

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Markus Hietala

Avaimet momenttiin kiristämiseen

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2014



OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2014
Kone- ja tuotantotekniikan
koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
p.+358 50 260 6800

Tekijä
Markus Hietala

Nimeke
Avaimet momenttiin kiristäiseen

Toimeksiantaja
Etra Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyön aiheena oli momenttiin kiristäminen ja siihen soveltuvat työkalut. Työ tehtiin Etra Oy:lle myynnin tueksi. Työn tarkoitus oli selvittää ja tuoda esille kiristysprosessissa huomioon otettavia asioita sekä käsitellä erilaisia momenttityökaluja.

Työn alussa käsiteltiin momenttiin kiristämisen syitä, sekä selvitettiin mitä itse kiristysprosessissa tapahtuu ja mitkä ovat laatuvaikutukset. Seuraavaksi työssä esiteltiin erilaisia momenttityökaluja ja kartoitettiin niiden käyttökohteita, sekä tuotiin esille etuja ja rajoitteita. Kiristystyökaluille tehtiin testi jossa vertailtiin avainten käyttöä ja mitattiin niillä saavutettavaa tarkkuutta. Työn loppuun tehtiin ohjeistus momenttityökalujen myyntityön avuksi.

Työssä onnistuttiin tuomaan esille merkittäviä perusteita momenttiin kiristämisen hyödyistä. Nämä tiedot antavat edellytykset löytää käyttökohteisiin parhaiten soveltuvat työkalut, minkä vuoksi niin käyttäjä kuin myyjäkin voi saavuttaa taloudellista hyötyä.

Kieli
suomi

Sivuja 48
Liitteet 3

Asiasanat:

momenttiin kiristäminen, momenttityökalu, kiristysliitos, kiristysprosessi



THESIS
March 2014
Degree Programme in Mechanical and
Production Engineering

Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
Tel. +358 50 260 6800

Author
Markus Hietala

Title
Keys for Torque Wrenching

Commissioned by
Etra Oy

Abstract

The subject of this thesis was torque tightening and the appropriate wrenching tools. The thesis was made to support sales of Etra Oy and the purpose was to sort out and bring forward matters that have to be considered in a tightening process and also when dealing with various torque tools.

Firstly, reasons for torque tightening and the tightening process were analyzed. In addition, the study concentrated on the quality requirements. Secondly, the thesis handled different kinds of torque wrenches and targets for torque tools with their benefits and limits. Moreover, a test was made in order to compare the usability and accuracy of the torque tools. Finally, instructions to help torque tool selling were created.

The thesis succeeded to gather arguments for the benefits of torque tightening. The information gives instructions to find appropriate tools so the seller and the buyer can financially be satisfied.

Language
Finnish

Pages 48
Appendices 3

Keywords

torque wrench, torque tool, torque tightening, coupling, tightening process

Sisältö

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	5
1.1	Etra Oy.....	5
1.1.1	Etola-yhtiöt ja historia	6
1.2	Työn esittely ja tavoitteet	7
2	Kiristysliitokset	9
2.1	Ruuviliitokset.....	9
2.1.1	Ruuviliitoksen tehtävä	10
2.1.2	Ruuviliitoksen toiminta ja liitostyypit.....	10
2.2	Kiristysmomentin käsite	12
2.3	Momenttiin kiristämisen syyt	13
2.4	Kiristystapahtuma	16
2.5	Laatu ja sen mittaus.....	21
2.5.1	STwrench.....	23
3	Momenttityökalut.....	25
3.1	Käsiikäyttöiset momenttiavaimet	25
3.1.1	Toiminta ja periaate	26
3.1.2	Mallit	26
3.1.3	Edut, haitat ja rajoitteet	28
3.2	Paineilmatoimiset momenttityökalut.....	29
3.2.1	Paineilmakäyttöiset iskevät mutterinvääntimet	30
3.2.2	Paineilmakäyttöiset mutterinvääntimet	31
3.2.3	Paineilmakäyttöiset pulssityökalut	31
3.2.4	Paineilmakäyttöiset ruuvinvääntimet.....	32
3.2.5	Sähköisesti ohjatut paineilmakäyttöiset pulssityökalut.....	33
3.3	Sähkökäyttöiset momenttityökalut	33
3.3.1	Ohjaimet	34
3.3.2	Sähkö- ja akkukäyttöiset mutterinvääntimet.....	34
3.3.3	Sähkökäyttöiset ruuvinvääntimet	35
4	Oikean työkalun löytäminen	36
4.1	Vertailu	36
4.2	Testauksen tavoitteet ja sen kuvaus.....	36
4.3	Tutkimustulokset ja analysointi	38
5	Ohjeistus.....	41

5.1	Asiakkaat	41
5.1.1	Prosessin ymmärtäminen ja alustava kartoitus	41
5.2	Lähestyminen ja kontaktit	42
5.3	Työkalut onnistuneeseen lopputulokseen	43
6	Pohdinta.....	45
	Lähteet.....	47
	Liitteet	

Liite 1	Stahlwille-momenttiavaimien ja avainpäiden esite.
Liite 2	Laskenta ohje momenttiarvoille käytettäessä jatkopäätä.
Liite 3	Puristusvoimataulukko

1 Johdanto

1.1 Etra Oy

Opinnäytetyö tehtiin Etra Oy:n toimeksiannosta. Etra Oy on suomalainen teknisenkaupan erikoisliike, joka tarjoaa asiakkailleen laajan valikoiman teollisuus tuotteita ja palveluja

- kunnossapitoon
- tuotantoon
- rakentamiseen
- ympäristöhoitoon ja varastointiin.

Etralla on 40 toimipistettä, jotka muodostavat Etola-yhtiöiden valtakunnallisen jakeluverkoston. Hämeenlinnassa sijaitsee Etran logistiikkakeskus (kuvio 1). Etran liikevaihto on noin 170 miljoonaa Euroa ja henkilöstöä on noin 550. (Etra Intra 2013; Etra 2014.)



Kuva 1. Etran logistiikkakeskus valmistui vuonna 2011 Hämeenlinnaan. (Etra Intra 2013).

1.1.1 Etola-yhtiöt ja historia

Vuonna 2007 kun Teollisuus Etola, TKA-Yhtymä, Pohjalan Tekniikka sekä useat muut paikalliset yritykset yhdistyivät, valittiin uuden yhtiön nimeksi ETRA Oy ja toimipisteitä alettiin nimittää ETRA Megacentereiksi.

Etra on osa Etola-yhtiöitä, joka on teollisuustuotteita ja -tarvikkeita maahantuo-va, valmistava ja markkinoiva suomalainen monialakonserni. Etola-yhtiöt muodostuu noin 30:stä keskenään tiiviissä yhteistyössä toimivasta erikoisliikkeestä. (Etola 2014a.)

Etolan perustaja Johan August Etholén perusti vuonna 1932 kolme toimivaa kumikauppaa, yhden Turkuun ja kaksi Helsinkiin (kuva 2). Muutamaa vuotta myöhemmin toiminta alkoi laajentua ja Johan August Etholén aloitti yksinkertaisten kumituotteiden, kuten kumikäsineiden, valmistuksen. Varsinaiset teollisuustuotteet tulivat mukaan vasta myöhemmin. Näistä lähtökohdista on kasvanut Etola-yhtiöt, joka nykypäivänä työllistää jo yli 1600 ihmistä ja jonka kokonaisliikevaihto on 350 000 miljoonaa Euroa. (Etola 2014b; Etra Intra 2013.)



Kuva 2. Kuvia Etolan historiasta. Helsingin Iso Roobertinkadun myymälässä voit asioida vielä tänäkin päivänä. (Etra 2014).

1.2 Työn esittely ja tavoitteet

Etra harjoittaa teknistä kauppaa teollisuuteen, johon kuuluu yhtenä osana myös työkalujen myynti. Momenttiin kiristettävät liitokset ovat yleistyneet valmistus- ja kokoonpanotuotannossa sekä teollisuuden kunnossapidossa, sillä kontrolloidusti kiinnitetyllä kierreliitoksella voidaan selkeästi parantaa laatua. Laadukas kiristuksen lopputulos on mahdollista saavuttaa erilaisten momenttityökalujen avulla. Momenttityökalut tarjoavat mahdollisuuden kiinnittää kierreliitoksia tarkasti, todennettavasti ja toistuvasti (Wihuri 2013).

Yleisimmät syyt momenttiavaimien käyttöön ja myyntiin ovat: suunnittelun asettamat vaatimukset sekä pyrkimys ehkäistä ylikiristäminen tai löysäksi jäävän liitoksen välttäminen. Aiheeseen liittyy kuitenkin paljon huomioon otettavia asioita, jotka eivät ole välttämättä myyjälle eikä asiakkaalle itsestään selvyyskysiä.

Opinnäytetyö tehtiin myynnin edistämisen tueksi ja sen tavoitteena oli antaa myyjälle sekä asiakkaalle tarvittava tieto kiristysliitoksista, kiristystapahtumasta, momenttityökaluista sekä näiden laatuvaikutuksista. Työn pyrkimys oli selkeyttää ja tuoda esille huomioon otettavia asioita sekä tarjota apu löytämään kuhunkin kohteeseen parhaiten soveltuvat työkalut, joilla voidaan saavuttaa molemmien puolista taloudellista hyötyä.

Opinnäytetyön alussa syvennettiin kiristysliitoksiin ja ruuviliitoksen perusteisiin. Seuraavaksi käsiteltiin ja tuotiin esille momenttiin kiristämisen syitä ja perusteita. Tämän jälkeen tarkasteltiin itse kiristystapahtumaa ja mitä silloin todellisuudessa tapahtuu. Laatu liittyy merkittävänä tekijänä tähän työhön ja käsiteltiin myös melko kattavasti. Teoriaosion jälkeen on esitelty erilaiset momenttityökalut ja käsitelty niiden etuja sekä rajoitteita, mikä auttaa oikean työkalun valinnassa. Yhtenä osana työtä oli testauksen suorittaminen, jossa vertailtiin erilaisia kiristystyökaluja. Testauksen tarkoitus oli tuoda esille eri kiristystyökalujen välisiä eroja, niin kiristystapahtumassa kuin kiristuksen lopputuloksessa, mikä mitattiin ja dokumentoitiin. Alkuperäisen suunnitelman mukaan tavoitteena oli tehdä valintatyökalu, joka auttaisi löytämään kuhunkin kohteeseen parhaiten soveltuvan työkalun. Tämän toteuttaminen hylättiin, sillä kävi ilmi, ettei tällainen palvelisi käyttäjää toivotulla tavalla. Sen sijaan työssä tuodaan esille perusteita erilaisten työkalujen soveltuvuudelle ja annetaan auttavaa ohjeistusta, kuinka asiakasta kannattaa lähestyä ja mitä asioita olisi syytä huomioida.

Opinnäytetyötä varten saatiin tukea alan johtavilta yrityksiltä, jotka toimivat momenttityökalujen parissa. Työ rajoitettiin koskemaan yleisimmin käytettyjä momenttityökaluja, joita ovat käsikäyttöiset momenttiavaimet sekä paineilma- ja sähkökäyttöiset momenttityökalut.

2 Kiristysliitokset

Opinnäytetyön on tarkoitus palvella mahdollisimman monia ja pyrkiä olemaan selkeä esitys myös niille, joille aihe on ennestään hieman vieraampi. Tämän vuoksi käydään mahdollisimman tarkasti läpi kiristysliitokset ja kiristystapahtuma.

Kokoonpanolinjalla asiakkaalta voi kysyä minkä tahansa ruuviliitoksen kohdalla sen kiristysmomenttia. Mikäli vastaus on, ettei sillä ole väliä, voidaan seuraavaksi kysyä, miksi siinä edes on kyseinen liitos, kerta sillä ei ole merkitystä. (Karlsson 2013).

Puhuttaessa momenttiin kiristämisestä on huomioitava, että lähtökohtaisesti on aina se tilanne, että kiinnitettävä kappale tarvitsee puristusvoimaa eikä kiristysmomenttia (Falgentraeger & Karlsson 2013). Tämä tärkeä asia, joka on syytä sisäistää. Kiristysmomentin vaikutus saavutettavaan puristusvoimaan, esitetään vielä tarkemmin kiristystapahtumaa käsittelevässä osiossa.

2.1 Ruuviliitokset

Nykyisin ruuviliitokset ovat yleisiä kaikissa kiinnityksissä ja ovat kaikkein tärkein irrotettavien osien kiinnitysmenetelmä koneiden rakennuksessa, asennuksissa ja korjauksissa. (Loctite 1998b, 50–65) Niiden tarkoituksena on kahden tai useamman osan luotettava kiinnitys. Ruuviliitokseen voidaan päätyä monista erisyistä, mutta yleisimpiä niistä ovat:

- yksinkertainen ja nopea kiinnitys
- helposti purettava ja huollettava
- oikein suunniteltuna saavutetaan korkealuokkaisia liitoksia
- laatu ja sen testausmenetelmät
- työkalujen käyttö
- kansainväliset standardit:
 - kiinnityselimien lujuusominaisuudet ISO 898
 - ruuvien ja vaarnaruuvien lujuusluokat SFS-EN ISO 898-1

- pidätinruuvit ja vastaavat kierteytetyt kiinnittimet ilman vetokuormitusta SFS-EN ISO 898-5
- mutterit SFS-EN ISO 898-6.

(Falgentraeger & Karlsson 2013.)

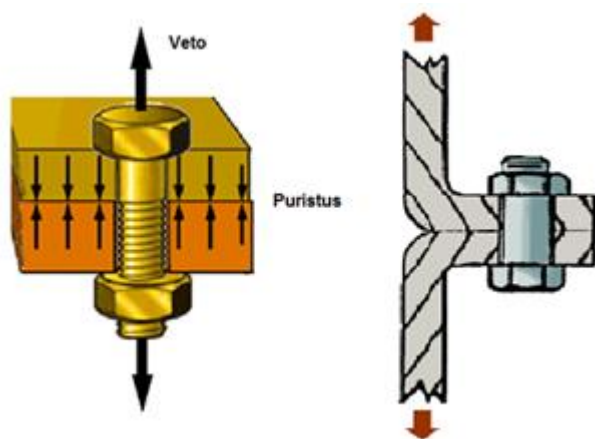
2.1.1 Ruuviliitoksen tehtävä

Ruuviliitoksella haetaan puristusvoimaa ja sen tehtävä on toimia eräänlaisena jousena, joka pitää osat yhdessä niin, että niiden välille ei pääse syntymään minkäänlaista liikettä ulkopuolisten voimien johdosta. Kierreliliitos pyritään mitoittamaan ja suunnittelemaan siten, että se hallitusti ”voittaa” kaikki siihen kohdistuvat voimat.

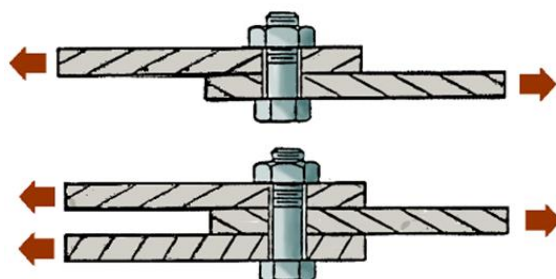
Suunnitteluvaiheessa olisi otettava huomioon, että ruuviliitos selviää kokoonpanovaiheessa siihen liittyvistä vaatimuksista ja asennustulos olisi vaaditun mukainen. Siksi jo tuotesuunnittelussa olisi hyvä huomioida kiristystapa ja siihen käytettävä työkalu. Työkalujen ja materiaalien kehitys on mahdollistanut sen, että kierreliliitoksista voidaan tehdä entistä pienempiä ja kevyempiä sekä niihin voidaan kohdistaa enemmän kuormitusta. (Falgentraeger & Karlsson 2013; Wihuri 2013.)

2.1.2 Ruuviliitoksen toiminta ja liitostyypit

Ruuviliitoksessa on kaksi samansuuruista voimaa, veto- ja puristusvoima, jotka toimivat toisiaan vastaan. Lisäksi liitoksissa esiintyy myös leikkaavia voimia. Kuvioissa 1 ja 2 havainnollistetaan erilaisia liitokseen kohdistuvia voimia.



Kuvio 1. Ruuviliitos, vetokuormitus (Falgentraeger & Karlsson 2013).



Kuvio 2. Leikkaava kuormitus ja kaksinkertainen leikkaava kuormitus (Falgentraeger & Karlsson 2013).

Liitosten jäykkyudessa on myös eroja. Yleensä puhutaan kovasta tai pehmeästä liitoksesta, mutta todellisuudessa liitoksia on lisäksi vielä normaali ja keskipehmeä liitos. Liitoksen jäykkyys määräytyy sen mukaan, kuinka suuri kiertokulma ruuvin kannan koskettamisen jälkeen tarvitaan lopullisen puristusvoiman saavuttamiseen.

Luokitukset kiertokulmalle ovat:

- | | |
|---------------|--------------------|
| • kova | 0–30 (-60) astetta |
| • normaali | 60–260 astetta |
| • keskipehmeä | 260–490 astetta |
| • pehmeä | 490–720 astetta |

Kuitenkin suurin osa, noin 80 % liitoksista ovat normaaleja liitoksia. Myös liitettävien kappaleiden materiaalilla on merkitystä liitoksen jäykkyyteen, mutta olen-

nainen vaikutus on ruuvien pituudella, niin sanotulla l/d-suhteella, joka käsitellään tarkemmin Momenttiin kiristämisen syyt -osiossa. (Falgentraeger & Karlsson 2013.)

2.2 Kiristysmomentin käsite

Momentilla (kiristysmomentilla) tarkoitetaan voiman aiheuttamaa pyörityskykyä. Momentti määritellään seuraavasti:

$$M = F \cdot r$$

Jossa F = voima ja r = varsi, jolla voima pyrkii pyörittämään (vääntämään) esimerkiksi mutteria tai ruuvia.

Voiman yksikkö SI-järjestelmässä on newton [N] ja varren (pituusmitan) yksikkö on metri [m]. Määritelmän mukaisesti momentin yksiköksi tulee newtonmetri [Nm]. 1 newtonmetrin suuruinen momentti syntyy siis, kun 1 N voima pyörittää (vääntää) rakennetta (esim. ruuvia) 1 m varrella. Arkikielessä kuitenkin usein puhutaan kiristuksen yhteydessä virheellisesti kiloista tai pelkästään newtoneista. (Hautala & Peltonen 2003.)

Kaava $T = F \cdot L$, tarkoittaa samaa asiaa ja on momenttiin kiristämisen yhteydessä yleisemmin käytetty kaava. Tässä momentti [T] (Torque) ja vääntövarren pituus [L]. (Falgentraeger & Karlsson 2013.)

Yksinkertainen esimerkki kiristysmomentin suuruudesta liitoksessa:

Jos ruuvia kiristetään 0,5 m vääntövarrella ja varren päähän kohdistuu 10 kg massa, tällöin (kiristys)momentiksi saadaan:

$$M = F \cdot r$$

$$F = m \cdot g = 10 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2 = 98.1 \text{ N}$$

$$r = 0.5 \text{ m}$$

$$T = 98.1 \text{ N} \cdot 0.5 \text{ m} = 49.1 \text{ Nm}$$

Tässä tapauksessa liitosta kiristetään hieman alle 50 Nm momentilla.

2.3 Momenttiin kiristämisen syyt

Ruuvit luokitellaan niiden kestävyysluokan mukaan ja niille annetaan momenttisuositukset ruuvilaadun ja kierrekoon mukaan. Momenttisuosituksia löytyy taulukoituna. (taulukko 1)

Taulukko 1. Ruuvien kiristysmomentteja (Falgentraeger & Karlsson 2013).

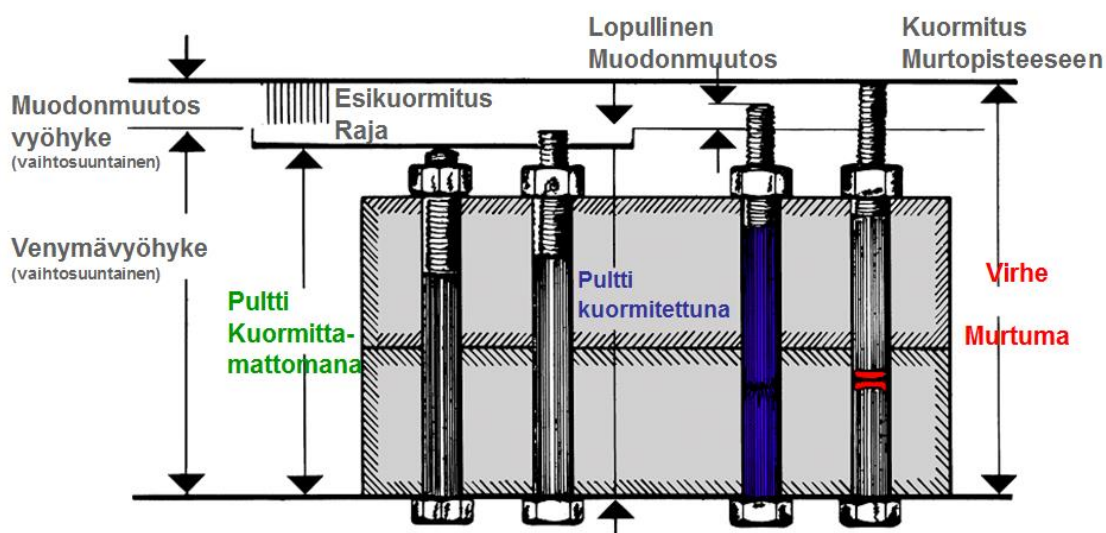
RUUVIT M-KIERTEELLÄ

Kiristysmomentti, Nm, ISO 898/1 mukaan

Kierre	Ruuvilaatu							Kierre	Ruuvilaatu						
	3.6	4.6	4.8	5.8	8.8	10.9	12.9		4.6	4.8	5.8	8.8	10.9	12.9	
M1.6	0,05	0,065	0,086	0,11	0,17	0,24	0,29	M14	48	58	80	128	181	217	
M2	0,10	0,13	0,17	0,22	0,35	0,49	0,58	M16	74	88	123	197	277	333	
M2.2	0,13	0,17	0,23	0,29	0,46	0,64	0,77	M18	103	121	172	275	386	463	
M2.5	0,20	0,26	0,35	0,44	0,70	0,98	1,20	M20	144	170	240	385	541	649	
M3	0,35	0,46	0,61	0,77	1,20	1,70	2,10	M22	194	230	324	518	728	874	
M3.5	0,55	0,73	0,97	1,20	1,90	2,70	3,30	M24	249	295	416	665	935	1120	
M4	0,81	1,10	1,40	1,80	2,90	4,00	4,90	M27	360	435	600	961	1350	1620	
M5	0,60	2,20	2,95	3,60	5,70	8,10	9,70	M30	492	590	819	1310	1840	2210	
M6	2,80	3,70	4,90	6,10	9,80	14,0	17,0	M36	855	1030	1420	2280	3210	3850	
M8		8,90	10,50	15,0	24,0	33,0	40,0	M42	1360		2270	3640	5110	6140	
M10		17,0	21,0	29,0	47,0	65,0	79,0	M45	1690		2820	4510	6340	7610	
M12		30,0	36,0	51,0	81,0	114,0	136,0	M48	2040		3400	5450	7660	9190	

Ruuvilaatu ilmoitetaan lujuusluokkana, jossa ensimmäinen numero ilmoittaa 1/100 murtolujuudesta (N/mm^2) ja toinen numero ilmoittaa prosenteissa myötörajan suhteen murtolujuuteen. Yleensä suosituksena olisi, että liitos kiristettäisiin n. 20 % alle myötörajan.

Ruuvien tavoitteena on toimia jousen tavoin. Mikäli kiristys jää liian pieneksi, niin liitoksesta katoaa vetokuormitus, jolloin liitos ei ole kestävä ja voi aueta esimerkiksi värinän seurauksena. Myös ylikiristämistä tulee välttää ja on pyrittävä pysymään elastisella alueella, myötörajan alapuolella, jolloin ruuviin ei tule muutoksia. Jos liitosta ylikiristetään ja kiristys menee yli myötörajan, muuttaa ruuvi pysyvästi muotoa ja vetokuormitus häviää. Ylikiristämisen seurauksena ruuveista voi myös särkyä kierteet tai ruuvi voi mennä kokonaan poikki. Liian tiukkaan kiristetty ruuvi voi myös rikkoa tiivisteitä tai aiheuttaa vaurioita ympäröivässä materiaalissa (kuviot 3). (Falgentraeger & Karlsson 2013.)



Kuvio 3. Esimerkissä havainnoillistetaan ruuvissa tapahtuvia muutoksia eri kuormitustilanteissa (Wihuri 2013).

Kaksi yleisintä syytä ruuviliitosten pettämiseen ovat:

- jännityksen aleneminen (Hölytyminen)
- itseaukeaminen.

Mikäli ruuvin pituudessa tapahtuu pysyvä muutos sen akselin suunnassa, kutsutaan tapahtumaa höltymiseksi. Tekijät jotka vaikuttavat pituuden muutokseen, ovat väsyminen tai ylikiristäminen. Höltymisen seurauksena ruuvin esijännitys vähenee ja pienentää kiristysvoimaa. Väsymisen aiheuttama höltyminen voidaan jakaa vielä kolmeen ryhmään: painauman aiheuttama höltyminen, relaksaation aiheuttama höltyminen ja asteittaisten lämpötilamuutosten aiheuttama höltyminen (viruma). Painauma liittyy pinnan karheuteen ja epätasaisuuksiin, jotka paineen vaikutuksen alaisena tasoittuvat ja esijännitys pääsee väheneään. Relaksaatiota esiintyy, kun materiaalit tiivistyvät ajan myötä. Viruma on voimakkainta materiaaleissa, jotka altistuvat pitkäaikaiselle ja lähellä rekristallaatiolämpötilaa olevalle kuumuudelle (Bolted 2013). Väsymistä ja ylikiristämistä voidaan ehkäistä suurentamalla ruuvin pituuden ja halkaisijan suhdetta (l/d -suhdetta). Tämä lisää asennelman joustavuutta. Historiallisesti l/d -suhde > 6 on ollut optimaalinen (Falgentraeger & Karlsson 2013).

Ruuviliitoksen kiristämisen seurauksena esikuormitus pultissa ylläpitää puristusrasituksen ja tämä jännitys puristaa kiinnitettyjä osia. Jännitys pyrkii kiertämään

mutterin auki pultista, kun kiristysmomentti poistetaan, mutta kierteessä ja kannassa oleva kitka vastustaa tätä voimaa ja ylläpitää jännitystä ruuvissa. Matemaattinen esitys tälle tapahtumalle on seuraava:

$$T_L = F_v \times d \times \mu_{th} \div (2 \times \cos \rho) + F_v \times d_h \times \mu_h \div 2 - F_v \times d \times \tan \phi \div 2$$

missä:

T_L = kiristysmomentti ruuvissa kiristyksen jälkeen

F_v = jännitys ruuvissa

d = kierteen nousun halkaisija

d_h = vaikuttava pään halkaisija

ϕ = kierteen nousukulma

ρ = kierteen puolikkaan kulma (30° ISO-kierteillä)

μ_{th} = kierteen kitkakerroin

μ_h = kitkakerroin ruuvinpään ja laipan välillä olettaen, että mutteri on liikkumaton.

Tämä kitkakomponenttien aiheuttama lukitusvaikutus voi menettää tehoaan, jos kiinnitetty järjestelmä altistuu vaihtuville kuormituksille tai tärinälle. Tärinät voivat olla akselin tai säteensuuntaisia tai yhdistelmä molempia, mutta säteissuuntaiset poikittaisvärähtelyt ovat kaikista haitallisimpia esijännityksen menettämisen kannalta. Itseaukeamista voidaan ehkäistä seuraavilla tavoilla:

- valitsemalla suuremman lujuusluokan pultteja, sillä nämä mahdollistavat suuremmat esijännitysvoimat, jotka ovat riittävän suuret pitämään esijännityksen halutussa arvossa
- suunnittelemalla rakenne, joka lisää l/d -suhdetta
- viimeistelemällä pinta tarkasti
- käyttämällä lukiteliimoja
- valmistamalla tarkka liitos.

(Loctite 1998.)

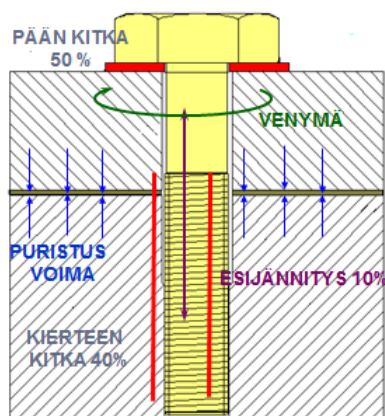
Kontrolloidun kiristuksen ansiosta liitos voidaan mitoittaa entistä pienemmäksi. Tämän ansiosta saavutetaan etuja sekä koon että painon suhteen, ja nämä puolestaan vaikuttavat suoraan kustannustehokkuuteen. Näissä niin sanotuissa moderneissa ruuviliitoksissa voidaan ruuvin kokoa pienentää, jolloin ruuvin kannan pintakosketus jää pienemmäksi ja puolestaan kierrepinta-ala on yleensä suurempi. Nämä tekijät lisäävät myös painon säästön lisäksi liitoksen kestävyyttä. (Wihuri 2013.)

Momenttiavaimia käytetään halutun kiristystuloksen saavuttamisen lisäksi myös sen vuoksi, että kiristystulos olisi toistuva ja aina haluttu riippumatta olosuhteista tai kiristäjästä (Wihuri 2013).

2.4 Kiristystapahtuma

Ruuvia tai mutteria kiristetään kääntämällä sitä kannasta. Yleensä kiristysmomentti on myötäpäiväinen ja se lyhentää ruuvin kannan ja mutterin väliä. Vastuksen syntyessä ruuvi jatkaa kääntymistä, kunnes on saavutettu tasapaino ruuvin päähän kohdistuvan kiristysvoiman ja ruuvin jännityksestä ja kitkasta syntyvän vastavoiman välillä. (Loctite 1998.)

On tärkeää huomioida, että vain noin 10 % kiristysmomentista käytetään esijännityksen tuottamiseen ja loput 90 % menee kitkan voittamiseen (kuvio 4 ja 5). (Falgentraeger & Karlsson 2013.)



Kuvio 4. Kiristysmomentti kierreliitoksessa (Salmivaara 2013).

Momentin jakautuminen kiristetyssä ruuvissa			
	% Kiristysmomentista		
	UNC*	UNF**	
Ruuvin jännitys		15 %	10 %
Kierteen kitka		39 %	42 %
Otsapinnan kitka		46 %	48 %
Yhteensä			
Kiristysmomentti		100 %	100 %
Irroitusmomentti		70 %	80 %
*United National Course			
**United National Fine			

Kuvio 5. Kiristysmomentin jakautuminen kiristetyssä ruuvissa (Loctite 1995).

Kiristysmomentin jakauma riippuu hyvin pitkälti kitkan vaikutuksesta. Tasapainosuhte esitetään usein matemaattisesti $T = KdF$, missä

T = kiristysmomentti

d = ruuvin nimellinen halkaisija

F = kiristyskuormituksen voima

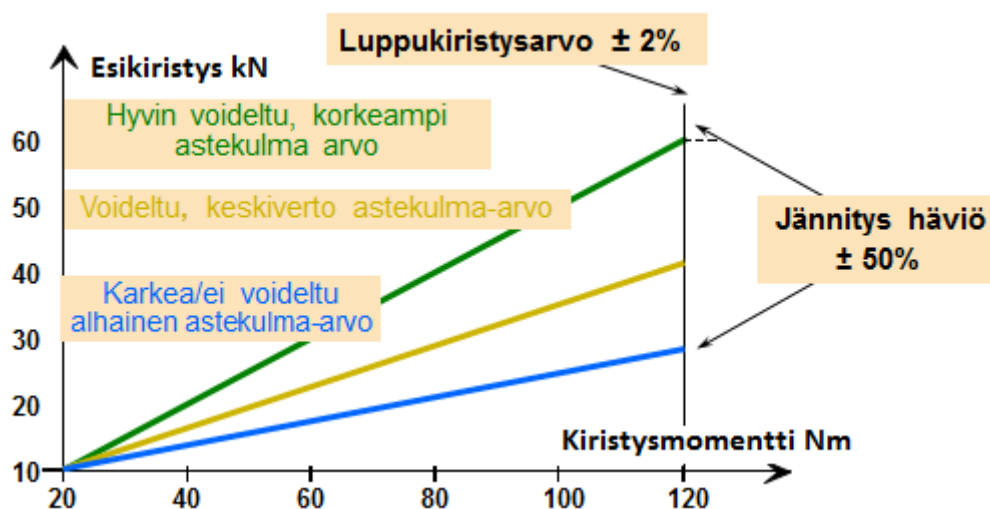
K = empiirinen vakio, joka ottaa huomioon kaikki kitkat ja vaihtelevan halkaisijan pään alla ja kierteissä, missä kitka vaikuttaa.

Kitkan ja siten myös K :n vaihtelut voivat olla suuria. Tämän vuoksi on järkevää koestaa yksittäinen liitos momentinkoestuslaitteella, jolloin saadaan määriteltyä oikeat momenttiarvot ruuvien jännityksen hallinnan varmistamiseksi. K -arvoon vaikuttavia tekijöitä ovat:

- kiinnikkeen ja laipan materiaalit
- asennusnopeus
- ruuvien laatu
- voitelu tai lukitteen laatu
- kierteen toleranssi

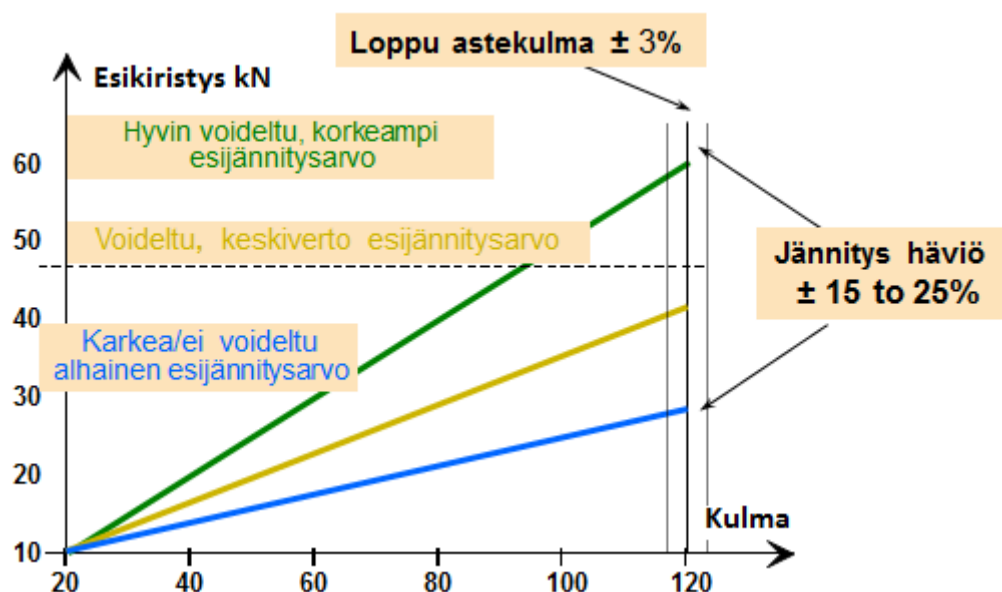
- pinnan viimeistely.

Voidaan päätyä oletukseen, että itse kitka ja siihen menetetty kiristysmomentti ei ole ongelma, vaan kitkan ja K :n vaihtelut muodostuvat isoksi ongelmaksi kiristysprosessissa. Jos kitka ja K :n arvot kasvavat, saavutetaan haluttu momenttiarvo nopeammin ja pienemmällä kiertokulmalla, jolloin itse puristusvoima on pienempi. Pienempi kitka aiheuttaa puolestaan päinvastaisen tilanteen (kuvio 6). (Loctite 1998.)



Kuvio 6. Kitkan vaikutus saavutettavaan puristusvoimaan (Salmivaara 2013).

Mikäli kitka ja K :n arvot vaihtelevat suuresti tai niitä ei tiedetä, on lähes mahdotonta päästä haluttuihin kiristystuloksiin. K :n arvot voidaan määrittää kokeellisesti (kuvio 8). Olisi pyrittävä tilanteeseen, missä K :n vaihtelu olisi mahdollisimman pientä, jolloin avaimet voidaan säätää sellaiseen momenttiarvoon, joka mahdollistaa halutun puristusvoiman liitoksessa. Kitkan vaihteluiden haittavaikutuksia voidaan myös ehkäistä käyttämällä astekulmakiristystä (kuvio 7). Yleensä tällaisessa menetelmässä liitos kiristetään aluksi johonkin tiettyyn momenttiarvoon, jonka jälkeen loppukiristys suoritetaan kääntämällä avainta tietyn määrän asteita. Astekulmakiristys on menetelmänä yleistä etenkin autoteollisuudessa, mutta on alkanut yleistyä myös muilla aloilla.



Kuvio 7. Astekulmakiristyksellä saavutetaan pienempi jännityshäviö (Salmivaara 2013).

Tyypillisiä* K arvoja - Voitelevat kierrelukitteet eri materiaaleilla

Pinta	öljyitty	Voiteleva kierrelukite
Teräs	0,15	0,14
Fosfatoitu	0,13	0,11
Kadminoitu	0,14	0,13
Ruostumaton teräs	0,22	0,17
Sinkitty	0,18	0,16
Messinki	0,16	0,09

Kaikki näytteet oli kastettu 5%:n öljyliuokseen (95% vettä) kuivattu ennen kuin kierrelukite annosteltu (Lab Oil 72D)

*Arvot vaihtelivat noin $\pm 15\%$; kuitenkin, eri valmistuserät saattavat aiheuttaa se, että vaihtelu on $\pm 20\%$

Kuvio 8. Tyypillisiä K arvoja (Loctite 1998).

Tekijät, jotka vaikuttavat kitkan ja puristusvoiman väliseen suhteeseen ovat:

- voitelu
 - lukitusaineet
 - lukitusmekanismit (esimerkiksi NordLoc, Nyloc)
 - työstetyt pinnat
 - pintakäsittely (esimerkiksi maalit)
 - pultin tyyppi (Kosketuspinnan pinta-ala).
- (Loctite 1998.)

Ruuvien sekä kierteen pituudella on myös merkitystä saavutettavaan puristusvoimaan. Pidemmällä ruuvilla saavutetaan parempi puristusvoima sekä kestävämpi lopputulos (Falgentraeger & Karlsson 2013).

Liitoksen osien täytyy soveltua käytettävään puristusvoimaan litistymättä kiristuksen jälkeen. Muuten on vaarana, että liitoksessa tapahtuu asettumista, mikä johtaa siihen, että toisiinsa koskettavat alueet sopeutuvat sopiakseen yhteen, tämä puolestaan vähentää puristusvoimaa. Lisäksi myös liian nopea kokoonpano voi aiheuttaa asettumista, sillä liitoksen osat eivät ennätä puristua kokoon kunnolla. Myös muovautuminen on asettumista.

Kriittisiä tekijöitä ruuviliitoksessa ovat:

- vetokuormitus
- kierteen pituus
- asettuminen
- paine ruuvien kannan alla
- kiristysmenetelmä
- värinä/ulkopuoliset voimat
- lämpötilavaihtelut
- kitka (pinnoilla ja kierreessä)
- korroosio
- huonot kierreteet
- purku.

(Falgentraeger & Karlsson 2013.)

2.5 Laatu ja sen mittaus

Kontrolloidut kiristykset vaikuttavat olennaisesti laatuun. Momenttiavainta käyttämällä kiristysliitoksessa päästään avaimesta riippuen melko tarkasti haluttuun tai ainakin lähelle haluttua lopputulosta. Tällöin puhutaan mittatarkkuudesta, joka kuvaa todellisen arvon poikkeamisen ennalta määrätystä tavoitearvosta, tietyn toleranssin rajoissa. Momenttiavaimien toleranssialue on määritelty standardissa DIN EN ISO 6789. Momenttiavaimen käytöllä ehkäistään ulkoisten muuttujien vaikutusta lopputulokseen. Kiristyksistä saadaan tasalaatuisia vaikka työtä suorittaisi useampikin eri henkilö. (Stahlwille 2012.)

Kaikki avaimet eivät kuitenkaan ehkäise ylikiristämistä, vaan ilmoittavat ainoastaan sen, milloin haluttu momentti on saavutettu. Käyttökohteen mukaan kannattaa valita siihen parhaiten soveltuva työkalu ja hankkia ammattitaitoinen henkilö ohjeistamaan käyttäjiä työkalun oikeaoppisesta käytöstä.

Kehittyneempien elektronisten avaimien ansiosta kiristystapahtumia voidaan myös dokumentoida, mikä puolestaan edesauttaa jäljitettävyyttä ja virheiden sekä niiden syiden löytymistä.

Monesti on uskomus, että itse liitos on siinä tiukkuudessa, minkä lukeman momenttiavain näyttää. Huomioitavaa on kuitenkin, että momenttiavain ilmoittaa ainoastaan sen lukeman, millä avainta on kiristetty. Tämän vuoksi liitoksia suunniteltaessa on otettava huomioon, paljonko halutaan tuotteessa liitoksen puristusvoima olevan. Suunnitteluohjelmilla ja niiden analyyseillä on mahdollista mitoittaa ruuvien esikuormitusvoima, jolla päästään lähelle tavoiteltua puristusvoimaa. On valmistajia, jotka ovat tehneet tutkimusta ja valmiita taulukoita, joista käy ilmi, millaisen puristusvoiman kiristysmomentti liitokseen mahdollisesti tuottaa (liite 3). Toki on myös mahdollista laskea suuntaa antava puristusvoima matemaattisella kaavalla.

Kun liitoksen ruuville on määritelty ja valittu oikea esikuormitus, voidaan kiristysprosessin onnistumista ja tavoitteen toteutumista kontrolloida mittaamalla ruuvien jäännösmomenttia. Liitoksien jäännösmomenttia voidaan todentaa ja analysoida pääsääntöisesti kiristystiukkuudesta ja ruuvien kannasta. Jäännösmomentin mittaamiseen löytyy Atlas Copcolta hyvä työkalu ”STwrens”, jonka tarkempi kuvaus esitetään työssä myöhemmin. Liitoksessa oleva puristusvoima

voidaan määrittää täysin tarkasti ainoastaan puristusantureiden avulla ja tällä tavoin momenttiavain saadaan säädettyä oikeaan arvoon. Tällainen menettely on kuitenkin harvinaisempi ja hieman työläs toteuttaa.

Joissakin yrityksissä tarkkaillaan kiristysten laatua testaamalla liitosten avausmomenttia. Tällaisessa menettelyssä olisi ensiarvoisen tärkeää tiedostaa se tilanne, että tarkastusmomentti on lepo- ja lukituskitkan vuoksi suurempi, mikä liitoksen todellinen jäännösmomentti on. Esimerkiksi jos liitoksen kiristämistä varten käytettävät työkalut on säädetty 100 Nm:iin, voi tarkastusmomentti olla 110 Nm. Mikäli tällaisen testauksen perusteella konetta säädetään 10 Nm pienempään arvoon, todellinen asennusmomentti liitoksessa tämän jälkeen on enää 90 Nm, mikä ei varmaan ole toivottu lopputulos.

Olennainen osa laatua on työkalujen oikeaoppisen käsittelyn lisäksi säännöllinen tarkistus ja huolto. Momenttiavaimet tulisi huollattaa ja kalibroida säännöllisin väliajoin, jotta niiden antama tulos olisi halutun mukainen.

Momenttityökalut on niiltä vaadittavan tarkkuustason varmistamiseksi tarkistettava säännöllisin väliajoin. Momenttiavainten tarkkuus on todennettava ja sen on oltava jäljitettävissä aukottoman referenssitestauslaitteiden ja siirtostandardien ketjun avulla (Stahlwille 2012).

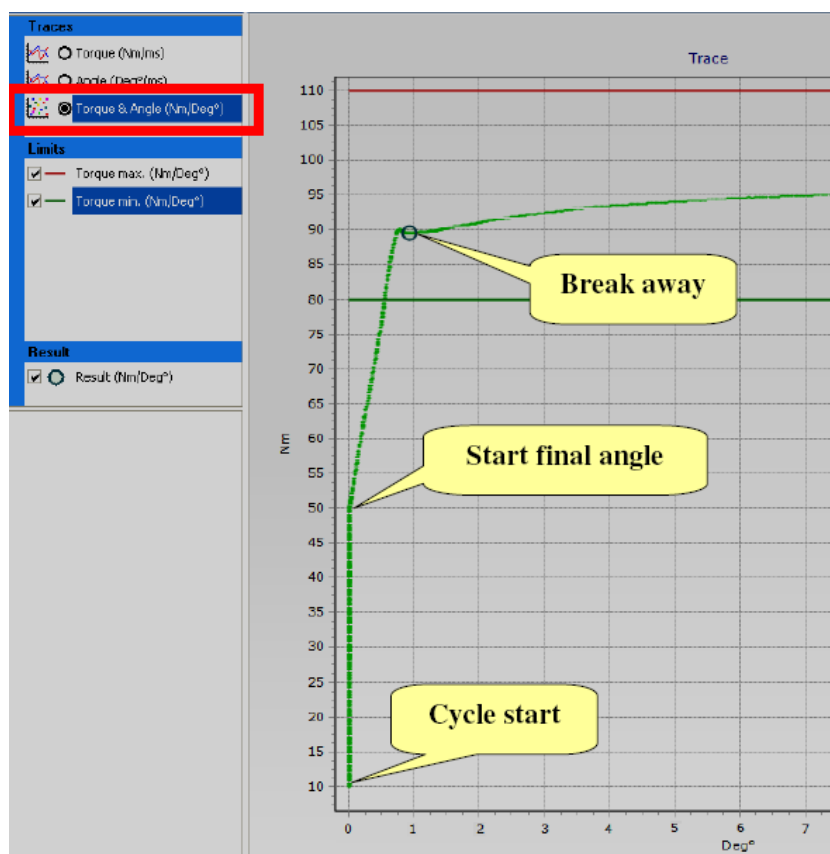
Kalibrointi tarkoittaa yksinkertaistettuna vakiomitta-arvon vertaamista käytettävän avaimen mitta-arvoon määritettäessä vertailukohteen tarkkuutta. Kalibrointi on prosessi, jota tulisi suorittaa säännöllisin väliajoin. Vääntömomenttien kalibrointi on kuvattu standardeissa DIN EN ISO 6789 ja DIN 51309, sekä DKD:n ("Saksan kalibrointipalvelu") säännöissä DKD-R 3-7 ja 3-8. Yleensä huolloista ja kalibroinneista vastaavat alan ammattilaiset, joille työkalut tavallisesti toimitetaan huollettavaksi, tai joissakin tapauksissa he tulevat myös itse paikan päälle. Yrityksissä, joissa käytetään paljon momenttityökaluja, olisi syytä harkita huoltosopimuksen ottamista, jolloin avaimien säännöllinen kunnosta huolehtiminen saataisiin ulkoistettua ulkopuoliselle taholle. Jokaisella on myös mahdollisuus ostaa käyttöönsä kalibrointipenkki, jolloin kalibroinnista saa huolehdittua itse. Testipenkin oikeaoppinen käyttö vaatii kuitenkin hieman perehdyttämistä ja on investointina järkevää vasta siinä vaiheessa, kun momenttiavaimia on käytössä enemmän. Standardin DIN EN ISO 9001 vaatimusten mukaan jokainen testauslaite on kalibroitava jäljitettävällä tavalla. (Stahlwille 2012.)

2.5.1 STwrench

STwrench-avaimella (kuvio 9) mitataan jäännösmomenttia. Toisin kun muut momenttiavaimet, STwrench osaa ottaa huomioon liitoksen sisäiset kitkat. Avaimessa on momenttianturi ja gyroskooppi. Se mittaa liitosta 1 khz:n taajuudella ja laskee momentti/kulma- tai momentti/aika käyrien muutoksia (kuvio 10). (Atlas Copco 2013.)



Kuvio 9. STwrench muistuttaa ulkoisesti elektronista momenttiavainta (Atlas Copco 2013).



Kuvio 10. Esimerkki STwrench-avaimella saadusta mittaustuloksesta (Atlas Copco 2013).

Avaimen käyttö ja liitoksen mittaaminen on melko yksinkertaista. Valikosta valitaan, mitä halutaan mitata ja tämän jälkeen avainta käännetään myötäpäivään niin pitkään, kunnes se osoittaa LED-valoilla sekä äänellä, että mittaus on saatu suoritettua. Mittaustulos ja lukemat jäävät avaimen näytölle ja ne voidaan myös siirtää avaimesta tietokoneelle. (Atlas Copco 2013.)

3 Momenttityökalut

Yleisimmin käytetty menetelmä ruuviliitosten hallituksi kiristämiseksi on momenttiperusteinen kiristysmenetelmä. Momenttiavaimia käytetään monenlaisissa sovelluksissa. Niillä mitataan ja tarkastetaan liitoksia sekä tuotetaan jatkuvasti muuttuvia momentteja että tiettyjä vakiomomentteja. Nykyisin momenttityökalujen valikoima on melko laaja. Valinta kuhunkin käyttökohteeseen parhaiten soveltuvaksi työkaluksi määräytyy käyttäjän vaatimusten ja toiveiden perusteella. Merkittäviä tekijöitä valintaan on yleensä monia ja tämän työn tarkoitus oli hieman helpottaa ja auttaa käyttäjää löytämään käyttökohteeseen parhaiten soveltuva työkalu. Käsiteltävät työkalut kuitenkin rajattiin käsi-, paineilma- ja sähkökäyttöisiin momenttiavaimiin. Lisäksi keskityttiin käsittelemään alan johtavien valmistajien Stahlwillen sekä Atlas Copcon työkaluja, sillä ne ovat momenttityökalujen osalta päämerkkejä Etrassa.

3.1 Käsikäyttöiset momenttiavaimet

Käsikäyttöiset momenttiavaimet ovat eniten käytettyjä momenttityökaluja. Mekaaniset momenttiavaimet luokitellaan kahteen eri malliin, osoittaviin- ja laukeaviin momenttiavaimiin (kuvio 11).

Laukeavat momenttiavaimet ilmaisevat esiasetetun momentin saavuttamisen yhdellä tai useammalla signaalilla. Nämä signaalit voivat olla kuuluvia, näkyviä, tuntuvia tai edellä mainittujen yhdistelmiä. Laukeavia momenttiavaimia käytetään useimmiten korjaus- ja huoltotoissa sekä kiristäessä liitoksia sarjatyönä. (Wihuri 2013.)



Kuvio 11. Esimerkki "click" laukeavista momenttiavaimista (Wihuri 2013).

Osoittavat momenttiavaimet (kuvio 12) ja –ruuvitaltat osoittavat saavutetun momenttitason useammalla eri tavalla. Yleisimpiä ovat avaimet, joissa on mittari, jonka osoitin toimii magneettisesti poikkeuttamalla ja momenttiavaimet joissa on elektroninen näyttö. Käyttökohteet ovat yksittäiset ruuviliitokset ja jo tehtyjen liitosten tarkastukset korjaamoissa, verstaissa ja vaihtelevissa tuotantoympäristöissä, mutta niitä käytetään myös sarjatuotannossa tietyissä sovelluksissa. (Wihuri 2013.)



Kuvio 12. Esimerkki osoittavasta momenttiavaimesta (Wihuri 2013).

3.1.1 Toiminta ja periaate

Momenttiavaimen on tarkoitus saavuttaa ja osoittaa halutut kiristysmomenttiarvot. Käsikäyttöiset momenttiavaimet ovat mekaanisia työkaluja ja kiristykseen käytettävä voima sekä hallinta tulevat käyttäjältä. Momenttiavaimella kiristetään liitosta aina niin pitkään, kunnes saavutetaan haluttu ja ennalta määritelty kiristysmomentti. Tällöin avain ilmoittaa rajan saavuttamisesta, joko osoittamalla tai jollain signaalilla.

Mahdolliset menetelmät, jolla saavutetaan mitatut ja kontrolloidut liitokset, ovat:

- esikuormitusvoimaan kiristetyt liitokset
- astekulmaan kiristetyt liitokset
- tiettyyn momenttiin kiristetyt liitokset.

3.1.2 Mallit

Stahlwillen momenttiavaimia löytyy sekä kiinteällä räikkäpäällä että vaihtopää ominaisuudella. Vaihtopääominaisuus lisää momenttiavaimen monikäyttöisyyttä ja mahdollistaa saman avaimen käytön useammassa erilaisessa kohteessa. Vaihtoavainpäitä löytyy lukuisia erilaisia (kuvio 13). Momenttiavaimia löytyy se-

kä säädettäviä että lukittavia malleja. Liitteessä 1 on esillä Stahlwillen momenttiavaimet sekä niiden avainvaihtopäät. (Wihuri 2013.)



Kuvio 13. Vaihtopääominaisuuden ansiosta yksi avain käy moneen kohteeseen (Wihuri 2013).

Säädettävään malliin käyttäjä voi itse määritellä haluamansa momentin, avaimen momenttirajojen puitteissa. Momentin säätömahdollisuuden ansiosta samaa avainta voi käyttää vaihtuville kiristysarvoille, mikä lisää avaimen käytettävyyttä, sillä momenttiarvon säätäminen käy nopeasti ja helposti.

Lukittuihin malleihin säädetään kiinteä momenttiarvo valmiiksi tarkastuslaitteella ja yhdellä avaimella kiristetään liitoksia aina samaan momenttiarvoon. Tällaiset avaimet ovat yleisiä ja tarkoitettu etenkin sarjatuotantoon

Elektronisten momenttiavaimien (kuvio 14) toiminta on täysin digitaalista. Mekaaninen osa suorittaa ainoastaan "laukaisu" äänen ja tuntuman. Avaimessa on laaja mitta-alue ja monipuoliset toiminnot. Avain on helppo säätää haluttuihin arvoihin, sekä siihen voidaan määrittää myös toleranssirajat, jolloin avain ilmoittaa kiristuksen onnistumisen. Kiristystulokset tallentuvat muistiin ja niitä voi dokumentoida tarvittaessa. Elektronisten avaimien avulla voidaan suorittaa myös momenttiarvoon ja astekulmaan kiristämistä. (Wihuri 2013.)



Kuvio 14. Elektroninen momenttiavain (Wihuri 2013).

Stahlwillen momenttiavaimen sisällä on ainutlaatuisen tarkka mittasauvaelementti (kuvio 15). Siksi avaimessa ei ole kierrejousia, mitkä aiheuttavat ajan kanssa epätarkkuuksia mittaustuloksissa. Yksi tärkeä ominaisuus tällä tekniikalla on se, että liitoksia voi myös avata Stahlwillen avaimilla, mikä ei ole suositeltavaa kierrejousia sisältäville avaimille. (Wihuri 2013.)



Kuvio 15. Stahlwillen momenttiavaimen sisärakenne (Wihuri 2013).

3.1.3 Edut, haitat ja rajoitteet

Käsi­käyt­toiset momenttiavaimet ovat kohtuullisen yksinkertaisia ja helppoja käyttää. Ne eivät tarvitse ulkopuolista voiman lähdettä, kuten ilmaa tai sähköä. Tämän vuoksi niiden käsiteltävyys on mielekästä, sillä letkut tai johdot eivät rajoita niiden käyttämistä. Lisäksi ne ovat usein kustannuksiltaan huomattavasti muita momenttityökaluja edullisempia. Edellä mainitut perusteet ovat yleisimpiä syitä, mitkä johtavat mekaanisten momenttiavaimien suosioon.

Avaimen monikäyttöisyyttä lisäävien vaihtoavainpäiden lisäksi on olemassa hitsausvaihtopäitä, joihin voi tarvittaessa liittää hitsaamalla millaisen avaimen tahansa. Näitä käytetään yleensä tilanteissa, jolloin tilat ovat niin ahtaita, ettei niissä sovi käyttää perinteisiä avainpäitä tai, jos joudutaan käyttämään niin erikoisia päitä, ettei niitä löydy normaalivalikoimasta. Mikäli avainpään kiristyspisteen etäisyys poikkeaa normaalista, on tämä otettava huomioon, sillä se vaikuttaa kiristysmomenttiin. Elektronisissa avaimissa riittää, kun avaimen kirjaa kiristyspisteen etäisyyden merkkipisteestä, jolloin avain osaa ottaa tämän huomi-

oon. Säädetäville avaimille on olemassa laskentakaava (liite 2), jonka avulla avaimen voidaan asettaa sellainen momenttiarvo, että itse kiristysmomentti tulisi olemaan toivotun mukainen. Lukittavissa avaimissa momenttiin säätö tehdään tällaisissa tilanteissa yleensä kalibrointipenkissä.

Käsi­käyt­ttöisiä momenttiavaimia löytyy kattava valikoima hyvin pienistä kiristysarvoista alkaen. Suurissa momenteissa alkaa vain tulla rajoitteita. Yleensä tällaisissa tapauksissa käytetään hyödyksi momentinkertoja.

Käsi­käyt­ttöiset momenttiavaimet ovat itsessään ja optimaalisessa kiristystilanteessa tarkkoja avaimia. Avaimen käyttö vaikuttaa hyvin paljon lopputuloksen tarkkuuteen. Avain ainoastaan ilmoittaa saavutetun momentin, mutta ei ehkäise ylikiristämistä. Laadukkaan lopputuloksen varmistamiseksi käyttäjiä olisi syytä opettaa kiristämään avaimella oikeaoppisesti sekä yhdenmukaisesti muiden käyttäjien kanssa. (Wihuri 2013.)

3.2 Paineilmatoimiset momenttityökalut

Paineilmatoimiset momenttityökalut toimivat nimensä mukaan paineilmalla. Näiden koneiden suosio perustuu usein siihen, että useasti yrityksillä on valmiina paineilmaverkko, josta koneille saadaan käytettävä ilma. Koneilla saadaan aikaiseksi nopeita kiristyksiä ja kone suorittaa suurimman osan kiristystyöstä, joten kiristystilanne ei vaadi niin paljoa fyysisiä ponnisteluja käyttäjältä. Paineilmakäyttöisissä kokoonpanotyökaluissa on hyvä teho-painosuhte. Lisäksi paineilmakäyttöiset momenttityökalut ovat toimintavarmoja, ne toimivat melko vaativissakin kohteissa ja käytössä sekä niiden elinkaari on oikein käytettynä pitkä.

Yleisesti paineilmakäyttöisten momenttityökalujen kiristystarkkuus vaihtelee mallista riippuen $\pm 3\%$:sta $\pm 30\%$:tiin, mutta iskevällä mutterinvääntimellä jopa $\pm 60\%$:tiin. On kuitenkin huomioitava, että paineen vaihtelut paineilmaverkossa vaikuttavat merkittävästi lopputulokseen. Myös koneelle tulevan ilman puhtaudesta on huolehdittava jonkinlaisella suodatusjärjestelmällä.

Paineilmakäyttöiset kokoonpanotyökalut voidaan jakaa seuraaviin ryhmiin:

- paineilmakäyttöiset iskevät mutterinvääntimet
- paineilmakäyttöiset mutterinvääntimet (sitkeävetoiset)
- paineilmakäyttöiset pulssityökalut
- paineilmakäyttöiset ruuvinvääntimet
- sähköisesti ohjatut paineilmakäyttöiset pulssityökalut.

3.2.1 Paineilmakäyttöiset iskevät mutterinvääntimet

Paineilmakäyttöiset iskevät mutterinvääntimet ovat tunnetuimpia paineilmatyökaluja (kuvio 16). Niitä käytetään monissa eri sovelluksissa, sillä ne ovat nopeita ja tehokkaita niiden painoon sekä kokoonsa nähden ja niillä voi saada aikaiseksi suuriakin kiristysmomenteja. Lisäksi ne ovat melko edullisia. Ne toimivat yksivasara- tai kaksoisvasara-iskumekanismeilla ja konemallista riippuen niille on määriteltä maksimimomentti, jonka niillä voi saavuttaa.

Iskevät mutterinvääntimet ovat siitä erikoisia työkaluja, että ne ovat vasaralla aiheutetun iskun vuoksi ”itseään kuluttavia” koneita. Iskevillä koneilla saavutetut momentit ovat riippuvaisia käyttäjästä, sillä kone lopettaa kiristämisen siinä vaiheessa, kun liipaisin vapautetaan. Näiden koneiden käyttöä ei voida suositella etenkin paikoissa, jossa vaaditaan tarkkoja kiristysmomenteja. Eräs merkittävä haittapuoli näillä koneilla on myös varsin korkea melutaso, jonka iskumekanismi aiheuttaa. Koneen aiheuttama isku voi välittyä koneesta kiristettävään kappaleeseen ja melutaso voi voimistua metallirakenteissa huomattavan korkeaksi. (Atlas Copco 2014a.)



Kuvio 16. Esimerkki iskevästä mutterinvääntimestä (Atlas Copco 2014a).

3.2.2 Paineilmakäyttöiset mutterinvääntimet

Toisin kuin iskevissä mutterinvääntimissä, sitkeävetoisilla mutterinvääntimillä (kuvio 17) voidaan päästä hyvinkin korkeisiin momenttitarkkuuksiin. Malleja löytyy useita erilaisia ja kohteen mukaan valitaan joko kulma-, suora- tai pistoolimalli. Lisäksi käytön mukaan valitaan, halutaanko kone suunnan vaihtominaisuudella ja halutaanko se pysäytystoiminnolla vai ei. Mutterinvääntimiä löytyy myös kaksoismoottorikonseptilla, mikä nopeuttaa esikiristystä ja säästää aikaa.

Sitkeävetoisiin mutterinvääntimiin säädetään valmiiksi koneen rajojen puitteissa kiristysmomenttiarvo, johon sillä halutaan päästä. Yksi tärkeä asia, mikä on syytä ottaa huomioon koneiden käyttöönottoa suunniteltaessa, on voiman vastaanotto. Tämä voima on yhtä suuri, kuin kiristysmomentti, jolla kone kiristää ruuvia. Nämä voimat ovat usein niin suuria, että niitä on mahdotonta ja jopa kiellettyä käyttäjän ottaa vastaan. Tämän vuoksi näiden koneiden kanssa käytetään hyvin usein vastinrautoja, joita voi muokkailla käyttökohteeseen sopivaksi. (Atlas Copco 2014b.)



Kuvio 17. Esimerkki sitkeävetoisesta mutterinvääntimestä vastinraudalla (Atlas Copco 2014b).

3.2.3 Paineilmakäyttöiset pulssityökalut

Paineilmakäyttöiset pulssityökalut (kuvio 18) säädetään valmiiksi tiettyyn momenttiarvoon ja niissä on hydraulisesti pulssimekanismilla tuotettu isku. Mallit ovat suorita tai pistoolinmallisia, lisäksi voi olla vielä sulkeutuvia eli pysähtyviä vaihtoehtoja. Nämä ovat nopeita, kepeitä ja tehokkaita työkaluja. Sulkeutuvissa malleissa ilmansyöttö katkeaa välittömästi, kun esisäädetty momentti on saavu-

tettu ja näin minimoidaan käyttäjän vaikutuksia liitoksen lopputulokseen. Muita etuja ovat tasainen kiristysmomentti, käyttövarmuus, vähäinen kuluminen, pienet reaktiivoimat ja hiljainen käyntiääni. (Atlas Copco 2014c.)



Kuvio 18. Esimerkki paineilmatoimisesta pulssityökalusta (Atlas Copco 2014c).

3.2.4 Paineilmakäyttöiset ruuvinvääntimet

Paineilmakäyttöisiä ruuvinvääntimiä (kuvio 19) käytetään erityisesti pienille ruuveille ja pienille momenteille. Niissä on yleensä tarkka ja nopea sulkukytin ja niitä löytyy kulma-, pistooli- ja suoriamalleja. Paineilmakäyttöiset ruuvinvääntimet ovat pienikokoisia ja helppokäyttöisiä. Suurempien ruuvinvääntimien kanssa suositellaan käytettäväksi momenttivarsia, jotka ottavat voimia vastaan ja parantavat työergonomiaa. (Atlas Copco 2014d.)



Kuvio 19. Esimerkki paineilmakäyttöisestä ruuvinvääntimestä (Atlas Copco 2014d).

3.2.5 Sähköisesti ohjatut paineilmakäyttöiset pulssityökalut

Atlas Copcolla sähköisesti ohjattua paineilmakäyttöistä pulssityökalua (kuvio 20) kutsutaan Pulsor C -järjestelmäksi. Se sisältää kaikki impulssityökalun hyödyt sekä sähköisen kokoonpanojärjestelmän älykkäät toiminnot. Pulsor C on nopea, kevyt, pienikokoinen, tehokas ja hiljainen. Mutterinvääntin toimii paineilmalla, mutta sitä ohjataan sähköisesti ohjausyksikön avulla. Ohjausyksikön määrittämään liitokselle sopivat parametrit ja yksikkö tallentaa ja analysoi kiristyksiä. Pulsor C valvoo momenttitasoa, jonka vuoksi liitokseen käytetään aina oikeaa kiristysmomenttia. (Atlas Copco 2014e.)



Kuvio 20. Esimerkki sähköisesti ohjattusta paineilmakäyttöisestä pulssityökalusta (Atlas Copco 2014e).

3.3 Sähkökäyttöiset momenttityökalut

Sähköisiin kokoonpanotyökaluihin kuuluvat akkukäyttöiset mutterinvääntimet, sekä sähkökäyttöiset mutterin- ja ruuvinvääntimet. Työkalut ovat varustettu älykkäillä ohjelmilla sekä ohjelmistoilla ja niitä ohjataan ohjaimen avulla. Tällä Atlas Copcon Tensor -nimisellä sarjalla saa katettua kaikki vaatimukset kriittisissä kiristyssovelluksissa. Sähköisillä kokoonpanotyökaluilla voidaan lisätä tuottavuutta, sillä ne ovat nopeita ja helppoja käsitellä. Merkittävin etu muihin momenttityökaluihin nähden on kuitenkin niillä saavutettava laatu. Työkalut opastavat käyttäjää ilmoittaen signaalein kiristyksen onnistumisesta. Myös kiristystapahtumien analysointi ja dokumentointi on omaa luokkaansa. (Atlas Copco 2014f.)

3.3.1 Ohjaimet

Ohjainyksikkö (kuvio 21) valitaan aina käytettävän työkalun mukaan, mutta yhteistä näille kaikille yksiköille on se, että niillä ohjataan työkalun toimintaa kullekin liitokselle säädetyllä kiristysparametrilla. Ohjainyksikkö ohjaa ja valvoo kiristyksen onnistumisen, analysoi sekä tallentaa mittaustulokset. (Atlas Copco 2014g.)



Kuvio 21. Esimerkki ohjainyksiköstä (Atlas Copco 2014g).

3.3.2 Sähkö- ja akkukäyttöiset mutterinvääntimet

Sähkökäyttöisiä mutterinvääntimiä (kuvio 22) on olemassa suora-, kulma-, pistooli-, putkimutteri- sekä crowfoot-mallisena ja akkukäyttöisinä kulma- sekä pistoolimalli. Vääntimen koko määräytyy koneelta vaadittavan momenttitason mukaan ja malli päätetään käyttökohteen ja työskentelyergonomian mukaan. Sähkökäyttöisten koneiden ominaisuuksiin ja etuihin kuuluu nopeus, mikä lisää tuottavuutta, sekä kepeys, joka parantaa ergonomiaa ja lisää käyttömukavuutta. Sisäinen väyläliikenne mahdollistaa älykkäiden lisälaitteiden käytön, kuten viivakoodinlukijan vääntömomentin valitsimen. Laitteeseen voidaan ohjelmoida valmiiksi kaikkien kiristyskohteiden kiristysparametrit momentti- ja mahdollisine kulma-arvoineen ja tämän jälkeen kone valvoo, että kaikki kohteeseen määritellyt kiristykset on suoritettu hyväksytysti. (Atlas Copco 2014h.)



Kuvio 22. Esimerkki sähkökäyttöisestä kulmamallisesta mutterinvääntimestä (Atlas Copco 2014h).

3.3.3 Sähkökäyttöiset ruuvinvääntimet

Sähkökäyttöiset ruuvinvääntimet (kuvio 23) ovat suunniteltu kokoonpanoon alhaisille kiristysmomenteille. Atlas Copcon EBL-sarja on suunniteltu käytettäväksi myös sähkökomponenttien yhteydessä ja niillä on ESD-sertifiointi. Ruuvinvääntimissä on hiiliharjaton moottori, mikä takaa pitkän kestoiän ja alhaisen huoltotarpeen. Koneet ovat pieniä, kepeitä ja niiden melutaso on alhainen. Pehmeä käynnistysominaisuus auttaa ruuvia tarttumaan kierteisiin ja kytkin on suunniteltu siten, että se takaa tasaisen ja tarkan kiristysmomentin. Lisäksi Atlas Copcon valikoimasta löytyy Micro Torque -ruuvinvääntimet, joiden momentit alkavat jopa 0,5 Ncm:stä sekä Tensor -sarja, mitä ohjataan älykkäillä ohjaimilla. (Atlas Copco 2014i.)



Kuvio 23. Esimerkki sähkökäyttöisistä ruuvinvääntimistä (Atlas Copco 2014i).

4 Oikean työkalun löytäminen

Oikeanlaisen työkalun löytyminen kuhunkin kohteeseen on lähes aina tapauskohtaista. Valintaprosessiin vaikuttaa monet eri tekijät, mutta yleisimmät näistä ovat tarkkuus, käytännöllisyys ja tehokkuus, mutta valitettavasti rajoittavana tekijänä ovat useasti myös kustannukset.

4.1 Vertailu

Opinnäytetyötä varten järjestettiin testi, missä vertailtiin erilaisia avaimia, joita käytetään yleisesti liitosten kiristämisessä. Mahdollisuus tämän testin suorittamiseen tarjoutui paikallisessa yrityksessä, jossa laatu on merkittävässä roolissa ja momenttiin kiristäminen kuuluu yhtenä osana heidän valmistusprosessiinsa.

4.2 Testauksen tavoitteet ja sen kuvaus

Testauksen tavoitteena oli tuoda esille eri avaimien välisiä eroja. Yksi tarkastelun kohde oli itse kiristystapahtuma. Tässä kiinnitettiin huomiota etenkin seuraaviin asioihin:

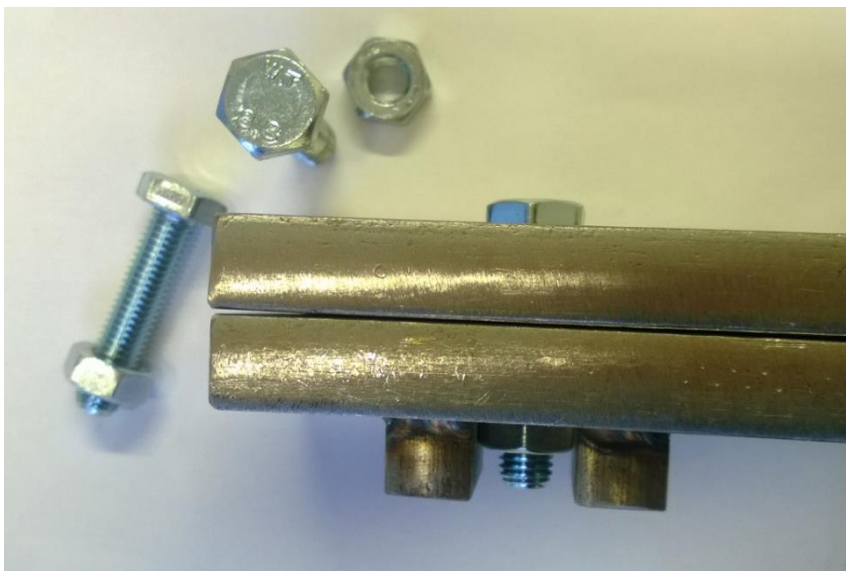
- millaista on avaimien käyttö
- miten käyttäjän suoritus vaikuttaa lopputulokseen
- onko käytön opastuksella merkitystä lopputulokseen.

Toinen tarkastelun kohde oli lopputulos, eli kuinka paljon mitattu jäännösmomentti poikkesi tavoitellusta kiristysmomenttiarvosta.

Testiä varten tehtiin liitospalat (kuva 2), jotka kiristettiin yhteen yhdellä DIN 933-8.8 M10X50 -ruuvilla. Tavoitemomentti oli 45 Nm. Testissä käytettävät avaimet olivat:

- 17 mm kiintolenkkiavain
- käsikäyttöinen momenttiavain, Stahlwille Manoskop 730N
- elektroninen momenttiavain, Stahlwille Mansokop 730D
- ½” akkukäyttöinen pyöröiskuväännin

- Ergopuls EP 7PTX55 HR10-AT
- LSV kulmaväännin LTV 39R56-13.



Kuva 2. Testausta varten tehty liitos (Kuva: Markus Hietala).

Kiristysten välissä vaihdettiin ruuvia ja mutteria, jotta mahdolliset muutokset kierteissä eivät vaikuttaisi lopputulokseen. Liitoksen jäännösmomentin mittaussuoritettiin Atlas Copcon STwrench avaimella ja tulokset dokumentoitiin Excel-taulukkoon.

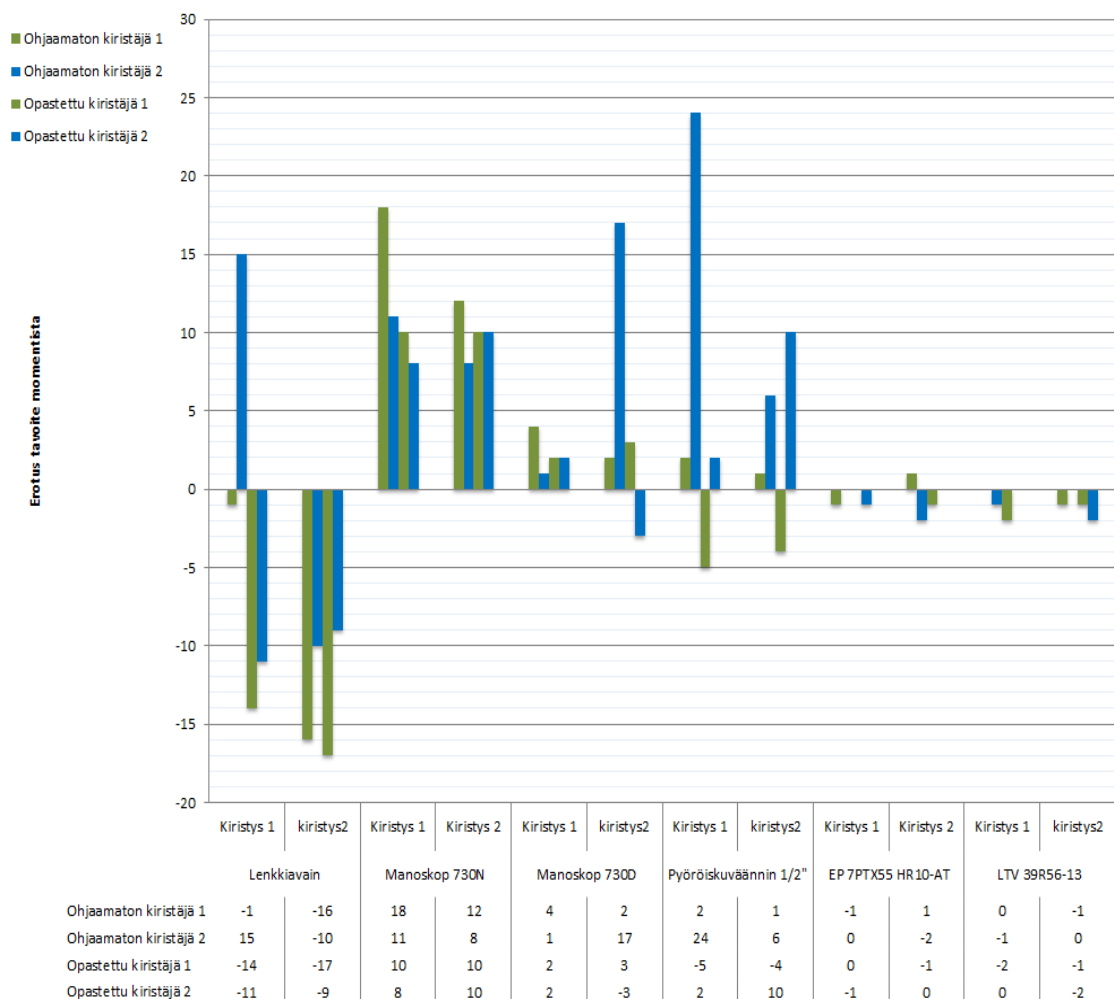
Henkilöt valittiin testiin siten, että toisella heistä oli ennestään paljon kokemusta momenttiin kiristämisestä ja toinen henkilö oli vasta aloittanut työelämässä ja kokemus momenttiin kiristämisestä oli vähäinen. Ensimmäisellä kierroksella testin suorittajat saivat itsenäisesti kiristää liitosta kaksi kertaa peräkkäin kullakin avaimella. Toinen kierros oli muutoin sama, mutta tälle kierrokselle opastettiin avaimien oikeaoppinen käyttö.

Odotusarvona ennen testiä oli oletamus, että kiintolenkkiavaimella ja pyöröiskuvääntimellä (iskevä mutterin väännin) jäätäisiin tavoitemomentista kauas, sekä hajonta kiristysten välillä olisi suurta. Käsikäyttöisillä momenttiavaimilla puolestaan päästäisiin viimeistään opastuksen jälkeen lähelle tavoitemomenttia, ja valmiiksi momenttiin säädetyt paineilmakoneet olisivat kaikilla kiristyskerroilla

lähellä tavoitetta ja käytönopastuksella ei olisi olennaisesti merkitystä lopputulokseen.

4.3 Tutkimustulokset ja analysointi

Testissä saadut tulokset eli jäännösmomentit kirjattiin Exceliin, jossa laskettiin erotusta 45 Nm tavoitemomentista. Mittaustuloksista tehtiin diagrammi (kuvio 24), josta on visuaalisesti helpompi havainnoida tuloksia.



Kuvio 24. Testauksen jäännösmomentin erotus tavoitemomentista 45 Nm (Markus Hietala).

Kiintolenkkiavain ei osoita mitenkään momenttia, vaan tavoitetuloksen saavuttaminen on hyvinkin sattumanvaraista ja täysin käyttäjästä kiinni. Lisäksi kiinto-

lenkkiavaimen lyhyt vääntövarsi tuo oman haasteensa, sillä jo 45 Nm momentti vaatii jo melkoisen paljon vääntämistä. Kiintolenkkiavaimella suoritettujen kiristysten tulokset olivat odotetun mukaisia ja hajonta oli melkoinen, sekä tavoitemomentista jäätiin selkeästi, pois lukien kokeneemman kiristäjän ensimmäistä kiristystä, mikä ei jäänyt kuin yhden yksikön päähän tavoitteesta.

Käsi käyttöisen momenttiavaimen Manoskop 730N -tulokset olivat myös odotusten mukaiset. Momenttiavain kyllä ilmoitti, milloin tavoitemomentti on saavutettu, mutta jokainen kiristys meni noin 10 Nm liian suureksi. Yllättävää oli se, ettei edes käytön opastuksella ollut merkitystä lopputulokseen. Tultiin siihen tulokseen, etteivät aivot ennätä antaa kädelle tarpeeksi nopeasti signaalia liikkeen pysäyttämiseksi, kun napsahdus avaimessa tuntuu ja kuuluu. Mielenkiinnon vuoksi avainta kokeiltiin säätää 35 Nm lukemaan, ja tämän jälkeen lähes kaikki kiristykset sattuivat lähelle tavoitemomenttia.

Elektroninen Momenttiavain Manoskop 730D osoittautui yllättävän tarkaksi avaimeksi ja tuloksissa päästiin lähelle tavoitemomenttia. Mietittiin mistä tämä ero voi johtua mekaaniseen 730N avaimeen verrattuna, sillä merkinapsahdus on molemmissa avaimissa samanlainen. Tultiin siihen lopputulokseen, että kun kiristäjä voi koko kiristystilanteen ajan seurata digitaaliselta näytöltä nousevaa momenttilukemaa yhdistettynä äänisignaaliin, on huomattavasti helpompaa reagoida napsahdukseen, kun siihen osaa varautua. Myös digitaalisen näytön valosignaalit auttavat visuaalisesti havainnointia.

Akkukäyttöinen pyöröiskuväännin eli iskevä mutterinväännin teki melkoisen yllätyksen tarkkuudellaan. Tosin lopputulokseen vaikutti hyvin merkittävästi ensimmäisen kiristäjän huomattava kokemus. Hän osasi säätää koneen herkimmälle ja kiristi ruuvia vain muutaman iskun ajan. Ensimmäisen kiristystuloksen näkemisen jälkeen oli helppo toistaa samankaltaisia kiristyksiä. Tuli vahva uskomus siitä, että jos kiristäjä ei olisi päässyt itse näkemään kiristystuloksia, olisi vaihtelu ollut huomattavasti suurempaa ja ylikiristämisen riski huomattava.

Paineilmakäyttöisen pulssityökalun EP:n ja kulmaväännin LTV:n kanssa oli aluksi hieman ongelmia. Vaikka koneet olivat säädetty dokumentoidusti Atlas Copcon testipenkissä tarkasti lukemaan 45 Nm, oli asiakkaan tiloissa suoritettu tulos poikkeava. Koneet tekivät tarkkoja kiristyksiä, mutta väärään momenttiin. Tähän löydettiin selitys siitä, että asiakkaan paineilmaverkosta tullut ilma tuli eri

paineella ja ilmamäärällä, mille koneet olivat säädetty. Tämä oli hyvä esimerkki siitä, miksi liitosten kiristysten tarkastelu ja koneiden säätäminen liitoskohtaisesti on ensiarvoisen tärkeää, mikäli halutaan päästä tavoiteltuun ja laadukkaaseen lopputulokseen. Koneet säädettiin paikan päällä uudelleen ja tämän jälkeen tulokset olivat tavoitteiden mukaisia.

Testin suorittaneen, kokeneen ja kokemattomamman henkilön välillä oli selkeä ero, niin avaimien käytössä kuin tuloksissakin. On melko varmaa, että monissa yrityksissä on vastaava tilanne, että kiristystä suorittavien henkilöiden kokemus ja taito vaihtelee. Tämän vuoksi olisi suotavaa pyrkiä käyttämään sellaisia momenttityökaluja sekä kiristystapoja, joilla saavutetaan lähes identtisiä kiristystuloksia, kiristäjästä riippumatta.

5 Ohjeistus

Tähän asti opinnäytetyön esitys on keskittynyt hyvin pitkälle kiristystapahtuman teoriaan, laatuun ja työkaluihin. Seuraavaksi pyrkimyksenä olisi tuoda esille, kuinka tätä tietoa voisi soveltaa käytännössä ja käyttää hyödyksi asiakaspinnassa. Se tosiasia on tietenkin olemassa, että kaikki tapaukset ovat hieman erilaisia, eikä ole olemassa yhtä oikeaa ratkaisua ja toimintamallia, mutta soveltaen ja tätä työtä apuna käyttäen voidaan saavuttaa hyötyä sekä itselle että asiakkaalle.

5.1 Asiakkaat

Kun ymmärtää hieman enemmän kiristystapahtumasta ja siihen liittyvistä asioista, huomaa helpommin, kuinka paljon eri yrityksistä löytyy potentiaalisia kohteita, joissa voisi soveltaa erilaisia momenttiavaimia. Yleensä momenttiavaimia myydään asiakkaille, heidän omasta pyynnöstään ja tarpeidensa mukaan. Lähestymällä asiakasta ja tarjoamalla ratkaisuja laadun- sekä tuottavuuden parantamiseen, saadaan syvennettyä yhteistyötä ja molemmat voivat saavuttaa taloudellisesti merkittäviä hyötyjä. Aluksi olisi hyvä kartoittaa asiakaskuntaa, niin olemassa olevia kuin myös uusia mahdollisia asiakkuuksia. Mahdollisia asiakkaita ovat kaikki, jotka ovat tekemisissä kiristettävien liitosten ja kiinnitystarvikkeiden kanssa. Tietenkin kokoonpanoteollisuus on kaikista potentiaalisin vaihtoehto, mutta myös kunnossapidossa, valmistavissa yrityksissä, autokorjaamoilla ja rakennusteollisuudessa löytyy tarpeita momenttiavaimille. Suomesta ei löydy varmasti yhtään yritystä joka voisi sanoa, että heidän laatunsa on niin hyvä, ettei sitä voi tai kannata enää parantaa.

5.1.1 Prosessin ymmärtäminen ja alustava kartoitus

Kun asiakas, kenen kanssa halutaan kehittää yhteistyötä, on valikoitu, on syytä ottaa huomioon muutamia, seuraavaksi esille tulevia seikkoja. Yksi tärkeimmistä on asiakkaan prosessin ymmärtäminen. Mikäli asiakas ja heidän prosessinsa ei ole ennestään hyvin tiedossa, olisi suotavaa tehdä hieman taustatyötä ja sel-

vittää, mitä yrityksessä tehdään. Myös yritysesittelyn pyytäminen ja kysymysten esittäminen suoraan asiakkaalta, on osoitus mielenkiinnosta, jota asiakas osaa varmasti arvostaa. Samalla kun selvitetään, mitä yrityksessä tehdään, kannattaa kiinnittää huomioita, miten ja kuinka se tällä hetkellä toteutetaan.

Kun asiakas ja heidän prosessinsa ovat tulleet tutuksi, olisi hyvä selvittää heidän tavoitteitaan. Etenkin seuraaviin asioihin on syytä kiinnittää huomiota:

- Onko jo olemassa olevia ongelmia, joihin toivotaan ratkaisuja
- Halutaanko kehittää ja parantaa työturvallisuutta ja työterveyttä
- Onko laatuongelmia ja halutaanko laatua parantaa
- Halutaanko työtä ja tahtiaikoja tehostaa.

Edellä mainitut seikat herättävät varmasti asiakkaan mielenkiintoa, sillä niillä voidaan saavuttaa kustannussäästöjä sekä saada taloudellista hyötyä yritykselle.

5.2 Lähestyminen ja kontaktit

Sen lisäksi että itse ymmärtää kiristysprosessin ja niissä käytettävät työkalut, olisi ensisijaisen tärkeää saada myös asiakas näistä asioista tietoiseksi. Tähän aihealueeseen liittyy niin paljon erilaisia huomioon otettavia asioita ja haasteita, että niiden esittäminen voi koitua melko haasteelliseksi niin, että asiakkaan ymmärrys ja kiinnostus pysyvät tallella. Tämän vuoksi olisi suotavaa saada jollain keinolla asiakas kiinnostumaan ja innostumaan itse tästä aiheesta. Näinä niin sanottuina ”motivaattoreina” toimivat hyvin usein laadun ja työergonomian parantaminen sekä tuotannon tehostaminen.

Kiristystyökalujen parissa suoritettavat projektit voivat olla hyvinkin aikaa vieviä ja haastavia, etenkin silloin, jos kyseessä on isommat kokonaisuudet. Tällaisten työkalujen hankinnat voivat olla suuria investointeja ja hankkijaosapuoli täytyy saada vakuuttuneeksi työkaluilla saavutetuista hyödyistä. Yksi merkittävä tekijä tällaisissa projekteissa on saavuttaa asiakkaan luottamus. Se ei välttämättä onnistu hetkessä ja voi olla, että ennen kuin päästään kiinni isompiin yhteistyöhankkeisiin, joudutaan osoittamaan luotettavuutta ja osaamista pienemmillä toimilla. Myyjän kannalta olisi kuitenkin kaikista paras tilanne päästä sellaiseen

asemaan, missä ei ole enää kilpailua muiden toimijoiden kanssa. Tällöin välttään hintojen polkemiselta, jonka seurauksena hyvin usein lopputulos kärsii eikä se palvele toivotulla tavalla asiakasta kuin myyjääkään. Aseman jossa ei ole enää kilpailua, voi saavuttaa joko tarjoamalla sellaisia ratkaisuja tai tuotteita, joita muilla ei ole tai sitten saavuttaa niin suuri luottamus asiakkaan silmissä, etteivät he pidä kilpailuttamista enää tarpeellisena.

Ei ole myöskään ihan yhdentekevää, että kenen kanssa projekteja lähdetään viemään eteenpäin. Esimerkiksi hyvin helposti voi käydä sellainen tilanne, että työkaluja esitellään pelkästään niiden käyttäjille. Ja vaikka heidän käyttökokeuksensa olisivat kuinka positiivisia tahansa, voi kaupan eteneminen katketa yrityksen ostajaan ja hinnoitteluun, sillä hankintatoimella ei välttämättä ole täyttä ymmärrystä työkaluilla saavutetuista eduista. Jotta voitaisiin välttyä hinnoittelun tuomista haasteista, olisi syytä saada kontakteja ja päästä esittelemään asiaa yrityksessä niille henkilöille, jotka ovat hierarkiassa mahdollisimman ylhäällä. Korkeammalta taholta tullut impulssi saada asioita kuntoon, johtaa yleensä paljon parempaan lopputulokseen. Laativastaavat, työturvallisuusvastaavat ja kehitysvastaavat ovat yleensä yrityksissä sellaisia tahoja, joiden kautta projekteja on helpompi lähteä viemään eteenpäin. (Karlsson 2013b.)

5.3 Työkalut onnistuneeseen lopputulokseen

Kiristys- ja kokoonpanotyökalujen valikoima on melko iso ja niihin liittyvät asiat voivat olla haastavakin kokonaisuus ymmärtää niin asiakkaalle kuin myyjälle. Tämän vuoksi myyjä voi ja on hyväkin turvautua päämiesten käyttöön tilanteissa, jotka eivät ole täysin itsestään selvyyskysymyksiä. Päämiehiltä löytyy kuitenkin viimekädessä paras tietämys omista tuotteistaan.

Hyväksi havaittu tapa esitellä tuotteita on demot eli testaukset. Näissä asiakkaalle tarjotaan mahdollisuus tutustua työkalujen toimintaan ja vakuuttua niiden toiminnasta. Tämän kaltainen toiminta on huomattavasti avartavampi ja uskottavampi kokemus asiakkaalle kuin esitteestä myyminen. Hyvin monesti tällaisissa demoissa ilmenee mahdolliset ongelmat ja voidaan löytää kohteeseen parhaiten soveltuva ratkaisu.

Laatuvastaavien asettamien kriteerien ja vaatimusten pohjalta on helppo lähteä kartoittamaan oikeanlaisia työkaluja kuhunkin kohteeseen, kiristykseltä vaaditun tarkkuuden ja toleranssien perusteella. Jäännösmomenttien mittaaminen auttaa valittaessa uusia työkaluja tai tarkastellessa sen hetkistä tilannetta.

Sen lisäksi että asiakkaalle tarjotaan teknistä tukea ja apua ongelmatilanteissa, olisi syytä pyrkiä tarjoamaan laajempia kokonaisuuksia. Tulisi esimerkiksi olla mukana jo suunnittelu -ja tuotekehitysvaiheessa sekä ylläpitää huoltopalveluiden avulla koneiden kuntoa ja olla tukena kaikissa tarvittavissa asioissa. On hyvä muistaa, että yhteydenpito ei saa katketa tapahtuneisiin työkalukauppoihin, vaan seuranta ja kontaktien ylläpitoa täytyisi ylläpitää jatkossakin, jotta saavutettu luottamus säilyisi.

6 Pohdinta

Opinnäytetyöstä oli alun perin tarkoitus tulla hieman erilainen. Lähtökohtaisesti lähdin tavoittelemaan sellaista työtä, jonka lopputuloksena olisi ollut valintatyökalu, jonka avulla olisi voinut rajaavien kysymysten perusteella valita oikeanlainen momenttityökalu kuhunkin kohteeseen. Työn edetessä käsitykseni kuitenkin muuttui ja huomasin, ettei tavoiteltu valintaopas ole niin palveleva kuin miltä se kuulostaa. Todennäköisesti rajausten perusteella valikoituvalta avaimelta olisi toivottu löytyvän kaikkia mahdollisia ominaisuuksia ja tämän jälkeen hanke olisi kaatunut hintaan. Opinnäytetyön pohjalla on yleensä jokin ongelma, johon haetaan ratkaisua. Käsitellessäni työni teoriaa huomasin, että ehkä suurin ongelma on juuri kiristysprosessin ymmärtäminen. Mielestäni työni tärkein tehtävä on auttaa myyjää sekä asiakasta ymmärtämään kiristystapahtuman periaatteet. Kun molemmat osapuolet ovat tietoisia työkalujen laatuvaikutuksista, on huomattavasti helpompaa lähteä etsimään yhdessä kuhunkin tilanteeseen vaatimuksen mukaisia ratkaisuja.

Vaikka opinnäytetyöstä ei tullutkaan alkuperäisen suunnitelman mukainen, olen silti tyytyväinen lopputulokseen. Mielestäni oli oikea ratkaisu käsitellä momenttiin kiristämisen teoriaa laajemmin, sillä uskon työni palvelevan ja hyödyntävän kohderyhmää tällaisenaan paljon paremmin.

Sain työtäni varten apua ja tukea Atlas Copcolta sekä Wihurilta / Stahlwilleltä, ja siinä on käytetty paljon hyväksi heidän tekemiään tutkimuksiaan ja esittelyjä. Heiltä saatu tieto oli työni onnistumisen kannalta ensiarvoisen tärkeää, sillä aiheesta on loppujen lopuksi yllättävän vähän tietoa, tai ainakin luotettavien lähteiden ja tutkimusten löytäminen on vähintään haastavaa. Sain kyseisten yritysten asiantuntijoilta neuvoja ja he ovat tarkastelleet työtäni. Tämän vuoksi työni tuloksia voi pitää luotettavina.

Aihealueen laajuuden vuoksi jouduin jättämään myös hyvin paljon asioita käsittelemättä, joten työtä voisi tarvittaessa jatkaa laajentamalla sitä. Mielestäni yksi merkittävimpiä ja mielenkiintoisimpia esille tulleita asioita työni aikana oli Tom Karlssonin esitys ja näkemykset myyntistrategiasta. Samat periaatteet pätevät myös muissakin kuin pelkästään työkalujen myynnissä, joten niistä voisi saada hyötyä myös muuhun myyntityöhön.

Valitsin tämän opinnäytetyöni aiheen osittain siitä syystä, että olin ollut jo ennestään jonkin verran tekemisissä momenttityökalujen kanssa ja pidin aihetta kiinnostavana. Olin siinä käsityksessä, että minulla on jo ennestään paljon tietoa aiheesta ja sen käsittely tulisi olemaan suhteellisen helppoa. Nämä käsitykset osoittautuivat kuitenkin hyvin nopeasti vääriksi. Välistä tuntui siltä, että mitä enemmän hankin tietoa, sitä vähemmän enää ymmärsin. Kesti jonkin aikaa, ennen kuin palaset alkoivat loksahdella paikalleen ja aloin pikku hiljaa ymmärtämään momenttiin kiristämisen periaatteita. Koin oppineeni tätä opinnäytetyötä tehdessäni todella paljon ja toivoisin sen olevan hyödyksi myös muille sekä herättävän uusia ajatuksia ja ideoita.

Lähteet

- Atlas Copco. 2013. STwrench_STanalyser. PowerPoint-esitys. Koulutusmateriaali.
- Atlas Copco. 2013a. Internet sivusto. Paineilmakäyttöiset iskevät mutterinvääntimet.
<http://www.atlascopco.fi/fius/products/navigationbyproduct/ProductGroup.aspx?id=1401304> 10.12.2013.
- Atlas Copco. 2013b. Internet sivusto. Paineilmakäyttöiset mutterinvääntimet.
<http://www.atlascopco.fi/fius/products/navigationbyproduct/ProductGroup.aspx?id=1401320> 10.12.2013.
- Atlas Copco. 2013c. Internet sivusto. Paineilmakäyttöiset pulssityökalut.
<http://www.atlascopco.fi/fius/products/navigationbyproduct/ProductGroup.aspx?id=1401333> 12.12.2013.
- Atlas Copco. 2013d. Internet sivusto. Paineilmakäyttöiset ruuvinvääntimet.
<http://www.atlascopco.fi/fius/products/navigationbyproduct/ProductGroup.aspx?id=1401349> 12.12.2013.
- Atlas Copco. 2014e. Internet sivusto. Työkalut (ohjatut pulssityökalut).
<http://www.atlascopco.fi/fius/products/navigationbyproduct/ProductGroup.aspx?id=1494527> .02.01.2014.
- Atlas Copco. 2014f. Internet sivusto. Sähkökäyttöiset kokoonpanotyökalut.
<http://www.atlascopco.fi/fius/products/navigationbyproduct/ProductGroup.aspx?id=1401261> 03.01.2014.
- Atlas Copco. 2014g. Internet sivusto. Ohjaimet (sähkökäyttöiset kokoonpanotyökalut).
<http://www.atlascopco.fi/fius/products/navigationbyproduct/ProductGroup.aspx?id=1401262> 07.01.2014.
- Atlas Copco. 2014h. Internet sivusto. Sähköiset mutterinvääntimet.
<http://www.atlascopco.fi/fius/products/navigationbyproduct/ProductGroup.aspx?id=1401319> 07.01.2014.
- Atlas Copco. 2014i. Internet sivusto. Sähköiset ruuvinvääntimet.
<http://www.atlascopco.fi/fius/products/navigationbyproduct/ProductGroup.aspx?id=1401348> 07.01.2014.
- Bolted nro 2. 2013. Ruuvilukituksen optimointi – Nord-Locin asiakaslehti. VTT Grafiska.
- Etola-yhtiöiden internet sivusto 2014a. Etola-yhtiöt. <http://www.etola.fi/fi/etusivu-fi/etola-yhtiot/> 20.01.2014.
- Etola-yhtiöiden internet sivusto. 2014b. Historia. <http://www.etola.fi/fi/etusivu-fi/historia/> 20.01.2014.
- Etra Oy sisäinen Intranet sivusto. 2013.

- Etra Oy. Internet sivusto. Yritysinfo 2014. <http://www.etra.fi/fi/Yritys/yritysinfo/> 20.01.2014.
- Falgentraeger, J. & Karlsson, T. 2013. Kokoonpanotekniikka_Tight & Right. Atlas Copco PowerPoint-esitys. Koulutusmateriaali.
- Hautala, M & Peltonen, H. 2003. Insinöörin (AMK) Fysiikka Osa 1. Jyväskylä. Lahden Teho-Opetus Oy.
- Karlsson, T. 2013a. Toimitusjohtaja. Atlas Copco Tools Suomi. Koulutustilaisuus 18.04.2013.
- Karlsson, T. 2013b. Toimitusjohtaja. Atlas Copco Tools Suomi. Asiantuntia haastattelu. 06.11.2013.
- Nord-Lock. Internet sivusto. Puristusvoimataulukko. <http://www.nord-lock.com/fi/products/wedge-locking/washers/torque-guidelines/> 20.02.2014.
- Loctite European Group. 1995. Loctite Worldwide Design Handbook. 1997/97 Edition. Mainz, Germany. Erasmusdruck GmbH.
- Loctite European Group. 1998. Loctite Worldwide Design Handbook. 2.painos. Mainz, Germany. Erasmusdruck GmbH.
- Salmivaara, J. 2013 Esijännitys. Wihuri Oy PowerPoint-esitys. Koulutusmateriaali.
- Stahlwille. 2012. Vääntömomentti. Wuppertal. Eduard Wille GmbH & Co KG Wihuri. 2013. Momenttiprosessi. PowerPoint-esitys. Koulutusmateriaali.

Mikä avainpää sopii mihinkin momenttiavaimeen?

714 Sähkömekaaniset momentti- ja astekulmaohjatut momenttiavaimet MANOSKOP®, osoittava ja laukeava malli



713R Elektroninen, astekulmaa mittaava momenttiavain Sensotork®, osoittimella



730D MANOSKOP®, momenttiavain huolto- ja tuotantokäyttöön – osittava ja laukeava malli



730N MANOSKOP®, säädettävä ja laukeava momenttiavain kunnossapitotyöhön



730 MANOSKOP®, säädettävä ja laukeava momenttiavain kunnossapitotyöhön































755 MANOSKOP®, kiinteästi säädetty ja laukeava momenttiavain sarjatuotantoon



71 Momenttiavain MANOSKOP®, osoittimella



																					
Nro.			7250A	7250A	7250A	7250A	725B	725L/5	725/4	735/5	735/10	735/20	735/40	735/65	735/80	734/4	734/5	734/10	734/20	734/40	734/80
koko	koko	mm	4	5	10	20															
1	—	9x12	•	•	•		•	•	•	•	•					•	•	•			
2	a/2	9x12	•	•	•		•	•	•	•	•					•	•	•			
4	a/4	9x12	•	•	•		•	•	•	•	•					•	•	•			
5	a/5	9x12	•	•	•		•	•	•	•	•					•	•	•			
6	—	9x12	•	•	•		•	•	•	•	•					•	•	•			
10	a/10	9x12		•	•			•		•	•						•	•			
12	a/12	14x18				•						•	•	•					•	•	
20	a/20	14x18				•						•	•	•					•	•	
30	—	14x18				•							•	•					•	•	
40	a/40	14x18											•	•						•	•
65	—	14x18											•	•						•	•
80	—	24,5x28												•							•

																		
Nro.			734F	734L/5	731/10	731/40	731/80	732/10	732/40	732/80	732/10	732TX/10	732TX/40	733/10	736/10	736/40	737/10	737/40
koko	koko	mm																
1	—	9x12	•	•	•			•			•	•		•	•		•	
2	a/2	9x12	•	•	•			•			•	•		•	•		•	
4	a/4	9x12	•	•	•			•			•	•		•	•		•	
5	a/5	9x12	•	•	•			•			•	•		•	•		•	
6	—	9x12	•	•	•			•			•	•		•	•		•	
10	a/10	9x12	•	•	•			•			•	•		•	•		•	
12	a/12	14x18				•			•				•			•	•	•
20	a/20	14x18				•			•				•			•	•	•
30	—	14x18				•			•				•			•	•	•
40	a/40	14x18				•			•				•			•	•	•
65	—	14x18				•			•				•			•	•	•
80	—	24,5x28					•			•			•			•		•

730D Elektroninen momenttiavain, vaihtopääkiinnityksellä

730D/20



Code	koko				Asetus-/näyttöresoluutio Nm	ft.lb	in.lb		b mm	h mm	L mm	L _F mm	S _F mm	Δa g	€
10650025228	10	10–100 N m	7,4–75 ft.lb	90–900 in.lb	0,2/0,1	0,2/0,1	2/1,0	9 x 12	28	23	467	426,5	17,5	1387	371,75
10650025229	20	20–200 N m	15–150 ft.lb	180–1800 in.lb	0,5/0,1	0,5/0,1	5/1,0	14 x 18	28	23	548	515	25	1379	398,90
10650025230	40	40–400 N m	30–300 ft.lb	360–3600 in.lb	1,0/0,1	1,0/0,1	10/1,0	14 x 18	28	23	688	655	25	1830	582,40
10650043097 *	65	65–650 N m	48–480 ft.lb	580–5800 in.lb	1,0/0,1	1,0/0,1	10/1,0	14 x 18	30,6	25,6	870	837	25	2816	716,10

* saatavissa keväällä 2009

730DR Elektroninen momenttiavain räikällä

Code	koko		Δa g	€
10650040981	10	1/2	1663	430,75
10650040982	20	1/2	2078	461,90
10650040983	40	3/4	5498	675,90
10650043098 *	65	3/4	6382	809,60

* saatavissa keväällä 2009

7759-3 USB sovitin, kaapeli ja ohjelmisto 730D vartenTiedon dokumentointi ja hallinta
PC:ä.

Code	L m	Δa g	€
10650039990	1,5	137	105,40

7395-1 Astekulmayksikkö momenttiavaimen No 730D

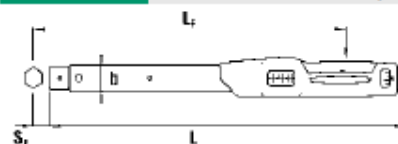
DBGM, rekisteröity muotoilu, kontrolloituun astekulmamittaukseen ilman referenssivartaa. Sopii momenttiavaimen No 730D ohjelmistomallista 1.5.8 alkaen. Momenttiavaimet aiemmillä ohjelmistoilla voidaan päivittää. Kinnittää Astekulmayksikkö, yhdistä se kaapelilla momenttiavaimen liittimeen ja momenttiavainta 730D voidaan käyttää kontrolloituun astekulmakiristykseen. Mitatut arvot voidaan lukea ja asettaa momenttiavaimen kautta. Kun esiasetettu kiristysmomentti on saavutettu, siirtyy momenttiavain automaattisesti mittaamaan kääntökulmaa asteissa. Kun valittu astekulma saavutetaan, momenttiavain 730D joko laukeaa tai antaa merkkiään sen mukaan, mikä toimintatapa on valittuna. Vakiovarusteena yksi 1,5 V paristo.



7395-1

7395-1+730D

Code	Δa g	€
10650043099	450	362,35

730N Perusmomenttiavain, vaihtopääkiinnityksellä

730N/10



Code	koko					Hienojakoasteikko 		b mm	h mm	L mm	L _F mm	S _F mm	Δa g	€
10650025232	2	2–20 N m	20–180 in.lb	1 N m	10 in.lb	0,2 N m	9 x 12	28	23	275	226	17,5	740	206,00
10650010526	5	10–50 N m	7–37 ft.lb	5 N m	1 ft.lb	0,25 N m	9 x 12	28	23	330	280,5	17,5	1054	225,00
10650010527	10	20–100 N m	15–75 ft.lb	10 N m	2,5 ft.lb	0,5 N m	9 x 12	28	23	386	336	17,5	1210	237,00
10650010528	12	25–130 N m	20–95 ft.lb	10 N m	2,5 ft.lb	0,5 N m	14 x 18	28	23	421	379	25	1356	249,00
10650010529	20	40–200 N m	30–150 ft.lb	10 N m	5 ft.lb	1 N m	14 x 18	28	23	467	424,5	25	1489	271,00
10650010530	40	80–400 N m	60–300 ft.lb	20 N m	10 ft.lb	2 N m	14 x 18	28	23	607	564,5	25	1888	393,00
10650010531	65	130–650 N m	100–480 ft.lb	50 N m	20 ft.lb	2,5 N m	14 x 18	30,6	25,6	890	848	25	3400	588,00
10650025233	a/2	20–180 in.lb	1,5–15 ft.lb	10 in.lb	0,5 ft.lb	2 in.lb	9 x 12	28	23	275	226	17,5	740	226,00
10650010546	a/5	90–450 in.lb	7–37 ft.lb	50 in.lb	1 ft.lb	2,5 in.lb	9 x 12	28	23	330	280,5	17,5	1054	224,00
10650010547	a/10	180–900 in.lb	15–75 ft.lb	100 in.lb	2,5 ft.lb	5 in.lb	9 x 12	28	23	386	336	17,5	1210	243,00
10650010548	a/20	350–1800 in.lb	30–150 ft.lb	100 in.lb	5 ft.lb	10 in.lb	14 x 18	28	23	467	424,5	25	1489	271,00
10650010549	a/40	60–300 ft.lb	800–3600 in.lb	20 ft.lb	100 in.lb	2 ft.lb	14 x 18	28	23	607	564,5	25	1888	393,00

730NR Momenttiavain kiinteästi asennetulla räikällä

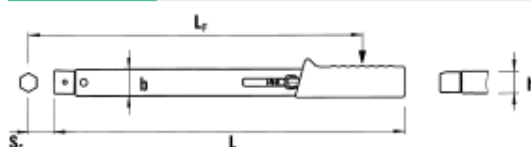
vankassa muovilaukussa (koko 65 teräspeltikotelossa).



730NR/20QR FK

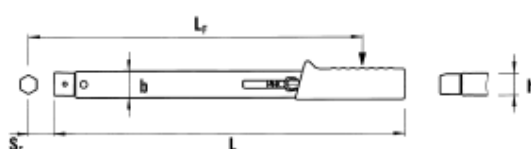
Code	koko					Hienojakoasteikko 		b ₁ mm	b ₂ mm	h ₁ mm	h ₂ mm	L mm	L _F mm	Δa g	€
10650039995	5QR FK*	10–50 N m	7–37 ft.lb	5 N m	1 ft.lb	0,25 N m	9/8	28	29	23	14,5	372,5	291	1720	332,45
10650039997	10QR FK*	20–100 N m	15–75 ft.lb	10 N m	2,5 ft.lb	0,5 N m	1/2	28	29	23	14,5	428,5	346,5	1884	344,45
10650039998	20QR FK*	40–200 N m	30–150 ft.lb	10 N m	5 ft.lb	1 N m	1/2	28	41	23	18	526	438	2360	384,45
10650039996	40 FK	80–400 N m	60–300 ft.lb	20 N m	10 ft.lb	2 N m	3/4	28	50	23	30,7	657	564,5	3050	524,60
10650043100	65 FK	130–650 N m	100–480 ft.lb	50 N m	20 ft.lb	2,5 N m	3/4	30,6	50	25,6	30,7	940	915	3705	783,10

* Räikkä varustettu QuickRelease turvalukituksella

730 Perusmomenttiavain, vaihtopääkiinnityksellä

730/2

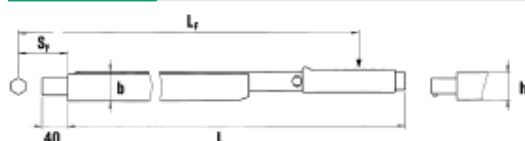
Code	koko				mm	b	h	L	L _F	S _F	ΔΔ	€
10650010517	2	4–20 N m	0,5 N m		9 x 12	27,5	23	178,5	174	17,5	315	180,00
10650010518	4	8–40 N m	1 N m		9 x 12	27,5	23	222	218	17,5	395	185,00
10650010540	a/2	30–175 in.lb	5 in.lb		9 x 12	27,5	23	178,5	174	17,5	315	191,00
10650010541	a/4	70–350 in.lb	10 in.lb		9 x 12	27,5	23	222	218	17,5	395	195,00



730/5

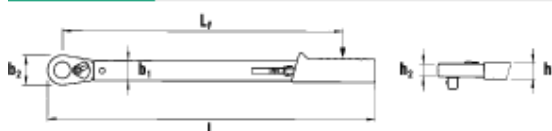


Code	koko					mm	b	h	L	L _F	S _F	ΔΔ	€
10650010519	5	6–50 N m	5–36 ft.lb	2 N m	1 ft.lb	9 x 12	28	23	315	288	17,5	805	195,00
10650010520	10	20–100 N m	15–72,5 ft.lb	2,5 N m	2,5 ft.lb	9 x 12	28	23	370	343	17,5	1020	206,00
10650010521	12	25–130 N m	20–95 ft.lb	2,5 N m	2,5 ft.lb	14 x 18	28	23	410	390	25	1100	217,00
10650010522	20	40–200 N m	30–145 ft.lb	5 N m	5 ft.lb	14 x 18	28	23	455	435	25	1250	234,00
10650010523	40	80–400 N m	60–300 ft.lb	10 N m	10 ft.lb	14 x 18	28	23	590	570	25	1655	343,00
10650010524	65	130–650 N m	100–480 ft.lb	20 N m	20 ft.lb	14 x 18	30,6	25,6	875	855	25	3480	510,00
10650010542	a/5	6–50 N m	50–440 in.lb	2 N m	10 in.lb	9 x 12	28	23	315	288	17,5	805	194,00
10650010543	a/10	20–100 N m	180–880 in.lb	2,5 N m	20 in.lb	9 x 12	28	23	370	343	17,5	965	212,00
10650010544	a/12	25–130 N m	225–1150 in.lb	2,5 N m	25 in.lb	14 x 18	28	23	410	390	25	1100	228,00
10650010545	a/20	40–200 N m	350–1750 in.lb	5 N m	50 in.lb	14 x 18	28	23	455	435	25	1250	234,00

730 Perusmomenttiavain, vaihtopääkiinnityksellä, DBGM

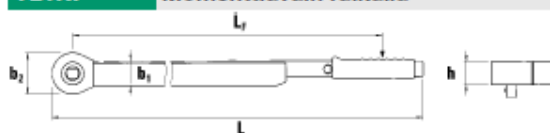
Code	koko					mm	b	h	L	L _F	S _F	ΔΔ	€
10650010525	80	160–800 N m	120–600 ft.lb	20 N m	20 ft.lb	24,5 x 28	46	43	970	990	95	4925	721,00

Litännällä pistoliitäntätyökaluille 24,5 x 28 mm, DBGM. Pistoliitäntämuuntimella No 7370/80 voidaan liittää työntöliitäntätyökalut 14 x 18 mm.

721 Momenttiavain vaihtosuuntaisella räikällä

Code	koko					"	b ₁	b ₂	h ₁	h ₂	L	L _F	ΔΔ	€
10650010535	5	6–50 N m	5–36 ft.lb	2 N m	1 ft.lb	3/8	28	27,5	23	14,5	352	293	900	231,00
10650010536	15	30–150 N m	25–110 ft.lb	5 N m	5 ft.lb	1/2	28	41	23	18	452	387	1305	243,00
10650010537	30	60–300 N m	50–220 ft.lb	10 N m	10 ft.lb	1/2	28	44	23	27,5	553	486	1720	294,00

koko 30 läpipainnettavalla neliötapilla (varaneliöpää, katso sivu 191)

721Nf Momenttiavain räikällä

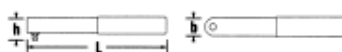
721Nf/80

721Nf/100

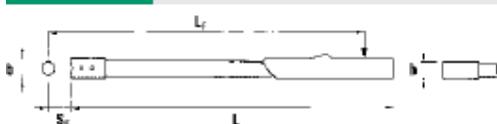
Code	koko						b ₁ mm	b ₂ mm	h mm	L mm	L _F mm	δ'a g	€
10650010538	80	160-800 N m	120-600 ft.lb	20 N m	20 ft.lb	3/4	46,5	76	42	1051	938	6770	911,00
10650012034	100	200-1000 N m	150-725 ft.lb	25 N m	25 ft.lb	3/4	46,5	76	42	1504	1365	6970	1085,00

755R/1 Teollisuus-Manoskop

Momenttiavain, jossa kiinteä räikkä, riippumaton kohdasta johon vääntö kohdistuu, laukaisun ilmaiseva kaksoisääni-merkki, Toleranssi $\pm 4\%$. Säädetään tarkistuslaitteen avulla vakiomomenttiin.



Code				b mm	h mm	L mm	δ'a g	€
10650010514	1,5-12,5 N m	1,0-9,0 ft.lb	1/4	22	18	173,5	335	159,00

755 Perusmomenttiavain, vaihtopääkiinnityksellä

Code	koko				b mm	h mm	L mm	L _F mm	S _F mm	δ'a g	€
10650010508	4	4-40 N m	4-30 ft.lb	9 x 12	22	18	201	172	17,5	522	99,00
10650010509	10	20-100 N m	15-74 ft.lb	9 x 12	28	24	318	289	17,5	635	106,00
10650010510	20	40-200 N m	30-147 ft.lb	14 x 18	28	24	457	435	25	1060	119,00
10650010511	30	60-300 N m	40-220 ft.lb	14 x 18	28	24	609	587	25	1210	126,00

Vaihtopäät momenttiavaimiin

725QR QuickRelease räikkävaihtopää



vaihtosuuntainen, QuickRelease turvalukituksella, koko 4: 22 hammasta, koko 5 ja 10: 30 hammasta, koko 20: 36 hammasta.



Code	koko	"	mm	b mm	h mm	S mm	Øa g	€
10650010691	4	1/4	9 x 12	22	14,5	17,5	60	71,00
10650010692	5	3/8	9 x 12	29	14,5	28*	130	72,00
10650010693	10	1/2	9 x 12	29	14,5	28*	141	74,00
10650010694	20	1/2	14 x 18	41	18	38,5*	325	79,50

Räikän kestokuormitus on rajoitettu:
725QR/4 - 40 N m, 725QR/5 ja 725QR/10 - 100 N m,
725QR/20 - 250 N m.
Ylläolevia arvoja ei saa ylittää,
jos räikkää käytetään suuremmassa momenttiavaimessa.
* Huomio! Muunnatut asetukset momenttiavaimissa
(sivun 181 huomautus)

725/B Räikkävaihtopää

suunnarvaidolla, sisäkuusikulmalla, 1/4" tai 5/16",
DIN 3126/ISO 1173 D 6.3 tai D8, bitsit 1/4" tai 5/16" kannalla C 6.3 tai D8
(koko 4: 22 hammasta, koko 5: 30 hammasta).
Sisäkuusio kiinnitys varmistusjousella (DBGM).
Bits helppo kiinnittää ja irrottaa ja se lukittuu varmasti paikalleen;
kuusikulma bits uralla (Type E, DIN 3126/ISO 1173).



Code	koko	Sisä O"	mm	b mm	h mm	S mm	Øa g	€
10650010696	4	1/4	9 x 12	22	14	17,5	54	54,00
10650010697	5	5/16	9 x 12	29	14,5	28*	117	73,00

* Huomio! Muunnatut asetukset momenttiavaimissa
(sivun 181 huomautus)

725L/5 Räikkävaihtopää

vaihtosuuntainen, 30 hammasta.
Huomio! Muunnatut asetukset momenttiavaimissa (sivu 181).
Räikkävaihtopää; jatkopituus sama kuin rengasvaihtopäällä nro 732G/10
(ks. s. 178) ja vaihtopäällä nro 734L/5, jossa neliömäinen vääntö
(ks. s. 176).



Code	"	mm	b mm	h mm	S mm	Øa g	€
10650010581	3/8	9 x 12	27,5	14,5	45	164	79,00

725/4 Räikkävaihtopää

vaihtosuuntainen, 22 hammasta.

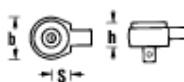


Code	"	mm	b mm	h mm	S mm	Øa g	€
10650010695	1/4	9 x 12	22	14,5	17,5	62	55,00

Räikän kestokuormitus on rajoitettu: 725/4 - 40 N m.
Ylläolevia arvoja ei saa ylittää,
jos räikkää käytetään suuremmassa
momenttiavaimessa.

735 Räikkävaihtopää

vaihtosuuntainen, 60 hammasta.



Code	koko	"	mm	b mm	h mm	S mm	Øa g	€
10650010686	5	3/8	9 x 12	33	24	17,5	136	57,00
10650010687	10	1/2	9 x 12	33	24	17,5	147	59,00
10650010688	20	1/2	14 x 18	43	26,2	25	302	63,00
10650010689	40	3/4	14 x 18	50	30,7	25	467	93,50

* Räikän kestokuormitus on rajoitettu:
735/5 ja 735/10 - 100 N m, 735/20 - 300 N m, 735/40 - 650 N m.
Ylläolevia arvoja ei saa ylittää,
jos räikkää käytetään suuremmassa
momenttiavaimessa.

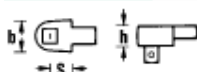
735/80 Räikkävaihtopää

läpipainettavalla neliötapilla, DBGM, 30 hammasta.



Code	"	mm	b mm	h mm	S mm	Øa g	€
10650010690	3/4	24,5 x 28	76	43	95	2000	331,00



734 Nelikulmavaihtopää

Code	koko	"	mm	b mm	h mm	S mm	ΔΔ g	€
10650010677	4	1/4	9 x 12	20	14	17,5	71	22,60
10650010678	5	3/8	9 x 12	20	14	17,5	76	22,60
10650010679	10	1/2	9 x 12	20	14	17,5	82	23,20
10650010680	20	1/2	14 x 18	27	18	25	203	25,20
10650010681	40	3/4	14 x 18	40	25	25	396	41,60

Nelikulmapään kestävuoritus on rajoitettu:
 734/4 - 40 N m, 734/5 - 80 N m, 734/10 - 100 N m,
 734/20 - 300 N m, 734/40 - 650 N m.
 Ylläolevia arvoja ei saa ylittää, jos räikkää käytetään suuremmissa momenttiavaimissa.

734/80 Nelikulmavaihtopää

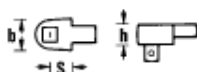
DBGM.



Code	"	mm	b mm	h mm	S mm	ΔΔ g	€
10650010682	3/4	24,5 x 28	42	42	95	1200	134,00

734F Nelikulmavaihtopää

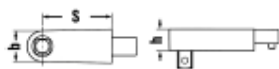
kiinteällä nelikulma vääntiöllä, jossa työkalun lukitus.



Code	koko	"	mm	b mm	h mm	S mm	ΔΔ g	€
10650010683	4	1/4	9 x 12	22	14	17,5	72	29,10
10650010684	5	3/8	9 x 12	22	14	17,5	75	29,10

734L/5 Räikkävaihtopää

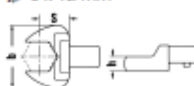
vaihtosuuntainen.
 Huomio! Muunnetut asetukset momenttiavaimissa (sivu 181).
 Vaihtopää neliömäisellä vääntiöllä; jatkopituus sama kuin
 silmukavaihtopäällä nro 732G/10 (ks. s. 178) ja räikkävaihtopäällä
 725L/5 (ks. s. 175).



Code	"	mm	b mm	h mm	S mm	ΔΔ g	€
10650010685	3/8	9 x 12	20	14	45	141	49,50

731/10 Kiinto-avainvaihtopää

9 x 12 mm

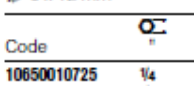


Code	mm	b mm	h mm	S mm	ΔΔ g	€
10650010582	7	22	5	17,5	40	25,70
10650010583	8	22	5	17,5	39	24,60
10650010584	9	26	5,5	17,5	38	25,70
10650010585	10	26	5,5	17,5	42	24,60
10650010586	11	26	5,5	17,5	41	24,60
10650010587	12 ¹⁾	30	7	17,5	43	25,20
10650010588	13	30	7	17,5	48	24,60
10650010589	14	35	8	17,5	52	24,60
10650010590	15	35	8	17,5	51	24,60
10650010591	16	38	8,5	17,5	58	24,60
10650010592	17	38	8,5	17,5	60	24,60
10650010593	18	42	9	20*	71	24,60
10650010594	19	42	9	20*	74	24,60

¹⁾ Käytetään ranskalaisten autojen putkistoissa

731a/10 Kiinto-avainvaihtopää

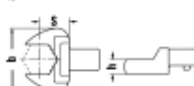
9 x 12 mm



Code	"	b mm	h mm	S mm	ΔΔ g	€
10650010725	1/4	22	5	17,5	36	26,40
10650010726	5/16	22	5	17,5	53	26,40
10650010727	3/8	26	5,5	17,5	38	26,40
10650010728	7/16	26	5,5	17,5	37	26,40
10650010729	1/2	30	7	17,5	44	26,40
10650010730	9/16	35	8	17,5	49	26,40
10650010731	5/8	38	8,5	17,5	64	26,40
10650010732	11/16	42	9	20*	76	26,40
10650010733	3/4	42	9	20*	73	26,40


731/40 Kiinto-avainvaihtopää


14 x 18 mm



Code	mm	b mm	h mm	S mm	ΔΔ g	€
10650010595	13	30	7	25	128	28,10
10650010596	14	35	8	25	129	28,10
10650010597	15	35	8	25	132	29,60
10650010598	16	38	9	25	140	28,10
10650010599	17	38	9	25	136	28,10
10650010600	18	42	10	25	147	28,10
10650010601	19	42	10	25	147	28,10
10650010602	21	50	11	25	171	34,00
10650010603	22	50	11	25	165	34,00
10650010604	24	53	12	25	167	34,00
10650010605	25	53	12	25	170	35,60
10650010606	27	60	13	30*	219	34,00
10650010607	30	66	14	30*	245	38,10
10650010608	32	66	14	32,5*	246	38,10
10650010609	34	66	14	32,5*	239	40,00
10650010610	36	74	15	32,5*	275	39,80
10650010611	38	74	15	32,5*	265	40,90
10650010612	41	82	15	36,5*	307	41,80

* Huomio! Muunnetut asetukset momenttiavaimissa (sivun 181 huomautus).


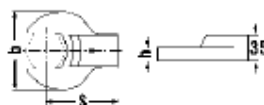
731a/40 Kiinto-avainvaihtopää
 14 x 18 mm


Code		b mm	h mm	S mm	$\delta \pm a$ g	€
10650010734	$\frac{7}{16}$	30	7	25	127	31,00
10650010735	$\frac{1}{2}$	30	7	25	125	31,00
10650010736	$\frac{9}{16}$	35	8	25	129	31,00
10650010737	$\frac{5}{8}$	38	9	25	136	31,00
10650010738	$\frac{11}{16}$	42	10	25	148	31,00
10650010739	$\frac{3}{4}$	42	10	25	144	31,00
10650010740	$\frac{13}{16}$	50	11	25	171	36,50
10650010741	$\frac{7}{8}$	50	11	25	165	36,50
10650010742	$\frac{15}{16}$	53	12	25	177	36,50
10650010743	1	60	13	30*	224	36,50
10650010744	1 $\frac{1}{8}$	66	14	30*	258	36,50

* Huomio! Muunnellut asetukset momenttiavaimissa (sivun 181 huomautus).


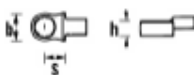
731/80 Kiinto-avainvaihtopää


DBGM.

 24,5 x 28 mm



Code		b mm	h mm	S mm	$\delta \pm a$ g	€
10650010613	24	50	13	95	601	133,00
10650010614	27	56	14	95	620	133,00
10650010615	30	63	15	95	655	135,00
10650010616	32	67	15	95	670	135,00
10650010617	34	72	15	95	699	135,00
10650010618	36	74	15	95	740	139,00
10650010619	41	84	16	95	810	139,00
10650010620	46	94	17	95	867	142,00
10650010621	50	104	18	95	1010	145,00
10650010622	55	114	19	95	1150	149,00
10650010623	60	124	20	95	1330	152,00


732/10 Rengaspää

 9 x 12 mm


Code		b mm	h mm	S mm	$\delta \pm a$ g	€
10650010624	7	13	8	17,5	37	27,30
10650010625	8	14,2	8	17,5	40	26,60
10650010626	10	17,2	9	17,5	44	26,00
10650043370	11	18,5	9	17,5	41	27,30
10650010627	12	20,5	11	17,5	49	27,30
10650010628	13	21,5	11	17,5	56	26,00
10650010629	14	22,5	11	17,5	52	27,30
10650010630	15	24,5	12	17,5	52	26,60
10650010631	16	26	12	17,5	54	26,00
10650010632	17	27	13	17,5	59	26,00
10650010633	18	28	13	17,5	56	26,00
10650010634	19	30,5	13	17,5	65	26,00
10650010635	21	33	15	17,5	71	27,30
10650010636	22	34,5	15	17,5	74	26,00


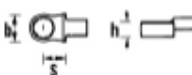
732a/10 Silmukka-avainvaihtopää


 9 x 12 mm

Code		b mm	h mm	S mm	$\delta \pm a$ g	€
10650010750	$\frac{1}{4}$	13	8	17,5	36	27,20
10650010751	$\frac{5}{16}$	14,2	8	17,5	37	27,20
10650010752	$\frac{3}{8}$ *)	17,2	9	17,5	37	27,20
10650010753	$\frac{7}{16}$	18,5	9	17,5	40	27,20
10650010754	$\frac{1}{2}$	21,5	11	17,5	53	27,20
10650010755	$\frac{9}{16}$	22,5	11	17,5	52	27,20
10650010756	$\frac{5}{8}$	26	12	17,5	54	27,20
10650010757	$\frac{11}{16}$	28	13	17,5	58	27,20
10650010758	$\frac{3}{4}$	30,5	13	17,5	58	27,20
10650010759	$\frac{13}{16}$	33	15	17,5	68	28,60
10650010760	$\frac{7}{8}$	34,5	15	17,5	69	28,60

*) Volvo lentomootori, "JAS"-ia varten


732/40 Silmukka-avainvaihtopää


 14 x 18 mm


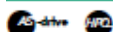
Code		b mm	h mm	S mm	$\delta \pm a$ g	€
10650010637	13	22,5	11	25	130	28,90
10650010638	14	23	11	25	123	28,90
10650010639	15	24	11	25	128	29,50
10650010640	16	25,5	12	25	133	28,90
10650010641	17	27	12	25	135	28,90
10650010642	18	29	13	25	134	28,90
10650010643	19	30,5	13	25	138	28,90
10650010644	21	33	15	25	144	34,40
10650010645	22	34,5	15	25	145	34,40
10650010646	24	37,5	15	25	153	34,40
10650010647	27	42,5	17	25	162	34,40
10650010648	28	45,5	19	25	175	40,90
10650010649	30	46	19	25	182	38,90
10650010650	32	47,5	19	25	181	38,90
10650010651	34	52	19	28*	210	40,90
10650010652	36	54	19	28*	203	38,90
10650010653	41	60	20	30*	240	38,90

* Huomio! Muunnellut asetukset momenttiavaimissa (sivun 181 huomautus).

732a/40 Silmukka-avainvaihtopää

 14 x 18 mm

Code		b mm	h mm	S mm	$\delta \pm a$ g	€
10650010775	$\frac{1}{2}$	22,5	11	25	122	33,30
10650010776	$\frac{9}{16}$	23	11	25	122	31,80
10650010777	$\frac{5}{8}$	25,5	12	25	134	31,80
10650010778	$\frac{11}{16}$	29	13	25	132	31,80
10650010779	$\frac{3}{4}$	30,5	13	25	138	31,80
10650010780	$\frac{13}{16}$	33	15	25	142	37,90
10650010781	$\frac{7}{8}$	34,5	15	25	147	37,90
10650010782	$\frac{15}{16}$	37,5	15	25	151	37,90
10650010783	1	41	17	25	160	37,90

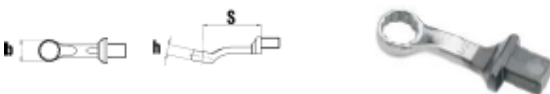
732aL/10* Silmukka-avainvaihtopää

9 x 12 mm

Huomio! Muunnetut asetukset momenttiavaimissa (sivu 181).

HPQ- korkealaatuinen teräs.

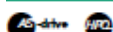
Rengas kromattu, neliöosa mustapassivoitu.



Code	$\frac{b}{h}$	b mm	h mm	S mm	$\frac{S}{b}$ g	€
10650010761	1/4	10,2	5,2	50	42	43,50
10650010762	5/16	11,8	6,4	50	43	43,50
10650010763	3/8	14,6	7	50	46	44,00
10650010764	7/16	16,7	8	50	48	44,00
10650010765	1/2	18,5	8,7	50	42	44,00
10650010766	9/16	20,7	9,5	50	60	45,80
10650010767	5/8	22,6	10,5	50	62	45,80

Lentokone moottorien asennustöihin.

* Valmistus lopetetaan

732G/10 Silmukka-avainvaihtopää

9 x 12 mm

Huomio! Muunnetut asetukset momenttiavaimissa (sivu 181).

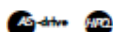
Rengasvaihtopää; jatkokopitus sama kuin räikkävaihtopäällä 725L/5

(ks. s. 175) ja neliövaihtopäällä nro 734L/5 (ks. s. 176).

HPQ-kromiseosterästä, mustapassivoitu.



Code	$\frac{b}{h}$	b mm	h mm	S mm	$\frac{S}{b}$ g	€
10650010745	7	11,5	6	45	31	25,60
10650010746	8	12,4	6	45	33	25,60
10650010747	9	14	8	45	40	25,60
10650010748	10	15,6	8	45	44	25,60
10650010749	13	19,3	9,2	45	60	26,50

732aG/10 Silmukka-avainvaihtopää

9 x 12 mm

Huomio! Muunnetut asetukset momenttiavaimissa (sivu 181).

Rengasvaihtopää; jatkokopitus sama kuin räikkävaihtopäällä 725L/5

(ks. s. 175) ja neliövaihtopäällä nro 734L/5 (ks. s. 176).

HPQ-kromiseosterästä, mustapassivoitu.

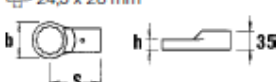
Code	$\frac{b}{h}$	b mm	h mm	S mm	$\frac{S}{b}$ g	€
10650010768	1/4	10,4	6	45	28	27,00
10650010769	5/16	12,4	6	45	31	27,00
10650010770	3/8	14,9	8	45	42	27,00
10650010771	7/16	17	8	45	43	27,80
10650010772	1/2	19	9,2	45	58	27,80
10650010773	9/16	21	9,2	45	58	25,30
10650010774	5/8	23	12	45	74	27,80

Lentokone moottorien asennustöihin.

732/80 Silmukka-avainvaihtopää

DBGM

24,5 x 28 mm



Code	$\frac{b}{h}$	b mm	h mm	S mm	$\frac{S}{b}$ g	€
10650010654	24	36	15	95	605	135,00
10650010655	27	40,5	15	95	610	135,00
10650010656	30	46	16	95	630	139,00
10650010657	32	49	16	95	635	139,00
10650010658	34	52	17	95	650	139,00
10650010659	36	54	17	95	650	142,00
10650010660	41	61	18	95	675	148,00
10650010661	46	66	19	95	720	144,00
10650010662	50	75	20	95	803	144,00
10650010663	55	84	21	95	889	146,00
10650010664	60	93	22	95	995	146,00

732a/80 Silmukka-avainvaihtopää

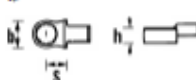
DBGM

24,5 x 28 mm

Code	$\frac{b}{h}$	b mm	h mm	S mm	$\frac{S}{b}$ g	€
10650010784	1 5/16 ¹⁾	36	14	95	604	153,00
10650010785	1 1/2 ¹⁾	40,5	14	95	608	153,00

¹⁾ Suihkumoottorien kiinnittimille (Airbus A320/A321)**732TX/10 TORX®-vaihtopää**

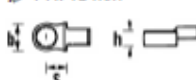
9 x 12 mm



Code	koko	b mm	h mm	S mm	$\frac{S}{b}$ g	€
10650010707	E6	13	8	17,5	40	26,00
10650010708	E8	14,2	8	17,5	45	26,00
10650010709	E10	17,2	9	17,5	45	26,00
10650010710	E12	18,5	9	17,5	50	26,00
10650010711	E14	21,5	11	17,5	60	26,00

732TX/40 TORX®-vaihtopää

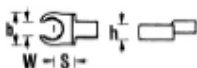
14 x 18 mm



Code	koko	b mm	h mm	S mm	$\frac{S}{b}$ g	€
10650010712	E14	22,5	11	25	130	34,40
10650010713	E18	24	11	25	135	34,40
10650010714	E20	29	13	25	150	34,40
10650010715	E24	30,5	13	25	150	38,90

733/10 Avosilmukka-avainvaihtopää

9 x 12 mm



Code	mm	b mm	h mm	W mm	S mm	ΔΔ g	€
10650010665	10	21,5	11	7,1	17,5	57	28,20
10650010666	11	22,5	11	8,6	17,5	55	28,20
10650010667	12	24,5	12	9	17,5	59	28,20
10650010668	13	26	12	10	17,5	55	28,20
10650010669	14	27	13	11	17,5	60	28,20
10650010670	16	30,5	13	13	17,5	65	29,10
10650010671	17	31,5	13	14	17,5	64	28,20
10650010672	18	33	15	14,8	17,5	74	29,10
10650010673	19	34	15	15,8	17,5	80	28,20
10650010674	21	38,5	15	16,2	20*	88	29,10
10650010675	22	39,5	15	17	20*	92	28,20
10650010676	24	40	15	18	20*	75	28,20

* Huomio! Muunnetut asetukset momenttiavaimissa (sivun 181 huomautus).

733a/10 Avosilmukka-avainvaihtopää

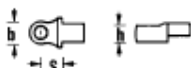
9 x 12 mm

Code	mm	b mm	h mm	W mm	S mm	ΔΔ g	€
10650010786	9/8	21,5	11	7,1	17,5	55	30,50
10650010787	7/16	22,5	11	8,6	17,5	56	30,50
10650010788	1/2	26	12	9,5	17,5	58	30,50
10650010789	9/16	27,5	13	11	17,5	59	30,50
10650010790	5/8	30,5	13	12,7	17,5	61	30,50
10650010791	11/16	33	15	14	17,5	48	31,30
10650010792	3/4	34	15	15,8	17,5	76	31,30

736 Bits-vaihtopää

Sisäkuusiokulma lukkojousella, DBGM.

Bits-kärjet on helppo kiinnittää ja irroittaa ja ne lukittuvat hyvin paikoilleen. Kuusi-bitseille (Malli E, DIN 3126/ISO 1173).

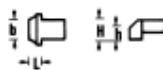


Code	koko	Sisä Ø	"	mm	b mm	h mm	S mm	ΔΔ g	€
10650010698	10	D 8	9/16	9 x 12	16	12,5	17,5	47	26,50
10650010700	10-1	D 6,3	1/4	9 x 12	14	10	17,5	45	27,00
10650010699	40	D 8	9/16	14 x 18	16	12,5	25	112	36,20

sisä Ø DIN 3126/ISO 1173

737 Vaihtopää hitsaamalla kiinnitettävää työkaluja varten

mustapassivoitu. Pidätystappi, jousi ja aluslevy asennetaan ylikuumentamisvaihtojen välttämiseksi vasta kun työkalu on hitsattu paikoilleen. Asennusohje toimitetaan mukana.



Code	koko	Hitsauspinta h x b in mm	mm	K mm	L mm	ΔΔ g	€
10650012271	10	8 x 14	9 x 12	14,5	8	35	20,00
10650012272	40	11 x 25	14 x 18	21,5	12	98	25,10

7370/10 Liitin

käytetään ulkoneliökulmalla 14 x 18 mm varustettujen vaihtotyökalujen kiinnitykseen sisäneliökulmalla 9 x 12 mm varustettuihin momenttiavaimiin. Huomio! Muunnetut asetukset momenttiavaimissa (sivu 181).



Code	mm	mm	b mm	h mm	S mm	ΔΔ g	€
10650010703	9 x 12	14 x 18	31	26	30,5	114	42,20

7370/40 Liitin

käytetään ulkoneliökulmalla 9 x 12 mm varustettujen vaihtotyökalujen kiinnitykseen sisäneliökulmalla 14 x 18 mm varustettuihin momenttiavaimiin.

Kestokuormitus on rajoitettu 100 N m.

Huomio! Muunnetut asetukset momenttiavaimissa (sivu 181).



Code	mm	mm	b mm	h mm	S mm	ΔΔ g	€
10650010704	14 x 18	9 x 12	28	21	21,5	115	67,50

7370/10-2 Liitin

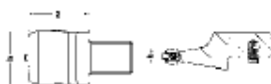
sopii vaaka pyrstöliitoksella varustettuihin vaihtotyökaluihin ja 9 x 12 mm sisänelikulmalla varustettuihin momenttiavaimiin.
Huomio!
Muunnetut asetukset momenttiavaimissa (sivu 181).



Code	mm	b mm	h mm	S mm	Øa g	€
10650039950	9 x 12	23,5	9,5	24	51	51,50

7370/40-2 Liitin

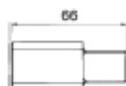
sopii vaaka pyrstöliitoksella varustettuihin vaihtotyökaluihin ja 14 x 18 mm sisänelikulmalla varustettuihin momenttiavaimiin.
Huomio!
Muunnetut asetukset momenttiavaimissa (sivu 181).



Code	mm	b mm	h mm	S mm	Øa g	€
10650039951	14 x 18	31,5	9,5	34,6	138	58,00

7370/40-1 Liitin

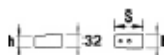
välikkappale sisäneliön 24,5 x 28 mm vaihtopäälle, momenttiavaimiin jossa 14 x 18 mm liitos.
Kestokuormitus on rajoitettu 650 N m.
Huomio! Muunnetut asetukset momenttiavaimissa (sivu 181).



Code	mm	mm	b mm	h mm	Øa g	€
10650010705	14 x 18	24,5 x 28	28	24	251	50,50

7370/80 Liitin-vaihtopää

DBGM, johon sopivat pistoliitäntätyökalut 14 x 18 mm.
Rasitus 650 N m asti.
Huomio!
Muunnetut asetukset momenttiavaimissa (sivu 181).



Code	mm	mm	b mm	h mm	S mm	Øa g	€
10650010706	24,5 x 28	14 x 18	36	26	70	281	135,00

Työkalupidike

Jossa sisänelikulma.
Kinnijuuottuneiden ruuvien irtaus
työkalua varten
(ei momenttilaukeamistoimintaa).



Code	No	mm	L mm	Øa g	€
10650009284	1820	9 x 12	382,5	490	42,20
10650009285	1821	14 x 18	575	720	54,50



(Etra 2013)

Huom! Näin saadaan aikaan oikea kiristysmomentti –

jatkovarrellisia vaihtopäitä käytettäessäkin

Käytettäessä momenttiavaimessa vaihtopäitä, joiden varren pituus S poikkeaa vakiovarren pituudesta S_F , on asetettava momenttiarvo eli asteikkoita luettava arvo laskettava uudelleen. Huomautus! Käytettäessä vaihtopäiden tai erikoistyökalujen yhteydessä adaptoreita (sovitimia) tulee laskuissa käyttää varsien pituuksien summaa $= \Sigma S$. Jos erikoistyökalu ei ole suoravartinen, joudutaan W_K määrittelemään kokeellisesti.

$$W_K = \frac{M_A \cdot L_F}{L_K} \left[\frac{\text{N m} \cdot \text{mm}}{\text{mm}} \right]$$

$$W_K = \frac{M_A \cdot L_F}{L_F - S_F + S \text{ (eli } \Sigma S \text{)}}$$

M_A = haluttu kiristysmomentti

W = lukema/asetus $W = M_A$

W_K = säädetty lukema eli

asetusarvo $W_K \neq M_A$

L_F = toiminnallinen pituus

(k.s. momenttiavainten

mitoitustaulukko)

L_K = säädetty toiminnall. pituus

$L_K = L_F - S_F + S$ (eli ΣS)

S = STAHL WILLE-vaihtopään

tai erikoistyökalun varren

pituus (k.s. vaihtopäiden

mitoitustaulukko)

S_F = vakiovarren pituus

(k.s. momenttiavainten

mitoitustaulukko)

ΣS = kiinnitettyjen työkalujen

varsien summa

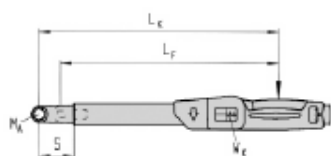
$S_{\text{adapteri}} + S_{\text{vaihtopää}} + \dots$

Esimerkki 1: asetusarvon muutos (vaihtopää yksinään)

Momenttiavain nro 730N, jossa rengasvaihtopää
nro 732/40, AV 36 mm

Ruuvín vaatima kiristysmomentti $M_A = 190 \text{ N m}$

Momenttiavainten mitoitustaulukosta: $L_F = 424,5 \text{ mm}$, $S_F = 25 \text{ mm}$
Vaihtopäiden mitoitustaulukosta: $S = 28 \text{ mm}$



→ $S \neq S_F$
→ $W \neq M_A$

$$W_K = \frac{M_A \cdot L_F}{L_F - S_F + S} = \frac{190 \text{ N m} \cdot 424,5 \text{ mm}}{424,5 \text{ mm} - 25 \text{ mm} + 28 \text{ mm}} = \frac{190 \text{ N m} \cdot 424,5 \text{ mm}}{427,5 \text{ mm}}$$

Säädetty asetusarvo $W_K = 188,7 \text{ N m}$ → asetettava arvo 189 N m

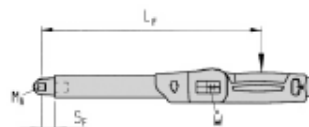
Normaali tilanne

Momenttiavain nro 730N/10, jossa neliohmäisellä vääntöillä varustettu
vaihtopää nro 734/5 ja hylsyavain, koko 13 mm.

Ruuvín vaatima kiristysmomentti $M_A = 40 \text{ N m}$

Momenttiavainten mitoitustaulukosta: $L_F = 336 \text{ mm}$, $S_F = 17,5 \text{ mm}$

Vaihtopäiden mitoitustaulukosta: $S = 17,5 \text{ mm}$



→ $S = S_F$
→ $W = M_A$

Momenttiavaimen asetusarvoa ei tarvitse muuttaa.

Esimerkki 2: asetusarvon muutos (vaihtopää + adapteri)

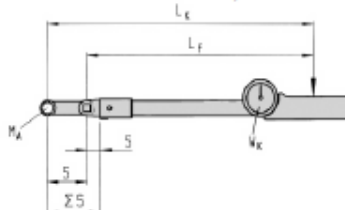
Momenttiavain nro 711/2, jossa neliohmäisellä vääntöillä varustettu vaihtopää
nro 734/5 sekä adapteri (sovitin) nro 447, koko 10 mm.

Ruuvín vaatiman kiristysmomentti $M_A = 25 \text{ N m}$

Momenttiavainten mitoitustaulukosta: $L_F = 250 \text{ mm}$, $S_F = 17,5 \text{ mm}$

Vaihtopäiden mitoitustaulukosta: $S = 17,5 \text{ mm}$

Adapterien mitoitustaulukosta: $S = 50,8 \text{ mm}$



→ $\Sigma S \neq S_F$
→ $W \neq M_A$

$$W_K = \frac{M_A \cdot L_F}{L_F - S_F + \Sigma S} = \frac{25 \text{ N m} \cdot 250 \text{ mm}}{250 \text{ mm} - 17,5 \text{ mm} + 17,5 \text{ mm} + 50,8 \text{ mm}} = \frac{25 \text{ N m} \cdot 250 \text{ mm}}{300,8 \text{ mm}}$$

Säädetty lukema $W_K = 20,8 \text{ N m}$

(Etra 2013)

Teräslaatat (lujuus 8.8 / UNC grade 5)		Teräslaatat (lujuus 10.9 / UNC grade 8)		Teräslaatat (lujuus 12.9 / UNC suuri lujuus)		Ruostumattomasta teräksestä valmistetut aluslevyt		254 SMO® aluslevyt	
Washer size	Bolt size	Pitch [mm]	Oil, GF=75% $\mu_{th}=0,10$, $\mu_b=0,16$		Cu/C paste*, GF=75% $\mu_{th}=0,11$, $\mu_b=0,16$		Dry, GF=62% $\mu_{th}=0,15$, $\mu_b=0,18$		
			Torque [Nm]	Clamp load [kN]	Torque [Nm]	Clamp load [kN]	Torque [Nm]	Clamp load [kN]	
NL3	M3	0,5	1,3	2,4	2,1	2,4	1,3	2,0	
NL4	M4	0,7	3,1	4,2	4,4	4,2	3,1	3,5	
NL5	M5	0,8	6,0	6,8	8,0	6,8	6,0	5,6	
NL6	M6	1,0	10,5	9,7	13,2	9,7	10,5	8,0	
NL8	M8	1,25	25	18	30	18	25	15	
NL10	M10	1,5	49	28	49	28	50	23	
NL12	M12	1,75	85	40	83	40	85	33	
NL14	M14	2,0	135	55	131	55	136	46	
NL16	M16	2,0	205	75	197	75	208	62	
NL18	M18	2,5	288	92	275	92	291	76	
NL20	M20	2,5	402	118	382	118	408	97	
NL22	M22	2,5	548	146	517	146	557	120	
NL24	M24	3,0	693	169	652	169	703	140	
NL27	M27	3,0	1010	221	945	221	1028	182	
NL30	M30	3,5	1379	269	1286	269	1401	222	
NL33	M33	3,5	1855	333	1722	333	1889	275	
NL36	M36	4,0	2394	392	2219	392	2436	324	
NL39	M39	4,0	3087	468	2852	468	3145	387	
NL42	M42	4,5	3820	538	3525	538	3890	445	

Alla olevasta osoitteesta pääsee taulukon verkkosivuille.

<http://www.nord-lock.com/fi/products/wedge-locking/washers/torque-guidelines/>

(nord-lock 2014)