Low Speed Pre Ignition en motorolie in moderne benzinemotoren.

Over 'doodgezwegen' kennis en onnodige zuigerschades.

Gerrit Kadijk.

Versie 3.4.

Technisch puzzelen.

Op een internetforum werd gediscussieerd over specificaties van motorolie. Voor de PSA Puretech benzinemotor zou deze in de loop van de tijd zijn aangepast. Nu heeft mijn auto deze 3-cilinder motor en nietsvermoedend begon ik mijn zoektocht naar (gewijzigde) oliespecificaties. Al snel stuitte ik op de termen Low Speed Pre Ignition en zuigerschade; Mijn onderzoek was geboren. In dit artikel wordt Low Speed Pre Ignition (LSPI) beschreven en staan praktische tips om zuigerschades te voorkomen!

Specificaties van motorolie.

Voor de PSA Puretech motor werd in 2018 0W-30 motorolie voorgeschreven en deze moest voldoen aan de PSA-specificatie B71 2312 & 2302 en aan de ACEA C1 norm. Tegenwoordig is dat 5W-30 die voldoet aan de PSA specificatie B71 2290 & 2297 en de ACEA C3 norm. Nu bleken dit niet de enige wijzigingen bij Total; De 5W-30 motorolie voldoet ook aan de Amerikaanse API-SN Plus (SN+) norm; Maar waar staat API SN Plus voor?

API SN Plus motorolie blijkt ontwikkeld om Low Speed Pre Ignition (LSPI) in moderne benzinemotoren te voorkomen. De auto-industrie blijkt LSPI al meer dan 15 jaar intensief te onderzoeken! Wat is er nu precies aan de hand? 'Recente' wetenschappelijke publicaties [1,2] bleken een goudmijn.

Technische vooruitgang gaat niet zonder slag of stoot.

Amerikaanse en Europese motorfabrikanten ontwikkelden van 2005-2010 benzinemotoren met turbo, interkoeler en directe brandstofinjectie. Een vermogen van 100 kW per liter slagvolume werd gebruikelijk; Al snel werden echter fundamentele problemen vastgesteld. Zuigers en zuigerveren werden om onverklaarbare redenen en schijnbaar willekeurig verwoest. Kromme drijfstangen kwamen ook voor. De schades ontstonden vooral bij lagere toerentallen en hogere motorbelastingen. Het hoofdpijndossier, dat de naam Low Speed Pre Ignition kreeg, was geboren en is anno 2026 nog springlevend en…. doodgezwegen!

De (on)bekendheid van LSPI in het werkveld en misvattingen.

Pas in 2019 is LSPI in de Nederlandse vakbladen benoemd maar niet uitgediept. Dat kon ook niet want er waren geen open wetenschappelijke publicaties beschikbaar. Verder houden bijna alle automobielfabrikanten hun kaken stijf op elkaar; Blijkbaar is het een zeer gevoelig dossier. Alleen de leveranciers van motoroliën melden sinds 2018 dat hun olie LSPI sterk reduceert. Pas in 2022 verscheen de eerste open publicatie. Uit een inventarisatie in mei 2026 onder acht revisiebedrijven en vier garagebedrijven bleek dat zuigerschades bij moderne benzinemotoren veel voor komen, soms

zelfs direct na een olieverversing! Het begrip LSPI en de link naar motorolie bleek bij allen echter onbekend.

Wat is Low Speed Pre Ignition (LSPI) en het schadebeeld?

Low Speed Pre Ignition is een ongewenste vroege zelfontbranding in benzinemotoren met directe brandstofinjectie; LSPI start voordat de bougie vonkt en wordt ook wel super-knock genoemd. Het vindt plaats in een relatief klein aantal verbrandingscycli maar dat kan al leiden tot zeer grote motorschades aan zuigers, zuigerveren en drijfstangen. Door de extreem hoge verbrandingsdrukken bezwijken onderdelen, zie figuren 1, 2, 4 en 5.

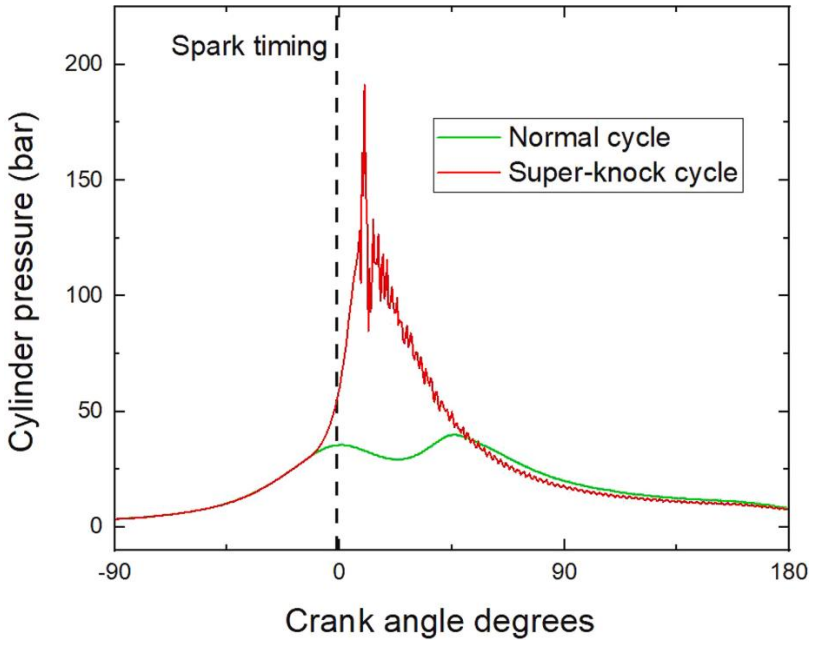


Figuur 1: LSPI zuigerschade BMW 3-cil. 1.5 liter, breuk zuigerveersectie



Figuur 2: LSPI zuigerschade BMW 3-cil. 1.5 liter, afgebroken zuigerkroon

LSPI heeft een willekeurig en onverwacht karakter. Deze ongewenste zelfontbranding start vroeg in de compressieslag en daardoor kan de topdruk in de cilinder tot wel 200 bar oplopen. Normaal gesproken is deze maximaal 60 bar, zie figuur 3. In de meeste verbrandingscycli verloopt de verbranding normaal (groen) maar in een relatief klein aantal cycli loopt de druk te hoog op(rood).



Figuur 3: Groen normale verbrandingsdrukken (tot 60 bar) en rood sterk verhoogde verbrandingsdrukken (tot 200 bar) t.g.v. LSPI, Bron [1].

Hoe is LSPI onderzocht?

Problemen die bij meerdere fabrikanten spelen worden vaak gezamenlijk aangepakt want dat spaart kosten. South West Research Institutie in San Antonio (VS) was in 2010 één van de initiatiefnemers. In dit meerjarige LSPI-project zijn de cilinders van een DI-benzinemotor voorzien van snelle druksensoren. Vervolgens werden van alle verbrandingscycli de drukken per halve krukgraad gemeten; Bij 1800 toeren per minuut van een 4-cilinder motor zijn dat per uur 216 duizend drukdiagrammen en ruim 150 miljoen regels met meetgegevens. Uit de data-analyse bleek dat de cilinderdrukken soms veel te hoog en te vroeg opliepen. Er vond dan vroegtijdige zelfontbranding plaats, zie figuur 3.

Inmiddels is er door de olie-industrie een speciale LSPI-test ontwikkeld. De procedure is in 2019 beschreven in ASTM D8291 en wordt toegepast voor ontwikkeling van motoroliën van benzinemotoren. Een bedrijfswarme 4 cilinder Ford Ecoboost 2.0 liter benzinemotor wordt dan ruim 3 uur getest bij 1750 rpm @ 269 Nm (ongeveer 75% belasting). Er worden dan 175.000 cilinderdrukdiagrammen verzameld en hiervan mag in niet meer dan 8 cycli sprake zijn van zelfontbranding. De test wordt vier maal herhaald; Het toegestane gemiddelde aantal cycli met zelfontbranding is 5 per test.

Wat is de oorzaak van LSPI?

Nu is de vraag waarom deze vroegtijdige ongewenste verbranding optreedt. Normaal start de verbranding aan het einde van de compressieslag nadat de bougie vonkt, maar in geval van LSPI dus veel eerder. Volledige duidelijkheid over de oorzaak van LSPI is er tot op heden niet. Het treedt relatief vaak op bij een koude motor, lagere toerentallen en een hoge motorbelasting. Dan is er sprake van mengselverrijking en condenseert een deel van de ingespoten brandstof op de cilinderwand. Deze vermengt zich met de daar aanwezige motorolie. Vervolgens komt de zuiger tijdens de compressieslag omhoog en door wervelende lucht worden waarschijnlijk benzine-olie-druppels rondgeslingerd. Het vermoeden is dat de in benzine opgeloste oliedruppeltjes op hete plekken terecht komen, ontsteken en vervolgens de benzine aansteken.



Figuur 4: LSPI zuigerschade Opel Corsa 3-cil. 1.0 liter, breuk zuigerveersectie

Waarom is pingelen anders dan LSPI?

Bij pingelen botsen meerdere vlamfronten tegen elkaar. Dit vindt plaats tijdens de arbeidsslag nadat de bougie heeft gevonkt. Er is dan sprake van zeer snelle drukwisselingen rondom de normaal optredende verbrandingsdrukken (60 bar). Pingelen is op te heffen door verlating van het ontstekingstijdstip; In geval van LSPI is dit niet mogelijk.



Figuur 5: LSPI zuigerschade VW Tiguan 4-cil. 1.4 liter, breuk zuigerveersectie

Wat voor invloed heeft motoroliekwaliteit op LSPI?

De detergenten in motorolie, die als taak hebben om vuil los te weken, blijken van grote invloed op LSPI. Hogere concentraties calcium in motorolie bevorderen LSPI maar hogere concentraties met de elementen magnesium of zink werken juist remmend. Door aanpassing van de soort en concentratie van deze additieven kan LSPI vrijwel geheel worden voorkomen!

Welke motoroliën hebben (g)een goede weerstand tegen LSPI?

De in 2010 gelanceerde API-SN motoroliën, die 0.18 – 0.25 vol% calcium bevatten, blijken onvoldoende bestand tegen LSPI. In 2018 is de zogenaamde API SN+ (of SN-Plus) norm voor benzinemotoren gelanceerd en in 2020 de API-SP norm; Beide oliën bevatten in de regel 0.10 – 0.14 vol% calcium en verlagen de kans op LSPI aanzienlijk. In Europa heeft ACEA in 2021 de oliekwaliteiten A7/B7 en C6 gelanceerd, ook deze zijn goed bestand tegen LSPI.

Welke invloed heeft verouderde motorolie op LSPI?

Tijdens de ontwikkeling van motoroliën werd eerst getest met ‘verse’ motorolie. Door gebruik veroudert motorolie omdat roetdeeltjes, brandstofdelen, metaaldeeltjes en water binnendringen. Ook oxideert de olie waardoor deze indikt en er is sprake van verzuring. Nu blijkt LSPI bij verouderde motorolie vaker op te treden dan bij verse olie; De oorzaak hiervan is nog onbekend en wordt (o.a. door PSA) onderzocht. In 2025 is de API-SQ motorolie gelanceerd; De bijbehorende LSPI test wordt zowel met nieuwe als met verouderde motorolie uitgevoerd. Daardoor is deze motorolie beter bestand tegen LSPI dan de eerder ontwikkelde oliën.

Wat voor invloed heeft brandstofkwaliteit op LSPI?

Het octaangetal van benzine blijkt LSPI weinig te beïnvloeden [2]. Dit is vastgesteld door met RON 95, 98 en 102 metingen uit te voeren. De vluchtigheid van benzine blijkt wel een beperkte invloedfactor. Benzine die moeilijk verdampt, blijft vloeibaar en deze zal zich in de verbrandingskamer vermengen met motorolie waardoor LSPI meer kans krijgt.

Samenvattend:

Low Speed Pre Ignition blijkt een onbekend begrip onder autotechnici. Deze ongewenste vroegtijdige zelfontbranding in moderne benzinemotoren kan leiden tot verwoesting van zuigers, zuigerveren en drijfstangen. LSPI treedt vooral op bij lagere motortoerentallen, hoge motorbelasting en bij relatief koude motor. Het wordt vermoedelijk veroorzaakt door zelfontbranding van motoroliedruppels die vervolgens de brandstof aansteekt; Er ontstaan dan extreem hoge drukken in de verbrandingskamer. De zelfontbranding lijkt vooral op te treden met motorolie die relatief veel calcium bevat. Verder blijkt veroudering van motorolie de kans op LSPI te verhogen. Om LSPI **sterk te reduceren** zijn motoroliën met aangepaste formulering ontwikkeld.

Tips om LSPI sterk te reduceren:

1. Gebruik een motorolie met de meest recente door de voertuigfabrikant opgegeven specificatie of een motorolie die aan de volgende API-specificatie voldoet: SN+, SP, SQ of ACEA A7/B7 of C6 .
2. Ververs de motorolie jaarlijks, ook bij lage kilometrages.
3. Gebruik premium brandstof.
4. Rijd rustig bij koude motor.

Speciale dank gaat uit naar de volgende bedrijven die aan dit artikel hebben bijgedragen:

- HK Technics Bergen op Zoom, Harold Knibbeler.
- TSC De Betuwe Geldermalsen, Peter Sap.

Over Gerrit Kadijk:

Gerrit is in 1963 geboren naast het garagebedrijf van zijn vader en bracht er in zijn jeugd veel tijd door. Hij werkte gedurende 32 jaar bij TNO als onderzoeker van verbrandingsmotoren, brandstoffen en emissies. Sinds 2020 werkt hij als docent verbrandingsmotoren op het Da Vinci College in Dordrecht. Ook adviseert hij vanuit zijn bedrijf Emission Training Services partijen met technische vraagstukken en geeft hij trainingen.

Bronnen:

[1], Rönn et. Al., 2022, Low-speed pre-ignition and super-knock in boosted spark-ignition engines: A review. Progress in Energy and Combustion Science 95 (2023) 101064

[2] CRC-report: CM-137-17-1, June 2019, Review of Low-Speed-Pre-Ignition Literature