

Harri Väyrynen

**STONEL-TIILILAATTAVERHOUKSEN KIINNITYS OHUEEN BE-  
TONIKUOREEN**

# **STONEL-TIILILAATTAVERHOUKSEN KIINNITYS OHUEEN BE- TONIKUOREEN**

Harri Väyrynen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2013  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma, rakennesuunnittelun suuntautumisvaihto-  
ehto

---

Tekijä(t): Harri Väyrynen

Opinnäytetyön nimi: Stonel-tiililaattaverhouksen kiinnitys ohueen betonikuoreen

Title of thesis: Stonel thin brick curtainwall installation on thin concrete

Työn ohjaaja(t): Kimmo Illikainen

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: kevät 2013 Sivumäärä + liitteet: 44 + 25

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää Stonel Oy:lle kiinnitystapa Stonel-järjestelmälle tehtäessä jälkikiinnityksiä betoniin sekä betonisandwich-elementtien ulkokuorten lisätuentaan, kun alusmateriaalin eli betonin paksuus on pieni. Työssä kartoitettiin markkinoiden tarjonta sekä teknisten ja yleisten vaatimuksien mukaan sopivimmat vaihtoehdot betoniin tehtäviin kiinnityksiin.

Teoriaosuudessa käsiteltiin vanhat rakenteet, joihin kiinnitykset tehdään, ja esimerkin avulla tiililaattaverhouksen kiinnityksiin aiheutuvat kuormitukset, joiden avulla kiinnitystyyppi voitiin haarukoida. Työn tutkimusosuudessa selvitettiin tavarantoimittajilta tarjolla olevat vaihtoehdot kiinnityksiin, niiden tekniset ominaisuudet ja kiinnikkeiden vaatimustenmukaisuus. Tämän jälkeen parhaiden vaihtoehtojen lujuusominaisuudet todettiin testiolosuhteissa. Testeillä haluttiin selvittää tavanomaiset lujuusominaisuudet ja työmaan laadunvarmistuksen kannalta oleelliset seikat. Työn tutkimusosuuden vetokokeet suoritettiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun tiloissa Oulussa.

Työn tuloksena saatiin tilaajalle tietoa siitä, miten ja millä julkisivusaneerausten kiinnitykset ohueen betoniin kannattaa tehdä ja oleelliset seikat niiden laadunvarmistamisesta. CE-merkinnällä varustetut KALM KDK-UE A4 M8 ja Sormat S-KAK M8x72 ankkureiden todettiin toimivan hyvin myös matalalla asennussyvyydellä. Lujuustesteillä saavutettiin tietoa ankkureiden murtokapasiteeteista, joita voidaan hyväksi käyttää ankkurointeja suunniteltaessa. Samalla saatiin tieto kiinnikkeiden tarjonnasta, teknisistä ominaisuuksista ja vaatimusten täyttämistä kiinnitettäessä Stonel-tiililaattaverhous ohueen betoniin.

---

Asiasanat: Julkisivusaneeraus, betonin jälkikiinnitykset, betonisandwich-elementti, tiililaattaverhous

## **ABSTRACT**

Oulu University of Applied Sciences  
Construction engineering, Structural Engineering

---

Author(s): Harri Väyrynen

Title of thesis: Installation of Stonel Thin Brick Curtain Wall on Thin Concrete

Supervisor(s): Kimmo Illikainen

Term and year when thesis was submitted: Spring 2013

Pages + Appendixes: 44 + 25

---

The purpose of this thesis was to find an appropriate fastening method for the Stonel system and for concrete sandwich elements in exterior housing reinforcing for facade renovations when the base material, as in this case (concrete), is thin. The study was carried out by researching suitable options for concrete fastenings according to technical and general requirements from the available market.

In the theoretical part of this thesis, the old structures on which the fastenings are supposed are presented. In order to select a suitable fastening method, the basic loads effecting fastenings to thin brick curtain wall were calculated and used as an example. The available options and their technical and general requirements clarified by suppliers were resolved in the research part. Strength features of the most suitable options were stated in test environments. The objective of tests was to find out general strength features and main factors that affect work site quality assurance. The tests were carried out in the facilities of Oulu University of applied sciences.

This research helped to obtain information for the subscriber how fastenings to thin concrete are viable to do and what the main factors of the quality assurance are. In the process, information about available supply of the fastening products and how they meet the general requirements when installing the Stonel system to thin concrete was received.

---

Keywords: Facade renovation, concrete fastening, concrete sandwich element, thin brick curtain wall

# SISÄLTÖ

SISÄLTÖ.....	2
1 JOHDANTO.....	6
2 STONEL OY .....	7
3 STONEL-TIILILAATTAVERHOUS .....	8
4 BETONIJULKISIVUT, KIINNITYSTYYPIT JA VAATIMUKSET .....	10
4.1 Kiinnitystyytit.....	12
4.2 Kiinnitysten yleiset vaatimukset.....	13
5 KUORMITUKSET .....	15
5.1 Olosuhteet.....	15
5.2 Oma paino.....	15
5.3 Tuulikuorma.....	16
6 LASKENTAMALLIT.....	18
6.1 Stonel-järjestelmän laskentamalli .....	19
6.2 Betonisandwich-elementin lisätuennan laskentamalli.....	22
7 KÄYTETTÄVÄT KIINNIKKEET .....	28
7.1 Kiinnikkeiden valinta.....	28
7.2 Valitut kiinnikkeet.....	29
8 KIINNIKKEIDEN TESTAUS .....	31
8.1 Testausjärjestely ja testaus .....	32
8.2 Tulokset.....	34
8.2.1 Sormat S-KAK M8x72 .....	34
8.2.2 Kalm KDK-UE A4 M8 .....	36
8.2.3 Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V-R M8.....	40
9 YHTEENVETO.....	42
LÄHTEET.....	44

LIITE 1 ANKKUREIDEN ULOSVETOKOETULOSTEET 8.4.2013 (25 kpl)

# 1 JOHDANTO

Korjausrakentaminen on yleistynyt ja tulee yleistymään Suomessa lähivuosien aikana. Varsin nuorena rakennuskannassamme tulee tulevaisuudessa esiintymään teknisesti ja laadullisesti vanhentuneita kohteita suhteellisen paljon. Tyypillisiä korjauskohteita lähitulevaisuudessa ovat 1960- ja 1970-luvuilla rakennetut elementtikerrostalot, joiden ulkokuoret uusitaan tai saateetaan nykyaikaiselle tasolle. (Pajakkala 2010, 13.)

Yksi edellä viitattu haaste on betonista valmistettujen sandwich-elementtien korjaus. Betonisandwich-elementtien materiaalivahvuudet ovat hyvin useasti muuta kuin mitä alkuperäisessä dokumentaatiossa kerrotaan. Tyypillisesti eikantavan betonisandwich-elementin kuoren paksuus on nimellisesti 70 - 80 mm, mutta todellisuus vaihtelee 10 - 100 mm:n välillä. Tämä seikka aiheuttaa ongelmia uuden verhouksen kiinnittämisessä, kun vaadittuja ankkurointisyvyysvaatimuksia ei pystytä saavuttamaan ja työ hankaloituu. (Hautajärvi 2005, 15.)

Tämän työn tavoitteena on selvittää luotettava ja turvallinen kiinnitys Stonel-tiililaattaverhoukselle eritoten tilanteissa, joissa tavanomaista kiinnitystä ei välttämättä voida käyttää sen valmistajan ohjeistamalla tavalla, sekä luoda ohje kiinnityksille ja laadunvarmistukselle tilanteisiin, joissa vastaan tulee tavanomaisesta poikkeavan ohut betonirakenne. Työssä tarkasteluun valittiin 50 mm:n alusmateriaali, joka määrää käytettävän ankkurointisyvyyden 30 mm:in, jottei alusmateriaalia läpäistä. Kiinnikkeiden mitoitus- ja asennusohjeet eivät edellä mainituilla dimensioilla ole käytettävissä, joten kiinnikkeet täytyy testata testiolosuhteissa.

Kiinnitystä valittaessa täytyy ottaa huomioon myös viranomaismääräykset, kuten 1.7.2013 voimaan tuleva CE-merkinnän käyttöönotto rakennukseen kiinteästi asennettavilla rakennustuotteilla ja -materiaaleilla (Ympäristöministeriö 2012). Lisäksi valittavilta kiinnitystarvikkeilta vaaditaan luonnollisesti vastaava käyttöikä kuin asennettavalta Stonel-tiililaattaverhoukselta, jotta lopputulos on kaikilta osin vaatimusten mukainen.

## 2 STONEL OY

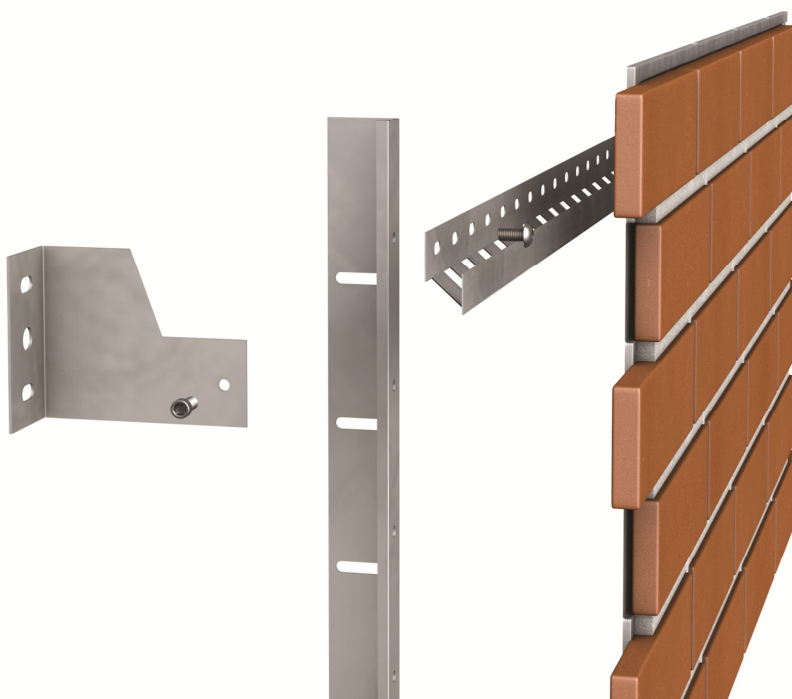
Stonel Oy on vuonna 1993 perustettu yritys, joka valmistaa, myy ja asentaa tiililaattaverhouselementtejä ja niiden kiinnitysjärjestelmiä. Yhtiö työllistää noin 20 henkilöä kolmella eri paikkakunnalla: Vantaalla, Jyväskylässä ja Oulaisissa. Stonel Oy:n vuotuinen tuotanto-kapasiteetti on noin 85 000 neliometriä tiililaattapintaista verhouselementtiä, mikä mahdollistaa toimimisen ja toimittamisen suuriinkin rakennuskohteisiin. Yhtiön pääasiakkaina ovat rakennusliikkeet ympäri Suomea sekä kasvavissa määrin myös ulkomailla. Tarvittaessa elementtejä toimitetaan myös pientalokohteisiin. Päätuotteet ovat:

- tiililaattaverhouselementit
- kiinnitysjärjestelmät tiililaattaverhoukselle lisälämmöneristyksen kanssa
- kiinnitysjärjestelmät tiililaatta verhoukselle kylmäverhoiluun
- kiinnitysjärjestelmä myös muille verhoilutuotteille.

Tiililaattaelementtien väri- ja limitysvaihtoehdot vaihtelevat perustuotteissa niin sanotusta votsi-limityksestä 1/2-limitykseen. Tiilien että saumojen väreinä on valittavissa Tiileri Oy:n tiilien värit ja saumoissa Fescon Oy:n värit. Erikoisemmat limitykset ja värit ovat myös mahdollisia, mutta tilattava tapauskohtaisesti. (Stonel Oy. 2012.)

### 3 STONEL-TIILILAATTAVERHOUS

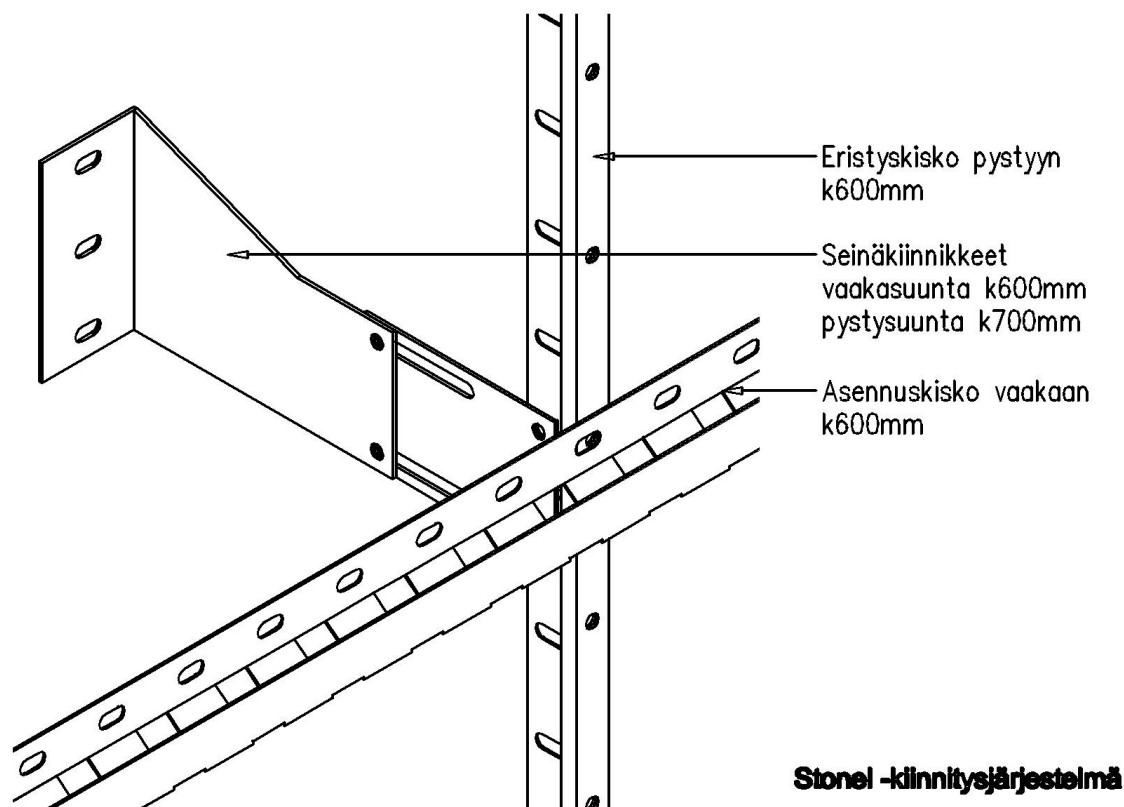
Stonel tiililaattaverhous (kuva 1) koostuu kahdesta tuotteesta: tiililaattaverhouspaneeleista ja niiden kiinnitysjärjestelmästä. Verhouspaneelit koostuvat 20 mm:n paksuisesta poltetusta tiililaatasta, polymeerimodifioidusta sementtisaumalaastista ja 1 mm:n paksuisesta kuumasinkitystä teräsrungosta, joiden standardikoko on 1200x600 mm. Kiinnitysjärjestelmä koostuu kuumasinkityistä teräsosista, joita ovat seinäkiinnikkeet, pystysuuntainen eristyskisko sekä vaakasuuntainen asennuskisko, joiden varaan verhouspaneeli asennetaan.



*KUVA 1. Stonel-tiililaattaverhous ja kiinnitysjärjestelmä (Stonel Oy 2012)*

Seinäkiinnikkeet asennetaan pystysuunnassa 700 mm:n ja vaakasuunnassa 600 mm:n välein (kuva 2). Kiinnitysjärjestelmän osat kiinnitetään toisiinsa kuumasinkityillä M8x12-ruuveilla. Pääsääntöisesti tuote voidaan asentaa niin sanottuna kylmäverhoiluna tai lämmöneristeen kanssa. Käytettäessä lämmöneristettä on eristepaksuus 50 - 250 mm ja tuuletusrako on aina 10 - 35 mm. (Stonel Oy. 2012.)



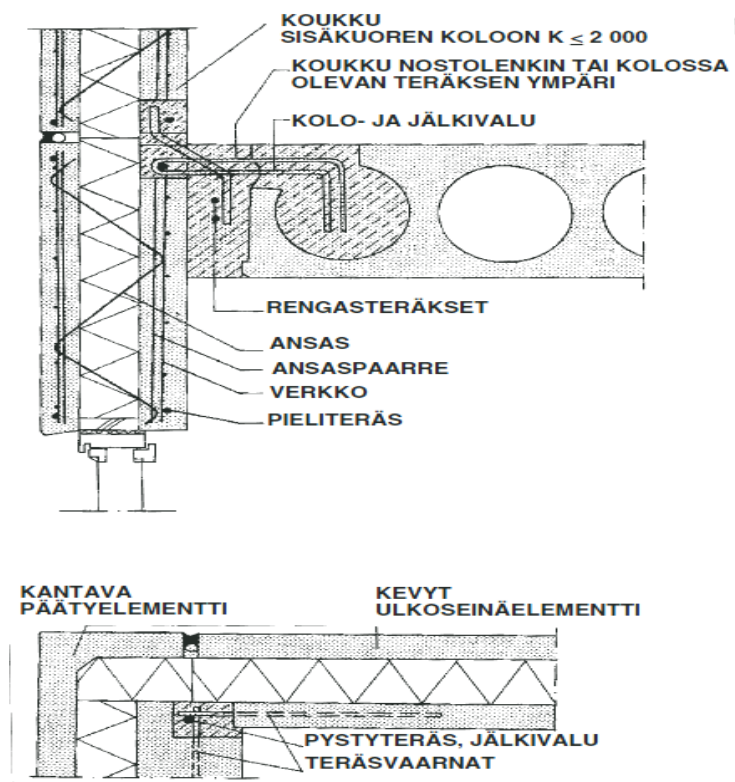


KUVA 2. Stonel-kiinnitysjärjestelmä (Stonel Oy 2012)

Tässä työssä ei puututa tiililaattapaneelien ja kiinnitysjärjestelmän sisäisiin osiin tai kiinnityksiin. Työssä keskitytään ainoastaan valmiin tuotteen kiinnitykseen betoniseen sandwich-elementtiin ja sen ulkokuorten lisätuentaan Stonel-tiililaattaverhousta käytettäessä.

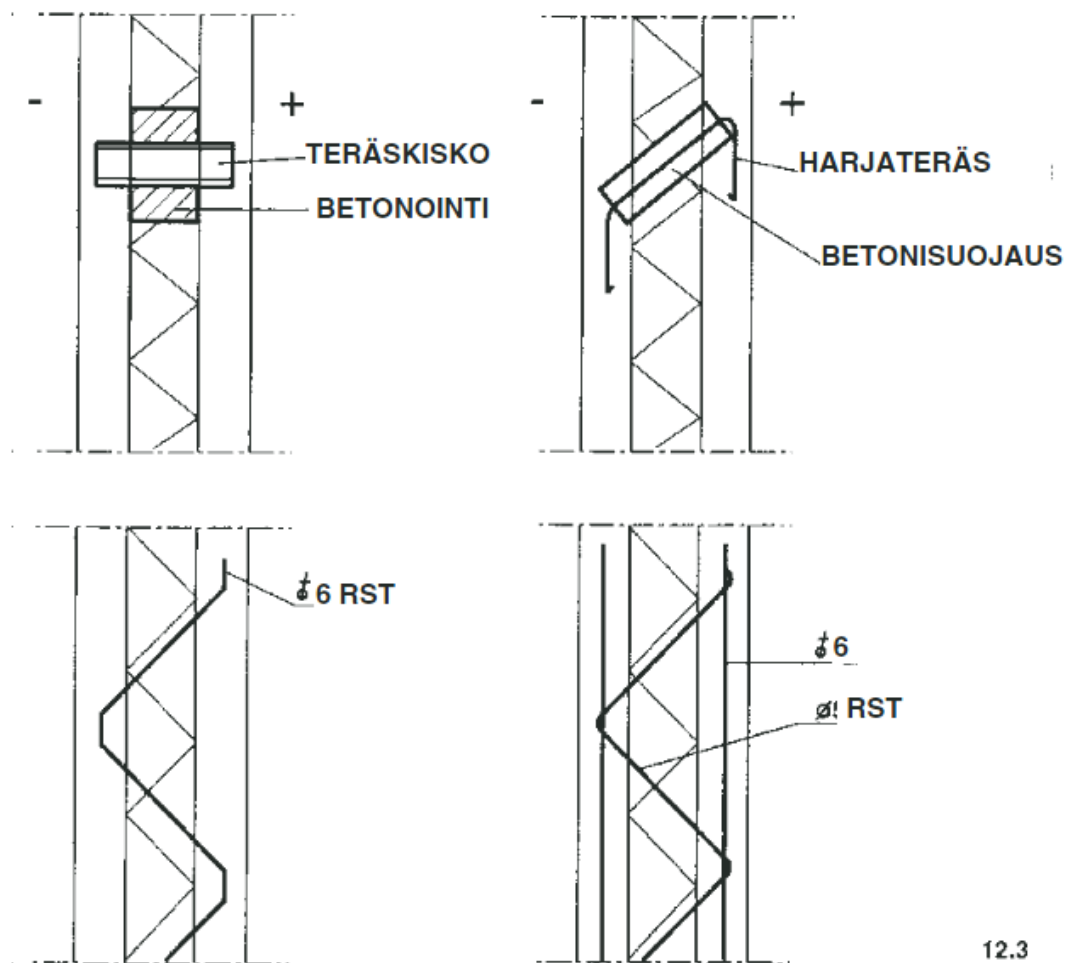
## 4 BETONIJULKISIVUT, KIINNITYSTYYPIT JA VAATI- MUKSET

Ylivoimaisesti käytetyin betonirakenteinen julkisivu on niin sanottu betonisandwich-rakenne. Rakenteen perustyyppi on elementti, jossa on betoni- sisä- ja ulkokuori, joiden välissä on eriste. Rakenteen mitoitus riippuu suunnittelijasta ja valmistajasta, mutta perustyyppi on pysynyt samana. Sandwich-rakenteessa ulkokuori on kiinnitetty sisäkuoreen eristeen läpi menevillä teräksisillä ansailla tai muilla teräsosilla. Sisäkuori on yleensä kiinnitetty muuhun runkoon betonijuotetuilla teräsvaarnaliitoksilla (kuva 3). Sandwich-elementin tyypillisesti käytetyt mitat ovat sisäkuorissa 150 - 160 mm (kantava) tai 80 mm (ei-kantava), eristeissä 90 - 240 mm riippuen rakennusajasta ja ulkokuorissa 40 - 60 mm. Betonisandwich-elementin perusrakenne on pysynyt lähes muuttumattomana ajan saatossa. (Julkisivu-yhdistys r.y. 1997, 20; Lahdensivu 2010, 51)



KUVA 3. Julkisivuelementtien liittyminen rakennusrunkoon (Julkisivu-yhdistys r.y. 1997, 20)

Betonisandwich-elementin kuorien kiinnityksiin käytettiin 1960-luvulla erilaisia betonoituja tai muuten suojattuja teräsosia, joiden jälkeen siirryttiin myös nykyisin käytettävään sideansaaseen. Sideansas on yleensä ruostumattomasta teräksestä valmistettu diagonaaliansas, joka on hitsattu seostamattomiin kierretankoihin (kuva 4). Edellä mainitut muut teräsosat ovat yleensä eristeen läpäiseviä pyörö- tai muototeräksiä. Nämä on yleensä liitetty runkoon juotosbetonilla tai hitsatuilla tartuntalevyillä (kuva 3). (Julkisivu-yhdistys r.y. 1997, 23)



KUVA 4. Betonisandwich-elementin ulko- ja sisäkuoren kiinnitys tapoja (Julkisivu-yhdistys r.y. 1997, 23)

Edellä mainitut teräsansaat ovat yleisimmin olleet halkaisijaltaan 5 mm:n ruostumatonta terästä 1970-luvulla rakennetuissa ja sitä uudemmissa rakennuksissa. Vanhemmissa rakennuksissa edellä mainitut teräsosat ja niiden

variaatiot ovat olleet tavallisesti seostamatonta terästä, jonka korrosiosuojaus on vaihdellut olemattomasta lähinnä kyseenalaisiin metodeihin kuten sementtiin kastamiseen tai bitumointiin. Nämä vanhemmat kiinnikkeet ovatkin usein paksun ruosteen peittämiä, mutta kuitenkin teräksen halkaisija ei ole vielä pienentynyt kuin enintään 1 mm:n. Nämä seikat saadaan varmuudella selville tapauskohtaisesti kuntotutkimusten yhteydessä tehtävistä näyteporauksista. (Lahdensivu 2010, 52.)

#### **4.1 Kiinnitystyytit**

Stonel-tiililaattaverhous ei ole kantava rakenne ja siten se joudutaan aina asentamaan ja kiinnittämään olemassa olevaan rakenteeseen. Betonijulkisivuissa tämä tarkoittaa asennusta betonikuoreen, joko ulko- tai sisäkuoreen tilanteesta riippuen. Kiinnitystavan ratkaisee kulloinkin valittu korjaustapa ja vanhojen rakenteiden kunto. Korjaustapa valikoituukin täten monesti vanhojen rakenteiden kunnan mukaan, vanhan rakenteen energiatehokkuuden perusteella sekä jossain määrin myös viranomais määräysten perusteella. (Lahdensivu 2010, 36 - 38.)

Yksinkertaisin korjaustapa betonijulkisivulle on suora päälleverhous. Siinä Stonel-tiililaattaverhous asennetaan suoraan sandwich-elementin ulkokuoreen purkamatta vanhaa rakennetta. Samalla voidaan asentaa lisäeristys, joka on yleensä 55 mm:n paksuinen tuulensuojamineraalivilla. Tämä korjaustapa edellyttää tarpeeksi hyvässä kunnossa olevaa ulkokuorta, johon verhous kiinnitetään sekä eristettä betonikuorten välissä. Lisäeristys voidaan myös jättää kokonaan pois ja toteuttaa päälle verhous kylmänä, jolloin korjaus vaikuttaa enimmäkseen rakenteen esteettisyyteen ja julkisivusta saadaan tuulettuva rakenne. Tätä korjaustapaa käytettäessä on myös vanhan ulkokuoren lisätuenta otettava huomioon. Ulkokuoreen tuleva kuorma on verrattain pieni, mutta lisätuennan asentaminen päälle verhouksen jälkeen on huomattavan vaikea ja kallis toimenpide, joka on kannattavaa toteuttaa samaan aikaan päälle verhouksen yhteydessä. Toteutus ja suunnittelu ovat aina projektikohtaisia ja ne on ohjeistettu JUKO-ohjeistokansiossa. (Haukijärvi 2005, 18 - 19.)

Toinen vaihtoehto on vanhan sandwich-elementin ulkokuoren purku ja Stonel-tiililaattaverhouksen asennus suoraan betoniseen sisäkuoreen. Tämä vaihtoehto on ajallisesti pidempi sekä kalliimpi lisääntyneiden työvaiheiden sekä eristeen uusimisen vuoksi. Ulkokuoren purkamisella ja eristeiden vaihdolla pystytään kuitenkin varmistamaan tehokkaasti rakenteiden kunto ja samaan aikaan saattamaan rakenteet jopa viimeisimpien normien mukaisiksi. Haasteena tässä korjaustavassa on kiinnitykset ei-kantaviin rakenteisiin. Kantavissa betonielementeissä kiinnittäminen on rakenteen kunnosta riippuen helppoa johtuen suurista rakennepaksumuksista, mutta ei-kantavissa rakenteissa rakennepaksumuus voi olla liian pieni kiinnitystä varten. Lisäksi ohut rakennepaksumuus aiheuttaa riskin rakenteen läpäisystä suoraan sisätilaan, mikä aiheuttaa vähintään tasoitustöitä. Mikäli rakennepaksumukset ovat kauttaaltaan liian pieniä kiinnittämistä silmällä pitäen, täytyy kiinnitykset suunnitella välipohjien ja väliseinien kohdille. (Hautajärvi 2005, 15 - 21.)

Tavallisesti edellä mainituissa tilanteissa käytetään kiinnitykseen kiila-ankkureita, mutta betonikuoren paksumuden pienentyessä vastaan tulee ankkurointisyvyys sekä käytännön ongelmat työn suorittamisessa. Ankkurille porattava reikä voi helposti mennä läpi betonista ja sisäkuoreen porattaessa tämä tarkoittaa suoraan huonetilaan poraamista. Ongelma on vältettävissä huolellisuudella tai rajoittimen avulla, mutta nekään eivät auta ankkurointisyvyyteen.

## **4.2 Kiinnitysten yleiset vaatimukset**

Lähtökohtana kiinnikkeiden suunnittelussa voidaan pitää samoja asioita kuin kokonaisten julkisivukorjausten suunnittelussa. Tärkeimpiä huomioon otettavia seikkoja ovat säärasitukset, rakennusfysikaalinen toimivuus, pitkäaikaiskestävyys sekä palomääräykset. Materiaaleja valittaessa on käytettävä ainoastaan sellaisia tuotteita, joille tuotteen valmistaja kykenee antamaan luotettavan selvityksen edellisten vaatimusten täyttymisestä. (Hautajärvi 2005, 4 – 9.)

Riippumatta valitusta korjaustavasta kiinnitykset vanhaan rakenteeseen toteutetaan betoniin tarkoitetuilla korroosionkestävillä kiila-, lyönti- tai kemiallisilla ankkureilla. Kiinnikkeet on lähtökohtaisesti asennettava siten, että niiden valmistajan ilmoittama asennussyvyys täyttyy. (Suomen Betoniyhdistys Oy 2011, 107.)

Edellisen lisäksi käytettävillä tuotteilla on oltava tuotehyväksyntä, joka 1.7.2013 alkaen tarkoittaa CE-merkintää (Ympäristöministeriö 2012). Betoniin jälkikiinnitettävien ankkurien osalta CE-merkintä tulee eurooppalaisen teknisen arvioinnin kautta (European Technical Assessment, ETA). Eurooppalainen tekninen arviointi määrittää tuotteen perusvaatimukset, jotka CE-merkintään vaaditaan (Martinkauppi 2012, 29). Tällöin tuotteet ovat keskenään vertailukelpoisia ominaisuuksiltaan ja niiden suoritustaso on helposti todettavissa. Lisäksi jälkikiinnityksiä koskevan suunnitteluohjeen (ETAG 001, liite C, sivu 8) mukaan betoni oletetaan aina halkeilleeksi, ellei erikseen toisin osoiteta. Tämä rajaa käytettävän kiinniketyypin sellaiseksi, jolla on ETA-hyväksyntä halkeilleeseen betoniin.

Edellä mainitut asiat huomioon ottaen yhteenveto kiinnikkeiden vaatimuksista on seuraava:

- säänkestävä materiaali, eli ruostumaton teräs tai vähintään kuumasinkitty ankkuri
- palonkestävyys voitava todeta
- CE-merkintä
- hyväksytty halkeilleeseen betoniin
- pienin mahdollinen asennussyvyys.

Nämä seikat huomioiden käytettävää kiinniketyyppejä ja kiinnikettä voidaan alkaa valita, kunhan sille asetetut kuormitukset ovat tiedossa.

## 5 KUORMITUKSET

Kaikkien erilaisten kuormitustapausten tarkka läpikäynti ei olisi kannattavaa, joten yhteistyössä tilaajan kanssa päätettiin mitoittaa kiinnitykset olosuhteisiin, jotka kattavat suurimman osan Stonel Oy:n projekteista ja joiden avulla kiinnitysten suunnittelu helpottuu tulevaisuudessa. Olosuhteina tässä työssä käytettiin 20 metriä korkeaa rakennusta, joka sijaitsee kaupunkialueella.

### 5.1 Olosuhteet

Laskentamallia varten olosuhteiksi valittiin tavanomainen kaupunkiympäristö, joka SFS-EN 1991-1-4 -standardissa tarkoittaa maastoluokkaa 3 ja jolla sijaitsee 20 m korkea rakennus. Laskentamallin tarkoitus on kattaa tavanomaisen asuinkerrostalon kuormitukset, joita ovat rakenteiden omat painot sekä tuulikuormat, jotka määritetään SFS-EN 1991-1-4:n mukaan. Laskentamallissa käytetään kiinnitysjärjestelmää 250 mm:n eristevahvuudelle. (SFS-EN 1991-1-4. 2011.)

### 5.2 Oma paino

Oma paino koostuu kokonaan jo aiemmin esitellyistä osista. Kiinnitykseen ei vaikuta eriste. Tiililaattaelementin oma massa on  $m=40 \text{ kg/m}^2$  tiilikoolla 285x85x20, joten tämä paino kattaa tavanomaiset elementit. Kiinnitysjärjestelmän oma paino eristevahvuudella 250 mm (seinäkiinnike 165 + jatkokiinnike 120 + eristyskisko 50 + asennuskisko 25) on kiskot =  $2,7 \text{ kg/m}^2$  ja kiinnike =  $1,4 \text{ kg/m}^2$ , josta saadaan yhteensä  $m=2,7 \text{ kg/m}^2 + 1,4 \text{ kg/m}^2 = 4,1 \text{ kg/m}^2$ . Painot muutetaan voimiksi, yksikköinä Newton, kertomalla ne maan vetovoimalla (Tammertekniikka 2008, 157) kaavalla 1, joka on johdettu *Newton* yksikön määritelmästä.

$$F = m \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

KAAVA 1

$F$  = kappaleen voima = kuormitus

$m$  = kappaleen massa

Tällöin tiilielementtien kuormitus on  $F_{tiili} = g_{tiili} = (40 \cdot 9,81) \text{ N/m}^2 = 392,4 \text{ N/m}^2$  ja kiinnitysjärjestelmän  $F_{kiin} = g_{kiin} = (4,1 \cdot 9,81) \text{ N/m}^2 = 40,2 \text{ N/m}^2$ .

### 5.3 Tuulikuorma

Kuten jo aiemmin mainittiin, tuulikuorma määritettiin SFS-EN 1991-1-4:n eli Eurokoodi 1:n mukaan. Maastoluokka III Eurokoodi 1:ssä on tavanomaista suomalaista kaupunkimaisemaa vastaava, jossa alueella on säännöllisiä esteitä, jotka ovat lähempänä toisiaan kuin 20-kertaa niiden korkeus (SFS-EN 1991-1-4, LIITE A, A.1). Rakennuksen korkeudeksi valittiin 20 m. Näillä lähtötiedoilla tuulikuorma Eurokoodi 1:n mukaan lasketaan seuraavasti:

Tuulen nopeuspaine lasketaan kaavalla 2 (SFS-EN 1991-1-4, kaava 4.10).

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = 331 \text{ N/m}^2 \quad \text{KAAVA 2}$$

$q_b$  = nopeuspaineen perusarvo

$\rho$  = ilman tiheys (suositus  $1,25 \text{ kg/m}^3$ , SFS-EN 1991-1-4, 4.5)

$v_b$  = tuulennopeuden perusarvo  $21 \text{ m/s}$  (SFS-EN 1991-1-4, liite 5, 4.2)

Tämän jälkeen ratkaistaan tuulen puuskapaineen perusarvo kaavalla 3 (SFS-EN 1991-1-4, kaava 4.8).

$$q_p(z_e) = q_b \cdot c_e(z) = 331 \cdot 2.2 = 728.2 \text{ N/m}^2 \quad \text{KAAVA 3}$$

$q_p(z_e)$  = tuulen puuskapaineen arvo

$q_b$  = nopeuspaineen perusarvo

$c_e(z)$  = tuulenpaineen altistuskerroin

Puuskapaineen avulla saadaan ratkaistua tuulikuormat rakennuksen eri vyöhykkeille SFS-EN 1991-1-4 kuvan 7.5 ja taulukon 7.1 avulla. Näitä apuna käyttäen tuulikuorma yksittäiselle rakenneosalle, kun tarkasteltava rakenneosa on  $1 \text{ m}^2$ , saadaan kaavalla 4. (SFS-EN 1991-1-4, kaava 5.1.)



$$W_e = c_{pe,net} * q_p(z_e)$$

KAAVA 4

$W_e$  = tarkasteltavan rakenteen tuulikuorma

$q_p(z_e)$  = tuulen puuskapaineen arvo

$c_{pe,net}$  = Seinän vyöhykekohtainen painekerroin, käytetään  $c_{pe,1}$  (SFS-EN 1991-1-4, kuva 7.5, taulukko 7.1)

Suurin imu syntyy sivuseinälle alueelle A,  $c_{pe,1}=-1,4$ :

$$W_{e1} = q_p(z_e) * c_{pe,1} = 728.2 * (-1.4) = -1019.5 \text{ N/m}^2$$

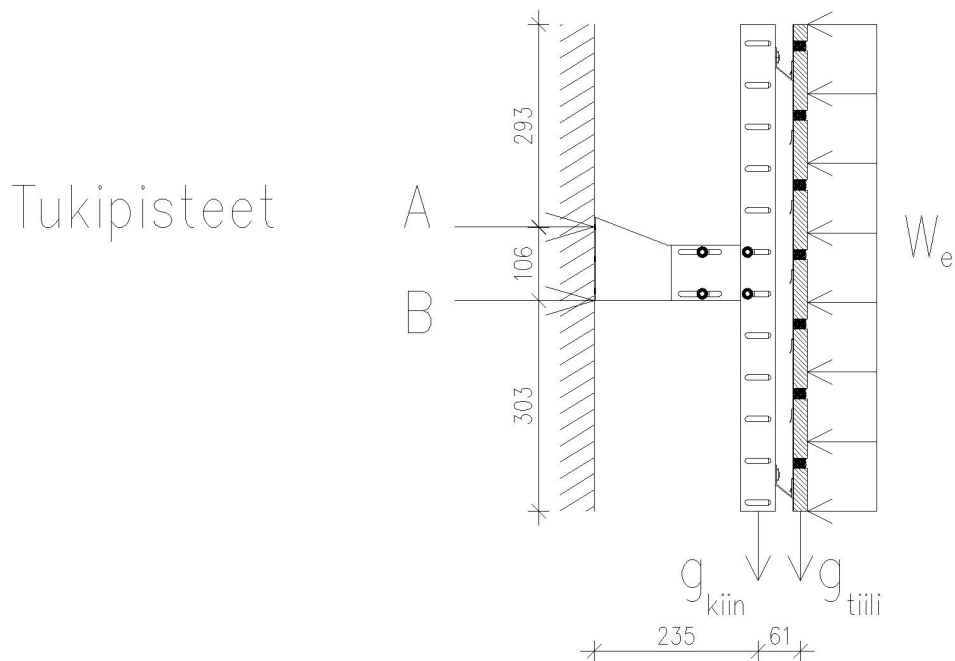
Suurin seinään kohtisuoraan vaikuttava paine syntyy alueelle D,  $c_{pe,1}=1,0$ :

$$W_{e2} = q_p(z_e) * c_{pe,1} = 728.2 * 1.0 = 728.2 \text{ N/m}^2$$

Nämä ovat kuormitukset, jotka otetaan laskennassa huomioon. Lumesta, jäästä tai lämpöliikkeistä aiheutuvia kuormia ei tässä työssä oteta huomioon. Tarkasteltava alue on yhdelle seinäkiinnikkeelle tuleva kuorma, jota käsitellään erillisenä osana seinärakennetta, jolle kiinnitys mitoitetaan. Yhdelle seinäkiinnikkeelle tulee näin olleen kuormat 600x700 mm kokoiselta alueelta, kun kiinnikkeiden jako pystyyn on 700 mm ja vaakaan 600 mm. (Kuva 2.)

## 6 LASKENTAMALLIT

Kuten aiemmin mainittiin, tässä työssä käsitellään kuvan 5 mukaista tilannetta, joka muodostuu seinäkiinnikkeestä 165, jatkokiinnikkeestä 115, eristyskiskosta, asennuskiskosta 25: ja Stonel-tiililaattaelementistä kiinnitettynä ohueen betonirakenteeseen. Kuvassa 5 on esitetty kuormien vaikutuspisteet, joista ne siirtyvät varsinaisiin tukipisteisiin A ja B, joista piste A on varsinainen kiinnityspiste ja B seinäkiinnikkeen reuna. Koska kuormat ovat verrattain pieniä, lähdetään kiinnitystä selvittämään alustavasti vain yhdellä kiinnityspisteellä. Tämän kuormituksen tuloksia käytetään hyväksi myös kiinnittäessä Stonel järjestelmää sandwich-elementin ulkokuoreen.



KUVA 5. Laskentamalli Stonel-järjestelmän kiinnitykseen

## 6.1 Stonel-järjestelmän laskentamalli

Käydään laskentamalli läpi erikseen pelkälle Stonel-järjestelmän kiinnitykselle sekä myöhemmin myös betoni-sandwichelementin lisäkiinnitykselle. Tarkastellaan kolmea erilaista kuormitustapausta. Ensimmäisessä kuormitustapauksessa otetaan huomioon pelkät omat painot  $g_{kiin}$  ja  $g_{tilli}$ , toisessa omat painot  $g_{kiin}$  ja  $g_{tilli}$  + tuulen kohtisuoraan seinään vaikuttava imu seinäalueella A ja kolmannessa omat painot  $g_{kiin}$  ja  $g_{tilli}$  + tuulen kohtisuoraan seinään vaikuttava paine seinäalueella D.

Kuormitusyhdistelyyn käytetään SFS-EN 1990:2002 standardin kansallisen liitteen taulukkoa A1.2(B) (FI). Sen perusteella epäedullisin kuormien yhdistelmä saadaan kaavasta 5.

$$1,15K_{FI} \left. \begin{matrix} \\ 0,9 \end{matrix} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + 1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{KAAVA 5}$$

- $K_{FI}$  seuraamusluokasta johtuva kuormakerroin. Seuraamusluokka CC2,  $K_{FI}=1,0$  (SFS-EN 1990:2002, NA taulukko A1.2(B) (FI))
- $G_{k,j}$  epäedulliset pysyvät kuormat
- $Q_{k,1}$  määräävä muuttuva kuorma
- $\Psi_{0,i}$  muuttuvan kuorman yhdistelykerroin (ei muita kuormia)
- $Q_{k,i}$  muun samanaikaisen muuttuvan kuorman ominaisarvo

Kaavaa 4 apuna käyttäen kerätään kaikki kuormitustapaukset taulukkoon 1.

TAULUKKO 1. Kuormat per kiinnike murtorajatilassa

Symboli	Kuvaus	Kuormitus	Kuormitus murtorajatilassa/kiinnike
$g_{tiili}$	Tiillilaatan omapaino	392 N/m <sup>2</sup>	$(1,15 \cdot 392 \text{ N/m}^2) \cdot (0,6 \text{ m} \cdot 0,7 \text{ m}) = 189 \text{ N}$
$g_{kiin}$	Kiinnitysjärjestelmän omapaino	40,2 N/m <sup>2</sup>	$(1,15 \cdot 40,2 \text{ N/m}^2) \cdot (0,6 \text{ m} \cdot 0,7 \text{ m}) = 19,4 \text{ N}$
$W_{e1}$	Tuulen imu	1020 N/m <sup>2</sup>	$(1,5 \cdot (-1020 \text{ N/m}^2)) \cdot (0,6 \text{ m} \cdot 0,7 \text{ m}) = -642 \text{ N}$
$W_{e2}$	Tuulen paine	728,2 N/m <sup>2</sup>	$(1,5 \cdot 728,2 \text{ N/m}^2) \cdot (0,6 \text{ m} \cdot 0,7 \text{ m}) = 459 \text{ N}$

Taulukon 1 arvoilla voidaan ratkaista kiinnityspisteissä vaikuttavat kuormitukset, joiden perusteella voidaan valita varsinaiset kiinnitystavat ja kiinnikkeet. Tukireaktiot ratkaistaan kuvan 6 mukaisesta tilanteesta statiikan peruskaavoilla. Normaalivoima  $N_{Ed}$  on suoraan kiinnikkeeseen vaikuttavan tuulen resultantti  $W_e$ , joka on esitetty taulukossa 1. Momentti  $M_{Ed}$  saadaan pistekuormitetun ulokekannattimen maksimimomentin kaavasta 6. (Tammertekniikka 2008, 147)

$$M_{tmax} = F \cdot l$$

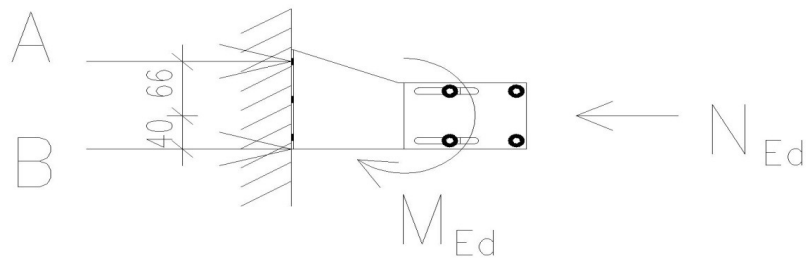
KAAVA 6

$M_{tmax}$	Maksimi	momentti	$M_{Ed}$
$F$	Pistekuorma	( $g_{tiili}$ ja $g_{kiin}$ )	
$l$	Pistekuorman etäisyys = momenttivarsi		

Kaavan 6 ja kuvan 5 perusteella saadaan tulokseksi:

$$M_{Ed} = g_{tiili} \cdot 0,296 \text{ m} + g_{kiin} \cdot 0,235 \text{ m} =$$

$$189 \text{ N} \cdot 0,296 \text{ m} + 19,4 \text{ N} \cdot 0,235 \text{ m} = 0,061 \text{ kNm}$$



KUVA 6. Rakenteen tukireaktiot

Tukipisteiden A ja B kohdalla momentti ratkaistaan soveltamalla kaksitukisen palkin tasapainoehtoja. (Tammertekniikka 2008, 159) Tukireaktion A kohdalla momentti on 0, jonka avulla tukireaktio B voidaan ratkaista seuraavasti kaavaa 6 apuna käyttäen:

$$M_{tB} = A \cdot (0,040 + 0,066 \text{ m}) - N_{Ed} \cdot 0,04 \text{ m} - M_{Ed} = 0$$

josta ratkaistaan tukireaktio B

$$B = \frac{N_{Ed} \cdot 0,04 \text{ m} + M_{Ed}}{(0,040 + 0,066 \text{ m})}$$

Tukireaktio A ratkaistaan tasapainoyhtälöllä kaavan 7 avulla:

$$A + B - N_{Ed} = 0$$

KAAVA 7

josta tukireaktiolle A saadaan

$$B = N_{Ed} - A$$

Ratkaistaan kaikki tukireaktiot taulukkoon 2.

TAULUKKO 2. Tukireaktiot

Kuormitus	Tukireaktio A	Tukireaktio B
$W_{e1}$	-0,82 kN	0,17 kN
$W_{e2}$	-0,40 kN	0,86 kN

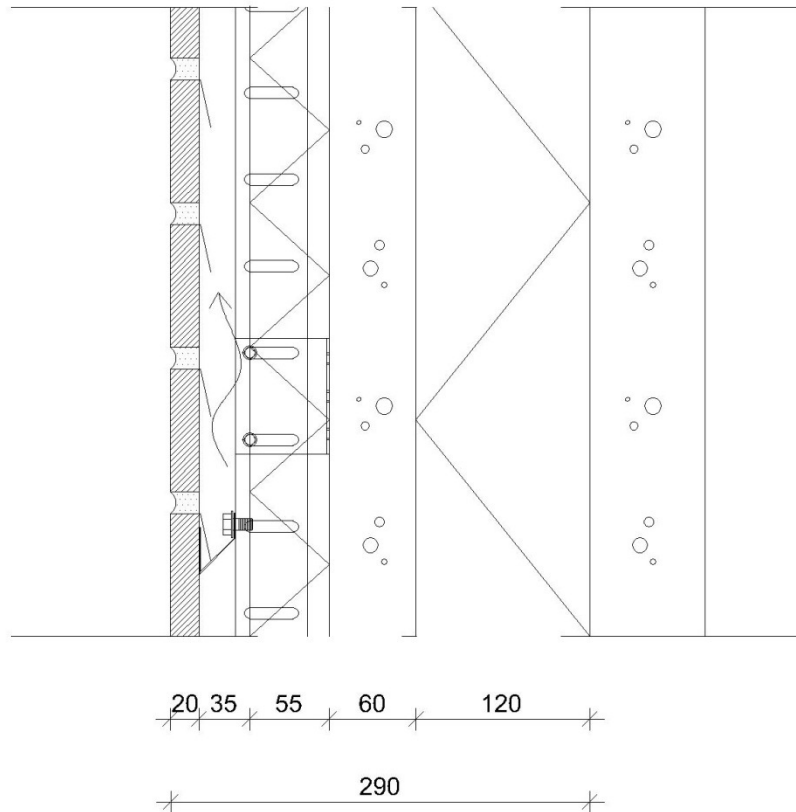
Lisäksi kiinnikkeeseen vaikuttaa myös leikkausvoima, joka on järjestelmän omapaino  $g_{kiin}$  sekä  $g_{tiili}$ .

$$V_{Ed} = g_{tiili} + g_{kiin} = 0,21 \text{ kN}$$

Tästä nähdään, että yksittäiselle kiinnikkeelle tuleva kuorma on verrattain pieni, joka helpottaa huomattavasti kiinniketyypin valintaa pelkästään kuormituksen perusteella.

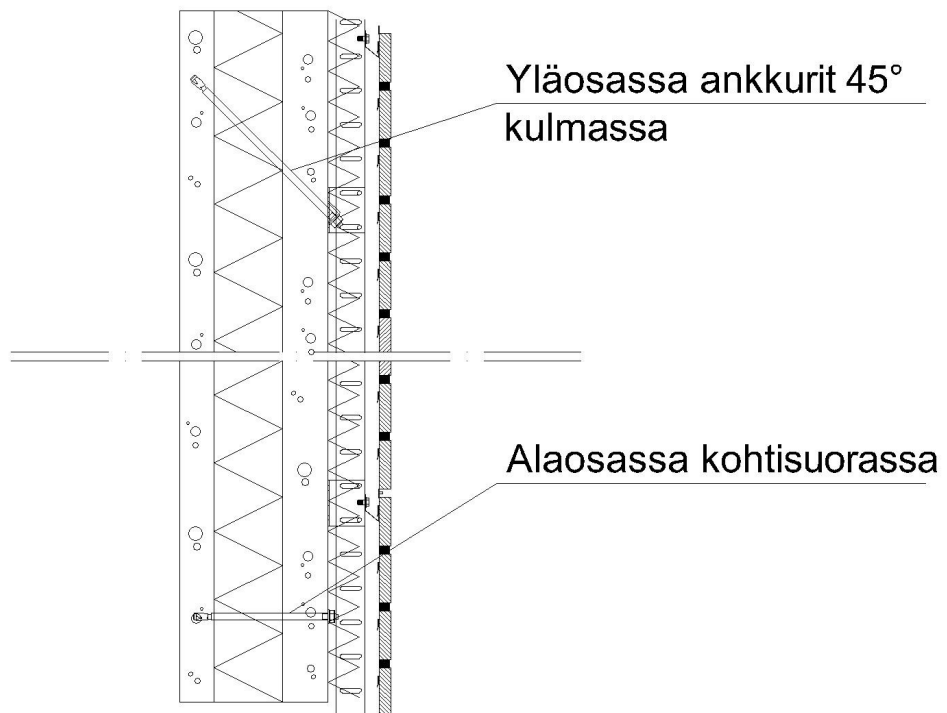
## 6.2 Betonisandwich-elementin lisätuennan laskentamalli

Esimerkkilaskentamallina betonisandwich-elementille käytetään tyypillistä 1970- ja 1980-luvun ei-kantavaa rakennetta. Rakenne muodostuu kuvan 7 mukaisesti 70 mm:n paksuisesta ulkokuoresta, 120 mm:n paksuisesta eristeestä ja sisäkuoresta, johon ulkokuori ja siihen kiinnitetty Stonel-järjestelmä tuetaan. Stonel-järjestelmä tässä tapauksessa tarkoittaa 55 mm:n lisäeristystä sekä seinäkiinnikettä 65, asennuskiskoa 25 ja tiililaattapaneelia.



*KUVA 7. Tarkasteltava rakenne*

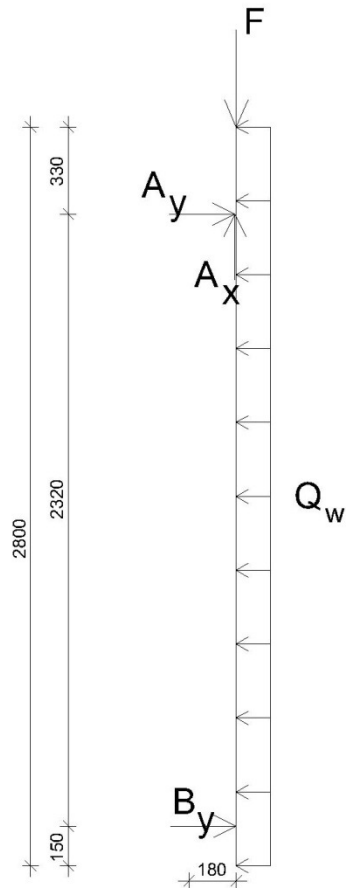
Kiinnitys toteutetaan JUKO – Ohjeistokansion ”Betonijulkisivut: verhoukorkorjaus levyverhouksella” -suunnitteluohjeiden mukaisesti, jossa kiinnikkeet on sijoitettu kuvan 8 mukaisesti. Yläosan ankkurit sijoitetaan 45° kulmaan ylöspäin ja alaosassa ankkuri asennetaan kohtisuoraan vanhaan rakenteeseen. Kiinnikkeet mitoitetaan veto- ja leikkauslujuuden osalta koko ulkokuoren ja lisäverhouksen painolle. Todellinen vetolujuus eli ankkurointikapasiteetti selvitetään lopullisesti vielä kohdekohtaisilla vetokokeilla. (Haukijärvi 2005, 19-20)



*KUVA 8. Kiinnikkeiden sijoitus*

Tarkasteltavaksi elementiksi valitaan korkeudeltaan 2,8 metriä oleva sandwich-elementti ja tarkastellaan siitä 1 metrin levyistä aluetta, jonka avulla kiinnitykselle tulevia kuormia voidaan haarukoida. Kuormituksina käytetään edellä saatuja arvoja tuulen ja rakenteen omien painojen suhteen sekä betonille käytetään arvoa  $24 \text{ kN/m}^3$ . Näiden pohjalta muodostetaan kuvan 9 mukainen yksinkertaistettu laskentamalli, jonka avulla veto- ja leikkauskuormitus saadaan selville. Veto- ja leikkausrasitus ratkaistaan pelkästään tasapainoehdojen avulla.





KUVA 9. Sandwich-elementin laskentamalli

Pistekuorma  $F$  koostuu Stonel-verhouksesta ja ulkokuoren omasta paksuudesta ja tuulikuorma  $Q_w$  on  $W_{e1}$  tai  $W_{e2}$ . Tukireaktiot lasketaan kaksitukisen palkin mallilla momenttien avulla. Kiinnikkeen  $A$  veto- ja leikkauskuorma täytyy vielä tarkentaa erikseen voimakomponenttien avulla. Lasketaan ensiksi kuormat, jonka jälkeen lasketaan suurimmat vetorasitukset:

$$F = (g_{tiili} + g_{villa} + g_{kiin} + g_{bet}) =$$

$$(0,392 + 0,18 + 0,04 + (1,15 * 24 * 0,06))kN/m^2 * 2,8m^2$$

$$F = 6,35kN$$

$$Q_{W1} = W_{e1} * A = (-1,02 * 2,8)kN/m^2 = -2,86 kN/m^2$$

$$Q_{W2} = W_{e2} * A = (0,728 * 2,8)kN/m^2 = 2,04 kN/m^2$$

Joista momentin avulla pisteen A suhteen saadaan:

$$B_{y,min} = \frac{-Q_{W1} * 2,8 * 1,07}{2,32} = -3,69kN$$

Vastaavasti pisteen B suhteen:

$$A_{y,min} = \frac{-Q_{W1} * 2,8 * 1,25}{2,32} = -4,31kN$$

Tarkistus:

$$A_{y,min} + B_{y,min} - Q_{W1} * 2,8 m = 0$$

$$A_x = F = 6,35 kN$$

Lasketaan vielä pisteen A kiinnikkeen suuntainen vetokuormitus kaavalla 8 (Tammertekniikka 2008, 27):

$$r = N_A = xi + yj = 6,35kN * cos45^\circ + 4,31kN * sin45^\circ = 7,54 kN \quad \text{KAAVA 8}$$

jossa

$r$	kiinnikkeen A vetokuormitus
$x$	$A_x$
$y$	$A_{y,min}$
$i, j$	$\sin\varphi, \varphi=45^\circ$

Vastaavasti kiinnikkeen A leikkausrasitus:

$$r = V_A = xi + yj = 6,35kN * cos45^\circ - 4,31kN * sin135^\circ = 1,44 kN$$

Kiinnikettä voidaan alkaa haarukoimaan siten, että yhdelle kiinnikkeelle tulevan kuorman leveyttä muutetaan kiinnikkeen kapasiteetin mukaan. Mitoittavat kuormat metriä kohden ovat siis 2,8 metriä korkean sandwich-elementin ulkokuoren lisätuennassa seuraavat:

$$N_{Ed,ylä} = 7,54 \text{ kN (vetoa)}$$

$$N_{Ed,ala} = 3,69 \text{ kN (vetoa)}$$

$$V_{Ed} = 1,44 \text{ kN}$$

Nämä ovat ainoastaan esimerkkinä saatuja arvoja, joiden avulla kiinnitystyyppiä voidaan haarukoida.

## 7 KÄYTETTÄVÄT KIINNIKKEET

Kiinniketyyppejä päätettiin ottaa mukaan kolme erilaista: muovinen tulppakiinnike, normaali kiila-ankkuri ja kemiallinen ankkuri. Kiila-ankkureiden pituutta vaihtamalla voidaan tehdä molemmat tässä työssä aiheelliset kiinnitykset eli Stonel-järjestelmän kiinnittäminen vanhaan rakenteeseen sekä betonisandwich-elementin ulkokuoren lisätuenta. Kemiallinen ankkurointi otettiin mukaan lähtökohtaisesti sandwich-elementtien lisätuentaan. Muoviset tulpat otettiin mukaan Stonel-järjestelmän kiinnitystä varten.

### 7.1 Kiinnikkeiden valinta

Ensimmäinen vaihe valinnassa oli sopivien tuotteiden löytäminen. Tuotteita etsittiin aluksi netistä ja suoraan tavarantoimittajilta tiedustellen. Ensimmäisenä kriteerinä oli CE-merkintä ja edellä laskettuihin kuormituksiin verrattuna riittävät lujuusominaisuudet. Pitkien kiila-ankkureiden kohdalla sopivien tuotteiden löytäminen osoittautui yllättävän haasteelliseksi johtuen siitä, että monellakaan tavarantoimittajalla ei vaadittua tuotetta ollut valikoimissa ja joilla niitä oli, ei ollut CE-merkintää tai ETA-hyväksyntää tuotteelle. Betoniruuveja, muovisia tulppakiinnikkeitä, lyhyitä kiila-ankkureita, lyöntiankkureita ja kemiallisia ankkureita oli sen sijaan tarjolla varsin kattavasti.

Kiinnitettäessä Stonel-järjestelmää sandwich-elementin sisäkuoreen, tulee rajaaviksi tekijöiksi seinäkiinnikkeen asennusreikä, joka on 8 mm, sekä rajallinen alusmateriaalin vahvuus, jota ei saa läpäistä. Tämä rajaa pois 8 mm:n vahvuiset betoniruuvit ja muoviset tulpat, joissa kiinnikkeen pituus ja täten asennussyvyys ovat yleensä yli 50 mm. Tässä kohdassa on huomioitava, että useiden CE-merkittyjen kiila-ankkureiden geometria on sellainen, ettei niillä välttämättä voida asennusta matalalla asennussyvyydellä tehdä.

Stonel-järjestelmän kiinnitykseen sandwich-elementin ulkokuoreen päätettiin ottaa mukaan kaikki edellä mainitut kiinnikkeet. Pääpaino ja suurimmat odotukset olivat nimenomaan muovisilla tulpilla, joiden toimintaperiaate sallii lämpiasennuksen alusmateriaalista sekä valmistajien mukaan luotettavamman

tartunnan myös hauraisiin materiaaleihin. Rajaavana tekijänä tässäkin tapauksessa on seinäkiinnikkeiden 8 mm:n asennusreiät. Muovitulppien CE-merkitty valikoima alkaa kuitenkin vasta 10 mm:n paksuisista kiinnikkeistä, joita useat tavarantoimittajat markkinoivat juuri julkisivukiinnikkeinä. Kuumasinkittynä ainoa kiinnikevaihtoehto on kiila-ankkuri matalalla asennussyvyydellä. Haponkestävästä teräksestä valmistetuista kiinnikkeistä tarjolla olivat betoniruuvit ja lyöntiankkurit. Edellisten perusteella voi olla tarpeellista harkita, kannattaako seinäkiinnikkeiden asennusreikien kokoa muuttaa esimerkiksi 10 mm:iin.

Betonisandwich-elementin lisätuentaa varten tarkempaan tarkasteluun valittiin ruostumattomat pitkät kiila-ankkurit ja kemiallinen ankkurointi. Kiila-ankkureita on 240 - 300 mm pitkinä ja CE-merkinnällä varustettuna markkinoilla tällä hetkellä varsin rajoitetusti. Kun asennussyvyys halutaan pitää mahdollisimman pienenä, tarkoittaa se myös ankkurin halkaisijan rajoittamista mahdollisimman pieneksi. Valmistajien ilmoittamat minimiankkurointisyvyydet olivatkin lähes poikkeuksetta suuremmat kuin koko alusmateriaalin paksuus.

Kemiallisten ankkureiden valinnan haasteet olivat hyvin pitkälle vastaavat kuin kiila-ankkureiden. Asennussyvyydet ovat valmistajien mukaan usein suuremmat kuin mitä on mahdollista tehdä. Lisäksi asennuksen laadun varmistus tulee huomattavasti kriittisemmäksi kuin mekaanisen kiila-ankkurin, koska asennus vaatii huolellisen puhdistuksen sekä riittävän kovettumisajan. Edellisen lisäksi myös asennusympäristö voi tulla rajoittavaksi tekijäksi talvella, kun lämpötilat ovat jatkuvasti pakkasen puolella. Kemiallisten ankkureiden käyttöä puoltaa kuitenkin valmistajien ilmoittamat korkeat kuormituskapasiteetit.

## **7.2 Valitut kiinnikkeet**

Stonel-järjestelmän kiinnitykseen valikoima kiinnikkeille oli hyvin suppea. Kiinnikevalikoima on huomattavasti laajempi seuraavassa kokoluokassa eli 10 mm halkaisijaltaan olevissa kiinnikkeissä. Kun vaihtoehdot olivat hyvin ra-

jalliset, tarkasteluun valittiin ainoastaan nykyisinkin käytössä oleva kiila-ankkuri, jonka ominaisuudet haluttiin todeta. Stonel-järjestelmän kiinnitystä varten testattiin: Sormat S-KAK M8x72. Kuumasinkitty kiila-ankkuri.

Betonisandwich-elementtien ulkokuoren lisätuennan tekemiseen tuotteita mukaan otettiin kaksi. Betonisandwich-elementtien ulkokuoren lisätuentaan valittiin seuraavat ankkurit: KALM KDK-UE A4 M8 kiila-ankkuri ja Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V-R M8 kemiallinen ankkurointi.

## 8 KIINNIKKEIDEN TESTAUS

Kiinnikkeiden käyttäytymisestä ja kapasiteeteista matalilla asennussyvyyksillä ei tietoa juurikaan ole. Testeillä pyrittiin ensisijaisesti toteamaan yksittäisten ankkureiden käyttäytymistä ja lujuusominaisuuksia matalilla asennussyvyyksillä. Testijärjestelynä päätettiin käyttää EOTA:n (European Organization for Technical Approvals) laatimaa koejärjestelyä kiinnikkeille, johon kaikki CE-merkinnällä varustettujen kiinnikkeiden ilmoitetut kapasiteetit perustuvat. Tämän järjestelyn periaatteet on esitetty kokonaisuudessaan ”ETAG 001 ANNEX A Details of test” -dokumentissa. Valitut kiinnikkeet testattiin Oulun seudun ammattikorkeakoulun betonilaboratorion tiloissa Oulussa.

Koejärjestelyä ei toteutettu kokonaisuudessaan, vaan tarkastelu rajoitettiin ainoastaan yksittäisen ankkurin vetokapasiteetin testaukseen, jossa samalla tarkasteltiin myös murtumuoto ja muodonmuutokset. Testiolosuhteiden murtokapasiteettien perusteella voidaan kiinnitystä suunnitteluohjeiden mukaan soveltaa kulloinkin vallitsevaan tilanteeseen.

Valituilla kiinnikkeillä oli kaikilla ETA-hyväksyntä halkeilleeseen betoniin. Valmistajien antamista ohjeista poikettiin asennussuunnassa, asennussyvydessä ja/tai alusmateriaalin paksuudessa, jolloin tarvetta muulle testaukselle ei ollut.

Testit suoritettiin kiinnikkeet kiinnitettynä kohtisuoraan 50 mm:n vahvuiseen betonilaattaan 30 mm:n asennussyvyteen. Betonisandwich-elementtien ulkokuoren lisätuentaan tarkoitettut ankkurit asennettiin myös 45° kulmaan alusmateriaalin nähden. Alusmateriaalin betonilaatu oli C35/40, josta tuloksia C20/25-betoniin ilmoitettuihin arvoihin voidaan verrata lujuuskertoimien avulla. Lujuusarvojen lisäksi testeillä haluttiin selvittää myös ankkureiden murtumuoto. Tämän perusteella voitiin arvioida toimintaa ohuessa alusmateriaalissa.

## 8.1 Testausjärjestely ja testaus

Testausjärjestelynä sovellettiin EOTA:n ETAG 001 ANNEX A: Details of test:iä ja ohjetta yksittäisten ankkurien lujuusominaisuuksille. Ohjeesta poimittiin kokeiden tuenta, kuormitusnopeus ja testikappaleen geometria, etteivät reuna- ja keskiöetäisyydet rajoita tuloksia. Testaukseen käytettiin OAMK:n laboratorion Dartec-koestuslaitetta. Tuloksena saatiin yksittäisen ankkurin murtokapasiteetti ja muodonmuutokset. Testijärjestely yksityiskohdittain oli seuraava:

- ankkurit asennettuna valmistajan ohjeen mukaan betoniin, pois lukien asennussyvyys
- kuormitus murtoon asti siten, että murto tapahtui 1 - 3 minuutin kuluttua aloituksesta
- alusmateriaalin tuenta vähintään etäisyydellä 2\*asennussyvyys ankkurista
- 5 kuormitusta per ankkuri.

Testit aloitettiin asentamalla ankkurit alusmateriaaliksi valittuihin Rudus Oy:n 298x298x50 mm:n kokoisiin betonista valmistettuihin pihalaattoihin. Laattoihin porattiin 30 mm syvä porareikä suoraan asennettaville ankkureille ja 35 mm syvä reikä vinoon asennettaville ankkureille. Edellä mainitut poraussyvydet todettiin maksimisyvyyksiksi tälle materiaalipaksuudelle, joilla läpiporaantumista tai betonin lohkeamista ei esiintynyt.

Lyhyitä Sormat S-KAK M8x72 -kiila-ankkureita asennettiin kohtisuoraan 5 kappaletta puhdistettuihin reikiin. Kalm KDK-UE A4 M8 pitkiä kiila-ankkureita asennettiin 5 kappaletta suoraan puhdistettuihin reikiin, 5 kpl puhdistamattomiin ja 5 45°:n kulmaan puhdistettuihin reikiin. Suoraan asennettuja ankkureita päätettiin testata puhdistetuissa ja puhdistamattomissa rei'issä, jotta nähdään reiän puhdistuksen vaikutus. Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V-R M8



ankkurointeja tehtiin 5 + 5 kappaletta kohtisuoraan ja 45°:n kulmaan asennettuna eli yhteensä 20 kpl.

Testikappaleet kiinnitettiin Dartec-laitteeseen ennalta valmistettujen tukien avulla. Kuvassa 10 on esitetty kohtisuoran vedon tuenta ja vetokoneen nivelellinen tuenta, ettei ankkureihin kohdistu muita voimia.



*KUVA 10. Kohtisuoran vedon tuenta ja nivelellinen kiinnitys*

Kuvassa 11 on esitetty vinon vedon tuenta, joka toteutettiin tekemällä koekappaleelle pidike, jossa koekappale on oikeassa kulmassa, eikä se pääse liikkumaan.



*KUVA 11. Vinon vedon tuenta*

Ennen varsinaisia testejä tehtiin kaksi koevetoa, joilla kokeiltiin sopiva vetonopeus sekä tarkasteltiin tuennan ja kiinnitysten riittävyys. Vetonopeus päätettiin aloittaa nopeudella 0,05 kN/s ja sitä jouduttiin hienosäätämään testien edetessä. Tuennat ja kiinnitykset todettiin riittäviksi, eikä niissä esiintynyt muodonmuutoksia testien aikana. Testeistä dokumentoitiin murtokuormitukset, muodonmuutokset, kuormitusajat ja murtumistapa valokuvaamalla.

## **8.2 Tulokset**

### **8.2.1 Sormat S-KAK M8x72**

Sormatin valmistama kuumasinkitty kiila-ankkuri toimi testeissä varsin hyvin ja tulokset olivat verrattain tasaisia. Tulokset on koottu taulukkoon 3. Vetonopeutena ankkureille oli 0,05 kN/s.

*TAULUKKO 3. Sormat S-KAK M8x72 murtokuormat ja muodonmuutokset*

Sormat S-KAK M8x72	Testi 1	Testi 2	Testi 3	Testi 4	Testi 5	Keski-arvo
Murtokuormitus [kN]	5,1	5,3	4,8	5,2	6,6	5,4
Muodonmuutos [mm]	4,0	2,0	5,0	4,0	6,0	4,6

Murtumismuoto oli kaikissa testivedoissa kartiomurto (kuva 12) ja vaikka tuenta oli kauempana kuin vaadittiin, ylsi murtuminen usein lähes tuentaan asti. Tuennan vaikutus ei kuitenkaan ollut merkittävä murtokuormituksen arvoihin.



*KUVA 12. Murtoon asti kuormitetut Sormat S-KAK M8x52 -ankkurit*

Testeillä saadut tulokset eivät kuitenkaan ole sovellettavissa suoraan käytäntöön, eikä varsinkaan vanhoihin jopa vaurioituneisiin betonirakenteisiin tehtä-

viin kiinnityksiin. Saatujen murtokapasiteettien avulla voidaan laskea suunnittelukapasiteetti kulloinkin vallitsevaan tilanteeseen osavarmuuskertoimien ja materiaalien lujuuksien mukaan. Sormat S-KAK M8x52 -kiila-ankkuri toimi testiolosuhteissa siten kuin kiila-ankkurit on suunniteltu toimimaan, ja määrääväksi tekijäksi testien perusteella tuleekin betonirakenteen vetolujuus.

### 8.2.2 Kalm KDK-UE A4 M8

Kalm KDK-UE A4 M8 -kiila-ankkureita testattiin 3 vetosarjaa. Vetosarjoista kaksi ensimmäistä tehtiin kohti suoraan asennetuille ankkureille, joista 5 kappaletta oli asennettu puhdistettuihin porareikiin ja 5 kappaletta puhdistamattomiin porareikiin.

Taulukossa 4 on esitetty puhdistettuihin porareikiin asennettujen ankkureiden tulokset. Tulokset ovat verrattain tasaisia etenkin muodonmuutosten osalta. Vetonopeus testeissä oli 0,05 kN/s.

*TAULUKKO 4. Puhdistettuun porareikään asennettu Kalm KDK-UE A4 M8*

Kalm KDK-UE A4 M8 puhdistettu	Testi 1	Testi 2	Testi 3	Testi 4	Testi 5	Keskiarvo
Murtokuormitus [kN]	7,0	4,8	5,2	6,1	6,0	5,8
Muodonmuutos [mm]	3,5	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0

Taulukossa 5 on puhdistamattomiin porareikiin tehtyjen asennusten tulokset. Tuloksista on havaittavissa suurempi vaihtelu lujuuksissa ja muodonmuutoksissa vertailtaessa puhdistettuihin porareikiin tehtyihin asennuksiin. Vetonopeus testeissä oli 0,05 kN/s.

*TAULUKKO 5. Puhdistamattomaan porareikään asennettu Kalm KDK-UE A4 M8 M8*

Kalm KDK-UE A4 M8 puhdistamaton	Testi 1	Testi 2	Testi 3	Testi 4	Testi 5	Keskiarvo
Murtokuormitus [kN]	6,8	3,6	5,1	6,1	5,9	5,5
Muodonmuutos [mm]	3,0	1,0	3,0	6,0	5,0	3,6

Murtumismuoto kaikilla suoraan asennetuilla ankkureilla vetokokeissa oli kartiomurto (kuvat 13 ja 14). Murtumat ylsivät joissain tapauksissa tuentaan saakka hyvin ohuina levymäisinä halkeamina, mutta tämän ei katsottu vaikuttavan merkittävästi lujuteen.



*KUVA 13. Murtoon asti puhdistettuihin porareikiin asennetut Kalm KDK-UE A4 M8 ankkurit*



*KUVA 14. Murtoon asti puhdistamattomiin porareikiin asennetut Kalm KDK-UE A4 M8 ankkurit*

45°:n kulmaan asennettuja ankkureita testattiin 5 kappaletta puhdistettuun porareikään asennettuna. Näiden testien tulokset on esitetty taulukossa 6. Vinoon asennettujen ankkureiden murtumismuoto oli yhtä lukuun ottamatta kartiomurto. Heikoimman murtolujuuden saavuttanut ankkuri luisti porareikästä hieman ulos jo asennusvaiheessa, kuten se teki myös itse vetokokeessa. Syynä tähän oli luultavimmin huolimattomasti porattu porareikä, joka saattoi olla suositeltua suurempi. Vetonopeus ensimmäisessä vedossa oli 0,03 kN/s ja loppuissa 0,04 kN/s.

*TAULUKKO 6. 45 °:n kulmaan asennettu Kalm KDK-UE A4 M8*

Kalm KDK-UE A4 M8	Testi 1	Testi 2	Testi 3	Testi 4	Testi 5	Keskiarvo
Murtokuormitus [kN]	5,5	5,2	7,1	5,7	4,5	5,6
Muodonmuutos [mm]	3,0	5,0	4,0	3,5	6,0	4,3

Yhdessä testivedossa ankkuri luisti huomattavasti muita enemmän vedon aikana ulos ja murtumismuoto ei ollut kartiomurto kuten muissa. (Kuva 15) Ankkuroinnin aiheuttamat jännitykset ja murtuminen näyttivät suuntautuneen

enimmäkseen alusmateriaalin pinnan ja ankkurin väliin, jossa alusmateriaalia on vähemmän.



*KUVA 15. Murtoon asti 45°:n kulmaan asennetut Kalm KDK-UE A4 M8 ankkurit*

Kuten edellistenkin ankkureiden tapauksessa kiinnitysten rajoittavaksi tekijäksi osoittautui betonin vetolujuus. Porareiän puhdistamisen vaikutus on nähtävissä testituloksista. Hajonta murtokapasiteeteissa ja muodonmuutokset ovat suuremmat mitä puhdistettuihin porareikiin asennetuilla ankkureilla. Erot eivät ole hälyttäviä, mutta laadukkaan lopputuloksen ja luotettavan asennuksen kannalta porareiän puhdistus on tehtävä valmistajan ohjeiden mukaan. Tässäkin tapauksessa testituloksia voidaan käyttää hyväksi suunnittelukapasiteettia laskettaessa materiaalien ja osavarmuuskertoimien mukaan.

45°:n kulmaan asennettujen ankkureiden testien perusteella määräävä tekijä lujuuteen on myös betonin vetolujuus. Asennussuunta ei näytä oleellisesti vaikuttavan vetokapasiteettiin, kun samalla alusmateriaalin paksuudella päästään hieman syvempään ankkurointisyvyyteen. Vastaavaa asennusta ei

työmaalla tehtävissä ankkurointien vetokokeissa pystyttyä testaamaan, johtuen vetolaitteiden tuennasta.

### 8.2.3 Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V-R M8

Hiltin HIT-HY 200-A kemiallista ankkurointimassaa asennettiin yhdessä M8 ankkuritangon kanssa yhteensä 20 kappaletta. 10 kappaletta kohtisuoraan ja 10 kappaletta 45°-kulmaan, joista molemmat suunnat vielä puolitettiin asentamalla 5 kappaletta puhtaaseen ja 5 kappaletta puhdistamattomaan porareikään. Vetokokeet kuitenkin Hiltin ankkureiden kohdalta päätettiin keskeyttää ensimmäisen 5 kappaleen jälkeen, johtuen virheestä ankkuroinnin asennuksessa. Tuon sarjan testitulokset on esitetty taulukossa 7. Vetonopeus testeissä oli 0,1 kN/s.

TAULUKKO 7. Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V-R M8 puhdistettu porareikä

HIT-HY 200-A + HIT-V-R M8	Testi 1	Testi 2	Testi 3	Testi 4	Testi 5	Keskiarvo
Murtokuormitus [kN]	0,6	3,1	2,1	1,7	1,3	1,8
Muodonmuutos [mm]	3,5	19,0	9,0	14,0	3,0	9,7

Alusmateriaalina käytetyt pihalaatat olivat olleet säilytyksessä talviolosuhteissa kaksi viikkoa ennen testien tekemistä. Laatat siirrettiin sisätiloihin testipäivän aamuna, jossa ne ehtivät olla noin 6 tuntia ennen ankkurointien asennusta. Vetokuormituskokeet tehtiin seuraavana päivänä, jolloin ei enää ollut mahdollista mitata laatoista lämpötiloja tai kosteuksia. Laatat olivat pakauksesta otettaessa jäässä ja silminnähden märkiä vielä seuraavanakin päivänä. Työn aikataulusta ja kiila-ankkureiden saamista tuloksista johtuen, ei uusia vetokokeita Hiltin ankkureille päätetty tehdä.



Kemiallinen ankkurointi ei ollut asennettu riittävän kuivaan alusmateriaaliin, jolloin ankkurit eivät olleet ”liimautuneet” betoniin lainkaan, vaan tulivat betonia rikkomatta suoraan ulos porarei’istä.(Kuva 16)



*KUVA 16. Murtoon asti kuormitetut Hilti HIT-HY 200-A + HIT-V-R M8 ankkurit*

Saadut tulokset eivät ole täysin käyttökelpoisia arvioidessa ankkuroinnin kelpoisuutta tätä työtä silmällä pitäen. Tuloksista vahvistui kuitenkin se seikka, että kemiallinen ankkurointi on huomattavasti herkempi työn aikaisille olosuhteille, eikä siten ole yhtä käyttökelpoinen kuin ennen testatut kiila-ankkurit. Testiolosuhteet eivät olleet täysin realistiset käyttötarkoituksen eli sandwich-elementin sisäkuoreen kiinnittämiseen nähden. Betonisandwich-elementin sisäkuori on eristeen sisäpuolella, joten sen pitäisi olla riittävän kuiva ja lämmin olosuhteiden puolesta.

## 9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää sopivat kiinnitystavat Stonel-järjestelmälle ohueen betoniin. Työ aloitettiin selvittämällä tarkasteltavat rakenteet ja niihin vaikuttavat kuormitukset. Näiden perusteella selvitettiin tavarantoimittajilta soveltuvimmat vaihtoehdot työssä tarkasteltaviin kiinnityksiin. Vaatimukset kiinnikkeille olivat korkeat ja ne karsivat soveltuvat vaihtoehdot aiemmin arvioitua huomattavasti vähäisemmiksi. Valittujen kiinnikkeiden soveltuvuus ja ominaisuudet todettiin vielä erikseen testiolosuhteissa Oulun seudun ammattikorkeakoulun betonilaboratorion tiloissa. Oulun seudun ammattikorkeakoulun Dartec-vetolaite mahdollisti erittäin tarkat ja sitä kautta vertailukelpoiset tulokset.

Tutkimusten perusteella Kalm KDK-UE A4 M8 ja Sormat S-KAK M8x72 – kiila-ankkurit soveltuvat hyvin myös ohueen betoniin matalalla asennussyvyydellä tehtäviin kiinnityksiin. Hiltin HIT-HY 200-A + HIT-V-R M8 kemiallinen ankkuri tarvitsee vielä lisää testejä käyttöolosuhteita vastaavissa olosuhteissa, jotta sen lujuusominaisuudet voidaan todeta. Kaikkien kiila-ankkureilla tehtyjen kiinnitysten murtumismuoto oli kartiomurto eli mekaaniseen kitkaan perustuvilla kiila-ankkureilla tehtyjen kiinnityksen rajoittavaksi tekijäksi todettiin betonin lujuus. Testeillä todettiin myös kiila-ankkureilla tehtävien kiinnitysten laadunvarmistuksen kannalta oleellinen porareikien puhdistus, vetokapasiteetit ovat huomattavasti tasaisemmat kiila-ankkurit puhdistettuihin porareikiin asennettuna. Kaikilla testatuilla kiila-ankkureilla on myös CE-merkintä, joten niiden käyttö on hyväksytty olemassa olevien ja tulevien vaatimusten puitteissa.

Ankkureiden ominaisuuksia olisi voitu arvioida vielä todenmukaisemmin tekemällä vetokokeet ankkurit kiinnitettynä esimerkiksi vanhaan betonirakenteeseen, mutta tämä ei valitettavasti ollut työtä tehtäessä mahdollista. Vanhoihin betonirakenteisiin tehtävät kiinnitykset täytyy aina arvioida ja suunnitella tapauskohtaisesti ja yleispätevän ohjeen tekeminen onkin lähes mahdotonta johtuen betonin pientyneestä vetolujuudesta. Perusteltua on

pyrkii tekemään kiinnitykset raskaampiin rakenteisiin kuten välipohjiin ja pyrkiä välttämään ohueen betoniin tehtävät kiinnitykset. Ohueen betoniin tehtävät kiinnitykset on myös tarpeellista varmistaa rakennuspaikkakohtaisesti vetokokein.

Julkisivujen betonirakenteisiin tehtäviä kiinnityksiä olisi mielenkiintoista tutkia myös käytännössä. Tärkeää olisi selvittää, miten ankkurit käyttäytyvät vuosikymmeniä vanhoissa betonirakenteissa, joissa rakenteet, betonilaatu sekä vauriot voivat vaihdella laidasta laitaan. Laajemmalla tutkimuksella voitaisiin mahdollisesti parantaa rakenteiden elinkaarta ja turvallisuutta, sekä säästää aikaa ja työtä julkisivusaneerausten suunnittelussa ja urakoinnissa.

## LÄHTEET

ETAG 001 ANNEX A Details of test. 2001. European Organisation for Technical Approvals. Saatavissa: <http://eota.be/ckfinder/userfiles/files/Public%20-%20Endorsed%20ETAGs/etag-001-annex-a-07-11-13.pdf> Hakupäivä 28.3.2013

ETAG 001 Annex C: DESIGN METHODS FOR ANCHORAGES. 2001. European Organisation for Technical Approvals. Saatavissa: <http://eota.be/ckfinder/userfiles/files/Public%20-%20Endorsed%20ETAGs/etag-001-annex-c-10-08-01.pdf> Hakupäivä 28.3.2013

Haukijärvi, Matti 2005. Betonijulkisivut verhoukorkorjaus levyverhouksella - suunnitteluohjeet. Saatavissa: [http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari2/juko/JUKO\\_pdf\\_web/Korjaustavat/Betonijulkisivut/Suunnittelu\\_betoni\\_levyverhous.pdf](http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari2/juko/JUKO_pdf_web/Korjaustavat/Betonijulkisivut/Suunnittelu_betoni_levyverhous.pdf) Hakupäivä 20.11.2012

Julkisivujen korjausopas. 1997. Julkisivu yhdistys r.y. Hyvinkää: Julkisivuyhdistys r.y.

Lahdensivu, Jukka 2010. Suomalaisen betonikerrostalokannan korjaustarpeet. Kiinteistöposti professional 10/2010, 36-38.

Martinkauppi, Kirsi 2012. Rakennustuoteasetus. Jyväskylä: Bookwell Oy.

Pajakkala, Pekka 2010. Korjausrakentamisen näkymät ja rooli. Saatavissa: [http://www.vtt.fi/files/news/2010/korjausrakentamisen\\_sem/pajakkala\\_korjausrakentamisen\\_nakymat\\_vtt2010.pdf](http://www.vtt.fi/files/news/2010/korjausrakentamisen_sem/pajakkala_korjausrakentamisen_nakymat_vtt2010.pdf) Hakupäivä 28.3.2012

Pajakkala, Pekka 2010. Rakennuskanta vanhenee – korjausrakentamista riittää. Saatavissa: <http://www.sahkoinfo.fi/Download.ashx?type=1&id=11781> Hakupäivä 28.3.2012

CE-merkintä. 2012. Ympäristöministeriö. Saatavissa:

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=403461&lan=FI> Hakupäivä:

20.11.2012

BY 57 Eriste- ja levyrappaus 2011. 2011. Suomen Betoniyhdistys Oy. BY-Koulutus Oy

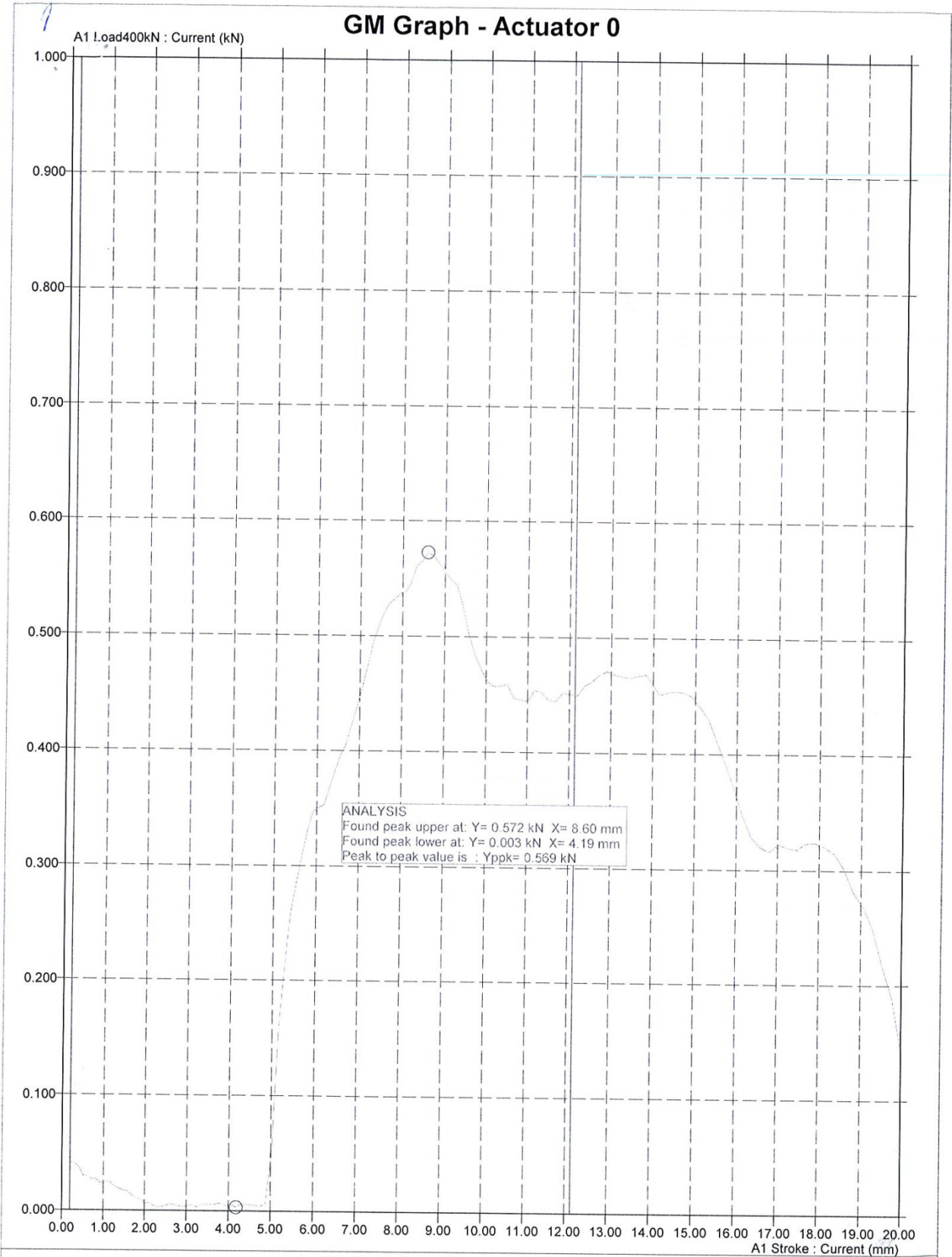
Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2005. SFS-EN 1991-1-4 Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Tuulikuormat.

Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Tiililaattalevyn tekniset tiedot. 2012. STONEL Oy. Saatavissa:

[http://stonel.fi/tekniset\\_tiedot/](http://stonel.fi/tekniset_tiedot/) Hakupäivä 08.11.2012

Tekniikan kaavasto. 2008. Tammertekniikka. Hämeenlinna: Amk-Kustannus Oy Tammertekniikka.



Filename : [C:\Workshop 96\Väyrynen Harriveto 1.W01 - 1]  
Number of bytes in subfile: 4092  
Total number of data points: 228

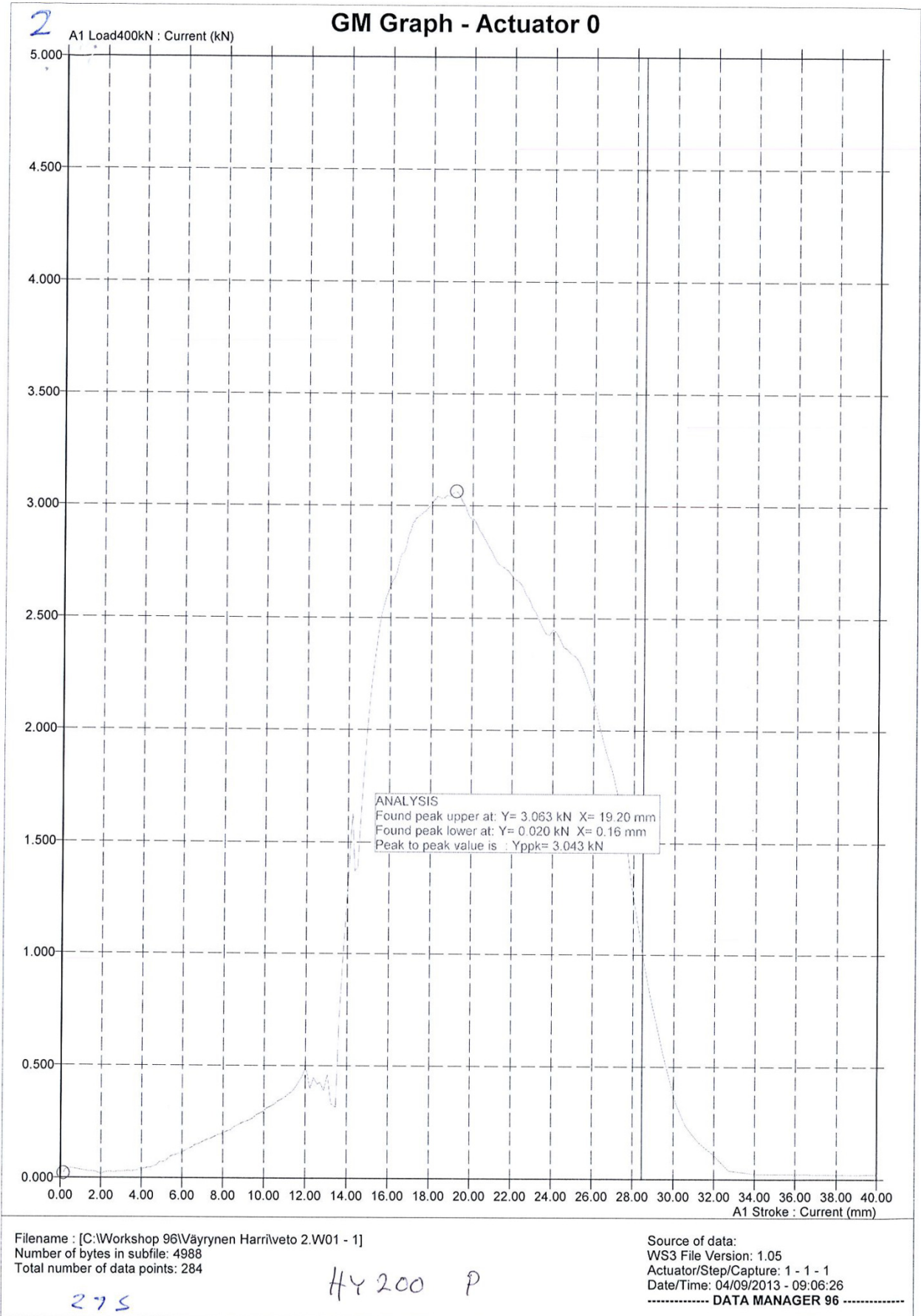
35 s

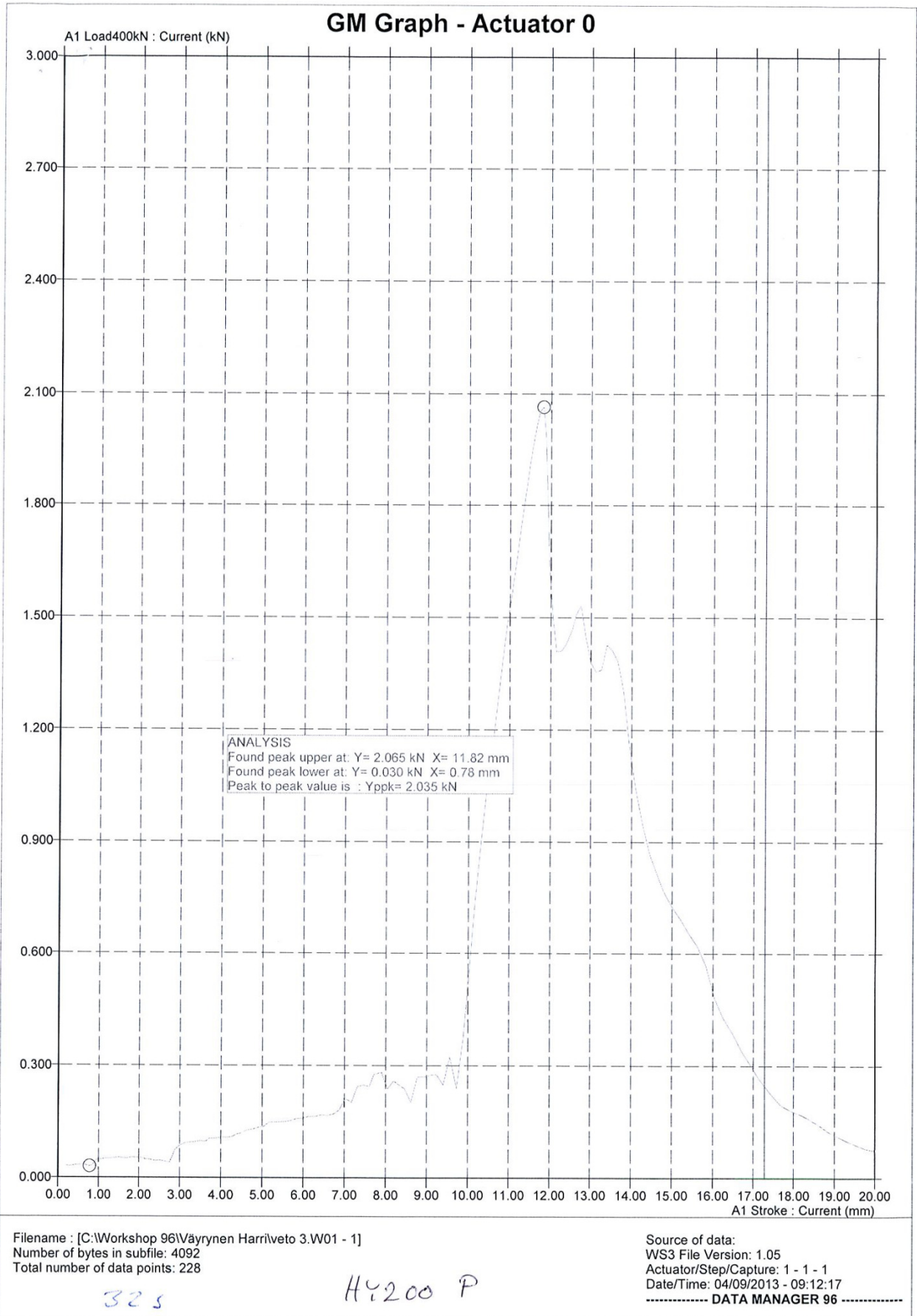
HY200 P

0,1 kN/s

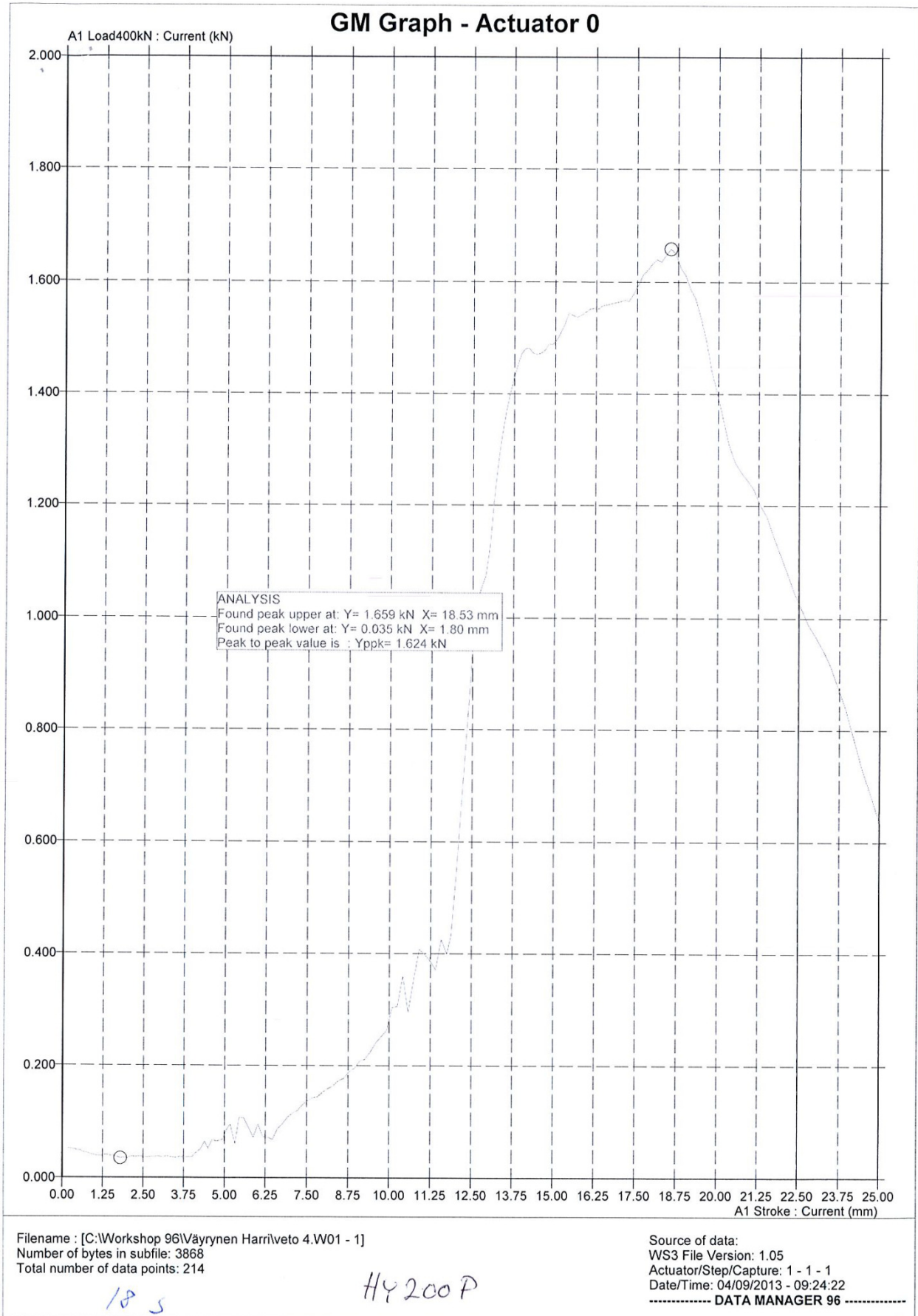
Source of data:  
WS3 File Version: 1.05  
Actuator/Step/Capture: 1 - 1 - 1  
Date/Time: 04/09/2013 - 08:55:25

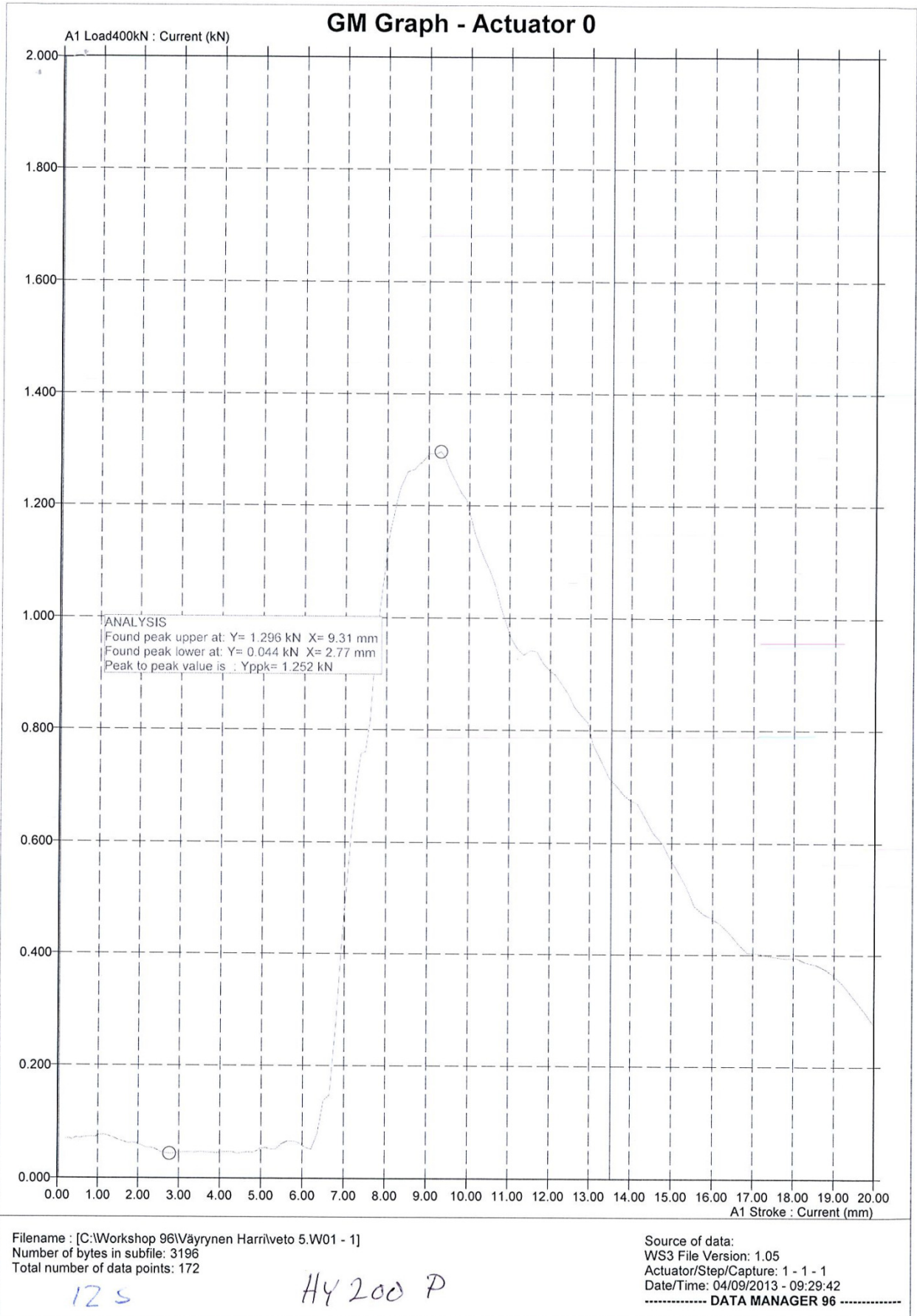
----- DATA MANAGER 96 -----

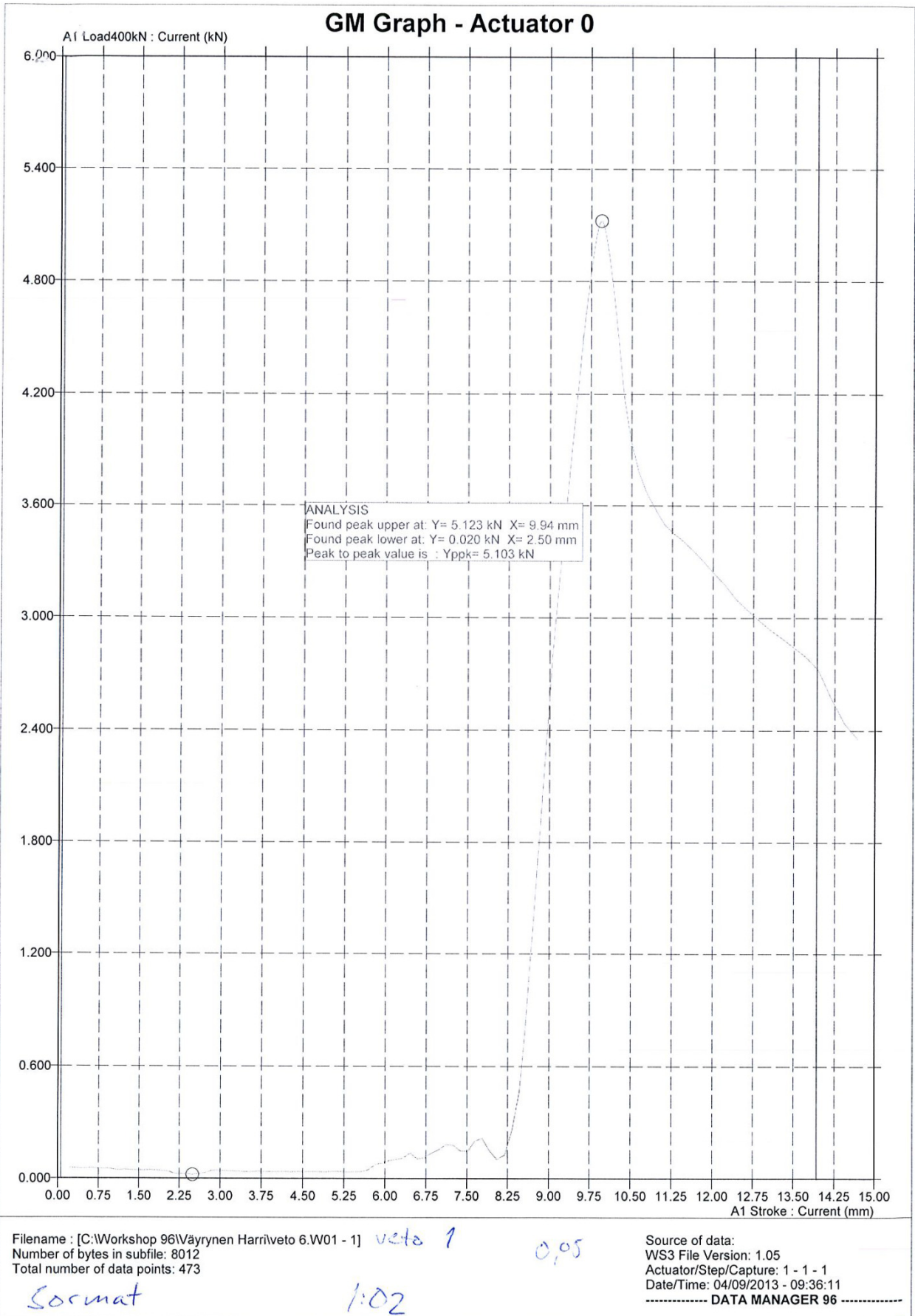


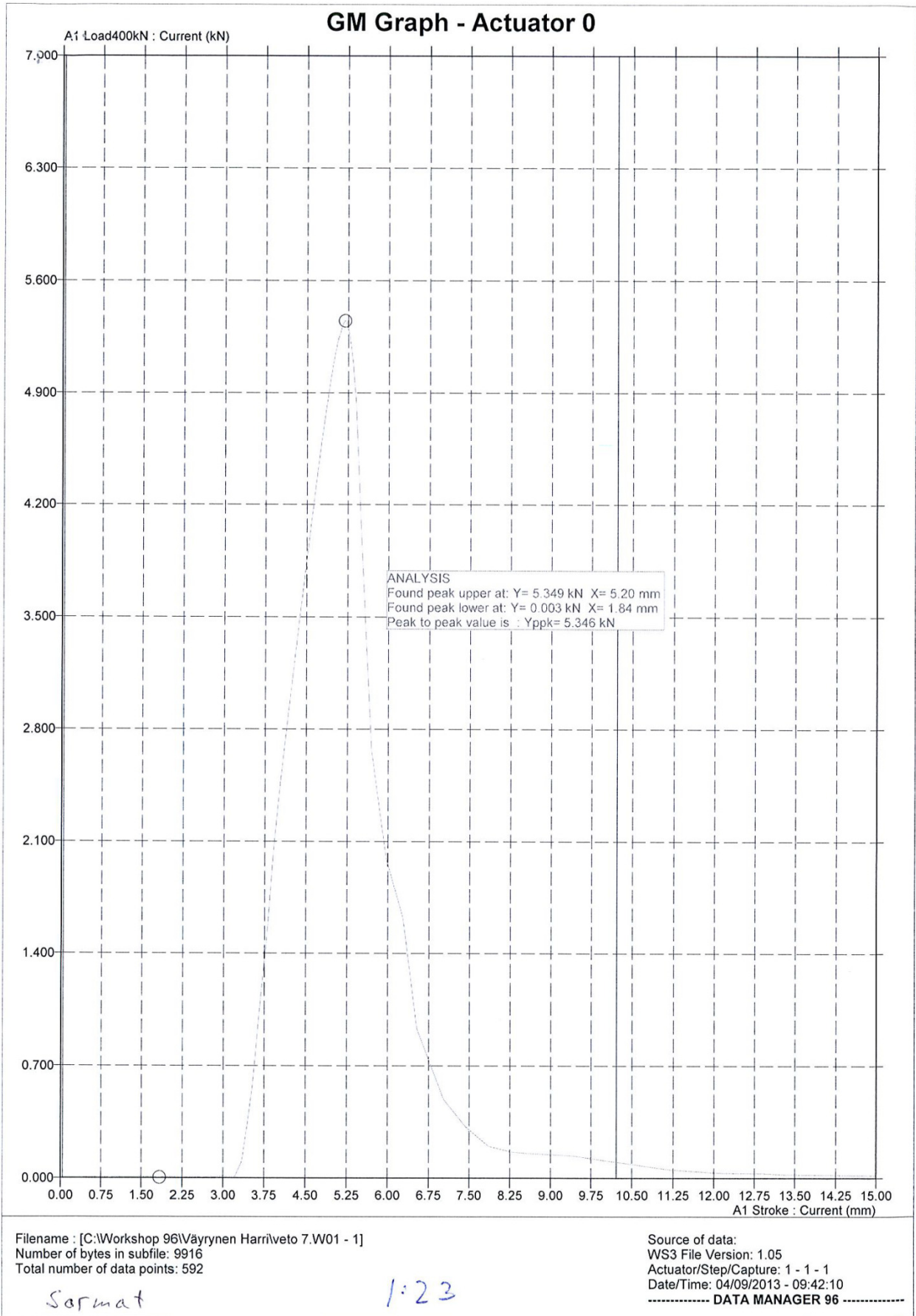


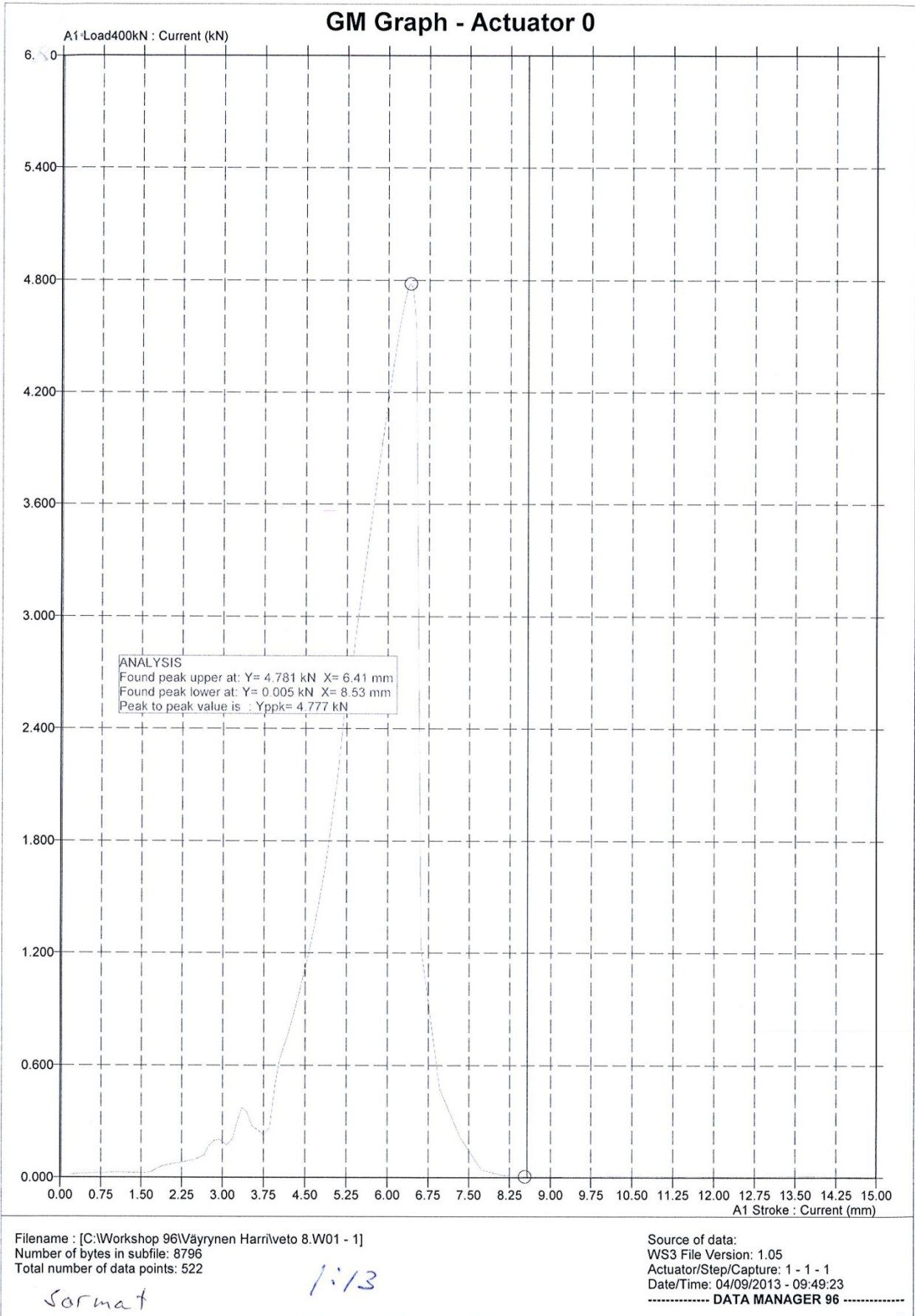


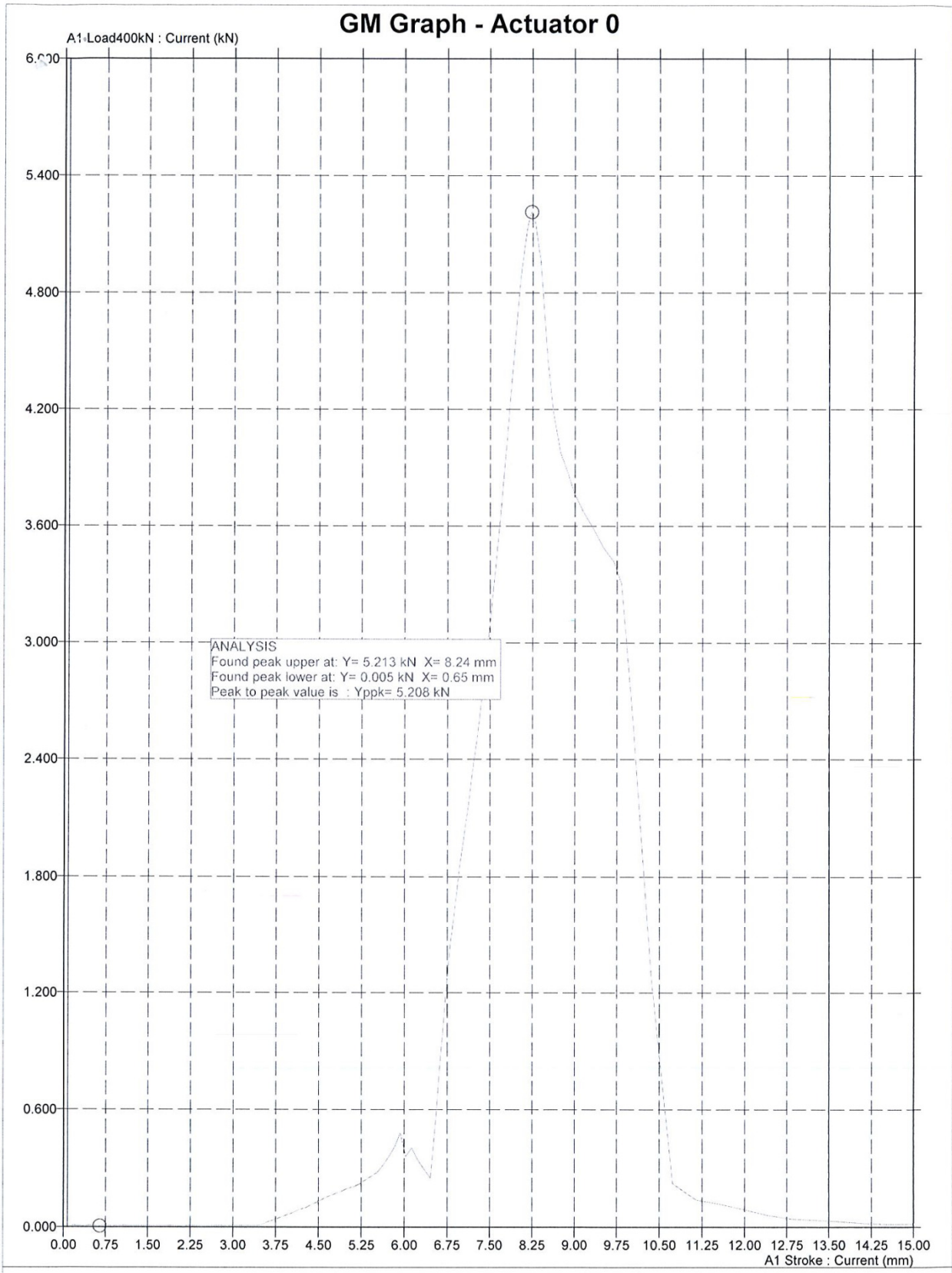












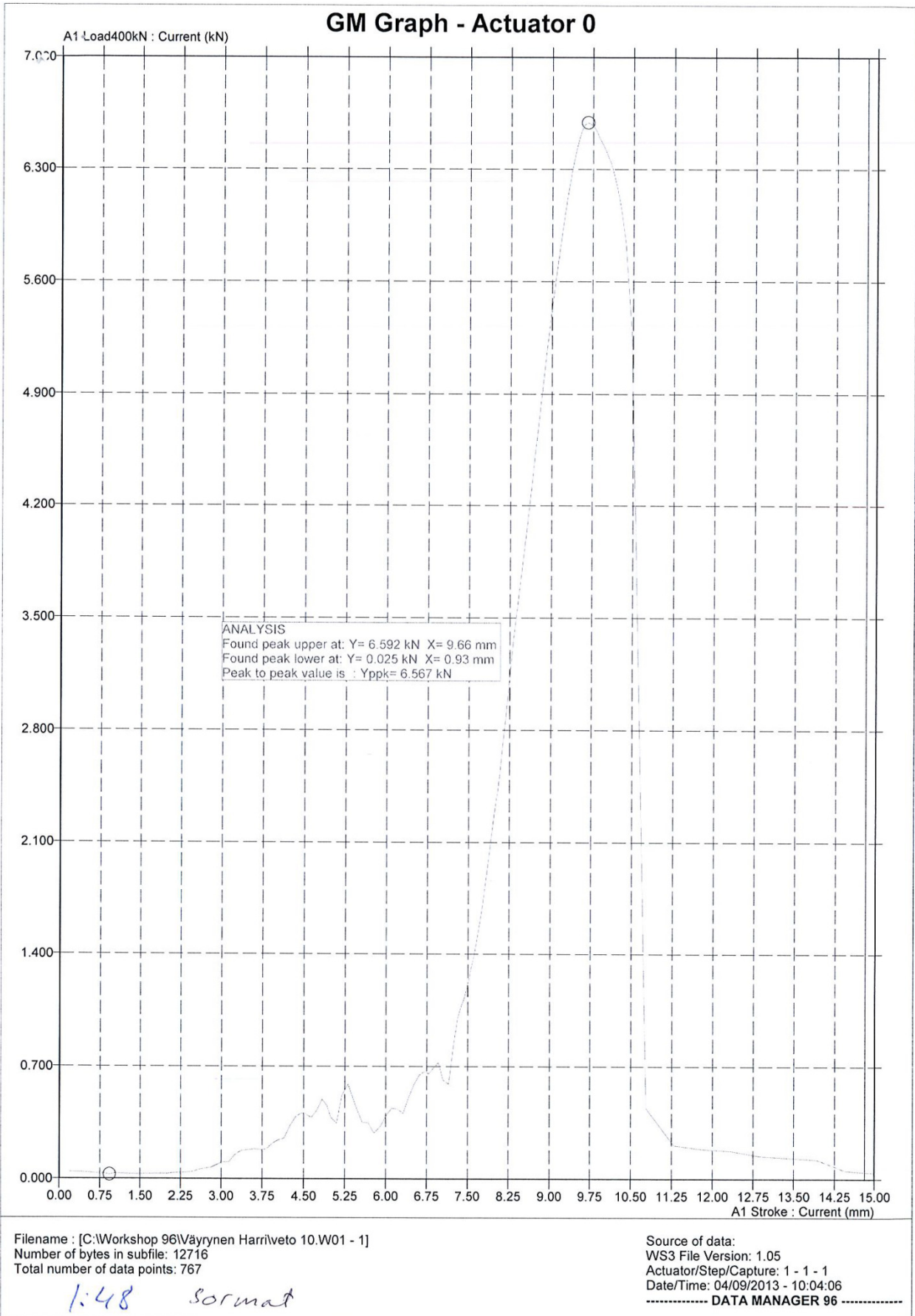
Filename : [C:\Workshop 96\Wäyrynen Harrilveto 9.W01 - 1]  
 Number of bytes in subfile: 9916  
 Total number of data points: 592

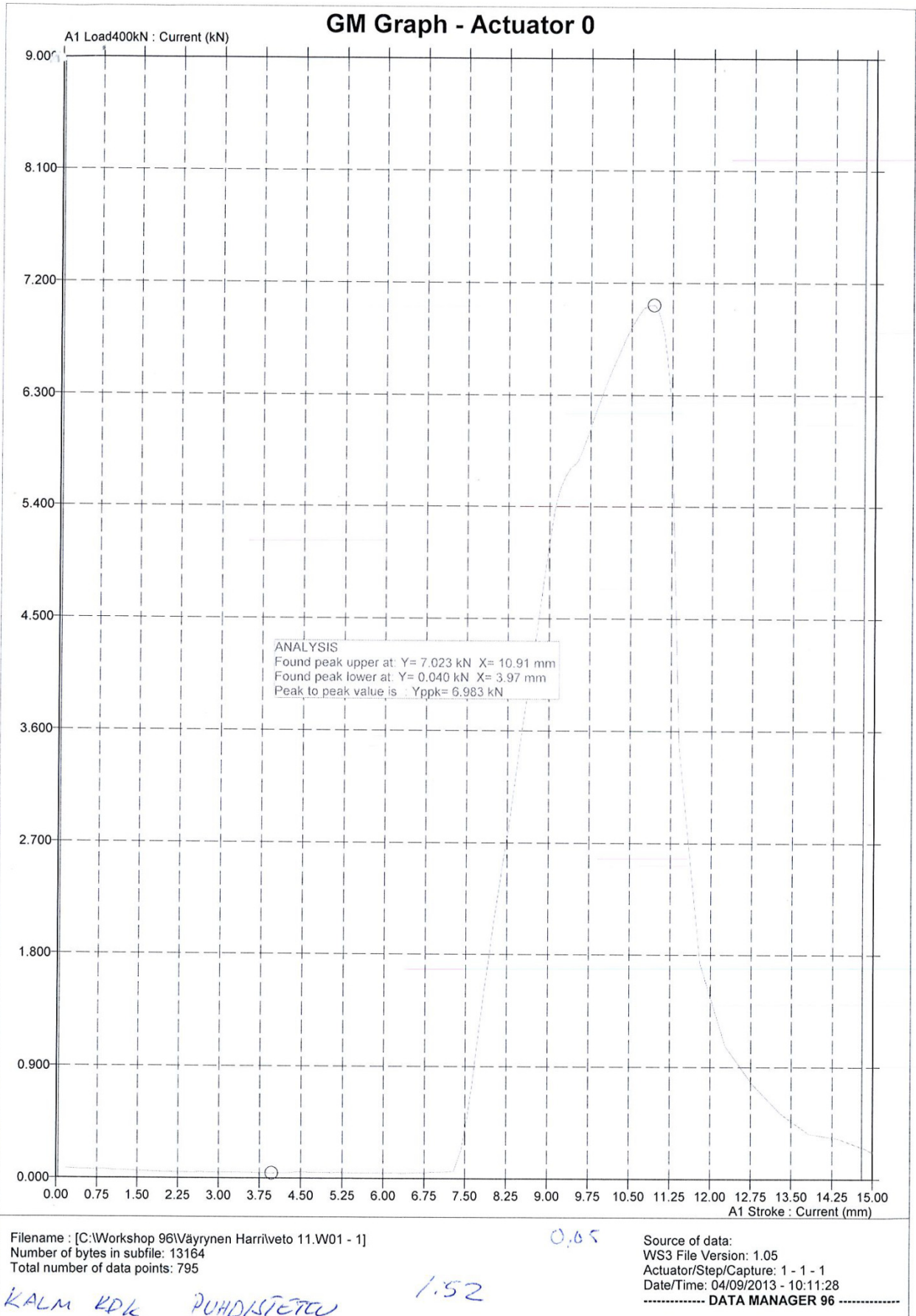
Source of data:  
 WS3 File Version: 1.05  
 Actuator/Step/Capture: 1 - 1 - 1  
 Date/Time: 04/09/2013 - 09:56:41

*Sarmit*

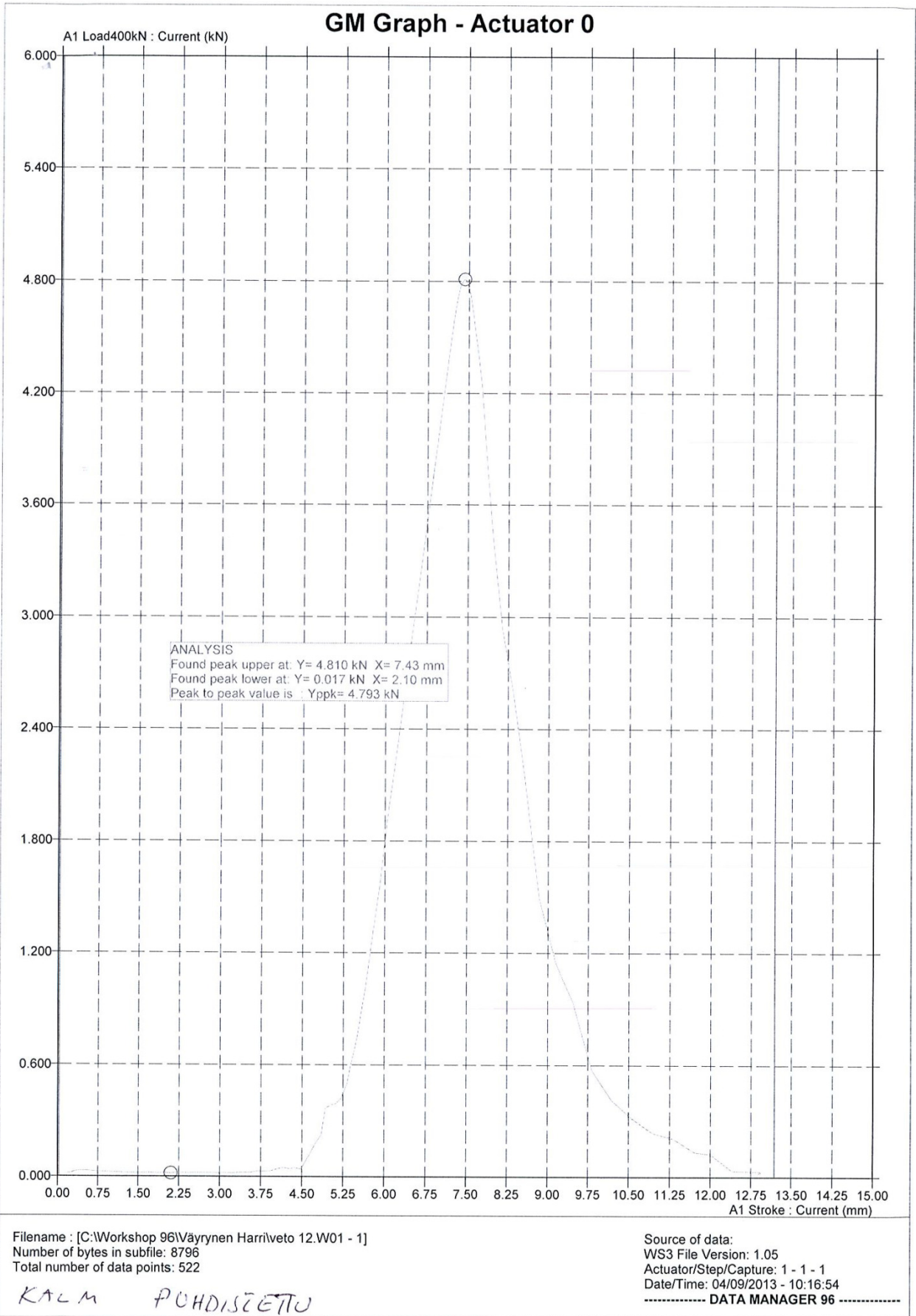
*1:20*

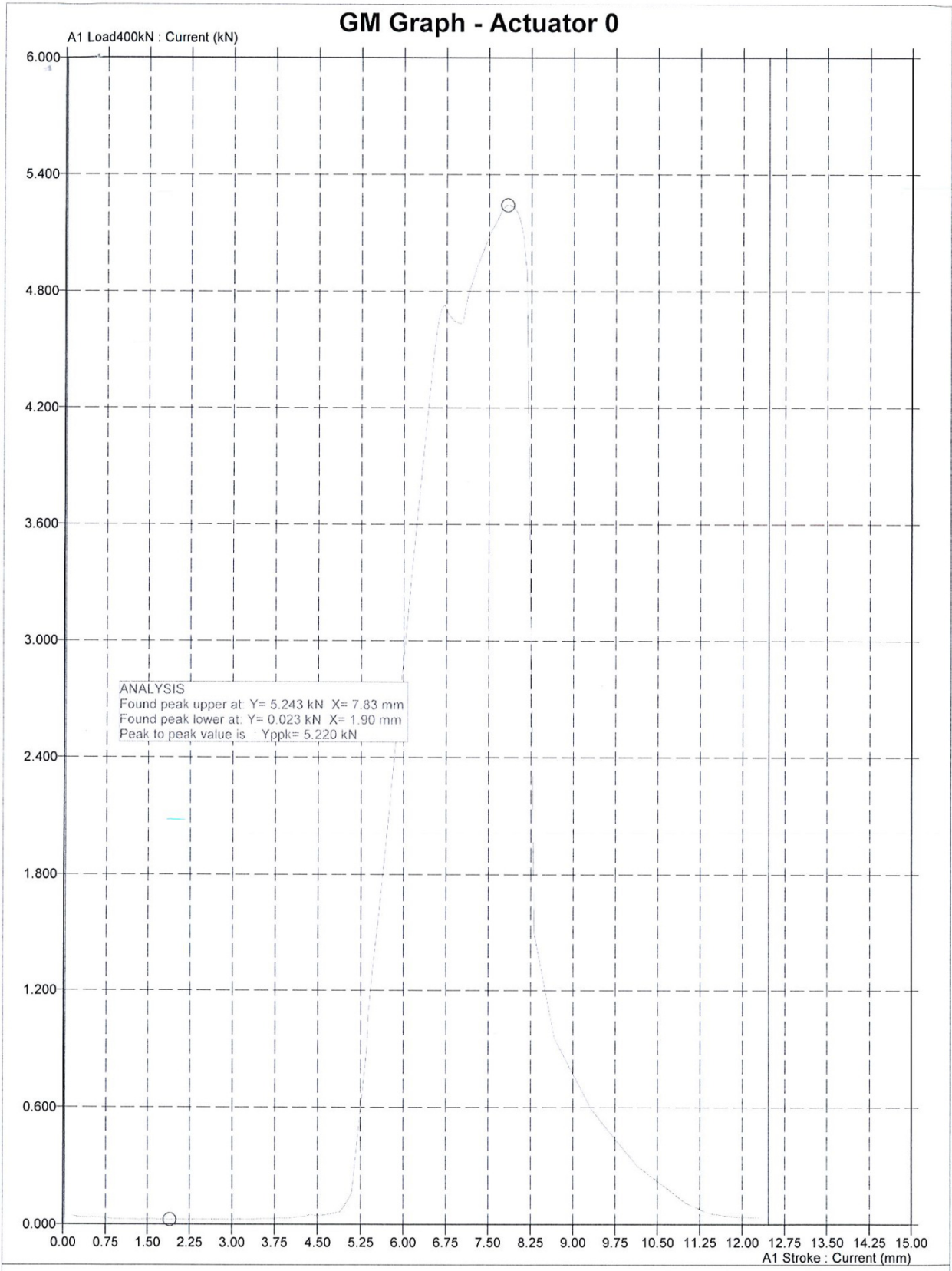
----- DATA MANAGER 96 -----











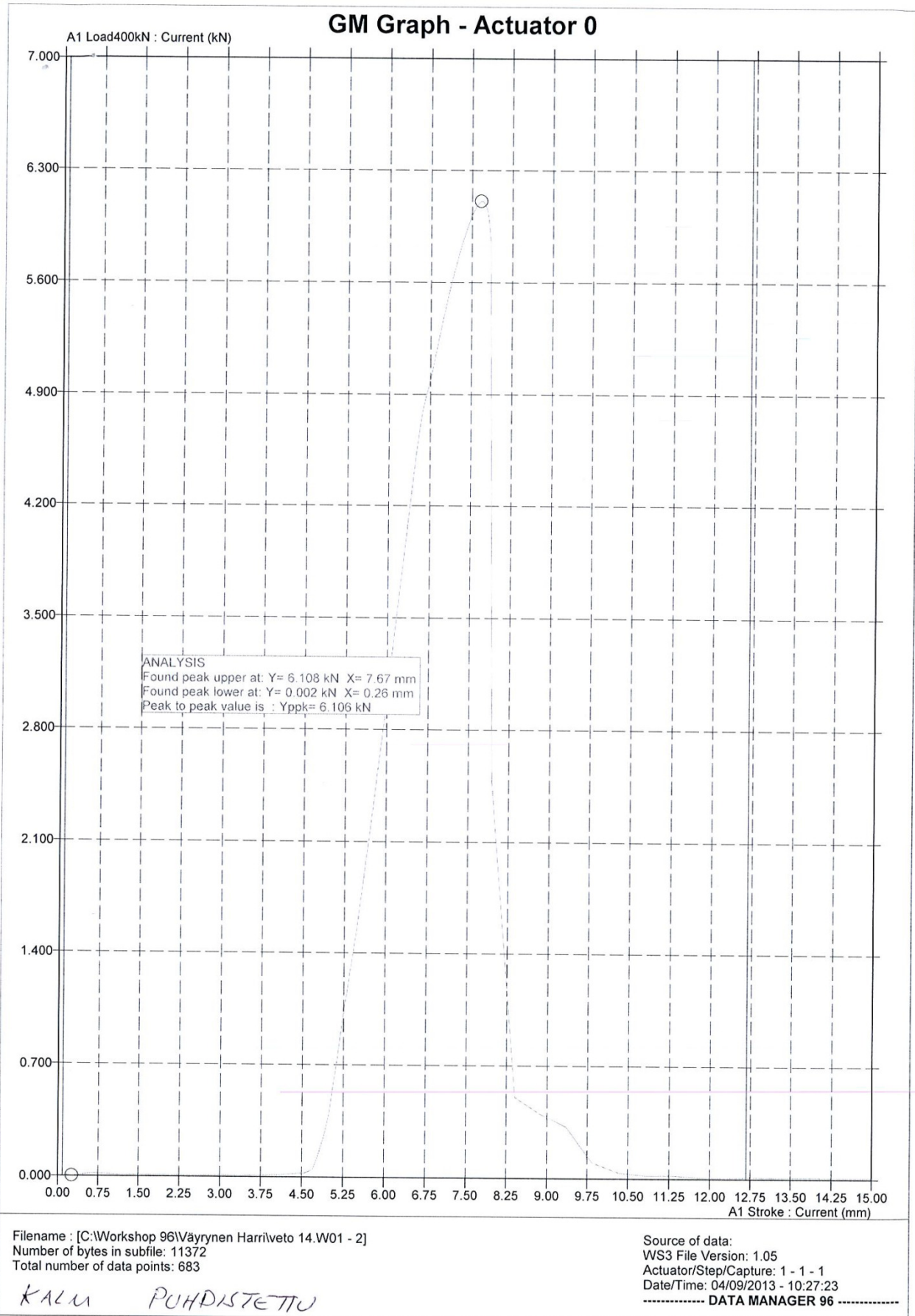
Filename : [C:\Workshop 96\Väyrynen Harrilveto 13.W01 - 1]  
 Number of bytes in subfile: 9580  
 Total number of data points: 571

Source of data:  
 WS3 File Version: 1.05  
 Actuator/Step/Capture: 1 - 1 - 1  
 Date/Time: 04/09/2013 - 10:21:43

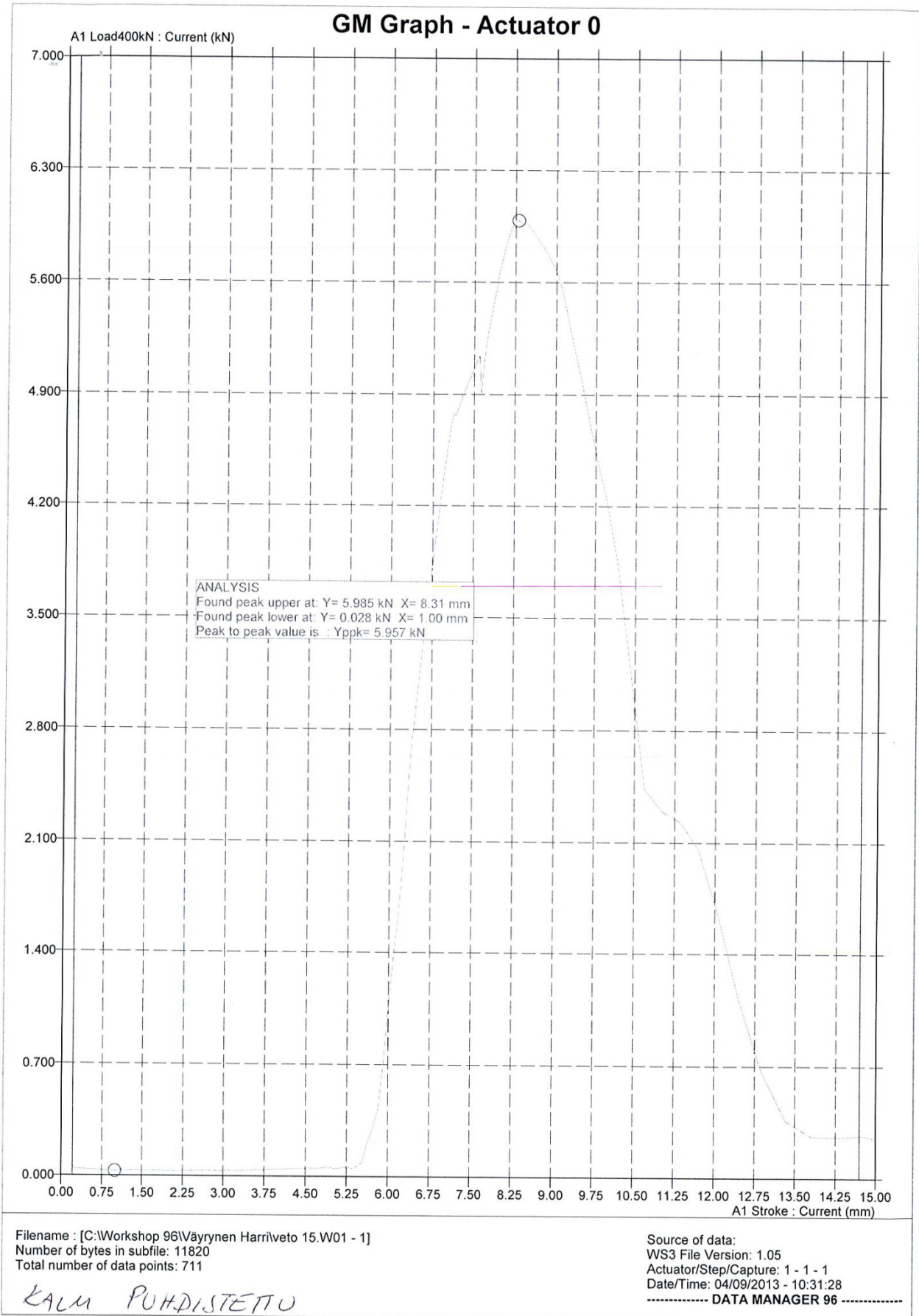
*KALM PUMPISTETTU*

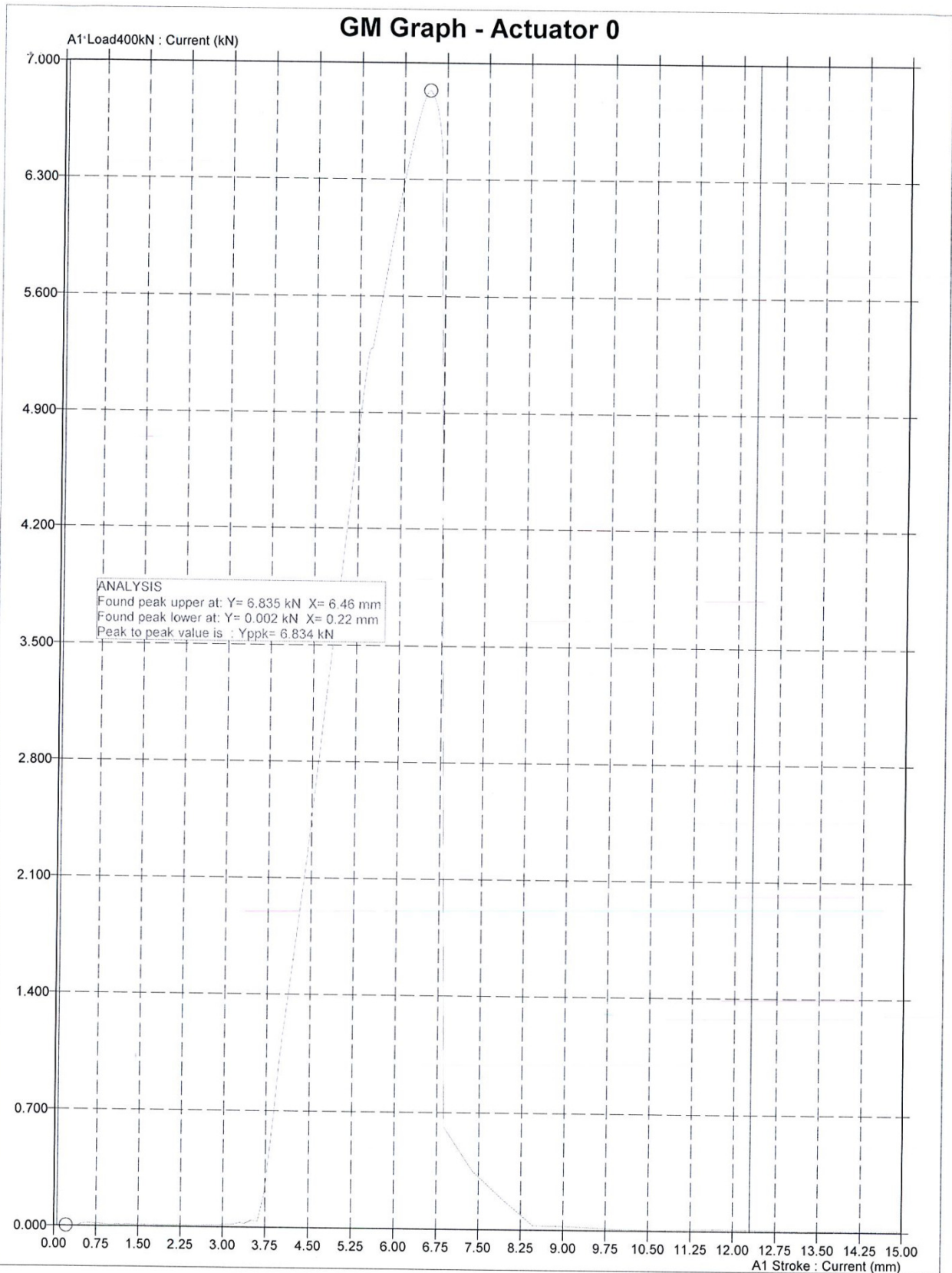
*1:21*

----- DATA MANAGER 96 -----



KALU PUHDISTETTU





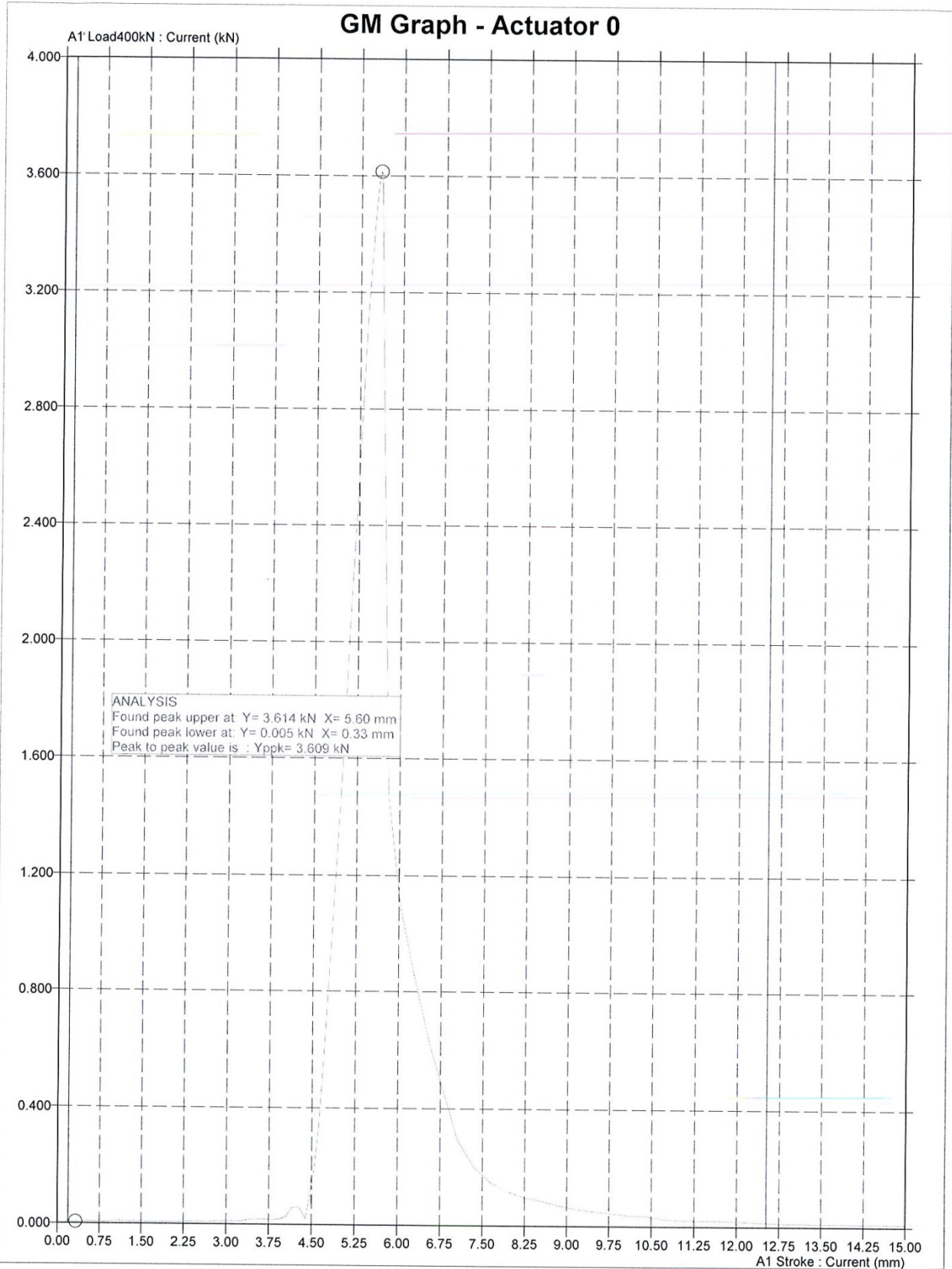
Filename : [C:\Workshop 96\Väyrynen Harrilveto 16.W01 - 1]  
 Number of bytes in subfile: 12828  
 Total number of data points: 774

0,05

Source of data:  
 WS3 File Version: 1.05  
 Actuator/Step/Capture: 1 - 1 - 1  
 Date/Time: 04/09/2013 - 10:39:06

KALM KDK LIKAINEN 1:54

----- DATA MANAGER 96 -----

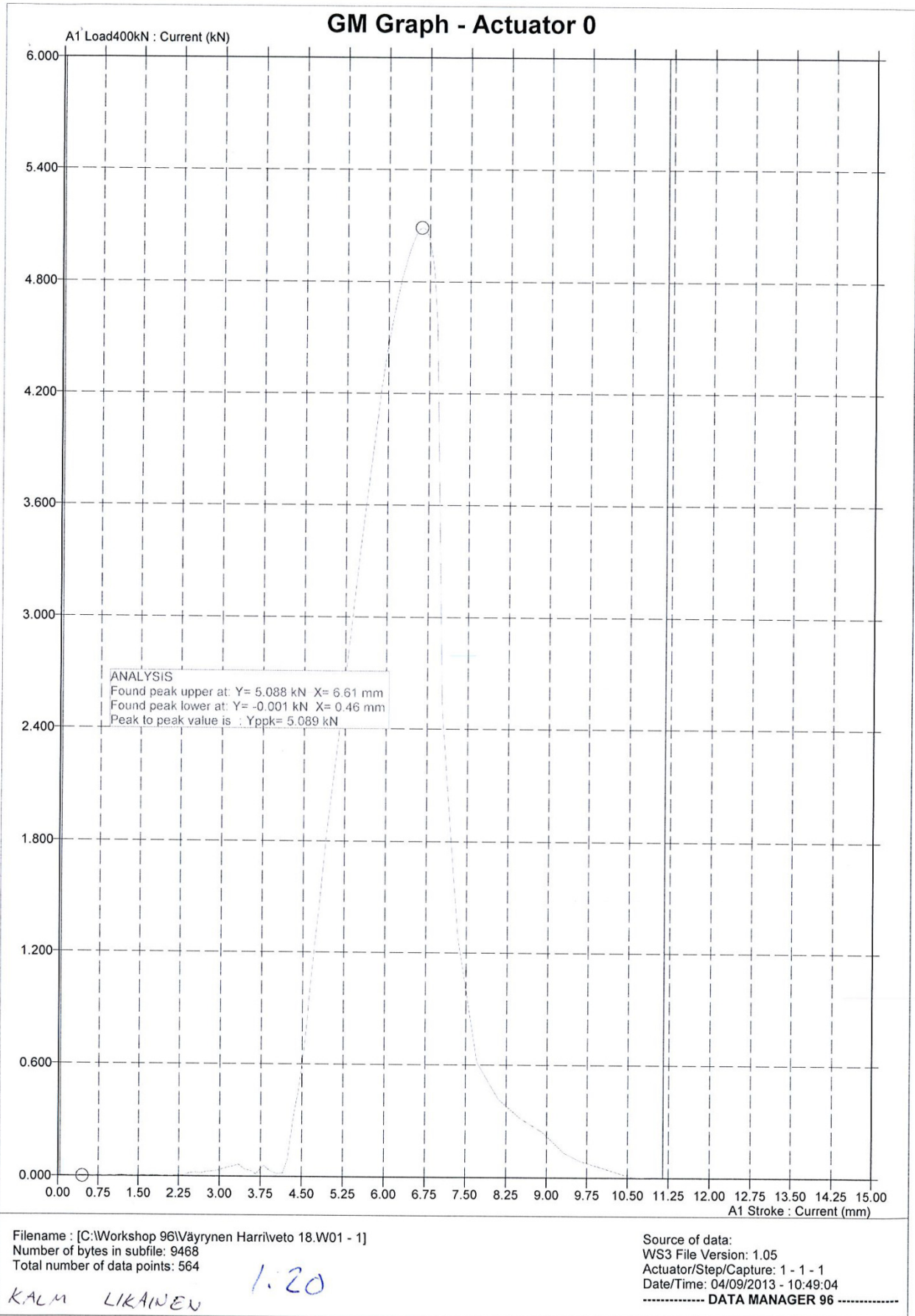


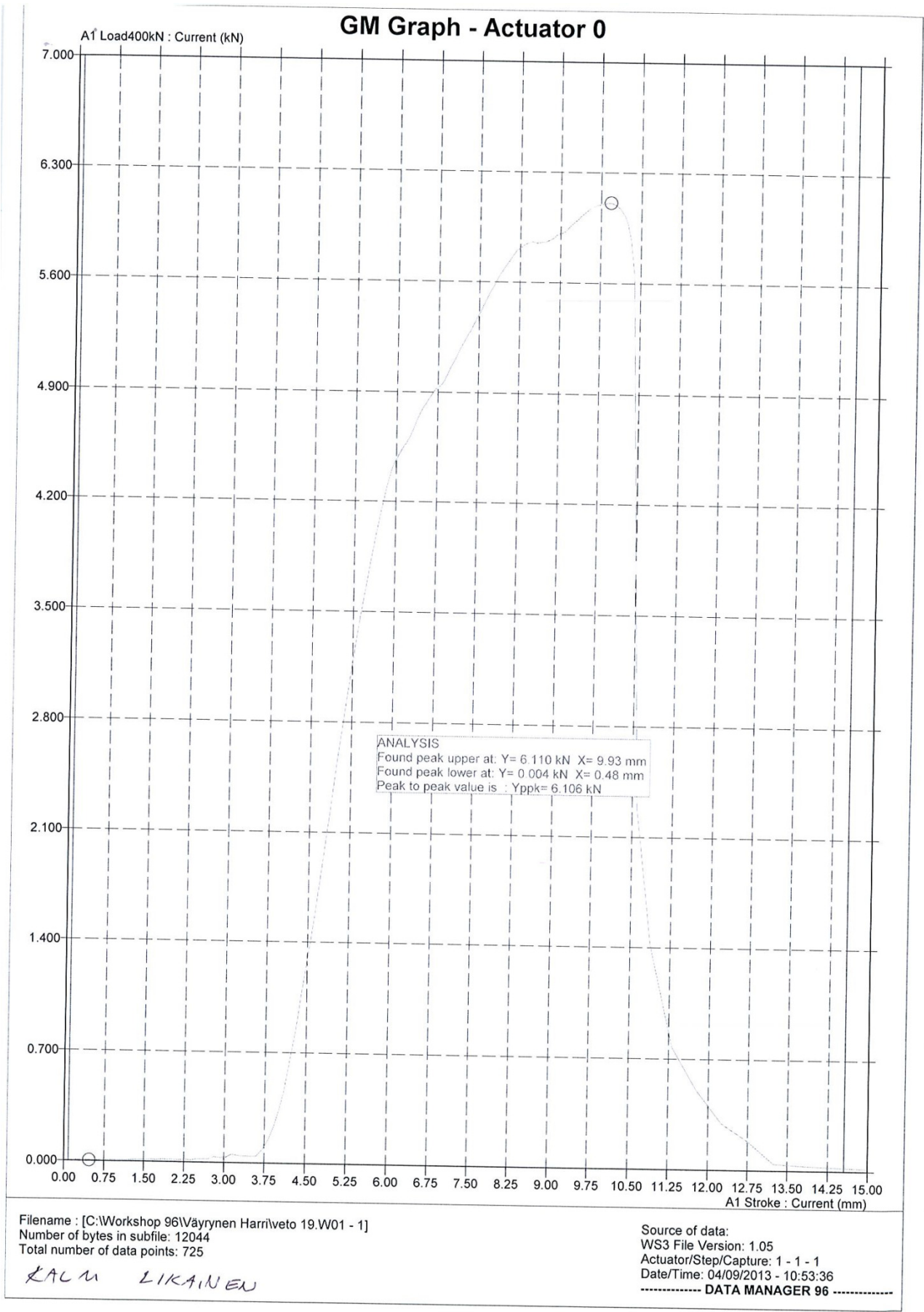
Filename : [C:\Workshop 96\Väyrynen Harriveto 17.W01 - 1]  
 Number of bytes in subfile: 6556  
 Total number of data points: 382

0,05

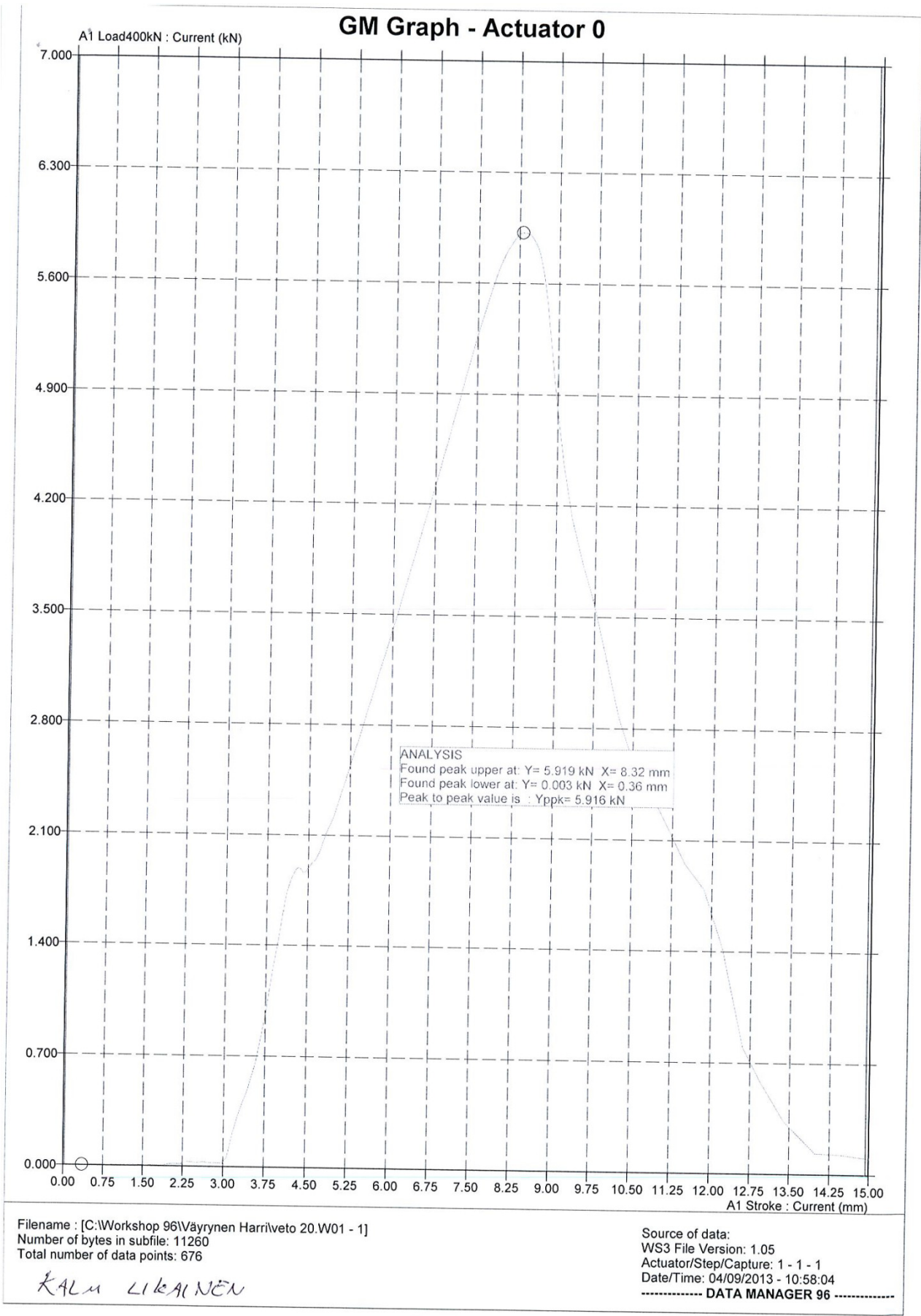
Source of data:  
 WS3 File Version: 1.05  
 Actuator/Step/Capture: 1 - 1 - 1  
 Date/Time: 04/09/2013 - 10:43:19  
 ----- DATA MANAGER 96 -----

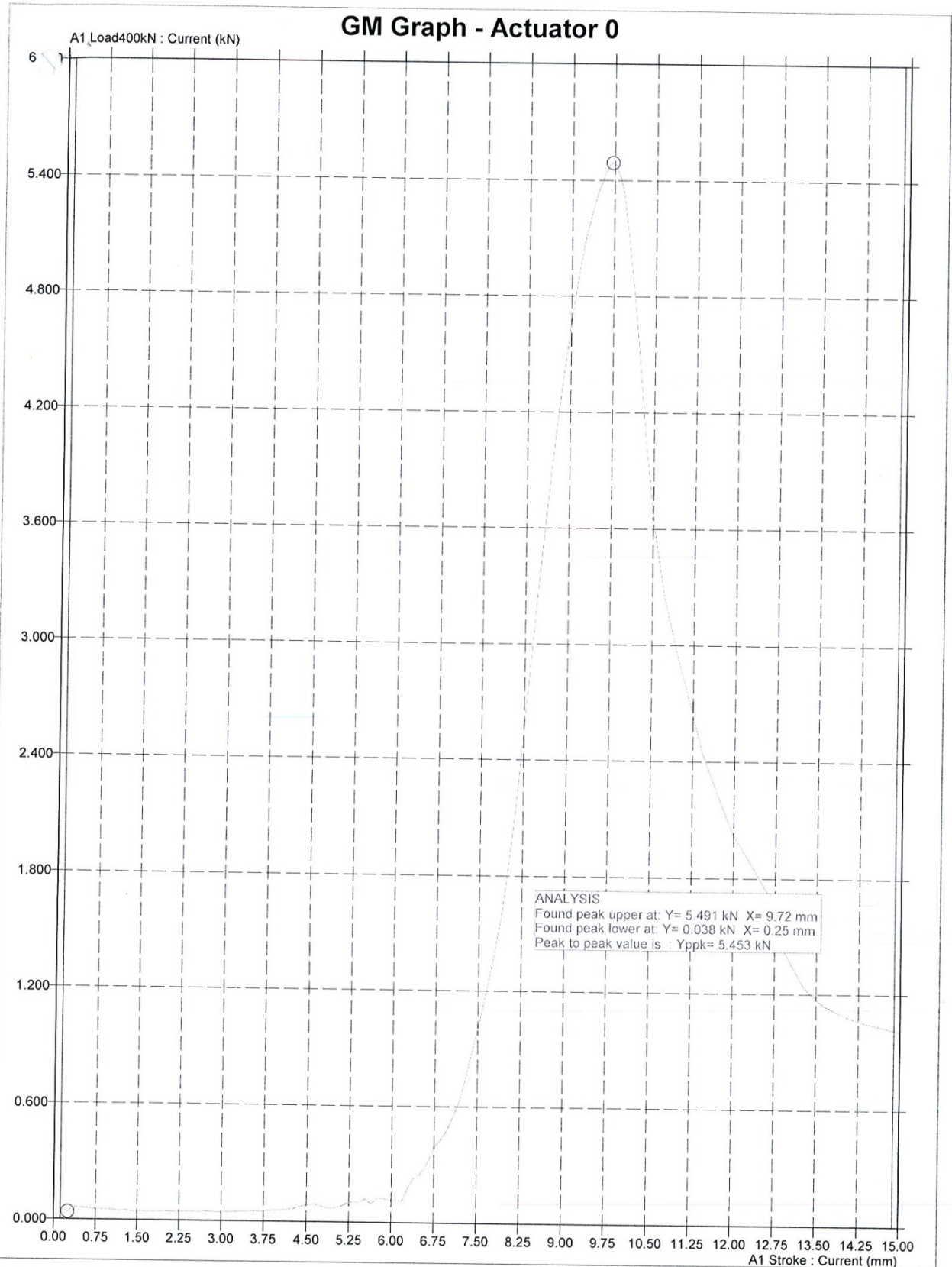
KALM KDK LUKAINEN











Filename : [C:\Workshop 96\Väyrynen Harrilveto 21.W01 - 1]  
 Number of bytes in subfile: 16412  
 Total number of data points: 998

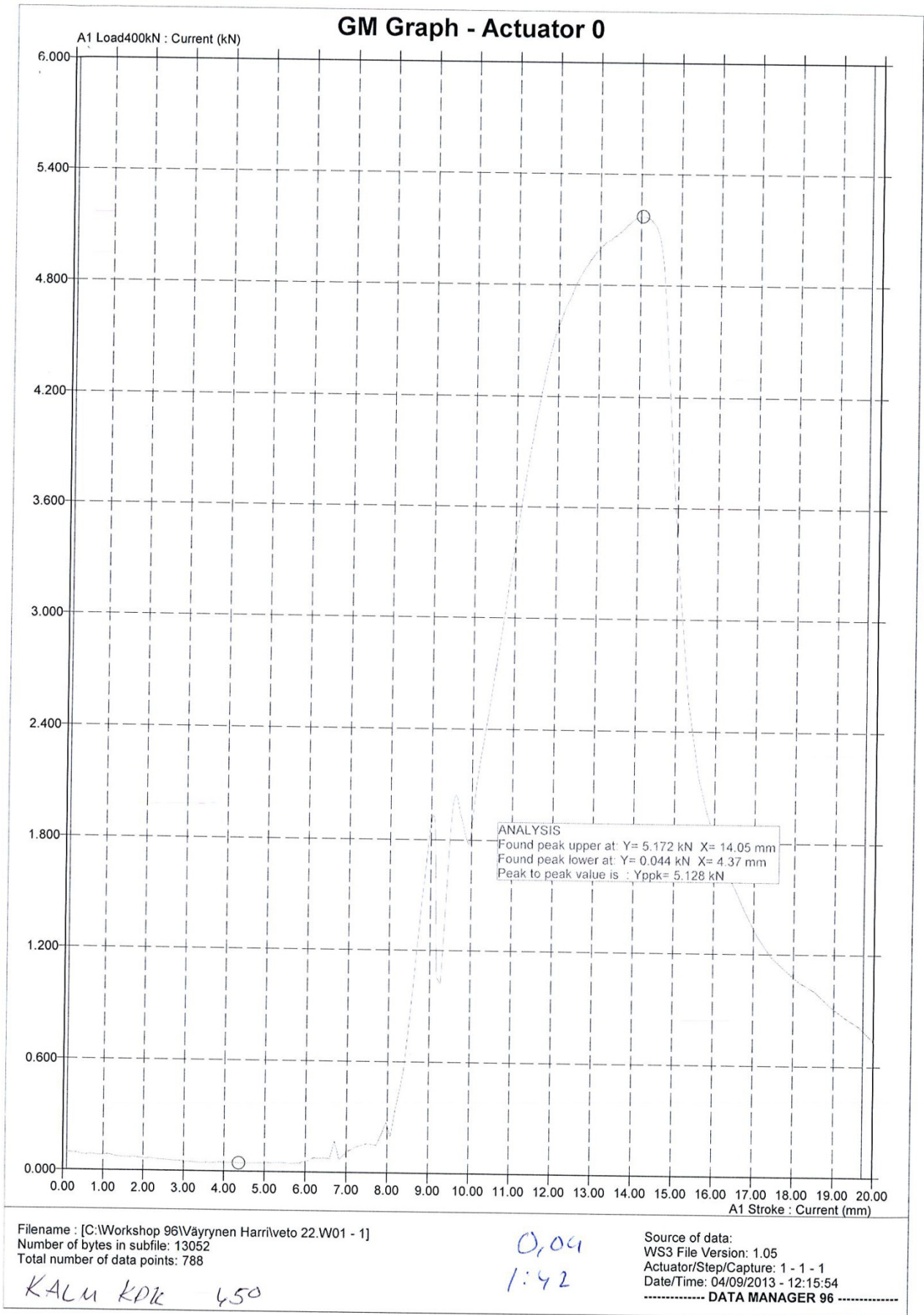
0,03

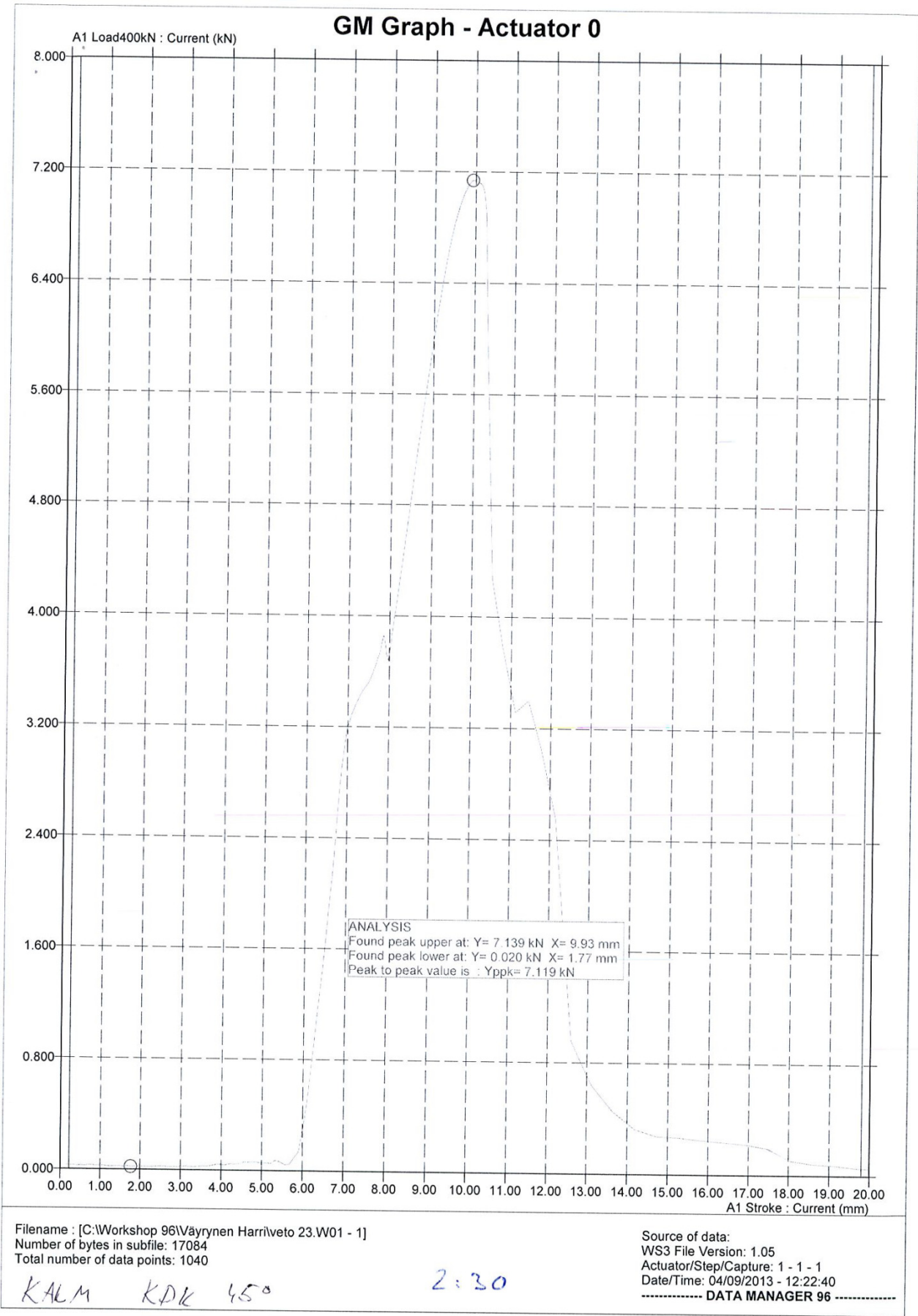
Source of data:  
 WS3 File Version: 1.05  
 Actuator/Step/Capture: 1 - 1 - 1  
 Date/Time: 04/09/2013 - 12:06:11

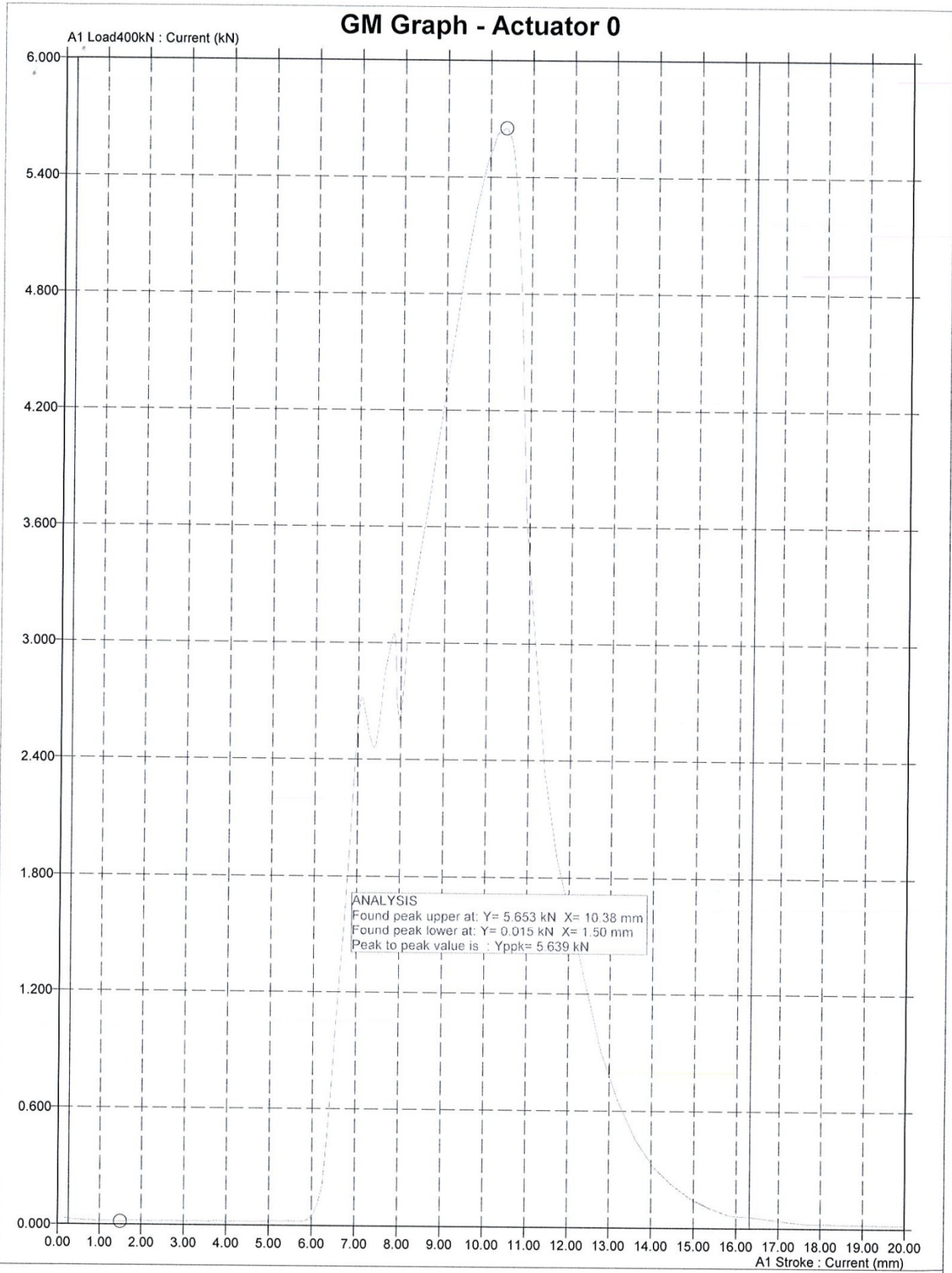
KALM KDK 45°

2:42

----- DATA MANAGER 96 -----







Filename : [C:\Workshop 96\Väyrynen Harriveto 24.W01 - 1]  
Number of bytes in subfile: 13164  
Total number of data points: 795

Source of data:  
WS3 File Version: 1.05  
Actuator/Step/Capture: 1 - 1 - 1  
Date/Time: 04/09/2013 - 12:28:35

----- DATA MANAGER 96 -----

KALM KDK 45°

1:50

