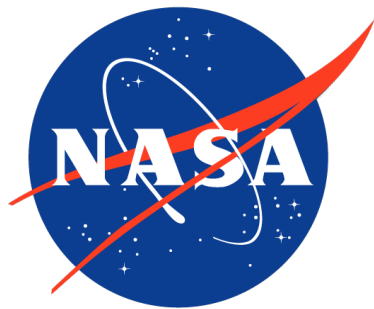


Bituumen

Karli Kontson

Raketiteadus?

NASA/TM-2000-210123
ARL-TR-2206



Determining a Prony Series for a Viscoelastic Material From Time Varying Strain Data

*Tzikang Chen
U.S. Army Research Laboratory
Vehicle Technology Directorate
Langley Research Center, Hampton, Virginia*

Mis muudab bituumeni keeruliseks?

- Sisaldab hinnanguliselt sadu tuhandeid kuni 1 000 000 erineva ülesehitusega molekuli (süsivesinikud) – sõltub päritolust ja rafineerimisprotsessist

- Igal molekulil on oma mõju toimivusele

- Nn SARA fraktsioonid:

- Küllastunud ühendid (Saturates)

- Viskoossus

- Aromaatset ühendid

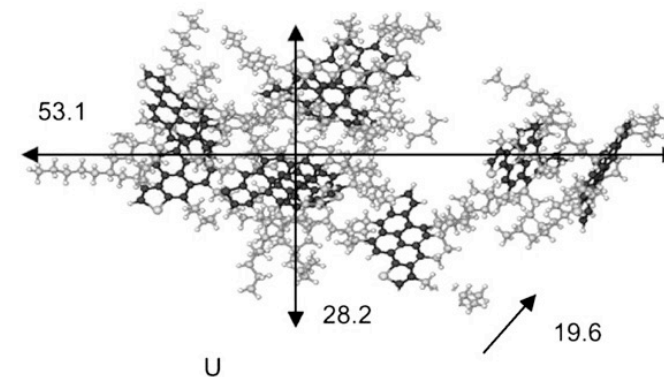
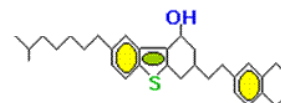
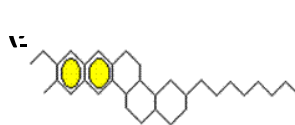
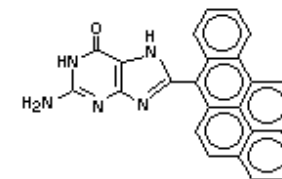
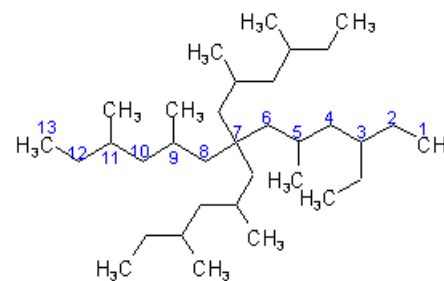
- Viskoossus

- Vaigud (Resins)

- Elastsus, stabiilsus

- Asfalteenid (Asphaltenes)

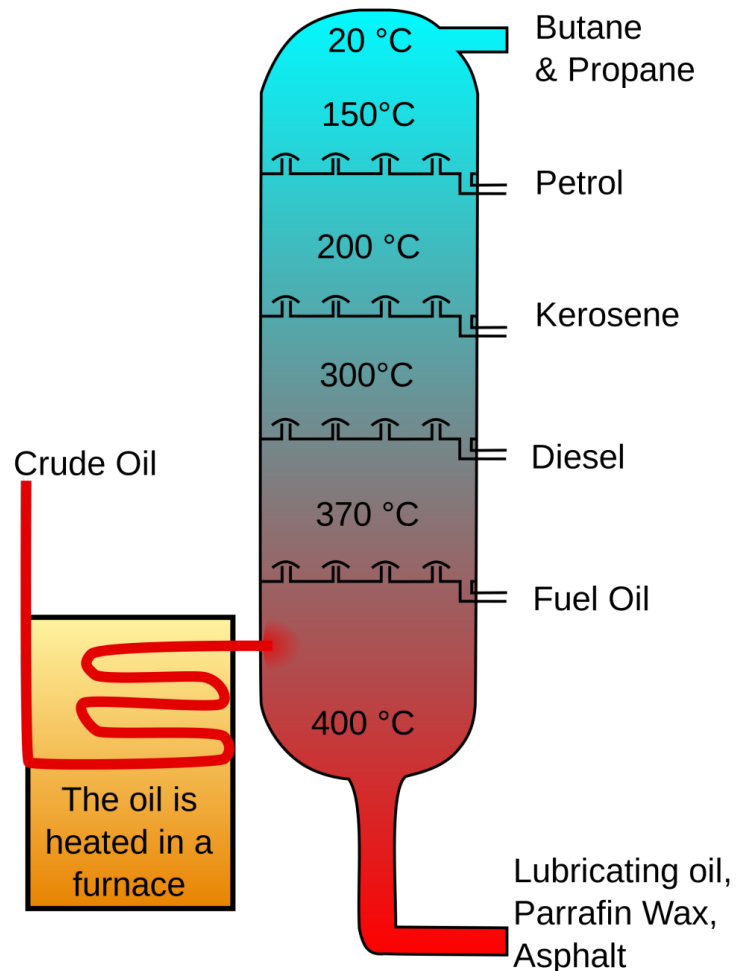
- Elastsus, jäikus



Bituumeni tootmine

- Maailmas on **ca 1300-1500** erinevat nafta leiukohta
- **10%** sobivad bituumeni tootmiseks
- Keskmise bituumeni fraktsiooni saagikus **2-4%**
- Sõltuvalt päritolust võib bituumeni fraktsiooni saagikus olla väga erinev, näiteks:
 - 0% (nt Nigerian Light 1%);
 - 60% (Venezuela Boscan 58%).

Bituumeni tootmine



1. Toornafta kuumutatakse u 350 kraadini ning pumbatakse destillatsioonitorni
2. Erinevatel torni kõrgustel korjatakse ära erineva keemistemperatuuriga tooted (gaas, kütused, õlid)
3. II etapina tekitatakse destillatsioonitorni vaakum, et veelgi rohkem kõrgema marginaaliga tooteid kätte saada
4. Lõpuks jääb torni põhja ammendunud jääk – **bituumen** (*straight-run*), mida võidakse sealjuures veelgi edasi töödelda – lahustid, gaas, puhumine, oksüdeerumine segamine, õlidega (nn gudrooniga) jne
5. „Kui kvaliteet ei meeldi, siis ostame coker-i“ – selle protsessi tulemusena jääb alles koks, kuid tehnoloogia kallis, suurusjärg 1 mld EUR

Odav lõhe?



Sünteetiline astaksantiin!

3 korda odavam kui looduslik (2000-5000 vs 7000-15000 EUR/kg);

Väidetavalt kuni 6 korda loodussõbralikum (kasvuhoonegaasid);

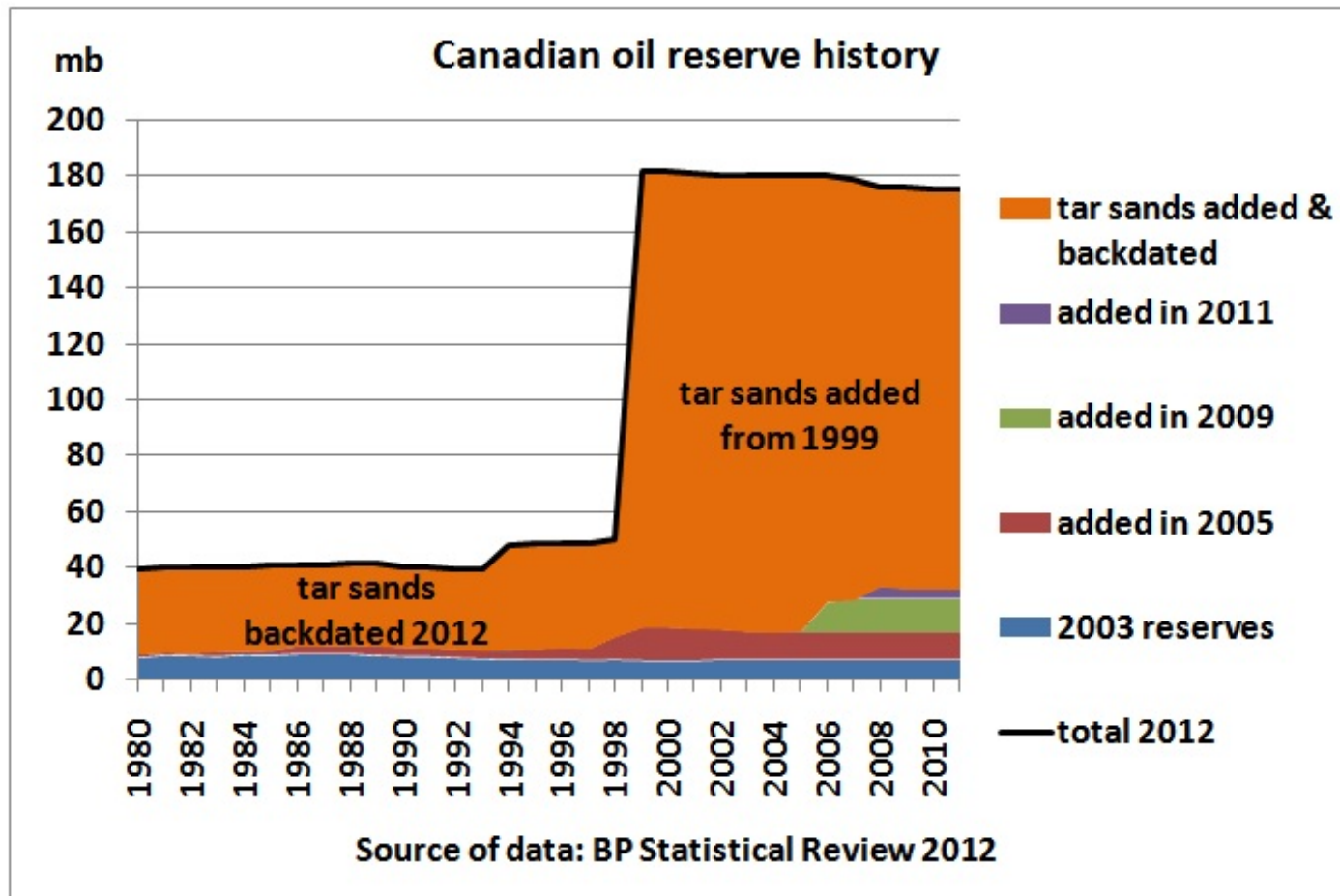
Uuringute järelendus → ca **2€/kg** kõrgem kala hind.



Kauaks naftat veel on?

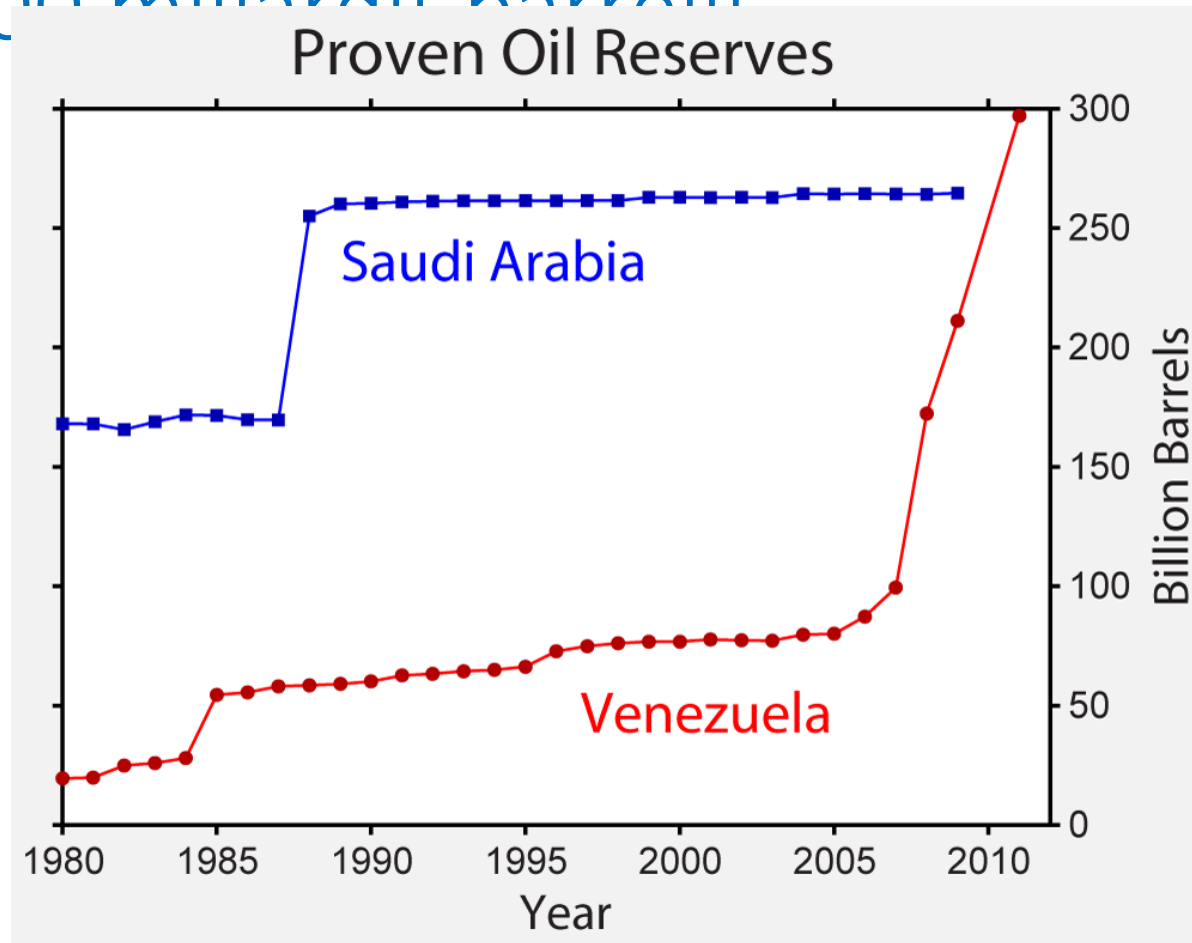
- Viimase 35 a on maailma naftavarud rohkem kui **kahekordistunud**: iga kasutatud barreli kohta on leitud rohkem kui kahe uue barreli jagu naftat
- 2016. a lõpu seisuga jagub naftat **50 aastaks** (reservid, mis võetakse kasutusele 90% tõenäosusega, 2016. a tootmismahud)
 - Venetsueela – **341 aastat**
 - Kanada – **105 aastat**
 - Ameerika – 10 aastat? (kildagaas, kildanafta)
 - SRÜ – 28 aastat
- **Arvestamata taastuvenergia ja elektriautode mõju tulevikus!**
 - <https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/energy-outlook-2017/bp-energy-outlook-2017.pdf>
 - <https://www.bp.com/content/dam/bp/en/corporate/pdf/energy-economics/statistical-review-2017/bp-statistical-review-of-world-energy-2017-full-report.pdf>
- Naftat, mida on tehnoloogiliselt võimalik välja pumbata, on hinnanguliselt kokku ca **2,6 triljonit barrelit**
 - Aastaks 2035 tarbitakse kumulatiivselt 27% sellest ja
 - Aastaks 2050 tarbitakse kumulatiivselt 50% sellest

Naftareservide muutus Kanada näitel 50 -> 180 miljardit barrelit



Naftareservide muutus Venetsueela näitel

75 -> 300 miljardit barrelit



Bituumeni nõuete kujunemine läbi ajaloo

- Bituumeni sitkuse kontrollimine närimisega
 - nt TLA - *Trinidad Lake Asphalt, Gilsonite*
- Penetratsioonil põhinev klassifitseerimine (**1888. a**)
 - Duktiilsus/venivus 1903
 - Pehmenemistäpp R&B-meetodil (1915. a)
 - Fraass-i murdumistäpp (1937. a) (pragunemise ennustusvõime <50%)
- 1950-1960 leiti USA-s, et penetratsioonil põhinev klassifitseerimine on oma aja ära elanud -> AR viskoosusklassid (AR – Aged Residue)
 - Esmakordselt rakendati põhimõtet, et katsetada tuleb laboris oksüdeeritud/vanandatud bituumenit
 - Thin Film Oven Test (TFOT) ja [Rolling Thin Film Oven Test \(RTFOT\)](#)
- 1987-1992 SHRP programm
 - 1970 naftakriiside tulemusena bituumeni kvaliteet varieerus (**pikaajaline vastupidavus**) – empiirilised meetodid ei sobinud enam
 - Toimivuspõhised nõuded bituumenitele (PG-klassifikatsioon)
 - Modifitseeritud bituumenite „täpsem“ hindamine – mis osutus valeks

Bituumeni nõuete kujunemine

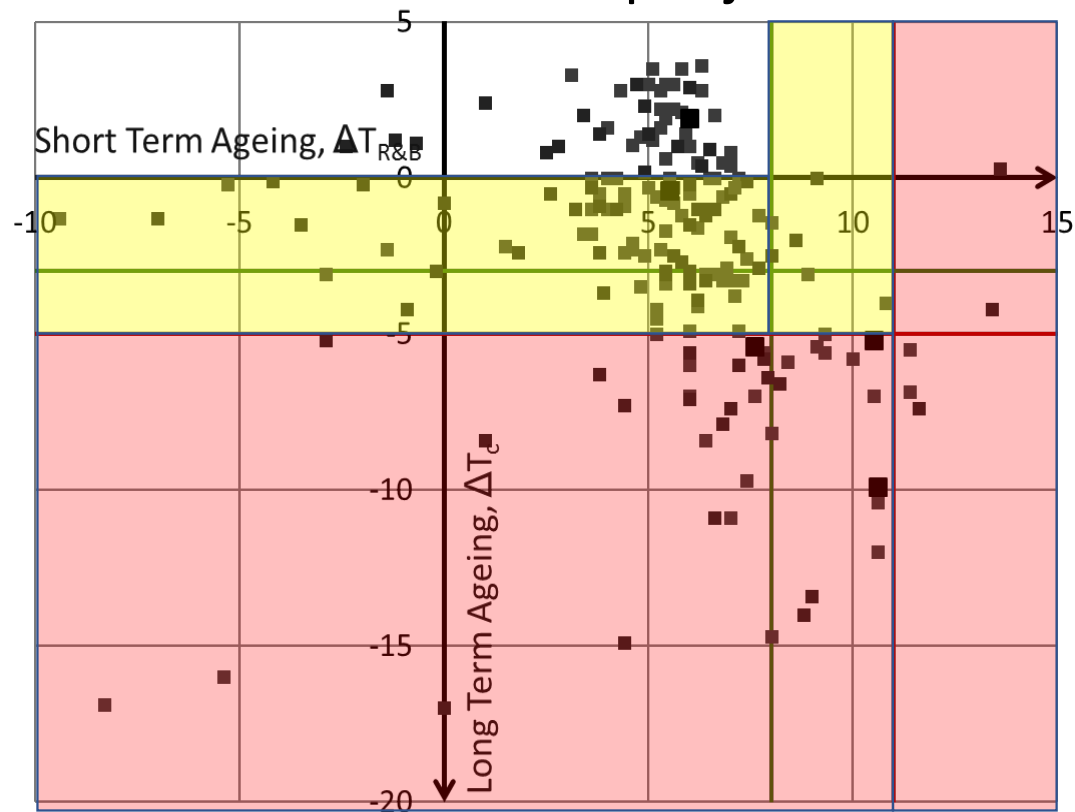
- 2010+ a. PG klassifikatsiooni täiendamine
 - Seniste meetodikate kitsaskohtade likvideerimine ja uute teadmiste rakendamine
 - Väsimuskindlus (väsimuspragude ennustusvõime **25%** -> 95%)
 - Omadused madalal temperatuuril (pragude ennustusvõime **75%** -> **90%**)
 - Pikaajaline vananemine (**5-8 aastat** -> **20+ aastat**)
- 2017+
 - Kattest välja ekstraheeritud bituumenite katsetamine (taaskasutamise tõttu)
 - Rootsi?
 - Taani?
 - Kanada, Ontario?
- Euroopa? – 2018-2019 rakendub uus naftabituumenite tootestandard EN 12591, mille sisu ei ole tegelikult muutunud.
 - Bituumeni tootjatel kohustus katsetada ja informeerida bituumeni PG-klassid (aegunud katsemeetodite põhjal)?

Bituumeni vastupidavus

- Bituumeni vastupidavuseks loetakse bituumeni võimet hoida oma omadusi ajas muutumatuna
- Bituumeni omaduste muutumist kutsuvad esile:
 - Kergemate ühendite lendumine (RTFOT-katse, massikadu, jääkpenetratsioon, pehmenemistäpi tõus)
 - Toimub peamiselt asfaldi tootmise käigus
 - Oksüdeerumine (Euroopas kontrollitakse lühiajalist vananemist)
 - Pöörduv vananemine (Euroopas sellele tähelepanu ei pöörata!)
 - Pea 100 aastat vana teadmine
 - Toimub nii toatemperatuuril kui ka madalatel temperatuuridel seistes – bituumenis sisalduvad molekulid otsivad jätkuvalt sobivaimat asendit teineteise suhtes (mahukahanemine 0,1%). **Parafiinsete molekulide kristalliseerumine!**
 - **Eestis kasutatavatel bituumenitel märkimisväärsed erinevused!**
 - Eksudatiivne vananemine (Euroopas sellele tähelepanu ei pöörata!)
 - Parafiinsed ühendid „ronivad“ bituumenist välja täitematerjali ning bituumeni vahele (nakkeprobleemid, niiskuskahjustused)
 - Bituumen muutub elastseks/rabedaks

Pikaajaline vastupidavus (10+ aastat)

- Euroopas saadaolevate bituumenite põhjal



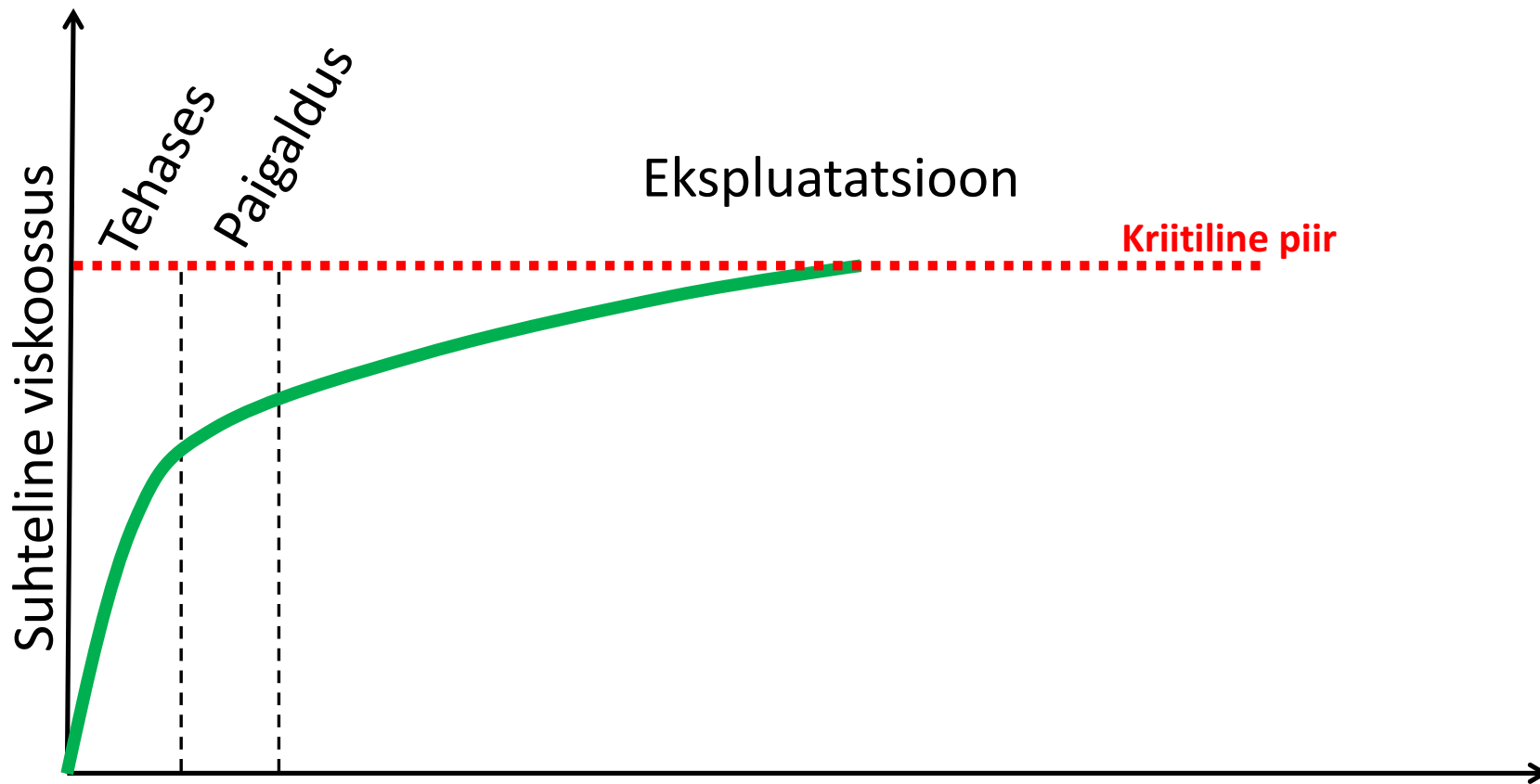
Kokkuvõte

- Kuigi bituumen on keeruline ehitusmaterjal, ei ole tegemist raketiteadusega
 - UUED võimalused omaduste hindamiseks ja klassifitseerimiseks, mis võimaldavad häid bituumeneid teistest eristada (EL-is kehtiv raamistik täna seda ei võimalda)
- Bituumenite omadused/“kvaliteet” on ajas muutunud?
 - Samas on muutunud ka meie ootused bituumenitele
 - Teljekoormused ja liiklussagedused
- Bituumen ei ole tootja jaoks üldiselt kõrge prioriteetsusega toode
 - Bituumentootjate poolt surve hakata kasutama lisandeid
- Bituumenit jagub meile veel pikaks ajaks
 - Eriti suured varud bituumenirikkaid raskeid naftasid (Kanada, Venetsueela).
 - Parima kvaliteediga bituumenit saabki üldiselt rasketest naftadest (Kanada, Venetsueela)
- Euroopas täna kehtivad nõuded vajavad kaasajastamist!
 - Eelkõige on probleeme madala temperatuuri toimivusega ning vastupidavusega (pikaajaline vastupidavus)

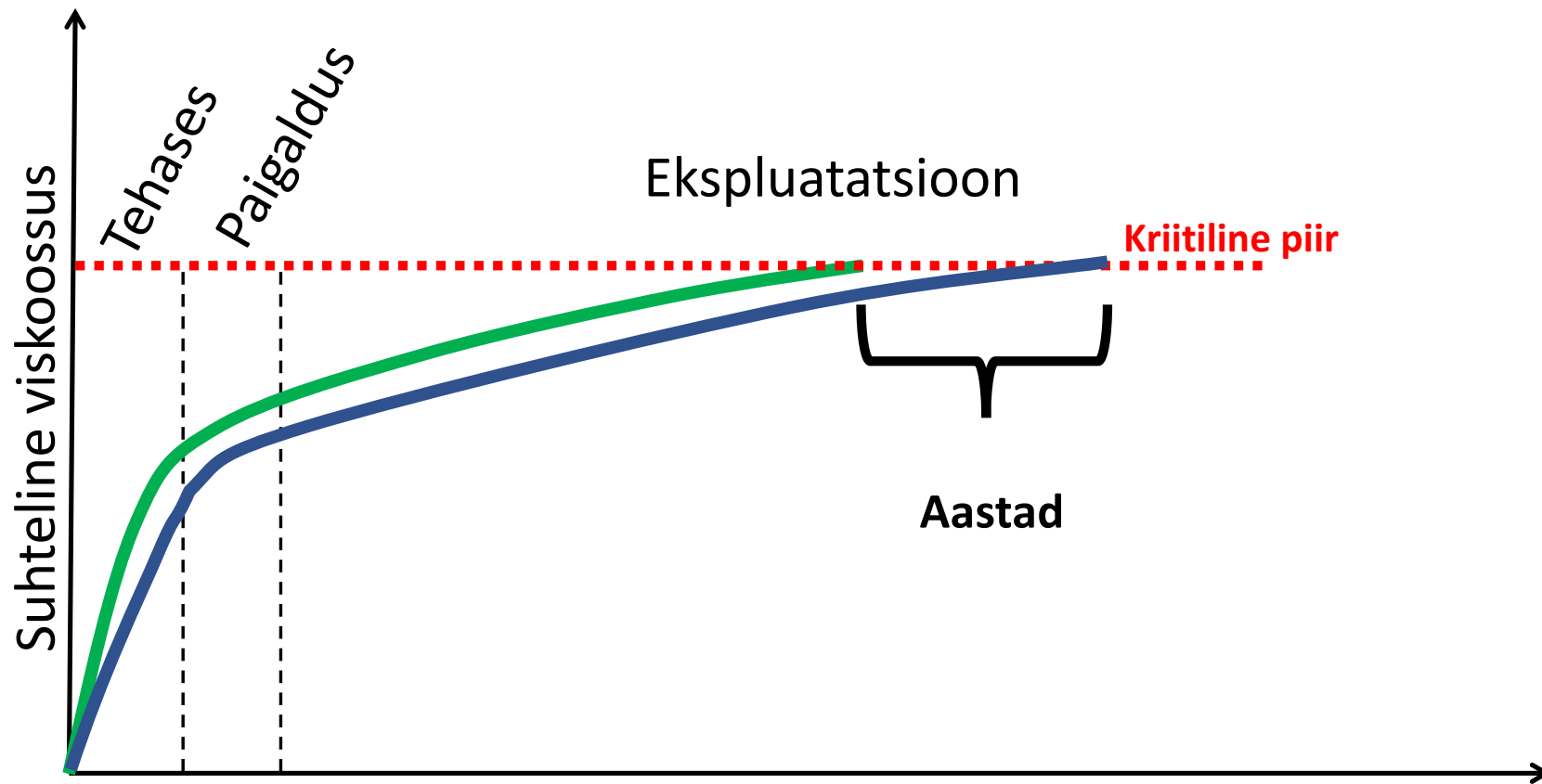
Ettepanekud

- Tootmistemperatuuride vähendamine - mitte ainult CO₂ mured:
 - Bituumeni vahustamine
 - Segamisjärjestuse muutmine (nt KGO-meetod)
 - Lisandid/töödeldavusparandajad?
 - Pindaktiivsed lisandid
 - Parafiinsetel vahadel põhinevad lisandid (negatiivne mõju bituumenile miinuskraadidel)
 - Asfaltsegude tootmine bituumenemulsioonidega (EN 13108-31)

Ettepanekud



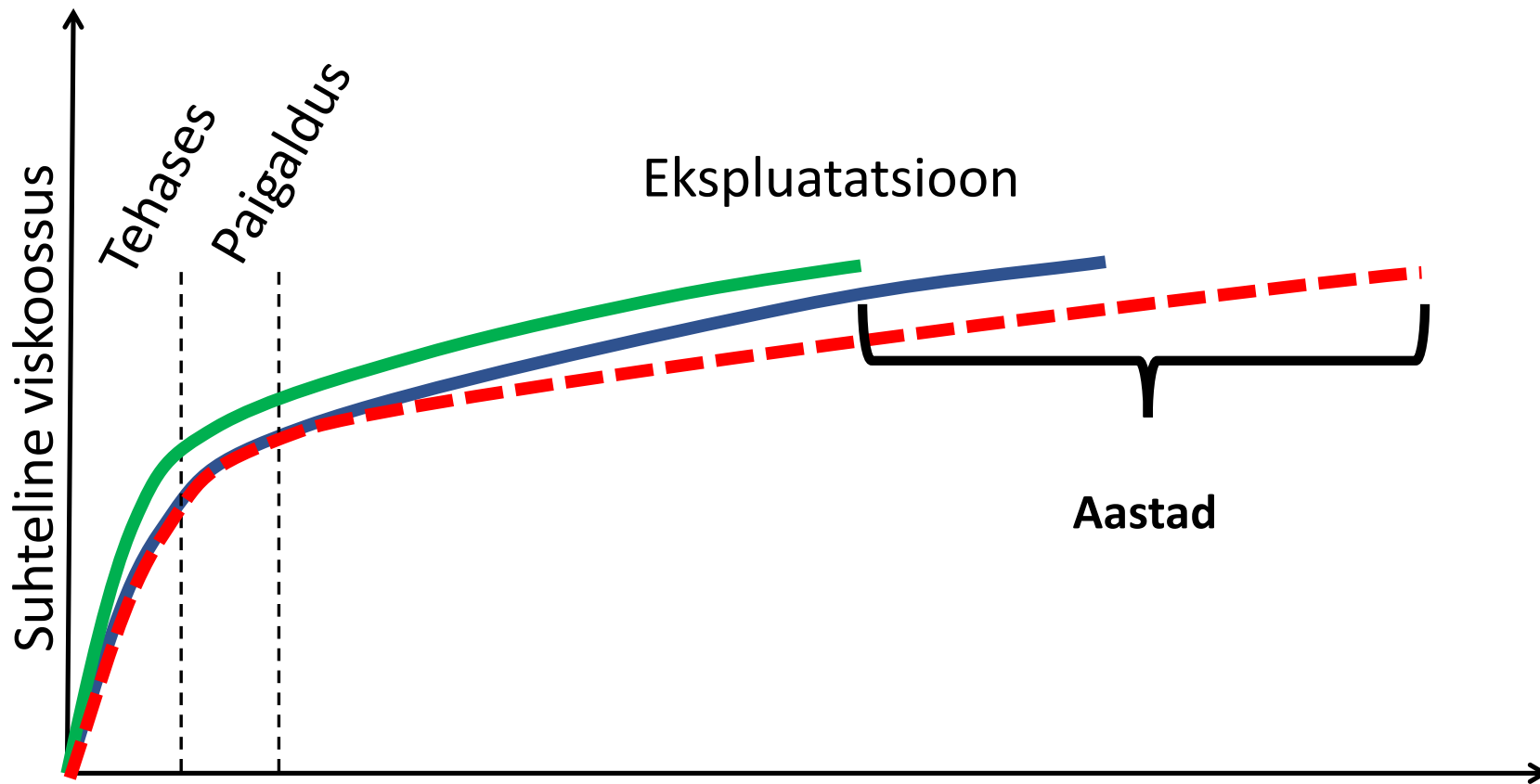
Ettepanekud



Ettepanekud

- Lisandid – iga lisand ei taga tulemust
 - Plastomeerid tõstavad jäikust, kuid mõjutavad negatiivselt bituumeni võimet leevendada pragude teket
 - Happega modifitseeritud bituumenid (mitmemargilised bituumenid)
 - Happega modifitseerimise protsess võib kesta teekattes edasi, mistõttu pikaajaline vastupidavus on tegelikult pärsitud
 - Elastomeerid (SBS)
 - Aitab leevendada bituumeni vananemisest tingitud jäikuse kasvu (polümeeri enda struktuur ajas hävineb, kuid bituumeni viskoosus jäävad sisuliselt konstantseks)
 - Aluselised fillerid – kustutatud lubi, tsement
 - Aeglustavad bituumeni vananemist
 - Ajas muutub bituumen happelisemaks
 - Tõstab segude deformatsioonikindlust (mastiksi pehmenemistäpi tõus)

Ettepanekud



Näide heast bituumenist Eestis (TLL 1993-1995)

COMPOSITE SAMPLE

PHYSICAL PROPERTY	UNIT	METHOD	RESULT
5770 Penetration 25 °C	0.1mm	D5	171
5811 Viscosity 60 °C	Pas	D2171	46
5800 Viscosity 135 °C	V135	D2170	202
3031 Flash point	°C	D93	>250
5850 Loss of weight ThinFilm Oven	wt-%	D1754	<-0.01
5860 Breaking point ThinFilm Oven	°C	DIN52012	-18
5870 Viscosity 60°C Thin-Film Oven	Pas	D2171	112

Material after heating T.F.O.T. :

Loss of weight ASTM D1754 < 1,0 - 0,167

Breaking point,
Fraas DIN 1995 < -15 - 25

Viscosity,
60 °C, Pa sec ASTM D2171 < 350 116

Ductility 25 °C ASTM 113 - 76 > 750 > 1000

Näide heast bituumenist Eestis (TLL 1993-1995)

- Kasutati modifitseerimata 160/220 bituumenit
 - Neste rafineerimistehas
- 20 a vana teekatte sideaine penetratsioon oli vahemikus 100 kuni 130
- Aga bituumen võibki asfaldi tootmise käigus muutuda ühe margiklassi võrra sitkemaks ehk 160/220 -> 100/150
- Ehk pole vananenudki?

Halb näide Eestist (2017 stabiobjekt)

- Lahustuvus toluuenis:
 - Nõue >99%
 - Tulemus 91,98%
 - Labori märkus: „Bituumen sisaldab pruunikat pulbrit“

Suured tänud Tallinna Tehnikakõrgkoolile!



Tänu kuulamast!

karli.kontson@mnt.ee