

ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ



Smart2Grid

Βάση Δεδομένων για Smart Grid

Πρώτο Παραδοτέο

Ομάδα 20

Καραμητόπουλος Παναγιώτης

9743

karamitopp@ece.auth.gr

Σαριδάκη Μαρία Ραφαηλία

9633

saridakm@ece.auth.gr

Σιδηρόπουλος Λεωνίδας

9818

leonsidi@ece.eauth.gr

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	3
1.1	Σκοπός Εφαρμογής	3
1.2	Περιγραφή Εφαρμογής	3
1.3	Απαιτήσεις Εφαρμογής σε Δεδομένα	3
2	Κατηγορίες Χρηστών και Απαιτήσεις τους	4
3	Μοντέλο Οντοτήτων/Συσχετίσεων	5
3.1	Γενική Περιγραφή	5
3.2	Καθορισμός Οντοτήτων	7
3.3	Καθορισμός Συσχετίσεων	10
3.4	Διάγραμμα Οντοτήτων/Συσχετίσεων	12
4	Σχεσιακό Μοντέλο	13
4.1	Πεδία Ορισμού	13
4.2	Σχέσεις	13
4.3	Σχεσιακό Σχήμα	17
4.4	Όψεις	18
5	Παραδείγματα	19
5.1	Παραδείγματα Πινάκων-Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών:	19
5.2	Παραδείγματα Ερωτημάτων	23

1 Εισαγωγή

1.1 Σκοπός Εφαρμογής

Ο σκοπός της εφαρμογής είναι η κατασκευή μιας ΒΔ που θα περιέχει δεδομένα για το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν μέσω data mining για την καλύτερη λειτουργία του Smart Grid (ρύθμιση παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανά ώρα, προτάσεις στους καταναλωτές για μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και του λογαριασμού τους, πρόβλεψη βλαβών στο δίκτυο και αποφυγή διακοπών ρεύματος).

1.2 Περιγραφή Εφαρμογής

Τα δεδομένα που αποθηκεύονται είναι οι πληροφορίες των καταναλωτών, οι Smart Meters των καταναλωτών (με τις μετρήσεις τους), οι λογαριασμοί που εκδίδονται για τον κάθε πελάτη, οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι αισθητήρες στο δίκτυο, οι γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας. Την εφαρμογή θα τη χρησιμοποιούν μηχανικοί, οι υπάλληλοι διαχείρισης του δικτύου, αλλά και οι καταναλωτές.

1.3 Απαιτήσεις Εφαρμογής σε Δεδομένα

Οι εγγραφές που αναμένουμε να έχουμε σε κάθε μέρος του δικτύου είναι:

- Μονάδες παραγωγής ~300
- Μετρήσεις που αφορούν τις μονάδες παραγωγής ενέργειας: ~300 (ανά 10')
- Οι γραμμές μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας υπολογίζονται ~5000
- Μετρήσεις από αισθητήρες στην έκταση του δικτύου: ~50000 (ανά 10')
- Οι καταναλωτές υπολογίζονται στους περίπου 6000000 (αντίστοιχος αριθμός αναμένεται και για τις εγγραφές που αφορούν τα στοιχεία τους).
Για τις μετρήσεις των smart meters και τα στοιχεία των λογαριασμών: ~6000000 (ανά μήνα)

2 Κατηγορίες Χρηστών και Απαιτήσεις τους

Administrator:

Ο διαχειριστής της βάσης έχει ως ευθύνη την πλήρη διαχείριση της βάσης δεδομένων ή/και την αξιοποίηση των δεδομένων για Data Mining. Τα δικαιώματά του περιλαμβάνουν:

- ✓ Πρόσβαση σε όλο το πλήθος των δεδομένων της βάσης, συμπεριλαμβανομένων των στοιχείων επικοινωνίας όλων των χρηστών, με σκοπό την επικοινωνία με τους τελευταίους, εάν αυτό κριθεί απαραίτητο.
- ✓ Δημιουργία νέων ρόλων χρηστών.
- ✓ Προσθήκη νέων γνωρισμάτων.

Για λόγους ασφαλείας συνδέεται μόνο από το μηχάνημα όπου βρίσκεται η βάση.

Υπάλληλος στον Διαχειριστή Δικτύου Ηλεκτρικής Ενέργειας:

Έχει την ευθύνη για τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας του δικτύου ή/και την αξιοποίηση των δεδομένων του συστήματος για Data Mining.

Τα δικαιώματά του περιλαμβάνουν:

- ✓ Πρόσβαση σε δεδομένα που αφορούν τα ποιοτικά στοιχεία του δικτύου, όπως η παραγωγή, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας και οι ενδείξεις των αισθητήρων που υπάρχουν στην έκταση του δικτύου.
- ✓ Πρόσβαση σε δεδομένα που αφορούν προηγούμενες βλάβες στο δίκτυο.
- ✓ Πρόσβαση σε δεδομένα που αφορούν τις μετρήσεις των Smart Meters των καταναλωτών.

Χρήστης Μονάδας Παραγωγής:

Έχει την ευθύνη για την παραγωγή ενέργειας κάθε μονάδας (μπορεί να είναι και ένας υπολογιστής ή μικροεπεξεργαστής). Τα δικαιώματά του περιλαμβάνουν:

- ✓ Ενημέρωση του συστήματος για τα ποιοτικά στοιχεία της παραγωγής (P, Q).
- ✓ Ενημέρωση του συστήματος σε περίπτωση που η μονάδα παραγωγής για την οποία είναι υπεύθυνος έχει τεθεί εκτός λειτουργίας (πχ για συντήρηση) ή έχει τεθεί ξανά σε λειτουργία.

Στην ουσία ενημερώνει τα γνωρίσματα της οντότητας Power_Production_Unit_Instance.

Smart Meter:

Πρόκειται για τον μικροεπεξεργαστή στο Smart Meter του κάθε καταναλωτή. Έχει την ευθύνη για την μέτρηση της κατανάλωσης ενέργειας κάθε καταναλωτή. Τα δικαιώματά του περιλαμβάνουν:

- ✓ Ενημέρωση του συστήματος για τη μηνιαία κατανάλωση του χρήστη στον οποίο αντιστοιχεί το κάθε Smart Meter.

Στην ουσία ενημερώνει τα γνωρίσματα Reading και Date_Time της οντότητας SmartMeter.

Κάτι αντίστοιχο θα ισχύει και για τις μετρήσεις στο MonitoringInstance.

Καταναλωτής:

Έχει δικαίωμα πρόσβασης μόνο στις πληροφορίες που αφορούν τα στοιχεία του, τις μετρήσεις του Smart Meter που του αντιστοιχεί και κάποια στατιστικά σχετικά με την κατανάλωση του ίδιου, αλλά και γενικά στατιστικά του δικτύου (πχ: συνολική ζήτηση, συνολική παραγωγή Η.Ε.).

3 Μοντέλο Οντοτήτων/Συσχετίσεων

3.1 Γενική Περιγραφή

Οντότητες:

- Η οντότητα **“Consumer”** περιέχει βασικές πληροφορίες για τον κάθε καταναλωτή και είναι υπερτύπος των οντοτήτων **“LV_Consumer”**, **“MV_Consumer”**, **“HV_Consumer”** (LV = Low Voltage, HV = High Voltage, MV = Medium Voltage). LV_Consumer είναι οι οικιακοί καταναλωτές και οι μικρές επιχειρήσεις, MV_Consumer είναι διάφορες εταιρίες, μικρές βιομηχανίες και οργανισμοί (πχ το πανεπιστήμιο). Τέλος, HV_Consumer είναι οι μεγάλες βιομηχανίες. Πρωτεύον κλειδί του υπερτύπου και των 3 υποτύπων είναι το **“TIN”**= «ΑΦΜ», ενώ το γνώρισμα Con_ID του LV_Consumer είναι ο Αριθμός Ταυτότητας.

Υπόθεση: ένας καταναλωτής μπορεί να είναι πλέον ταυτόχρονα και παραγωγός ηλεκτρικής ενέργειας (ΗΕ). Υποθέτουμε ότι αν είναι και παραγωγός ΗΕ, θα εγγραφεί στην βάση δεδομένων **και** ως παραγωγός.

- Το **“SmartMeter”** είναι ο έξυπνος μετρητής που τοποθετείται σε κάθε καταναλωτή, για την μέτρηση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Κύριο κλειδί του είναι ο **“SM_ID”** = «Αριθμός Μετρητή».
- Η οντότητα **“Bill”** είναι ο λογαριασμός που πρέπει να πληρώσει ο κάθε Consumer για την ενέργεια που κατανάλωσε μέσα σε ένα χρονικό διάστημα. Έχει ως πρωτεύον κλειδί το Payment_ID, το οποίο είναι μοναδικό για κάθε λογαριασμό.
- Στην οντότητα **“Power_Production_Unit”** ανήκουν οι μονάδες παραγωγής ΗΕ. Πρωτεύον κλειδί είναι **“License_ID”** = «Αρ. Αδείας Παραγωγής ΗΕ» και όχι ο παραγωγός ΗΕ, γιατί ένας παραγωγός μπορεί να έχει πολλές μονάδες παραγωγής. Τα υπόλοιπα γνωρίσματα αυτής της οντότητας έχουν να κάνουν με τον κάτοχο, την διεύθυνση, την ονομαστική ισχύ και τον τύπο της μονάδας (ΑΗΣ, ΥΗΣ, Συνδυασμένου Κύκλου, Φ/Β, Α/Γ).
- Στην ασθενή οντότητα **“Power_Production_Unit_Instance”**. Το μερικό κλειδί αυτής της οντότητας είναι η Ημερομηνία-Χρόνος. Τα υπόλοιπα γνωρίσματα αυτής της οντότητας σχετίζονται με την παραγόμενη πραγματική ισχύ (P), την παραγόμενη ή καταναλισκόμενη άεργη ισχύ (Q) και την διαθεσιμότητα παραγωγής ισχύος της εκάστοτε μονάδας παραγωγής ΗΕ.

- Στην οντότητα **“Monitoring”** εντάσσονται οι μετρητικές διατάξεις, οι οποίες είναι τοποθετημένες κατά μήκος των γραμμών μεταφοράς ΗΕ. Πρωτεύων κλειδί είναι το **“Meter_ID”** = «Κωδικός Μετρητικής Διάταξης». Τα υπόλοιπα γνωρίσματα αυτής της οντότητας έχουν να κάνουν με την ονομαστική τάση και τις συντεταγμένες του σημείου όπου βρίσκεται η μετρητική διάταξη.
- Στην ασθενή οντότητα **“Monitoring_Instance”** εντάσσονται οι μετρήσεις των μετρητικών διατάξεων, οι οποίες είναι τοποθετημένες κατά μήκος των γραμμών μεταφοράς ΗΕ. Το μερικό κλειδί είναι το **“Date_Time”**. Τα υπόλοιπα γνωρίσματα αυτής της οντότητας έχουν να κάνουν με τις τιμές των διαφόρων μετρήσεων.
- Στην οντότητα **“Power_Line”** εντάσσονται οι γραμμές μεταφοράς ΗΕ. Πρωτεύων κλειδί είναι το **“PL_ID”** = «Κωδικός Γραμμής Μεταφοράς ΗΕ». Τα υπόλοιπα γνωρίσματα αυτής της οντότητας έχουν να κάνουν με την τοποθεσία της γραμμής, την ονομαστική τάση και το είδος της γραμμής (εναέρια ή υπόγεια).

Υποθέσεις:

1) Θα μπορούσε να γίνει μια ακόμη οντότητα **“Μετασχηματιστές”**, όμως θεωρήθηκε ότι αρκούν τα δεδομένα της οντότητας **Monitoring** και δεν χρειάζονται επιπλέον δεδομένα για τους μετασχηματιστές. Εν πάση περιπτώσει, οι μετασχηματιστές υπάρχουν σε κάθε σημείο που ανυψώνεται ή υποβιβάζεται η τάση των γραμμών μεταφοράς (συνήθως σε έναν μετασχηματιστή τελειώνει ή αρχίζει μια γραμμή μεταφοράς, οπότε σε οποιοδήποτε σημείο σύνδεσης γραμμών διαφορετικής τάσης θεωρείται ότι υπάρχει ανάμεσα τους ένας μετασχηματιστής).

2) Στην παρούσα βάση δεδομένων ασχοληθήκαμε κυρίως με τα ηλεκτροτεχνικά θέματα ενός **SmartGrid** και ελάχιστα με οικονομικά θέματα. Θεωρήθηκε ότι η Ηλεκτρική Ενέργεια είναι αγαθό και όχι χρηματιστηριακό προϊόν, οπότε δεν υπάρχουν πακέτα/προσφορές από τους παρόχους ΗΕ προς τους καταναλωτές. Η τιμή της kWh είναι κοινή για όλους και καθορίζεται από τον Διαχειριστή ΗΕ, στον οποίο και αποδίδονται αρχικά τα χρηματικά ποσά των λογαριασμών. Το γνώρισμα **contract type** που υπάρχει στην οντότητα λογαριασμός απλά δείχνει αν ένας λογαριασμός ανήκει στο κοινωνικό τιμολόγιο, αν ο πελάτης έχει και νυχτερινό ή αν ο λογαριασμός είναι απλός, για απλούστευση στην βάση δεδομένων υπάρχουν 5 ήδη συμβολαίων με ονομασίες **Type 1, ... Type 5**.

3) Μελλοντικά θα μπορούσαν να προστεθούν επιπλέον οντότητες και συσχετίσεις, ούτως ώστε η βάση δεδομένων να φτάσει πιο κοντά στην σημερινή πραγματικότητα, όπου κάθε εταιρία ενέργειας προσφέρει τα δικά της πακέτα προς τους καταναλωτές, με δικές της τιμές kWh και η ένταξη των μονάδων παραγωγής στο σύστημα εξαρτάται κυρίως από το χρηματιστήριο ενέργειας.

4) Τα **smart meters** των καταναλωτών μετράνε την κατανάλωση κατά τη διάρκεια όλου του μήνα, αλλά ενημερώνουν το σύστημα μόνο μία φορά. Στα πρώτα λεπτά της 1^{ης} μέρας του νέου μήνα στέλνεται στο σύστημα η συνολική μέτρηση του προηγούμενου μήνα και μετά από αυτό, ο μετρητής μηδενίζεται.

Συσχετίσεις:

- Σε κάθε καταναλωτή πρέπει να έχουν τοποθετηθεί **n** έξυπνοι μετρητές (μπορεί να είναι ένας μόνο, αλλά υπάρχει περίπτωση κάποιος καταναλωτής να έχει δύο διαμερίσματα στην ίδια πολυκατοικία ή να έχει εξοχικό). Κάθε μετρητής πρέπει να έχει τοποθετηθεί σε έναν καταναλωτή.
- Κάθε λογαριασμός πρέπει να αντιστοιχίζεται με έναν καταναλωτή (με την πάροδο του χρόνου κάθε καταναλωτής θα έχει (να) πληρώσει **n** λογαριασμούς).
- Κάθε λογαριασμός πρέπει να αντιστοιχίζεται με έναν έξυπνο μετρητή (με την πάροδο του χρόνου κάθε μετρητής θα έχει αντιστοιχηθεί με **n** λογαριασμούς).
- Κάθε έξυπνος μετρητής πρέπει να συνδεθεί με μια γραμμή του δικτύου, ενώ κάθε γραμμή του δικτύου μπορεί να συνδεθεί με **n** έξυπνους μετρητές (δεν είναι απαραίτητο να συνδεθεί μια γραμμή με κάποιο smart meter, μπορεί απλά να συνδέει δύο άλλες γραμμές).
- Μία γραμμή υψηλής (μέσης) τάσης μπορεί να συνδεθεί με πολλές γραμμές μέσης (χαμηλής) τάσης (αφού υποβιβαστεί η τάση της σε έναν μετασχηματιστή).
- Κάθε μονάδα παραγωγής πρέπει να συνδεθεί με **m** γραμμές μεταφοράς (οι μεγάλοι σταθμοί παραγωγής για λόγους ασφαλείας συνδέονται με περισσότερες από μια γραμμές), ενώ μια γραμμή μεταφοράς μπορεί να συνδεθεί με **n** μονάδες παραγωγής (δεν είναι απαραίτητο να συνδεθεί μια γραμμή με μια μονάδα παραγωγής, μπορεί απλά να μεταφέρει την ισχύ μιας άλλης γραμμής που τροφοδοτείται από έναν παραγωγό ΗΕ).
- Σε κάθε γραμμή πρέπει να υπάρχουν **m** μετρητικά σημεία, για να ελέγχεται η γραμμή. Κάθε μετρητικό στοιχείο πρέπει να έχει τοποθετηθεί σε μια γραμμή.

3.2 Καθορισμός Οντοτήτων

Όνομα Οντότητας	Consumer
Περιγραφή	Οντότητα που αποθηκεύονται οι consumers
Ιδιότητες	Ισχυρή Οντότητα, Υποτύποι: LV_Consumer, MV_Consumer, HV_Consumer
Γνωρίσματα	<u>TIN</u>
	Address
	Phone_Number (πλειότιμο)
	email (πλειότιμο)

Όνομα Οντότητας	LV_Consumer
Περιγραφή	Οντότητα που αποθηκεύονται οι consumers χαμηλής τάσης
Ιδιότητες	Ισχυρή Οντότητα, Υπερτύπος: Consumer
Γνωρίσματα	<u>TIN</u>
	Con_ID
	Full_Name
	Address
	Phone_Number (πλειότιμο)
	email (πλειότιμο)

Όνομα Οντότητας	MV_Consumer
Περιγραφή	Οντότητα που αποθηκεύονται οι consumers μέσης τάσης
Ιδιότητες	Ισχυρή Οντότητα, Υπερτύπος: Consumer
Γνωρίσματα	<u>TIN</u>
	Company_Name
	Address
	Phone_Number (πλειότιμο)
	email (πλειότιμο)

Όνομα Οντότητας	HV_Consumer
Περιγραφή	Οντότητα που αποθηκεύονται οι consumers υψηλής τάσης
Ιδιότητες	Ισχυρή Οντότητα, Υπερτύπος: Consumer
Γνωρίσματα	<u>TIN</u>
	Industry_Name
	Address
	Phone_Number (πλειότιμο)
	email (πλειότιμο)

Όνομα Οντότητας	Bill
Περιγραφή	Οντότητα που αποθηκεύονται οι λογαριασμοί
Ιδιότητες	Ισχυρή Οντότητα
Γνωρίσματα	<u>Payment ID</u>
	Contract_Type
	Amount
	Payment_Date
	Payment_Expiration_Date

Όνομα Οντότητας	SmartMeter
Περιγραφή	Οντότητα των έξυπνων μετρητών
Ιδιότητες	Ισχυρή Οντότητα
Γνωρίσματα	<u>SM_ID</u>
	Reading
	Date_Time

Όνομα Οντότητας	Power_Line
Περιγραφή	Οντότητα που αποθηκεύονται οι γραμμές του δικτύου
Ιδιότητες	Ισχυρή Οντότητα
Γνωρίσματα	<u>PL_ID</u>
	Region
	PL_Type
	Nominal_Voltage

Όνομα Οντότητας	Monitoring
Περιγραφή	Οντότητα όπου αποθηκεύονται οι μετρητικές διατάξεις οι οποίες είναι τοποθετημένες σε συγκεκριμένα σημεία κατά μήκος των γραμμών μεταφοράς.
Ιδιότητες	Ισχυρή Οντότητα
Γνωρίσματα	<u>Meter_ID</u>
	Nominal_Voltage
	Coordinates

Όνομα Οντότητας	Monitoring_Instance
Περιγραφή	Οντότητα όπου αποθηκεύονται οι μετρήσεις των διάφορων μετρητικών στοιχείων ανά ώρα/μέρα
Ιδιότητες	Ασθενής Οντότητα
	Active_Power
	Reactive_Power
	Voltage
	Current
	Temperature
	<u>Date_Time</u> (μερικό κλειδί)

Όνομα Οντότητας	Power_Production_Unit
Περιγραφή	Οντότητα που αποθηκεύονται οι μονάδες παραγωγής ΗΕ
Ιδιότητες	Ισχυρή Οντότητα
Γνωρίσματα	<u>Licence_ID</u>
	Electricity_Producer
	Nominal_Power
	Unit_Type
	Address

Όνομα Οντότητας	Power_Production_Unit_Instance
Περιγραφή	Οντότητα που αποθηκεύονται το instance των μονάδων παραγωγής ΗΕ
Ιδιότητες	Ασθενής Οντότητα
	Power_Production
	Reactive_Power
	Unit_availability
	Date_Time (μερικό κλειδί)

3.3 Καθορισμός Συσχετίσεων

Όνομα Συσχέτισης	Consumer_Has_SmartMeter
Περιγραφή	Κάθε Consumer πρέπει να έχει n SmartMeters Ένα Smartmeter πρέπει να έχει τοποθετηθεί σε έναν καταναλωτή.
Ιδιότητες	Has-A
Λόγος πληθικότητας	1:N
Συμμετοχή	Ολική Συμμετοχή του Consumer
	Ολική Συμμετοχή του SmartMeter
Γνωρίσματα	-

Όνομα Συσχέτισης	Consumer_Pay_Bill
Περιγραφή	Κάθε λογαριασμός πρέπει να αντιστοιχίζεται με έναν καταναλωτή (με την πάροδο του χρόνου κάθε καταναλωτής θα έχει (να) πληρώσει n λογαριασμούς).
Ιδιότητες	Has-A
Λόγος πληθικότητας	1:N
Συμμετοχή	Μερική Συμμετοχή του Consumer
	Ολική Συμμετοχή του Bill

Όνομα Συσχέτισης	SmartMeter_Has_Bill
Περιγραφή	Κάθε λογαριασμός πρέπει να αντιστοιχίζεται με έναν έξυπνο μετρητή (με την πάροδο του χρόνου κάθε μετρητής θα έχει αντιστοιχηθεί με n λογαριασμούς).
Ιδιότητες	Has-A
Λόγος πληθικότητας	1:N
Συμμετοχή	Ολική Συμμετοχή του Bill
	Μερική Συμμετοχή του SmartMeter
Γνωρίσματα	Power_Consumption (παραγόμενο γνώρισμα)

Όνομα Συσχέτισης	Monitoring_measures_Power_Line
Περιγραφή	Σε κάθε γραμμή πρέπει να υπάρχουν m μετρητικά σημεία. Κάθε μετρητικό σημείο πρέπει να υπάρχει σε μια γραμμή
Ιδιότητες	Has-A
Λόγος πληθικότητας	M:1
Συμμετοχή	Ολική Συμμετοχή του Power_Line Ολική Συμμετοχή του Monitoring

Όνομα Συσχέτισης	Monitoring_instance_of_Monitoring_Instance
Περιγραφή	Η ασθενής οντότητα Monitoring_Instance έχει υποχρεωτική συμμετοχή ως προς την προσδιορίζουσα συσχέτιση
Ιδιότητες	Has-A
Λόγος πληθικότητας	1:N
Συμμετοχή	Ολική Συμμετοχή του Monitoring_Instance Μερική Συμμετοχή του Monitoring

Όνομα Συσχέτισης	Power_Line_connect_L2PPU_Power_Production_Unit
Περιγραφή	Κάθε μονάδα παραγωγής πρέπει να συνδεθεί με m γραμμές. Μια γραμμή μπορεί να συνδεθεί με n μονάδες.
Ιδιότητες	Has-A
Λόγος πληθικότητας	M:N
Συμμετοχή	Μερική Συμμετοχή του Power_Line Ολική Συμμετοχή του Power_production_unit
Γνωρίσματα	Connection_ID (Αρ. Σύνδεσης)

Όνομα Συσχέτισης	PPU_instance_of_PPU_Instance (*PPU = Power_Production_Unit)
Περιγραφή	Η ασθενής οντότητα PPU_Instance έχει υποχρεωτική συμμετοχή ως προς την προσδιορίζουσα συσχέτιση!
Ιδιότητες	Has-A
Λόγος πληθικότητας	1:N
Συμμετοχή	Μερική Συμμετοχή του Power_Production_Unit Ολική Συμμετοχή του Power_Production_Unit_Instance

Όνομα Συσχέτισης	Power_Line_connect_L2C_SmartMeter
Περιγραφή	Κάθε Smart Meter πρέπει να συνδεθεί με μια γραμμή. Μια γραμμή μπορεί να συνδεθεί με n Smart Meters.
Ιδιότητες	Has-A
Λόγος πληθικότητας	1:N
Συμμετοχή	Μερική Συμμετοχή του Power_Line Ολική Συμμετοχή του SmartMeter
Γνωρίσματα	-

Όνομα Συσχέτισης	Power_Line _connect_L2L_Power_Line
Περιγραφή	Μια γραμμή μπορεί να συνδεθεί με n άλλες γραμμές.
Ιδιότητες	Has-A
Λόγος πληθικότητας	1:N
Γνωρίσματα	-

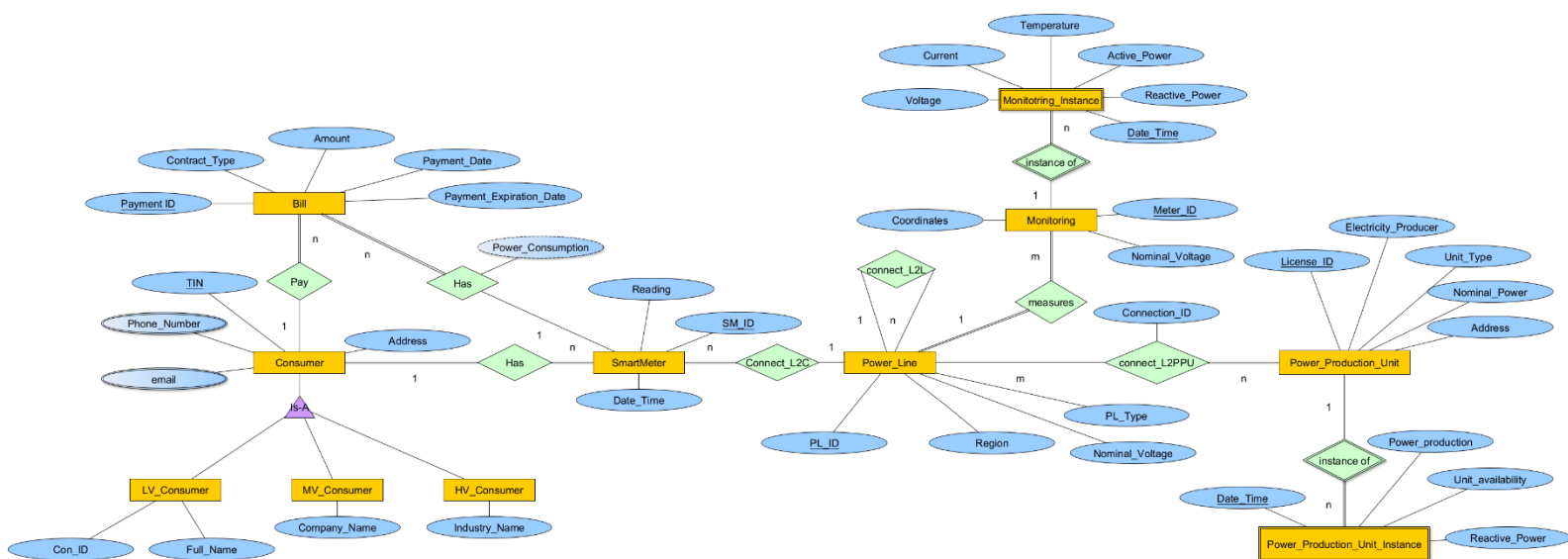
Όνομα Συσχέτισης	LV_Consumer_Is-A_Consumer
Περιγραφή	Ο LV Consumer είναι υποτύπος του Consumer
Ιδιότητες	Is-A

Όνομα Συσχέτισης	MV_Consumer_Is-A_Consumer
Περιγραφή	Ο MV Consumer είναι υποτύπος του Consumer
Ιδιότητες	Is-A

Όνομα Συσχέτισης	HV_Consumer_Is-A_Consumer
Περιγραφή	Ο HV Consumer είναι υποτύπος του Consumer
Ιδιότητες	Is-A

3.4 Διάγραμμα Οντοτήτων/Συσχετίσεων

Το διάγραμμα Ο/Σ για τη βάση Smart2Grid DataBase είναι το ακόλουθο: (Μπορείτε να το κατεβάσετε και από [εδώ](#))



4 Σχεσιακό Μοντέλο

4.1 Πεδία Ορισμού

Πεδίο Ορισμού	Τύπος
Ακέραιος	INT
Απλό_Αλφαριθμητικό	VARCHAR(25)
Διεύθυνση	VARCHAR(60)
Συμβολοσειρά_Κωδικών	VARCHAR(10)
Αριθμός_Τηλεφώνου	INT(10) {unsigned}
Είδος_συμβολαίου	ENUM('Type_1', 'Type_2', 'Type_3', 'Type_4', 'Type_5')
Ποσό_Πληρωμής	DECIMAL(5, 2)
Ημερομηνία_Ωρα	DATETIME()
Μέτρηση	FLOAT(5, 2)
Είδος_Γραμμής	ENUM("Overhead", "Underground")
Ονομαστική_Τάση	ENUM("400kV", "150kV", "20kV", "0.4kV")
Συντεταγμένες	VARCHAR(21)
Είδος_Μονάδας	ENUM("Solar_Panel", "Wind_Turbine", "TPS", "CCPP", "Petroleum", "HPS") TPC = ΑΗΣ, CCPP = Μονάδα Συνδυασμένου Κύκλου, HPS = ΥΗΣ

4.2 Σχέσεις

Όνομα Σχέσης	Power_Production_Unit
Γνωρίσματα:	
Όνομα	Τύπος
License_ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Electricity_Producer	Απλό_Αλφαριθμητικό
Address	Διεύθυνση
Nominal_Power	Ακέραιος
Unit_Type	Είδος_Μονάδας
Περιορισμοί Ακεραιότητας:	
Πρωτεύον Κλειδί	License_ID
Ξένα Κλειδιά	-

Όνομα Σχέσης	Power_Production_Unit_Instance
Γνωρίσματα:	
Όνομα	Τύπος
License_ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Reactive_Power	Μέτρηση
Power_Production	Μέτρηση
Unit_availability	Ακέραιος
Date_Time	Ημερομηνία_Ωρα
Περιορισμοί Ακεραιότητας:	
Μερικό Κλειδί	Date_Time
Ξένα Κλειδιά	License_ID -> Power_Production_Unit
Πρωτεύον Κλειδί	{ License_ID , Date_Time }

Όνομα Σχέσης	Monitoring
Γνωρίσματα:	
Όνομα	Τύπος
Meter_ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Coordinates	Συντεταγμένες
Nominal_Voltage	Ονομαστική_Τάση
PL_ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Περιορισμοί Ακεραιότητας:	
Πρωτεύον Κλειδί	Meter_ID
Ξένα Κλειδιά	PL_ID → Power_Line

Όνομα Σχέσης	Monitoring_Instance
Γνωρίσματα:	
Όνομα	Τύπος
Meter_ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Date_Time	Ημερομηνία_Ωρα
Current	Μέτρηση
Voltage	Μέτρηση
Reactive_Power	Μέτρηση
Active_Power	Μέτρηση
Temperature	Μέτρηση
Περιορισμοί Ακεραιότητας:	
Μερικό Κλειδί	Date_Time
Ξένα Κλειδιά	Meter_ID → Monitoring
Πρωτεύον Κλειδί	{ Meter_ID , Date_Time }

Όνομα Σχέσης	Bill
Γνωρίσματα:	
Όνομα	Τύπος
Payment_ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Contract_Type	Είδος_συμβολαίου
Amount	Ποσό_Πληρωμής
Payment_Date	Ημερομηνία
Payment_Expiration_Date	Ημερομηνία
TIN	Συμβολοσειρά_Κωδικών
SM_ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Περιορισμοί Ακεραιότητας:	
Πρωτεύον Κλειδί	Payment_ID
Ξένα Κλειδιά	TIN → Consumer, SM_ID→SmartMeter

Όνομα Σχέσης	Consumer
Γνωρίσματα:	
Όνομα	Τύπος
TIN	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Address	Διεύθυνση
Περιορισμοί Ακεραιότητας:	
Πρωτεύον Κλειδί	TIN
Ξένα Κλειδιά	

Όνομα Σχέσης	Con_Phone
Γνωρίσματα:	
Όνομα	Τύπος
ConTIN	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Phone_Number	Αριθμός_Τηλεφώνου
Περιορισμοί Ακεραιότητας:	
Πρωτεύον Κλειδί	ConTIN

Όνομα Σχέσης	Con_Email
Γνωρίσματα:	
Όνομα	Τύπος
ConTIN	Συμβολοσειρά_Κωδικών
email	Απλό_Αλφαριθμητικό
Περιορισμοί Ακεραιότητας:	
Πρωτεύον Κλειδί	ConTIN

Όνομα Σχέσης	LV_Consumer
Γνωρίσματα:	
Όνομα	Τύπος
TIN	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Address	Διεύθυνση
Full_Name	Απλό_Αλφαριθμητικό
Con ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Περιορισμοί Ακεραιότητας:	
Πρωτεύον Κλειδί	TIN

Όνομα Σχέσης	MV_Consumer
Γνωρίσματα:	
Όνομα	Τύπος
TIN	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Address	Διεύθυνση
Company_Name	Απλό_Αλφαριθμητικό
Περιορισμοί Ακεραιότητας:	
Πρωτεύον Κλειδί	TIN
Ξένα Κλειδιά	

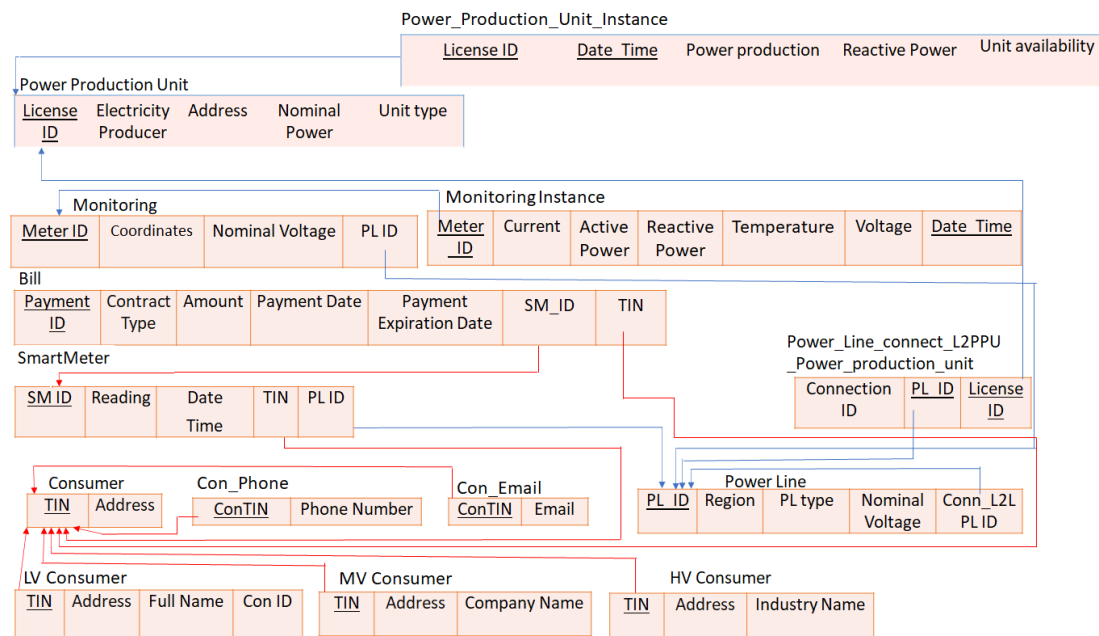
Όνομα Σχέσης	HV_Consumer
Γνωρίσματα:	
Όνομα	Τύπος
TIN	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Address	Διεύθυνση
Industry_Name	Απλό_Αλφαριθμητικό
Περιορισμοί Ακεραιότητας:	
Πρωτεύον Κλειδί	TIN
Ξένα Κλειδιά	

Όνομα Σχέσης	SmartMeter
Γνωρίσματα:	
Όνομα	Τύπος
SM_ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Reading	Μέτρηση
Date_Time	Ημερομηνία_Ωρα
TIN	Συμβολοσειρά_Κωδικών
PL_ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Περιορισμοί Ακεραιότητας:	
Πρωτεύον Κλειδί	SM_ID
Ξένα Κλειδιά	PL_ID → Power_Line TIN → Consumer

Όνομα Σχέσης	Power_Line
Γνωρίσματα:	
Όνομα	Τύπος
PL_ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Region	Διεύθυνση
PL_type	Είδος_Γραμμής
Nominal_Voltage	Ονομαστική_Τάση
Conn_L2L_PL_ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Περιορισμοί Ακεραιότητας:	
Πρωτεύον Κλειδί	PL_ID

Όνομα Σχέσης	Power_Line_connect_L2PPU_Power_Production_Unit
Γνωρίσματα:	
Όνομα	Τύπος
PL_ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
License_ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Connection_ID	Συμβολοσειρά_Κωδικών
Περιορισμοί Ακεραιότητας:	
Πρωτεύον Κλειδί	{ License_ID , PL_ID }
	PL_ID → Power_Line
	License_ID → Power_Production_Unit

4.3 Σχεσιακό Σχήμα



4.4 Όψεις

- Μια όψη είναι το ονοματεπώνυμο, η διεύθυνση κάθε καταναλωτή χαμηλής τάσης σε συνδυασμό με τον αριθμό και την ένδειξη του μετρητή τους (αντίστοιχα μια όψη μπορεί να γίνει και για τους καταναλωτές ΜΤ και ΥΤ, με την διαφορά ότι εκεί δεν έχουμε ονοματεπώνυμο καταναλωτή, αλλά επωνυμία επιχείρησης/εταιρίας/βιομηχανίας).

$A \leftarrow LV_Consumer \bowtie SmartMeter$

$\rho_{lv_consumer-smart_meter}(\pi_{Full_Name,Address,SM_ID,Reading,Date_Time}(A))$

- Μια ακόμη όψη είναι το ΑΦΜ, ονοματεπώνυμο, και το mail κάθε καταναλωτή χαμηλής τάσης. (αντίστοιχα μια όψη μπορεί να γίνει και για τους καταναλωτές ΜΤ και ΥΤ, καθώς και για το τηλέφωνο των καταναλωτών)

$\rho_{lv_consumer_com}(\pi_{TIN,Full_Name,email}(LV_Consumer \bowtie_{TIN=ConTIN} Con_Email))$

- Όταν μια γραμμή μεταφοράς που είναι συνδεδεμένη με κάποια πηγή ενέργειας τεθεί εκτός συστήματος (είτε μπει σε συντήρηση είτε λόγω σφάλματος), θα πρέπει να γνωρίζουμε με ποιον σταθμό συνδέεται, για να ξέρουμε πόση ισχύ θα χάσουμε και να την βρούμε από αλλού. Μια όψη που περιέχει όλες τις μονάδες παραγωγής (Licence_ID, Nominal_Power, Unit_availability, Power_production) και τις γραμμές μεταφοράς (PL_ID) που συνδέονται σε αυτές τις μονάδες είναι:

$A \leftarrow \pi_{PL_ID,Licence_ID} (Power_Line_connect_L2PPU_Power_production_unit)$

$B \leftarrow \pi_{Licence_ID,Power_production,Nominal_Power,Unit_availability,Date_Time} (Power_production_unit \bowtie Power_production_unit_Instance)$

$\rho_{lines_to_units}(A \bowtie B)$

- Η καταναλισκόμενη ενέργεια (Power_Consumption) είναι το παραγόμενο γνώρισμα της συσχέτισης Bill_Has_SmartMeter, οπότε άλλη μια όψη είναι η καταναλισκόμενη ενέργεια κάθε καταναλωτή. Το γνώρισμα ένδειξη (Reading) του SmartMeter έχει μονάδα μέτρησης (ενέργειας): kWh. Ποιο συγκεκριμένα μας ενδιαφέρει η ενέργεια κάθε καταναλωτή ανά μήνα (οι λογαριασμοί είναι μηνιαίοι), επιπλέον θεωρούμε ότι μικροεπεξεργαστής του έξυπνου μετρητή, έχει προγραμματιστεί να μηδενίζει την 1^η μέρα κάθε μήνα (και ώρα 00:12). Οπότε:

$\rho_{bill_power_consumption}(Payment_ID, SM_ID, TIN, Power_Consumption)(\pi_{Payment_ID, SM_ID, TIN, SM_ID, Reading}(\sigma_{DAY(Date_Time)= "01" \wedge TIME(Date_Time)= "00:12:00"}(Bill \bowtie SmartMeter))))$

5 Παραδείγματα

5.1 Παραδείγματα Πινάκων-Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών:

Power_Production_Unit

License ID	Electricity Producer	Address	Nominal Power (MW)	Unit_type
AHS-0078	PPC	12ο χλμ. Εθν. Οδ. Κοζάνης-Θεσσαλονίκης, ΑΗΣ ΑΓ. Δημητρίου	345	TPC
AHS-0079	PPC	2ο χλμ. Εθν. Οδ. Πτολεμαΐδας-Κοζάνης, ΑΗΣ Πτολεμαΐδας 5	660	TPC
YHS-1008	PPC	10ο χλμ. Εθν. Οδ. Κοζάνης-Λάρισας, ΥΗΣ Πολυφύτου	120	HPS
SP-30900	Thes-Power	10χλμ Εθν. Οδ. Θες/νικης-Βέροιας	0.5	Solar_Panel
WT-40501	Thes-Power	Όρος Άσκιο, Θέση Σταύρος	32	Wind_Turbine
AES-50555	PPC	2ο χλμ. Εθν. Οδ. Μεγαλόπολης-Αθηνών, ΑΗΣ Μεγαλόπολης	880	CCPP
YHS-1009	PPC	2ο χλμ. Εθν. Οδ. Σφηκιάς-Βέροιας, ΥΗΣ Σφηκιάς	110	HPS
WT-40501	Thes-Power	Ορ. Όλυμπος, Θέση ΤΗΜΜΥ	30	Wind_Turbine

Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών: ~300

Power_Production_Unit_Instance

License ID	Reactive Power (MVar)	Power production (MW)	Unit availability (MW)	Date_Time
AHS-0078	20	240	270	4/11/22 00:12
AHS-0079	50	300	500	4/11/22 00:12
YHS-1008	5	100	102	4/11/22 00:12
SP-30900	0	0	0	4/11/22 00:12
WT-40501	0	20	20	4/11/22 00:12
AES-50555	10	200	440	4/11/22 00:12
YHS-1009	0	0	100	4/11/22 00:12
WT-40501	0.1	15	15	4/11/22 00:12

Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών: ~300 (ανά 10 λεπτά)

Monitoring

<u>Meter_ID</u>	Coordinates (LAT, LON)	Nominal Voltage	PL_ID
KZ-1001	40.2695936, 20.7406296	400kV	KZ-100
TH-1001	51.2698936, 36.7406286	400kV	TH-100
TH-4002	46.2693536, 21.7405296	0.4kV	TH-400
TH-4403	66.2695036, 32.7406496	0.4kV	TH-440
TH-3009	75.2695836, 22.7406596	20kV	TH-300
TH-2022	40.2695936, 25.7456296	150kV	TH-200

Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών: ~50000

Monitoring_Instance

<u>Meter ID</u>	Current (A)	Voltage (kV)	Active Power (MW)	Reactive Power (MVar)	Temperature (°C)	<u>Date_Time</u>
KZ-1001	400	401	300	10	60,12	4/11/22 00:13
TH-1001	200	399	200	20	60,10	4/11/22 00:13
TH-4002	15	0.396	8	4	20,00	4/11/22 00:13
TH-4403	90	0.401	10	1	20,35	4/11/22 00:13
TH-3009	100	19	20	2	30,56	4/11/22 00:13
TH-2022	190	148	150	1	40,46	4/11/22 00:13

Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών: ~50000 (ανά 10')

Bill

<u>Payment ID</u>	Contract Type	Amount (Ευρώ)	Payment Date	Payment Expiration Date	SM_ID	TIN
PPC-00001	Type1	190.13	10/11/22	28/11/22	100000-00	1000000000
PPC-00002	Type2	200.3	5/11/22	25/11/22	100000-01	1000000001
PPC-00003	Type3	1789.2	20/11/22	22/11/22	100000-02	1000000002
ELP-00001	Type4	1940.22	18/11/22	23/11/22	123456-01	1000000003
PRO-00001	Type5	1001.12	20/11/22	20/11/22	654321-02	1000000004
PPC-3000	Type1	1821.12	2/3/22	28/2/22	123456-10	1000000005

Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών: ~6000000 (ανά μήνα)

SmartMeter

<u>SM_ID</u>	Reading	Date_Time	TIN	PL_ID
100000-01	2000	1/11/22 12:00	10000000001	TH-10000
100000-02	1000	1/11/22 12:00	10000000002	TH-10001
123456-01	200	1/11/22 12:00	10000000003	TH-10002
654321-02	300	1/11/22 12:00	10000000004	TH-10003
123456-10	400	1/11/22 12:00	10000000005	TH-10004

Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών: ~6000000 (ανά μήνα)

Power_Line_connect_L2PPU_Power_production_unit

<u>Connection_ID</u>	<u>PL_ID</u>	<u>License ID</u>
KZ-78101	KZ-1001	AHS-0078
KZ-79203	KZ-2003	AHS-0079
KZ-08408	KZ-4008	YHS-1008
BR-09408	BR-4008	YHS-1009
MG-3090	MG-4030	SP-30900

Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών: 600

Power_Line

<u>PL_ID</u>	Region	PL_type	Nominal Voltage	Conn_L2L PL_ID
KZ-100	Κοζάνη	Overhead	400kV	TH-22001
TH-22001	Θεσσαλονίκη	Overhead	150kV	TH-22005
TH-21002	Θεσσαλονίκη	Underground	20kV	TH-22008
TH-24008	Θεσσαλονίκη	Overhead	0.4kV	TH-22010
TH-24004	Θεσσαλονίκη	Underground	0.4kV	TH-21001

Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών: 5000

LV_Consumer

<u>TIN</u>	Address	Full_Name	Con_ID
3000200021	3 ^{ης} Σεπτεμβρίου 28, Θεσσαλονίκη	Panagiotis Karamitopoulos	AB-800000
4000200021	Εγνατίας 28, Θεσσαλονίκη	Vasilis Hatziathanasiou	AC-800000
5000200021	Αγ. Δημητρίου 28, Θεσσαλονίκη	Grigoris Papagiannis	AD-800000
6000200021	Μεγ. Αλεξάνδρου 28, Θεσσαλονίκη	Andreas Symeonidis	AS-800000
5550550555	Στοα Δοκουζιγιάνη, 1, Θεσσαλονίκη	Stavros Dokouzziannis	AD-000555

Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών: ~5500000

MV_Consumer

<u>TIN</u>	Address	Company_Name
3000201021	Εγνατίας 158, Θεσσαλονίκη	PAMAK
4000201021	Εγνατίας 153, Θεσσαλονίκη	THMMY AUTH
5000201021	Αγ. Δημητρίου 137, Θεσσαλονίκη	ABB-Thessaloniki
6000201021	Εγνατίας 142, Θεσσαλονίκη	ΔΕΘ
5550551555	Στοα Δοκουζιγιάνη, 10, Θεσσαλονίκη	Plectonomixania Dokouzziannis

Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών: 499000

HV_Consumer

<u>TIN</u>	Address	Industry_Name
3100201021	28 ^{ης} Οκτωβρίου 17, Θεσσαλονίκη	TITAN
4100201021	Περικτερίου 142, Βόλος	HRAKLHS (TSIMENTOBIONIXANIA)
5100201021	Αγ. Δημητρίου 137, Βοιωτία	Aloumino tis Ellados
6100201021	Μοναστηρίου 12 Θεσσαλονίκη	Diilistiria Thessalonikis
5150551555	Ιωαννίνων 10, Ελευσίνα	Diilistiria Elefsinas

Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών: ~1000

Consumer (ανήκουν όλοι οι παραπάνω καταναλωτές ΧΤ, ΜΤ και ΥΤ, ενδεικτικά θέτουμε 5 από αυτούς)

TIN	Address
4000201021	Εγνατίας 153, Θεσσαλονίκη
3100201021	28 ^{ης} Οκτωβρίου 17, Θεσσαλονίκη
6100201021	Μοναστηρίου 12 Θεσσαλονίκη
3000200021	3 ^{ης} Σεπτεμβρίου 28, Θεσσαλονίκη
6000200021	Μεγ. Αλεξάνδρου 28, Θεσσαλονίκη

Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών: ~6000000

Con_Phone

ConTIN	Phone_Number
4000201021	2310090900
3100201021	2310223456
6100201021	2310543210
3000200021	2310123456
6000200021	2310123459

Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών: ~6000000

Con_Email

ConTIN	Email
4000201021	thmmy@auth.gr
3100201021	info@titan.gr
6100201021	info@elpe.gr
3000200021	kp@ece.auth.gr
6000200021	as@ece.auth.gr

Εκτίμηση για τον αριθμό των εγγραφών: ~6000000

5.2 Παραδείγματα Ερωτημάτων

- Θέλουμε να συλλέξουμε δεδομένα για την παραγωγή των αιολικών πάρκων, ούτως ώστε να κάνουμε ανάλυση Big Data (μας ενδιαφέρει η παραγόμενη ισχύς (P και Q) κάθε αιολικού σταθμού, η μέρα και ο χρόνος), οπότε κάνουμε:

$A \leftarrow \sigma_{\text{Unit_type}=\text{"Wind_Turbine"}}(\text{Power_Production_Unit})$

$\pi_{\text{LicenceID}, \text{Power_Production}, \text{ReactivePower}, \text{Date_Time}}(A \bowtie \text{Power_Production_Unit_Instance})$

- Αν θέλουμε να βρούμε σε ποια διεύθυνση και σε ποιο όνομα θα στείλουμε τον λογαριασμούς των καταναλωτών χαμηλής τάσης, τότε κάνουμε:

$\pi_{Full_Name, Address, Payment_ID} (LV_Consumer \bowtie Consumer \bowtie Bill)$

- Αν θέλουμε να βρούμε τα ΑΦΜ των καταναλωτών που πλήρωσαν εμπρόθεσμα τον λογαριασμό τους, για να τους κάνουμε κάποια έκπτωση, τότε κάνουμε:

$\pi_{TIN} (\sigma_{Payment_Date < Payment_Expiration_Date} (Bill))$

- Αν θέλουμε να βρούμε την συνολική ισχύ που παράχθηκε σε μια μέρα ανά κάθε μονάδα (πχ. στις 4/11/2022), τότε κάνουμε:

$(Licence_id \text{ Gsum} (Power_production) \text{ as Total_dail_prod } (\sigma_{DATE(Date_Time) = "2022-11-04"} (Power_Production_Unit_Instance)))$

- Αν θέλουμε να βρούμε την συνολική ισχύ που παράχθηκε σε μια μέρα (πχ. στις 4/11/2022) τότε κάνουμε:

$\text{Gsum} (Power_Production) \text{ as Total_dail_prod } (\sigma_{DATE(Date_Time) = "2022-11-04"} (Power_Production_Unit_Instance))$

- Έστω ότι δημιουργήθηκε κάποιο πρόβλημα στο δίκτυο (πχ. ξαφνικά ένα σύννεφο κάλυψε ένα μεγάλο Φ/Β πάρκο ή μειώθηκε η ταχύτητα του ανέμου σε ένα μεγάλο αιολικό πάρκο) και απαιτείται η εύρεση μονάδας (ΥΗΣ που μπορούν να καλύψουν εύκολα και γρήγορα αιχμές), για να το «καλύψει» κάποια αιχμή (έστω X MW) την συγκεκριμένη ημερομηνία και ώρα (πχ. 4/11/22 στις 00:12), τότε:

$\pi_{Licence_ID, Unit_availability} (\sigma_{Date_Time = "2022-11-04 \ 00:12:00" \wedge Unit_type = HPS} (Power_Production_Unit \bowtie Power_Production_Unit_Instance))$

Αν θέλω η ισχύς αυτή να καλυφθεί από μια μόνο μονάδα, θα κάνω:

$\sigma_{Unit_availability > X} (\pi_{Licence_id, Unit_availability} (A))$

- Αν θέλουμε να δούμε ποιές μονάδες (Αρ. Αδείας) έδιναν στις 4/11/2022 ισχύ στο σύστημα, αλλά δεν έδιναν στις 5/11/2022, θα κάνουμε:

$B \leftarrow \sigma_{DATE(Date_Time) = "2022-11-04" \wedge Power_production < > 0} (Power_production_unit_Instance)$

$C \leftarrow \sigma_{DATE(Date_Time) = "2022-11-05" \wedge Power_production < > 0} (Power_production_unit_Instance)$

$\pi_{License_id} (B - C)$

- Αν θέλουμε να δούμε ποιές λιγνιτικές μονάδες (Αρ. Αδείας) της ΔΕΗ έδωσαν στις 4/11/22 ισχύ στο σύστημα, κάνουμε:

$D \leftarrow \sigma_{Electricity_Producer = "PPC" \wedge Unit_type = "TPC"} (Power_Production_Unit)$

$E \leftarrow \sigma_{DATE(Date_Time) = "2022-11-04" \wedge Power_Production < > 0} (Power_Production_Unit_Instance)$

θα πάρουμε $\pi_{License_id} (D \bowtie E)$

- Αν θέλουμε να δούμε σε ποιές γραμμές υψηλής και υπερυψηλής τάσης (150 και 400kV) έχουμε υπέρταση, σε ποιο σημείο μετρήθηκε και ποιά ήταν η τιμή της, τότε θα κάνουμε:

$G \leftarrow \pi_{PL_ID} (\sigma_{Nominal_Voltage = 150kV} (Power_Line))$

$H \leftarrow \pi_{PL_ID} (\sigma_{Nominal_Voltage = 400kV} (Power_Line))$

$J \leftarrow \pi_{\text{METER_ID, PL_ID, Coordinates, Voltage, Date_Time}} (\sigma_{\text{Voltage} > 150} (G \bowtie \text{Monitoring} \bowtie \text{Monitoring_Instance}))$

$I \leftarrow \pi_{\text{METER_ID, PL_ID, Coordinates, Voltage, Date_Time}} (\sigma_{\text{Voltage} > 400} (H \bowtie \text{Monitoring} \bowtie \text{Monitoring_Instance}))$

$\pi_{\text{PL_ID, Coordinates, Voltage}} (I) \cup \pi_{\text{PL_ID, Coordinates, Voltage}} (J)$

- Αν αύριο έχει προγραμματιστεί να γίνει συντήρηση σε μια γραμμή χαμηλής τάσης (πχ την TH-10001) και θέλω να στείλω ενημερωτικό mail στους καταναλωτές που τροφοδοτούνται από αυτήν, θα κάνω:

$K \leftarrow \pi_{\text{TIN}} (\sigma_{\text{PL_ID} = \text{TH-10001}} (\text{SmartMeter}))$

$\pi_{\text{Email}} (K \bowtie \text{Con_Email})$

- Αν θέλουμε να βρούμε τη χρονική συσχέτιση μεταξύ όμοιων βλαβών σε δεδομένο σημείο του δικτύου για πρόβλεψη επόμενων αντίστοιχων βλαβών (πχ η θερμοκρασία έφτασε ή και ξεπέρασε τους 60°C στη Θεσσαλονίκη), τότε:

$\pi_{\text{Date_Time}} (\sigma_{\text{Region} = \text{"Θεσσαλονίκη"} \wedge \text{Temperature} \geq 60} (\text{Monitoring} \bowtie \text{Monitoring_Instance} \bowtie \text{Power_Line}))$

- Αν θέλουμε να βρούμε τη μέση παραγωγή ενεργού ισχύος για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και συγκεκριμένες ώρες (πχ. από 1/11/22 έως 30/11/22 και μόνο για τις 00:00 – 01:00 κάθε μέρα), τότε:

$L \leftarrow \sigma_{\text{DATE}(\text{Date_Time}) \geq \text{"2022-11-01"} \wedge \text{DATE}(\text{Date_Time}) \leq \text{"2022-11-30"} \wedge \text{TIME}(\text{Date_Time}) \geq \text{"00:00"} \wedge \text{TIME}(\text{Date_Time}) \leq \text{"01:00"}} (\text{Power_Production_Unit_Instance})$

$G_{\text{avg}}(\text{Power_Production}) \text{ as Avg_November_Production } 00-01(L)$

*Στην υλοποίηση δεν δημιουργήθηκαν κάποιοι από τους προσωρινούς πίνακες για λόγους απλότητας. Στην αναφορά χρησιμοποιήθηκαν προσωρινοί πίνακες (A,B,...) για να είναι πιο ευανάγνωστη.

