování zemin

$$RF_D = 1.0$$

Installation Damage *Poškození při instalaci:*

- When any reinforcement is buried in soil some damage occurs.
  Pokud je jakékoliv vyztužení zasypáváno do země, objeví se určitá míra poškození
- Strength reduces and due allowance must be made in design
  Snižuje se pevnost a je třeba s tím počítat v návrhu
- Test Method: Annex D of BS 8006: 1995
  Zkušební metoda: Dodatek D, BS 8006: 1995

Installation Damage: *Poškození při instalaci:*

- Fill Materials *Zásypový materiál:*
  - BS 8006 calls for at least 3 fills: fine, medium and coarse.
    BS 8006 požaduje alespoň 3 typy zeminy: jemnou, střední a hrubozrnnou
  - It can be useful to test a wider range of fills to give a closer match to any particular project fill
    Bývá užitečným zkoušet širší rozsah zemin, aby bylo možno lépe vyhovět následným projektům

Installation Damage *Poškození při instalaci:*

- Fill Materials *Zásypový materiál:*

Material	Percentage by Mass Passing the Size Shown (mm)														
	125	100	75	53	40	32	25	20	16	10	5	2.5	1.3	0.6	0.1
Fine									100	97	62	53	51	18	1.5
Medium-Fine							100	99	92	72	43	37	36	13	1
Medium				100	88	79	76	75	72	64	38	32	31	11	0.9
Coarse			100	85	75	68	66	65	62	55	36	32	31	11	0.9
Very Coarse	100	85	85	75	68	62	60	60	57	50	35	31	31	11	0.9

Installation Damage *Poškození při instalaci:*

- Fill Materials *Zásypový materiál:*

125mm fill

Installation Damage:
Poškození při instalaci

- Compaction:
  Zhutňování:

Installation Damage *Poškození při instalaci:*

- Recovery of Samples *Odkrytí vzorků:*

Installation Damage *Poškození při instalaci:*

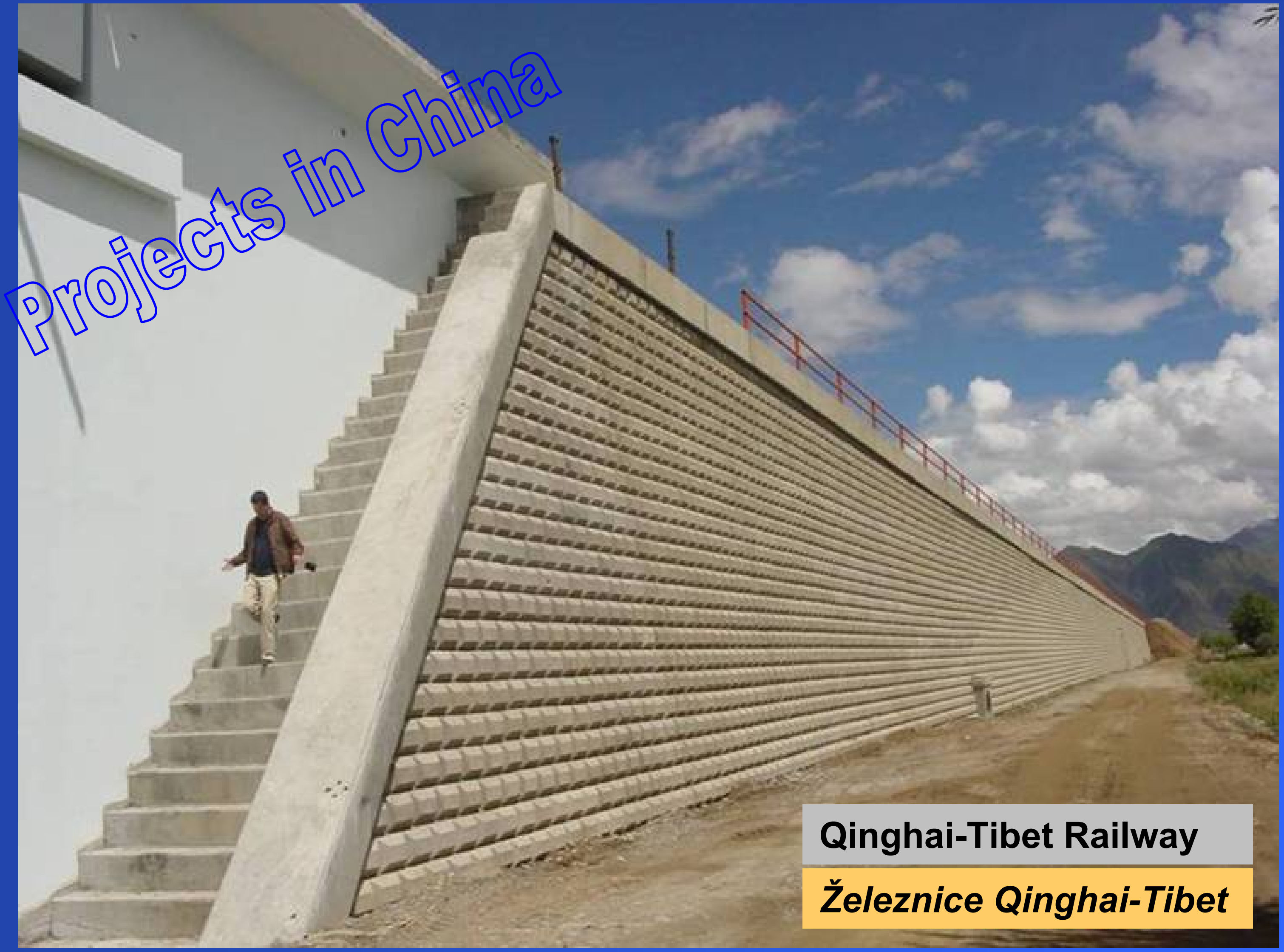
- Design Values of RF_{ID} for HDPE1 products: *Návrhové hodnoty RF_{ID} pro HDPE1 produkty:*

Fill *Zásypový mat.*		Installation Damage Factors (RF_{ID}) *Koeficienty poškoz. při inst. (RF_{ID})*				
Type *Typ*	Size *Vel.*	A	B	C	D	E
Fine	≤10mm	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Medium	≤50mm	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
Coarse	≤75mm	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13
V Coarse	≤125mm	1.15	1.13	1.13	1.13	1.13

- **Project examples** ***Příklady projektů:***

When the information outlined so far is available a safe Design Strength can be calculated for a product.
Pokud jsou uvedené informace k dispozici, lze spočítat bezpečnou návrhovou pevnost produktu

With this, projects such as the following examples can be safely designed and built.
Poté pak mohou být bezpečně navrženy a realizovány projekty jako jsou ty následující


Projects in China
Qinghai-Tibet Railway
Železnice Qinghai-Tibet

**REINFORCED SOIL RETAINING WALL
YIZHUANG, BEIJING**

**Concrete modular block retaining wall at an intersection on one of the ring roads around Beijing
Height 3m to 4m , Angle 90º**

The blocks can be cast on site with short length of geogrid cast into each block

***VYZTUŽENÁ ZEMNÍ OPĚRNÁ ZEĎ
YIZHUANG, BEIJING***

***Opěrná zeď z betonových modulárních bloků při výstavbě křižovatky jednoho z obchvatů Beijingu
Výška 3m až 4m , úhel 90º***

Do jednotlivých bloků může být zalita krátká spojovací část geomříže

Reinforced Soil Retaining Wall: Bridge abutment Gongyi, Zhengzhou

Height 18m, Angle 80º

Vyztužená zemní opěrná zeď: mostní opěra Gongyi, Zhengzhou

Výška 18m, úhel 80º

**Typical Concrete block faced, geogrid-reinforced soil walls and bridge abutments are common practice in construction projects in Korea.
Multi coloured patterns to relieve the monotony of single colour designs are achieved using coloured blocks.**

Typické betonové opěrné zdi vyztužené geomříženi a mostní opěry jsou často realizovanými projekty v Korei. Vícebarevné obrazce z probarvených bloků nahrazují fádní jednobarevné konstrukce.


Project in India
Concrete Panel wall
Betonová panelová zeď

Green Slopes to provide environ-mentally sympathetic structures

Zelené svahy působí sympaticky z hlediska životního prostředí


Projects Panama
Steep Slope Repair Geocell-faced
Rekonstrukce svahu s čelem z geobuněk

Green-faced Steep Slope for new Railway

Strmý násyp se zeleným lícem pro novou železnici

Projects in Canada

Flood-control, Sea-Sky Highway, Vancouver

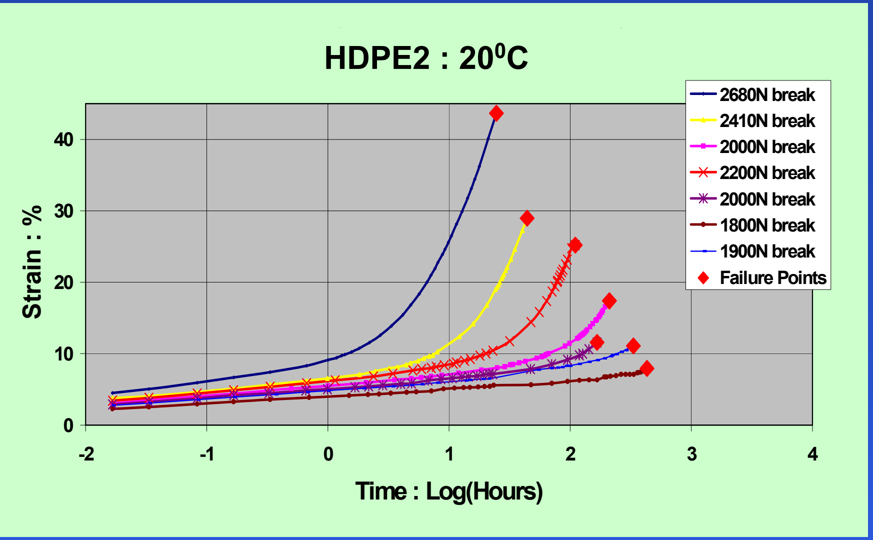
Ochrana před povodní, dálnice Sea-Sky, Vancouver

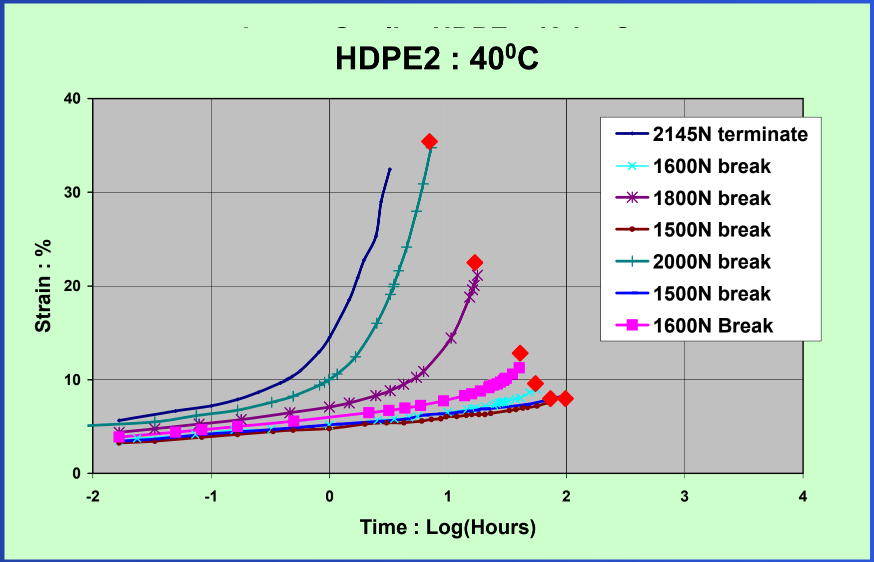

Projects in China
52m-high Tiered Slope slip repair in China
Oprava sesuvu 52m vysokého vrstevnatého svahu v Číně

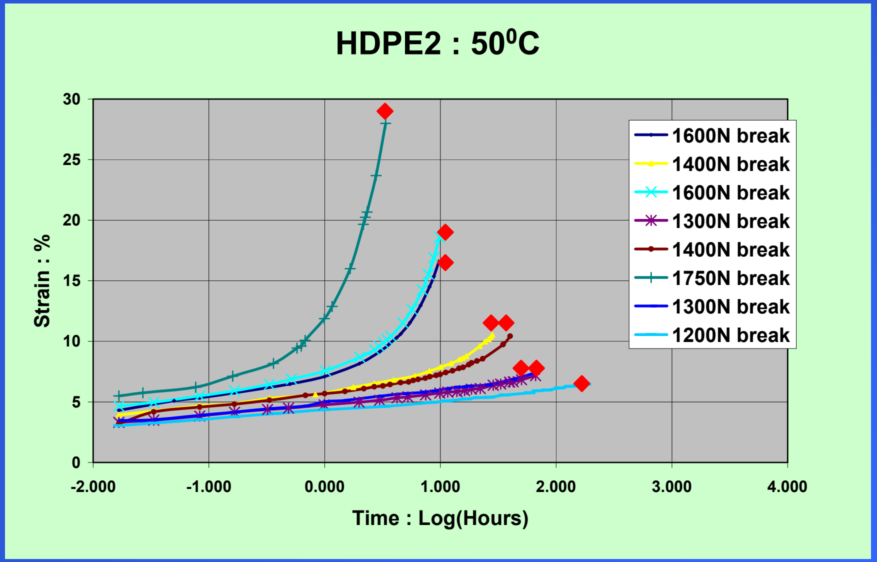
- **Variations between products**
  Rozdíly mezi produkty

Test Data for lower quality samples
obtained from the Asian market
Testovaná data produktů nízké kvality
získaná z asijského trhu

HDPE2: Lower Quality product
HDPE2: produkt s nízkou kvalitou





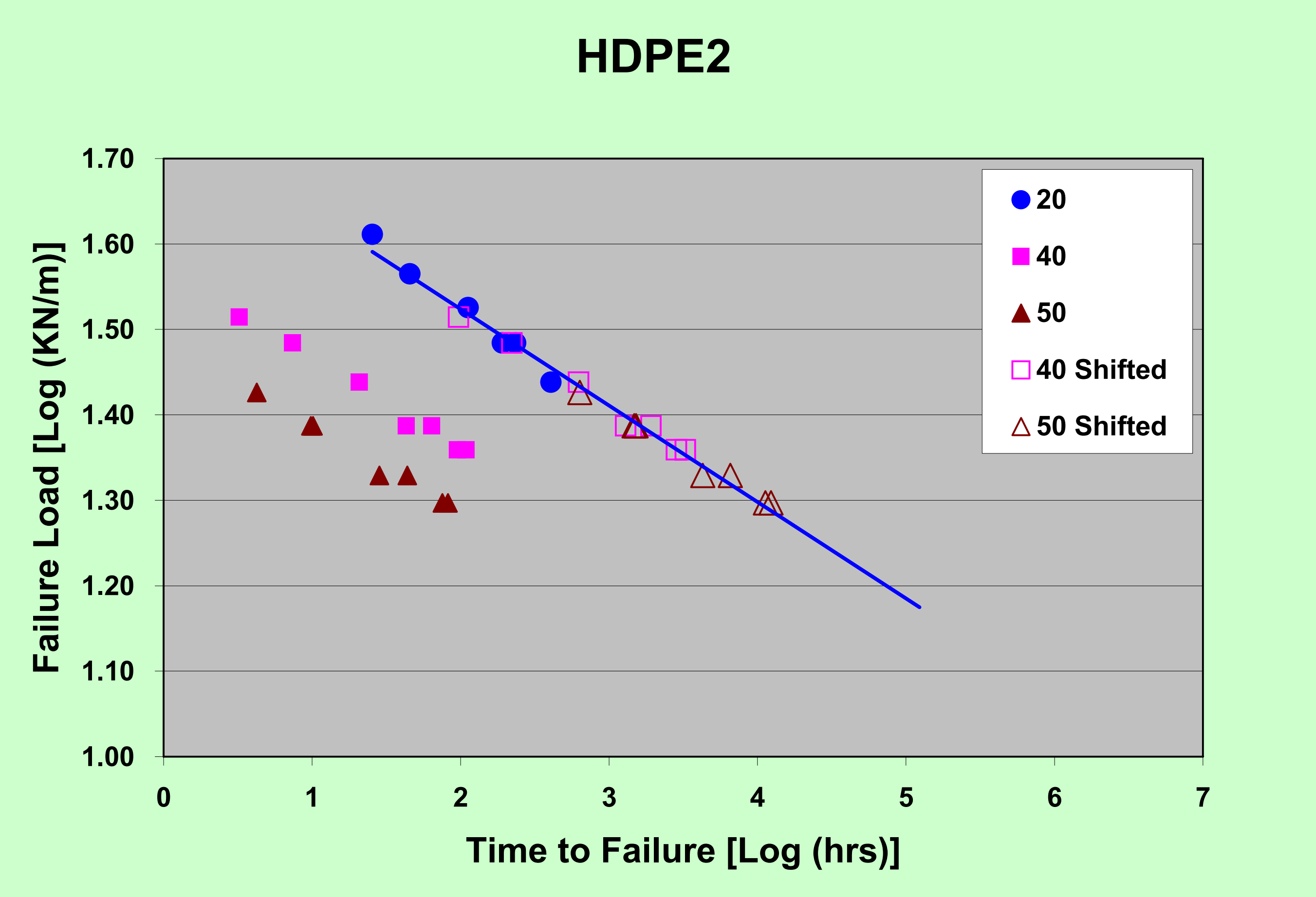


HDPE2: Lower Quality product
HDPE2: produkt nízké kvality

- No Durability data available from manufacturer
  Výrobce neudává žádné údaje o trvanlivosti

- Creep report from manufacturer based on 10% strain and 20^0C testing only.
  Creepové hodnoty od výrobce jsou založeny pouze na 10% prodloužení a testování při 20°C

- Creep testing showed a consistent pattern of failure strain reducing as load reduces
  Creepové zkoušky ukázaly zřetelný trend klesání prodloužení při porušení spolu s klesajícím zatížením

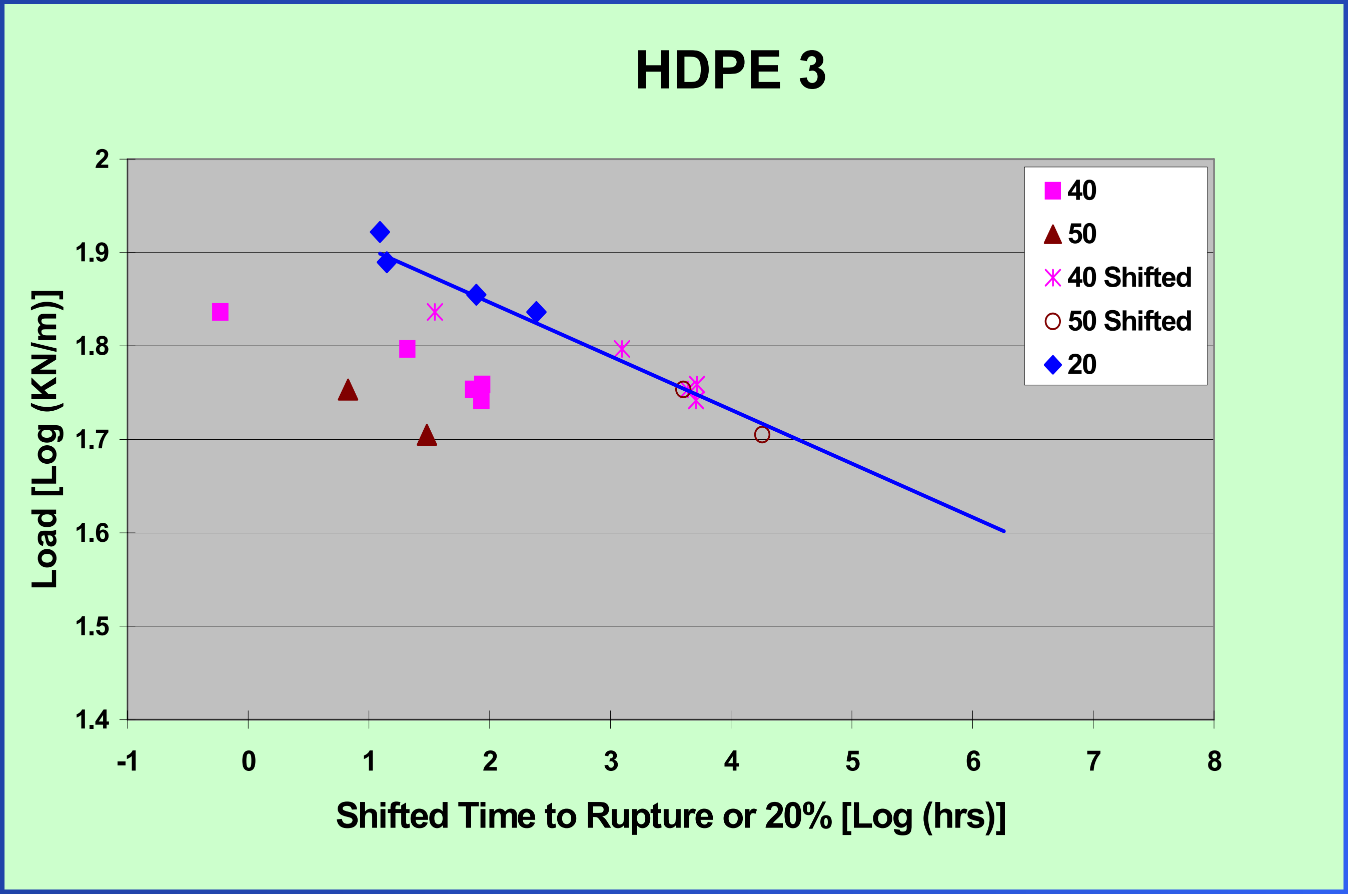


HDPE2:

- Prediction based on time-to-failure shows a very low Long Term Creep Strength
  Predikce založená na čase k porušení ukazuje velmi nízkou dlouhodobou creepovou pevnost

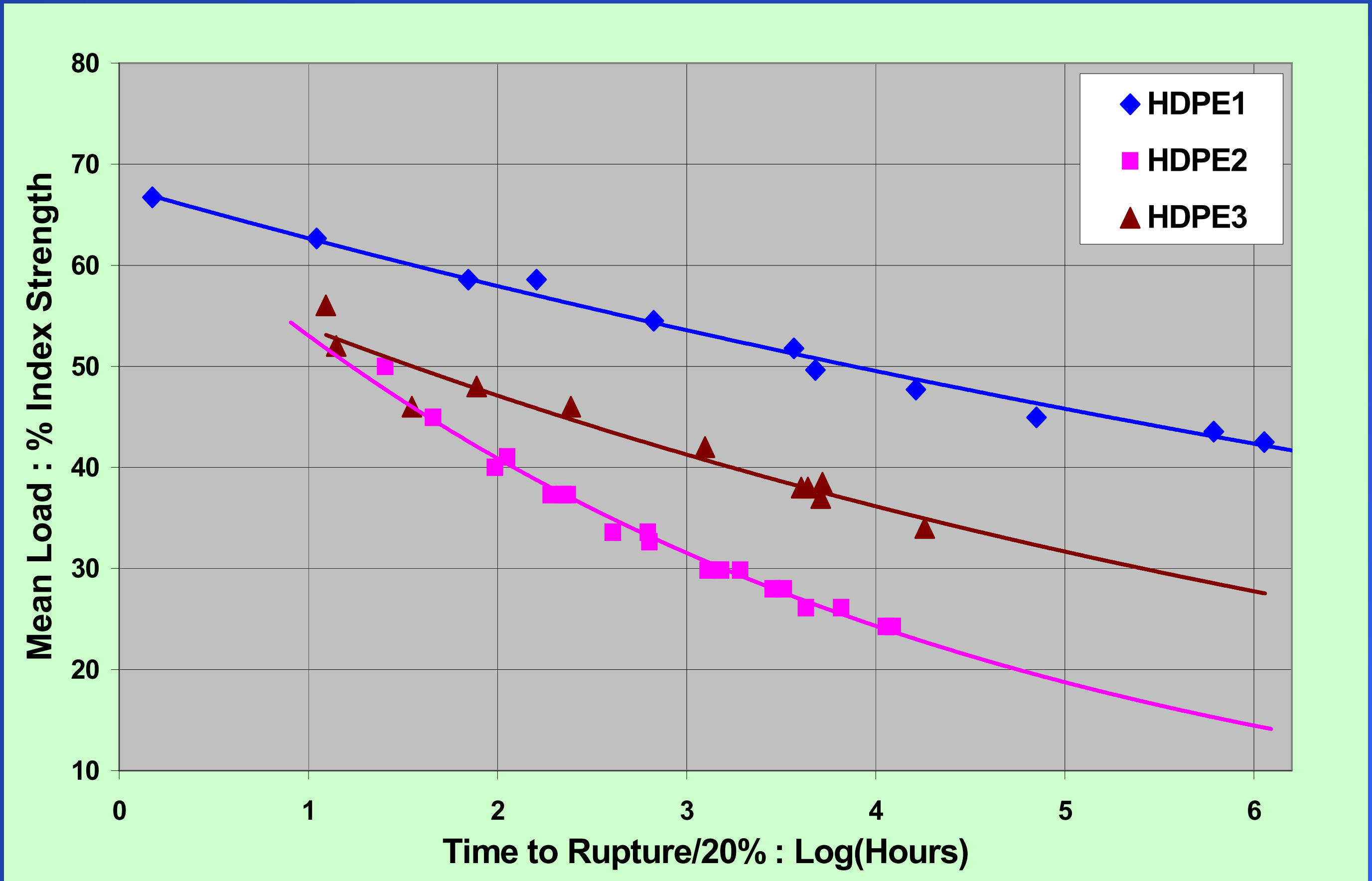
- Manufacturer's prediction based on time to 10% strain suggested a Long Term Creep Strength that was 50% higher

Predikce výrobce založená na čase k 10% prodloužení doporučuje dlouhodobou creepovou pevnost o 50% vyšší



HDPE3:

- Another lower quality Product
  Jiný produkt nízké kvality
- No Creep or Durability data available from manufacturer
  Žádné údaje výrobce o trvanlivosti či creepu nebyly k dispozici



Plotting together the 3 products tested shows that Long Term Creep Strength may vary by a factor of 3x depending on the quality of the product

Sestavení grafu pro 3 zkoušené produkty ukazuje, že dlouhodobá creepová pevnost se může lišit až trojnásobně v závislosti na kvalitě produktu

Content of Presentation:
Obsah prezentace:

- Creep Test Method
  Způsob zkoušení creepu
- Analysis to give Creep Strength
  Analýza k získání creepové pevnosti
- Testing to determine RFD & RFID
  Zkoušky k určení RFD & RFID
- Project examples
  Příklady projektů
- Variations between products
  Rozdíly mezi produkty

Conclusions:
Závěry:

- Sufficient testing to fully understand the long term strain and rupture performance of a product is needed to determine its LTCS.
  Pro určení dlouhodobé creepové pevnosti (LTCS) produktu je nezbytné provést úspěšné zkoušky jeho dlouhodobého prodloužení a chování při porušení

Conclusions:
Závěry:

- Appropriate factors for Durability and Installation Damage must be determined by testing.
  Také je třeba zkoušením určit patřičné faktory trvanlivosti a poškození při instalaci.

Conclusions:
Závěry:

- If the information needed is available a safe Design Strength for a product can be determined and used.
  Teprve jsou-li k dispozici potřebné informace, lze určit a použít bezpečnou návrhovou pevnost produktu