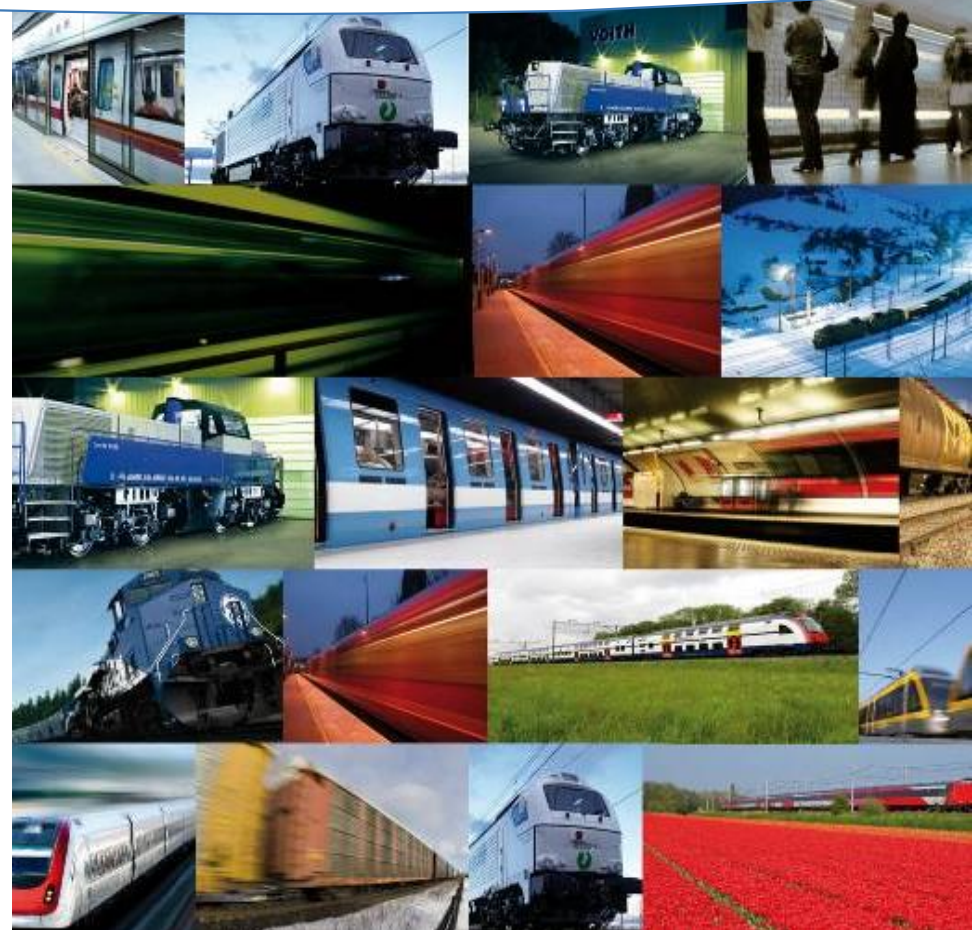


Frictionless Eddy-current Braking - A Potential Technology for Hungarian High-speed Trains

7th ERA Workshop on the Development of the Railway
Safety and Interoperability

Budapest, 02.10.2019

Johannes Gräber, Knorr-Bremse



Energy comparison – a thought experiment

Braking from $v_{\max}$ to zero:



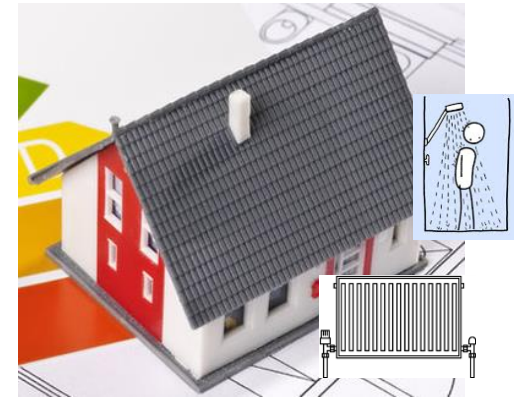
$m = 460 \text{ t}$

$V_{\max} = 330 \text{ km/h}$

→ $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2 = \text{ca. } 2.000.000 \text{ kJ}$

→ $> 500 \text{ kWh}$

Energy consumption for heating and hot water:

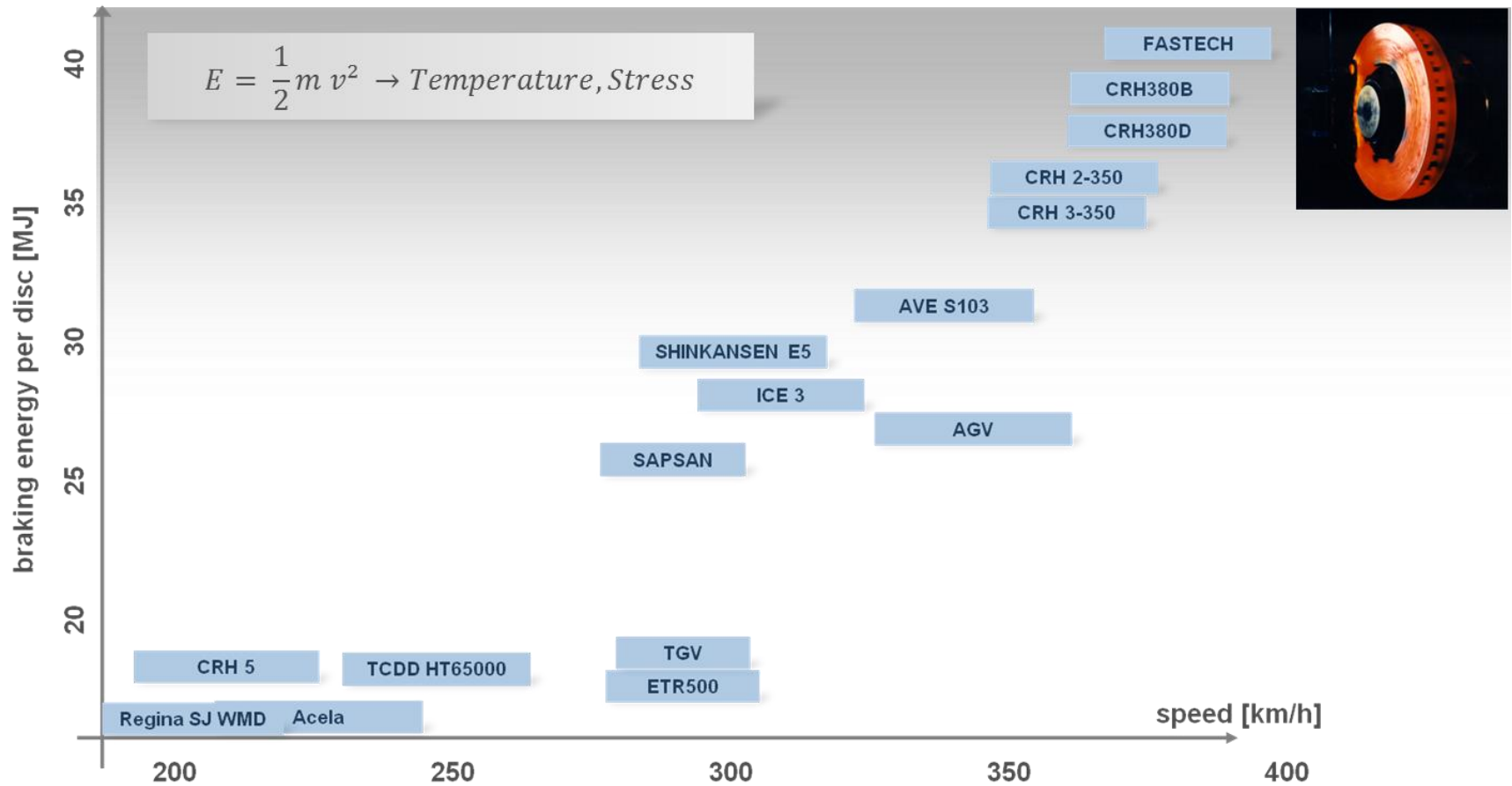


→ $\text{ca. } 25.000 \text{ kWh / year}$

→ $\text{ca. } 70 \text{ kWh / day}$

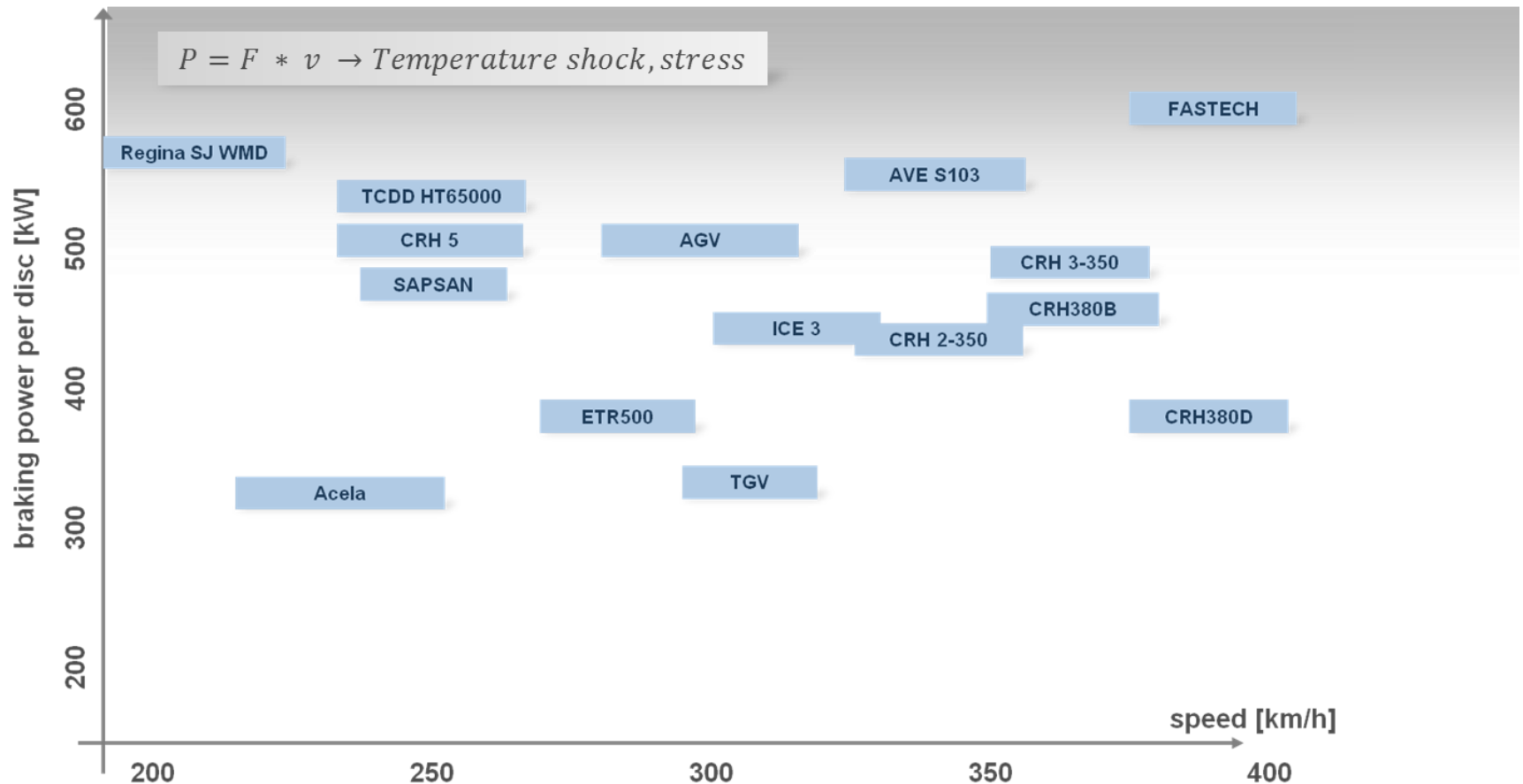
→ One high speed braking is equivalent to one week of home energy consumption!

Kinetic energy of high-speed trains per disc



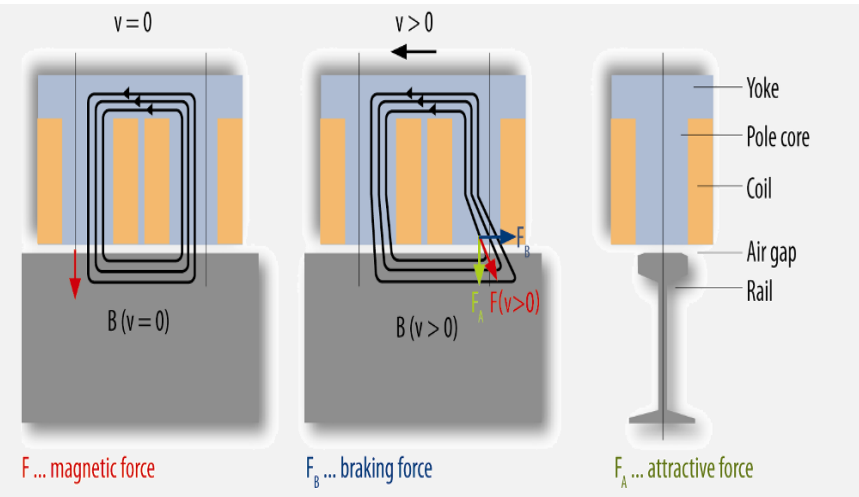
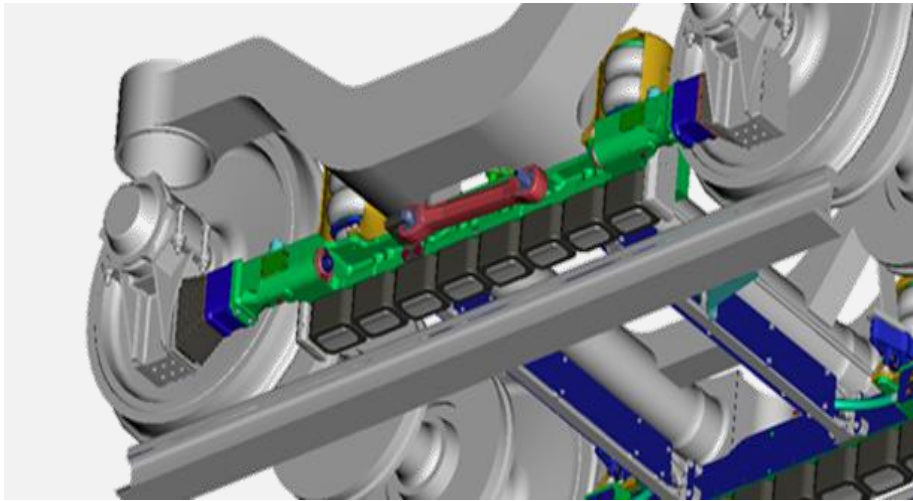
Increasing speed pushes heat input to the limit of conventional technologies

Braking power per disc of high-speed trains



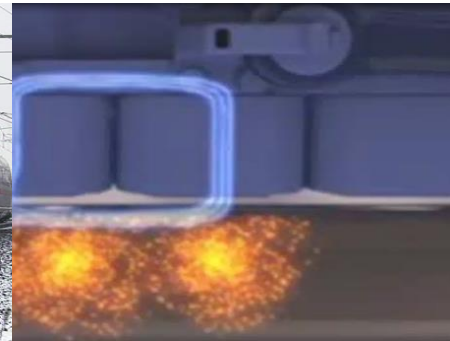
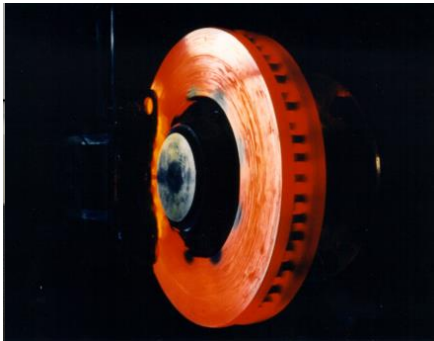
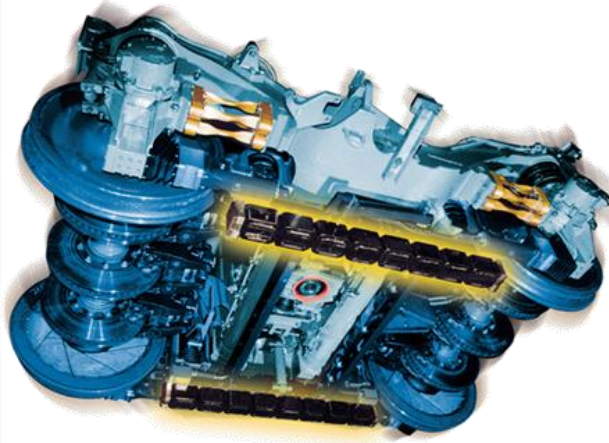
High deceleration rates and high gradients make even low speeds a challenge

The physical principle of the linear eddy current brake allows contactless braking

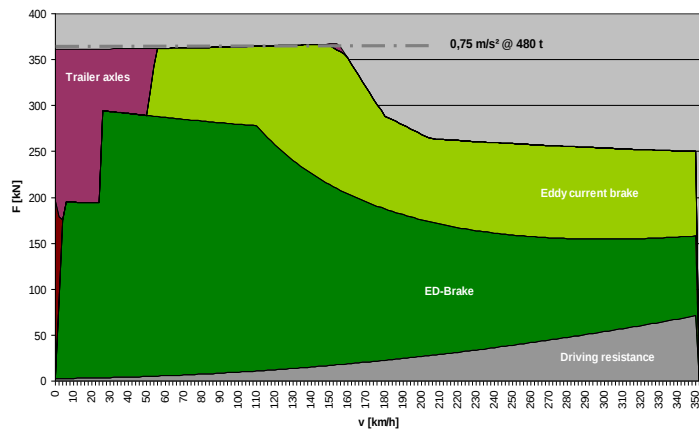


- Alternating N and S pole orientation
- $V = 0$: magnetic force F is oriented vertically
- $V > 0$: moving magnetic field induces eddy currents, the magnetic field lines are „tilted“
- An additional longitudinal component of F is created
- This results in a braking force F_b , increasing with velocity
- This force is purely electro-magnetic and works across an air gap!

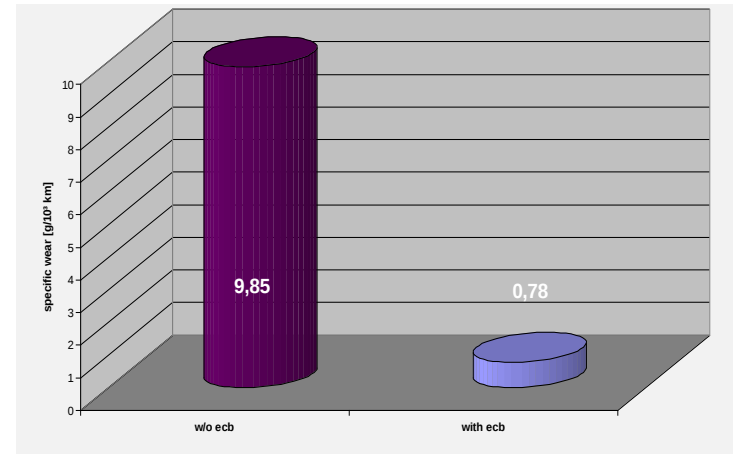
Eddy Current Brake at Work



ECB – Brake Force Allocation and Wear Reduction



- The ECB provides nearly constant deceleration force over a wide speed range
- Together with the electro-dynamic brake, a deceleration of $0,75 \text{ m/s}^2$ can be generated without using the friction brakes at speeds higher than 50 km/h



- Comparison of the wear with and w/o ECB
- Observation interval: 3 month
- ICE3, trailer bogie, $v_{\text{oper}} = 230 \text{ km/h}$

A significant reduction of more than 90% of the pad wear was observed.

ECB is the optimum brake system for HST
Wear-free and efficient at high speeds

ECB serves all current Railway Megatrends

wear-less
friction-less
independent from
noise-less
adhesion

Thank you for your attention!



Johannes Gräber

Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH
RailServices
Head of Modernisation and Approval Strategy (worldwide)

Moosacher Straße 80, D-80809 Munich
Phone: +49 89 3547 180691
Mobile: +49 170 7072762

mailto: Johannes.Graeber@knorr-bremse.com

BACKUP

Surlódásmentes örvényáramú fékezés – egy lehetséges technológia a magyar nagysebességű vonatok számára

7th ERA Workshop

Új fejlemények az európai vasútbiztonságban és átjárhatóságban

Budapest, 02.10.2019

Johannes Gräber, Knorr-Bremse



Energia összehasonlítása – egy gondolkísérlettel

fékezés $v_{\max}$ -ról a megállásig:



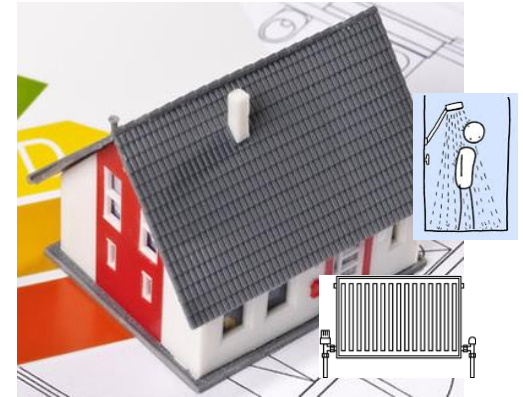
$m = 460 \text{ t}$

$V_{\max} = 330 \text{ km/h}$

→ $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2 = \text{ca. } 2.000.000 \text{ kJ}$

→ $> 500 \text{ kWh}$

Energiafogyasztás fűtés és melegvíz készítés céljából:

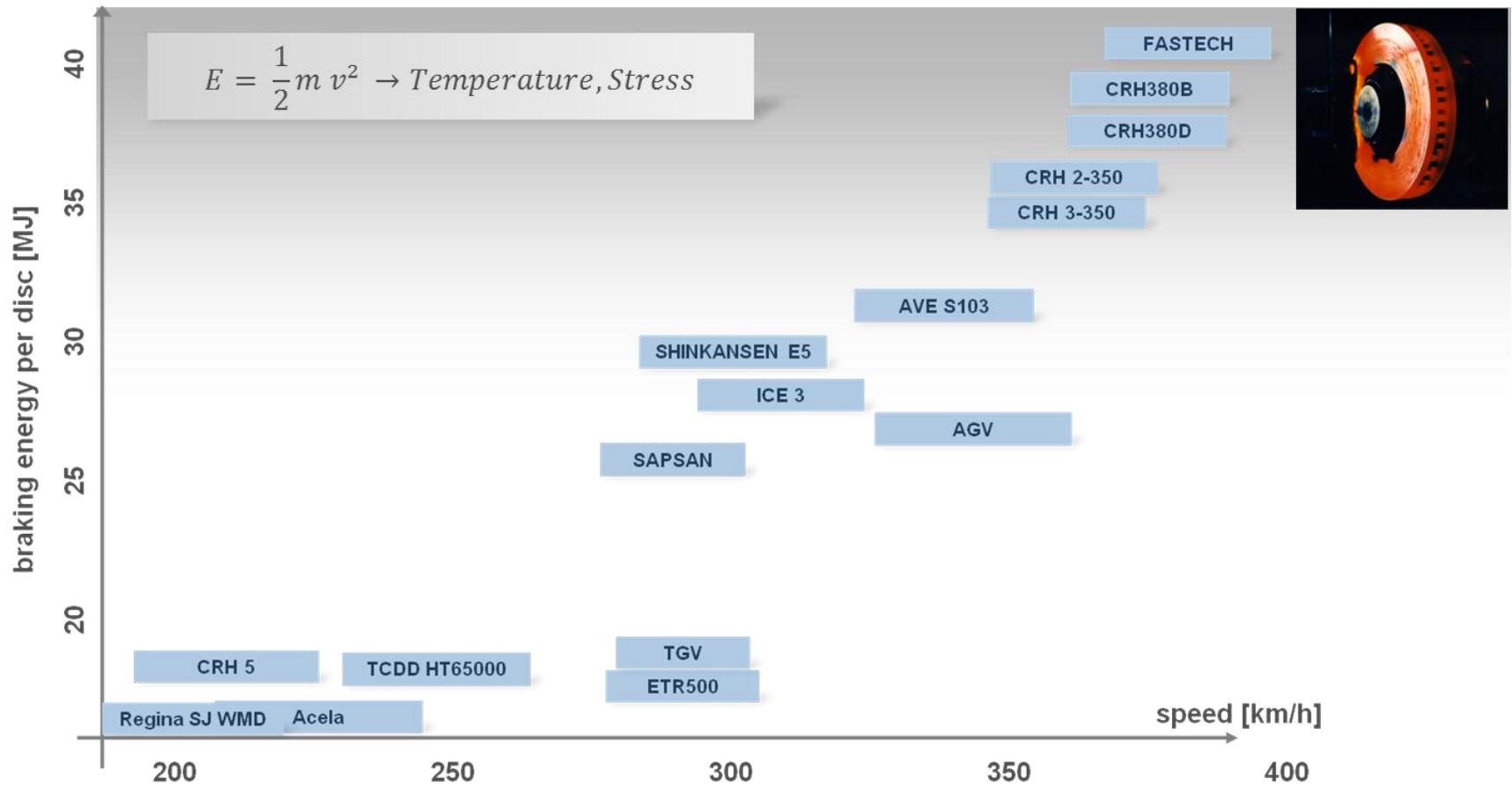


→ kb. 25.000 kWh / év

→ kb. 70 kWh / nap

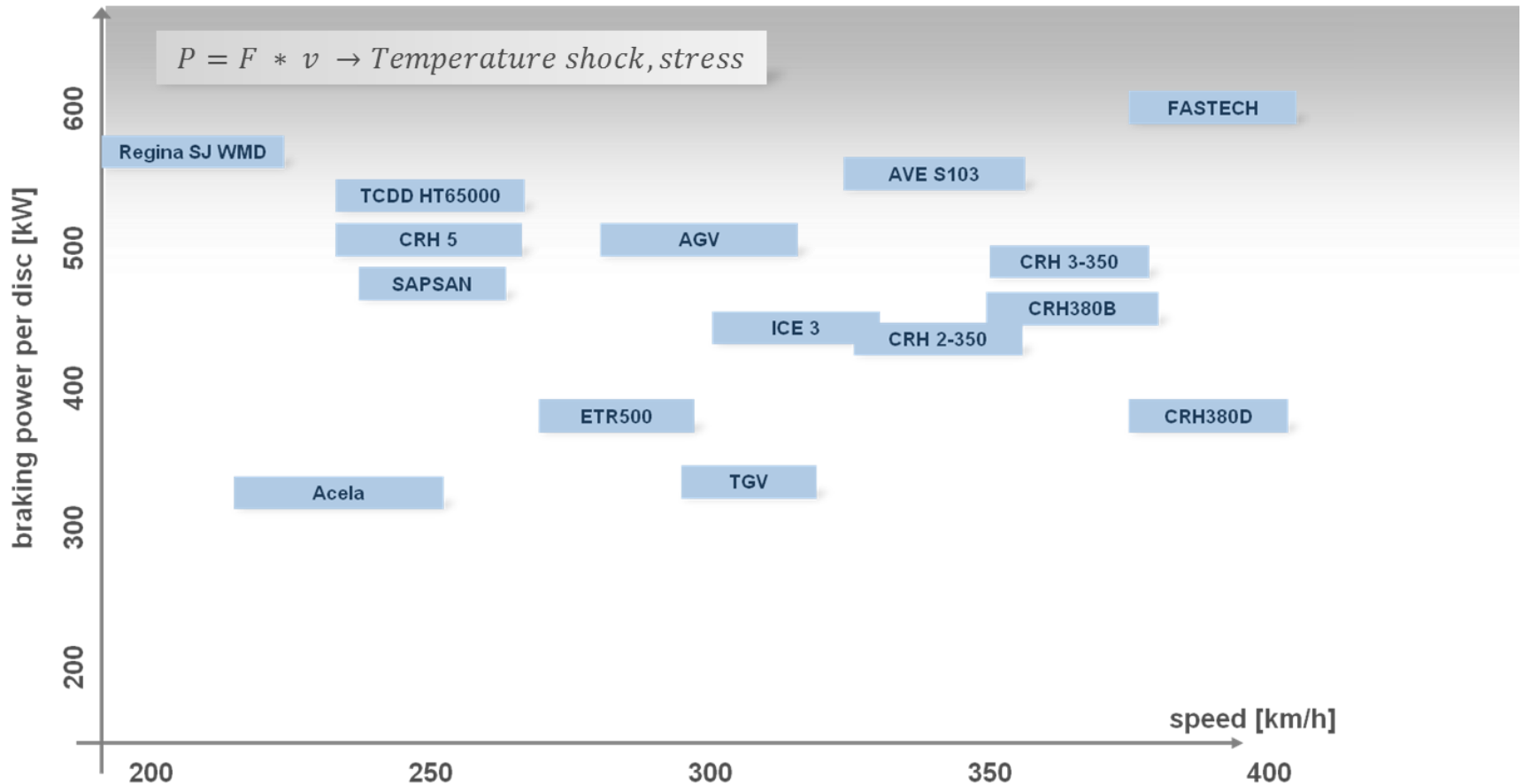
→ Egy nagy sebességű fékezés egyenértékű egy családi ház egy heti energia fogyasztásával

A nagysebességű vonatok mozgási energiája féktárcsánként



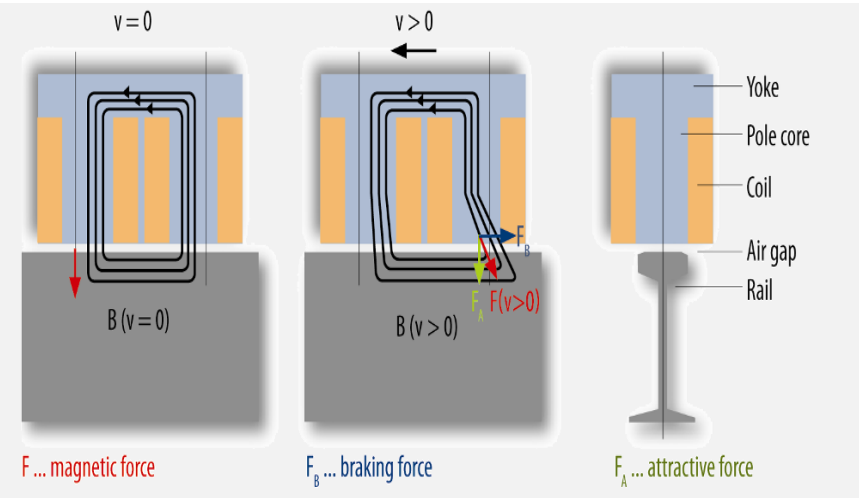
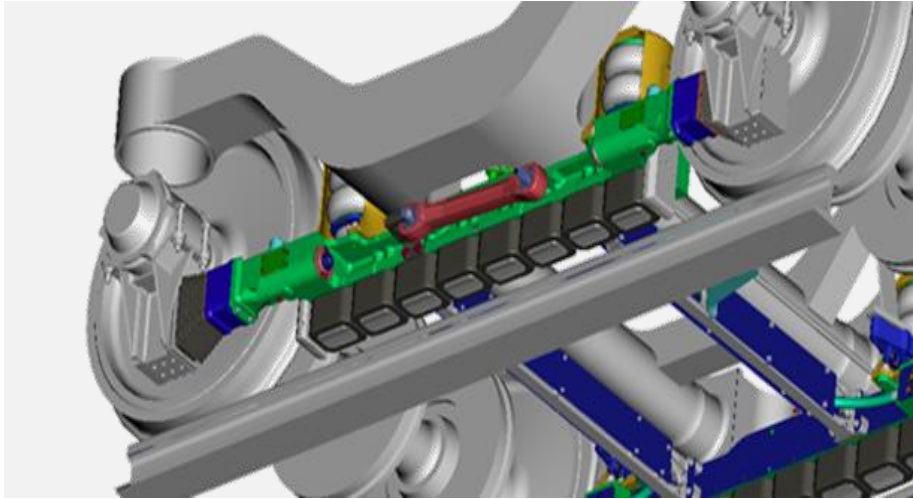
Increasing speed pushes heat input to the limit of conventional technologies

Nagysebességű vonatok fékezési teljesítménye féktárcsánként



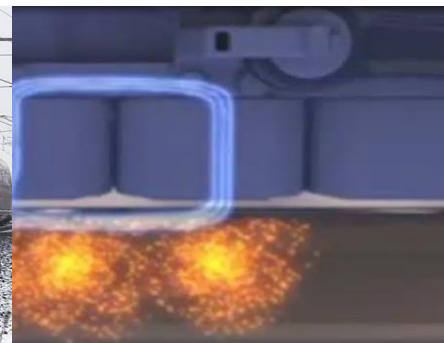
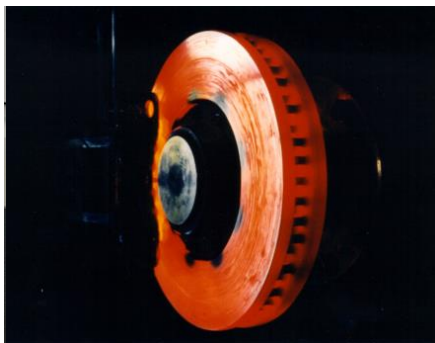
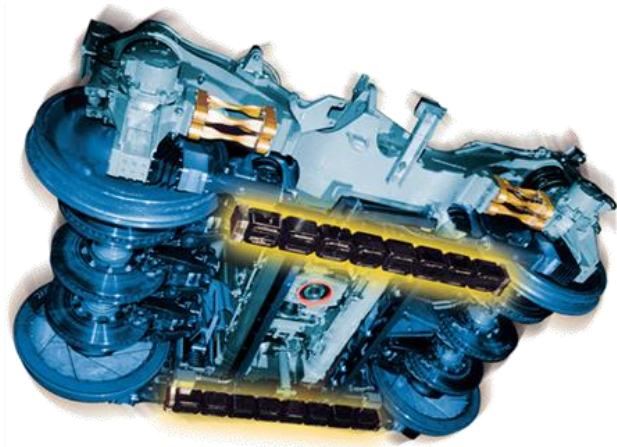
High deceleration rates and high gradients make even low speeds a challenge

A lineáris örvényáramú fék fizikai alapelve lehetővé teszi az érintkezés nélküli fékezést

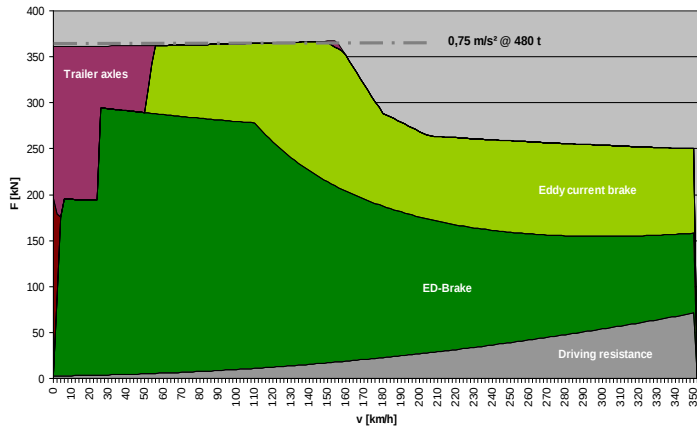


- É és D pólusok váltakozása
- $V = 0$: vízszintes mágneses F erő lép fel
- $V > 0$: a mozgó mágneses mező örvény áramot indukál, a mágneses tér „elhajlik”
- Járulékos hosszirányú F erő keletkezik
- Ez a sebességgel növekvő F_b fékező erőt hoz létre
- Ez az erő tisztán elektro-mágneses és a légréseken keresztül működik!

Az örvényáramú fék (ECB) működés közben



ECB - fékező erő elosztása és a kopás csökkentése

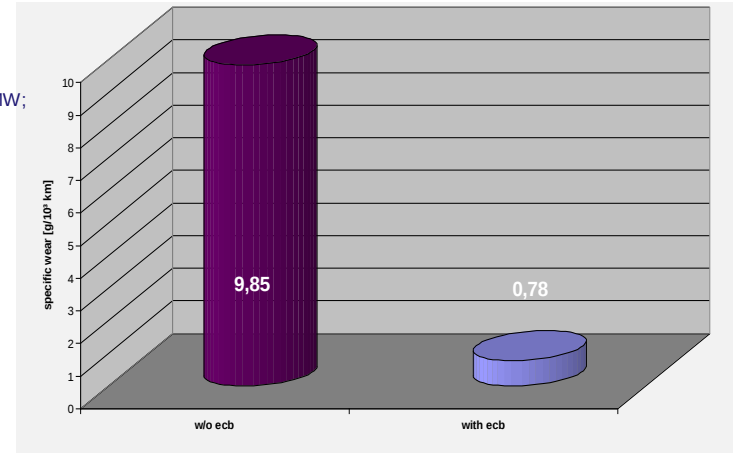


vonat adatai:

480 t, v max 350 kmph,

max. vontatási és villamos fék teljesítmény: 8,8 MW;

4 db motorkocsi, 4 db pótkocsi ECB fékkel



- az ECB széles sebesség tartományban közel állandó lassító erőt biztosít
- A jármű 50 km/h-nál magasabb sebessége esetén a villamos fékkel együtt, a súrlódó fékek használata nélkül $0,75 \text{ m/s}^2$ lassulást tud elérni;

- ECB-vel és ECB nélküli kopás összehasonlítása
- Megfigyelés időtartama: 3 hónap
- ICE3, pótkocsi forgóváz,
 $v_{\text{oper}} = 230 \text{ km/h}$

a fékbetét kopásának jelentős, több mint 90% -os csökkenését figyeltük

ECB – a nagysebességű vonatok fékezésének optimális megoldása
Kopásmentes és nagy sebességen is hatékony

Az ECB a jelenlegi vasúti megatrendeket kiszolgálja

Kopás mentes
sűrűadás mentes
az adhéziótól független
zajmentes

Köszönöm szépen a figyelmüket



Johannes Gräber

Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH
RailServices
Head of Modernisation and Approval Strategy (worldwide)

Moosacher Straße 80, D-80809 Munich
Phone: +49 89 3547 180691
Mobile: +49 170 7072762

mailto: Johannes.Graeber@knorr-bremse.com