

Ohjelmistotuotanto

Luento 5

7.11.

# Verifiointi ja Validointi

## eli ohjelmistojen laadunhallinta

# Verifiointi ja Validointi

- Kehitettävän ohjelmiston elinkaareen oleellisena osana kuuluu
  - Verifiointi *"are we building the product right"* ja
  - Validointi *"are we building the right product"*
- Verifioinnissa pyritään varmistamaan, että ohjelmisto toteuttaa vaatimusmäärittelyn aikana sille asetetut vaatimukset
  - Yleensä tämä tapahtuu *testaamalla*, että ohjelma toteuttaa sille asetetut (ja vaatimusmäärittelyyn kirjatut) toiminnalliset ja ei-toiminnalliset vaatimukset
- Validointi pyrkii varmistamaan, että ohjelmisto täyttää käyttäjän odotukset
  - Vaatimusmäärittelyn aikana kirjatut ohjelmiston vaatimukset eivät ole aina se mitä käyttäjä ohjelmalta todella haluaa!

# Verifiointi ja Validointi

- Verifioinnin ja validoinnin tavoitteena on varmistaa että ohjelma on ”riittävän hyvä” siihen käyttötarkoitukseen, mihin ohjelma on tarkoitettu
  - Hyvyys on suhteellista ja riippuu ohjelman käyttötarkoituksesta
  - Ohjelman ei esim. tarvitse yleensä olla virheetön ollakseen kuitenkin riittävän hyvä käytettäväksi
- Verifioinnin ja validoinnin suorittamista käytetään yleisesti nimitystä *laadunhallinta* (engl quality assurance, QA)
- Jos laadunhallinta on erillisen tiimin vastuulla, käytetään tästä usein nimitystä QA-tiimi

# Verifioinnin ja Validoinnin tekniikat

- Perinteisesti verifioinnissa on käytetty kahta tekniikkaa
  - Katselmointeja ja tarkastuksia
  - Testausta
- **Katselmoinneissa** (review) käydään läpi erilaisia ohjelmiston tuotantoprosessin aikana tuotettuja dokumentteja ja ohjelmakoodia, ja etsitään näistä erilaisia ongelmia
- **Tarkastukset** (inspection) ovat katselmointien muodollisempi versio
  - Järjestetään formaali kokous, jolla tarkkaan määritelty agenda ja kokouksen osallistujilla ennalta määritellyt roolit
- Katselmointi on *staattinen tekniikka*, suorituskelpoista ohjelmakoodia ei tarvita ja jos katselmoinnin kohteena on ohjelmakoodi, ei ohjelmaa katselmuksissa suoriteta
- **Testaus** on *dynaaminen tekniikka*, joka edellyttää aina ohjelmakoodin suorittamista
  - Testauksessa tarkkaillaan miten ohjelma reagoi annettuihin testisyötteisiin

# Vaatimusten validointi

- Ohjelmistolle määritellyt vaatimukset on validoitava, eli *varmistettava, että määrittelydokumentti määrittelee sellaisen ohjelmiston, jonka asiakas haluaa*
- Vesiputousmallissa määrittelydokumentin kirjattujen vaatimusten validointi suoritetaan nimenomaan katselmoimalla
  - Vaatimusmäärittely päättyy siihen, että asiakas tarkastaa määrittelydokumenttiin kirjattujen vaatimuksien vastaavan asiakkaan kuvaa tilattavasta järjestelmästä
  - Katselmoinnin jälkeen määrittelydokumentti *jäädytetään* ja sen muuttaminen vaatii yleensä monimutkaista prosessia
- Ketterässä ohjelmistotuotannossa vaatimusten validointi tapahtuu iteraation päättävien demonstraatioiden (Scrumissa sprint review) yhteydessä
  - Asiakkaalle näytetään ohjelman toimivaa versiota
  - Asiakas voi itse verrata vastaako lopputulos sitä mitä asiakas haluaa
    - Asiakkaan haluama toiminnallisuushan voi poiketa määritellystä toiminnallisuudesta!
  - Jos ei, on seuraavassa iteraatiossa mahdollista ottaa korjausliike
- On ilmeistä, että ketterän mallin käyttämä vaatimusten validointitapa toimii paremmin tuotekehitystyyppisissä tilanteissa, joissa ollaan tekemässä tuotetta, joka on vaikea määritellä tarkkaan etukäteen

# Koodin katselmointi

- Koodin katselmointi eli koodin lukeminen jonkun muun kuin ohjelmoijan toimesta on havaittu erittäin tehokkaaksi keinoksi koodin laadun parantamisessa
- Katselmoinnin avulla voidaan havaita koodista ongelmia, joita testauksella ei välttämättä havaita, esim.
  - noudattaako koodi sovittua tyyliä
  - onko koodi ylläpidettävää
- Koodin katselmoinnissa on perinteisesti käyty läpi onko koodissa tiettyjä ”checklisteissä” listattuja riskialttiita piirteitä, ks. esim.
  - [http://www.oualline.com/talks/ins/inspection/c\\_check.html](http://www.oualline.com/talks/ins/inspection/c_check.html)
  - Joissakin kielissä, esim. Javassa kääntäjän tuki tekee osan näistä tarkistuksista turhaksi
- Nykyään on tarjolla paljon katselmointia automatisoivia *staattista analyysiä* tekeviä työkaluja esim. Javalla PMD ja Checkstyle
  - <http://pmd.sourceforge.net/>
  - <http://checkstyle.sourceforge.net/>
- Tutustumme checkstyleen laskareissa

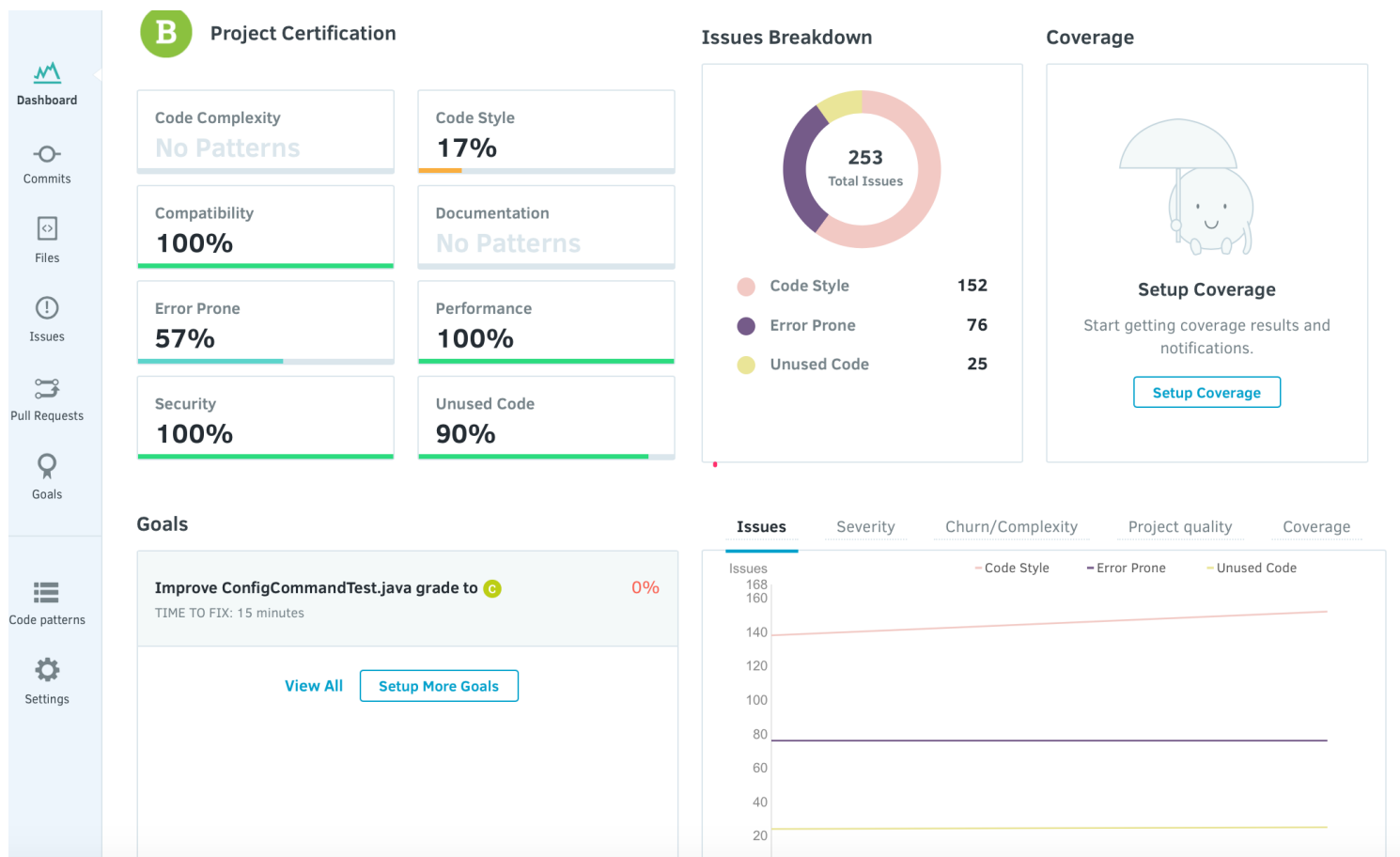
# Automatisoitu staattinen analyysi pilvessä

- Pilvipalvelut ovat helpottaneet sovelluskehittäjien työtä monissa asioissa, esim. GitHubin ansiosta omaa versionhallintapalvelinta ei ole enää tarvetta ylläpitää
- Pilveen on viime aikoina ilmestynyt myös koodille staattista analyysiä tekeviä palveluita, esim. <https://codeclimate.com/>
- CodeClimate analysoi koodista mm. seuraavia asioita:
  - Liian kompleksiset metodit ja luokat
  - Copy paste -koodi
  - Testaamaton koodi
- CodeClimate myös huomauttaa koodin laadun muutoksista, esim. jos koodin kompleksisuus kasvaa muutosten yhteydessä ja antaa parannusehdotuksia liian monimutkaisiin metodeihin
- Minkä tahansa GitHubissa olevan Ruby, Javascript tai PHP-projektin saa konfiguroitua Codeclimaten tarkastettavaksi nappia painamalla
- Codeclimate suorittaa tarkastukset koodille aina kun uutta koodia pushataan GitHubiin
- Labtoolin eli laitoksen harjoitustöiden kirjanpito-ohjelmiston CodeClimate-raportti löytyy osoitteesta <https://codeclimate.com/github/mluukkai/labtool>



# Automatisoitu staattinen analyysi pilvessä

- Hiljattain ilmestynyt pilvipalvelu <https://www.codacy.com> osaa tehdä staattista analyysiä myös Javalla tehdyille ohjelmille
  - Tutustumme laskareissa codacyyn
- Codacy analysoi osin samoja asioita kuin Codelimate, mutta erojakin löytyy. Codacy osaa identifioida koodista mm. tietoturvaan liittyviä ongelmia
- Ote TMC:n komentorivicientin raportista



# Koodin katselmointi: GitHub ja pull requestit

- Yhä enenevä määrä ohjelmistotuotantoprojekteja tallettaa lähdekoodinsa GitHubiin
- GitHubin *pull requestit* tarjoavat hyvän työkalun koodikatselmointien tekoon
- Pull requesteja käytettäessä työn kulku on seuraava
  - Sovelluskehittäjä *forkkaa* repositorin itselleen, tekee muutokset omaan repositorioon ja tekee *pull requestin* projektia hallinnoivalle taholle
  - Hallinnoija, esim. tiimin "senior developer" tai opensource-projektin vastaava tekee katselmoinnin pull requestille
  - Jos koodi ei ole vielä siinä kunnossa että tehdyt muutokset voidaan *mergetä* repositorioon, kirjoittaa hallinnoija pull requestin tekijälle joukon parannusehdotuksia
  - Muutosten ollessa hyväksyttävässä kunnossa, pull request *mergetään* päärepositorioon
- Seuraavalla sivulla esimerkki TMC-projektiin tehdystä pull requestistä ja siihen liittyvistä kommentteista

# Koodin katselmointi: GitHub ja pull requestit

 testmycode / tmc-server

 Unwatch ▾ 8

## Course participants #201

 **Open** kennyhei wants to merge 9 commits into `testmycode:master` from `rage:course-participants`

 Conversation 24

 Commits 9

 Files changed 13









kennyhei commented on Oct 27, 2014

Implementing [#185](#)



kennyhei added some commits on Oct 21, 2014

-   Course JSON with participants 9287e10
-   Course knows its students through submissions and vice versa e3e7c03
-   Prettier JSON b1b5dd7



@@ -31,6 +32,17 @@ def course\_data(course)

31

32

})

32

33

end

33

34

+ # Course JSON with participants

+ def course\_participants\_data(course)

+ participants = course.users

+

+ data = {

+ :id =&gt; course.id,

+ :name =&gt; course.name,

+ :participants =&gt; participants.map {|participant| participant\_data(participant\_data(course\_id: course.id, participant\_id: participant.id))}



mpartel added a note on Oct 29, 2014

Owner



On my desktop, with the mooc production DB dump, this takes around 30 seconds for the k2014-mooc course. I'd really like to avoid adding more really slow queries to TMC.

Would the following make sense?

- Let this only return a list of participants and their newest submission IDs.
- Load a user's exercise statuses on demand, and cache them either on your side or maybe in TMC until the submission ID changes.
- Consider having the per-user URL support [ETags](#).

# Koodin katselmointi ketterissä menetelmissä

- Toisin kuin Scrum, **eXtreme Programming** eli **XP** määrittelee useita käytänteitä, joita pyritään noudattamaan ohjelmistoa tehtäessä
  - Suuri osa XP:n käytänteistä on hyvin tunnettuja ”best practiseja”, mutta kuitenkin usein vietyä äärimmäiseen (extreme) muotoon
- Osa käytänteistä tähtää ohjelmiston laadun maksimoimiseen ja kolmen voidaan ajatella olevan katselmoinnin äärimmilleen vietyjä muotoja
- **Pariohjelmoinnissa** (pair programming) kaksi ohjelmoijaa työskentelee yhdessä yhdellä koneella
  - Koodia kirjoittava osapuoli toimii *ohjaajana* (driver) ja toinen *navigoijana* (navigator), roolia vaihdetaan sopivin väliajoin
  - Navigoiija tekee koodiin **jatkuvaa katselmointia**
  - Etuja:
    - Parantaa ohjelmoijien kuria ja työhön keskittymistä
    - Hyvä oppimisen väline: ohjelmoijat oppivat toisiltaan erityisesti noviisit kokeneimmilta, järjestelmän tietyn osan tuntee aina useampi ohjelmoija
  - Tutkimuksissa todettu vähentävän bugien määrää 15-50%, kokonaisresurssin kulutus kuitenkin nousee hieman

# Koodin katselmointi ketterissä menetelmissä

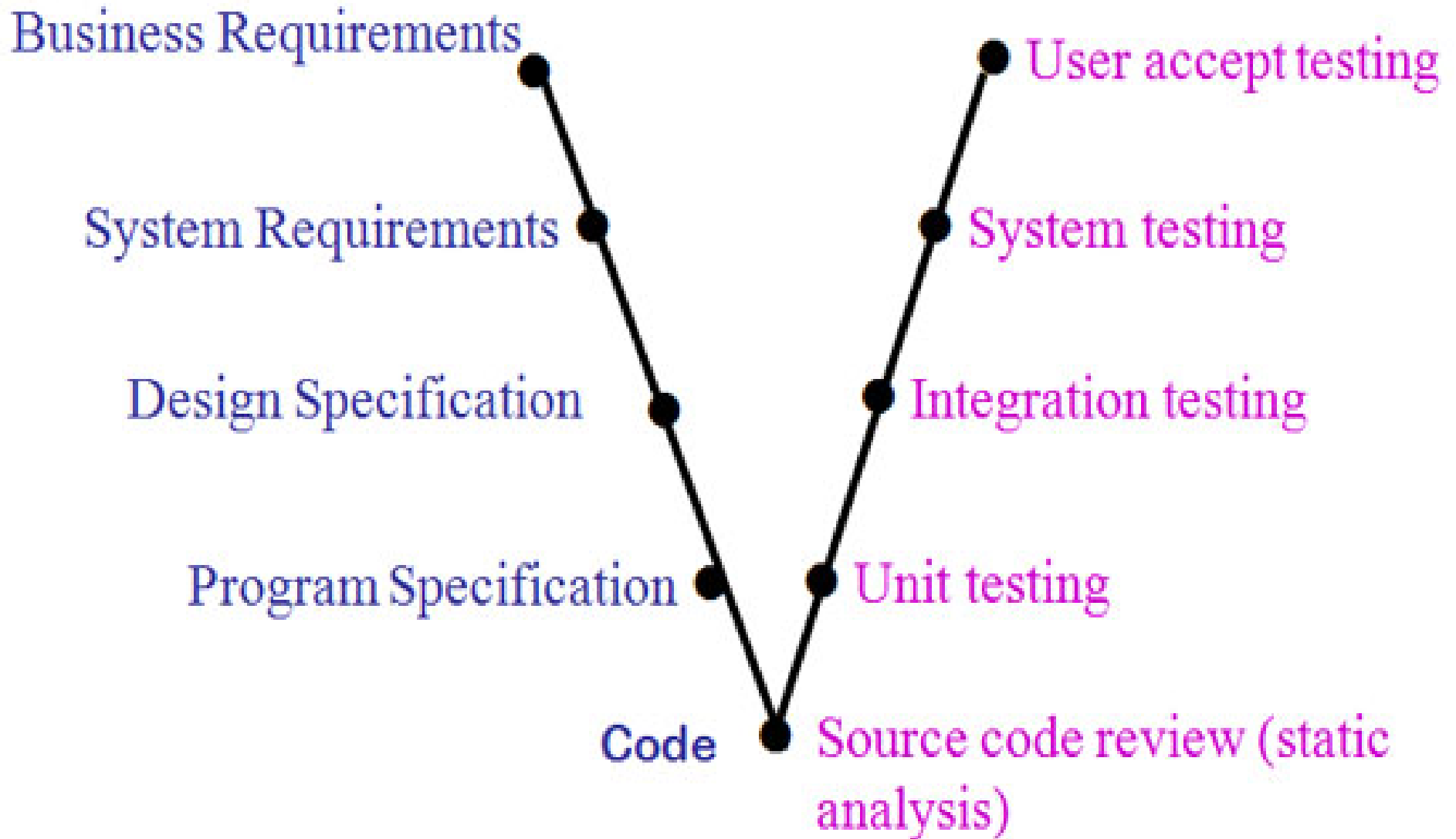
- Pariohjelmoinnin ohella ”katselmointimaisia” tavoitteita koodin laadun nostajana voidaan ajatella olevan XP:n yhteisomistajuuden ja ohjelmointistandardien periaatteilla
- Koodin **yhteisomistajuus** (collective code ownership) tarkoittaa periaatetta, jossa kukaan yksittäinen ohjelmoija ei hallitse yksin mitään kohtaa koodista
  - Kaikilla on lupa tehdä muutoksia mihin tahansa kohtaan koodia
  - Pariohjelmointi tukee yhteisomistajuutta
  - Yhteisomistajuudessa on omat riskinsä: joku koodia kunnolla tuntematon voi saada pahaa jälkeä aikaan. XP eliminoi tämän testauksiin liittyvillä käytänteillä
- Ohjelmointistandardi **coding standards** tarkoittaa, että tiimi määrittelee koodityylin, johon kaikki ohjelmoijat sitoutuvat
  - Tyylillä tarkoitetaan nimeämiskäytäntöä, koodin muotoilua ja myös tiettyjä ohjelman rakenteeseen liittyviä seikkoja
  - Ohjelmointistandardin noudattamista voidaan kontrolloida osittain automaattisesti staattisen analyysin työkaluilla

# Testaus

- Ohjelmien osoittaminen virheettömäksi on käytännössä mahdotonta
- Testauksen tarkoituksena onkin **vakuuttaa asiakas ja järjestelmän kehitystiimi siitä, että ohjelmisto on tarpeeksi hyvä käytettäväksi**
- Testauksella on kaksi hieman eriävää tavoitetta
  - osoittaa, että ohjelmisto täyttää sille asetetut vaatimukset
    - käytännössä tämä tarkoittaa vaatimusdokumenttiin/vaatimukseen kirjattujen asioiden toteutumisen demonstroimista
  - löytää ohjelmistosta virheitä
    - yritetään rikkoa tai saattaa ohjelma jollain tavalla epäkonsistenttiin tilaan
- Molemmat näistä tavoitteista tähtäävät oikeastaan ohjelman **ulkoisen laadun** (external quality) parantamiseen
  - **External Quality is the fitness for purpose of the software.** It's most obvious measure is the Functional Tests, and some measure of the bugs that are still loose when the product is released.
  - <http://c2.com/cgi/wiki?InternalAndExternalQuality>

# Testauksen tasot

- Testausta jakaantuu eri *tasoihin* sen mukaan mukaan, mikä testauksen ensisijaisena kohteena on
- Vesiputousmallia laajentava *testauksen V-malli* havainnollistaa testauksen eri tasoja





# Testauksen tasot

- **Yksikkötestaus (unit testing)**
  - Yksittäisten luokkien, metodien ja moduulien testaus erillään muusta kokonaisuudesta
  - Yleensä ohjelmoijat suorittavat
- **Integraatiotestaus (integration testing)**
  - Yksittäin testattujen komponenttien liittäminen yhteen eli integrointi ja kokonaisuuden testaus
  - Integroinnin tekevät sovelluskehittäjät suorittavat yleensä myös testauksen
- **Järjestelmätestaus (system testing)**
  - Varmistetaan että järjestelmä toimii vaatimuksiin kirjatulla tavalla
  - Testataan järjestelmää saman rajapinnan kautta, jonka kautta järjestelmää käytetään
  - Kehittäjäorganisaatio suorittaa
  - Jakautuu useisiin alalajeihin joista kohta lisää
- **Käyttäjän hyväksymistestaus (user acceptance testing)**
  - Loppukäyttäjän tuotteelle suorittama testaus

# Järjestelmätestaus

- Tarkoitus siis varmistaa, että järjestelmä toimii vaatimuksiin kirjatulla tavalla
- Testataan järjestelmää saman rajapinnan kautta, jonka kautta järjestelmää käytetään
- Testaus tapahtuu ilman tietoa järjestelmän sisäisestä rakenteesta eli kyseessä **black box -testaus**
- Yleensä järjestelmätestaus perustuu järjestelmän potentiaaliin käyttöskenaarioihin
  - jos vaatimukset on ilmaistu User storyina, on niistä melko helppo muotoilla testejä, joiden avulla voidaan varmistaa että järjestelmällä on Storyjen kuvaamat vaatimukset sekä tyypilliset virheskenaariot
- ”perusmuotonsa” eli vaatimuksiin kirjattujen toiminnallisten vaatimuksien testaamisen lisäksi järjestelmätestaukseen kuuluu mm:
  - Käytettävyystestaus
  - Suorituskykytestaus tai stressitestaus
  - Tietoturvan testaus
  - lisää [http://en.wikipedia.org/wiki/System\\_testing](http://en.wikipedia.org/wiki/System_testing)

# Testitapausten valinta

- Kattava testaaminen on mahdotonta ja testaus joka tapauksessa työlästä
- Onkin tärkeää löytää kohtuullisen kokoinen testitapausten joukko, jonka avulla on kuitenkin mahdollista löytää mahdollisimman suuri määrä virheitä
- Testitapaus testaa järjestelmän toiminnallisuutta joillakin **syötteillä**
- Useat syötteen ovat järjestelmän toiminnan kannalta samanlaisia
- Testeissä kannattaakin pyrkiä jakamaan syötteen **ekvivalenssiluokkiin** ja tehdä yksi testitapaus kutakin ekvivalenssiluokkaa tai syötteiden ekvivalenssiluokkien kombinaatiota kohti
  - Testin kannalta samalla tavalla käyttäytyvät syötteen siis muodostavat oman ekvivalenssiluokkansa
- Ekvivalenssiluokkien edustajien lisäksi kannattaa tehdä myös testitapaukset ekvivalenssiluokkien **raja-arvoille**

# Testisyötteiden valinta

- Mitä testitapauksia kannattaisi valita seuraavalla sivulla olevalle **tekstiv:n sivun valintaikkunaan?**
  - Tekstiv:n *sivu* vastaa lukua väliltä 100-899
  - Osaa välin luvuista vastaavaa sivua ei ole olemassa
- Testisyötteen ekvivalenssiluokkia olisivat ainakin seuraavat
  - Olemassaolevaa sivua vastaavat luvut
  - Validit luvut jotka eivät vastaa mitään sivua
  - Liian pienet ja liian suuret luvut
  - Syötteet jotka sisältävät kiellettyjä merkkejä
  - Tyhjä syöte
- Jokaisesta ekvivalenssiluokasta olisi siis hyvä valita ainakin yksi testattava syötearvo
- Olemassaolevaa sivua vastaavan ekvivalenssin rajatapaukset, eli luvut 100 ja 899 kannattaisi ehkä valita testisyötteiksi
- Samoin luvut 99 ja 900 jotka ovat oman ekvivalenssiluokkansa rajatapauksia

# Tekstiv:n testitapaukset

[Edellinen sivu](#) | [Edellinen alisivu](#) | [Seuraava alisivu](#) | [Seuraava sivu](#)

Teksti-TV

[yle.fi/tekstiv](#)     [199](#) PÄÄHAKEMISTO

[106](#) Taksisääntelyn purkaminen etenee

[107](#) Tieto irtisanoo lähes [180](#)

[162](#) Reuters: Kreikan kasvu yllätti

[651](#) MM-karsinta: Turkki nujersi Suomen

[221](#) Janne Keränen jälleen Kalpa-sankari

<a href="#">101</a>	UUTISET	<a href="#">160</a>	TALOUS	<a href="#">190</a>	ENGLISH
<a href="#">201</a>	URHEILU	<a href="#">350</a>	RADIOT	<a href="#">470</a>	VEIKKAUS
<a href="#">300</a>	OHJELMAT	<a href="#">400</a>	SÄÄ	<a href="#">575</a>	TEKSTI-TV
<a href="#">799</a>	SVENSKA	<a href="#">500</a>	ALUEET	<a href="#">890</a>	KALENTERI
Sää paikkakunnittain				<a href="#">406-408</a>	
Nopea piiras				<a href="#">811</a>	

[Edellinen sivu](#) | [Edellinen alisivu](#) | [Seuraava alisivu](#) | [Seuraava sivu](#)

[Kotimaa](#) | [Ulkomaat](#) | [Talous](#) | [Urheilu](#) | [Svenska sidor](#) | [Teksti-TV Yle.fi](#) [YLE Uutiset](#)

Sivun valinta:

OK

# Yksikkötestaus

- Kohteena siis yksittäiset metodit ja luokat
- Ohjelmoijat suorittavat yksikkötestauksen
- Testattavan koodin rakenne otetaan huomioon testejä laatiessa, eli kyseessä **lasilaatikkotestaus** (white box testing)
- Yksikkötestauksella ei testata suoranaisesti sitä täyttääkö ohjelmisto vaatimuksensa, pikemminkin tavoitteena on ohjelman **sisäisen laadun** (internal quality) kontrollointi
  - Internal quality is about the design of the software
  - This is purely the interest of development
  - If Internal quality starts falling the system will be less amenable to change in the future
  - Hence the need for refactoring, clear coding, relentless testing, and the like
  - You need to be very careful about letting internal quality slip
  - <http://c2.com/cgi/wiki?InternalAndExternalQuality>

# Yksikkötestaus

- Ohjelman sisäinen laatu siis vaikuttaa erityisesti siihen, miten ohjelmaa voidaan laajentaa ja jatkokehittää
- Ketterissä menetelmissä sisäisellä laadulla onkin todella suuri merkitys, tähän palataan tarkemmin torstaina
- Pelkän sisäisen laadun kontrollimekanismi yksikkötestaus ei toki ole
- Kattavilla yksikkötesteillä saadaan parannettua myös ohjelman ulkoista, eli asiakkaan näkemää laatua
  - Yksikkötestit voivat eliminoida joitain asiakkaalle näkyviä virheitä, joita järjestelmätestauksen testitapaukset eivät löydä
- Bugit on taloudellisesti edullista paikallistaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, eli yksikkötestauksessa löydetty virhe on halvempi ja nopeampi korjata kuin järjestelmä- tai integraatiotestauksessa löytyvä virhe
- Koska yksikkötestejä joudutaan ajamaan moneen kertaan, tulee niiden suorittaminen ja testien tulosten raportointi automatisoida, ja nykyinen hyvä työkalutuki tekeekin automatisoinnin helpoksi
  - xUnit eniten käytetty, uudempia tulokkaita mm. TestNG, Rspec

# Mitä ja miten paljon tulee testata?

- Mitä tulisi testata yksikkötestein? JUnitin kehittäjän Kent Beckin vastaus:

*"Do I have to write a test for everything?"*

"No, just test everything that could reasonably break"

[<http://junit.sourceforge.net/doc/faq/faq.htm>]

- Vastaus ei siis ole helppo. Ainakin tulisi olla testitapaukset
  - kaikkien metodien (ja loogisten metodikombinaatioiden) toiminta parametrien hyväksyttävillä arvoilla
  - ja virheellisillä parametrien arvoilla
- Parametrien mahdolliset arvot kannattaa jakaa ekvivalenssiluokkiin (ks. kalvo 19) ja jokaisesta luokasta valita yksi arvo testiä varten, myös ekvivalenssiluokkien raja-arvot kannattaa valita mukaan
- Koska yksikkötestejä tehtäessä ohjelmakoodi on nähtävillä, on testattavien arvojen parametrien ekvivalenssiluokat ja raja-arvot pääteltävissä koodista
- Esim. 1 viikon laskareista tutun Ohtuvaraston metodi *otaVarastosta*
  - mitä testitapauksia tulisi generoida jotta kaikki edelläolevat ohjeet täyttyvät?



```

public class Varasto {
    private double tilavuus;
    private double saldo;

    public double otaVarastosta(double maara) {
        if (maara < 0) return 0.0;

        if(maara > saldo) {
            double kaikkiMitaVoidaan = saldo;
            saldo = 0.0;
            return kaikkiMitaVoidaan;
        }

        saldo = saldo - maara;
        return maara;
    }
}

```













- Metodia *otaVarastosta* testatessa testitapauksessa on huomioitava parametrin maara lisäksi varaston tilanne
- Varastotilanteita on kolmea ”ekvivalenssiluokkaa”
  - Tyhjä (esim. saldo 0, tilavuus 10)
  - Ei tyhjä eikä täysi (saldo 5, tilavuus 10)
  - Täysi (saldo 10, tilavuus 10)
- Näitä kutakin kohti on metodin parametrilla *maara* omat ekvivalenssiluokkansa
  - Esim. täysi varasto:  
maara = -1, 0, 5, 10, 11
- *Tarvitseeko esim. nollan tai negatiivisen määrän ottamista tarkastaa kaikkien varastotilanteiden yhteydessä?*

# Testauskattavuus

- Yksikkötestien (ja toki myös muunkinlaisten testien) hyvyyttä voidaan mitata **testauskattavuuden** (test coverage) käsitteellä
- Testauskattavuutta on muutamaa eri tyyppiä
- **Rivikattavuudella** (line coverage) tarkoitetaan kuinka montaa prosenttia testattavan metodin/luokan koodirivejä testimetodit suorittavat
  - Vaikka rivikattavuus olisi 100% ei tämä tietenkään tarkoita, että kaikki oleellinen toiminnallisuus olisi tutkittu
- **Haarautumakattavuudella** (branch coverage) tarkoitetaan kuinka montaa prosenttia testattavan metodin/luokan sisältävistä ehtolauseiden haaroista testit ovat suorittaneet
- Monet työkalut, esim. käyttämämme JaCoCo mittaavat testien suorituksen yhteydessä testauskattavuuden
- Muitakin kattavuuden tyyppejä on olemassa, mm. *ehtokattavuus* ja *polkukattavuus*, useat työkalut eivät niitä kuitenkaan testaa
- **Hyvät yksikkötestit siis saavuttavat mahdollisimman suuren kattavuuden ja ottavat huomioon edellisen sivun ohjeistuksen**

# Testauskattavuus JaCoCossa

- JaCoCo ilmoittaa sekä rivi- (instruction) että haaraumakattavuuden (branches)

Element	Missed Instructions	Cov.	Missed Branches	Cov.	Missed	Cxty	Missed	Lines	Missed	Methods
Varasto(double, double)		0%		0%	4	4	10	10	1	1
toString()		0%		n/a	1	1	1	1	1	1
otaVarastosta(double)		62%		50%	2	3	4	8	0	1
lisaaVarastoon(double)		77%		50%	2	3	2	6	0	1
Varasto(double)		82%		50%	1	2	1	6	0	1
paljonkoMahtuu()		100%		n/a	0	1	0	1	0	1
getSaldo()		100%		n/a	0	1	0	1	0	1
getTilavuus()		100%		n/a	0	1	0	1	0	1
Total	66 of 126	47%	11 of 16	31%	10	16	18	34	2	8

- Epäkattavasti testattu haarautumiskohta esim. if ilmaistaan keltaisella

```

51.     public void lisaaVarastoon(double maara) {
52.         if (maara < 0) // virhetilanteessa voidaan tehdä
53.         {
54.             return; // tällainen pikapoistuminenkin!
55.         }
56.         if (maara <= paljonkoMahtuu()) // omia aksessoreita voi kutsua
57.         {
58.             saldo = maara; // ihan suoraan sellaisinaan
59.         } else {
60.             saldo = tilavuus; // täyteen ja ylimäärä hukkaan!
61.         }
62.     }
63.

```

# Mutaatiotestaus

- Pelkkä testikattavuus ei vielä kerro paljoakaan testien hyvyydestä, Hyvien testien tulisi olla sellaisia, että jos ohjelmaan tulee bugi, huomaavat testit virheen
- **Mutaatiotestauksen** (engl. mutation testing) idea on nimenomaan testata testitapausten hyvyyttä generoimalla koodiin systemaattisesti *mutantteja* eli pieniä ”bugeja” ja katsoa havaitsevatko testit koodiin tulleet bugit
- Erilaisia mutanttityyppejä, joita mutaatiotestauksessa koodiin generoidaan on paljon erilaisia, mm.
  - Manipuloidaan ehtolausetta: `if ( x<0 )` → `if ( x <= 0 )` tai `if ( true )`
  - Vaihdetaan operaattoria: `x += 1` → `x -= 1`
  - Kovakoodataan paluuarvo: `return x;` → `return true;`
  - Korvataan konstruktorikutsu: `olio = new Olio()` → `olio = null;`
- Mutaatiotestauksen ongelmana on mutaatioiden suuri määrä ja ns. *ekvivalentit mutantit*, joiden takia mutaatiotestauksen tulos vaatii aina ihmisen tulkintaa
  - Ekvivalentti mutantti tarkoittaa muutosta koodissa, joka ei kuitenkaan muuta ohjelman toiminnallisuutta. Eli mutantin lisäämistä koodiin ei voi mikään testi havaita. Mutantin toteaminen ekvivalentiksi algoritmisesti on mahdotonta
- Lisätietoa
  - [http://en.wikipedia.org/wiki/Mutation\\_testing](http://en.wikipedia.org/wiki/Mutation_testing) ja <http://pitest.org/>

# Integraatiotestaus

- Järjestelmän yksittäiset, erillään yksikkötestatut luokat tulee **integroida** toimivaksi kokonaisuudeksi
- Integroinnin yhteydessä tai sen jälkeen suoritetaan **integroititestausta**
- Integraatiotestauksen painopiste on ohjelman komponenttien välisten rajapintojen toimivuuden tutkimisessa sekä komponenttien yhdessä tuottaman toiminnallisuuden oikeellisuuden varmistamisessa
- Järjestelmän integrointi voi edetä joko järjestelmän rakenteeseen perustuen tai järjestelmän toteuttamien ominaisuuksien mukaan
  - **Rakenteeseen perustuvassa** integraatiossa keskitytään kerrallaan sovelluksen yksittäisten rakenteellisten komponenttien integrointiin
    - Esim. olutkaupassa integroitaisiin sovelluslogiikan luokat, käyttöliittymän toteutus ja tietokantarajapinta omina kokonaisuuksinaan
  - **Ominaisuuksiin perustuvassa** integroinnissa, taas liitetään yhteen alikomponentit, jotka toteuttavat järjestelmän loogisen toimintakokonaisuuden
    - Olutkaupassa voitaisiin esim. integroida kerrallaan kaikki toiminnallisuuteen ”lisää tuote ostoskoriin” liittyvät luokat

# Integraatiotestaus

- Sekä rakenteeseen, että ominaisuuksiin perustuva integrointi voi tapahtua joko ylhäältä alas tai alhaalta ylös:
  - **Bottom up:** lähdetään liikkeelle yksittäisistä komponenteista, liitetään niitä yhteen ja suoritetaan testejä kunnes kaikki integroitavat komponentit on yhdistetty
  - **Top-down:** ensin kehitetään järjestelmän korkean tason rakenteet siten, että yksittäisten komponenttien paikalla on *tynkäkomponentteja* (stub). Tyngät korvataan sitten yksi kerrallaan todellisilla komponenteilla koko ajan kokonaisuutta testaten
- Oldschool-ohjelmistotuotannossa toimintatapa oli se, että kaikki ohjelman yksittäiset komponentit ohjelmoitiin ja yksikkötestattiin erikseen ja tämän jälkeen ne integroitiin (yleensä rakenteeseen perustuen) kerralla yhteen
  - *Tämän tyylinen big bang -integraatio* on osoittautunut todella riskialttiiksi (seurauksena usein ns. integraatiohelvetti) ja sitä ei enää kukaan täysijärkinen suosittele käytettäväksi
- Moderni ohjelmistotuotanto suosii ns. **jatkuvaa integraatiota**, joka on hyvin tiheässä tahdissa tapahtuvaa *ominaisuuksiin perustuvaa integrointia*
  - Palaamme aiheeseen torstaina

# Regressiotestaus

- Iteratiivisessa ja ketterässä ohjelmistotuotannossa, jossa jokainen iteraatio tuottaa ohjelmistoon uusia ominaisuuksia, on oltava tarkkana, että lisäykset eivät hajota ohjelman jo toimivia osia
- Testit siis on suoritettava uudelleen aina kun ohjelmistoon tehdään muutoksia
- Tätä käytäntöä sanotaan **regressiotestaukseksi**
- Regressiotesteinä ei välttämättä tarvitse käyttää kaikkia ohjelmiston testejä, sopiva osajoukko voi taata riittävän luottamuksen
  - Regressiotestijoukko koostuu siis yksikkö-, integraatio- ja järjestelmätesteistä
- Testaus on erittäin työlästä ja regressiotestauksen tarve tekee siitä entistä työläämpää
- Tämän takia on erittäin tärkeää pyrkiä automatisoimaan testit mahdollisimman suurissa määrin
- Käsitlemme muutamia järjestelmätason testauksen automatisoinnin menetelmiä seuraavalla luennolla